



## Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Πληροφορική»

### Μεταπτυχιακή Διατριβή

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Τίτλος Διατριβής      | <b>«Η μεθοδολογία STEM στην Τεχνική-Επαγγελματική Εκπαίδευση»</b><br><b>"The STEM methodology in Technical-Vocational Education"</b> |
| Όνοματεπώνυμο Φοιτητή | <b>ΝΙΚΗΤΑΣ ΠΕΤΡΟΥΛΙΑΣ</b>  |
| Πατρώνυμο             | <b>ΜΙΧΑΗΛ</b>  |
| Αριθμός Μητρώου       | <b>ΜΠΠΛ/17040</b>  |
| Επιβλέπων             | <b>ΧΡΗΣΤΟΣ ΔΟΥΛΗΓΕΡΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ</b>   |

Ημερομηνία Παράδοσης **ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2022**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

(υπογραφή)

ΔΟΥΛΗΓΕΡΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Όνομα Επώνυμο  
Βαθμίδα

(υπογραφή)

ΒΕΡΓΑΔΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Όνομα Επώνυμο  
Βαθμίδα

(υπογραφή)

ΜΑΥΡΟΠΟΔΗ ΡΟΖΑ

Ε. ΔΙ. Π.

Όνομα Επώνυμο  
Βαθμίδα

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

|   |    |
|---|----|
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....   | 4  |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....  | 5  |
| ABSTRACT .....  | 6  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....   | 7  |
| 1.1. Αντικείμενο – Συμβολή της διπλωματικής .....   | 7  |
| 1.2. Διάρθρωση της διπλωματικής .....   | 7  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM .....  | 8  |
| 2.1 Τι είναι το STEM .....  | 8  |
| 2.2 Ιστορική αναδρομή .....   | 8  |
| 2.3 Η εκπαίδευση STEM .....   | 9  |
| 2.4 Η αναγκαιότητα της εκπαίδευσης STEM .....   | 11 |
| 2.5 Η εκπαίδευση STEM στον κόσμο .....  | 12 |
| 2.6 Η εκπαίδευση STEM στην Ελλάδα .....   | 15 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ STEM .....  | 18 |
| 3.1 Θεωρητικό πλαίσιο .....   | 18 |
| 3.2 Διδακτικές πρακτικές στην εκπαίδευση STEM.....  | 18 |
| 3.3 Παιδαγωγικές προσεγγίσεις .....   | 19 |
| 3.4 Υλικά που απαιτούνται για την εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM .....   | 21 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ<br>ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ STEM.....                                     | 22 |
| 4.1 Έλλειψη κατανόησης γνωστικού αντικείμενου .....   | 22 |
| 4.2 Επίπεδο Άνεσης – Αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών .....   | 21 |
| 4.3 Έλλειψη χρόνου .....  | 23 |
| 4.3.1 Χρόνος για συνεργατική προετοιμασία .....   | 23 |
| 4.3.2 Διδακτικός χρόνος .....   | 24 |
| 4.4 Δομή και οργάνωση σχολικής μονάδας .....  | 24 |
| 4.5 Αξιολόγηση – Εξετάσεις .....  | 24 |
| 4.6 Έλλειψη πόρων .....   | 25 |
| 4.7 Κατάρτιση εκπαιδευτικών .....   | 25 |
| 4.7.1 Προτάσεις για προ-υπηρεσιακή κατάρτιση .....  | 27 |
| 4.7.2 Προτάσεις για ενδο-υπηρεσιακή κατάρτιση .....   | 27 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – STEM ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ – ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ .....  | 29 |
| 5.1 Απόκτηση γραμματισμού STEM μέσω της Τεχνικής – Επαγγελματικής<br>Εκπαίδευσης .....                                | 29 |
| 5.2 Ενσωμάτωση STEM στο πρόγραμμα σπουδών της Τεχνικής –<br>Επαγγελματικής Εκπαίδευση .....                           | 29 |
| 5.3 Εννοιολογικό πλαίσιο για την ενσωμάτωση STEM στο πρόγραμμα σπουδών<br>Τεχνικής – Επαγγελματικής Εκπαίδευσης ..... | 32 |
| 5.4 Αποτελεσματικότητα της μάθησης μέσω STEM στην Τεχνική –<br>Επαγγελματική Εκπαίδευση .....                         | 34 |
| 5.5 Προϋποθέσεις – προτάσεις για την αποτελεσματική εφαρμογή της<br>εκπαίδευσης STEM .....                            | 35 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ STEM.....  | 39 |
| 6.1 Εισαγωγή .....  | 39 |
| 6.2 Πλάνα μαθημάτων .....   | 41 |
| 6.2.1 Διδακτική Ενότητα 1 .....   | 41 |
| 6.2.2 Διδακτική Ενότητα 2 .....   | 47 |
| 6.2.3 Διδακτική Ενότητα 3 .....   | 49 |
| 6.2.4 Διδακτική Ενότητα 4 .....   | 51 |
| 6.2.5 Διδακτική Ενότητα 5 .....   | 57 |
| 6.2.6 Διδακτική Ενότητα 6 .....   | 61 |
| 6.2.7 Διδακτική Ενότητα 7 .....   | 63 |
| 6.3 Συζήτηση – Συμπεράσματα .....   | 64 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....  | 66 |

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους καθηγητές μου στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών για τις πολύτιμες γνώσεις που μου προσέφεραν.

Ιδιαίτερος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Δουληγέρη Χρήστο για την πολύτιμη βοήθειά του. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους εμπράκτως με στήριξαν και με βοήθησαν στην προσπάθειά μου να βελτιώσω τον εαυτό μου και τις ακαδημαϊκές γνώσεις μου.

## «Η μεθοδολογία STEM στην Τεχνική-Επαγγελματική Εκπαίδευση»

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκπαίδευση εξαρτάται από την κοινωνία της οποίας αποτελεί τμήμα και από την οικονομία, η οποία είναι η βάση του κάθε εκπαιδευτικού συστήματος. Η βελτίωση των συστημάτων εκπαίδευσης και κατάρτισης και η προσαρμογή τους στις ανάγκες της οικονομίας και της σύγχρονης κοινωνίας αποτελεί βασικό θέμα συζήτησης για την εκπαιδευτική πολιτική τόσο σε εθνικό όσο και σε πανευρωπαϊκό επίπεδο.

Τα τελευταία χρόνια οι έρευνες δείχνουν πως υπάρχει μια αυξανόμενη αδιαφορία των νέων για τις θετικές επιστήμες και την τεχνολογία με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν έλλειμμα βασικών δεξιοτήτων. Η μεθοδολογία STEM σχεδιάστηκε ως απάντηση σε αυτήν την ανησυχητική έλλειψη εμπλοκής των νέων ανθρώπων στα μαθήματα που σχετίζονται με το STEM στο σχολείο και το μειωμένο ενδιαφέρον τους για τις αντίστοιχες καριέρες.

Καθώς όλα τα επαγγέλματα, αλλά ιδιαίτερα τα λεγόμενα "τεχνικά", απαιτούν εργαζομένους που έχουν την ικανότητα να σκέφτονται κριτικά, να δουλεύουν ως μέλη μια ομάδας και συγχρόνως ανεξάρτητα και να διαθέτουν δεξιότητες STEM, η χρήση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας γίνεται ακόμα πιο επιτακτική στην τεχνική εκπαίδευση, κυρίως αν λάβουμε υπόψη μας ότι οι μαθητές που τελικά επιλέγουν τα επαγγελματικά λύκεια θεωρούν ότι τα μαθηματικά και οι επιστήμες ανήκουν στα δύσκολα γνωστικά αντικείμενα που ταυτόχρονα είναι αφηρημένα και μη σχετιζόμενα με την πραγματική ζωή.

Κατά συνέπεια, στην επαγγελματική εκπαίδευση είναι απαραίτητο να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών έτσι ώστε να επιλέγουν και όχι να εξαναγκάζονται να εμπλακούν σε δραστηριότητες STEM. Σε αυτό μπορεί να συμβάλει η συνδυαστική χρήση των μαθημάτων STEM στην επίλυση καθημερινών προβλημάτων που επιτρέπει τελικά στους μαθητές να εξερευνήσουν καλύτερα και σε βάθος όλα τα μαθήματα αναπτύσσοντας παράλληλα την κριτική τους σκέψη και τη δημιουργικότητά τους, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνουν σημαντικά τις πιθανότητες τους για καλύτερη επαγγελματική αποκατάσταση.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή προσπαθεί να διερευνήσει τις δυνατότητες μιας συστηματικότερης εφαρμογής της εκπαίδευσης STEM στο επαγγελματικό λύκειο. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζει ποιες είναι οι απαραίτητες προϋποθέσεις, υλικοτεχνικές και εκπαιδευσης εκπαιδευτικών, έτσι ώστε να διευκολύνεται η εκπαίδευση STEM στους διάφορους τομείς του επαγγελματικού λυκείου, προτείνονται αλλαγές που θα πρέπει να γίνουν ώστε να είναι εφικτή η εφαρμογή της, παρουσιάζει τα εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί για τη δημιουργία μαθημάτων STEM καθώς και ένα ολοκληρωμένο σχέδιο μαθήματος STEM.

**ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:** Δεξιότητες STEM, Δευτεροβάθμια Τεχνική-Επαγγελματική Εκπαίδευση, Εκπαιδευτικός, Πλάνο Μαθήματος

## "The STEM methodology in Technical-Vocational Education"

### **ABSTRACT**

Education depends on the society of which it is a part and on the economy, which is the basis of any education system. Improving education and training systems and adapting them to the needs of the economy and modern society is a key issue in the education policy debate at both national and European level.

In recent years, research shows that there is a growing disinterest among young people in science and technology. The STEM methodology was designed in response to this worrying lack of engagement of young people in STEM-related subjects at school and their reduced interest in related careers.

As all professions, but especially the so-called 'technical' ones, require workers who are able to think critically, work as part of a team and independently and possess STEM skills, the use of this methodology becomes even more imperative in technical education, especially if we consider that students who ultimately choose vocational high schools consider maths and science to be difficult subjects that are both abstract and irrelevant to real life.

Therefore, it is necessary that, in vocational education, particular attention be paid to enhancing students' interest so that they engage in STEM activities by choice and not because they are forced to. This can be assisted by the combined use of STEM subjects in solving everyday problems which ultimately allows students to explore all subjects better and in depth while developing their critical thinking and creativity, while at the same time significantly improving their chances for better career opportunities.

This thesis seeks to explore the potential for more systematic implementation of STEM education in vocational high schools. More specifically, it examines what are the necessary conditions, logistical and teacher training, in order to facilitate STEM education in the different areas of vocational high school, suggests changes that should be made to enable its implementation, presents the tools that teachers can use to create STEM lessons as well as a comprehensive STEM lesson plan.

**KEYWORDS: STEM skills, Secondary Technical-Vocational Education, Teacher, Lesson Plan**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1 Αντικείμενο - Συμβολή της διπλωματικής**

Η εκπαίδευση STEM έχει γίνει διεθνές θέμα συζήτησης την τελευταία δεκαετία. Αιτία είναι η μεταβαλλόμενη παγκόσμια οικονομία. Οι σύγχρονες οικονομίες έχουν αυξανόμενη ζήτηση για εξειδικευμένους ερευνητές και τεχνικούς με αποτέλεσμα να αναμένεται ότι θα υπάρξει έλλειψη εργαζομένων και εκπαιδευτικών με ειδίκευση STEM σε όλο τον κόσμο. Επομένως, η βελτίωση της διδασκαλίας και της μάθησης στην εκπαίδευση STEM έχει καταστεί οικονομικός παράγοντας στις αναπτυσσόμενες χώρες, στις αναδυόμενες οικονομίες καθώς και στις παραδοσιακές οικονομίες, όπως η Ευρώπη και οι Ηνωμένες Πολιτείες. Προκειμένου όμως να προσελκύσουμε το ενδιαφέρον των μαθητών, ούτως ώστε να επιδιώξουν να ακολουθήσουν τα πεδία STEM ως επιλογή καριέρας, είναι απαραίτητο να ενταχθούν στο σχολείο καινοτόμες πρακτικές που θα συμβάλλουν σημαντικά προς αυτήν την κατεύθυνση.

Ο στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, είναι να διερευνήσει τις συνθήκες κάτω από τις οποίες μπορεί η εκπαίδευση STEM να εφαρμοστεί στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση, ιδιαίτερα στην Τεχνική – Επαγγελματική Εκπαίδευση. Πιο συγκεκριμένα, επιδιώκει να εξετάσει τις απαραίτητες προϋποθέσεις που πρέπει να διασφαλίσει το εκπαιδευτικό μας σύστημα προκειμένου να καταστεί δυνατόν η εκπαίδευση STEM να αποτελέσει ουσιαστικό κομμάτι της εκπαιδευτικής διαδικασίας και όχι μια προσωπική επιλογή κάποιων εκπαιδευτικών που αντιλαμβάνονται τη χρησιμότητά της για το εργασιακό μέλλον των μαθητών και την ανάπτυξη των επιστημών γενικότερα.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή ευελπιστεί να συντελέσει στον εντοπισμό και την επίλυση πραγματικών προβλημάτων και να παράσχει μια όχι μόνο θεωρητική αλλά και πρακτική προσέγγιση στον τρόπο με τον οποίο η εκπαίδευση STEM θα μπορέσει να ενσωματωθεί στην υπάρχουσα εκπαιδευτική διαδικασία με τρόπο που θα επιτρέψει την αποτελεσματική εφαρμογή της προς όφελος τόσο των μαθητών όσο και των εκπαιδευτικών.

### **1.2 Διάρθρωση της διπλωματικής**

Όσον αφορά στην διάρθρωση της μεταπτυχιακής διατριβής, αρχικά εξετάζονται βιβλιογραφικά τα προβλήματα και οι προκλήσεις που σχετίζονται με την ολοκληρωμένη εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM καθώς και το πλαίσιο που είναι απαραίτητο να διαμορφωθεί ώστε να αποτελέσει μια συνολική και αξιόπιστη διαδικασία μέσα στο εκπαιδευτικό σύστημα. Παράλληλα, προτείνονται λύσεις που θα μπορούσαν να διευκολύνουν τη ενσωμάτωση της εκπαίδευσης STEM στο εκπαιδευτικό σύστημα. Εν συνεχεία, παρατίθεται μια σειρά πλάνων μαθημάτων που εφαρμόστηκε στην τάξη ώστε να αποτελέσει παράδειγμα πρακτικής εφαρμογής της εκπαίδευσης STEM στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM

### 2.1 Τι είναι το STEM

Ο όρος **STEM** είναι ένα ακρωνύμιο που χρησιμοποιείται από τα μέλη κυρίως της εκπαιδευτικής κοινότητας. Πρόκειται για τα αρχικά των πεδίων που αναφέρονται στις Φυσικές Επιστήμες (**S**cience), την Τεχνολογία (**T**echnology), την Μηχανική (**E**ngineering ) και τα Μαθηματικά (**M**athematics). Οι 4 πτυχές του STEM: Φυσικές Επιστήμες, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά έχουν υπάρξει βασικές μορφές του εκπαιδευτικού υποβάθρου όλων των μαθητών, ιδιαίτερα οι Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά. Οι όροι αυτοί ορίζονται ως εξής:

**ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ:** η συστηματική μελέτη της φύσης και της συμπεριφοράς των υλικών και του φυσικού σύμπαντος, βασιζόμενη στη παρατήρηση, το πείραμα, και τη μέτρηση και τη διαμόρφωση νόμων για να περιγράψουν αυτά τα φαινόμενα σε γενικούς όρους

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ:** ο κλάδος της γνώσης που ασχολείται με τη δημιουργία και τη χρήση τεχνικών μέσων και την αλληλεπίδραση τους με τη ζωή, την κοινωνία, και το περιβάλλον χρησιμοποιώντας μαθήματα όπως οι βιομηχανικές τέχνες, η μηχανική, οι εφαρμοσμένες επιστήμες και η καθαρή επιστήμη.

**ΜΗΧΑΝΙΚΗ:** η τέχνη ή η επιστήμη της πρακτικής εφαρμογής των γνώσεων της καθαρής επιστήμης, όπως η φυσική ή η χημεία, στην κατασκευή, για παράδειγμα, μηχανών, γεφυρών, κτιρίων, ορυχείων, πλοίων και χημικών εργοστασίων.

**ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ:** μια ομάδα συναφών επιστημών, της άλγεβρας, γεωμετρίας και του διαφορικού λογισμού συμπεριλαμβανομένων, που ασχολούνται με τη μελέτη των αριθμών, ποσοτήτων, σχημάτων και χώρου και των αλληλοσυσχετίσεων τους χρησιμοποιώντας εξειδικευμένη σημειογραφία.

Η εκπαίδευση STEM με διάφορες μορφές υπάρχει για δεκαετίες, όμως οι νομοθέτες και οι διαχειριστές της εκπαίδευσης πρόσφατα άρχισαν να αναγνωρίζουν τη σημασία της (White, 2014). Η αρχική αντίδραση των ανθρώπων που έχουν ακούσει για το STEM σε εκπαιδευτικό περιβάλλον πιστεύουν ότι αφορά στις φυσικές επιστήμες, τα μαθηματικά ίσως και στους υπολογιστές κυρίως επειδή είναι τα πιο αναγνωρίσιμα πεδία που οι περισσότεροι άνθρωποι μπορούν να κατανοήσουν όσον αφορά στην ακαδημαϊκή κοινότητα. Παρ' όλο που οι φυσικές επιστήμες και τα μαθηματικά αποτελούν από τα σημαντικότερα τμήματα όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης, η τεχνολογία και η μηχανική είναι τα πεδία που όχι μόνο δεν εκπροσωπούνται επαρκώς αλλά είναι και τα λιγότερο χρηματοδοτούμενα στην εκπαίδευση, ειδικότερα στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Μιαούλης, 2011).

### 2.2 Ιστορική Αναδρομή

Είναι αδιαμφισβήτητο ότι οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής έχουν παίξει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη και εξέλιξη της εκπαίδευσης STEM. Παρ' όλο όμως που η πρώτη χρήση του αρκτικόλεξου STEM εισήχθη το 2001 όταν η Judith A. Ramaley, μια πρώην διευθύντρια της Διεύθυνσης Εκπαίδευσης και Ανθρώπινων Πόρων του NSF, χρησιμοποίησε το STEM για να αναφερθεί στα προγράμματα σπουδών της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών (Teaching Institute for Excellence in STEM, 2010), κατά τον White (White, 2014) οι ρίζες της εκπαίδευσης STEM βρίσκονται στο Νόμο του Morrill (1862). Αυτός ο νόμος ήταν υπεύθυνος για την ανάπτυξη πανεπιστημίων μέσω παραχώρησης ομοσπονδιακής γης. Τα πανεπιστήμια αρχικά εστίασαν περισσότερο στη γεωργική εκπαίδευση, αλλά σύντομα δημιουργήθηκαν προγράμματα κατάρτισης με βάση τη μηχανική (Butz et al., 2004). Στην ανάπτυξη του STEM οδηγήθηκαν κι από άλλα ιστορικά γεγονότα που έδωσαν ώθηση στην εκπαίδευση STEM όπως ο Δεύτερος Παγκόσμιος Πόλεμος και η εκτόξευση του δορυφόρου Sputnik από τη Σοβιετική Ένωση. Οι τεχνολογίες που εφευρέθηκαν και εφαρμόστηκαν κατά τη διάρκεια του Δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου ήταν αμέτρητες καθιστώντας ξεκάθαρο ότι η



καινοτομία και τα καινοτόμα προϊόντα που κατασκευάστηκαν ως αποτέλεσμα της συνεργασίας της επιστημονικής κοινότητας με τον στρατό συνέβαλαν καθοριστικά στην επιτυχή έκβαση του πολέμου και βοήθησαν στην προώθηση της εκπαίδευσης STEM (Judy, 2011). Άλλο ένα τεχνολογικό ορόσημο ήταν η εκτόξευση του δορυφόρου Sputnik που ξεκίνησε την κούρσα του Διαστήματος μεταξύ Ηνωμένων Πολιτειών και Σοβιετικής Ένωσης και ήταν η αιτία που ώθησε τις Ηνωμένες Πολιτείες να δημιουργήσουν τη NASA το 1958 και να προωθήσουν τις τεχνολογικές εξελίξεις. Η NASA έπαιξε σημαντικό ρόλο στα πρώτα βήματα της εκπαίδευσης STEM καθώς έχει υπάρξει υπεύθυνη για τη χρηματοδότηση προγραμμάτων STEM στην προ και μετα δευτεροβάθμια εκπαίδευση τα τελευταία 50 χρόνια και την ανάπτυξη του ενδιαφέροντος των μαθητών στα μαθήματα STEM. Για παράδειγμα, μόνο το καλοκαίρι του 2010, 150 εκδηλώσεις, υπό την καθοδήγηση των κέντρων της NASA, έφεραν σε επαφή 150.000 μαθητές με τη NASA. Από αυτούς 22.000 έλαβαν τουλάχιστον 40 ώρες εκπαίδευσης STEM (NASA, 2012).

Η εκπαίδευση STEM, στη σημερινή της μορφή, προέκυψε ως μια πρωτοβουλία του Εθνικού Ιδρύματος Επιστημών (National Science Foundation). Ο οργανισμός χρησιμοποιούσε προηγουμένως το ακρωνύμιο SMET (Science – Mathematics – Engineering - Technology) όταν αναφερόταν στους τομείς σταδιοδρομίας σε αυτούς τους επιστημονικούς κλάδους ή σε ένα πρόγραμμα σπουδών που ενσωμάτωνε γνώσεις και δεξιότητες από αυτούς τους τομείς (Sanders, 2009). Αυτή η εκπαιδευτική πρωτοβουλία είχε ως σκοπό να παρέχει σε όλους τους μαθητές δεξιότητες κριτικής σκέψης που θα τους καθιστούσαν ικανούς να επιλύουν προβλήματα με δημιουργικούς τρόπους και ουσιαστικά να είναι περιζήτητοι στην αγορά εργασίας (White, 2014) καθώς θεωρείται ότι οποιοσδήποτε μαθητής συμμετέχει στην εκπαίδευση STEM, ιδίως στο πλαίσιο της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης θα έχει πλεονέκτημα, αν επιλέξει να μην συνεχίσει τις σπουδές του στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, και ακόμα μεγαλύτερο πλεονέκτημα αν παρακολουθήσει ανώτερες ή ανώτατες σπουδές, ιδιαιτέρως στα επιστημονικά πεδία STEM (Butz et al. 2004). Το NSF ορίζει τα πεδία STEM ευρέως, περιλαμβάνοντας όχι μόνο τα κοινές κατηγορίες των μαθηματικών, των φυσικών επιστημών, μηχανικής και των επιστημών υπολογιστών και πληροφορικής, αλλά και κοινωνικές επιστήμες όπως η ψυχολογία, τα οικονομικά, η κοινωνιολογία και οι πολιτικές επιστήμες (Green, 2007).

Ιδιαίτερα σημαντική για την αναγνώριση της εκπαίδευσης STEM αποτέλεσε η Διακήρυξη που εκδόθηκε από το Διεθνές Συμβούλιο Ενώσεων για την Επιστήμη και την Εκπαίδευση (ICASE) που πραγματοποιήθηκε στο Kuching της Μαλαισίας στις 29 Σεπτεμβρίου - 3 Οκτωβρίου του 2013. Οι τριάντα τέσσερις χώρες που εκπροσωπήθηκαν στη διάσκεψη για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία, εξέφρασαν την πεποίθησή τους ότι «η Επιστημονική και Τεχνολογική Εκπαίδευση σε όλα τα επίπεδα πρέπει να προετοιμάζει τους μαθητές, για τη μελλοντική τους ζωή ως παγκόσμιους πολίτες καλώντας όλους όσοι εμπλέκονται στην έρευνα, την ανάπτυξη πολιτικής και τη διδασκαλία των κλάδων STEM να επιτελέσουν ενεργά τον ρόλο τους ώστε όλοι οι μαθητές να έχουν πρόσβαση στην υψηλής ποιότητας εκπαίδευση που αποτελεί θεμελιώδες δικαίωμα τους». (ICASE, 2013) Μέρος της διακήρυξης περιλάμβανε τη διαπίστωση ότι «Σε περιόδους ευπάθειας, ζητήματα όπως η βιωσιμότητα, η υγεία, η ειρήνη, η μείωση της φτώχειας, η ισότητα των φύλων και η διατήρηση της βιοποικιλότητας πρέπει να βρίσκονται στο προσκήνιο της σκέψης, του σχεδιασμού και των δράσεων που σχετίζονται με την ενίσχυση της εκπαίδευσης στις Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά γιατί αν και η σχετική ισορροπία και η έμφαση αυτών των κλάδων ποικίλει ανά τον κόσμο, η αλληλοσυσχέτιση και ο συνδυασμός τους είναι αυτά που θα ωθήσουν την πρόοδο». (ICASE, 2013)

### **2.3 Η εκπαίδευση STEM**

Όπως αναφέρθηκε, ο όρος STEM αναφέρεται στη διδασκαλία και μάθηση στα πεδία των φυσικών επιστημών, τεχνολογίας, μηχανικής και μαθηματικών. Τυπικά περιλαμβάνει εκπαιδευτικές δραστηριότητες σε όλα τα επίπεδα, από το νηπιαγωγείο έως τις μεταδιδακτορικές σπουδές τόσο σε επίσημα όσο και σε ανεπίσημα περιβάλλοντα τάξης (Gonzalez & Kuenzi, 2012). Ενώ η επιστημονική διερεύνηση περιλαμβάνει τη διατύπωση ενός ερωτήματος που μπορεί να απαντηθεί μέσω της έρευνας, ο μηχανολογικός σχεδιασμός περιλαμβάνει τη διατύπωση ενός προβλήματος

που μπορεί να επιλυθεί μέσω της κατασκευής και της αξιολόγησης κατά το στάδιο μετά τον σχεδιασμό. Η εκπαίδευση STEM φέρνει αυτές τις δύο έννοιες σε επαφή μέσω και των τεσσάρων επιστημονικών κλάδων.

Ο Bybee (2013) διατυπώνει με σαφήνεια ότι ο γενικός σκοπός της εκπαίδευσης STEM είναι η περαιτέρω ανάπτυξη μιας κοινωνίας που θα είναι εγγράμματη στα STEM. Ο ορισμός του για τον "γραμματισμό STEM" αναφέρεται:

- στις γνώσεις, στάσεις και δεξιότητες για τον εντοπισμό ερωτημάτων και προβλημάτων σε καταστάσεις ζωής, την εξήγηση του φυσικού και του σχεδιασμένου κόσμου και την εξαγωγή τεκμηριωμένων συμπερασμάτων για θέματα που σχετίζονται με το STEM,
- στην κατανόηση των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων των κλάδων STEM ως μορφές ανθρώπινης γνώσης, έρευνας και σχεδιασμού,
- στην επίγνωση του τρόπου με τον οποίο οι κλάδοι STEM διαμορφώνουν το υλικό, πνευματικό και πολιτιστικό μας περιβάλλον, και
- στην προθυμία να ασχοληθεί με θέματα που σχετίζονται με τα STEM και με τις ιδέες της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών ως εποικοδομητικός, ενδιαφερόμενος και στοχαστικός πολίτης.

Για να μπορέσουν τα σχολεία να αναπτύξουν παιδαγωγικά μοντέλα που παρέχουν μια αυστηρή, ολοκληρωμένη εκπαίδευση με εξαιρετική διδασκαλία STEM και τα ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης να διευκολύνουν τη μεταμόρφωση του STEM και να υποστηρίξουν τους εκπαιδευτικούς σε αυτά τα σχολεία, ένας λειτουργικός ορισμός του STEM πρέπει να υπερβαίνει τον γραμματισμό και την απλή διδασκαλία των τεσσάρων αρχών STEM και να εστιάζει στην ενεργή εμπλοκή των μαθητών (Kennedy&Odell, 2014).

Ο νομπελίστας φυσικός Leon Lederman (1998) ορίζει τον "γραμματισμό STEM" σε μια οικονομία βασισμένη στη γνώση ως την ικανότητα προσαρμογής και αποδοχής των αλλαγών που οδηγούνται από τη νέα τεχνολογία, συνεργασίας με άλλους (συχνά διασυνοριακά), πρόβλεψης των πολυεπίπεδων επιπτώσεων των ενεργειών τους, επικοινωνίας πολύπλοκων ιδεών σε ποικίλα ακροατήρια και, ίσως το σημαντικότερο, εύρεσης "μετρημένων αλλά δημιουργικών λύσεων σε προβλήματα που σήμερα είναι αδιανόητα". Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι ο γραμματισμός STEM αποτελεί προσδοκία για όλους τους μαθητές και να βελτιωθεί η συνολική κατάσταση της εκπαίδευσης STEM, όλοι οι μαθητές στα σχολεία πρέπει να αποτελέσουν μέρος του οράματος STEM και οι εκπαιδευτικοί πρέπει να έχουν τις κατάλληλες ευκαιρίες επαγγελματικής κατάρτισης που θα τους επιτρέψουν να καθοδηγήσουν όλους τους μαθητές τους προς την απόκτηση γραμματισμού STEM (Crow, Kennedy, Odell, Orphus & Abbitt, 2013).

Κατά τους Kennedy και Odell (2014) "παρ' όλο που οι μαθητές που προετοιμάζονται για το κολέγιο ολοκληρώνουν τέσσερα χρόνια μαθηματικών και φυσικών επιστημών δεν έχουν συνήθως πρόσβαση σε μαθήματα στην τεχνολογία και τη μηχανική». Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο τυπικός μαθητής να επιλέγει να σπουδάσει τη βιολογία, φυσική ή χημεία σε πανεπιστημιακό επίπεδο όχι όμως τεχνολογία ή μηχανική.

Αυτή η τάση δείχνει ότι προκειμένου η εκπαίδευση STEM πρέπει να υπερβεί τη βελτίωση των επιμέρους κλάδων STEM και να εξετάσει το STEM πιο ολιστικά έτσι ώστε οι περισσότεροι μαθητές να έχουν πρόσβαση σε όλους τους ξεχωριστούς κλάδους STEM. Το 2007, ο ιδρυτής της Microsoft, Bill Gates, μιλώντας στο Κογκρέσο των ΗΠΑ σχετικά με την εκπαίδευση STEM, τόνισε ότι υπάρχουν «δύο προσεγγίσεις για τη βελτίωση της εκπαίδευσης STEM: η μία λαμβάνει υπόψη το πρόγραμμα σπουδών στα κανονικά σχολεία και το κάνει καλύτερο και η άλλη αφορά σε σχολεία ειδικά για STEM. Η παραπάνω δήλωση ενισχύει τις δύο πιθανές στρατηγικές, τη βελτίωση των σημερινών ξεχωριστών προγραμμάτων σπουδών STEM ή την ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών που υπερβαίνουν αυτά τα όρια». Μ' αυτόν τον τρόπο το STEM γίνεται μια διεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας. Η εκπαίδευση STEM δεν είναι απλώς μια νέα ονομασία για την παραδοσιακή προσέγγιση για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών. Ούτε είναι απλώς η εισαγωγή της τεχνολογίας και μηχανικής στα συνήθη

προγράμματα σπουδών των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών. Αντίθετα, το STEM ενσωματώνει και ενώνει τους διαφορετικούς τομείς μελέτης. Το STEM είναι μια προσέγγιση στη διδασκαλία που είναι μεγαλύτερη από τα συστατικά της μέρη- είναι, όπως λέει η Janice Morrison του Teaching Institute for Essential Science, μια "μετα-επιστήμη". Η εκπαίδευση STEM καταργεί τα παραδοσιακά εμπόδια που έχουν δημιουργηθεί μεταξύ των τεσσάρων επιστημονικών κλάδων, ενσωματώνοντας τα τέσσερα θέματα σε ένα συνεκτικό μέσο διδασκαλίας και μάθησης. Η συνιστώσα της μηχανικής δίνει έμφαση στη διαδικασία και σχεδιασμό των λύσεων αντί στις ίδιες τις λύσεις. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στους μαθητές να εξερευνήσουν τα μαθηματικά και την επιστήμη σε ένα πιο εξατομικευμένο πλαίσιο, ενώ παράλληλα τους βοηθά να αναπτύξουν τις δεξιότητες κριτικής σκέψης που μπορούν να εφαρμοστούν σε όλες τις πτυχές των εργασίας και της ακαδημαϊκής ζωής τους. Η μηχανική είναι η μέθοδος που χρησιμοποιούν οι μαθητές για την ανακάλυψη, την εξερεύνηση και την επίλυση προβλημάτων (Kennedy & Odell, 2014).

Η τεχνολογική συνιστώσα επιτρέπει μια βαθύτερη κατανόηση των τριών άλλων τμημάτων της εκπαίδευσης STEM. Επιτρέπει στους μαθητές να εφαρμόσουν αυτά που έχουν μάθει, αξιοποιώντας υπολογιστές με εξειδικευμένες και επαγγελματικές εφαρμογές όπως ο σχεδιασμός με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) και τα κινούμενα σχέδια με υπολογιστή. Αυτές και άλλες εφαρμογές της τεχνολογίας επιτρέπουν στους μαθητές να εξερευνήσουν τα θέματα STEM με μεγαλύτερη λεπτομέρεια και με πρακτικό τρόπο.

Αυτός ο ορισμός είναι που μπορεί να προσφέρει μια εικόνα για το πώς να γίνουν τα STEM πιο ενδιαφέροντα για τους μαθητές και να τους εμπλέξουν πλήρως και στα τέσσερα αντικείμενα τομείς. Καινοτόμα προγράμματα σπουδών, τα οποία συνδέουν τα τέσσερα επιστημονικά πεδία αντί να ενισχύουν απλώς τα υπάρχοντα μαθήματα μαθηματικών και φυσικών επιστημών μπορεί να είναι το κλειδί για τη βελτίωση της δέσμευσης των μαθητών (Kennedy & Odell, 2014).

## 2.4 Η αναγκαιότητα της εκπαίδευσης STEM

Το ερώτημα που προκύπτει συχνά όσον αφορά στην εκπαίδευση STEM είναι: Γιατί γίνεται ολοένα και περισσότερη κουβέντα και οργανώνονται όλο και περισσότερες δράσεις πάνω στην εκπαίδευση STEM; Κατά τους Γαϊτάνη και Κόσσυβα (2018) η απάντηση δίνεται από τον ίδιο το χαρακτήρα της εκπαίδευσης καθώς η εκπαίδευση δεν είναι ανεξάρτητη από την κοινωνία, της οποίας αποτελεί τμήμα. Και δε μπορεί να είναι ανεξάρτητη από το οικονομικό σύστημα, την οικονομία, η οποία είναι η βάση του κάθε εκπαιδευτικού συστήματος. Το οικονομικό σύστημα, ως βάση, είναι αυτό που θα καθορίσει το εποικοδόμημα, δηλαδή την εκπαίδευση (Blackledge & Hunt, 1995). Η απάντηση για το τί εκπαιδευτικό σύστημα θα έχουμε σήμερα, βρίσκεται στην απάντηση της ερώτησης, ποιον εργαζόμενο έχουμε ανάγκη αύριο. Ανάλογα με τη χώρα και τη βαρύτητα που δίνει σε αυτά, δημιουργείται ένα ψηφιδωτό δράσεων που μπορεί να προσελκύσει πληθώρα μαθητών ανεξάρτητα από το φύλλο, την ηλικία, τις προτιμήσεις ή τις κλίσεις του καθενός. Πυρήνας αυτής της διαδικασίας είναι η μάθηση μέσα από την εμπλοκή, το πείραμα και τη δημιουργία. Ακριβώς για αυτό το λόγο πραγματοποιούνται τόσες δράσεις STEM και όλες οι μελέτες που σχετίζονται με αυτό έχουν κοινή αφητηρία την οικονομική ανάπτυξη.

Ο σύγχρονος άνθρωπος ζει σε ένα τεχνολογικό περιβάλλον που συνεχώς αναπτύσσεται και εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς. Η τεχνολογία αλλάζει με ρυθμούς 7% το χρόνο (Γλώσσας, 2007). Αυτό σημαίνει πως η τεχνολογία που θα χρησιμοποιούμε σε 10 χρόνια δεν θα έχει καμία σχέση με την σημερινή. Η τεράστια τεχνολογική ανάπτυξη και ο ανταγωνισμός μεταξύ των χωρών καθιστούν επιτακτική ανάγκη την κατεύθυνση των μαθητών σε επαγγέλματα που σχετίζονται με το STEM καθώς εκτιμάται ότι οι θέσεις εργασίας στους τομείς STEM θα αυξηθούν σημαντικά τα επόμενα χρόνια. Το υπουργείο των ΗΠΑ εκτιμά πως ο ρυθμός ανάπτυξης των επαγγελματιών STEM θα αυξηθεί 1,7 φορές ταχύτερα σε σχέση με τα υπόλοιπα επαγγέλματα. Κατά τον Langdon (2011) οι θέσεις εργασίας που σχετίζονται με το STEM αναμένεται να αυξηθούν κατά 17% σε σύγκριση με 9,8% για τις θέσεις εργασίας που δεν έχουν σχέση με αυτά τα πεδία.

Ταυτόχρονα, στον δυτικό, κατά κύριο λόγο, παρατηρείται διαρροή μαθητών από τα μαθήματα STEM. Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής μόνο το 75% των μαθητών που εστιάζουν ή

αριστεύουν σε μαθήματα STEM στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση συνεχίζουν τις σπουδές τους στην τριτοβάθμια σε αντίστοιχα πτυχία, ενώ το 43% των αποφοίτων αυτών των ειδικοτήτων δεν εργάζονται σε θέσεις STEM όταν εισέλθουν στην αγορά εργασίας και το 46% των πτυχιούχων αφήνουν τα πεδία STEM για καλύτερα αμειβόμενες διοικητικές θέσεις (Georgetown University Center of Education and Workforce, 2014). Αντίθετα, στην Ασία, υπάρχει ένας τεράστιος αριθμός αποφοίτων σχολών που σχετίζονται με το STEM. Η έλλειψη αυτού του εργατικού δυναμικού θα έχει αρνητικές επιπτώσεις στην οικονομία, κυρίως όσον αφορά στην ανταγωνιστικότητα με άλλες περιοχές του κόσμου

Παράλληλα σήμερα ο κόσμος αντιμετωπίζει προκλήσεις οι οποίες αφορούν κυρίως στην ενέργεια, το περιβάλλον και την υγεία. Κανένα πρόβλημα, από αυτά που η παγκόσμια κοινωνία θεωρεί μεγάλα, όπως η υπερθέρμανση του πλανήτη, η θεραπεία των ασθενειών, ή ο τερματισμός της φτώχειας δεν πρόκειται να επιλυθεί χωρίς διεπιστημονική αντιμετώπιση και διεθνή συνεργασία. Οι λύσεις σε αυτές τις προκλήσεις απαιτούν ένα επιστημονικό εργατικό δυναμικό εξοπλισμένο με δεξιότητες νέας τεχνολογίας και διεπιστημονικής σκέψης (Toulmin & Groomer, 2007). Ως εκ τούτου, είναι επιτακτική ανάγκη να εκπαιδευτεί και να προετοιμαστεί ένα ποικιλόμορφο εργατικό δυναμικό με γνώσεις STEM και με την ικανότητα κατανόησης του τεχνολογικού κόσμου (Merchant & Khanbilvardi, 2001). Οι αναπτυσσόμενες χώρες, έγκαιρα ή με καθυστέρηση, έχουν κατανοήσει ότι αποτελεί πια και οικονομική επιταγή να προωθήσουν την εκπαίδευση STEM έτσι ώστε οι καινοτόμες τεχνολογίες αιχμής να ενταχθούν στο εκπαιδευτικό σύστημα με σκοπό να προετοιμάσουν και να κατευθύνουν εγκαίρως του μαθητές σε αυτούς τους τομείς (Goumoroulos et al., 2018).

## 2.5 Η εκπαίδευση STEM στον κόσμο

Το πόσο σημαντικός είναι για τις ΗΠΑ ο τομέας STEM, φαίνεται από το γεγονός ότι, από το Νοέμβριο του 1993 ιδρύθηκε το Εθνικό Συμβούλιο Επιστήμης και Τεχνολογίας (National Science and Technology Council), με πρόεδρο τον εκάστοτε πρόεδρο των ΗΠΑ, το οποίο είναι αρμόδιο να συντονίζει την πολιτική τους σε αυτά τα ζητήματα. Το Εθνικό Συμβούλιο Επιστήμης και Τεχνολογίας αποτελείται από 5 επιτροπές, όπου η πρώτη από αυτές είναι η επιτροπή STEM Education (CoSTEM), η οποία συντονίζει και υποστηρίζει όλα τα σχετικά εκπαιδευτικά προγράμματα, καταρτίζει 5ετή πλάνα και ελέγχει την πορεία τους (Γαϊτάνης & Κόσσυβας, 2018). Οι μελέτες της επιτροπής έγιναν, μέσα από την ανάγκη να παραμείνουν οι ΗΠΑ πρωτοπόρος δύναμη στην παγκόσμια οικονομία καθώς η μελέτη της Εθνικής Ακαδημίας Επιστημών, της Εθνικής Ακαδημίας Μηχανικών και του Ινστιτούτου Ιατρικής, "Rising Above the Gathering Storm. Engineering and Employing America for a Brighter Economic Future", που διεξήχθη το 2005, κατέληγε στο συμπέρασμα πως οι ΗΠΑ θα έχαναν την πρώτη θέση στην παγκόσμια οικονομία εξαιτίας της έλλειψης του απαραίτητου εργατικού δυναμικού στους τομείς STEM καθώς το εκπαιδευτικό τους σύστημα δεν κατεύθυνε επαρκές μαθητικό δυναμικό σε τομείς STEM, ώστε να υπάρξει και το αντίστοιχα απαραίτητο εργατικό δυναμικό. Σύμφωνα με μελέτες του υπουργείου παιδείας των ΗΠΑ, το 2010, μόνο το 16% των μαθητών γυμνασίου επέλεγε κατευθύνσεις STEM και μόλις οι μισοί από όσους αποφοιτούσαν από πανεπιστήμια απασχολούνταν πάνω στον τομέα τους. Αποτέλεσμα θα ήταν να χάσουν οι ΗΠΑ το συγκριτικό πλεονέκτημα το οποίο θα τους διατηρούσε στην πρώτη θέση στους τομείς της ανάπτυξης και της καινοτομίας και θα αναγκάζονταν να "εισάγουν" εργατικό δυναμικό στους συγκεκριμένους τομείς (National Center for Educational Statistics, 2008).

Για να ανατρέψουν αυτή την πορεία αποφάσισαν να επενδύσουν 4,3 δισεκατομμύρια δολάρια, ώστε να εντάξουν δυναμικά τις δράσεις STEM στο εκπαιδευτικό τους σύστημα ώστε να αυξήσουν το κατάλληλο εργατικό δυναμικό, το οποίο θα απασχολείται στο STEM (Γαϊτάνης & Κόσσυβας, 2018). Οι δράσεις του σχεδίου περιλαμβάνουν όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, ενώ είναι διευρυμένες οι συνεργασίες με φορείς, όπως η NASA. Οι βασικοί στόχοι του στρατηγικού τους σχεδίου, μεταξύ άλλων, είναι:

1. Να υπάρξει επαρκές εργατικό δυναμικό στους τομείς STEM μέσω επαγγελματικής εξέλιξης, συνεχούς κατάρτισης και επανεκπαίδευσης.
2. Να αυξηθεί ο αριθμός των γυναικών καθώς και των φυλετικών και μειονοτικών ομάδων που ακολουθούν τομείς STEM.
3. Να έχουν τουλάχιστον 100 χιλιάδες εκπαιδευτικούς STEM, οι οποίοι θα εργαστούν στην εκπαίδευση, θα παρακινήσουν και θα εμπνεύσουν τους μαθητές να επιλέξουν μαθήματα STEM.
4. Να δημιουργήσουν, να αναπτύξουν και να βελτιώσουν τα σχολικά προγράμματα STEM όπως και τα εκπαιδευτικά υλικά, τους πόρους και τα μαθήματα, ώστε να γίνει ελκυστικότερη η διδασκαλία, με ταυτόχρονη αυστηρή αξιολόγηση σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, αφού μελέτες έδειξαν πως όσο πιο νωρίς ασχοληθεί ένας μαθητής με δράσεις STEM, τόσο αυξάνονται οι πιθανότητες να συνεχίσει σε σπουδές STEM.

Όπως είναι εμφανές οι ΗΠΑ μπορεί να θεωρηθεί πρωτοπόρος χώρα στις δραστηριότητες STEM ιδιαίτερα όσον αφορά στη σημασία την οποία δίνει το εκπαιδευτικό τους σύστημα στην εκπαίδευση STEM καθώς εκτός από τη γενική αξιολόγηση και βαθμολόγηση των σχολείων υπάρχει και βαθμολόγηση STEM ενώ και στο αναλυτικό πρόγραμμα των σχολείων κάθε μαθητής έχει ένα βασικό κορμό αλλά και επιλεγόμενα μαθήματα STEM.

Αντίστοιχη πολιτική έχει υιοθετήσει και η **Ευρωπαϊκή Ένωση**. Η απασχόληση ειδικευμένου εργατικού δυναμικού STEM στην Ευρωπαϊκή Ένωση αυξάνεται παρά την οικονομική κρίση και η ζήτηση αναμένεται να αυξηθεί. Σύμφωνα με την ανάλυση του Ευρωπαϊκού Κέντρου για την Ανάπτυξη της Επαγγελματικής Κατάρτισης (European Centre for the Development of Vocational Training) η απασχόληση των επαγγελματιών STEM και των συνεργαζόμενων επαγγελματιών στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει αυξηθεί από το 2000, παρά την οικονομική κρίση, και η ζήτηση αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω έως το 2025. Επίσης η ζήτηση για επαγγελματίες και συνεργάτες STEM αναμένεται να αυξηθεί κατά 8 % έως το 2025, ενώ η μέση πρόβλεψη αύξησης για όλα τα επαγγέλματα είναι 3 %. Παράλληλα, μεγάλος αριθμός εργαζομένων STEM πλησιάζει την ηλικία συνταξιοδότησης. Μέχρι το 2025 προβλέπονται περίπου 7 εκατομμύρια κενές θέσεις εργασίας, τα δύο τρίτα για την αντικατάσταση των εργαζομένων που συνταξιοδοτούνται (EU PARLIAMENT, Economic and Scientific Policy A, 2015).

Η ανάγκη λοιπόν για την προσέλκυση εργαζομένων που είναι καταρτισμένοι σε αυτούς τους τομείς είναι εμφανής προκειμένου να ενισχυθεί ο τομέας STEM. Η δυσκολία που υπάρχει στην Ε.Ε. σε σχέση με τις ΗΠΑ και τα υπόλοιπα κράτη, είναι πως δεν πρόκειται για μια ενιαία χώρα με κοινά προγράμματα εκπαίδευσης και απασχόλησης. Καθώς, η κουλτούρα και οι αξίες σε κάθε χώρα είναι διαφορετικές, υπάρχει διαφορετική στάση απέναντι στο STEM και οι δράσεις δεν μπορούν να δώσουν τα ίδια αποτελέσματα. Η ανισόμετρη ανάπτυξη στην Ε.Ε. είχε αποτέλεσμα, το 2015, να εργάζονται στο Λουξεμβούργο το 55% στο σύνολο των εργαζομένων της χώρας στο STEM, στη Δανία το 45% ενώ στην Ελλάδα και τη Ρουμανία το 22%. Το 2014 οι φοιτητές σε τομείς STEM αποτελούσαν στη Γερμανία το 32,8% στο σύνολο του φοιτητικού πληθυσμού, στην Ελλάδα το 28,1%, στη Ρουμανία το 28% ενώ στο Βέλγιο ήταν το 14% και στο Λουξεμβούργο 15,1%. Τα ποσοστά εγκατάλειψης ή διακοπής των σπουδών έχουν ως αποτέλεσμα μόλις το 18,5% από το σύνολο των πτυχιούχων να είναι απόφοιτοι STEM. Το ποσοστό αυτό είναι αρκετό για να καλύψει τη ζήτηση εργατικού δυναμικού ( Γαϊτάνης & Κόσσυβας, 2018).

Παράλληλα οι αντιλήψεις για το STEM σε κάθε χώρα επηρεάζονται από το εκπαιδευτικό σύστημα, αλλά και τα στερεότυπα, την εργασιακή και οικονομική ασφάλεια που προσφέρουν οι θέσεις εργασίας στα πεδία STEM αλλά και η επιρροή που ασκούν τόσο οι εκπαιδευτικοί όσο και οι οικογένειες και οι φίλοι στους μαθητές. Για αυτό και δεν υπάρχουν ενιαίες δράσεις στην Ε.Ε., παρότι, οι καλές πρακτικές γίνεται προσπάθεια να διαχυθούν στο σύνολό της, όπως για παράδειγμα, η προώθηση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων STEM στην πρωτοβάθμια και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση με σκοπό να ενισχυθεί ή να δημιουργηθεί ενδιαφέρον από μικρές ηλικίες σε αυτούς τους τομείς καθώς, μελέτες δείχνουν ότι αν οι μαθητές αγαπήσουν το STEM από αυτή την ευαίσθητη ηλικία αυξάνονται οι πιθανότητες να ακολουθήσουν επαγγελματική καριέρα σε αυτό. Τα μέτρα που λαμβάνονται σε κάθε χώρα είναι διαφορετικά. Σχετίζονται με το

επίπεδο ανάπτυξης, το εκπαιδευτικό σύστημα και τις ανάγκες του. Υπάρχουν, όμως τρεις βασικοί άξονες στους οποίους τα κράτη – μέλη κατευθύνουν τις προσπάθειες τους. Ο πρώτος σχετίζεται με τους εκπαιδευτικούς, ο δεύτερος με τα καινοτόμα χαρακτηριστικά των προγραμμάτων και ο τρίτος με τη δημιουργία εργαλείων και πόρων (Γαϊτάνης & Κόσσυβας, 2018).

Σχετικά με τους εκπαιδευτικούς οι δράσεις ποικίλουν και αφορούν την επανεκπαίδευση των εν ενεργεία εκπαιδευτικών, αλλά και την προσέλκυση νέων. Για παράδειγμα, στις Κάτω Χώρες δημιουργήθηκε Ακαδημία Δασκάλων STEM ενώ η Φινλανδία και η Νορβηγία χρηματοδοτούν προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών STEM. Τα χαρακτηριστικά των προγραμμάτων έχουν παραδοσιακά στοιχεία και κίνητρα, όπως είναι οι επιχορηγήσεις και οι υποτροφίες, αλλά περιέχουν και πολλές καινοτομίες. Για παράδειγμα, μέσω προγραμμάτων σχεδιασμού, βιοπληροφορικής, επεξεργασίας εικόνας, ήχου κ.α. γίνεται προσπάθεια, μαθητές που έχουν έφεση στις τέχνες, να κατανοήσουν τη δημιουργική σχέση τους με το STEM, και εφόσον δεν σπουδάσουν σε αυτές, να στραφούν στο STEM (Essinger & Coote & Κωνσταντόπουλος & Silverman & Rosen, 2010). Επίσης, οι σπουδές STEM απαιτούν για την ολοκλήρωσή τους να παρακολουθήσει κάποιος και μαθήματα από τις ανθρωπιστικές ή κοινωνικές επιστήμες ή τις τέχνες, ώστε να αναπτύξει ο φοιτητής επικοινωνιακές δεξιότητες και σφαιρικότερη αντίληψη των πραγμάτων. Τέλος, γίνεται προσπάθεια παραγωγής εκπαιδευτικού, υποστηρικτικού υλικού και συγκέντρωσης πόρων, ώστε να είναι ευκολότερη η διάδοσή τους στα σχολεία. Δημιουργήθηκαν έτσι αρκετές πλατφόρμες εκπαίδευσης και ενημέρωσης και εκπαιδευτικές καλοκαιρινές κατασκηνώσεις (Γαϊτάνης & Κόσσυβας, 2018).

Η προσπάθεια να συντονίσουν και να ενοποιήσουν στην ΕΕ δράσεις γύρω από το STEM έχει δώσει τα τελευταία χρόνια ορισμένα αξιόλογα προγράμματα στις σελίδες των οποίων μπορούν οι εκπαιδευτικοί να βρουν πληροφορίες για το ακριβές περιεχόμενο, τους στόχους, τη διαδικασία καθώς και βοηθητικό υλικό. Η εφαρμογή τους δεν είναι υποχρεωτική στα σχολεία, αλλά εφαρμόζεται εθελοντικά. Υπάρχει αξιολόγηση των προγραμμάτων από τους συμμετέχοντες, δηλαδή, τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές (Γαϊτάνης & Κόσσυβας, 2018). Τέτοια προγράμματα είναι τα:

1. Engineer που πραγματοποιήθηκε σε 12 χώρες (11 της Ε.Ε. και το Ισραήλ) και στο οποίο συμμετείχαν 26 φορείς, όπως μουσεία, πανεπιστήμια, και άλλα ιδρύματα, με διάρκεια από τον Οκτώβριο του 2011 μέχρι τον Οκτώβριο του 2014 και τη συμμετοχή 1000 εκπαιδευτικοί και 27000 μαθητές.
2. Horizon 2020, Πρόγραμμα Έρευνας και Καινοτομίας της ΕΕ, από το οποίο έχει χρηματοδοτηθεί και το έργο STEM4YOUTH. Αναφέρεται σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και για την υλοποίηση του συνεργάζονται 10 φορείς μεταξύ των οποίων και πανεπιστήμια. Οι επιστημονικοί κλάδοι που καλύπτονται είναι η αστρονομία, η ιατρική, η φυσική, η χημεία, τα μαθηματικά, η εφαρμοσμένη μηχανική και ένα διεπιστημονικό πεδίο, η επιστήμη των πολιτών. Στο πλαίσιο του έργου έχει δημιουργηθεί και η εκπαιδευτική πλατφόρμα <https://olcms.stem4youth.pl/discipline>, όπου μαθητές και καθηγητές μπορούν να επικοινωνήσουν, να αλληλοεπιδράσουν, να μοιραστούν προβληματισμούς, εντυπώσεις και εμπειρίες και να βρουν το απαραίτητο εκπαιδευτικό υλικό, καθώς και τη δομή των μαθημάτων.
3. Hyratia που έχει στόχο την αλλαγή της αντίληψης πως οι άνδρες είναι ικανότεροι στους τομείς STEM από τις γυναίκες. Μέσω στοχευμένων δράσεων μικρής διάρκειας, κυρίως με την επαφή με επαγγελματίες του STEM, γίνεται προσπάθεια να αντιμετωπιστούν τα στερεότυπα που υπάρχουν σχετικά με το φύλο. Οι δράσεις είναι για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και είναι σημαντικότερες για την προσέλκυση κοριτσιών στο STEM.

Στην **Αυστραλία** η πλειοψηφία των μαθητών θεωρεί το STEM βαρετό και πως δεν προσφέρει ευκαιρίες για επιτυχημένη σταδιοδρομία, παρ' όλο που σύμφωνα με τον M. West, στέλεχος του γραφείου Chief Scientist της Αυστραλίας, προκειμένου να αυξηθεί η παραγωγικότητα των επιχειρήσεων θα πρέπει να επενδύσουν στην έρευνα και την ανάπτυξη. Για να αντιστρέψουν την τάση αυτή και να προσελκύσουν περισσότερους φοιτητές στις επιστήμες STEM έχουν

δημιουργήσει πολλές εκπαιδευτικές δραστηριότητες, τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης, καλοκαιρινά camps και πολλούς διαγωνισμούς σε συνεργασία με σχολεία, πανεπιστήμια και επιχειρήσεις, η χρηματοδότηση των οποίων γίνεται από κρατικούς πόρους, αλλά και τις ίδιες τις επιχειρήσεις (Γαϊτάνης & Κόσσυβας, 2018).

Το STEM έχει ιδιαίτερη στον Ανατολικό κόσμο, ιδιαίτερα στην Κίνα και την Ιαπωνία. Στην **Κίνα** είναι αναγνωρισμένο πως η ανταγωνιστικότητά της εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την καινοτομία και την επιστήμη και κλειδί σε αυτούς τους τομείς αποτελεί το ανθρώπινο κεφάλαιο (Wen, 2011). Η οικονομία της και οι εξαγωγές της απαιτούν την κατασκευή τεχνολογικά εξελιγμένων προϊόντων, οι οποίες σχετίζονται άμεσα με την εκπαίδευση STEM. Οι Κινέζοι έχουν 5ετή προγράμματα, τα οποία εφαρμόζουν στην εκπαίδευση με συγκεκριμένους στόχους, που ελέγχουν και επανεξετάζουν μετά την ολοκλήρωσή τους. Στην Κίνα, στην εκπαίδευση STEM, υπάρχουν περισσότεροι φοιτητές από ότι στις ανεπτυγμένες χώρες της δύσης αλλά υπάρχουν αδυναμίες, κυρίως στον τρόπο διδασκαλίας καθώς ο κομφουκιανισμός, που παραμένει εξαιρετικά δυνατός ακόμα και σήμερα στην Κίνα, ενισχύει τη δασκαλοκεντρική διδασκαλία με αποτέλεσμα να αποδυναμώνονται τα χαρακτηριστικά που ενισχύουν την έρευνα, το πείραμα και τη βιωματική μάθηση. Από την άλλη πλευρά όμως, ενισχύει τη δημιουργία και τη λειτουργία των ομάδων, αφού επίκεντρο είναι η κολεκτίβα, της οποίας τα μέλη εργάζονται για την πρόοδο της (Γαϊτάνης & Κόσσυβας, 2018).

Όλοι οι μαθητές διδάσκονται υποχρεωτικά, μεταξύ άλλων, μαθηματικά για 6 χρόνια και φυσική, χημεία, βιολογία και τεχνολογία για 5 χρόνια. Το γεγονός αυτό έχει αποτέλεσμα στην Κίνα να βρίσκεται αριθμητικά το μεγαλύτερο πλήθος μαθητών στον κόσμο που εμπλέκεται με το STEM και να συμμετέχουν εξίσου τα κορίτσια και τα αγόρια. Παρά τα θετικά αποτελέσματα όμως, γίνεται προσπάθεια να αλλάξει ο τρόπος μάθησης ώστε να ενισχυθεί το πνεύμα έρευνας και πειραματισμού στα σχολεία γιατί ο παραδοσιακός τρόπος διδασκαλίας μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια του ενδιαφέροντος των μαθητών για το STEM. Έχουν σχεδιαστεί πολλές νέες εργαστηριακές δραστηριότητες, που την πρωτοβουλία αναλαμβάνουν οι μαθητές και ο καθηγητής λειτουργεί ως “οδηγός” (E.S. Liu, 2011). Η ενεργή εμπλοκή των μαθητών θα αναπτύξει άτομα προσανατολισμένα στην επίλυση προβλημάτων, με ερευνητική σκέψη. Επίσης, το 90% των μαθητών, τουλάχιστον μια φορά την εβδομάδα, συμμετέχουν σε δραστηριότητες STEM, εκτός σχολικού ωραρίου και προγράμματος, με βάση τα ατομικά τους ενδιαφέροντα. Οι εκπαιδευτικοί συμμετέχουν σε ενδοϋπηρεσιακή επιμόρφωση, όπου σε ομάδες συνεργάζονται για τη βελτίωση των μαθημάτων και κυρίως των διδακτικών μεθόδων (Γαϊτάνης & Κόσσυβας, 2018).

Στην **Ιαπωνία**, μια χώρα η οποία βρίσκεται στις πρώτες θέσεις στο διαγωνισμό PISA του ΟΟΣΑ, κύριο χαρακτηριστικό είναι η ομαδική σε αντίθεση με την ατομική εργασία. Ο κάθε μαθητής νιώθει ότι έχει υπεύθυνο ρόλο μέσα στην ομάδα και σε αυτό το ρόλο θα ανταποκριθεί. Το πρόγραμμα του σχολείου έχει αυστηρή δομή και καταρτίζεται από το υπουργείο Παιδείας, Πολιτισμού, Αθλητισμού, Επιστήμης και Τεχνολογίας. Κάθε δέκα χρόνια επαναπροσδιορίζεται και γίνονται οι κατάλληλες αλλαγές. Ακόμα και η δομή του μαθήματος είναι συγκεκριμένη, με τρόπο όμως που ευνοεί το STEM. Ο δάσκαλος στην εισαγωγή του μαθήματος παρουσιάζει ένα πρακτικό πρόβλημα και οι μαθητές αναζητούν λύση. Οι ομάδες συζητούν, αναζητούν, πειραματίζονται και δημιουργούν μέχρι να το λύσουν. Ο δάσκαλος είναι καθοδηγητής στην όλη προσπάθεια, κατευθύνοντας τους μαθητές. Ακόμα και οι ερωτήσεις τις οποίες υποβάλλει στους μαθητές στόχο έχουν να τους κάνουν να σκεφτούν και όχι απαραίτητα να απαντήσουν σωστά, άλλωστε και από το λάθος μαθαίνει κανείς. Η συνεργασία με πανεπιστήμια, μουσεία και ερευνητικά ιδρύματα είναι δομικό στοιχείο του εκπαιδευτικού τους συστήματος, καθ’ να αναδείξουν τους επιστήμονες ως πρότυπα για τους μαθητές, να αυξήσουν το ενδιαφέρον για το STEM και να δώσουν μεγαλύτερη έμφαση στη βιωματική μάθηση μέσα από διεπιστημονικά προβλήματα (Γαϊτάνης & Κόσσυβας, 2018).

## **2.6 Η εκπαίδευση STEM στην Ελλάδα**

Κατά τους Γαϊτάνη και Κόσσυβα (2018) στη χώρα μας το πρόγραμμα σπουδών είναι ενιαίο και αυστηρά δομημένο. Γίνονται ωστόσο προσπάθειες να εισαχθεί ο ερευνητικός και επιστημονικός

τρόπος σκέψης στα σχολεία. Μάλιστα η μέθοδος αυτή έχει εισαχθεί ως μάθημα στα γενικά και επαγγελματικά λύκεια. Η πληροφορική και τα μαθηματικά διδάσκονται από την πρώτη δημοτικού, ενώ οι φυσικές επιστήμες στις τελευταίες τάξεις. Στο γυμνάσιο διδάσκονται μαθηματικά, φυσικές επιστήμες και τεχνολογία, ενώ στην πρώτη λυκείου μαθηματικά και φυσικές επιστήμες. Οι τελευταίες δύο τάξεις του λυκείου δεν έχουν ίδιο πρόγραμμα σπουδών, αλλά είναι προσαρμοσμένες είτε στο εισαγωγικό σύστημα εξετάσεων για την ανώτατη εκπαίδευση, είτε στην τεχνική εκπαίδευση.

Η χώρα μας ακολουθεί την πολιτική της ΕΕ σε σχέση με την εκπαίδευση STEM αλλά παρ' όλο που είναι η δεύτερη χώρα σε σπουδές STEM είναι η τελευταία σε απορροφητικότητα αποφοίτων. Οι δράσεις που σχετίζονται με το STEM δεν είναι ενταγμένες στο πρόγραμμα του σχολείου και η διάχυσή τους στις εκπαιδευτικές μονάδες είναι αποσπασματική. Υπάρχουν ωστόσο ενδιαφέρουσες δράσεις οι οποίες δημιουργούνται και υλοποιούνται με τη βοήθεια εκπαιδευτικών οργανισμών, από ερευνητές στο πλαίσιο διπλωματικών εργασιών και άλλες από την πρωτοβουλία και το μεράκι των εκπαιδευτικών, ώστε να κάνουν το μάθημα τους ελκυστικότερο για τους μαθητές (Γαϊτάνης & Κόσσυβας, 2018). Παραδείγματα τέτοιων δράσεων είναι τα προγράμματα STEM4Youth, Engineer και Hyratia.

Το Engineer αφορούσε μαθητές Ε', ΣΤ' δημοτικού και Α' γυμνασίου. Στόχος της δράσης αυτής, που απαιτούσε τουλάχιστον 12 διδακτικές ώρες για την ολοκλήρωση της, ήταν να ανακαλύψουν οι μαθητές την επιστήμη μέσα από ένα πρόβλημα κατασκευής μιας πλωτής πλατφόρμας. Το συναρπαστικό ήταν πως κάθε ομάδα δημιουργούσε μια εντελώς διαφορετική πλωτή πλατφόρμα.

Το σενάριο της δράσης STEM4Youth που υλοποιήθηκε στη χώρα μας σχετιζόταν με εφαρμογές της μηχανικής. Αναπτύχθηκαν 8 αυτοτελή έργα, ηλιακό ρομπότ, υδραυλικό βραχίονες, υδροπύραυλοι, υποβρύχιο ρομπότ, ηλεκτρικό σκουπάκι, φωτοβολταϊκά συστήματα, πλωτές φωλιές πτηνών και ρομπότ που αποφεύγει εμπόδια με στόχο να διδαχθούν οι μαθητές την επιστήμη που υπάρχει πίσω από κάθε τεχνολογικό δημιούργημα. Το πρόγραμμα προωθούσε επίσης τη συνεργασία εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων, ώστε ταυτόχρονα να διδάσκουν κομμάτια της ύλης του μαθήματος τους, τα οποία σχετιζόταν με τη δραστηριότητα. Εφαρμόστηκε σε σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης κατά το σχολικό έτος 2017-2018 και πρόγραμμα αναμένεται να συνεχιστεί και τα επόμενα χρόνια, αφού γίνουν οι απαραίτητες διορθώσεις από την ανατροφοδότηση που θα δώσουν εκπαιδευτικοί και μαθητές που συμμετείχαν.

Το πρόγραμμα Hyratia αφορούσε την προβολή και την εμπλοκή γυναικών σε τομείς STEM. Αποτελείται από μικρές δραστηριότητες διάρκειας από δύο έως έξι ωρών που στοχεύουν στην άμβλυση των στερεοτύπων για τη συμπεριφορά των γυναικών γύρω από το STEM. Προβάλλονται κυρίως πρότυπα γυναικών που διαπρέπουν επαγγελματικά στο STEM ενώ από την ομαδική εργασία σε πειράματα και άλλες δραστηριότητες, γίνεται αντιληπτό πως κορίτσια και αγόρια μπορούν να έχουν αντίστοιχη επίδοση σε αυτά. Τα τελευταία χρόνια, γίνεται επίσης και μια προσπάθεια να δημιουργηθούν εκπαιδευτικά εργαλεία που θα περιέχουν ένα μεγάλο όγκο από υλικά, βιβλία, εργασίες και δραστηριότητες, ώστε να ενισχύουν το εκπαιδευτικό έργο. Για αυτό το λόγο έχει δημιουργηθεί το φωτόδεντρο. Η χρήση του μπορεί να γίνει μία πραγματικά ενδιαφέρουσα μαθησιακή εμπειρία, που βοηθάει τους μαθητές με τη χρήση διαδραστικών πινάκων. Παράλληλα έχουν αυξηθεί τα εκπαιδευτικά σεμινάρια, τα θερινά σχολεία και οι ενδοϋπηρεσιακές επιμορφώσεις των εκπαιδευτικών, που στοχεύουν τόσο στο περιεχόμενο, όσο και στη μέθοδο διδασκαλίας. Παραδείγματα αποτελούν τα σεμινάρια που πραγματοποιούνται τα τελευταία δύο χρόνια για την ρομποτική, το θερινό σχολείο Umi-Sci-Ed για το IoT κ.α (Γαϊτάνης & Κόσσυβας, 2018).

Τέλος οι διαγωνισμοί ρομποτικής, όπως ο WRO-Hellas, έχουν αποτέλεσμα τη δημιουργία ομάδων μαθητών και σχολείων με σκοπό να δημιουργήσουν έργα που σχετίζονται με το διαγωνισμό. Ο τρόπος λειτουργίας της συγκεκριμένης δράσης έχει στον πυρήνα του τη μαθησιακή διαδικασία που ευνοεί το STEM, αφού οι συμμετέχοντες πρέπει να αντιμετωπίσουν προκλήσεις –προβλήματα, δίνοντας τη βέλτιστη λύση. Δυστυχώς όμως, στην πλειοψηφία των σχολείων στη χώρα μας, γενικής και τεχνικής εκπαίδευσης, υπάρχει ο ανασταλτικός παράγοντας των ελλιπών εργαστηριακών χώρων και πόρων (Γαϊτάνης & Κόσσυβας, 2018).



Παρά όμως τις φιλότιμες προσπάθειες που γίνονται από μερίδα των εκπαιδευτικών ιδιαίτερα, η χώρα μας καταγράφει διαχρονικά στους διαγωνισμούς PISA, που αφορούν στους τομείς των μαθηματικών και των φυσικών επιστημών, από τις χαμηλότερες επιδόσεις, γεγονός που καταδεικνύει την ανάγκη για μεγαλύτερη έρευνα και δράσεις στους τομείς STEM.

### 3. ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ STEM

#### 3.1 Θεωρητικό πλαίσιο

Τα τελευταία χρόνια, όχι μόνο οι εκπαιδευτικοί, αλλά και οι πολιτικοί, πολιτειακοί και βιομηχανικοί ηγέτες πιέζουν για μεγαλύτερη έμφαση στην ενσωμάτωση των κλάδων της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών (STEM) στα σχολεία καθώς στατιστικές έρευνες που διεξάγονται σε διάφορες χώρες αποκαλύπτουν ότι θα υπάρξει μεγάλη έλλειψη καθηγητών μαθηματικών και φυσικών επιστημών την επόμενη δεκαετία σε σύγκριση με τον αριθμό των μαθητών που θα επιλέξουν πραγματικά επαγγέλματα που σχετίζονται με το STEM στο μέλλον (Asunda, 2014). Οι λύσεις σε αυτές τις προκλήσεις θα απαιτήσουν ένα νέο επιστημονικό εργατικό δυναμικό εξοπλισμένο με δεξιότητες νέας τεχνολογίας και διεπιστημονικής σκέψης (Toulmin & Groome, 2007). Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει σήμερα ο κόσμος απαιτούν μια παγκόσμια κοινωνία που είναι διεπιστημονική και μπορεί να "απαιτήσουν την ενσωμάτωση πολλαπλών εννοιών STEM για την επίλυσή τους" (Wang, Moore, Roehrig). Ως εκ τούτου, είναι επιτακτική ανάγκη να εκπαιδευτεί και να προετοιμαστεί ένα ποικιλόμορφο εργατικό δυναμικό με γνώσεις STEM με ικανότητα κατανόησης και κατανόησης του τεχνολογικού κόσμου (Merchant & Khanbilvardi, 2011).

Κατά τον Stohlmann et al (2012) υπάρχουν πολλά οφέλη που σχετίζονται με τη χρήση της εκπαίδευσης STEM. "Η έρευνα δείχνει ότι η χρήση ενός διεπιστημονικού ή ενός ολοκληρωμένου (integrated) προγράμματος σπουδών παρέχει τις δυνατότητες για πιο συναφείς, λιγότερο κατακερματισμένες και περισσότερο ενδιαφέρουσες εμπειρίες για τους μαθητές" (Furner & Kumar, 2007; p.186). Άλλα οφέλη που έχουν βρεθεί περιλαμβάνουν ότι είναι μαθητοκεντρική, βελτιώνει τις δεξιότητες σκέψης υψηλότερου επιπέδου και επίλυσης προβλημάτων, καθώς και την ικανότητα απομνημόνευσης (Fillis & Fouts, 2001; King & Wiseman, 2001; Smith & Karr-Kidwell, 2000). Πιο συγκεκριμένα, τα πλεονεκτήματα όσον αφορά στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM περιλαμβάνουν τη δημιουργία μαθητών που είναι καλύτεροι στην επίλυση προβλημάτων, στην καινοτομία και στις εφευρέσεις καθώς και πιο αυτόνομοι, με κριτική σκέψη και τεχνολογικά καταρτισμένοι (Morrison, 2006).

Οι μελέτες έχουν δείξει ότι η ενσωμάτωση των μαθηματικών και των φυσικών επιστημών έχει θετικό αντίκτυπο στην στάση και το ενδιαφέρον των μαθητών για το σχολείο (Bragow, Gragow & Smith, 1995), στο κίνητρό τους να μάθουν (Gutherie, Wigfield & VonSecker, 2000) και στην πρόδοό τους (Hurley, 2001). Η Εθνική Ακαδημία Μηχανικής και το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών (Katehi, Pearson & Feder, 2009) απαριθμούν τα 5 πλεονεκτήματα της ενσωμάτωσης της μηχανικής στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση: βελτιωμένες επιδόσεις στα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες, αυξημένη επίγνωση της μηχανικής, κατανόηση και ικανότητα δημιουργίας μηχανολογικού σχεδίου, καθώς και αυξημένη τεχνολογική κατάρτιση.

Με όλα τα πιθανά οφέλη της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM, είναι σημαντικό να διαπιστώσουμε πως οι εκπαιδευτικοί μπορούν να διδάξουν STEM αποτελεσματικά. Θέματα σχετιζόμενα με την υποστήριξη των εκπαιδευτικών, τις διδακτικές πρακτικές, την αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών και των υλικών που απαιτούνται για την εφαρμογή της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM είναι κρίσιμο να ληφθούν υπόψη.

#### 3.2 Διδακτικές πρακτικές στην STEM

Η έρευνα πάνω στη διδασκαλία των ενσωματωμένων μαθηματικών και φυσικών επιστημών αποτελεί μια καλή βάση για την διδασκαλία της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM (Stohlmann et al, 2012). Αυτό που έχει γίνει γνωστό από την έρευνα είναι ότι οι αποτελεσματικές πρακτικές στη διδασκαλία των μαθηματικών και των φυσικών επιστημών παρέχει καλύτερη γνώση στις αποτελεσματικές πρακτικές για την εκπαίδευση STEM. Οι Zemelman, Daniels & Hyde (2005) απαριθμούν τις 10 καλύτερες πρακτικές για την διδασκαλία μαθηματικών και φυσικών επιστημών:

1. η χρήση βοηθημάτων διδασκαλίας και πρακτικής μάθησης
2. η συνεργατική μάθηση
3. η συζήτηση και διερεύνηση
4. η ερωτήσεις και υποθέσεις
5. η χρήση αιτιολόγησης του συλλογισμού
6. η δημιουργία γραπτών κειμένων για προβληματισμό και επίλυση προβλημάτων
7. η χρήση προσέγγισης επίλυσης προβλημάτων
8. η ενσωμάτωση της τεχνολογίας
9. ο εκπαιδευτικός σε ρόλο διευκολυντή της μάθησης
10. η χρήση της αξιολόγησης ως μέρος της διδασκαλίας

Η εστίαση στις συνδέσεις, στις αναπαραστάσεις και στις εσφαλμένες αντιλήψεις/παρανοήσεις μπορεί να βοηθήσει την παιδαγωγική προσέγγιση των εκπαιδευτικών (Walker, 2007). Ένα από τα πλεονεκτήματα της χρήσης μιας ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM είναι ότι πολλές από αυτές τις πρακτικές είναι κατάλληλες για δραστηριότητες STEM.

Οι κατάλληλες δραστηριότητες στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM επιτρέπουν στους εκπαιδευτικούς να εστιάσουν σε μεγάλες έννοιες που συνδέονται ή συσχετίζονται μεταξύ μαθημάτων. Ο Berlin & White (1995) προτείνουν τρόπους στους εκπαιδευτικούς σχετικά με τον τρόπο που πρέπει να προσεγγίσουν τις γνώσεις των μαθητών:

1. να οικοδομήσουν πάνω στις προηγούμενες γνώσεις των μαθητών,
2. να οργανώσουν την γνώση γύρω από μεγάλες ιδέες, έννοιες ή θέματα,
3. να αναπτύξουν τις γνώσεις των μαθητών ώστε να περιλαμβάνουν αλληλεπιδράσεις εννοιών και διαδικασιών,
4. να κατανοήσουν ότι η γνώση εξαρτάται από την συγκεκριμένη κατάσταση ή το συγκεκριμένο πλαίσιο,
5. να επιτρέπουν την προώθηση της γνώσης μέσω του κοινωνικού διαλόγου, και
6. να κατανοήσουν ότι η γνώση οικοδομείται κοινωνικά με την πάροδο του χρόνου

### 3.3 Παιδαγωγικές προσεγγίσεις

Σύμφωνα με την εργασία του Stone (2012) οι παιδαγωγικές προσεγγίσεις που συνδέονται με την παροχή εκπαίδευσης STEM μέσω προγραμμάτων τεχνικής και επαγγελματικής εκπαίδευσης είναι η *μάθηση βασισμένη σε εργασίες (project-based learning)*, η *μάθηση βασισμένη στην επίλυση προβλημάτων (problem-based learning)* και η *μάθηση στο πλαίσιο της εργασίας (work-based learning)*. Πιο συγκεκριμένα:

*Μάθηση βασισμένη σε εργασίες (Project-based learning)*: Η μάθηση με βάση εργασίες ορίζεται η μάθηση που επιτυγχάνεται όταν οι μαθητές ακολουθούν μια εκτενή διαδικασία έρευνας ανταποκρινόμενοι σε ένα πολυσύνθετο πρόβλημα, ερώτηση ή δοκιμασία. Το αρχικό έναυσμα για την εργασία μπορεί να πάρει πολλές μορφές, αλλά γενικά αντανάκλα τα διδακτικά πρότυπα που η εργασία θα αντιμετωπίσει και κινητοποιεί το ενδιαφέρον των μαθητών ώστε να θέλουν να μάθουν περισσότερα για το θέμα. Οι καθηγητές προβλέπουν το είδος των πληροφοριών που οι μαθητές θα χρειαστεί να γνωρίζουν προκειμένου να φέρουν εις πέρας την εργασία και σχεδιάζουν δραστηριότητες που παρέχουν αυτές τις πληροφορίες. Αυτές οι δραστηριότητες μπορεί να έχουν τη μορφή μικρής διάρκειας διαλέξεων, πηγών στις οποίες μπορούν να ανατρέξουν, θεμάτων για ανάπτυξη, συλλογής δεδομένων και πρόσκλησης ομιλητών. Οι καθηγητές δημιουργούν οδηγίες που υποδεικνύουν τι προσδοκούν οι μαθητές να μάθουν και τα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση της μάθησης. Οι καθηγητές καθοδηγούν τη διαδικασία, αλλά οι μαθητές πρέπει να λάβουν τις βασικές αποφάσεις για το πώς θα διεξάγουν την εργασία. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται σε ομάδες, οι οποίες απαιτούν επικοινωνία, συνεργασία και ικανότητες επίλυσης προβλημάτων- δεξιότητες που συχνά αναφέρονται ως απαραίτητες στο σύγχρονο περιβάλλον εργασίας. Μια εργασία τυπικά ολοκληρώνεται με μια παρουσίαση της διαδικασίας που ακολουθήθηκε και των αποτελεσμάτων στα οποία κατέληξαν οι μαθητές. Τα στοιχεία δείχνουν ότι η μάθηση με βάση εργασίες (project-based learning) βελτιώνει την διαδικασία της αυτό-

εκπαίδευσης και αναπτύσσει τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων αλλά δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία που να υποδηλώνουν ότι βελτιώνει την δημιουργία κινήτρων ή τις δεξιότητες στην επικοινωνία.

*Μάθηση βασισμένη στην επίλυση προβλημάτων (problem-based learning)*: Η βασισμένη στην επίλυση προβλημάτων μάθηση έχει πολλές ομοιότητες με τη βασισμένη σε εργασίες μάθηση, αλλά δίνει μεγαλύτερη έμφαση στην καθοδήγηση του ερωτήματος και λιγότερη στην διαμόρφωση μαθησιακής εμπειρίας (Pierce & Jones, 1998). Η μάθηση που βασίζεται στην επίλυση προβλημάτων προέκυψε από την ιατρική εκπαίδευση και αναπτύχθηκε για τους φοιτητές της ιατρικής ως τεχνική για την εμπλοκή τους σε μελέτες που απαιτούν τη χρήση δεξιοτήτων και γνώσεων από διάφορες περιοχές περιεχομένου (content areas). Η προσέγγιση απαιτεί από τους φοιτητές να συνθέσουν πληροφορίες και να αποφασίσουν αν η λύση τους είναι εφικτή. Σε αυτή τη μέθοδο είναι συνηθισμένος ο συνδυασμός στοιχείων άλλων μαθησιακών προσεγγίσεων, αλλά μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα έχουν οι ευκαιρίες που επιτρέπουν στους μαθητές να χρησιμοποιήσουν την επιστημονική μέθοδο ώστε να απαντήσουν το ερώτημα ή να επιλύσουν το πρόβλημα μόνοι τους.

Ο Savery (2006) διαφοροποίησε τη μάθηση που βασίζεται σε εργασίες από τη μάθηση που βασίζεται στην επίλυση προβλημάτων. Συγκεκριμένα, δήλωσε ότι "η πρωταρχική διαφορά μεταξύ της μάθησης που βασίζεται στην επίλυση προβλημάτων και της μάθησης που βασίζεται σε εργασίες σχετίζεται με το ρόλο του εκπαιδευτικού. Σε μια προσέγγιση βασισμένη στη διερεύνηση ο εκπαιδευτικός είναι τόσο διευκολυντής της μάθησης όσο και πάροχος πληροφοριών. Σε μια Project-Based Learning προσέγγιση ο διδάσκων υποστηρίζει τη διαδικασία και αναμένει από τους εκπαιδευόμενους να καταστήσουν σαφή τη σκέψη τους, αλλά δεν παρέχει πληροφορίες που σχετίζονται με το πρόβλημα - αυτό είναι ευθύνη των εκπαιδευόμενων".

*Μάθηση στο πλαίσιο της εργασίας (work-based learning)*: Η μάθηση στο πλαίσιο της εργασίας παρέχει εποπτευόμενες δραστηριότητες μάθησης που λαμβάνουν χώρα σε αμειβόμενες ή μη εργασίες στο χώρο εργασίας και για τις οποίες αποδίδονται ακαδημαϊκές μονάδες. Όταν η μάθηση στο πλαίσιο της εργασίας γίνεται σωστά, οι μαθητές μπορούν να συγκρίνουν και να χρησιμοποιήσουν τη γνώση που απέκτησαν τόσο στην τάξη όσο και στο χώρο εργασίας ώστε να δημιουργήσουν μια διαδικασία μάθησης που φαίνεται σαν κύκλος. Οι αφηρημένες έννοιες που διδάσκονται στην τάξη μπορούν να εφαρμοστούν στην πράξη στο χώρο εργασίας και βιομηχανικά πρότυπα και ανάγκες που μαθαίνονται στο χώρο εργασίας μεταφέρονται μέσω της εμπειρίας των μαθητών στη διδακτική διαδικασία που λαμβάνει χώρα στην τάξη (Raelin, 1997). Μελέτες δείχνουν ότι οργανωμένα προγράμματα μάθησης στο πλαίσιο της εργασίας συνδέονται με καλύτερα αποτελέσματα για τους μαθητές συγκρινόμενα με άτυπα προγράμματα μάθησης στο πλαίσιο της εργασίας (work-based learning) (Bennett, 2007; Stasz & Brewer, 1998). Οι μαθητές που αποφοιτούν από τέτοιου είδους προγράμματα διαμορφώνουν ρεαλιστικά σχέδια που τους βοηθούν να επιτύχουν τους στόχους τους και είναι πιο πιθανό να προσληφθούν (Org, 1996).

Ένα καλά ενσωματωμένο πρόγραμμα μάθησης στο πλαίσιο εργασίας σε σχολεία επαγγελματικής εκπαίδευσης με έμφαση στη μεθοδολογία STEM περιεγράφηκε από τους Hoachlander and Yanofsky (2011). Το πρόγραμμα μάθησης στο πλαίσιο της εργασίας που περιγράφουν περιλαμβάνει μαθητές που απασχολούνται σε πραγματικές δουλειές υπό την καθοδήγηση επαγγελματιών. Η μάθηση στο πλαίσιο της εργασίας παίρνει κι άλλες μορφές. Καθοδήγηση και παρακολούθηση εργασίας φέρνει σε επαφή τους μαθητές με γραφεία, εργαστήρια, εγκαταστάσεις παραγωγής και ένα ευρύ φάσμα επαγγελματιών. Ακόμα και οι πιο προνομιούχοι μαθητές έχουν λίγη ή καθόλου επαφή με εργαζόμενους ή έχουν επίγνωση του εύρους ευκαιριών σταδιοδρομίας στα πεδία STEM. Τέτοιες εμπειρίες μπορεί να είναι ιδιαίτερα ισχυρές για μη προνομιούχους μαθητές που σπάνια επιχειρούν να βγουν έξω από τα πλαίσια των κοινοτήτων τους. Άλλη μια υποσχόμενη στρατηγική μάθησης στο πλαίσιο εργασίας είναι η νεανική επιχειρηματικότητα- επιχειρήσεις που διευθύνονται από μαθητές ή κοινοτικές πρωτοβουλίες στις οποίες οι μαθητές σχεδιάζουν, παράγουν και παραδίδουν πραγματικά προϊόντα και παρέχουν υπηρεσίες (Stern, Stone, Hopkins, McMillion, & Crain, 1994). Για παράδειγμα, σε συνεργασία με τοπική υπηρεσία κοινής ωφελείας, οι μαθητές ασχολούνται με τη διενέργεια ενεργειακών ελέγχων σε ιδιόκτητες κατοικίες και μικρές επιχειρήσεις. Εναλλακτικά, τα

σχολεία μπορούν να ενώσουν τις δυνάμεις του με τοπικούς οργανισμούς οικονομικής ανάπτυξης ώστε να αναλάβουν την ανάλυση περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η μάθηση στο πλαίσιο εργασίας και τα σχολεία νεανικής επιχειρηματικότητας καθώς και οι πιο παραδοσιακές μορφές μαθητείας θεωρούνται πολλά υποσχόμενες για την εκπλήρωση στόχων μέσω της μεθοδολογίας STEM. Παρά ταύτα, δεν έχουν δοκιμαστεί σε μεγάλο βαθμό, κυρίως σε σχέση με τις πιο ακαδημαϊκές μεθόδους.

### **3.4 Υλικά που απαιτούνται για την εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM**

Η ενσωματωμένη εκπαίδευση STEM συχνά απαιτεί πολυάριθμα υλικά και πόρους ώστε οι μαθητές να ερευνήσουν λύσεις σε πραγματικά προβλήματα μέσω του σχεδιασμού, της έκφρασης, της δοκιμής και της αναθεώρησης των ιδεών τους (Stohlmann et al, 2012). Τα υλικά μπορεί να περιλαμβάνουν εργαλεία κατασκευών όπως πριόνια, συσκευές μέτρησης και σφυριά, ηλεκτρονικά υλικά όπως υπολογιστές, σχεδιαστικά προγράμματα, κιτ ρομποτικής ή αριθμομηχανές και άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται στη σχεδίαση τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν ξύλα, φελιζόλ, κόλλα, διάφορα είδη χαρτονιών για κατασκευές. Υλικά ηλεκτρονικής τεχνολογίας είναι επίσης απαραίτητα ώστε οι εκπαιδευτικοί να είναι περισσότερο αποτελεσματικοί στο έργο τους. Ιστοσελίδες στο Διαδίκτυο, applets, προγράμματα σχεδιασμού, δυναμικό λογισμικό, λογισμικό ρομποτικής και αριθμομηχανές μπορούν να ενσωματωθούν στα μαθήματα ενώ και η πρόσβαση στο Διαδίκτυο είναι απαραίτητη για τους μαθητές ώστε να κάνουν έρευνα υποβάθρου σχετικά με τα προβλήματα που προσπαθούν να λύσουν.

Μέσω της χρήσης διαφόρων υλικών, οι μαθητές μπορούν να καταλάβουν καλύτερα την τεχνολογία και να δουν ότι μπορεί να περιλαμβάνει πολλά διαφορετικά πράγματα. Καθώς τεχνολογία είναι οτιδήποτε είναι κατασκευασμένο από τον άνθρωπο με σκοπό να κάνει τη ζωή του ευκολότερη, για να καταστεί εφικτή η αυθεντική μάθηση, είναι απαραίτητο να δοθούν ευκαιρίες στους μαθητές να σχεδιάσουν διαδικασίες ή προϊόντα που θα λύσουν πρακτικά προβλήματα ή θα έχουν πρακτικές εφαρμογές. Η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM είναι μια προσπάθεια να συνδυαστούν οι φυσικές επιστήμες, η τεχνολογία, η μηχανική και τα μαθηματικά σε μια τάξη που βασίζεται στις συνδέσεις ανάμεσα στα μαθήματα και τα πραγματικά προβλήματα. Αυτό δεν σημαίνει ότι η εκπαίδευση STEM χρειάζεται πάντα να συμπεριλαμβάνει και τα 4 πεδία του STEM. Η μηχανική γίνεται όλο και πιο διαδεδομένη στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση και μπορεί να προσφέρει μεγάλες ευκαιρίες επίλυσης προβλημάτων ώστε οι μαθητές να μαθαίνουν μαθηματικά, φυσικές επιστήμες και τεχνολογία κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχεδιασμού της μηχανικής.

Επιπλέον, επειδή τα διαφορετικά project απαιτούν υλικά που χρησιμοποιούνται σε πολλές διδακτικές περιόδους, ο χώρος που καταλαμβάνουν σε μια αίθουσα μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα με αποτέλεσμα να απαιτούνται αποθηκευτικοί χώροι ή μεγάλες αίθουσες διδασκαλίας που θα επιτρέπουν την οργάνωση των εργασιών των μαθητών και των απαιτούμενων υλικών. Παράλληλα, οι εκπαιδευτικοί χρειάζεται να διασφαλίσουν την πλήρη στήριξη της σχολικής μονάδας στο πρόγραμμα ώστε να καταστεί εφικτή η παροχή στους μαθητές όλων των απαραίτητων υλικών.

## **4. ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ STEM**

### **4.1 Έλλειψη κατανόησης γνωστικού αντικειμένου**

Η επιτυχής ενσωμάτωση των μαθημάτων στα πεδία STEM εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την κατανόηση του γνωστικού αντικειμένου από τους εκπαιδευτικούς (Pang & Good, 2000). Πολλοί εκπαιδευτικοί έχουν κενά στην γνώση του δικού τους γνωστικού αντικειμένου (Stinson et al., 2009) και το να ζητάμε από τους καθηγητές μαθηματικών και φυσικών επιστημών να διδάξουν άλλο γνωστικό αντικείμενο μπορεί να δημιουργήσει καινούρια κενά στις γνώσεις του και νέες προκλήσεις (Stinson et al., 2009). Για παράδειγμα, κατά τον White (2004) ενώ οι Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά είναι τα πιο αναγνωρίσιμα πεδία στην εκπαίδευση STEM και οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί σε αυτά τα γνωστικά αντικείμενα αισθάνονται άνετα να τα διδάξουν, πολλοί εκπαιδευτικοί που τα γνωστικά τους αντικείμενα δεν είναι η Τεχνολογία ή η Μηχανική τρομάζουν με τις διαδικασίες που σχετίζονται με αυτές. Αυτή η έλλειψη κατανόησης θεωρείται ανάμεσα στις μεγαλύτερες προκλήσεις για την εφαρμογή του STEM και φαίνεται να αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εμπόδια στη δημιουργία μιας ουσιαστικής εμπειρίας STEM για τους μαθητές της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Πολλοί καθηγητές που ρωτήθηκαν (Shernoff et al., 2017) απάντησαν σε ποσοστό 38% ότι απλά δεν γνωρίζουν πώς να ενσωματώσουν αποτελεσματικά το STEM στην εκπαιδευτική διαδικασία. Μερικοί καθηγητές συνέδεσαν αυτή τη δυσκολία με την έλλειψη ενδιαφέροντος από την πλευρά των μαθητών όσον αφορά στην μάθηση με διαφορετικούς τρόπους. Θεώρησαν ότι μια αλλαγή στην νοοτροπία είναι απαραίτητη προκειμένου τόσο οι εκπαιδευτικοί όσο και οι μαθητές να κατανοήσουν ότι ο ρόλος του καθηγητή δεν είναι απλά να παρέχει στο μαθητή τη σωστή απάντηση. Στο ίδιο μήκος κύματος και οι διευθυντές αναγνώρισαν ότι εκπαιδευτικοί που κατανοούν πλήρως το πλαίσιο εφαρμογής της διαδικασίας STEM είναι δύσκολο να βρεθούν, πιθανότατα εξαιτίας του γεγονότος ότι η διαδικασία STEM δεν υπήρχε ούτε ως ιδέα ακόμα και κατά τη διάρκεια των πανεπιστημιακών τους σπουδών. Σχετικά με αυτό το εμπόδιο, πολλοί συμμετέχοντες στην εν λόγω έρευνα εξέφρασαν την ανάγκη κατανόησης βασικών εννοιών σε μαθήματα που οι ίδιοι δεν διδάσκουν. Αυτό δεν αφορά τόσο στον πρακτικό κομμάτι της διδασκαλίας, και των κατασκευών που μπορεί να χρειαστεί να γίνουν, αλλά περισσότερο στο θεωρητικό κομμάτι της επιστήμης, γιατί κάτι λειτουργεί και κάτι άλλο όχι. Επίσης πολλοί καθηγητές παρατήρησαν ότι υπάρχουν διαφορετικά επίπεδα κατανόησης για το τι ακριβώς είναι η μηχανική ή τι θα μπορούσε να είναι και όλοι εξέφρασαν την επιθυμία να διευκρινιστεί (Shernoff et al., 2017).

### **4.2 Επίπεδο άνεσης – Αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών**

Η αποτελεσματικότητα του καθηγητή, η δυνατότητά του να παράγει το επιθυμητό αποτέλεσμα στη μάθηση των μαθητών, είναι εξαιρετικά σημαντική για την επιτυχημένη διδασκαλία γενικότερα, και τη διδασκαλία στα πλαίσια της εκπαίδευσης STEM ιδιαιτέρως. Η γνώση του περιεχομένου και η ποιοτική παιδαγωγική παίζουν μεγάλο ρόλο στο αίσθημα αποτελεσματικότητας των εκπαιδευτικών. Οι Carpura et al. (2006) τονίζουν ότι πολλές μελέτες έχουν επισημάνει την επίδραση των πεπαιγμένων αποτελεσματικότητας των εκπαιδευτικών σε σχέση με τις επιδόσεις και την επιτυχία των μαθητών τους στο σχολείο. Παρά όμως την προσπάθεια που καταβάλλουν οι εκπαιδευτικοί STEM να βασιστούν στην ποιοτική παιδαγωγική ώστε να τους βοηθήσει να αντιμετωπίσουν με μεγαλύτερη άνεση την εφαρμογή του προγράμματος σπουδών, συχνά εκφράζουν έλλειψη εμπιστοσύνης στον τρόπο που εφαρμόζουν το πρόγραμμα σπουδών (Stohlmann et al., 2012). Για παράδειγμα, μια εκπαιδευτικός αισθανόταν ότι το επίπεδο της διδασκαλίας της στα 10 χρόνια της διδακτικής εμπειρίας της ήταν πάντα πολύ υψηλό αλλά πραγματικά δυσκολευόταν να νιώσει ότι βοηθούσε τους μαθητές να μάθουν σημαντικό περιεχόμενο και να απολαύσουν το μάθημα τη συγκεκριμένη σχολική χρονιά. Σε αυτήν την αίσθηση συμβάλλει και το γεγονός ότι κάποιες φορές δεν είναι εφικτό να γνωρίζουν απόλυτα την

κατεύθυνσης προς την οποία θα κινηθούν οι μαθητές κατά τη διάρκεια των μαθημάτων, πόσο θα διαρκέσουν τα μαθήματα και πώς να καθοδηγήσουν καλύτερα τους μαθητές STEM, με αποτέλεσμα οι εκπαιδευτικοί να αισθάνονται λιγότερο άνετοι και σίγουροι για τις γνώσεις του. Για παράδειγμα, σε μια δραστηριότητα ζητήθηκε από τους μαθητές να αποσυναρμολογήσουν μια συσκευή και να βρουν τις 6 απλές μηχανές στη συσκευή τους. Καθώς οι μαθητές έφεραν τις δικές τους συσκευές, ήταν δύσκολο για τους εκπαιδευτικούς να είναι εξοικειωμένοι με τα μηχανικά μέρη που αποτελούσαν κάθε συσκευή ώστε να είναι σε θέση να βοηθήσουν τους μαθητές τους που αγωνίζονταν να βρουν απλές μηχανές ενώ αποσυναρμολογούσαν τις συσκευές τους (Stohlmann et al, 2012).

Το επίπεδο άνεσης των εκπαιδευτικών επίσης επηρεάζεται από την αμφιβολία τους σχετικά με το αν αντιμετωπίζουν θετικά το ενδεχόμενο να συνεχίσουν την καριέρα τους ως καθηγητές STEM και την αβεβαιότητα που εξακολουθεί να παρατηρείται γύρω από το μέλλον των τάξεων STEM. Καθώς οι εκπαιδευτικοί έχουν καταρτιστεί να διδάσκουν μαθήματα εκτός εκπαίδευσης STEM, συχνά εκφράζουν την επιθυμία τους να επιστρέψουν στην διδασκαλία του γνωστικού τους αντικειμένου μακροπρόθεσμα (Stohlmann et al, 2012). Αυτό σε συνδυασμό με το γεγονός οι τάξεις STEM είναι σχετικά νέες και με κάθε νέα εφαρμογή του προγράμματος σπουδών, μπορεί να υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με τη μακροβιότητά του όπως και το ότι η παραμονή των εκπαιδευτικών σε θέσεις διδασκαλίας STEM είναι συχνά βραχυπρόθεσμη μέχρι να προκύψει μια θέση για καθηγητές μαθηματικών ή φυσικών επιστημών, μπορεί να επηρεάσουν το ποσό της επένδυσης, του χρόνου και εργασίας που οι εκπαιδευτικοί προτίθενται να καταβάλουν για την ανάπτυξη και τη διατήρηση των τάξεων STEM.

Τέλος, άλλη μια άλλη διάσταση που επιδρά στην άνεση των καθηγητών είναι ότι έχουν διαφορετικό διδακτικό υπόβαθρο με αποτέλεσμα να αισθάνονται πιο άνετα με συγκεκριμένα μέρη του προγράμματος σπουδών με αποτέλεσμα να τους δίνουν μεγαλύτερη βαρύτητα και χρόνο από ότι θα ήταν ιδανικό για το πρόγραμμα STEM. Παρ'όλα αυτά, αυτό είναι ένα πιθανό πλεονέκτημα, εάν αντιμετωπιστεί σωστά από τους εκπαιδευτικούς, επειδή καθηγητές με διαφορετικά υπόβαθρα μπορεί να αποτελέσουν πηγή γνώσης για τους εκπαιδευτικούς με απορίες. Είναι σημαντικό οι εκπαιδευτικοί να μοιράζονται τη γνώση τους επειδή αν η γνώση του περιεχομένου είναι ελλιπής σε τομείς, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε λιγότερο αποτελεσματική παιδαγωγική «η περιορισμένη γνώση του γνωστικού αντικειμένου περιορίζει την ικανότητα του εκπαιδευτικού να προάγει την εννοιολογική μάθηση των μαθητών» (Ma, 1999).

### **4.3 Έλλειψη χρόνου**

Άλλο ένα πρόβλημα που προέκυψε από την έρευνα ήταν η έλλειψη χρόνου τόσο για τη συνεργασία των εκπαιδευτικών STEM προκειμένου να προετοιμάσουν τα πλάνα μαθημάτων από κοινού όσο και για την καθοδήγηση στην διάρκεια του μαθήματος. Είναι γνωστό ότι οι εκπαιδευτικοί είναι πιεσμένοι από την έλλειψη χρόνου και αυτό αποτελεί μια ακόμα μεγαλύτερη πρόκληση. Πράγματι, περίπου ένα τρίτο των ερωτηθέντων καθηγητών, που συμμετείχαν στην έρευνα που διεξήχθη από τους Shernoff et al (2017), σημείωσαν ότι χρόνος για συλλογική προετοιμασία ήταν μια από τις μεγαλύτερες ανάγκες για αποτελεσματική διδασκαλία στο μάθημα του δικού τους γνωστικού αντικειμένου, ανεξάρτητα από τον διατηρητικό συνεργατικό σχεδιασμό για την υποστήριξη της διδασκαλίας με τη μέθοδο STEM, κυρίως σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η πρόβλεψη χρόνου για ομαδική εργασία θα ευνοούσε την απαραίτητη συνεργασία για την υποστήριξη αυτού του είδους της εκπαίδευσης. Όσον αφορά στον διδακτικό χρόνο, η μεγαλύτερη πρόκληση είναι ότι οι δραστηριότητες STEM απαιτούν πολύ μεγαλύτερες χρονικές περιόδους, καθιστώντας την έλλειψη εκπαιδευτικού χρόνου ένα σημαντικό πρόβλημα.

#### **4.3.1 Χρόνος για συνεργατική προετοιμασία**

Οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στην έρευνα των Shernoff et al (2017) εξέφρασαν όχι μόνο την επιθυμία αλλά και την ανάγκη να συνεργαστούν με άλλους εκπαιδευτές, ανέφεραν όμως ότι υπάρχει έλλειψη χρόνου προκειμένου να συνεργαστούν με τους συναδέλφους τους με στόχο την

παραγωγή ιδεών που θα οδηγήσουν στην ανάπτυξη διεπιστημονικών δραστηριοτήτων στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών. Μάλιστα, κατά τους Shernoff et al (2017) ο χρόνος για συνεργασία και σχεδιασμό ήταν η πιο συχνή απάντηση, με ποσοστό 36%, που αναφέρθηκε όσον αφορά στις δυσκολίες εφαρμογής της εκπαίδευσης STEM. Η επιτυχημένη ενσωμάτωση της μεθοδολογίας STEM εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την συνεργασία μεταξύ καθηγητών διαφορετικών κλάδων έως ότου περισσότεροι εκπαιδευτικοί αποκτήσουν μεγαλύτερη κατάρτιση σε γνωστικά αντικείμενα διαφορετικά από το δικό τους ή στη μεθοδολογία STEM συγκεκριμένα. Καθώς οι καθηγητές πιστεύουν ότι η συνεργασία με καθηγητές από διαφορετικά κλάδων είναι ουσιώδης για την βελτίωση της κατανόησης άλλων γνωστικών αντικειμένων και την ανάπτυξη διαθεματικών, ολοκληρωμένων προσεγγίσεων η εύρεση του απαιτούμενου χρόνου σε ένα ήδη βεβαρημένο πρόγραμμα δραστηριοτήτων που απαιτείται να εκτελέσουν οι εκπαιδευτικοί, πολλές φορές άσχετο με τα διδακτικά τους καθήκοντα.

#### **4.3.2 Διδακτικός χρόνος**

Ο χρόνος είναι στενά συνδεδεμένος με την εφαρμογή της ολοκληρωμένης προσέγγισης STEM. Προκειμένου η προσέγγιση STEM να προχωρήσει στο επόμενο στάδιο, οι καθηγητές ανέφεραν ότι απαιτείται περισσότερος χρόνος όχι μόνο ώστε εκπαιδευτικοί διαφορετικών ειδικοτήτων να συνεργάζονται, αλλά και περισσότερος διδακτικός χρόνος (Shernoff et al, 2017) . Η μάθηση που είναι βασισμένη στην επίλυση προβλημάτων (Problem-based learning) και στις ερευνητικές εργασίες (Project-based learning) απαιτεί πολύ περισσότερο χρόνο από την παραδοσιακή διδασκαλία. Η προσπάθεια επίτευξης διδακτικών στόχων από διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα στο πλαίσιο τέτοιων εργασιών απαιτεί σημαντικό χρόνο για να εφαρμοστεί σύμφωνα με Moore et al (2014). Η πρόταση από πολλούς καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης να αποτελέσει το STEM χωριστό μάθημα υπογραμμίζει την ανάγκη να συμπεριληφθεί επιπρόσθετος διδακτικός χρόνος.

#### **4.4 Δομή και οργάνωση σχολικής μονάδας**

Στα παραπάνω προβλήματα που αναφέρθηκαν, τουλάχιστον 20% των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα των (Shernoff et al, 2017) συμπεριέλαβαν προβλήματα που αφορούν στην οργάνωση και δομή των σχολικών μονάδων. Πιο συγκεκριμένα οι συμμετέχοντες αναγνώρισαν ότι το σχολικό πρόγραμμα επηρεάζει σε πολύ μεγάλο βαθμό τις δυνατότητες για συλλογικό χρόνο προετοιμασίας ενώ και το ωριαίο πρόγραμμα μαθημάτων περιόριζε τις δυνατότητες για την ενσωμάτωση της μεθοδολογίας STEM στις τάξεις. Η μεγαλύτερη δυσκολία εντοπίστηκε στην εύρεση κοινών διδακτικών ωρών που θα επέτρεπαν σε καθηγητές διαφορετικών πεδίων να συνεργαστούν, να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν αυτές τις δραστηριότητες. Οι καθηγητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, πιο συγκεκριμένα ανέφεραν περιορισμούς όσον αφορά στην εύρεση κοινού διδακτικού χρόνου που θα επιτρέψει σε καθηγητές διαφορετικών κλάδων STEM να συνεργαστούν και να παραδώσουν μαθήματα STEM. Επίσης ανέφεραν ότι δεδομένου του όγκου της διδακτέας ύλης που πρέπει να καλυφθεί, απλά δεν υπάρχει αρκετός χρόνος για δραστηριότητες STEM. Εφόσον η συνεργασία, η ανάγκη επικοινωνίας μεταξύ όλων των τμημάτων με σκοπό τη διευκόλυνση των διαθεματικών πρωτοβουλιών και ο διδακτικός χρόνος είναι απαραίτητες προϋποθέσεις δεδομένης της διαθεματικής φύσης των επιθυμητών αλλαγών, οι σχολικές μονάδες πρέπει να αναθεωρήσουν θέματα σχετικά με το σχολικό πρόγραμμα και τον τρόπο με τον οποίο οι διάφοροι στόχοι της εκπαίδευσης μπορούν να οργανωθούν.

#### **4.5 Αξιολόγηση - Εξετάσεις**

Άλλη μια πρόκληση σχετίζεται με την αξιολόγηση των μαθητών και τις τυποποιημένες πολύ συχνά μορφές εξέτασης, που αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Πιο συγκεκριμένα, οι καθηγητές ανέφεραν ότι υπάρχει μεγάλη πίεση προκειμένου οι μαθητές να είναι



προετοιμασμένοι για τις κάθε είδους εξετάσεις στις οποίες υποβάλλονται, με αποτέλεσμα μεγάλο τμήμα του διαθέσιμου χρόνου να καταναλώνεται στη διαδικασία προετοιμασίας, ώστε δεν απομένει χρόνος για περισσότερο δημιουργικές διδακτικές προσεγγίσεις, όπως η μάθηση βασισμένη στην επίλυση προβλημάτων (Problem-based learning) ή η μάθηση με βάση συνθετικές/ερευνητικές εργασίες (Project-based learning) (Shernoff et al, 2017). Δεδομένου ότι η αποτελεσματική αξιολόγηση των μαθητών είναι θέμα έντονης συζήτησης στην εκπαιδευτική κοινότητα, οι καθηγητές είναι εύλογο να δυσκολεύονται να φανταστούν πως θα μπορέσουν να θέσουν σε εφαρμογή τη διαθεματική εκπαίδευση STEM. Η έμφαση που δίνεται στην προετοιμασία για τις εξετάσεις δεν αφήνει χρόνο για τις δημιουργικές και καινοτόμες παιδαγωγικές πρακτικές που επιθυμούν να εφαρμόσουν οι εκπαιδευτικοί, πόσο μάλλον για μια αποτελεσματική εφαρμογή της ολοκληρωμένης μεθοδολογίας STEM όπου αυτές οι παιδαγωγικές προσεγγίσεις είναι απαραίτητες.

Παράλληλα, οι προαγωγικές εξετάσεις επηρεάζουν και τη διδακτέα ύλη. Αυτό καθιστά απαραίτητο οι κατάλληλες μέθοδοι αξιολόγησης για τα εκπαιδευτικά προγράμματα STEM να επανεξεταστούν, να αναθεωρηθούν και να επαναπροσδιοριστούν με καθαρά ορισμένο τρόπο. Οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να αναγνωρίζουν ότι δεν μπορούν απλά να προσθέσουν τα μαθήματα STEM στις τρέχουσες υποχρεώσεις τους. Αντιθέτως, οι φορείς χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής και οι διευθυντές σχολικών μονάδων θα χρειαστεί να σκεφτούν τις κατάλληλες αλλαγές στις εκπαιδευτικές προσδοκίες όσον αφορά στις τυποποιημένες μορφές εξέτασης. Εναλλακτικές μέθοδοι που αξιολογούν την γνώση, κατανόηση και εφαρμογή εννοιών από πλευράς μαθητών θα χρειαστούν να εφαρμοστούν. Επιπλέον, τα σχολεία θα χρειαστεί να αναλογιστούν πως θα αξιολογήσουν την επίδοση των μαθητών σχετικά με μη-γνωστικές δεξιότητες όπως η επιμονή μπροστά στην αποτυχία και η ομαδική δουλειά.

#### **4.6 Έλλειψη πόρων**

Επιπλέον πολλοί καθηγητές αναφέρθηκαν στην έλλειψη πόρων, τόσο οικονομικών όσο και σε επίπεδο εκπαιδευτικών βοηθημάτων και υλικού, προκειμένου να πραγματοποιηθούν τα μαθήματα STEM. Η θεωρούμενη έλλειψη πόρων δεν είναι καινούριο πρόβλημα στην εκπαίδευση, καθώς συχνά είναι η μεγαλύτερη πρόκληση που αναφέρουν ότι αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί στη διδασκαλία του γνωστικού τους αντικείμενου. Το ένα τέταρτο των ερωτηθέντων που πήραν μέρος στην έρευνα των (Shernoff et al, 2017) ανέφεραν ότι επιπλέον πόροι θα διευκόλυναν την υιοθέτηση μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης STEM. Πιο συγκεκριμένα αναφέρθηκαν στην ύπαρξη καλών προτύπων, καλά δομημένων πλάνων μαθημάτων καθώς και κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού και εξοπλισμού. Ωστόσο, τα υλικά για τις δραστηριότητες STEM αναμφίβολα προσθέτουν ένα επιπλέον είδος απαιτούμενων υλικών, ειδικότερα, προμήθειες μηχανολογικού υλικού και λογισμικού, καθώς και υλικά για κατασκευές όπως ξύλο, πλαστικό και μηχανικός εξοπλισμός, που θα απαιτηθούν σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης κυρίως. Αυτή η ανάγκη πρέπει να ληφθεί υπόψη από τους κυβερνητικούς και διοικητικούς φορείς επειδή η ολοκληρωμένη εφαρμογή της μεθοδολογίας STEM απαιτεί αυτού του είδους τους πόρους.

#### **4.7 Κατάρτιση εκπαιδευτικών**

Όπως παρατήρησε ο Moore et al (2014) πολλοί καθηγητές έχουν κενά στη γνώση του γνωστικού τους αντικείμενου και η απαίτηση να είναι εξοικειωμένοι και με άλλα γνωστικά αντικείμενα δημιουργεί περισσότερα κενά. Υπάρχει περιορισμένος αριθμός ερευνών που εξετάζουν τις απαιτούμενες δεξιότητες, πεποιθήσεις, βάσεις γνώσεων και εμπειρίες απαραίτητες ώστε οι εκπαιδευτικοί να εφαρμόσουν την ολοκληρωμένη διδασκαλία (Fykholm & Glasson, 2005). Για την ολοκληρωμένη εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά (STEM), καθώς είναι σχετικά καινούρια, αυτή η πρόταση είναι περισσότερο αληθής. Η σημασία της εστίασης στις ανάγκες των εκπαιδευτικών ώστε να διδάξουν αποτελεσματικά STEM σημειώθηκε από το Εθνικό Συμβούλιο Επιστημών (National Science Board) στο κείμενο με τίτλο «Ένα εθνικό σχέδιο δράσης για την αντιμετώπιση των κρίσιμων αναγκών του

εκπαιδευτικού συστήματος Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας, Μηχανικής και Μαθηματικών των Ηνωμένων Πολιτειών» όπου αναφέρθηκε ότι καθηγητές με τα κατάλληλα προσόντα και εξαιρετικά αποτελεσματικοί πρέπει να διδάσκουν τάξεις STEM.

Ίσως το κυρίαρχο αρχικό εύρημα της Φάσης Ι της έρευνας των (Shernoff et al., 2017) για τις προκλήσεις σχετικά με την εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM στις σχολικές βαθμίδες είναι η σχεδόν καθολική πεποίθηση ότι η τρέχουσα κατάρτιση των εκπαιδευτικών είναι εντελώς ανεπαρκής και θα χρειαστεί να αναθεωρηθεί και να βελτιωθεί αρκετά για να ευδοκιμήσει το STEM στα σχολεία. Ένα σημαντικό ποσοστό των εκπαιδευτικών που ρωτήθηκαν, 32%, απάντησαν ότι προκειμένου να είναι περισσότερο αποτελεσματικοί, χρειάζονται περισσότερα εκπαιδευτικά σεμινάρια στη μεθοδολογία STEM, ενώ κάποια τόνισαν την ανάγκη εκπαίδευσης στις αντίστοιχες εκπαιδευτικές μονάδες προκειμένου το αντικείμενό τους να εξατομικεύεται ανάλογα με τις ιδιαίτερες ανάγκες του κάθε σχολικού περιβάλλοντος. Όσον αφορά στα προγράμματα κατάρτισης θα πρέπει να παρέχονται τόσο προ- όσο και ενδο- υπηρεσιακά επιδεικνύοντας τον τρόπο με τον οποίο οι διαφορετικοί επιστημονικοί κλάδοι, τα διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα μπορούν να γεφυρωθούν μέσω της ομαδικής δουλειάς για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων. Μια αληθινά ολοκληρωμένη προσέγγιση θα πρέπει να δώσει έμφαση στην περιεκτική και διεπιστημονική φύση της επιστημονικής έρευνας, του επιστημονικού ερωτήματος για τη διαμόρφωση επεξηγήσεων οι οποίες εν συνεχεία θα δώσουν τις απαραίτητες πληροφορίες στον τεχνικό σχεδιασμό και την χρήση τεχνολογίας για την επίλυση προβλημάτων.

Αυτές οι μοναδικές προκλήσεις υποδηλώνουν διπλή προτεραιότητα για τα προγράμματα κατάρτισης των εκπαιδευτικών στη μεθοδολογία STEM. Το πρώτο είναι να ενδυναμώσουν τις γνώσεις τους και να εμβαθύνουν ακόμα περισσότερο στο γνωστικό τους αντικείμενο και τις απαιτούμενες στη διαχείριση της τάξης δεξιότητες τους για την αποτελεσματική διεξαγωγή ολοκληρωμένων μαθημάτων STEM. Το δεύτερο είναι να προετοιμάσει τους εκπαιδευτικούς με παιδαγωγικές πρακτικές που ενθαρρύνουν τους μαθητές να συνεργαστούν, να αντιμετωπίσουν παραγωγικά την αποτυχία και να επιμείνουν. Συνεπώς, η κατάρτιση των εκπαιδευτικών που είναι απαραίτητη για το STEM φαίνεται να συνεπάγεται/προϋποθέτει πλήρη επανασχεδιασμό της μαθησιακής και εκπαιδευτικής διαδικασίας, η οποία απαιτεί, τουλάχιστον αρχικά, διεπιστημονικές ομάδες εκπαιδευτών από διαφορετικά πεδία STEM. Μια ενδιαφέρουσα σκέψη για το μέλλον είναι ο βαθμός στον οποίο οι μελλοντικοί καθηγητές STEM θα χρειάζονται εξειδίκευση στις αρχές και τις βασικές έννοιες όλων των υπολοίπων μαθημάτων STEM ή αν θα υπάρχει ένα εννοποιημένο σύνολο εννοιών που θα θεωρούνται πιο σημαντικές για τον μελλοντικό καθηγητή STEM να τελειοποιήσει.

Όσον αφορά στην **προ-υπηρεσιακή κατάρτιση**, η δυνατότητα συνεργασίας διεπιστημονικών ομάδων είναι απαιτητικός στόχος για προγράμματα προ-υπηρεσιακής κατάρτισης. Ακόμα και κλάδοι μιας επιστήμης (π.χ. βιολογία, φυσική και χημεία) συχνά θεωρείται ότι είναι οριακά συναφείς και οι διάφοροι κλάδοι STEM ακόμα βρίσκονται σε διαφορετικά κτίρια σε πολλά ιδρύματα ανώτατης εκπαίδευσης που παρέχουν προ-υπηρεσιακή εκπαίδευση καθιστώντας πρόκληση τη ρεαλιστική εφαρμογή της παραπάνω συνεργασίας σε ευρύτερη κλίμακα.

Η φύση της απαιτούμενης συνεχιζόμενης επαγγελματικής κατάρτισης είναι άλλη μια μοναδική ανάγκη της ολοκληρωμένης προσέγγισης STEM. Πιο συγκεκριμένα, οι καθηγητές που συμμετείχαν στην έρευνα των (Shernoff et al., 2017) επιβεβαίωσαν την ανάγκη για συνεχιζόμενη επαγγελματική κατάρτιση (**ενδο-υπηρεσιακή κατάρτιση**) για πιστοποιημένους εκπαιδευτικούς με έμφαση στο εκπαιδευτικό περιεχόμενο και τα πρότυπα έξω από την περιοχή εξειδίκευσης των καθηγητών καθώς και στην ενσωμάτωση πολλαπλών διδακτικών στόχων από διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα. Όπως αναφέρθηκε από Moore et al. (2014), οι προκλήσεις του μηχανολογικού σχεδίου και άλλων εργασιών μπορεί να είναι περίπλοκες και να συμπεριλαμβάνουν τόσο φυσικές επιστήμες όσο και μαθηματικά, αλλά ένα απαραίτητο συστατικό είναι η ικανότητα του καθηγητή να διευκολύνει να αποδέχεται αυτή την πολυπλοκότητα, υπογραμμίζοντας τις διασταυρούμενες έννοιες και πλευρές των πρακτικών που εφαρμόζονται στις φυσικές επιστήμες και τη μηχανική που ενοποιούν τα διαφορετικά μέρη. Ο καθηγητής πρέπει επίσης να έχει την ικανότητα να προάγει την ομαδική εργασία και τις δεξιότητες επικοινωνίας.

Όσον αφορά στην ερώτηση που τέθηκε σε διευθυντές σχολικών μονάδων αν θα ήθελαν να προσλάβουν καθηγητές STEM, οι περισσότεροι εξέφρασαν ένα ενδιαφέρον, τονίζοντας όμως ταυτόχρονα την ανυπαρξία αξιόπιστης δεξαμενής υποψηφίων. Οι διευθυντές θεωρούν ότι ο ιδανικός καθηγητής STEM δεν θα πρέπει να φοβάται τα μαθηματικά και την επιστήμη, αλλά να έχει πάθος για αυτά και ισχυρή γνωστική βάση και στα δύο, καθώς και ευχέρεια σε σχετικά πεδία. Οι κατάλληλοι υποψήφιοι πρέπει επίσης να έχουν άνεση να εξερευνούν αχαρτογράφητες περιοχές, να δοκιμάζουν καινούρια πράγματα, να προσαρμόζονται και να μπορούν να αντιμετωπίσουν την αναπόφευκτη αποτυχία που συνοδεύει τον πειραματισμό (Shernoff et al, 2017) .

#### **4.7.1 Προτάσεις για προ-υπηρεσιακή κατάρτιση**

Η προ-υπηρεσιακή προετοιμασία δίνει μεγαλύτερη έμφαση σε παιδαγωγικές πρακτικές, γνώση των διδακτικών εννοιών και προγραμμάτων σπουδών σχετικές με το γνωστικό τους αντικείμενο. Παρ' όλο που αυτά τους βοηθούν να βελτιώσουν την ποιότητα της διδασκαλίας στο γνωστικό τους αντικείμενο, είναι ανεπαρκή για τη διδασκαλία STEM. Για να ξεπεραστεί η πρόκληση της γνώσης περιεχομένου και προτύπων σε μαθήματα στα οποία δεν είχαν ειδικευθεί, πολλοί καθηγητές (41%) που συμμετείχαν στην έρευνα των Stohlmann et al, (2012), πρότειναν τον επανασχεδιασμό των προγραμμάτων προ-υπηρεσιακής κατάρτισης ώστε να ενισχύσουν την πιο αναλυτική ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένη προσέγγισης καθώς και την ύπαρξη πιστοποιήσεων. Πρότειναν την ένταξη μαθημάτων που εστιάζουν στα πρότυπα μάθησης σε όλα τα μαθήματα STEM καθώς και σε παιδαγωγικές πρακτικές που υποστηρίζουν την ενσωμάτωση της μεθοδολογίας STEM όπως συνεργατικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες. Κάποιοι εκπαιδευτικοί, στην ίδια έρευνα, πρότειναν επίσης την ένταξη μαθημάτων σχετικά με το θεωρητικό υπόβαθρο των διαθεματικών και διεπιστημονικών προσεγγίσεων για τη μάθηση μέσω STEM την αναγκαιότητα να δοθεί έμφαση σε μαθητο-κεντρικές παιδαγωγικές προσεγγίσεις, όπου η εμπειρική μάθηση και το να ρωτάς αντί να απαντάς εκτιμάται. Άλλες προτάσεις περιλάμβαναν τη διαθεσιμότητα πρότυπων μαθημάτων STEM (32%), την καθοδήγηση από έμπειρους καθηγητές STEM (14%) καθώς την επιθυμία να παρακολουθήσουν έμπειρους καθηγητές STEM να διδάσκουν ώστε να δουν πως είναι ένα ολοκληρωμένο μάθημα STEM και πως γίνεται η διαχείριση των τάξεων κατά τη διάρκεια μαθημάτων STEM.

Οι διευθυντές σχολικών μονάδων επίσης αναγνώρισαν την ανάγκη για καινούρια προγράμματα προ-υπηρεσιακής κατάρτισης στην μεθοδολογία STEM. Δήλωσαν ότι θα ήθελαν να δουν νέα προγράμματα προ-υπηρεσιακής κατάρτισης που θα παρέχουν εμπειρία στην εκπαίδευση σε πραγματικές εφαρμογές, παιχνίδι και δημιουργικότητα καθώς και τη σύνδεση της διδασκαλίας με την αγορά εργασίας διότι τα υψηλής ποιότητας προγράμματα θα βοηθήσουν στην ανάπτυξη ειδίκευσης στα πρότυπα φυσικών επιστημών, μαθηματικών και μηχανικής και στην αποτελεσματική κινητοποίηση του ενδιαφέροντος των μαθητών σε δραστηριότητες που πληρούν αυτά τα πρότυπα (Stohlmann et al, 2012).

#### **4.7.2 Προτάσεις για ενδο-υπηρεσιακή κατάρτιση**

Στην ίδια έρευνα των Stohlmann et al, (2012) αντίστοιχα με τις προτάσεις για την προ-υπηρεσιακή κατάρτιση, πολλοί καθηγητές (32%) πρότειναν περισσότερη ενδο-υπηρεσιακή κατάρτιση ώστε να τους βοηθήσουν με την ολοκληρωμένη προσέγγιση στη μεθοδολογία STEM. Περίπου το ένα τρίτο των ερωτηθέντων όπως και οι διευθυντές εκπαιδευτικών μονάδων ανέφεραν ότι θα ήταν χρήσιμο αν είχαν τη δυνατότητα να μελετήσουν πρότυπες ενότητες σε βασικές παιδαγωγικές στρατηγικές όπως η μάθηση με βάση συνθετικές εργασίες (project-based learning) καθώς και να παρακολουθήσουν βιντεοσκοπημένα μαθήματα έμπειρων καθηγητών να εφαρμόζουν τη ολοκληρωμένη μεθοδολογία STEM και να έχουν πρόσβαση σε πρότυπα πλάνα μαθημάτων και διδακτικών εννοιών. Προτάθηκε επίσης να δοθεί η δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να βιώσουν την επίλυση προβλημάτων με τη χρήση της μεθοδολογίας STEM σαν να ήταν μαθητές/από την οπτική του μαθητή (Stohlmann et al, 2012).

Οι διευθυντές σχολικών μονάδων πρότειναν οι καθηγητές φυσικών επιστημών, μαθηματικών και μηχανολογίας να συμμετέχουν μαζί στην ενδο-υπηρεσιακή κατάρτιση ώστε να επιτευχθούν καλύτερα οι στόχοι της εφαρμογής STEM καθώς η συνεχής συνεργασία μεταξύ των εκπαιδευτικών που ανήκουν σε μια σχολική μονάδα όσο και μεταξύ διαφορετικών σχολικών μονάδων της ίδιας δευτεροβάθμιας διεύθυνσης θεωρείται πολύτιμη στρατηγική. Παράλληλα, χρήσιμη θα είναι η συχνή παρακολούθηση διεξαγωγής μαθημάτων STEM προκειμένου οι διευθυντές σχολικών μονάδων να παίρνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις όσον αφορά σε θέματα STEM.

Σημαντική επίσης βοήθεια μπορεί να προκύψει από τη συνεργασία με ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Υπάρχει ένας αυξανόμενος αριθμός ιδρυμάτων που συνεργάζονται με σχολεία για να υποστηρίξουν τη εκπαίδευση STEM. Για παράδειγμα, το Πανεπιστήμιο Tufts εργάζεται για πάνω από 15 χρόνια ώστε να ενσωματώσει τη μηχανική στις τάξεις της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης καθώς πιστεύουν ότι η μηχανική δίνει κίνητρο στους μαθητές να μάθουν τις μαθηματικές και φυσικές έννοιες που κάνουν την τεχνολογία δυνατή. Καθηγητές, μέλη του προσωπικού και φοιτητές πηγαίνουν κάθε εβδομάδα σε σχολικές τάξεις προκειμένου να προσφέρουν βοήθεια στους εκπαιδευτικούς, διοργανώνουν μηνιαίες συναντήσεις υποστήριξης των εκπαιδευτικών και κατάρτιση για εκπαιδευτικούς στη χρήση τεχνολογικών πόρων (Rogers & Portsmouth, 2004). Σε μια μελέτη, ερευνητές από το Πανεπιστήμιο Reno της Νεβάδα, συνδύαστηκαν σε ζευγάρια με καθηγητές φυσικών επιστημών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ώστε να βοηθήσουν τους καθηγητές να εφαρμόσουν τη μηχανική. Οι ερευνητές ανακάλυψαν ότι μαθητές που συνήθως δεν έδειχναν ενδιαφέρον στις φυσικές επιστήμες συμμετείχαν ενεργά στη διαδικασία σχεδιασμού (Cantrell et al., 2006). Αρκετές μελέτες έχουν διεξαχθεί με αντικείμενο μελέτης τις δυσκολίες και τα πλεονεκτήματα της χρήσης μαθημάτων ή μεθόδων περιεχομένου STEM (Beeth & McNeal, 1999; Elliot et al., 2001, Frykholm & Glasson, 2005; Furner & Kumar, 2007). Οι περισσότερες διαπίστωσαν τα οφέλη τέτοιων μαθημάτων αλλά ανέφεραν την ανάγκη για περισσότερο χρόνο για το σχεδιασμό και την αποτελεσματική διδασκαλία των μαθημάτων. (Stohlmann et al, 2012)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - STEM ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ – ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ**

### **5.1 Απόκτηση γραμματισμού STEM μέσω της Τεχνικής - Επαγγελματικής Εκπαίδευσης**

Η ενσωμάτωση των επιστημονικών κλάδων STEM στην Τεχνική – Επαγγελματική Εκπαίδευση (ΤΕΕ) επιδιώκει να εξυπηρετήσει οι μαθητές να είναι σε θέση να αναλύουν κριτικά καταστάσεις καθώς και να είναι τεχνικά ικανοί. Τα μαθήματα στην Τεχνική – Επαγγελματική Εκπαίδευση (ΤΕΕ) ενσωματώνουν διαδικασίες τεχνολογικού αλφαριθμητισμού με την παροχή μαθησιακού περιεχομένου μέσω μιας σειράς ανοικτών, πρακτικών δραστηριοτήτων που επιδιώκουν να δώσουν στους μαθητές ευκαιρίες να επιλύσουν αυθεντικά προβλήματα που ενσωματώνουν στοιχεία που σχετίζονται με το σχεδιασμό (Asunda P., 2014). Αυτή η πρακτική ακολουθείται εδώ και αιώνες για την προετοιμασία των ατόμων με σκοπό την απόκτηση των τεχνικών δεξιοτήτων που σχετίζονται με την εργασία.

Δεδομένου ότι οι μαθητές δεν μπορούν να κατανοήσουν πλήρως τις έννοιες που σχετίζονται με τα STEM χωρίς να εμπλακούν σε εμπειρίες μάθησης βασισμένες σε προβλήματα που αντικατοπτρίζουν πτυχές των πρακτικών μάθησης βασισμένων σε έργα που οδηγούν στην εξεύρεση λύσεων σε κοινωνικά ζητήματα (National Research Council, 2012), τα προγράμματα ΤΕΕ ενσωματώνουν πτυχές των αρχών της μάθησης με βάση την τοποθεσία, προσφέροντας στους μαθητές την ευκαιρία να δουν πώς χρησιμοποιείται και εφαρμόζεται η θεωρία με πολύ πρακτικούς τρόπους. Ο Brand (2008) υποστήριξε ότι οι μαθησιακές δραστηριότητες των ΤΕΕ βασίζονται στη μάθηση με βάση το πρόβλημα, παρέχοντας στους μαθητές σχετικές δραστηριότητες που επιτρέπουν στους μαθητές να συνθέσουν τη γνώση και να επιλύσουν ατομικά προβλήματα σε πλαίσιο του προγράμματος σπουδών. Σύμφωνα με τον Savery (2006), η μάθηση με βάση το πρόβλημα αντικατοπτρίζει την προσέγγιση της διδασκαλίας STEM που βασίζεται σε έργα ή τη μάθηση μέσω της πράξης, η οποία βασίζεται στην επικοινωνιακή θεωρία (Fortus, Krajcikb, Dersheimerb, Marx, & Mamlok-Naamand, 2005) και έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει τη μάθηση και την κατανόηση των μαθητών σε γνωστικά καθήκοντα, όπως οι επιστημονικές διαδικασίες και η επίλυση μαθηματικών προβλημάτων (Satchwell & Loerrp, 2002).

Έτσι, οι μαθηματικές και επιστημονικές έννοιες μπορούν να ενσωματωθούν στη διδασκαλία της ΤΕΕ σε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στην οποία οι μαθητές μπορούν να προβληματιστούν και να δουν τη συνολική εικόνα. Με αυτόν τον τρόπο αντί να εστιάζουν σε διαφορετικές έννοιες από τους κλάδους STEM μπορούν να διδαχθούν να βλέπουν το σύνολο ως ένα (Brand, 2008). Περαιτέρω, οι Satchwell και Loerrp (2002) δήλωσαν ότι "οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα όταν ενθαρρύνονται και παρακινούνται να κατασκευάσουν τη δική τους γνώση για τον κόσμο γύρω τους (Colburn, 1998- Lawson, Abraham, & Renner, 1989)" Σε ένα τέτοιο μαθησιακό περιβάλλον, οι μαθητές καλλιεργούν εσωτερικούς στόχους και εργάζονται για την ολοκλήρωση συγκεκριμένων εργασιών με επιθυμητό αποτέλεσμα. Συνεπώς, μπορεί να ειπωθεί ότι η ενσωμάτωση των εννοιών STEM στο πρόγραμμα σπουδών μέσω δραστηριοτήτων βασισμένων σε προβλήματα που αντικατοπτρίζουν τις εμπειρίες που βασίζονται σε έργα στην ΤΕΕ προσομοιώνει ζητήματα της πραγματικής ζωής, ενώ ενθαρρύνει τους μαθητές να κατασκευάσουν λύσεις σε αυθεντικές προκλήσεις που μπορεί να αντιμετωπίσουν σε ένα κοινωνικό πλαίσιο ή οικοσύστημα (Asunda, 2014).

### **5.2 Ενσωμάτωση STEM στο πρόγραμμα σπουδών της Τεχνικής – Επαγγελματικής Εκπαίδευσης**

"Η ενσωμάτωση του STEM στο πρόγραμμα σπουδών είναι μια διαθεματική διδακτική προσέγγιση, η οποία καταργεί την εμπόδια μεταξύ των τεσσάρων επιστημονικών κλάδων" (Wang et al., 2011). Σύμφωνα με τον Huntley (1999), «μια διαθεματική προσέγγιση στη διδασκαλία

συνεπάγεται ότι "ο/η εκπαιδευτικός κάνει συνδέσεις μεταξύ των επιστημονικών κλάδων μόνο έμμεσα». Με άλλα λόγια, η διδασκαλία περιλαμβάνει "ρητή αφομοίωση των εννοιών από περισσότερες από μία επιστήμες" και "χαρακτηρίζεται από περίπου ίση προσοχή από δύο (ή περισσότερες) επιστήμες" κατά τη διάρκεια ενός μαθήματος (Huntley, 1999). Η ενσωμάτωση των μαθημάτων STEM στα προγράμματα σπουδών Επαγγελματικής και Τεχνικής Εκπαίδευσης μπορεί να προσφέρει στους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές την ευκαιρία να μελετήσουν πώς κάθε ένας από τους κλάδους STEM αλληλοσυνδέεται και συμβάλλει σε πτυχές της μάθησης στον πραγματικό κόσμο. Μια τέτοια προσέγγιση στη διδασκαλία "εστιάζει στα χαρακτηριστικά και τη λειτουργικότητα ολόκληρου του συστήματος και των αλληλοσυνδεόμενων υποσυστημάτων" με το σχεδιασμό στο επίκεντρο της επίλυσης προβλημάτων (Kelley & Kellam, 2009). Παράλληλα, η ενσωμάτωση του STEM στο πρόγραμμα σπουδών επαγγελματικής και τεχνικής εκπαίδευσης προσφέρει στους μαθητές την ευκαιρία να βιώσουν τη μάθηση διαφορετικών εννοιών με τρόπο που να συνδέεται με ένα συγκεκριμένο πλαίσιο και όχι να μαθαίνουν κομμάτια και να τα αφομοιώνουν αργότερα (Tsupros, Kohler & Hallinen, 2009).

Σύμφωνα με τον Sanders και τους συναδέλφους του, η ενσωμάτωση STEM είναι η σκόπιμη ενσωμάτωση του περιεχομένου και των διαδικασιών της επιστημονικής ή μαθηματικής εκπαίδευσης με το περιεχόμενο και τις διαδικασίες της τεχνολογικής ή μηχανικής εκπαίδευσης, μαζί με ρητή προσοχή στα μαθησιακά αποτελέσματα της τεχνολογίας ή των μηχανικών και στα μαθησιακά αποτελέσματα της επιστήμης ή των μαθηματικών ως μαθησιακούς στόχους συμπεριφοράς. Κατά τον Asunda P (2014) ένας αυξανόμενος αριθμός προγραμμάτων σε όλη τη χώρα περιγράφει μια εστίαση στο STEM. Συνήθως, αυτά τα προγράμματα εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες:

(α) συγκέντρωση στην επίτευξη μεγαλύτερου βάθους γνώσης του γνωστικού αντικείμενου σε ένα μόνο πεδίο STEM (π.χ. χημεία, μαθηματικά, φυσική) ως προετοιμασία για μια ποικιλία ευκαιριών απασχόλησης ή προχωρημένες σπουδές

β) έμφαση σε έναν συγκεκριμένο εκπαιδευτικό κλάδο STEM (π.χ. μαθηματική εκπαίδευση, εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες, εκπαίδευση στην τεχνολογία και τη μηχανική) που προσφέρει έναν συνδυασμό μαθημάτων έρευνας, παιδαγωγικής και γνωστικού περιεχομένου που αφορούν συγκεκριμένο επιστημονικό κλάδο και

γ) μια εστίαση η οποία είναι περισσότερο διεπιστημονική, απαιτώντας από τους συμμετέχοντες να εγγραφούν σε ένα σύνολο βασικών εκπαιδευτικών και ερευνητικών μαθημάτων και να επιλέξουν μια μικτή συλλογή μαθημάτων επιλογής από έναν κατάλογο επιστημονικών κλάδων που σχετίζονται με STEM (π.χ. βιολογία, γεωλογία, μαθηματικά). Ενώ καθεμία από αυτές τις επιλογές προσφέρει στους συμμετέχοντες σημαντική προηγμένη προετοιμασία υπό την ομπρέλα των STEM, συνεχίζουν να απομονώνουν την επιστήμη, την τεχνολογία και/ή τα μαθηματικά, και μάλιστα, στερούνται ρητής ενσωμάτωσης σε όλους τους κλάδους STEM (Smith, 2009).

Ωστόσο, υπάρχουν διαφορετικά μοντέλα ενσωμάτωσης του STEM στο πρόγραμμα σπουδών και στις διδακτικές πρακτικές. Ο Dugger (2010) υποστήριξε ότι:

"Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους το STEM μπορεί να διδαχθεί στα σχολεία σήμερα. Ένας τρόπος είναι να διδάσκεται καθένας από τους τέσσερις κλάδους του STEM ξεχωριστά. Ένας άλλος τρόπος είναι η διδασκαλία καθενός από τους τέσσερις κλάδους STEM με μεγαλύτερη έμφαση σε έναν ή δύο από τους τέσσερις. Ένας τρίτος τρόπος είναι η ενσωμάτωση ενός από τους κλάδους STEM στους άλλους τρεις. Για παράδειγμα, το περιεχόμενο της μηχανικής μπορεί να ενσωματωθεί στα μαθήματα φυσικών επιστημών, τεχνολογίας και μαθηματικών. Και τέλος, ένας πιο ολοκληρωμένος τρόπος είναι να ενσωματώσουμε και τους τέσσερις κλάδους μεταξύ τους και να τους διδάξουμε ως ένα ολοκληρωμένο αντικείμενο".

Οι Wang, Moore, Roehrig και Park (2011) πρότειναν ότι η ενσωμάτωση του STEM στο πρόγραμμα σπουδών μπορεί να επιτευχθεί μέσω της προσθήκης μιας δραστηριότητας σχεδιασμού ως το αποκορύφωμα μιας ενότητας όπου οι μαθητές αναμένεται να εφαρμόσουν τις αποκτηθείσες γνώσεις STEM για να ολοκληρώσουν μια εργασία. Η δεύτερη προσέγγιση, σύμφωνα με τους Wang et al., είναι να ξεκινήσει μια μονάδα με μια πρόκληση σχεδιασμού. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να μοντελοποιηθεί στο πρόγραμμα σπουδών με τη χρήση προϊόντων του

σχεδιασμένου κόσμου (π.χ. ανεμογεννήτριες) και εισάγοντας έννοιες STEM για την περιγραφή της διαδικασίας επίλυσης προβλημάτων και των διαφόρων επιπέδων επιτυχίας των διαφόρων προσεγγίσεων σχεδιασμού που αποδίδονται στη συγχώνευση αυτών των κλάδων. Ο Sanders (2009) τάχθηκε υπέρ του "σκόπιμου σχεδιασμού και έρευνας" ως παιδαγωγική βάση για την ενοποιητική εκπαίδευση STEM καθώς συνδυάζει σκόπιμα τον τεχνολογικό σχεδιασμό με την επιστημονική διερεύνηση, εμπλέκοντας τους μαθητές σε εμπειρίες επιστημονικής διερεύνησης που τοποθετούνται στο πλαίσιο της τεχνολογικής επίλυσης προβλημάτων" (Sanders, 2009).

Οι Lederman και Niess (1998) υποστήριξαν ότι "τα προβλήματα του πραγματικού κόσμου δεν είναι ιδιοκτησία μίας επιστήμης σε αντίθεση με μια άλλη και ζητούν να εφαρμοστεί στο πρόγραμμα σπουδών η λογική μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης στη διδασκαλία που συνήθως βασίζεται σε προβλήματα που πρέπει να επιλύσουν οι μαθητές". Το επιχείρημα αυτό τοποθετεί στη συνέχεια τη μάθηση με βάση το πρόβλημα (Project-Based Learning) στο επίκεντρο της ενσωμάτωσης STEM. Σύμφωνα με τους Barrows και Tamblyn (1980), "η μάθηση με βάση το πρόβλημα είναι η μάθηση που προκύπτει από τη διαδικασία εργασίας προς την κατεύθυνση της κατανόησης ή της επίλυσης ενός προβλήματος". Δουλεύοντας προς την επίλυση του προβλήματος ο μαθητής καλείται να αναπτύξει δεξιότητες για την επίλυση προβλημάτων και κριτικής σκέψης, να διεξάγει έρευνα, να αναζητά ενδείξεις, να αναλύει και να συνθέτει τα διαθέσιμα δεδομένα, να αναπτύσσει υποθέσεις και να εφαρμόζει ισχυρή επαγωγική συλλογιστική για την πραγματοποίηση μιας λύσης του προβλήματος. Ομοίως, ο Savery (2006) δήλωσε ότι: Η Project-Based μάθηση είναι μια διδακτική, μαθητο-κεντρική προσέγγιση που επιτρέπει στους μαθητές να διεξάγουν έρευνα, να ενσωματώνουν τη θεωρία και την πρακτική και να εφαρμόζουν γνώσεις και δεξιότητες για την ανάπτυξη μιας βιώσιμης λύσης σε ένα καθορισμένο πρόβλημα. Κρίσιμη για την επιτυχία της προσέγγισης είναι η επιλογή καλώς δομημένων προβλημάτων (συχνά διεπιστημονικών) και ενός διδάσκοντα ή εκπαιδευτή ο οποίος καθοδηγεί τη μαθησιακή διαδικασία και διεξάγει μια διεξοδική αξιολόγηση στο τέλος της μαθησιακής εμπειρίας.

Οι Havice (2009), Scheurich και Huggins (2009) και Laboy-Rush (2011) έχουν προτείνει τη μάθηση βάσει εργασιών ως τη βάση της ενσωμάτωσης του STEM στο πρόγραμμα σπουδών. Οι Scheurich και Huggins (2009) υποστήριξαν ότι η μάθηση με βάση το έργο προσφέρει στους εκπαιδευτικούς ευκαιρίες να αναπτύξουν "πρακτικά, εφικτά, εφαρμόσιμα, ισχυρά εργαλεία στην τάξη για την επίτευξη της ισότητας και της αριστείας" και να βελτιώσουν σημαντικά τη μάθηση. Υποστήριξαν περαιτέρω ότι τα μαθήματα μαθηματικών και φυσικών επιστημών διδάσκονται αφηρημένα "δηλαδή, οι μαθητές διδάσκονται τύπους ή νόμους και στη συνέχεια οι μαθητές εξετάζονται σε αυτούς τους τύπους ή τους νόμους. Σύμφωνα με τους Scheurich και Huggins, ο στόχος της βασισμένης σε εργασίες μάθησης "είναι να αντιστραφεί αυτή η σχέση: να εμπλακούν οι μαθητές σε έργα του πραγματικού κόσμου μέσω των οποίων μαθαίνουν αυτούς τους μαθηματικούς και επιστημονικούς τύπους και νόμους πάνω στους οποίους ο κόσμος μας χτίζεται πλέον όλο και περισσότερο.

Ο Savery (2006) υποστήριξε ότι σε αυτού του είδους τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις οι μαθησιακές δραστηριότητες οργανώνονται γύρω από την επίτευξη ενός κοινού στόχου και ότι μια καλά δομημένη υπόθεση θα βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν τα σημαντικά στοιχεία του προβλήματος ή της κατάστασης, ώστε να είναι καλύτερα προετοιμασμένοι για παρόμοιες καταστάσεις στο μέλλον". Παρ'όλο όμως το γεγονός ότι οι εν λόγω παιδαγωγικές προσεγγίσεις είναι εξαιρετικές στρατηγικές διδασκαλίας με επίκεντρο τον εκπαιδευόμενο, τείνουν να μειώνουν τον ρόλο του εκπαιδευόμενου στον καθορισμό των στόχων και των αποτελεσμάτων για το "πρόβλημα" υπό εξέταση, επομένως προκύπτει η ανάγκη τα αναμενόμενα αποτελέσματα να είναι σαφώς καθορισμένα, ώστε να υπάρχει λιγότερη ανάγκη ή κίνητρο για τον μαθητή να θέσει τις δικές του παραμέτρους" (Savery, 2006).

Υπό το πρίσμα όλων των παραπάνω απόψεων, το κοινό ερώτημα που εξακολουθούν να θέτουν οι εκπαιδευτικοί και οι διοικητικοί υπάλληλοι είναι: Πώς ενσωματώνουμε το STEM στο πρόγραμμα σπουδών; Δεν υπάρχει μόνο μία ξεκάθαρη απάντηση σε αυτό το ερώτημα. Παρ' όλα αυτά, ο τομέας Εκπαιδευτική Δραστηριότητας του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ, (2008) δήλωσε ότι "οι μαθητές γενικά μαθαίνουν καλύτερα σε ένα περιβάλλον βασισμένο σε πρότυπα, επειδή όλοι εργάζονται για τον ίδιο στόχο" (Standards based systems increase student achievement").

Κατά συνέπεια, ο Asunda (2012) υποστήριξε ότι τα πρότυπα γραμματισμού STEM χρησιμοποιούν τα πρότυπα τεχνολογικού γραμματισμού ως κοινή προσέγγιση για την ενσωμάτωση του STEM στο πρόγραμμα σπουδών. Τα πρότυπα για τον τεχνολογικό γραμματισμό (International Technology Education Association [ITEA], 2000) είναι ένα καθορισμένο σύνολο 20 προτύπων τεχνολογικού γραμματισμού που ομαδοποιούνται σε πέντε γενικές κατηγορίες: (α) η φύση της τεχνολογίας, (β) η τεχνολογία και η κοινωνία, (γ) ο σχεδιασμός, (δ) οι ικανότητες για έναν τεχνολογικό κόσμο και (ε) ο σχεδιασμένος κόσμος. Αυτά τα "πρότυπα προδιαγράφουν ποια πρέπει να είναι τα αποτελέσματα της μελέτης της τεχνολογίας στις τάξεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης" και περιγράφουν "τι πρέπει να γνωρίζουν και να μπορούν να κάνουν οι μαθητές για να είναι τεχνολογικά εγγράμματοι" (ITEA, 2000, σ. 12). Ο Asunda (2012) δήλωσε περαιτέρω ότι η ενσωμάτωση των κλάδων STEM στο πρόγραμμα σπουδών θα πρέπει να δομηθεί "γύρω από κοινά θέματα που βασίζονται σε υφιστάμενα εθνικά πρότυπα".

Παρ' όλα αυτά, όπως πολλοί εκπαιδευτικοί έχουν ήδη συνειδητοποιήσει, οι εντολές σχεδιασμού με τη μορφή εργασιών που αντικατοπτρίζουν πτυχές της μάθησης με βάση το έργο είναι ένα μέσο με το οποίο μπορεί να επιτευχθεί η ενσωμάτωση των κλάδων STEM στο πρόγραμμα σπουδών. Μια τέτοια προσέγγιση διεγείρει την περιέργεια των μαθητών παρέχοντας πλούσιο πλαίσιο στο οποίο οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν έννοιες της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών με ουσιαστικό τρόπο. Επιπλέον, η ενσωμάτωση των κλάδων STEM στα προγράμματα σπουδών Επαγγελματικής και Τεχνικής Εκπαίδευσης δημιουργεί ένα σύνθετο μαθησιακό περιβάλλον. Η ποιότητα της σκέψης και της δημιουργικής δράσης που απαιτείται για την εκμάθηση και την εκτέλεση εργασιών και για την κατανόηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων και των σχετικών εννοιών πρέπει να ανταποκρίνεται στην πολυπλοκότητα και την αλληλεξάρτηση των γνωστικών αντικειμένων και του μαθησιακού περιβάλλοντος. Ένα τέτοιο περιβάλλον συνεπάγεται νέα επίπεδα επικοινωνίας, κοινού οράματος, συλλογικής νοημοσύνης και άμεσης συνεκτικής δράσης από τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς που απαιτούν μια ολοκληρωμένη συστημική προσέγγιση της μάθησης (Asunda, 2014).

### **5.3 Εννοιολογικό πλαίσιο για την ενσωμάτωση STEM στο πρόγραμμα σπουδών Τεχνικής – Επαγγελματικής Εκπαίδευσης**

Το εύρος και ο ευέλικτος χαρακτήρας των επιστημονικών πεδίων της επαγγελματικής και τεχνικής εκπαίδευσης παρέχουν μια πλατφόρμα για την ενσωμάτωση θεματικών πεδίων STEM, επιτυγχάνοντας τον στόχο της παροχής σε όλους τους μαθητές ενός προγράμματος σπουδών εξοπλισμένου με STEM, καθώς και την προετοιμασία τους για τον κόσμο της εργασίας (Association for Career and Technical Education (ACTE), 2009). Οι ερευνητές έχουν υποστηρίξει ότι υπάρχει συνεχής ανάγκη να καθοριστεί με σαφήνεια ένα θεωρητικό πλαίσιο για την ενσωμάτωση των STEM, το οποίο μπορεί να αποτελέσει τη βάση για την κατανόηση των πρακτικών του προγράμματος σπουδών και της τάξης (Lederman & Niess, 1998; Venville, Wallace, Rennie & Malone, 1999).

Για την επίτευξη του γραμματισμού STEM μέσω της ΤΕΕ ένα εννοιολογικό πλαίσιο - ένα αλληλένδετο σύνολο ιδεών σχετικά με το πώς ένα συγκεκριμένο φαινόμενο λειτουργεί ή σχετίζεται με τα μέρη του-είναι απαραίτητο ως βάση για την κατανόηση των αιτιωδών ή συσχετιστικών μοτίβων διασύνδεσης μεταξύ γεγονότων, ιδεών, παρατηρήσεων, εννοιών, γνώσεων, ερμηνειών και άλλων συστατικών της εμπειρίας (Svinicki, 2010). Το Εθνικό Συμβούλιο για τη Διαπίστευση της Εκπαίδευσης των Εκπαιδευτικών (2006) όρισε το εννοιολογικό πλαίσιο ως "την υποκείμενη δομή της μονάδας που καθορίζει το όραμα της μονάδας και παρέχει μια θεωρητική και εμπειρική βάση για την κατεύθυνση των προγραμμάτων, των μαθημάτων, της διδασκαλίας, και των ακαδημαϊκών γνώσεων και των υπηρεσιών του διδακτικού προσωπικού". Με άλλα λόγια, ένα εννοιολογικό πλαίσιο παρέχει στους εκπαιδευτικούς ένα όχημα για την ταξινόμηση των διδακτικών εννοιών που είναι επιτακτικές στη διαδικασία ενσωμάτωσης, δίνει έμφαση στις συνδέσεις μεταξύ αυτών των εννοιών, παρέχει το πλαίσιο για τη διδασκαλία και βοηθά στο σχεδιασμό των μαθημάτων (Asunda, 2014).



"Ο Miller (1996) δήλωσε ότι ένα εννοιολογικό πλαίσιο περιέχει (α) τις αρχές "που δηλώνουν προτιμώμενες πρακτικές και χρησιμεύουν ως κατευθυντήριες γραμμές για την κατασκευή προγραμμάτων και αναλυτικών προγραμμάτων, την επιλογή διδακτικών πρακτικών και την ανάπτυξη πολιτικής" και (β) τη φιλοσοφία που "κάνει υποθέσεις και εικασίες σχετικά με τη φύση της ανθρώπινης δραστηριότητας και τη φύση του κόσμου". Στο ίδιο πνεύμα, ο Rojewski (2002) πρότεινε ότι για να είναι αποτελεσματικό ένα εννοιολογικό πλαίσιο θα πρέπει (α) να καθορίζει τις παραμέτρους των επαγγελματικών σκοπών ενός προγράμματος, (β) να υποστηρίζει τις φιλοσοφικές αρχές ενός πεδίου και πώς αυτές σχετίζονται με την πρακτική, και (γ) να παρέχει μια πλατφόρμα για την κατανόηση της τρέχουσας δραστηριότητας και των μελλοντικών κατευθύνσεων του πεδίου. Ο Rojewski (2002) δήλωσε περαιτέρω ότι "ένα εννοιολογικό πλαίσιο δεν λύνει απαραίτητα όλα τα προβλήματα ή δεν απαντά σε όλα τα ερωτήματα που υπάρχουν σε ένα επάγγελμα, αλλά θα πρέπει να παρέχει ένα σχήμα για τον καθορισμό των κρίσιμων ζητημάτων και να επιτρέπει λύσεις, είτε προσαρμόζοντας το πρόβλημα στο πλαίσιο είτε το αντίστροφο".

Η εξέταση των εκπαιδευτικών προγραμμάτων αποκαλύπτει μια ποικιλία θεωρητικών δομών σχετικά με τη μάθηση και τη διδασκαλία, την ανθρώπινη ανάπτυξη, την ανάπτυξη σταδιοδρομίας, τη διοίκηση και την ηγεσία, την αλλαγή και τη διαδικασία της αλλαγής, και άλλα συναφή θέματα για το σχεδιασμό, τη διεξαγωγή και την αξιολόγηση εκπαιδευτικής δραστηριότητας (Miller, 1996). Ο Brand (2008) πρότεινε την διερεύνηση των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των στοιχείων ενός προβλήματος, αναζητώντας μοτίβα αντί για απομνημόνευση μεμονωμένων γεγονότων, καθώς έτσι οι μαθητές μαθαίνουν τις συνήθεις επιστημονικές μεθόδους ως στρατηγική για την επίλυση προβλημάτων. Πρόκειται για μια διαδικασία σύνθεσης όλων των σχετικών πληροφοριών που έχουμε για ένα αντικείμενο, ώστε να έχουμε μια αίσθηση του συνόλου του. Ο Miller (1994) ανέφερε περαιτέρω ότι οι ανομοιογενείς θεωρίες αφθονούν για να καθοδηγήσουν την εκπαιδευτική πρακτική μέσω της φιλοσοφίας που παρέχει τον φακό μέσα από τον οποίο μπορεί να ιδωθεί το όραμα ενός προγράμματος και να γίνει το εννοιολογικό πλαίσιο για το σχεδιασμό νέων προγραμμάτων.

Επίσης υποστήριξε ότι ο πραγματισμός είναι η πιο αποτελεσματική φιλοσοφία για την εκπαίδευση και την εργασία. Ο πραγματισμός, βασιζόμενος στην κονστрукτιβιστική προσέγγιση ότι η μάθηση είναι αποτέλεσμα νοητικής κατασκευής, - οι μαθητές μαθαίνουν συνδυάζοντας τις νέες πληροφορίες με αυτές που ήδη γνωρίζουν - δίνει έμφαση στη μάθηση μέσω της πράξης, η οποία αποτελεί το θεωρητικό θεμέλιο πάνω στο οποίο τα περισσότερα επαγγελματικά και τεχνικά προγράμματα σχεδιάζονται και διδάσκονται. Οι Knowles, Holton και Swanson (1998) δήλωσαν ότι "ο κονστрукτιβισμός τονίζει ότι κάθε γνώση είναι συνδεδεμένη με το πλαίσιο και ότι τα άτομα δίνουν προσωπικό νόημα στις μαθησιακές τους εμπειρίες". Σύμφωνα με τον Baxter Magolda (2004), "η γνώση είναι σύνθετη και κοινωνικά κατασκευασμένη, ο εαυτός είναι κεντρικός παράγοντας στην κατασκευή της γνώσης και η εξουσία και η εμπειρογνωμοσύνη μοιράζονται στην αμοιβαία κατασκευή της γνώσης μεταξύ ομοτίμων". "Η γνώση δεν είναι ένα αντικείμενο και η μνήμη δεν είναι μια τοποθεσία. Αντίθετα, η γνώση, η μάθηση και η νόηση είναι κοινωνικές κατασκευές, οι οποίες εκφράζονται σε δράσεις ανθρώπων που αλληλεπιδρούν μέσα σε κοινότητες. Μέσω αυτών των ενεργειών, η νόηση ενεργοποιείται ή ξεδιπλώνεται ή κατασκευάζεται- χωρίς τη δράση, δεν υπάρχει γνώση, δεν υπάρχει νόηση" (Wilson & Myers, 2000, σ. 59). Οι Knowles, Holton και Swanson (1998) επεσήμαναν περαιτέρω ότι η μάθηση είναι συγκυριακή, καταστασιακή και σωρευτική στη φύση της, επομένως οι νέες πληροφορίες πρέπει να συνδέονται με προηγούμενες εμπειρίες για να τις διατηρήσουν και να τις χρησιμοποιήσουν οι εκπαιδευόμενοι.

Ο Schell (2001) δήλωσε ότι η τοποθετημένη σε εννοιολογικό πλαίσιο διδασκαλία και μάθηση είναι η προσαρμογή πολλών καινοτόμων τρόπων διδασκαλίας και μάθησης. Περιλαμβάνει την αυθεντική μάθηση, τον αυτοαναστοχασμό και τη διδασκαλία πληροφοριών σε πραγματικές συνθήκες. Τα παραδείγματα του πραγματικού κόσμου είναι σημαντικά και προσφέρουν στους μαθητές την ευκαιρία να προβληματιστούν και να κάνουν συνδέσεις. Οι Brown, Collins και Duguid (1989) υποστήριξαν ότι "η δραστηριότητα κατά την οποία αναπτύσσεται και αξιοποιείται η γνώση δεν διαχωρίζεται από τη μάθηση και τη γνώση". Με άλλα λόγια, "η μάθηση και η νόηση μπορεί

να είναι θεμελιωδώς τοποθετημένες" σε μια δραστηριότητα. Οι Brown, Collins και Duguid υποστήριξαν περαιτέρω ότι η δραστηριότητα διαμορφώνει τις δεξιότητες των μαθητών και παρέχει εμπειρίες που είναι σημαντικές για την κατανόηση των εννοιών. Δήλωσαν ότι "οι αναπαραστάσεις που προκύπτουν από τη δραστηριότητα δεν μπορούν εύκολα να αντικατασταθούν από περιγραφές" επομένως, μπορεί να υποθεθεί ότι "οι καταστάσεις θα μπορούσαμε να πούμε ότι συν-παράγουν γνώση μέσω της δραστηριότητας".

Οι Wilson και Myers (2000) ανέφεραν ότι η θεωρία της μάθησης σε πραγματικές συνθήκες υποστηρίζει ότι υπάρχει κατά τη διάρκεια της μάθησης γίνεται μέρος αυτού που μαθαίνεται, συμπεριλαμβανομένου του πλαισίου, άρα της αυθεντικής μάθησης. Εάν ο μαθητής μπορεί να εκπαιδευτεί σε ένα τέτοιο περιβάλλον, τότε περισσότερες από τις ενδείξεις που απαιτούνται για τη μεταφορά είναι παρούσες κατά τη διάρκεια της μάθησης, αυξάνοντας έτσι την πιθανότητα αυτό που μαθαίνει να είναι διαθέσιμο για μετέπειτα χρήση. Αυτή είναι η βάση για την έννοια της αυθεντικής αξιολόγησης, στην οποία χρησιμοποιούνται πραγματικές καταστάσεις για την αξιολόγηση της μάθησης των μαθητών και μπορεί να αποτελέσει κίνητρο για τους μαθητές, επειδή μπορούν να δουν τη σύνδεση μεταξύ αυτού που μαθαίνουν και των μακροπρόθεσμων στόχων τους, γεγονός που ενισχύει το αίσθημα επιτυχίας τους. "Οι στόχοι αναγνωρίζονται ευρέως ως βασικοί για την κατανόηση της παρακινούμενης συμπεριφοράς, με τους διάφορους ερευνητικούς κλάδους να δίνουν έμφαση σε διαφορετικά επίπεδα και τύπους στόχων και στις συνέπειές τους" (Brett & VandeWalle, 1999).

Σύμφωνα με τον Pintrich (2000), η θεωρία των στόχων επίτευξης "υποθέτει ότι οι στόχοι είναι γνωστικές αναπαραστάσεις του τι προσπαθούν να επιτύχουν τα άτομα και οι σκοποί ή λόγοι για την διενέργεια του έργου. Ως τέτοιοι, είναι εγγενώς γνωστικοί και υποτίθεται ότι είναι προσβάσιμοι από το άτομο". Με άλλα λόγια, ο βασικός ισχυρισμός της θεωρίας των στόχων επίτευξης είναι ότι, ανάλογα με τους υποκειμενικούς σκοπούς τους, οι στόχοι επίτευξης επηρεάζουν διαφορετικά τη σχολική επίδοση ή την επίτευξη ενός συγκεκριμένου έργου μέσω διαφοροποιήσεων στην ποιότητα των γνωστικών διαδικασιών αυτορρύθμισης που παρατηρούνται στους μαθητές που συμμετέχουν ενεργά στη μάθησή τους, συμπεριλαμβανομένης της ανάλυσης των απαιτήσεων των σχολικών εργασιών, του σχεδιασμού και της κινητοποίησης των πόρων τους για την ικανοποίηση αυτών των απαιτήσεων και της παρακολούθησης της προόδου τους προς την ολοκλήρωση των εργασιών (Pintrich 1999, Zimmerman 1990, Zimmerman et al 1994).

#### **5.4 Αποτελεσματικότητα STEM στην Τεχνική – Επαγγελματική Εκπαίδευση**

Η εστιασμένη στο STEM εκπαίδευση μπορεί να ενσωματωθεί σε κάθε πρόγραμμα σπουδών ή παιδαγωγική προσέγγιση στην τεχνική επαγγελματική εκπαίδευση. Πολλά πλεονεκτήματα έχουν σχετισθεί με την προσέγγιση STEM στην εκπαίδευση όπως ότι παρέχει τη δυνατότητα για περισσότερο μαθητο-κεντρική, ουσιαστική, και λιγότερο κατακερματισμένη μαθησιακή λειτουργία που δίνει κίνητρο στους μαθητές να εμπλακούν πιο ενεργά σε αυτή και να αξιοποιήσουν δεξιότητες σκέψης υψηλότερου επιπέδου και ικανότητες επίλυσης προβλημάτων (Stohlmann et al. 2012). Οι μαθητές που λαμβάνουν εκπαίδευση STEM θεωρείται ότι μπορούν να σκέφτονται κριτικά και να χρησιμοποιούν την τεχνολογία ανεξάρτητα προκειμένου να επιλύσουν προβλήματα, να καινοτομήσουν και να εφεύρουν. Η εφαρμογή της προσέγγισης STEM έχει συνδεθεί με θετική επίδραση στη συμπεριφορά στο σχολείο (Bragow et al.1995), στην επίτευξη προόδου (Hurley 2001) και στη μάθηση (Becker and Park 2011). Οι έρευνες επίσης έχουν δείξει ότι οι μαθητές παρουσιάζουν υψηλότερα επίπεδα ενδιαφέροντος και απόδοσης στα πλαίσια των μαθημάτων STEM όταν εμπλέκονται σε δραστηριότητες. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στο ότι η συγκεκριμένη προσέγγιση έχει ως αποτέλεσμα οι μαθητές να αντιλαμβάνονται καλύτερα τις οδηγίες που τους δίνονται καθώς είναι περισσότερο προσιτές, απαιτητικές, ουσιαστικές και ενθαρρυντικές για την ανάπτυξη ικανοτήτων με απώτερο σκοπό την μεγαλύτερη ενεργή συμμετοχή των μαθητών (Shernoff 2013). Οι Becker and Park από την ανάλυση 28 προηγούμενων μελετών κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η επίδραση της χρήσης τεχνικών STEM

είχε γενικά θετική επίδραση στην απόκτηση γνώσεων, περισσότερο στη πρωτοβάθμια και λιγότερο στην τριτοβάθμια εκπαίδευση.

## **5.5 Προϋποθέσεις – Προτάσεις για την αποτελεσματική εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM**

Η εκπαίδευση STEM είναι ένα καινούριο πεδίο και ερευνώντας την προκύπτουν περισσότερα ερωτήματα. Ένα από τα πιο σημαντικά είναι κατά πόσο η χρήση της είναι εφικτή σε μεγάλη κλίμακα. Διάφορες παιδαγωγικές παρεμβάσεις που εμφανίστηκαν τις προηγούμενες δεκαετίες επιδίωκαν να εισάγουν περισσότερο τα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες στην τεχνική επαγγελματική εκπαίδευση μέσω διαφόρων μορφών ενσωμάτωσης στο πρόγραμμα σπουδών. Παρόλο που η βιβλιογραφία είναι γεμάτη περιγραφές καινοτόμων φαινομενικά προσεγγίσεων για τη μεθοδολογία STEM και την τεχνική επαγγελματική εκπαίδευση, λίγη ενδεδειγμένη έρευνα υπάρχει η οποία να μας ενημερώνει για το τι πραγματικά θα βελτίωνε την εκπαίδευση στα επιστημονικά πεδία STEM.

Πρώτα και κύρια, η εφαρμογή της μεθόδου STEM περιλαμβάνει την δυσκολία της σε βάθος κατανόησης των θεμελιωδών αρχών πολλαπλών γνωστικών πεδίων. Παράλληλα, έρευνες δείχνουν ότι οι εκπαιδευτικοί δυσκολεύονται να εφαρμόσουν νέα και μαθητο-κεντρικά παραδείγματα καθώς η χρήση παιδαγωγικών μεθόδων που περιλαμβάνουν την εξερεύνηση και ανακάλυψη απαιτούν από τον εκπαιδευτικό να είναι εξοικειωμένος τόσο με τις βασικές αρχές των διαφόρων επιστημονικών πεδίων όσο και με τις απαραίτητες γνώσεις παιδαγωγικής ώστε να είναι αποτελεσματικός.

Είναι, λοιπόν, προφανές ότι η εφαρμογή αποτελεσματικής εκπαίδευσης STEM απαιτεί αφοσιωμένους εκπαιδευτικούς με πολύ καλές γνώσεις και οργάνωση. Είναι σημαντικό οι καθηγητές να δεσμεύονται να είναι μακροπρόθεσμα εκπαιδευτικοί STEM και όχι απλώς να περιμένουν να βρεθεί μια θέση εργασίας στη διδασκαλία των μαθηματικών ή των φυσικών επιστημών. Η εναλλαγή των εκπαιδευτικών μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες για τα σχολεία όσον αφορά στη συνοχή του σχολείου, στην αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας και τις επιδόσεις των μαθητών (Cochran-Smith, 2004). Ενώ οι εκπαιδευτικοί αναπτύσσουν τις γνώσεις τους στο περιεχόμενο της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM, μπορούν να επικεντρωθούν σε στρατηγικές ποιότητας για τη διδασκαλία. Ένας αυξανόμενος αριθμός ιδρυμάτων προσφέρουν προγράμματα που οδηγούν στην απόκτηση άδειας εξασκήσεως του επαγγέλματος του καθηγητή τόσο στα μαθηματικά όσο και τις φυσικές επιστήμες, κυρίως στο επίπεδο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, γεγονός που μπορεί να μειώσει τις επιπτώσεις αυτού του ζητήματος (Stohlmann et al, 2012).

Καθώς οι εκπαιδευτικοί μπορεί να έχουν διαφορετικά πτυχία και υπόβαθρο, είναι σημαντικό οι σχολικές μονάδες να παρέχουν υποστήριξη και χρόνο για συνεργασία καθώς και μια ποικιλία προσεγγίσεων για τη στήριξη των καθηγητών. Η συνεργασία με ένα τοπικό πανεπιστήμιο ή ένα κοντινό σχολείο, η παρακολούθηση προγραμμάτων επαγγελματικής κατάρτισης, η αξιοποίηση της κατάρτισης που προσφέρεται από εταιρείες προγραμμάτων σπουδών, ο κοινός χρόνος προγραμματισμού των εκπαιδευτικών και η ενθάρρυνση της ανοιχτής επικοινωνίας μπορούν να βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς να αισθανθούν ότι έχουν την υποστήριξη που χρειάζονται για να είναι επιτυχημένοι (Stohlmann et al, 2012). Οι καθηγητές μαθηματικών, φυσικών επιστημών και STEM πρέπει να προσπαθήσουν να συνεργαστούν ώστε να εξασφαλίσουν τη μεγιστοποίηση της μάθησης των μαθητών. Παρόμοιες έννοιες και πληροφορίες μπορούν να ενισχυθούν ή να παραλειφθούν εφόσον οι μαθητές έχουν κατακτήσει το συγκεκριμένο περιεχόμενο. Με την πάροδο του χρόνου, η εφαρμογή μιας μαθητο-κεντρικής προσέγγισης στη διδασκαλία με καλά δομημένες δραστηριότητες θα επιτρέψει στους εκπαιδευτικούς να γίνουν πιο άνετοι με το πρόγραμμα σπουδών και στους μαθητές να επιτύχουν. Η υποστήριξη των εκπαιδευτικών με διάφορους τρόπους και η παροχή στους εκπαιδευτικούς του απαραίτητου υλικού για να κάνουν καλά τη δουλειά τους μπορεί να επιτρέψει στους εκπαιδευτικούς της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM να είναι επιτυχημένοι.

Εξίσου απαραίτητη για την επιτυχημένη εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM είναι η ύπαρξη ενός πλαισίου που να συνδέει τους κλάδους STEM ώστε να μπορεί να υλοποιηθεί ένα τυποποιημένο πρόγραμμα σπουδών που υποστηρίζει την ενσωμάτωση STEM στην Τεχνική – Επαγγελματική Εκπαίδευση. Οι Barrows και Kelson (1993) δήλωσαν ότι "το πρόγραμμα σπουδών πρέπει να αποτελείται από προσεκτικά επιλεγμένα και σχεδιασμένα προβλήματα που απαιτούν από τον μαθητή την απόκτηση κρίσιμων γνώσεων, την επίλυση προβλημάτων ικανότητα, στρατηγικές αυτοκατευθυνόμενης μάθησης και δεξιότητες συμμετοχής στην ομάδα. Η συσχέτιση αυτών των τεσσάρων θεωρητικών δομών με τον πραγματισμό συνηγορεί υπέρ ενός προγράμματος σπουδών που υποστηρίζει ιδέες του πραγματικού κόσμου στην τάξη μέσω δραστηριοτήτων βασισμένων σε προβλήματα που αντικατοπτρίζουν εμπειρίες βασισμένες σε έργα ως μορφή διδασκαλίας που καθοδηγεί την ενσωμάτωση των εννοιών STEM στην Τεχνολογική - Επαγγελματική Εκπαίδευση. Μια τέτοια διαδικασία μπορεί να οδηγήσει σε συνοχή στη μάθηση των μαθητών, στο τι διδάσκεται και πώς διδάσκεται σε προγράμματα που εστιάζουν σε STEM.

Τα προγράμματα σπουδών που εμπλέκουν τους μαθητές στα STEM προάγουν διδακτικές στρατηγικές που προκαλούν τους μαθητές να καινοτομούν και να εφευρίσκουν. Αυτό υποδηλώνει ότι οι μαθητές πρέπει να εφαρμόζουν τις γνώσεις των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών που μαθαίνουν σε ένα πρόβλημα μηχανικής και να χρησιμοποιούν την τεχνολογία για την εξεύρεση μιας λύσης. Σε αυτή την προσέγγιση, οι μαθητές καλούνται να επιδείξουν τις κατανόηση των κλάδων STEM σε ένα εργασιακό περιβάλλον. Για να γίνει αυτό, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να είναι σε θέση να προσφέρουν βάσει προτύπων προγραμμάτων STEM που χρησιμοποιούν καινοτόμα διδακτικά εργαλεία. Αυτό σημαίνει ότι αν οι εκπαιδευτικοί είναι προετοιμασμένοι και διαθέτουν τα εργαλεία, το STEM μπορεί να προωθήσει την εφαρμοσμένη και τη συνεργατική μάθηση. Η τεχνολογία πρέπει να ενσωματωθεί στην κουλτούρα, στο πρόγραμμα σπουδών, στις στρατηγικές διδασκαλίας και στις καθημερινές λειτουργίες των τάξεων για να ενισχύσει τη μάθηση και να προσφέρει συνάφεια. Σε αυτό το σημείο το STEM γίνεται μετα-επιστήμη και πρέπει να παραδίδεται στους μαθητές με διεπιστημονικό τρόπο, εντός των περιορισμών των εθνικών κρατικών οδηγιών για τα προγράμματα σπουδών (Kennedy et al, 2014).

Σύμφωνα με τους Kennedy et al (2014) τα υψηλής ποιότητας εκπαιδευτικά προγράμματα και προγράμματα σπουδών STEM θα πρέπει να αντικατοπτρίζουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- να περιλαμβάνουν αυστηρό πρόγραμμα σπουδών και οδηγίες για τα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες τουλάχιστον και, εάν δεν υπάρχουν ξεχωριστά μαθήματα STEM σε όλους τους τομείς, να ενσωματώνουν την τεχνολογία και τη μηχανική στο πρόγραμμα σπουδών των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών
- να προωθούν το μηχανολογικό σχεδιασμό και την επίλυση προβλημάτων - τη διαδικασία εντοπισμού ενός προβλήματος, της εύρεσης καινοτόμου λύσης, της δημιουργίας του πρωτοτύπου, της αξιολόγησης, του επανασχεδιασμού - ως τρόπου ανάπτυξης μιας πρακτικής κατανόησης του σχεδιασμένου κόσμου
- να προωθούν την έρευνα-διερεύνηση, δηλαδή η διαδικασία υποβολής ερωτήσεων και διεξαγωγής ερευνών ως τρόπου για την ανάπτυξη βαθιάς κατανόησης της φύσης και του σχεδιασμένου κόσμου.
- να αναπτύσσονται με υλικά κατάλληλα για την τάξη και να περιλαμβάνουν πρακτικές, νοητικές και συνεργατικές προσεγγίσεις στη μάθηση.
- να ανταποκρίνονται στα αποτελέσματα των μαθητών και να αντικατοπτρίζουν τις πιο πρόσφατες πληροφορίες και αντιλήψεις στους τομείς STEM
- να παρέχουν ευκαιρίες σύνδεσης των εκπαιδευτικών STEM και των μαθητών τους με την ευρύτερη κοινότητα και το εργατικό δυναμικό STEM
- να παρέχουν στους μαθητές διεπιστημονικές, πολυπολιτισμικές και πολυπροοπτικές απόψεις για να καταδείξουν πώς το STEM ξεπερνά τα εθνικά σύνορα παρέχοντας στους μαθητές μια παγκόσμια προοπτική.
- να χρησιμοποιούν κατάλληλες τεχνολογίες, όπως μοντελοποίηση, προσομοίωση και εξ αποστάσεως μάθηση, για να ενισχύσουν τις μαθησιακές εμπειρίες και τις έρευνες στην εκπαίδευση STEM.
- να παρουσιάζονται τόσο μέσω τυπικών όσο και μέσω άτυπων μαθησιακών εμπειριών

- να παρουσιάζουν μια ισορροπία του STEM προσφέροντας ένα σχετικό πλαίσιο μάθησης ενσωματώνοντας τη βασική γνώση του περιεχομένου του STEM μέσω στρατηγικών όπως η μάθηση με βάση το έργο.

Οι καθηγητές STEM, ηγέτες σχολείων και περιφερειών, κοινότητα κολλεγίων και πανεπιστημίων, καθώς και άλλοι βασικοί ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να υιοθετήσουν τα ακόλουθα βασικά σημεία:

- Οι καθηγητές STEM θα πρέπει να αναγνωρίσουν τις επιτακτικές και εγγενείς ευκαιρίες του STEM για την ενίσχυση και την υποστήριξη της διδασκαλίας των μαθημάτων STEM και, όπου είναι δυνατόν, να ενσωματώνουν εφαρμογές STEM στο πρόγραμμα σπουδών.
- Οι εκπαιδευτικοί STEM θα πρέπει να αναζητούν και να συμμετέχουν σε ποιοτικές ευκαιρίες επαγγελματικής ανάπτυξης για να βελτιώσουν τις γνώσεις τους σε ότι αφορά στο STEM και της εφαρμογής του στην εκπλήρωση των απαιτήσεων του αναλυτικού προγράμματος, και να αποκτήσουν επαφή με επαγγελματίες που ασκούν το STEM
- Οι εκπαιδευτικοί STEM πρέπει να εντοπίζουν και να χρησιμοποιούν ποιοτικούς πόρους από οργανισμούς STEM για να βελτιώσουν και να ενισχύσουν τα προγράμματα σπουδών τους
- Οι διευθυντές σχολικών μονάδων και οι διευθυντές των σχολείων θα πρέπει να υποστηρίζουν τους εκπαιδευτικούς στις προσπάθειές τους να ενσωματώσουν το STEM στα προγράμματα σπουδών των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών
- Συνεργασίες μεταξύ των ενδιαφερομένων στην εκπαίδευση, την κυβέρνηση, των επιχειρήσεων, της κοινότητας και των μέσων μαζικής ενημέρωσης θα πρέπει να ενθαρρυνθούν για να συντονιστεί η ανάπτυξη και η διαθεσιμότητα των πόρων για εκπαιδευτικά προγράμματα STEM

Το STEM ως διεπιστημονικός κλάδος απαιτεί την αλλαγή των παραδοσιακών παιδαγωγικών προσεγγίσεων για την υποστήριξη της μάθησης των μαθητών (Kennedy et al, 2014).

- Οι εκπαιδευτικοί STEM πρέπει να εφαρμόζουν διδακτικές στρατηγικές που ενσωματώνουν τη διδασκαλία του STEM με τρόπο που προκαλεί τους μαθητές να καινοτομούν και να εφευρίσκουν.
- Οι εκπαιδευτικοί STEM πρέπει να χρησιμοποιούν μάθηση βασισμένη σε προβλήματα και εργασίες με ένα σύνολο συγκεκριμένων μαθησιακών αποτελεσμάτων για την υποστήριξη της μάθησης των μαθητών.
- Οι εκπαιδευτικοί STEM πρέπει να δημιουργούν ουσιαστικές ευκαιρίες μάθησης υπό την προϋπόθεση ότι η μάθηση του γνωστικού περιεχομένου επιτυγχάνεται με τη χρήση εφαρμοσμένης και συνεργατικής μάθησης.
- Οι εκπαιδευτικοί STEM πρέπει να απαιτούν από τους μαθητές να αποδεικνύουν την κατανόηση αυτών των μαθημάτων σε ένα περιβάλλον που μοντελοποιεί περιβάλλοντα του πραγματικού κόσμου για μάθηση και εργασία.
- Οι εκπαιδευτικοί STEM πρέπει να παρέχουν στους μαθητές διεπιστημονικές, πολυπολιτισμικές και πολυδιάστατες απόψεις για να καταδείξουν πώς το STEM ξεπερνά τα εθνικά σύνορα παρέχοντας στους μαθητές μια παγκόσμια προοπτική που συνδέει τους μαθητές με μια ευρύτερη κοινότητα STEM και το εργατικό δυναμικό.

Τα υψηλής ποιότητας εκπαιδευτικά προγράμματα STEM παρέχουν στους εκπαιδευτικούς ευκαιρίες να συνεργαστούν μεταξύ τους σε ενιαίες προσπάθειες με στόχο την ενσωμάτωση των τεσσάρων γνωστικών αντικειμένων σε ένα συνεκτικό μέσο διδασκαλίας και μάθησης. Όταν επιτυγχάνεται αυτός ο στόχος, οι μαθητές αποκτούν πρόσβαση σε ουσιαστικές ευκαιρίες διδασκαλίας που προάγουν τις δεξιότητες κριτικής σκέψης που μπορούν να εφαρμοστούν τόσο στην ακαδημαϊκή όσο και στην καθημερινή τους ζωή.

Η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM μπορεί να παρακινήσει τους μαθητές να σταδιοδρομήσουν σε τομείς STEM και μπορεί να βελτιώσει το ενδιαφέρον και τις επιδόσεις τους στα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες. Η αποτελεσματική εκπαίδευση STEM είναι ζωτικής

σημασίας για τη μελλοντική επιτυχία των μαθητών. Η προετοιμασία και η υποστήριξη των εκπαιδευτικών της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM είναι απαραίτητη για την επίτευξη αυτών των στόχων. Η μελλοντική έρευνα μπορεί να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη υλικών προγραμμάτων σπουδών και διδακτικών μοντέλων για την ενσωμάτωση STEM, στις συνδέσεις μεταξύ των προγραμμάτων εκπαίδευσης εκπαιδευτικών για την ενσωμάτωση και των επακόλουθων διδακτικών πρακτικών των εκπαιδευτικών στην τάξη, καθώς επίσης και στους τρόπους με τους οποίους οι εκπαιδευτικοί βλέπουν την ενσωμάτωση STEM (Stohlmann et al, 2012).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ STEM

### 6.1 Εισαγωγή

Η καλύτερη απόδειξη της αποτελεσματικότητας που μπορεί να έχει η εκπαίδευση STEM φαίνεται από την πρακτική εφαρμογή της στην τάξη. Οι μαθητές που συμμετείχαν στον παρακάτω κύκλο μαθημάτων κλήθηκαν να εφαρμόσουν τις αρχές της Εφαρμοσμένης Μηχανικής για την κατασκευή ενός οχήματος 4x4. Τα πλάνα προήλθαν από το STEM for YOUTH του Ευγενιδείου Ιδρύματος και εφαρμόστηκαν με παραλλαγές. Χρησιμοποιήθηκαν κυρίως 3 μέθοδοι διδασκαλίας, ο καταγισμός ιδεών, η ομαδοσυνεργατική μέθοδος και η διάλεξη.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε κυρίως στα κάτωθι μαθήματα ήταν η ομαδοσυνεργατική. Τα πλεονεκτήματά της για τους μαθητές είναι πολλαπλά καθώς δίνει έμφαση στο ρόλο της ομάδας και αποδυναμώνει το ρόλο του εκπαιδευτικού. Οι πρωτοβουλίες και η εκτέλεση των δραστηριοτήτων γίνεται από τους μαθητές – μέλη της ομάδας. Ο εκπαιδευτικός είναι καθοδηγητής και εμπυχωτής της όλης προσπάθειας. Η νέα γνώση κατακτιέται μέσω της συνεργασίας και αλληλοβοήθειας των μαθητών. Η δυναμική που αναπτύσσει η ομάδα οδηγεί τα μέλη της να αναπτύξουν συλλογικές μορφές σκέψης και δράσης που κανένα από τα μέλη δεν θα μπορούσε ατομικά, εκτός ομάδας να αναπτύξει. Μέσα από την ομαδοσυνεργατική μέθοδο, με την διακριτική καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, οι μαθητές μπορούν να οδηγηθούν στην επιστημονική αλήθεια, η οποία είναι αδιαμφισβήτητη, με τη μέθοδο της ανακάλυψης (Γαϊτάνης et al, 2018). Σύμφωνα με τον Μασαγγούρα (2008) τα πλεονεκτήματα της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας είναι τα εξής:

- Όλοι οι μαθητές συμμετέχουν ενεργητικά.
- Οι μαθητές εκφράζουν ελεύθερα τη γνώμη τους στην ομάδα, ενώ μπορεί να δίσταζαν προηγουμένως μπροστά σε ολόκληρη την τάξη
- Δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να μην είναι καθηλωμένοι στα θρανία τους.
- Συμβάλλει στην ανάπτυξη των κοινωνικών σχέσεων των μαθητών.
- Ο εκπαιδευτικός αυτενεργεί
- Ενδυναμώνει το ενδιαφέρον των μαθητών για το συγκεκριμένο διδακτικό αντικείμενο.
- Αυξάνει τη διάθεση και την ικανότητα των ομάδων να παρουσιάζουν τις προσωπικές τους απόψεις και τα συμπεράσματά τους
- Οι μαθητές μαθαίνουν ο ένας από τον άλλο.
- Αναπτύσσουν κριτική σκέψη.
- Βελτιώνεται ο προφορικός λόγος των μαθητών και εξοικειώνονται στη δημόσια παρουσίαση.
- Οι διαφορετικές απόψεις στο εσωτερικό των ομάδων αποτελούν πηγή μάθησης.
- Οι χαμηλού ακαδημαϊκού επιπέδου μαθητές δραστηριοποιούνται από τις απόψεις και τη δραστηριότητα των μαθητών που έχουν καλύτερη επίδοση.
- Προάγεται η συνεργατική ικανότητα.
- Εξασκεί τη δημοκρατική συμπεριφορά.
- Εξασφαλίζει θετικές εμπειρίες από την κοινωνική ζωή.
- Αυξάνει το σεβασμό των μαθητών για όλους τους συμμαθητές τους.
- Συμβάλλει στην αποδοχή των μειονοτικών μαθητών.
- Καλλιεργεί την πρωτοβουλία
- Συμβάλλει στην ανάπτυξη της θετικής αυτοαντίληψης.
- Μειώνει το άγχος που έχουν οι μαθητές για το σχολείο.
- Δραστηριοποιεί όλους τους μαθητές, ακόμη και τους συνεσταλμένους.
- Μαθαίνει στους μαθητές το διάλογο και το σεβασμό των απόψεων των άλλων.

Εκτός από την ομαδοσυνεργατική μέθοδο διδασκαλίας, χρησιμοποιήθηκε και η διάλεξη, σε σημεία που ήταν απαραίτητο ο καθηγητής να παρουσιάσει πτυχές του θεωρητικού υποβάθρου που για λόγους δυσκολίας και χρονικών περιορισμών η χρήση οποιασδήποτε άλλης μορφής διδασκαλίας ήταν απαγορευτική. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε και η μέθοδος του καταιγισμού ιδεών (brainstorming) για να προκαλέσει το ενδιαφέρον των μαθητών και την ενεργητική εμπλοκή των μαθητών πριν αρχίσει η υλοποίηση του σεναρίου αλλά και κατά τη διάρκειά του. Τα κύρια πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι προκαλεί έντονο διάλογο και συζήτηση, ενώ ενισχύει την αυτοεκτίμηση των μαθητών και την παραγωγή επιχειρημάτων στο διάλογο με αποτέλεσμα η κριτική σκέψη να έρχεται στο προσκήνιο και η γνώση να γίνεται συλλογικό προϊόν (Γαϊτάνης et al, 2018).

Παράλληλα, τόσο για τον σχεδιασμό των μαθημάτων, όσο και κατά τη διάρκειά τους, χρησιμοποιήθηκαν και ιστοσελίδες με εκπαιδευτικό υλικό για την εκπαίδευση STEM που είναι διαθέσιμο στους εκπαιδευτικούς και τους παρέχουν αξιόπιστα πρότυπα που διευκολύνουν τη δημιουργία των μαθημάτων τους. Για τις συγκεκριμένες διδακτικές ενότητες χρησιμοποιήθηκαν κυρίως τα:

- <https://www.edtechupdate.com/google/stem/>
- <https://learn.microsoft.com/en-us/training/educator-center/instructor-materials/hacking-stem>
- <https://www.stem.org.uk>

Χρήσιμες επίσης για τους εκπαιδευτικούς μπορούν να είναι επίσης και οι εξής ιστοσελίδες:

- <http://www.us-satellite.net/endeavor/courses.cfm>
- <http://www.nasa.gov/audience/foreducators/k-4/index.html>
- <http://www.us-satellite.net/endeavor/index.cfm>
- <http://www.eeweek.org/>
- <http://www.uni.edu/coe/special-programs/regents-center-earlydevelopmental-education/ceestem>
- <http://www.wheelock.edu/Documents/News/Foundation%20for%20the%20Future%20Report.pdf>
- <http://www.redleafpress.org/Teaching-STEM-In-The-Early-Years-P785.aspx>
- <http://eu.ixl.com/>
- <http://www.nsf.gov/nsb/sei/edTool/edTool.html>
- <http://www.bostonchildrensmuseum.org/sites/default/files/pdfs/STEMGuide.pdf>
- [http://www.wolftrap.org/Education/Institute\\_for\\_Early\\_Learning\\_Through\\_the\\_Arts/STEM\\_and\\_the\\_Arts.aspx](http://www.wolftrap.org/Education/Institute_for_Early_Learning_Through_the_Arts/STEM_and_the_Arts.aspx)



## ΠΛΑΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ

Τα πλάνα μαθημάτων προέρχονται από το STEM for YOUTH του Ευγενιδείου Ιδρύματος και έχουν γίνει παραλλαγές ώστε να εφαρμοστούν στη σχολική τάξη για την δημιουργία ενός οχήματος 4Χ4.

### **Διδακτική Ενότητα 1 - Τι είναι η εφαρμοσμένη μηχανική;**

Διάρκεια: 40 λεπτά

Στόχοι: Κατά τη διάρκεια αυτής της δραστηριότητα οι μαθητές θα:

- ανακαλύψουν τις διαφορές μεταξύ της εφαρμοσμένης μηχανικής και της τεχνολογίας
- συσχετίσουν πράγματα, δραστηριότητες ή άλλους όρους με την εφαρμοσμένη μηχανική και την τεχνολογία
- εξοικειωθούν με διάφορους τομείς της εφαρμοσμένης μηχανικής

#### Γενικό πλαίσιο

Η πρώτη δραστηριότητα έχει ως στόχο να εισάγει τους μαθητές και να αποσαφηνίσει στις έννοιες της εφαρμοσμένης μηχανικής και τεχνολογίας καθώς και να διορθώσει τις πιθανώς εσφαλμένες αντιλήψεις που ίσως έχουν σχετικά με τον τομέα της εφαρμοσμένης μηχανικής ή το έργο ενός μηχανικού. Με αυτόν τον τρόπο, θα καταστεί κατανοητό ότι τα τεχνητά αντικείμενα σχεδιάζονται για έναν σκοπό και ότι η τεχνολογία αναφέρεται σε οποιοδήποτε αντικείμενο, σύστημα ή διαδικασία που έχει σχεδιαστεί, κατασκευαστεί, τροποποιηθεί, για να επιλύσει ένα πρόβλημα ή να ικανοποιήσει μία συγκεκριμένη ανάγκη. Τέλος, σε αυτήν την πρώτη δραστηριότητα, οι μαθητές εξοικειώνονται με τη διαδικασία που ακολουθούν οι μηχανικοί, ώστε να βρουν λύσεις στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν καθώς χωρίζονται σε ομάδες και προσπαθούν να επιλύσουν ένα απλό πρόβλημα, ακολουθώντας την ίδια διαδικασία που θα ακολουθούσε ένας μηχανικός.

#### Εργασία σε μικρές ομάδες

Ο εκπαιδευτικός χωρίζει τους μαθητές σε ομάδες 3-4 ατόμων, κατά προτίμηση μικτές ως προς το φύλο και τις δεξιότητες. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι ομάδες θα πρέπει να παραμείνουν ίδιες καθ' όλη τη διάρκεια της δραστηριότητας. Η κάθε ομάδα καλείται να συζητήσει και να ερμηνεύσει τις έννοιες της εφαρμοσμένης μηχανικής και της τεχνολογίας και να προσπαθήσει να συσχετίσει πράγματα, δραστηριότητες ή άλλους όρους με αυτές τις έννοιες. Έπειτα, οι μαθητές απαντούν στις ακόλουθες ερωτήσεις και καταγράφουν τις απαντήσεις τους:

1. Τι είναι η εφαρμοσμένη μηχανική;
2. Ποιο είναι το έργο ενός μηχανικού;
3. Μπορείτε να δώσετε κάποια καθημερινά παραδείγματα εφαρμοσμένης μηχανικής και τεχνολογίας;
4. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ εφαρμοσμένης μηχανικής και τεχνολογίας;

Ο εκπαιδευτικός συγκεντρώνει τις απαντήσεις της κάθε ομάδας στον πίνακα και συζητά μαζί τους για την εφαρμοσμένη μηχανική και την τεχνολογία. Στην συνέχεια ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τα βήματα της Διαδικασίας Σχεδιασμού της Εφαρμοσμένης Μηχανικής (EDP)

#### 1. Προσδιορισμός του προβλήματος

Πρώτα θέτουμε τα κρίσιμα ερωτήματα σχετικά με το πρόβλημα και με το τι θέλουμε να δημιουργήσουμε. Αυτά τα ερωτήματα συμπεριλαμβάνουν:

- Ποιο είναι το πρόβλημα;
- Ορίστε το πρόβλημα με συγκεκριμένους όρους. Να είστε όσο πιο ακριβείς μπορείτε.
- Ποια είναι τα διαθέσιμα υλικά;

- Τι πρέπει να γνωρίζουμε όσον αφορά τις επιστημονικές αρχές που διέπουν το πρόβλημα;
- Ποιοι είναι οι περιορισμοί του προβλήματος (προϋπολογισμός, χρόνος, κλπ.);
- Ποια είναι τα κριτήρια που πρέπει να πληρούνται για να είναι η λύση αποδεκτή;

## 2. Διαίρεση του προβλήματος σε υπο-προβλήματα

Συνήθως τα μεγάλα προβλήματα αποτελούνται από μία σειρά υπο- προβλημάτων.

Αναλύουμε το πρόβλημα σε μικρότερα προβλήματα.

- Είναι απλή η λύση του κύριου προβλήματος;
- Αποτελείται το κύριο πρόβλημα από μικρότερα και απλούστερα προβλήματα;
- Οι μηχανικοί δεν επιχειρούν να προγραμματίσουν εξ ολοκλήρου τον σχεδιασμό. Τα μεγάλα έργα έχουν πολλές άγνωστες μεταβλητές που μπορεί να επηρεάσουν ολόκληρο τον προγραμματισμό.
- Οι μηχανικοί θέτουν μικρότερους στόχους. Αντί να προσπαθούν να προγραμματίσουν τα πάντα από την αρχή, κάνουν το πρώτο προφανές βήμα και μετά προχωρούν στο επόμενο.

## 3. Διερεύνηση της επιστήμης

Μετά τη διαίρεση του κύριου προβλήματος στα υπο-προβλήματα που το συνθέτουν, διερευνούμε τις επιστημονικές αρχές που διέπουν κάθε υπο-πρόβλημα. Το θεμελιώδες επιστημονικό πλαίσιο είναι απαραίτητο για την επίλυση των επιμέρους υπο-προβλημάτων και το σχεδιασμό της βέλτιστης λύσης.

- Ποιες περιοχές της επιστήμης καλύπτουν το σχέδιό μου;
- Ποιες είναι οι επιστημονικές αρχές που διέπουν κάθε επιμέρους υπο-πρόβλημα;
- Ερευνήστε το θεωρητικό πλαίσιο
- Εκτελέστε πειράματα-δοκιμές για να κατανοήσετε τις εφαρμογές της θεωρίας.

## 4. Επίλυση των υπο-προβλημάτων

Φανταζόμαστε και προτείνουμε ιδέες, εξετάζοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε πιθανής λύσης. Αξιολογούμε όλες τις λύσεις, για να εντοπίσουμε τη βέλτιστη.

- Σχεδιάστε: Σχεδιάστε προσεκτικά και με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη λεπτομέρεια την εφαρμογή της λύσης που επιλέχθηκε. Σχεδιάστε ένα διάγραμμα της λύσης και φτιάξτε έναν κατάλογο των υλικών που χρειάζεστε.
- Κατασκευάστε: Ακολουθήστε το σχέδιό σας και αναπτύξτε τη λύση σας για το κάθε ένα από τα υπο-προβλήματα.
- Δοκιμάστε: Δοκιμάστε εάν οι λύσεις των υπο-προβλημάτων είναι συμβατές μεταξύ τους.
- Βελτιώστε: Κάντε τις απαραίτητες διορθώσεις και βελτιώσεις.

## 5. Συνδυασμός των υπο-λύσεων, δοκιμή και βελτίωση

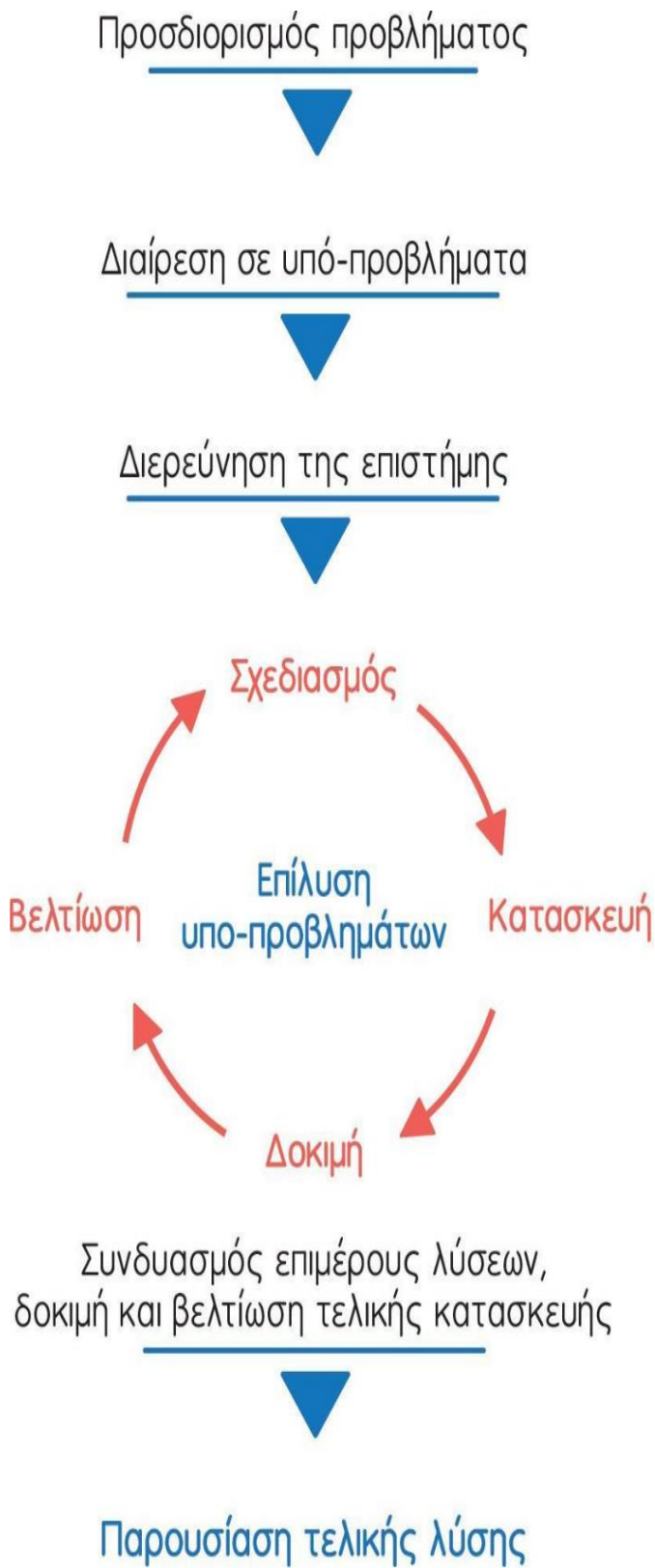
Συνδυάζουμε τα διαφορετικά εξαρτήματα που θα μας παρέχουν την τελική, ολοκληρωμένη λύση στο κύριο πρόβλημα. Δοκιμάζουμε και, εάν χρειαστεί, βελτιώνουμε το τελικό μας σχέδιο.

- Λειτουργεί;
- Επιλύει την ανάγκη;
- Το τελικό σχέδιο πληροί τα κριτήρια που τέθηκαν;
- Αναλύστε και συζητήστε σχετικά με το τι λειτουργεί, τι δε λειτουργεί και τι θα μπορούσε να βελτιωθεί.
- Συζητήστε πώς μπορείτε να βελτιώσετε την λύση σας.

## 6. Παρουσίαση της τελικής λύσης

Επανεξετάζουμε, αξιολογούμε το έργο μας και παρουσιάζουμε την τελική σας λύση μπροστά σε κοινό.

Τέλος ο εκπαιδευτικός ανταλλάσσει απόψεις με τους μαθητές γύρω από τα επιμέρους βήματα.



Θεωρητικό ΥπόβαθροΤι είναι η εφαρμοσμένη μηχανική:

Η λέξη εφαρμοσμένη μηχανική (engineering) είναι λατινικής προέλευσης προέρχεται από το «ingeniere», το οποίο σημαίνει «σχεδιάζω ή επινοώ». Η εφαρμοσμένη μηχανική είναι η εφαρμογή της επιστημονικής γνώσης, όπως οι φυσικές επιστήμες, τα μαθηματικά, οι οικονομικές και κοινωνικές επιστήμες, της πρακτικής γνώσης και των εμπειρικών στοιχείων με σκοπό την επίλυση καθημερινών προβλημάτων. Πιο συγκεκριμένα, ο σκοπός της εφαρμοσμένης μηχανικής είναι η επινοήση, η καινοτομία, ο σχεδιασμός, η κατασκευή, η έρευνα και η βελτίωση δομών, μηχανών, εργαλείων, συστημάτων, εξαρτημάτων, υλικών, διαδικασιών και οργανώσεων υπό ειδικούς περιορισμούς. Ο τομέας της εφαρμοσμένης μηχανικής είναι πολύ ευρύς και περιλαμβάνει ένα μεγάλο φάσμα πιο εξειδικευμένων πεδίων όπως:

- Γεωργική Μηχανική
- Αρχιτεκτονική Μηχανική
- Βιοχημική Μηχανική
- Βιολογική Μηχανική
- Βιοϊατρική Μηχανική
- Χημική Μηχανική
- Επιστήμη Πολιτικού Μηχανικού
- Μηχανική Ηλεκτρονικών Υπολογιστών
- Ηλεκτρολογία
- Μηχανική Περιβάλλοντος
- Μηχανική Γεωεπιστημών
- Βιομηχανική Μηχανική
- Ναυτική Μηχανική
- Μηχανική Υλικών
- Μηχανολογία
- Μηχανική Μεταλλουργίας
- Θαλάσσια Μηχανική
- Μηχανική Πετρελαίου

Ποιο είναι το έργο ενός μηχανικού:

Οι μηχανικοί εντοπίζουν ένα πρόβλημα και βρίσκουν μία λύση, συχνά δημιουργώντας ένα τελείως νέο προϊόν.

Τομείς Εφαρμοσμένης Μηχανικής

- **Αεροδιαστημική μηχανική:** ο τομέας της εφαρμοσμένης μηχανικής που ασχολείται με την ανάπτυξη αεροσκαφών και διαστημικών σκαφών όπως τα αεροσκάφη, ελικόπτερα, διαστημικά οχήματα και συστήματα εκτόξευσης.
- **Αρχιτεκτονική Μηχανική:** Οι αρχιτέκτονες μηχανικοί χρησιμοποιούν τις αρχές της εφαρμοσμένης μηχανικής στην κατασκευή, μελέτη και στον σχεδιασμό κτιρίων και άλλων δομών και εργάζονται σε διάφορους τομείς, όπως η κατασκευαστική αρτιότητα κτιρίων, ο σχεδιασμός και η ανάλυση του φωτισμού, της θέρμανσης και του αερισμού των κτιρίων καθώς και θέματα εξοικονόμησης ενέργειας.
- **Βιολογική μηχανική (βιο-μηχανική):** ο τομέας που εφαρμόζει έννοιες και μεθόδους της βιολογίας, της φυσικής, της χημείας, των μαθηματικών και της πληροφορικής για την επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με τις βιοεπιστήμες. Γενικά, οι βιοτεχνολόγοι προσπαθούν να αντιγράψουν τα βιολογικά συστήματα, για να δημιουργήσουν προϊόντα ή να τροποποιήσουν και να ελέγξουν τα βιολογικά συστήματα.
- **Χημική μηχανική:** ο τομέας της εφαρμοσμένης μηχανικής που εφαρμόζει φυσική, χημεία, μικροβιολογία και βιοχημεία μαζί με εφαρμοσμένα μαθηματικά και οικονομία, ώστε να μεταμορφώσει, να μεταφέρει και να χρησιμοποιήσει χημικά, υλικά και ενέργεια. Παραδοσιακά, η χημική μηχανική συνδέθηκε με την καύση καυσίμου και τα ενεργειακά συστήματα, αλλά σήμερα οι χημικοί μηχανικοί εργάζονται στην ιατρική, στη βιοτεχνολογία, στη μικροηλεκτρονική, στα

υλικά προηγμένης τεχνολογίας, στην ενέργεια και στη νανοτεχνολογία.

- **Επιστήμη πολιτικού μηχανικού:** Η επιστήμη του πολιτικού μηχανικού είναι πιθανότατα η παλαιότερη επιστήμη εφαρμοσμένης μηχανικής που ασχολείται με τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τη συντήρηση κατασκευών, όπως δρόμοι, γέφυρες, φράγματα, κτίρια και σήραγγες.
- **Μηχανική ηλεκτρονικών υπολογιστών:** η επιστήμη που αναπτύσσει συστήματα υλισμικού (hardware), λογισμικού (software), συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών και άλλες τεχνολογικές συσκευές. Οι μηχανικοί ηλεκτρονικών υπολογιστών ενσωματώνουν υπολογιστές σε άλλα μηχανήματα και συστήματα, δημιουργούν δίκτυα για μεταφορά δεδομένων και αναπτύσσουν τρόπους για να κάνουν τους υπολογιστές πιο γρήγορους και μικρότερους σε μέγεθος. Επιπλέον, εξειδικεύονται σε διάφορους τομείς, όπως ο σχεδιασμός λογισμικού και ο προγραμματισμός, και εκπαιδεύονται στον σχεδιασμό λογισμικού και στην εκτέλεση και ενσωμάτωση του λογισμικού με δομικά στοιχεία υλισμικού.
- **Ηλεκτρολογία:** ο τομέας της εφαρμοσμένης μηχανικής που ασχολείται με τη μελέτη και την εφαρμογή του ηλεκτρισμού, της ηλεκτρονικής και του ηλεκτρομαγνητισμού. Οι ηλεκτρολόγοι μηχανικοί επινοούν, σχεδιάζουν και αναπτύσσουν κυκλώματα, συσκευές, αλγόριθμους, συστήματα και εξαρτήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση, την ανάλυση και την επικοινωνία δεδομένων.
- **Μηχανική υλικών:** Η μηχανική υλικών ενσωματώνει φυσική, χημεία, μαθηματικά και εφαρμοσμένη μηχανική για την ανάπτυξη, επεξεργασία και έλεγχο υλικό να δημιουργηθεί ένα ευρύ φάσμα προϊόντων, όπως ολοκληρωμένα κυκλώματα (chip) ηλεκτρονικών υπολογιστών και ιατρικές συσκευές. Οι μηχανικοί υλικών μελετούν τις ιδιότητες και τις δομές μετάλλων, κεραμικών, πλαστικών, νανοϋλικών και άλλων υλικών, για να δημιουργήσουν νέα που πληρούν συγκεκριμένες μηχανικές, ηλεκτρικές ή χημικές ανάγκες.
- **Μηχανολογία:** η επιστήμη της εφαρμοσμένης μηχανικής η οποία χρησιμοποιεί τις αρχές της εφαρμοσμένης μηχανικής, της φυσικής και των μαθηματικών για τον σχεδιασμό, την ανάλυση, την κατασκευή και τη συντήρηση μηχανικών συστημάτων.
- **Θαλάσσια (Ναυτική) μηχανική:** ο κλάδος της εφαρμοσμένης μηχανικής που ασχολείται με τον σχεδιασμό και τις λειτουργίες τεχνητών συστημάτων στον ωκεανό και άλλα θαλάσσια περιβάλλοντα. Ένας ιδανικός θαλάσσιος μηχανικός πρέπει να επιτύχει έναν κατάλληλο συνδυασμό μεταξύ του θαλάσσιου οικοσυστήματος και των τεχνικών έργων.
- **Ρομποτική:** ο διεπιστημονικός κλάδος της εφαρμοσμένης μηχανικής και της επιστήμης που ασχολείται με τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τον προγραμματισμό, τον έλεγχο, τη λειτουργία και τη χρήση ρομπότ. Τα ρομπότ χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν:
  - ▶ Βιομηχανικά ρομπότ – αναλαμβάνουν εργασία που είναι δύσκολη και επικίνδυνη για τον άνθρωπο (π.χ. συγκολλήσεις, τρόχισμα, αμμοβολή, στίλβωση και λείανση, κτλ).
  - ▶ Ιατρικά ρομπότ – χρησιμοποιούνται σε ιατρικά και φαρμακευτικά ιδρύματα, όπως χειρουργικά ρομπότ και ρομπότ αποκατάστασης.
  - ▶ Οικιακά ρομπότ ή ρομπότ οικιακής χρήσης – Αυτοί οι τύποι ρομπότ χρησιμοποιούνται στο σπίτι και αποτελούνται από ρομποτικές συσκευές καθαρισμού πισίνας ή ρομποτικές ηλεκτρικές σκούπες.
  - ▶ Στρατιωτικά ρομπότ – Αυτοί οι τύποι ρομπότ χρησιμοποιούνται για επιθετικούς ή αμυντικούς σκοπούς και περιλαμβάνουν ρομπότ ανίχνευσης εκρηκτικών μηχανισμών, αντιπυραυλικές ομπρέλες, κατασκοπευτικά ρομπότ, μη επανδρωμένα αεροσκάφη βομβιστικών επιθέσεων κτλ.
  - ▶ Διαστημικά ρομπότ – Ρομποτικές συσκευές που χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν, να ενισχύσουν ή να αντικαταστήσουν αστροναύτες που κάνουν δύσκολες ή μηχανικές εργασίες, όπως εξερεύνηση ή επισκευές σε επικίνδυνα περιβάλλοντα
  - ▶ Ρομπότ βαθιάς θάλασσας – Τα ρομπότ που έχουν μακροχρόνια παρουσία στην βαθιά θάλασσα και μεταφέρουν εξοπλισμό για τη μέτρηση διαφόρων παραμέτρων που ενδιαφέρουν τους επιστήμονες

#### Τεχνολογία και Εφαρμοσμένη Μηχανική

Η εφαρμοσμένη μηχανική και η τεχνολογία είναι όροι συνυφασμένοι στην κοινωνία. Η

εφαρμοσμένη μηχανική είναι τόσο ένας τομέας σπουδών όσο και εφαρμογή της επιστημονικής γνώσης για να δημιουργηθεί ή να παραχθεί κάτι. Από την άλλη πλευρά, η τεχνολογία είναι η συλλογή τεχνικών, δεξιοτήτων, μεθόδων και διαδικασιών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή προϊόντων ή υπηρεσιών ή στην επίτευξη στόχων, όπως η επιστημονική έρευνα.

#### Διαδικασία Σχεδιασμού της Εφαρμοσμένης Μηχανικής

Η Διαδικασία Σχεδιασμού της Εφαρμοσμένης Μηχανικής (EDP) είναι μία σειρά από βήματα που ακολουθούν οι μηχανικοί, όταν προσπαθούν να επιλύσουν ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζουν και αποτελεί μία μεθοδολογική προσέγγιση. Ωστόσο, δεν υπάρχει καμία διαδικασία σχεδιασμού η οποία να είναι καθολικά αποδεκτή. Γενικά, κάθε διαδικασία σχεδιασμού αρχίζει με τον προσδιορισμό του προβλήματος και των αναγκών του και καταλήγει σε μία προτεινόμενη λύση. Τα ενδιάμεσα βήματα, όμως, μπορεί να ποικίλλουν. Είναι πολύ σημαντικό να επισημανθεί ότι η Διαδικασία Σχεδιασμού της Εφαρμοσμένης Μηχανικής (EDP) δεν είναι μία γραμμική διαδικασία. Δεδομένου ότι τα προβλήματα εφαρμοσμένης μηχανικής μπορούν να έχουν πολυάριθμες σωστές απαντήσεις, η διαδικασία ίσως να απαιτεί μετάβαση σε προηγούμενο βήμα και επανάληψη. Η λύση σε ένα πρόβλημα εφαρμοσμένης μηχανικής υπόκειται συνήθως σε απρόβλεπτες επιπλοκές και αλλαγές καθώς εξελίσσεται.

## **Διδακτική Ενότητα 2 - Προσδιορισμός του προβλήματος**

**Διάρκεια:** 20 λεπτά

**Στόχοι:** Σε αυτήν τη δραστηριότητα οι μαθητές θα:

- γνωρίσουν το πρώτο βήμα της Διαδικασίας Σχεδιασμού της Εφαρμοσμένης Μηχανικής (EDP)
- εξοικειωθούν με τα υλικά και τα εργαλεία
- κατανοήσουν τον ρόλο των υλικών στον σχεδιασμό λύσης που αφορά το πρόβλημά τους Σε

### **Γενικό Πλαίσιο**

Σε αυτό το μάθημα ο εκπαιδευτικός θέτει το πρόβλημα της δημιουργίας ενός οχήματος 4x4 που πρέπει να αντιμετωπίσουν οι μαθητές. Η κάθε ομάδα θέτει ερωτήσεις για το πρόβλημα και συζητά με τον εκπαιδευτικό, αφενός για τα κριτήρια που πρέπει να πληροί η λύση τους και για τους περιορισμούς που έχουν, αφετέρου για τα υλικά που θεωρούν κατάλληλα για τη συγκεκριμένη πρόκληση. Στη συνέχεια, κάθε ομάδα προετοιμάζει μια τεχνική έκθεση του προβλήματος, δηλ. μια σύντομη περιγραφή των ζητημάτων που πρέπει να αντιμετωπιστούν από μια ομάδα επίλυσης προβλημάτων τα οποία θα πρέπει να παρουσιαστούν στην ομάδα πριν από την επίλυση του προβλήματος. Τέλος, παρέχονται στις ομάδες διαφορετικά είδη υλικών και εργαλείων, τα οποία περιεργάζονται, για να εξοικειωθούν καλύτερα με αυτά.

### **Εργασία σε ομάδες**

Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει σύντομα την Πρόκληση Εφαρμοσμένης Μηχανικής: Κάθε ομάδα πρέπει να κατασκευάσει ένα 4x4 όχημα ρομπότ και να το προγραμματίσει να αποφεύγει τα εμπόδια ενώ κινείται στον χώρο. Οι ομάδες παρακινούνται να θέσουν ερωτήσεις που αφορούν το πρόβλημα. Τα βασικά ερωτήματα που θα πρέπει να διερευνηθούν είναι τα εξής:

- Ποιο είναι το πρόβλημα ή η ανάγκη;
- Ποια είναι τα κριτήρια που πρέπει να πληροί η λύση τους;
- Ποιοι είναι οι περιορισμοί του προβλήματος;
- Ποια είναι τα διαθέσιμα υλικά, εργαλεία, πόροι, τεχνολογία;
- Ποιες είναι οι επιστημονικές αρχές που διέπουν το πρόβλημα;

Ο εκπαιδευτικός ζητάει από κάθε ομάδα να προετοιμάσει μια δήλωση προβλήματος που θα πρέπει να απαντά στα ακόλουθα ερωτήματα:

1. Ποιο είναι το πρόβλημα; Αυτό θα εξηγήσει γιατί είναι απαραίτητη η ομάδα.
2. Ποιος έχει το πρόβλημα ή ποιος είναι ο πελάτης; Αυτό θα εξηγήσει ποιος χρειάζεται τη λύση και ποιος θα αποφασίσει ότι το πρόβλημα έχει λυθεί.
3. Τι μορφή μπορεί να έχει η λύση; Ποιος είναι ο σκοπός και οι περιορισμοί (όσον αφορά το χρόνο, τα χρήματα, τους πόρους, τις τεχνολογίες) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση του προβλήματος;

Οι μαθητές ενημερώνονται για τους περιορισμούς και τα κριτήρια:

### **Περιορισμοί**

- Διαθέσιμα υλικά, τεχνολογίες
- Διαθέσιμα εργαλεία
- Διαθέσιμος χρόνος
- Το μέγεθος οχήματος ρομπότ
- Κόστος
- Θέματα Ασφαλείας

### **Κριτήρια**

- Το όχημα πρέπει να μπορεί να μετακινηθεί μπροστά-πίσω και αριστερά-δεξιά
- Το όχημα πρέπει να μπορεί να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του (να εκτελεί αξονική στροφή)
- Το όχημα πρέπει να μπορεί να αναγνωρίσει εμπόδια από απόσταση

- Το όχημα πρέπει να μπορεί να αποφύγει εμπόδια ενώ κινείται εντός μιας περιορισμένης περιοχής
- Το όχημα πρέπει να μπορεί να αναπτύσσει συγκεκριμένη ταχύτητα

Αφού προσδιοριστεί το πρόβλημα και τεθούν οι περιορισμοί και τα κριτήρια, παρέχετε στις ομάδες των μαθητών ένα kit ρομποτικού οχήματος και εργαλεία. Ο εκπαιδευτικός δίνει χρόνο στους μαθητές να εξοικειωθούν με όλα τα διαφορετικά εργαλεία και εξαρτήματα του kit και τους ζητά να προτείνουν πιθανές χρήσεις για τα εργαλεία και εξαρτήματα του kit.



**Διδακτική Ενότητα 3 – Διαίρεση σε υπο-προβλήματα**

Διάρκεια: 45 λεπτά

Στόχοι: Σε αυτήν τη δραστηριότητα οι μαθητές θα:

- διαιρέσουν το κύριο πρόβλημα σε απλούστερα προβλήματα
- οργανώσουν τους στόχους τους
- προγραμματίσουν την εργασία τους
- θέσουν χρονικά όρια και θα
- καταστρώσουν ένα πλάνο εργασίας

**Γενικό Πλαίσιο**

Σε αυτό το μάθημα, οι ομάδες των μαθητών προχωρούν στο δεύτερο βήμα της Διαδικασίας Σχεδιασμού της Εφαρμοσμένης Μηχανικής, δηλαδή στη διαίρεση του κύριου προβλήματος σε μικρότερα και ευκολότερα, ως προς την διαχείρισή τους, υπο-προβλήματα. Προσπαθούν, επίσης, να αντιστοιχίσουν τα υλικά με κάθε υπο-πρόβλημα. Οι ομάδες των μαθητών καταγράφουν και αιτιολογούν τις σκέψεις τους ενώ ο εκπαιδευτικός υπενθυμίζει τα κριτήρια και τους περιορισμούς που θα πρέπει να πληρούνται. Παράλληλα χωρίζονται σε ομάδες και αναλαμβάνουν ρόλους μέσα στην ομάδα.

**Εργασία σε ομάδες και συζήτηση σε ολόκληρη τάξη**

Ο εκπαιδευτικός εξηγεί ότι ένας εύκολος τρόπος για τη διαχείριση ενός μεγάλου έργου είναι να διαιρεθεί σε μικρότερα, τα οποία είναι πιο εύκολα στη διαχείριση και στην αντιμετώπισή τους. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να προτείνει κάποιες απλές κατευθυντήριες γραμμές που μπορούν να κάνουν πιο εύκολη τη διαδικασία της διαίρεσης του προβλήματος. Μετά από αυτό, οι ομάδες των μαθητών παρακινούνται να εντοπίσουν πιθανά υπο-προβλήματα.

**Κατευθυντήριες γραμμές**

- Μην επιχειρήσετε να σχεδιάσετε ολόκληρο το έργο αμέσως. Τα έργα έχουν πολλές άγνωστες μεταβλητές που μπορεί να επηρεάσουν ολόκληρο το σχεδιασμό.
- Θέστε μικρότερους στόχους. Αντί να προσπαθήσετε να σχεδιάσετε τα πάντα από την αρχή, σκεφτείτε το πρώτο βήμα και μετά προχωρήστε στο επόμενο.
- Μην διστάσετε την εκ νέου διαίρεση του προβλήματος. Εάν χρονοτριβείτε σε οποιοδήποτε από τα επιμέρους προβλήματα, μη διστάσετε να τα αναλύσετε σε μικρότερα.
- Θέστε χρονικά όρια. Συνήθως, όταν αντιμετωπίζουμε ένα σύνθετο πρόβλημα, εκτός από το ίδιο το πρόβλημα, πρέπει να αντιμετωπίσουμε χρονικούς περιορισμούς. Έτσι, για να είμαστε αποδοτικοί είναι απαραίτητο να διαχειριστούμε τον χρόνο μας όσο το δυνατόν καλύτερα.

**Διαίρεση προβλήματος σε υπο-προβλήματα**

Το κύριο πρόβλημα μπορεί να διαιρεθεί σε πέντε υπο-προβλήματα:

1. Έλεγχος των κινητήρων
2. Προγραμματισμός των κινητήρων
3. Εντοπισμός Εμποδίων (πώς λειτουργούν οι αισθητήρες)
4. Αποφυγή Εμποδίων
5. Συνδυασμός όλων των παραπάνω

### Ανάθεση ρόλων στην ομάδα

Η ανάθεση ρόλων σε κάθε ομάδα είναι απαραίτητη για τον καλύτερο συντονισμό και αποδοτικότητα της ομάδας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι μαθητές αναλαμβάνουν τους παρακάτω ρόλους:

#### **Αρχηγός Ομάδας**

Είναι υπεύθυνος για να καθοδηγήσει την ομάδα και να εξασφαλίζει ότι όλες οι εργασίες ολοκληρώνονται έγκαιρα. Ο αρχηγός της ομάδας θα πρέπει να συνεργάζεται με όλα τα μέλη της ομάδας του και να τους προσφέρει βοήθεια εάν χρειαστεί για όλο το φάσμα δραστηριοτήτων της ομάδας. Ο αρχηγός της ομάδας θα αναλάβει και τον ρόλο της οικονομικής διαχείρισης της ομάδας του, ελέγχοντας τα έξοδα και έσοδα της ομάδας του.

#### **Μηχανικός κατασκευής**

Είναι υπεύθυνος για να συμβουλεύει τα μέλη της ομάδας του σχετικά με τον τρόπο κατασκευής του 4x4 οχήματος, καθώς και για τους περιορισμούς ή τα εμπόδια κατασκευής που θα πρέπει να λάβουν υπόψη.

#### **Μηχανικός σχεδίασης**

Είναι υπεύθυνος για το σχεδιασμό, τη λειτουργία και τις δυνατότητες του 4x4 οχήματος. Ο μηχανικός σχεδίασης θα πρέπει να συνεργάζεται με τον μηχανικό κατασκευής για να βεβαιωθούν ότι όλες οι ιδέες της σχεδίασης μπορούν να υλοποιηθούν.

#### **Υπεύθυνος διαχείρισης πόρων**

Είναι υπεύθυνος για την οργάνωση του χρόνου και την εύρεση των απαραίτητων υλικών και εξαρτημάτων για τον σχεδιασμό και κατασκευή του 4x4 οχήματος της ομάδας του. Επίσης είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη ιδεών και προτάσεων σχετικά με την τελική παρουσίαση. Απαιτείται να συνεργάζεται με όλα τα υπόλοιπα μέλη, να ελέγχει ότι όλες οι εργασίες προχωρούν κανονικά και στην ώρα τους και να προσφέρει βοήθά εάν χρειαστεί.

### **Διδακτική Ενότητα 4 – Διερεύνηση της επιστήμης**

Διάρκεια: 90 λεπτά

Στόχοι: Σε αυτήν τη δραστηριότητα οι μαθητές θα:

- διερευνήσουν πώς λειτουργούν οι κινητήρες και πώς κινείται ένα 4x4 όχημα
- οργανώσουν και θα ταξινομήσουν τις παρατηρήσεις τους
- προβλέψουν και θα επαληθεύσουν αποτελέσματα

#### Γενικό Πλαίσιο

Ο σκοπός της δραστηριότητας αυτής είναι να εισάγει τους μαθητές στη διαδικασία διερεύνησης των αρχών της επιστήμης - μηχανικής που διέπουν το πρόβλημα. Οι ομάδες των μαθητών πειραματίζονται με έναν απλό κινητήρα που κατασκευάζουν μόνοι τους και με πραγματικούς κινητήρες που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν στο τελικό σχέδιο. Επιπλέον, οι ομάδες των μαθητών πειραματίζονται με την κίνηση ενός 4x4 οχήματος και διερευνούν τον τρόπο που αυτό το όχημα κινείται στον χώρο. Θέτουν ερευνητικές ερωτήσεις σχετικά με τις αρχές που διέπουν τη λειτουργία των κινητήρων και την κίνηση ενός οχήματος στο χώρο. Πειραματίζονται, κατασκευάζοντας τον δικό τους κινητήρα, χρησιμοποιώντας έτοιμους κινητήρες και ρυθμίζοντας την κατεύθυνση περιστροφής των κινητήρων, ώστε να επιτρέψουν στο όχημα να εκτελεί συγκεκριμένες κινήσεις.

Οι ομάδες των μαθητών καθοδηγούνται μέσω της διαδικασίας απόκτησης των γνώσεων που απαιτούνται για την επίλυση του προβλήματος. Τέλος, οι μαθητές οργανώνουν τις παρατηρήσεις/ απαντήσεις τους.

#### Εργασία σε ομάδες

Ο εκπαιδευτικός παρακινεί τους μαθητές να αρχίσουν να σκέφτονται σχετικά με τις επιστημονικές γνώσεις που πρέπει να γνωρίζουν και να αναζητούν ιδέες για το πώς μπορούν να εφαρμοστούν αυτές οι γνώσεις μέσω των πιθανών λύσεων στο πρόβλημα μηχανικής. Ο εκπαιδευτικός ενθαρρύνει τους μαθητές να αναζητήσουν ιδέες και να θέσουν ερωτήματα αναφορικά με την αρχιτεκτονική του ρομπότ, τη λειτουργία των κινητήρων και τις αρχές που διέπουν την πλοήγηση ενός ρομποτικού οχήματος.

Τα βασικά ερωτήματα, τα οποία είναι σημαντικά για την έρευνα και αποτελούν το επίκεντρο αυτής της δραστηριότητας, είναι:

- Ποια είναι τα βασικά εξαρτήματα ενός 4x4 οχήματος;
- Πώς τίθεται σε κίνηση ένα ρομποτικό όχημα;
- Πώς κινείται μπροστά και πίσω ένα 4x4 ρομποτικό όχημα;
- Πώς στρίβει δεξιά κι αριστερά ένα 4x4 ρομποτικό όχημα;
- Πώς εκτελεί αξονικές και ακτινικές στροφές ένα 4x4 ρομποτικό όχημα;

Ο εκπαιδευτικός συζητά με τις ομάδες τα βασικά εξαρτήματα ενός οχήματος, τη λειτουργία του καθενός και τον σκοπό που εξυπηρετεί. Επίσης παρέχει σε κάθε ομάδα μαθητών τα απαραίτητα υλικά για την κατασκευή ενός απλού κινητήρα, τους εξηγεί τη φυσική που διέπει τη λειτουργία των κινητήρων και ζητά από τους μαθητές να κατασκευάσουν τον κινητήρα και να πειραματιστούν με την πλοήγησή τους χρησιμοποιώντας διαφορετικούς συνδυασμούς μεταξύ των καλωδίων.

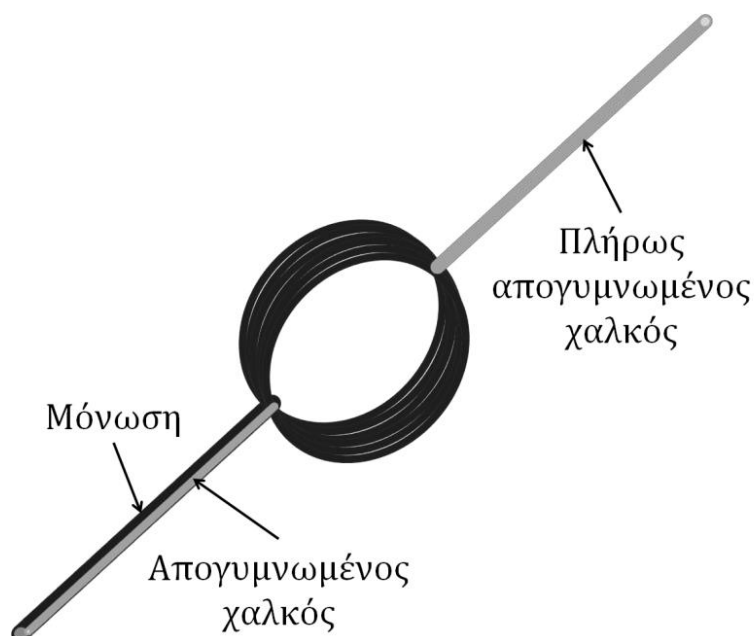
Οι ομάδες των μαθητών καλούνται να κατασκευάσουν ένα απλό ηλεκτρικό κινητήρα χρησιμοποιώντας απλά υλικά.

- 1,5 μέτρο μαγνητικό σύρμα (24 ή 25 πάχος, Radio Shack #278-1345)
- 2 μαγνητικοί δακτύλιοι
- 2 παραμάνες
- 1 μπαταρία τύπου D (Μην χρησιμοποιήσετε οποιαδήποτε μπαταρία άνω του 1,5 volt, θα οδηγήσει σε υπερθέρμανση του πηνίου)
- πλαστελίνη

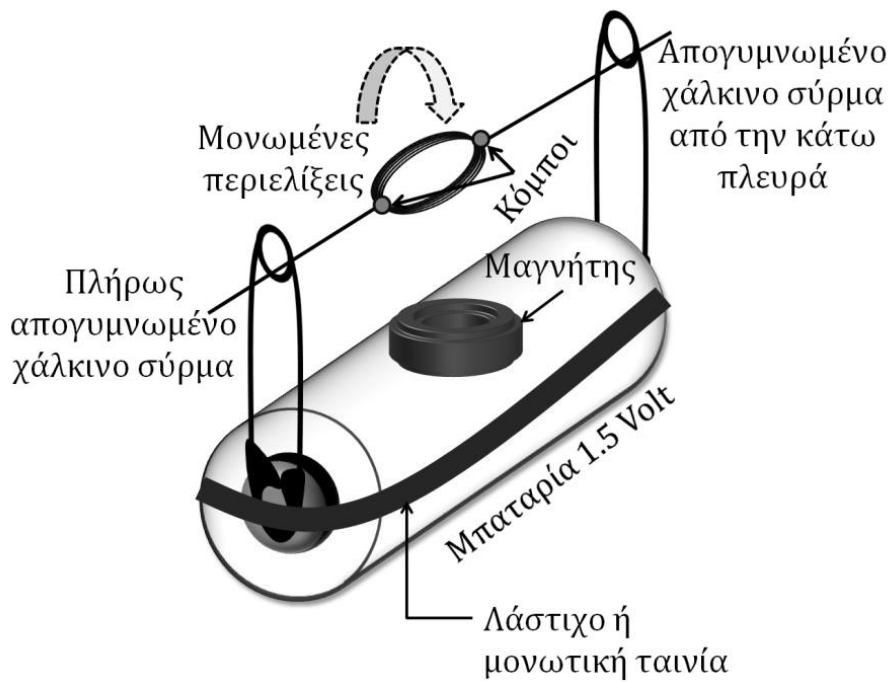
- μικρό κομμάτι γυαλόχαρτου
- μονωτική ταινία ή λαστιχάκι

Ακολουθούν τις παρακάτω οδηγίες:

- ▶ Τυλίξτε το μαγνητικό σύρμα γύρω από τη μπαταρία μέχρι να σχηματίσει έναν δακτύλιο. Το πηνίο θα πρέπει να έχει 10 – 15 περιελίξεις. Οι πολλές περιελίξεις θα κάνουν το πηνίο υπερβολικά βαρύ ενώ οι λίγες περιελίξεις θα δυσκολέψουν τη λειτουργία του κινητήρα.
- ▶ Αφήστε 6 cm από κάθε άκρο να προεξέχουν. Απομακρύνετε προσεκτικά από την μπαταρία το πηνίο.
- ▶ Τυλίξτε τα δύο ελεύθερα άκρα γύρω από το πηνίο τρεις φορές, για να το συγκρατήσουν. Θα πρέπει να έχετε 2 cm ευθύγραμμου σύρματος που προεξέχουν από κάθε άκρο του πηνίου.
- ▶ Κρατήστε τον βρόχο κάθετα τοποθετώντας τον αντίχειρά σας μέσα από το κέντρο του ρότορα.
- ▶ Τοποθετήστε μία από τις ευθύγραμμες πλευρές του σύρματος σε μία επίπεδη επιφάνεια και χρησιμοποιώντας μία λεπίδα απογυμνώστε ΜΟΝΟ την ΠΑΝΩ επιφάνεια του σύρματος και απογυμνώστε εντελώς το άλλο τμήμα του ευθύγραμμου σύρματος.



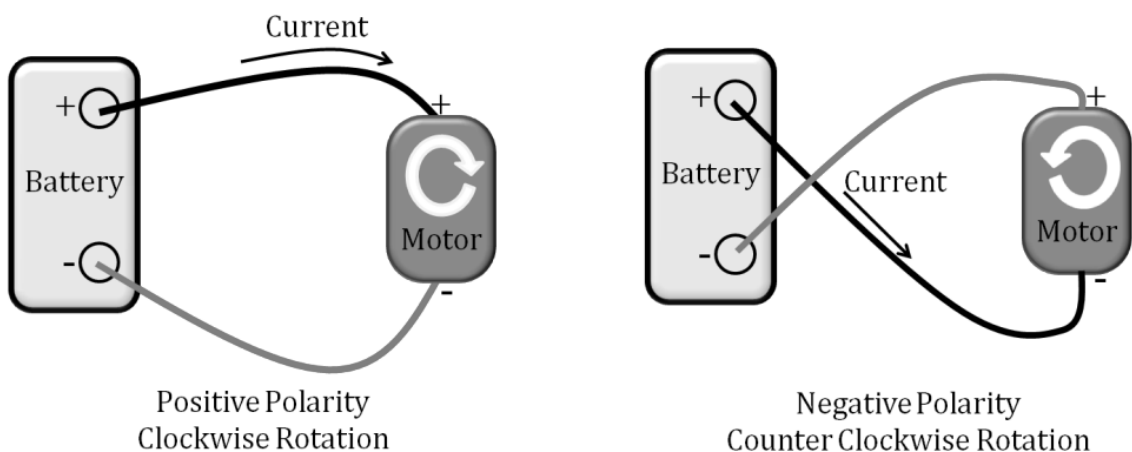
- ▶ Ζητήστε από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν το κολλητήρι για τη συγκόλληση των καλωδίων παροχής ρεύματος στους κινητήρες.
- ▶ Βάλτε τους μαθητές να πειραματιστούν με τους κινητήρες προτού προχωρήσουν στην κατασκευή του κυρίως σώματος.



► Παρέχετε σε κάθε ομάδα μαθητών δύο κροκοδειλάκια, έναν κινητήρα και μία μπαταρία (AA) 1,5 V.

► Ζητήστε τους να συνδέσουν τους ακροδέκτες του κινητήρα με τους πόλους της μπαταρίας.

- Ζητήστε τους να αντιστρέψουν την πολικότητα και καταγράψτε την παρατήρησή τους.
- Ζητήστε τους να σχεδιάσουν ένα απλό διάγραμμα συνδέσεων, το οποίο απεικονίζει πότε ο κινητήρας στρέφεται δεξιόστροφα και πότε αριστερόστροφα
- Προχωρήστε στην κατασκευή του ηλεκτρικού κυκλώματος που απαιτεί τη σύνδεση της παροχής ρεύματος με τους κινητήρες και τον διακόπτη on-off.



- Ζητήστε από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν το κολλητήρι, για να κολλήσουν το κόκκινο και το μαύρο καλώδιο στους ακροδέκτες των κινητήρων.
- Ζητήστε από τους μαθητές να συνδέσουν τον διακόπτη on-off με τη θήκη της μπαταρίας. Το κόκκινο καλώδιο (+) που προέρχεται από τη θήκη της μπαταρίας πρέπει να κοπεί σε δύο μέρη.

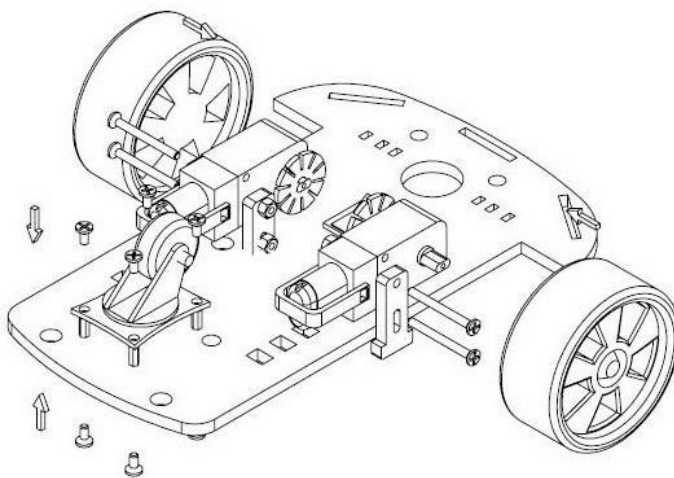
Το τμήμα που προέρχεται από τη θήκη συγκολλάται στο έναν ακροδέκτη του διακόπτη. Το ένα άκρο του εναπομείναντος κόκκινου καλωδίου συγκολλάται στον άλλο ακροδέκτη του διακόπτη.

► Μόλις κολλήσουμε τα καλώδια του κινητήρα και το κόκκινο καλώδιο της θήκης της μπαταρίας τοποθετηθεί στον διακόπτη, ζητήστε από τους κινητήρα μαθητές να περάσουν όλα τα καλώδια από τις οπές στο σασί, ώστε όλα να βρίσκονται στην επάνω πλευρά του σασί.

### Το κύκλωμα

Οι μαθητές έχουν ήδη σχεδιάσει ένα διάγραμμα, το οποίο εξηγεί τον τρόπο που μπορούν να ρυθμίσουν την κατεύθυνση περιστροφής ενός κινητήρα. Ζητήστε από τους μαθητές να απαντήσουν στις παρακάτω ερωτήσεις διευθετώντας τις διαφορετικές συνδέσεις μεταξύ των καλωδίων. Ζητήστε από τους μαθητές να προβλέψουν τι πιστεύουν ότι θα συμβεί πριν ξεκινήσουν τη δοκιμή.

- Πώς θα κινηθεί το όχημα εάν και οι δύο κινητήρες περιστρέφονται δεξιόστροφα;
- Πώς θα κινηθεί το όχημα εάν και οι δύο κινητήρες περιστρέφονται αριστερόστροφα;
- Πώς θα κινηθεί το όχημα εάν ο δεξιός κινητήρας περιστρέφεται δεξιόστροφα ενώ ο αριστερός κινητήρας περιστρέφεται αριστερόστροφα; Τι θα συμβεί εάν ισχύσει το αντίστροφο;
- Πώς θα συνδέσετε τα καλώδια, ώστε το όχημα να κινείται προς τα μπροστά;
- Πώς θα συνδέσετε τα καλώδια, ώστε το όχημα να κινείται προς τα πίσω;
- Πώς θα συνδέσετε τα καλώδια, ώστε το όχημα να περιστρέφεται γύρω από τον άξονα συμμετρίας (μπροστά και πίσω);
- Πώς θα συνδέσετε τα καλώδια, ώστε το όχημα να περιστρέφεται γύρω από τον δεξιό ή τον αριστερό τροχό (πίσω και μπροστά);



### Θεωρητικό Υπόβαθρο

**Τετρακίνηση** είναι η κατάσταση στην οποία ένα αυτοκίνητο, αντί ο κινητήρας του να δίνει κίνηση πχ στις δύο μπροστά ρόδες, δίνει και στις τέσσερις. Αλλιώς ονομάζεται 4x4. Ενδείκνυται για αμάξια που πηγαίνουν σε βουνά και γενικά σε ανώμαλα εδάφη, μιας και η τετρακίνηση το βοηθάει να μην "σκαλώνει" ή "βουλιάζει" σε χώματα, λιμνάζοντα νερά, κλπ.

### Πλεονεκτήματα αυτόματης τετρακίνησης

1. παρέχει στον οδηγό τετρακίνηση μόνο όταν πραγματικά τη χρειάζεται
2. εξοικονόμηση καύσιμου
3. μείωση των εκπομπών ρύπων
4. η κατανομή ακριβώς της ίδιας ροπής 50:50 σε όλους τους άξονες - τροχούς ανεξαρτήτως πρόσφυσης

### Μέρη του Οχήματος

**Πλαίσιο (σασί):** Στο πλαίσιο στηρίζονται όλα τα εξαρτήματα που αποτελούν το όχημα. Συνήθως το πλαίσιο διαθέτει πληθώρα οπών και εγκοπών για την τοποθέτηση των αισθητήρων, των κινητήρων, των ηλεκτρονικών πλακετών, των μπαταριών κ.λπ. Ταυτόχρονα, το σασί προσφέρει προστασία σε όλα τα υπόλοιπα μέρη του οχήματος.

**Σύστημα Κίνησης:** Το σύστημα αυτό καθορίζει τον τρόπο κίνησης του οχήματος, αφού του δίνει τη δυνατότητα να κινείται. Για αυτήν την εργασία το όχημα χρειάζεται ηλεκτρική ενέργεια, την οποία μετατρέπουν σε μηχανική κάποιες συσκευές που ονομάζονται επενεργητές. Ο πλέον γνωστός επενεργητής είναι ο κινητήρας συνεχούς ρεύματος.

Το **σύστημα διεύθυνσης** είναι ένα μοχλικό σύστημα συνδεδεμένο, χάρη σ' ένα σύμπλεγμα γραναζιών, με το τιμόνι. Έχει σαν σκοπό τη μεταφορά των κινήσεων του τιμονιού στους κατευθυντήριους τροχούς, δίνοντας μας μ' αυτό τον τρόπο τη δυνατότητα να επιλέξουμε τη διεύθυνση της κινήσεως του αυτοκινήτου.

**Κεντρικό διαφορικό:** Πιο εξελιγμένη, μηχανολογικά, λύση αποτελεί η προσθήκη ενός μεσαίου, τρίτου, διαφορικού που επιτρέπει την μόνιμη μετάδοση της κίνησης στους τέσσερις τροχούς. Χωρίς να παρουσιάζονται τα μειονεκτήματα των κατ' επιλογήν συστημάτων τετρακίνησης, το κεντρικό διαφορικό αναλαμβάνει την κατανομή της ροπής ανάμεσα στους δύο άξονες ανάλογα με την περιστροφική ταχύτητα των τροχών. Σε αρκετές περιπτώσεις, υπάρχει δυνατότητα κλειδώματος του κεντρικού διαφορικού και συνήθως πραγματοποιείται από κάποιον μοχλό ή διακόπτη.

Οι **κινητήρες Servo** είναι μικρές συσκευές που έχουν έναν εξωτερικό άξονα. Αυτός ο άξονας μπορεί να μετακινηθεί σε διάφορες θέσεις αν αποσταλεί ένα κωδικοποιημένο σήμα. Όσο υπάρχει αυτό το σήμα στην γραμμή εισόδου του Servo τόσο αυτός θα διατηρεί τον άξονά του σε συγκεκριμένη θέση. Όταν αλλάζει το σήμα προκαλεί στον Servo να μεταβάλλει την γωνία του άξονα. Σε πρακτικές εφαρμογές οι servos χρησιμοποιούνται σε τηλεχειριζόμενα αεροπλάνα, αυτοκίνητα και στην ρομποτική.

Η **ανάρτηση** αποτελεί ένα είδος ελαστικού συνδέσμου που διαχωρίζει τις αναρτημένες (όπως είναι το πλαίσιο, η μηχανή, οι επιβάτες, κτλ.) με τις μη αναρτημένες (οι τροχοί, οι δίσκοι πέδησης, οι άξονες του διαφορικού, κτλ.) μάζες ενός οχήματος. Κάθε σύστημα ανάρτησης αποτελείται από ένα σύνολο μηχανικών αρθρώσεων και συναρμογών, που συνεργάζονται με ελατήρια και αμορτισέρ και λειτουργούν για να ελέγξουν την κατακόρυφη ταλάντωση των τροχών και τη συνεπαγόμενη αυξομείωση της απόστασης τους από το αναρτημένο κυρίως σώμα του οχήματος. Η λειτουργία των αναρτήσεων αφορά αφενός την άνεση, δηλαδή την μείωση των ταλαντώσεων που φτάνουν στο αμάξωμα και στην καμπίνα των επιβατών, και αφετέρου την οδηγισιμότητα του οχήματος.

Ο **τροχός** είναι κυκλικού σχήματος κατασκευή που περιστρέφεται γύρω από άξονα. Ο νοητός άξονας περιστροφής θεωρείται ακίνητος, περνά από το κέντρο του και είναι κάθετος στο επίπεδο του τροχού. Ο πραγματικός άξονας θα έχει μία από τις ακόλουθες δύο διαρρυθμίσεις: ο τροχός θα είναι ελεύθερος να περιστραφεί γύρω από αυτόν ή ο τροχός θα είναι στέρεα συνδεδεμένος με αυτόν.

**Σύστημα Επενεργητή:** Οι επενεργητές είναι εξαρτήματα ή μηχανήματα που είναι υπεύθυνα για κίνηση ή για έλεγχο μηχανισμών ή συστημάτων. Ένας επενεργητής απαιτεί ένα σήμα ελέγχου και μια πηγή ενέργειας. Υπάρχουν διαφόρων ειδών επενεργητές, όπως ο υδραυλικός, ο επενεργητής πεπιεσμένου αέρα, ο ηλεκτρικός και ο μηχανικός.

**Σύστημα Αισθητήρων:** Οι αισθητήρες είναι οι φυσικές συσκευές που δίνουν τη δυνατότητα στα οχήματα να αντιληφθούν το φυσικό τους περιβάλλον, ούτως ώστε να λάβουν πληροφορίες σχετικά με τα ίδια και τον περιβάλλοντα χώρο. Γενικά, οι αισθητήρες είναι ηλεκτρονικά εξαρτήματα, ο σκοπός των οποίων είναι ο εντοπισμός συμβάντων ή αλλαγών στο περιβάλλον τους και η αποστολή πληροφοριών σε άλλα ηλεκτρονικά συστήματα, όπως σε ένα επεξεργαστή υπολογιστή. Υπάρχουν πολλών ειδών αισθητήρες, οι οποίοι μπορούν να μετρήσουν φυσικές παραμέτρους, όπως τη θερμοκρασία, τη θερμότητα, τα ραδιοκύματα, την υπέρυθη ακτινοβολία, το φως, τους υπερήχους, την επιτάχυνση και την γωνιακή ταχύτητα.

**Πηγή ενέργειας:** Το όχημα για να μπορεί να λειτουργήσει χρειάζεται ηλεκτρική ισχύ. Τα περισσότερα οχήματα λειτουργούν με ηλεκτρισμό.

**Μικροελεγκτής:** Ο μικροελεγκτής είναι μια υπολογιστική μονάδα, η οποία μπορεί να εκτελεί ένα πρόγραμμα (δηλ. μια ακολουθία εντολών) και αναφέρεται ως ο «εγκέφαλος» ενός ρομπότ, καθώς είναι υπεύθυνος για όλους τους υπολογισμούς, τη λήψη αποφάσεων και τις επικοινωνίες. Κάθε μικροελεγκτής διαθέτει μια σειρά από ακροδέκτες εισόδου/εξόδου, μέσω των οποίων μπορεί να αλληλεπιδρά με τον εξωτερικό κόσμο. Οι ακροδέκτες αυτοί ελέγχονται μέσω του κατάλληλου προγραμματισμού. Οι μικροελεγκτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο άλλων ηλεκτρικών συσκευών, όπως οι ενεργοποιητές, συσκευές αποθήκευσης, διεπαφές Wifi ή Bluetooth. Σε αντίθεση με τους μικροεπεξεργαστές ένας μικροελεγκτής δεν χρειάζεται περιφερειακές συσκευές, όπως εξωτερική RAM ή εξωτερικές συσκευές αποθήκευσης για να λειτουργήσει. Αυτό σημαίνει ότι, παρόλο που οι μικροελεγκτές μπορεί να είναι λιγότερο ισχυροί από τους αντίστοιχους Η/Υ, η ανάπτυξη δικτύων και προϊόντων με βάση τους μικροελεγκτές είναι πολύ απλούστερη και λιγότερο δαπανηρή, καθώς απαιτούνται πολύ λιγότερα επιπρόσθετα εξαρτήματα.

**Λειτουργία κινητήρα:** Όταν ένα σύρμα που μεταφέρει ρεύμα τοποθετείται στην περιοχή ενός μαγνητικού πεδίου, τότε ασκείται δύναμη στο σύρμα. Ο δακτυλιοειδής μαγνήτης δημιουργεί το μαγνητικό πεδίο. Οι γραμμές του μαγνητικού πεδίου ενός δακτυλιοειδή μαγνήτη. Καθώς το πηνίο στηρίζεται από τις παραμάνες, έτσι ώστε το επίπεδο του πηνίου να έχει κάθετο προσανατολισμό, τα πάνω και κάτω τμήματα του πηνίου συμπεριφέρονται ως ρευματοφόροι αγωγοί εντός μαγνητικού πεδίου. Η κατεύθυνση της δύναμης σε έναν ρευματοφόρο αγωγό που βρίσκεται εντός μαγνητικού πεδίου, και κατά συνέπεια η κατεύθυνση περιστροφής του κινητήρα, καθορίζεται από τον Κανόνα του Δεξιού Χεριού. Εφόσον στον βρόχο ασκούνται δύο δυνάμεις διαφορετικών κατευθύνσεων, με την πρώτη να ασκείται στην μία πλευρά του βρόχου και την άλλη στην αντίθετη πλευρά του βρόχου, τότε στον βρόχο ασκείται ροπή στρέψης και αυτός περιστρέφεται. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός των περιελίξεων τόσο μεγαλύτερη η ροπή στρέψης που ασκείται στο πηνίο. Αν το σύστημα αφηθεί ελεύθερο, ο ρότορας δεν θα έκανε ποτέ μία πλήρη περιστροφή. Στην πραγματικότητα, ο ρότορας θα ταλαντώνεται μπρος πίσω.

Αρχικά, ο ρότορας θα περιστραφεί 180 μοίρες προς τη μία πλευρά και μετά 180 μοίρες προς την άλλη πλευρά και ποτέ δε θα κάνει μία πλήρη περιστροφή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός κατά την περιστροφή του ρότορα κατά 180°, το ρεύμα αλλάζει φορά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στο ανώτατο σημείο του ρότορα να ασκείται μία δύναμη με κατεύθυνση προς το επίπεδο του χαρτιού ενώ στο κατώτατο σημείο του ρότορα να ασκείται μία αντίθετη δύναμη. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος γίνεται χρήση μιας απλής τεχνικής. Σε ένα από τα ευθύγραμμα τμήματα του πηνίου έχουμε αφαιρέσει τη μόνωση. Το κύκλωμα είναι κλειστό μόνο όταν το γυμνό σύρμα ακουμπήσει την παραμάνα.

- Αρχικά, δίνεται μια μικρή ώθηση στον ρότορα, ούτως ώστε το απογυμνωμένο τμήμα του ευθύγραμμου σύρματος να αγγίξει την παραμάνα.
- Τότε το κύκλωμα είναι κλειστό, το ρεύμα ρέει, και στον ρότορα ασκείται ροπή στρέψης.
- Ο ρότορας κάνει μισή περιστροφή (180 μοίρες) και το κύκλωμα είναι ανοιχτό καθώς το μονωμένο τμήμα του σύρματος αγγίζει την παραμάνα.
- Δε ρέει καθόλου ρεύμα. Άρα, δεν υπάρχουν καθόλου αντίθετες δυνάμεις να ασκούνται στον ρότορα και στον ρότορα δεν ασκείται ροπή στρέψης στην αντίθετη κατεύθυνση από ότι προηγούμενως.
- Η αδράνεια του ρότορα περιστρέφει τον ρότορα μέχρι να ολοκληρώσει μία πλήρη περιστροφή.
- Για μία ακόμη φορά το απογυμνωμένο τμήμα του ευθύγραμμου σύρματος ακουμπάει στην παραμάνα και το κύκλωμα είναι πάλι κλειστό. Ο κύκλος αρχίζει ξανά και ως αποτέλεσμα έχουμε έναν πλήρως λειτουργικό κινητήρα.



**Διδακτική Ενότητα 5 - Επίλυση υπό-προβλημάτων**

Διάρκεια: 120 λεπτά

Στόχοι: Σε αυτήν τη δραστηριότητα οι μαθητές θα:

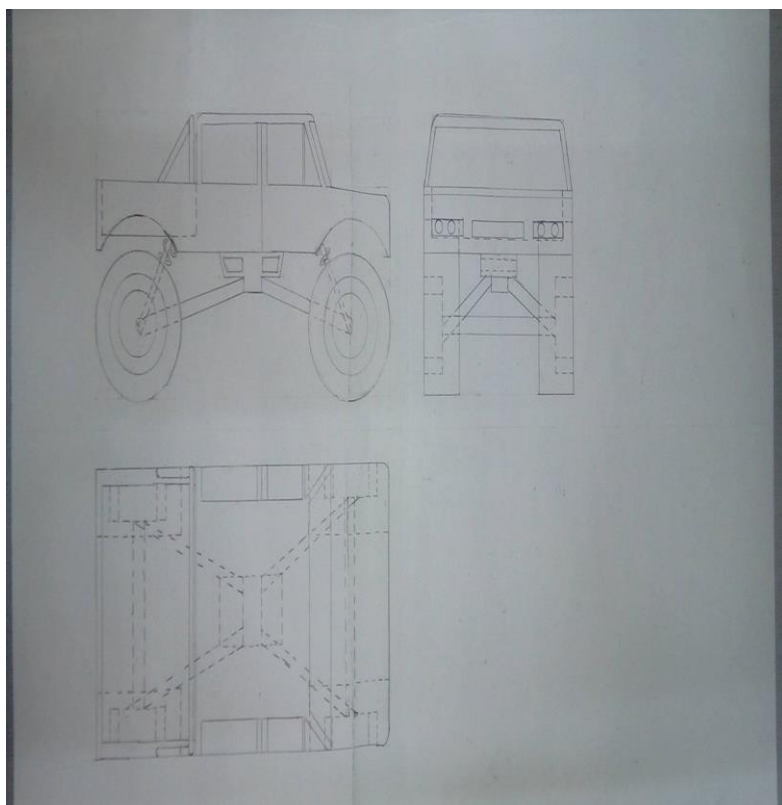
- επιλύσουν κάθε υπο-πρόβλημα βάσει των σχεδίων τους
- κατασκευάσουν το ηλεκτρονικό κύκλωμα
- διερευνήσουν τον τρόπο που κινείται
- αντιληφθούν τον τρόπο που κινούνται τα οχήματα στον χώρο

Γενικό Πλαίσιο

Σε αυτήν την διδακτική ενότητα οι μαθητές εξοικειώνονται με τα κυρίως βήματα της Διαδικασίας Σχεδιασμού της Εφαρμοσμένης Μηχανικής και εφαρμόζουν τα αντίστοιχα βήματα της Διαδικασίας Σχεδιασμού της Εφαρμοσμένης Μηχανικής (EDP) για να αντιμετωπίσουν την πρόκληση και προχωρούν στην κατασκευή. Για να αντιμετωπίσουν και να επιλύσουν κάθε υπο-πρόβλημα ακολουθούν τον κύκλο: σχεδιάζω- κατασκευάζω-δοκιμάζω-βελτιώνω.

Εργασία σε ομάδες

Ο εκπαιδευτικός συνοψίζει τα συμπεράσματα των προηγούμενων διδακτικών ενότητων. Καθώς



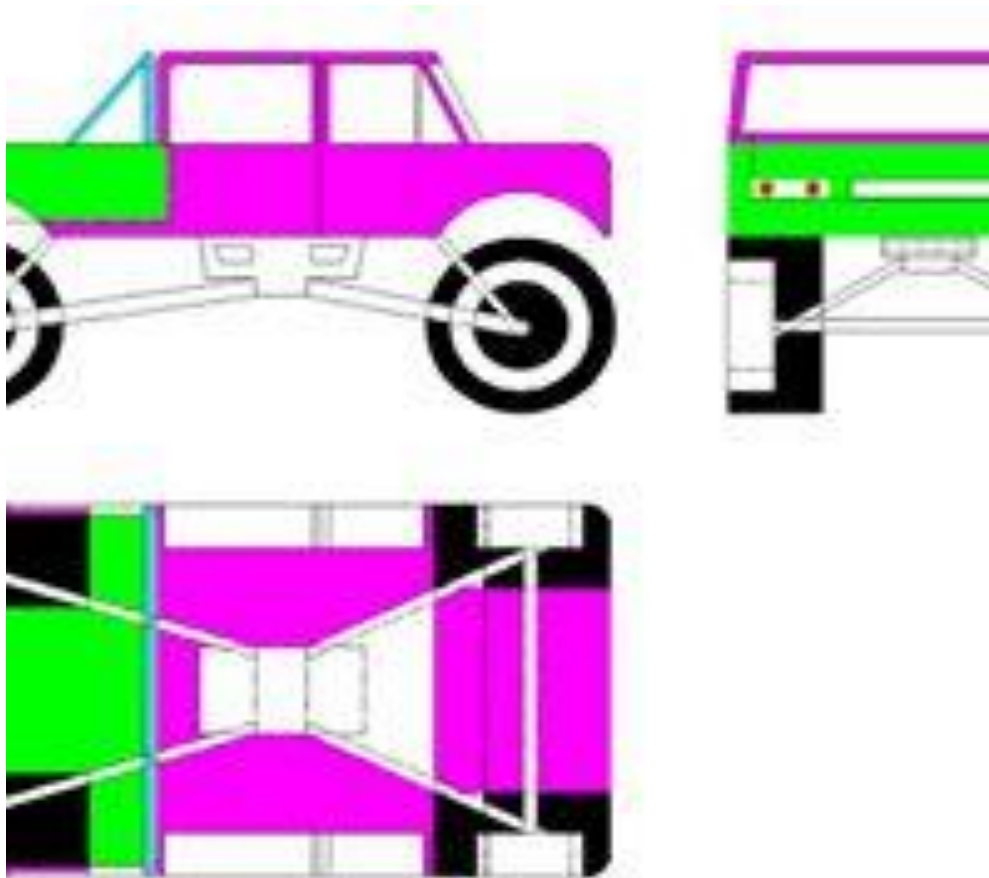
οι ομάδες των μαθητών έχουν ήδη καθορίσει τα υπο-πρόβλήματα, ο εκπαιδευτικός ενθαρρύνει και καθοδηγεί τις ομάδες των μαθητών να επιλύσουν σταδιακά καθένα από τα υπο-πρόβλήματα στα οποία έχει διαιρεθεί η κύρια πρόκληση. Ο εκπαιδευτικός παρακινεί τις ομάδες να καταρτίσουν ένα πρόχειρο σχέδιο του έργου τους.

Υπο-πρόβλημα 1:

Σχεδιασμός του οχήματος

Αρχικά, ο σχεδιαστής της ομάδας σχεδιάζει το όχημα σε χειρόγραφο μονογραμμικό σχέδιο για την σταδιακή εξέλιξή του.

Στη συνέχεια οι μαθητές επιλέγουν μια πιο σύγχρονη σχεδίαση του οχήματος μας και σχεδιάζουν το όχημά τους σε 2D διάσταση στο Auto Cad.



#### Υπο-πρόβλημα 2 : Έλεγχος των κινητήρων

Ο μικροελεγκτής είναι μια υπολογιστική μονάδα, η οποία μπορεί να εκτελεί ένα πρόγραμμα (δηλ. μια ακολουθία εντολών) και αναφέρεται ως ο «εγκέφαλος» του ρομπότ, καθώς είναι υπεύθυνος για όλους τους υπολογισμούς, τη λήψη αποφάσεων και τις επικοινωνίες. Η πλακέτα οδήγησης του κινητήρα προσαρμόζεται πάνω στον μικροελεγκτή και χρησιμοποιείται για να οδηγήσει τους δύο κινητήρες DC με την βοήθεια του μικροελεγκτή<sup>2</sup>. Μια πλακέτα οδήγησης ενός κινητήρα συχνά έχει τις δικές της εισόδους τροφοδοσίας, επιτρέποντας να μην χρησιμοποιείτε πολύ μεγαλύτερη ποσότητα ρεύματος, αλλά επίσης ένα ευρύ φάσμα τάσεων. Ορισμένοι κινητήρες DC λειτουργούν πολύ καλύτερα με 6V, 12V, 24V ή οποιαδήποτε άλλη τάση που δεν παρέχεται άμεσα από τον μικροελεγκτή. Ένα άλλο πλεονέκτημα της πλακέτας είναι ότι απλοποιεί την καλωδίωση (και επιτρέπει λειτουργίες όπως την αντιστροφή της κατεύθυνσης των κινητήρων) - εξαλείφοντας την ανάγκη για χρήση breadboard και μειώνοντας ή εξαλείφοντας την ανάγκη οποιασδήποτε συγκόλλησης.

#### Προετοιμασία του ηλεκτρονικού κυκλώματος

Ο εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές να εφαρμόσουν τις παρακάτω οδηγίες:

- Προσαρμόστε την πλακέτα οδήγησης των κινητήρων στο μικροελεγκτή.
- Χρησιμοποιήστε ταινία διπλής όψης για να κολλήσετε τον μικροελεγκτή με την πλακέτα πάνω στο σασί του οχήματος.
- Ενώστε τα καλώδια των κινητήρων και τα καλώδια της θήκης της μπαταρίας στις κλέμες που υπάρχουν στη πλακέτα οδήγησης των κινητήρων .

- Κατεβάστε και εγκαταστήστε το λογισμικό του Arduino.
- Επισκεφθείτε τη διεύθυνση <https://learn.adafruit.com/adafruit-motorshield/library-install> και ακολουθήστε τα παρακάτω βήματα, για να εγκαταστήσετε το “Motor-Shield-library”.

### Εγκατάσταση Βιβλιοθήκης

Για να μπορέσετε να χρησιμοποιήσετε την πλακέτα οδήγησης των κινητήρων πρέπει να εγκαταστήσετε την AF\_Motor βιβλιοθήκη για το Arduino - αυτή θα «εξηγήσει» στο Arduino πώς θα μιλάει στην πλακέτα οδήγησης των κινητήρων.

1. Πρώτα, κατεβάστε την βιβλιοθήκη από το github
2. Αποσυμπιέστε τον φάκελο στην επιφάνεια εργασίας σας
3. Μετονομάστε τον αποσυμπιεσμένο φάκελο AFMotor
4. Ελέγξτε ότι μέσα στο AFMotor βρίσκονται δύο αρχεία, το AFMotor.cpp και το AFMotor.h. Εάν όχι, ελέγξτε τα βήματα παραπάνω.
5. Τοποθετήστε τον φάκελο AFMotor στο φάκελό σας arduinosketchfolder/libraries. Για τα Windows, αυτό θα εμφανίζεται πιθανόν ως MY Documents/Arduino/libraries, για τα Mac θα εμφανίζεται κάπως ως Documents/arduino/libraries. Εάν είναι η πρώτη φορά που εγκαθιστάτε μια βιβλιοθήκη, θα χρειαστεί να δημιουργήσετε τον φάκελο libraries. Βεβαιωθείτε ότι θα τον ονομάσετε libraries επακριβώς, όχι με κεφαλαία, όχι με κάποιο άλλο όνομα.
6. Βεβαιωθείτε ότι μέσα στο φάκελο libraries υπάρχει ο φάκελος AFMotor και μέσα στον AFMotor βρίσκονται τα αρχεία AFMotor.cpp, AFMotor.h και ορισμένα ακόμη αρχεία.
7. Κλείστε και επανεκκινήστε το IDE του Arduino (Ολοκληρωμένο Περιβάλλον Ανάπτυξης). Θα πρέπει τώρα να υπάρχει ένα υπό-μενού που καλείται File-> Examples-> AFMotor-> MotorParty

### Τοποθέτηση αισθητήρων

Για να τοποθετήσετε και να συνδέσετε τους αισθητήρες στην πλακέτα πρέπει πρώτα να κολλήσετε συνολικά τρεις θηλυκές συστοιχίες έξι ακροδεκτών στην πλακέτα. Μετά την κόλληση των συστοιχιών στην πλακέτα μπορείτε πολύ εύκολα να συνδέσετε και να αποσυνδέσετε τα καλώδια, χωρίς να χρειάζεται να τα κολλήσετε.

Η πλακέτα οδήγησης των κινητήρων έχει τρεις σειρές με έξι οπές η κάθε μία. Η πρώτη σειρά είναι για την τάση τροφοδοσίας (+5), η δεύτερη είναι για την γείωση (Gnd) και η τρίτη αφορά τις αναλογικές θύρες (A0, A1, A2, ..., A5).

Τοποθετήστε τρεις θηλυκές συστοιχίες έξι ακροδεκτών στις οπές αυτές. Στη συνέχεια, αναποδογυρίστε την πλακέτα οδήγησης των κινητήρων και κολλήστε τις συστοιχίες χρησιμοποιώντας το κολλητήρι. Τέλος, επανατοποθετήστε την πλακέτα οδήγησης των κινητήρων στον Arduino.

Κάθε αισθητήρας έχει τέσσερις ακροδέκτες. Δύο από αυτούς ( Vcc και GND) πηγαίνουν στην τροφοδοσία. Συνδέστε δύο, θηλυκό σε αρσενικό, καλώδια στον αισθητήρα. Πάρτε δύο ακόμη θηλυκά σε

αρσενικά καλώδια και συνδέστε τα στον αισθητήρα,

Κολλήστε τον αισθητήρα στο όχημα. Χρησιμοποιήστε κάποια ευαίσθητη στην πίεση, συγκολλητική ουσία (όπως bluetack), για να κολλήσετε τον αισθητήρα. Για τις ενώσεις, κάντε τα παρακάτω:

- Το κόκκινο καλώδιο πηγαίνει στο θηλυκό ακροδέκτη «+5»
- Το μαύρο καλώδιο (από το GND) πηγαίνει στο θηλυκό ακροδέκτη Gnd
- Το κίτρινο καλώδιο (από το Trig) πηγαίνει στο θηλυκό ακροδέκτη A0
- Το πράσινο καλώδιο (από το Echo) πηγαίνει στο θηλυκό ακροδέκτη A1

Το Arduino διαθέτει συνολικά 20 θύρες· 14 εξ αυτών είναι ψηφιακές, ενώ οι υπόλοιπες έξι είναι αναλογικές (αυτές οι έξι μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης και ως ψηφιακές θύρες). Αφού τοποθετήσουμε την πλακέτα οδήγησης στον μικροελεγκτή Arduino, πρέπει να συνδέσουμε τις 6 θύρες A0-5 της πλακέτας στις αντίστοιχες αναλογικές θύρες του Arduino. Για να

χρησιμοποιήσουμε τις 6 αυτές αναλογικές θύρες ως ψηφιακές, όταν γράφουμε τον κώδικα, καθορίζουμε τις θύρες A0-5 ως 14-19 (δηλ. A0 = 14 ενώ A5 = 19).

Ζητήστε από τις ομάδες των μαθητών να πειραματιστούν με τον κώδικα χρησιμοποιώντας τις παρακάτω οδηγίες.

Χρησιμοποιήστε το Καλώδιο USB AM-BM, για να συνδέσετε τον Arduino στον Η/Υ σας. Κάντε διπλό κλικ στο εικονίδιο Arduino. Πηγαίετε στο αρχείο και ανοίξτε ένα νέο έργο.

Αντιγράψτε κι επικολλήστε τον τελικό κώδικα. Κάντε κλικ στο εικονίδιο της σειριακής οθόνης στην επάνω δεξιά γωνία του κεντρικού παραθύρου

Στην κάτω δεξιά γωνία του νέου παραθύρου θα βρείτε ένα αναπτυσσόμενο μενού με την ένδειξη «baud»: Επιλέξτε μια τιμή για το “baud” που είναι η ίδια με την τιμή της λειτουργίας “voidsetup”. Αυτή η τιμή καθορίζει την ταχύτητα επικοινωνίας μεταξύ του μικροελεγκτή Arduino και του υπολογιστή.

Επιλέξτε το ανέβασμα

Όταν όλα είναι έτοιμα, οι ομάδες των μαθητών χρησιμοποιούν ένα εμπόδιο, όπως ένα βιβλίο, μπροστά από τον αισθητήρα. Ζητήστε τους να μετακινήσουν το εμπόδιο σε διαφορετικές αποστάσεις από τον αισθητήρα και παρατηρήστε τις διαφορετικές ενδείξεις που εμφανίζονται στη σειριακή οθόνη.

Ζητήστε τους να πειραματιστούν με την τιμή της εντολής pulseIn(). Για το παράδειγμά μας, η τιμή έχει καθοριστεί στα 2000. Η ταχύτητα του ήχου είναι ~ 340 m/s ή 0,034 cm/μs. Συνεπώς, από τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα, προκύπτει ότι:

$$s = u * t$$

$$s = 0.034 * 2000 = 68 \text{ cm}$$

Λόγω του ότι υπολογίζουμε τον χρόνο που χρειάζεται για να ταξιδέψει ως το αντικείμενο και στη συνέχεια να επιστρέψει στον αισθητήρα, η πραγματική απόσταση είναι η μισή από αυτή που μετράμε. Ως εκ τούτου, εάν χρησιμοποιούμε 2000 μs, ο αισθητήρας μπορεί να εντοπίσει εμπόδια σε

απόσταση 34 cm (λόγω του ότι οι αισθητήρες δεν είναι εξαιρετικά ευαίσθητοι και ακριβείς, είναι πιθανό να εντοπίσουν εμπόδια σε απόσταση μικρότερη των 34 cm, οπότε κατά τη δοκιμή ενδέχεται να επανεξετάσουμε την τιμή 2000 μs).

#### Αποφυγή Εμποδίων

Ο εκπαιδευτικός ζητά από τις ομάδες να συνδέσουν και να τοποθετήσουν τον δεύτερο αισθητήρα στο σασί προτού περάσουν στον κώδικα που δίνει τη δυνατότητα στο όχημα να εντοπίζει και να αποφεύγει εμπόδια.

**Διδακτική Ενότητα 6 - Συνδυασμός των υπό-λύσεων, δοκιμή και βελτίωση**

Διάρκεια: 45 λεπτά

Στόχοι: Σε αυτήν την διδακτική ενότητα οι μαθητές θα:

- συνδυάσουν τις λύσεις των υπο-προβλημάτων, για να καταλήξουν στο τελικό σχέδιο
- χρησιμοποιήσουν το σχέδιό τους, για να εντοπίσουν τις καλύτερες ρυθμίσεις που θα δώσουν τη δυνατότητα στο όχημα να προηγηθεί στο χώρο και να αποφεύγει τα εμπόδια
- χρησιμοποιήσουν το σχέδιό τους, για να ερευνήσουν εάν πληρούνται ή όχι τα κριτήρια
- κάνουν όλες τις απαραίτητες αλλαγές, για να βελτιώσουν το σχέδιό τους
- διασκεδάσουν με το σχέδιό τους

**Γενικό Πλαίσιο**

Το τελικό βήμα είναι να γράψουν τον τελικό κώδικα, που θα επιτρέψει στο όχημα να ανιχνεύει και να αποφεύγει εμπόδια ενώ κινείται. Αφού ολοκληρώσουν το τελικό σχέδιό τους, το δοκιμάζουν ούτως ώστε να επιβεβαιώσουν ότι είναι λειτουργικό και πληροί τα κριτήρια που τέθηκαν σε προηγούμενα βήματα. Οι ομάδες των μαθητών πειραματίζονται με διαφορετικές ταχύτητες καθώς και με διαφορετικές αποστάσεις, όπου το όχημα μπορεί να εντοπίσει εμπόδια, καταγράφοντας τις προβλέψεις τους καθώς και τις παρατηρήσεις τους. Στην περίπτωση που το τελικό σχέδιο έχει οποιοδήποτε πρόβλημα, οι ομάδες των μαθητών παρακινούνται να το βελτιώσουν και να το δοκιμάσουν ξανά.

**Εργασία σε ομάδες**

Ο εκπαιδευτικός αρχίζει μία συζήτηση σχετικά με τη συμβατότητα των διαφορετικών εξαρτημάτων του τελικού σχεδίου. Οι ομάδες των μαθητών γράφουν τον τελικό κώδικα με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού. Μόλις ετοιμαστεί το ρομπότ, οι ομάδες των μαθητών μετακινούνται σε έναν χώρο δοκιμών με πολλά εμπόδια, όπου μπορούν να δοκιμάσουν εάν το ρομπότ μπορεί να εντοπίσει και να αποφύγει εμπόδια. Ο εκπαιδευτικός παροτρύνει τις ομάδες των μαθητών να παρατηρήσουν με προσοχή τη συμπεριφορά του ρομπότ και να προσπαθήσουν να βρουν τυχόν ελαττώματα ή λάθη στο σχέδιό τους, τα οποία εφόσον διορθωθούν, θα βελτιώσουν σημαντικά το σχέδιό τους.

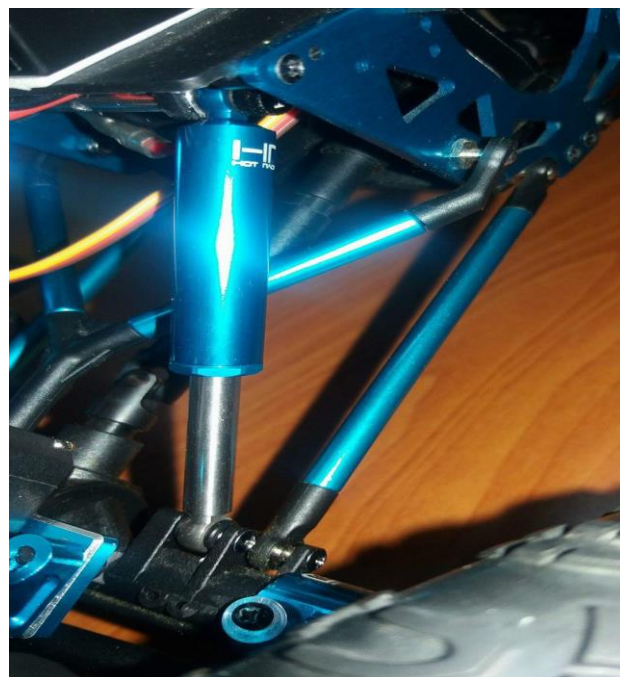
Ο εκπαιδευτικός παρέχει σε κάθε ομάδα μαθητών τον τελικό κώδικα και εξηγεί στους μαθητές τη λειτουργία του. Χρησιμοποιώντας το καλώδιο usb, συνδέστε τον μικροελεγκτή Arduino στον Η/Υ σας. Κάντε διπλό κλικ στο εικονίδιο Arduino στην επιφάνεια εργασίας σας. Ανοίξτε ένα νέο έργο Arduino, αντιγράψτε και επικολλήστε τον τελικό κώδικα. Πιέστε το πλήκτρο Ανέβασμα και το όχημα είναι έτοιμο να εκτελέσει τις εργασίες, για τις οποίες είναι προγραμματισμένο.

Οι μαθητές δοκιμάζουν το όχημα και κάνουν τις απαραίτητες τροποποιήσεις. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές ύστερα από κάποιες δοκιμασίες του οχήματος, παρατήρησαν δυσκολία στο ανέβασμα του οχήματος σε μεγάλες ανηφόρες. Σκέφτηκαν να σκληρύνουν τις αναρτήσεις με δεματικά. Αφού έκαναν της τροποποίηση, το όχημά ανέβηκε την ανηφόρα χωρίς καμία δυσκολία. Παράλληλα, συζήτησαν για το ποιες αλλαγές θα μπορούσαν να κάνουν στο όχημά τους και ύστερα από πολύ χρόνο αναζήτησης στο διαδίκτυο παρήγγειλαν αλουμινένιες αναρτήσεις καθώς και άλλα ανταλλακτικά που θεώρησαν απαραίτητα.

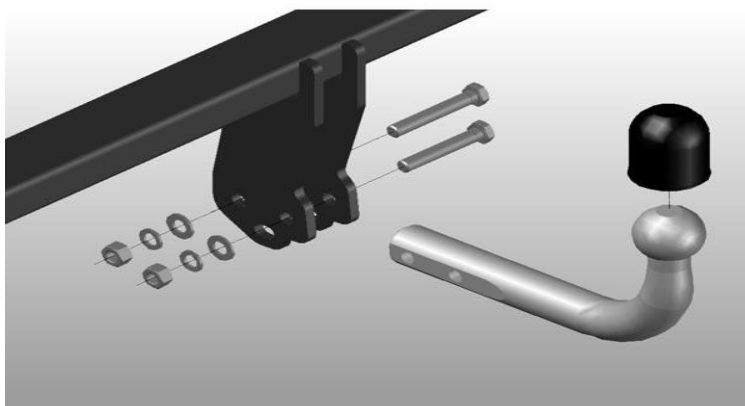
ΠΡΙΝ



ΜΕΤΑ



Επιπλέον, πρόσθεσαν καλύμματα επάνω από τις ρόδες και με τη βοήθεια του μηχανολογικού προγράμματος Solidworks σχεδίασαν έναν κοτσαδόρο που στη συνέχεια εκτύπωσαν στον 3D printer του σχολείου.





## **Διδακτική Ενότητα 7– Παρουσίαση της Τελικής Λύσης**

Διάρκεια: 20 λεπτά

Στόχοι: Σε αυτήν την διδακτική ενότητα οι μαθητές θα:

- οργανώσουν την παρουσίασή τους ως ομάδα
- παρουσιάσουν την ομαδική τους εργασία μπροστά σε κοινό
- συζητήσουν τι θεωρούν ότι αποκόμισαν από τη συγκεκριμένη εκπαιδευτική διαδικασία

### Γενικό Πλαίσιο

Ο σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι να βοηθήσει τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν ότι χρησιμοποίησαν την ίδια διαδικασία με τους μηχανικούς κατά τη διάρκεια της επίλυσης του προβλήματος, δηλαδή ότι έθεσαν ερωτήματα, διερεύνησαν τις επιστημονικές αρχές που διέπουν το πρόβλημα, χρησιμοποίησαν την υφιστάμενη τεχνολογία (εργαλεία και υλικά), ώστε να φανταστούν, να σχεδιάσουν και να επιλύσουν το πρόβλημα τους. Τέλος, οι μαθητές δημιουργούν μία παρουσίαση σε PowerPoint για να συνοψίσουν τη διαδικασία που ακολούθησαν μέχρι να κατασκευάσουν το τελικό τους σχέδιο και την παρουσιάζουν μπροστά σε κοινό.

### Ολομέλεια

Ο εκπαιδευτικός αρχίζει μία συζήτηση σχετικά με το πόσο σημαντικό είναι να παρουσιάζεις τη δουλειά σου μπροστά σε κοινό. Έχει πολύ μεγάλη σημασία για έναν/μία μηχανικό να κάνει μία ξεκάθαρη και κατανοητή παρουσίαση σε ένα κοινό που ίσως γίνει ο εργοδότης του/της. Ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να επισημάνει ότι, για να εξηγήσει κάποιος κάτι σε άλλους, πρέπει πρώτα να το έχει κατανοήσει καλά ο ίδιος. Ζητήστε από τις ομάδες των μαθητών να προετοιμάσουν την παρουσίασή τους, στην οποία θα εξηγούν τι έκαναν, πώς το έκαναν και ποιο ήταν το τελικό αποτέλεσμα. Κατά τη διάρκεια της παρουσίασης, ο εκπαιδευτικός προτρέπει το κοινό να κάνει ερωτήσεις:

- Συναντήσατε κάποιες δυσκολίες στην εφαρμογή της Διαδικασίας Σχεδιασμού της Εφαρμοσμένης Μηχανικής; Ποιες ήταν αυτές;
- Βοήθησε το επιστημονικό υπόβαθρο για να καταλάβετε πώς λειτουργούν τα οχήματα ρομποτικής;
- Αλλάξατε το αρχικό σας σχέδιο; Τι επίδραση είχε αυτή η αλλαγή/αυτές οι αλλαγές στο τελικό σας σχέδιο;
- Τα προτεινόμενα υλικά λειτουργούν κατάλληλα και με ασφάλεια; Ποια υλικά θα μπορούσατε να αντικαταστήσετε;
- Ποιες αλλαγές κάνατε στο σχέδιό σας, για να βελτιώσετε την απόδοσή του;
- Αν είχατε περισσότερο χρόνο, τι θα προσθέτατε, τι θα αλλάζατε ή τι θα κάνατε διαφορετικά;

## Συζήτηση - Συμπεράσματα

Οι μεγαλύτερες δυσκολίες που προέκυψαν ήταν αρχικά η έλλειψη κουλτούρας από τους μαθητές όσον αφορά στην ομαδοσυνεργατική μέθοδο αρχικά καθώς δεν είναι συνηθισμένοι να λειτουργούν με αυτούς τους όρους καθώς το πιο ζωηρό ορισμένες φορές κλίμα κατά τη διάρκεια του μαθήματος αρχικά αποπροσανατόλιζε τους μαθητές. Απαιτήθηκε λίγος χρόνος, υπομονή και επιμονή από πλευράς εκπαιδευτικού για να μπορέσουν να λειτουργήσουν με τα χαρακτηριστικά της ομάδας. Επίσης, ο χωρισμός των ομάδων αποτέλεσε αντικείμενο προβληματισμού για τον εκπαιδευτικό καθώς έπρεπε να γίνει με πολύ προσεκτικό τρόπο έτσι ώστε τα μέλη να συμπληρώνουν το ένα το άλλο, να υπάρχει ισορροπία και συνεργασία μεταξύ τους και να μην απομονώνονται μαθητές. Σε πιο πρακτικό επίπεδο, υπήρχαν κάποιες δυσκολίες έγκαιρης απόκτησης των απαραίτητων υλικών που ευτυχώς με ξεπεράστηκαν γρήγορα.

Οι μαθητές εκφράστηκαν θετικά για τη συμμετοχή τους στη συγκεκριμένη δραστηριότητα. Θεώρησαν ιδιαίτερα ενθαρρυντικό να εργάζεσαι για ένα πραγματικό, χειροπιαστό αποτέλεσμα. Σχολίασαν ότι στο σχολείο παίρνουν πολλές γνώσεις χωρίς όμως να συνδέονται με την πραγματική ζωή ενώ το ερώτημα που τους απασχολεί συχνά, ιδιαίτερα στην Τεχνική – Επαγγελματική Εκπαίδευση είναι που θα μας χρησιμεύσουν όλα αυτά που μαθαίνουμε καθώς και πως θα μπορέσουν να εφαρμόσουν σε πραγματικές συνθήκες τις γνώσεις που με κόπο και προσωπική εργασία κατακτούν. Μέσα από τη συμμετοχή τους σε αυτήν την δραστηριότητα θεωρούν ότι απέκτησαν βιωματικές γνώσεις και εμπειρίες σε πολλαπλά πεδία χωρίς αποστήθιση και παπαγαλία που σίγουρα θα μπορέσουν να θυμηθούν ευκολότερα και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Παράλληλα, εξίσου σημαντικές με τις γνώσεις ανέφεραν ότι είναι και οι δεξιότητες ζωής που ανέπτυξαν καθώς και οι φιλικές σχέσεις που δημιούργησαν με τα μέλη της ομάδας τους. Πιο συγκεκριμένα, ανέφεραν ότι θεωρούν ότι αποκόμισαν τα παρακάτω οφέλη:

- Απόκτηση γνώσεων φυσικής (ενέργεια, ηλεκτρισμός, ηλεκτρομαγνητικά κύματα, ροπή, σημεία τριβής κ.λπ.)
- Απόκτηση γνώσεων στα μαθηματικά και κυρίως στη γεωμετρία (μέτρηση διαστάσεων οχήματος, μέτρηση γωνιών κ.λπ.)
- Ανάπτυξη δεξιοτήτων μηχανικής (κατανόηση λειτουργίας μηχανής, συστήματος μετάδοσης κίνησης, συστήματος τηλεχειρισμού, ηλεκτρικού συστήματος, συστήματος ανάρτησης και επιλογή τροχών).
- Ανάπτυξη δεξιοτήτων πληροφορικής (σχεδίαση 3-D γραφικών στο Solidworks και στο AutoCAD, δημιουργία προφορικής παρουσίασης σε PowerPoint, αναζήτηση και εύρεση πληροφοριών από το Internet, άριστη εκμάθηση του Word).
- Ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων: συνεργασία, υπευθυνότητα, σεβασμός στη γνώμη όλων των μελών, ομαδικότητα, αποτελεσματικότητα και αλληλοβοήθεια.
- Κατασκευή ενός πρωτότυπου αμαξώματος με ανακυκλώσιμα υλικά, φιλικά προς το περιβάλλον.
- Δεξιότητες ζωής: δημιουργικότητα, κριτική σκέψη, ικανότητα επίλυσης προβλημάτων και λήψης αποφάσεων, οργάνωση, προγραμματισμό εργασιών και πειθαρχία



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Asunda PA, Mativo J. *Integrated STEM: A new primer for teaching technology education. Technology and Engineering Teacher*. 2016;75:8–13. [Google Scholar]
- Asunda, Paul. *A Conceptual Framework for STEM Integration Into Curriculum through Career and Technical Education*. *Journal of STEM Teacher Education*, 2014, Vol.49, No.1, 3-15
- Ball DL, Sleep L, Boerst TA, Bass H. *Combining the development of practice and the practice of development in teacher education*. *The Elementary School Journal*. 2009;109(5):458–474. doi: 10.1086/596996. [CrossRef] [Google Scholar]
- Becker K, Park K. *Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis*. *Journal of STEM Education*. 2011;12(5 & 6):23–38.[Google Scholar]
- Borko H, Jacobs J, Eiteljorg E, Pittman M. Video as a tool for fostering productive discussions in mathematics professional development. *Teaching and Teacher Education*. 2008;24(2):417–436. doi: 10.1016/j.tate.2006.11.012. [CrossRef] [Google Scholar]
- Bragow D, Gragow KA, Smith E. *Back to the future: Toward curriculum integration*. *Middle School Journal*. 1995;27:39–46. doi: 10.1080/00940771.1995.11496152. [CrossRef] [Google Scholar]
- Burrows A, Slater T. *A proposed integrated STEM framework for contemporary teacher preparation*. *Teacher Education and Practice*. 2015;28(2/3):318–330.[Google Scholar]
- Business Roundtable (2005). *Tapping America's potential: The education for innovation initiative*. Washington, DC: Business Roundtable. Also available online at [http://www.tap2015.org/about/TAP\\_report2.pdf](http://www.tap2015.org/about/TAP_report2.pdf).
- Business-Higher Education Forum (BHEF) (2007). *An American imperative: Transforming the recruitment, retention, and renewal of our nation's mathematics and science teaching workforce*. Washington, DC: Business-Higher Education Forum. Also available online at <http://www.bhef.com/solutions/anamericanimperative.asp>.
- Bybee, Rodger, W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. National Science Teachers Association, NSTA Press, Arlington, Virginia.
- Charette, R. N. (2013). *The STEM crisis is a myth*. Accessed 20 Apr 2017 from <http://spectrum.ieee.org/at-work/education/the-stem-crisis-is-a-myth>.
- Creswell JW. *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. 2. Thousand Oaks, CA: Sage; 2007. [Google Scholar]
- Crow, J.E., Kennedy, T.J., Odell, M.R.L., Ophus, J.D. & Abbitt, J.T. (2013). "Using Just-in-Time PD to Technologically Prepare High School STEM Teachers." In M.M. Capraro, R.M. Capraro, & C.W.Lewis, (Eds.), *Improving Urban Schools: Equity and Access in K-16 STEM Education*, Chapter 9, 143-157. Information Age Publishing.
- Dayton Regional STEM Center. (2011). *STEM education quality framework*. <http://daytonregionalstemcenter.org/wp-content/uploads/2012/07/Final-Framework-copyrighted.pdf>. Accessed 22 March 2017
- *Delivering STEM Education through Career and Technical Education Schools and Programs* (James R. Stone III- University of Louisville)
- Denzin NK, Lincoln YS. *The Sage handbook of qualitative research*. 3. Thousand Oaks, CA: Sage; 2005. [Google Scholar]
- Eijwale J. *Barriers to successful implementation of STEM education*. *Journal of Education and Learning*. 2013;7(2):63–74. [Google Scholar]
- English LD. *STEM education K-12: Perspectives on integration*. *International Journal of STEM Education*. 2016;3(3):1–11. [Google Scholar]
- Estapa AT, Tank KM. *Supporting integrated STEM in the elementary classroom: a professional development approach centered on an engineering design challenge*. *International Journal of STEM education*. 2017;4(6):1–16. [Google Scholar]

- Gates, B. (2007). *Transcript of Oral Testimony by Bill Gates, Chairman, Microsoft Corporation. United States Senate Committee on Health, Education, Labor, and Pensions "Strengthening American Competitiveness for the 21st Century"* Washington, D.C., March 7, 2007. Also available online at <http://www.microsoft.com/en-us/news/exec/billg/speeches/2007/03-07Senate.aspx>
- Georgetown University Center on Education and the Workforce (no date). *Science, technology, engineering, mathematics: STEM executive summary*. Accessed 20 Apr 2017 from <https://cew.georgetown.edu/wp-content/uploads/2014/11/stem-execsum.pdf>.
- Glancy, A., Moore, T., Guzey, S., Mathis, C., Tank, K., & Siverling, E. (2014). *Examination of integrated STEM curricula as a means toward quality K-12 engineering education*. Proceedings of the 2014 American Society of Engineering Education Annual Conference and Exposition. Indianapolis, IN, June 15th - 18th. Washington, D.C.: ASEE.
- Glaser B, Strauss A. (1967) *The discovery of grounded theory*. Chicago, IL: Aldine; 1967. [Google Scholar]
- Grubbs M, Strimel G. *Engineering design: The great integrator*. Journal of STEM Teacher Education. 2015;50(1):77–90. [Google Scholar]
- Guzey SS, Moore TJ, Harwell M.(2016) *Building up STEM: An analysis of teacher-developed engineering design-based STEM integration curricular materials*. Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER) 2016;6(1):11–29. doi: 10.7771/2157-9288.1129. [CrossRef] [Google Scholar]
- Han S, Yalvac B, Capraro MM, Capraro RM. (2015). *In-service teachers' implementation and understanding of STEM project based learning*. Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education. 2015;11(1):63–76.[Google Scholar]
- Honey M, Pearson G, Schweingruber A.(2014) *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington: National Academies Press; 2014. [Google Scholar]
- Hurley M.(2001). *Reviewing integrated science and mathematics: The search for evidence and definitions from new perspectives*. School Science and Mathematics. 2001;101:259–268. doi: 10.1111/j.1949-8594.2001.tb18028.x. [CrossRef] [Google Scholar]
- ICASE. (2013). *The Kuching Declaration. Final Proceeding of the World Conference on Science and Technology Education (WorldSTE2013)*. Kuching, Malaysia. Also available online at: [http://www.icasonline.net/ICASE%20Kuching%20Declaration\\_Final](http://www.icasonline.net/ICASE%20Kuching%20Declaration_Final).
- Joyce, A. & Dzoga, M. (2011, March). *Science, technology, engineering and mathematics education: Overcoming challenges in Europe*. Intel Educator Academy EMEA. ISBN 9789491440144. Also available online at: Science Education International 258 [http://www.ingeniousscience.eu/c/document\\_library/get\\_file?uuid=3252e85a-125c-49c2-a090-eaeb3130737a&groupId=10136](http://www.ingeniousscience.eu/c/document_library/get_file?uuid=3252e85a-125c-49c2-a090-eaeb3130737a&groupId=10136)
- Kelley TR, Knowles JG. (2016). *A conceptual framework for integrated STEM education*. *International Journal of STEM Education*. 2016;3(11):1–11. [Google Scholar]
- Kennedy T.J, Odell R.L.(2014).: *Engaging Students in STEM Education – Science Education International*, Vol. 25, Issue 3, 2014, 246-258
- LaForce M, Noble E, King H, Century J, Blackwell C, Holt S, Ibrahim A, Loo S.(2016). *The eight essential elements of inclusive STEM high schools*. *International Journal of STEM Education*. 2016;3(21):1–11. [Google Scholar]
- Langdon D, McKittrick G, Beede D, Khan B, Doms M.(2011). *STEM: Good jobs now and for the future*. Washington, DC: U.S. Department of Commerce; 2011.[Google Scholar]
- Lederman,G.N.& Niess,L.M (1998). *5 apples+4 oranges=?* School Science and Mathematics, 98 (6.), 281-282 [Google Scholar]
- Moore T, Smith K.(2014). *Advancing the state of the art of STEM integration*. *Journal of STEM Education*. 2014;15(1):5–9. [Google Scholar]
- Moore T, Stohlmann M, Wang H, Tank K, Glancy A, Roehrig G. (2014). *Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education*. In: Purzer S, Strobel J, Cardella M,

- editors. *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices*. West Lafayette: Purdue University Press; 2014. pp. 35–60. [Google Scholar]
- Museus, S, Palmer, R.T., Davis, R.J., & Maramba, D.C. (2011). *Racial and Ethnic Minority Students' Success in STEM Education*. Hoboken: New Jersey: Jossey-Bass, p. viii. Also available online at:  
[http://works.bepress.com/robert\\_palmer/32](http://works.bepress.com/robert_palmer/32)
  - Nagle R, Gagnon S.(2008) *Best practices in planning and conducting needs assessments*. In: Thomas A, Grimes J, editors. *Best practices in school psychology V*. Bethesda, MD: National Association of School Psychologists; 2008. pp. 2207–2223. [Google Scholar]
  - National Academy of Sciences (NAS). (2007). *Rising above the gathering storm: Energizing and employing America for a brighter economic future*. Washington, DC: National Academy Press.
  - National Center for Educational Statistics. (2008). *Career and technical education in the United States:1990-2005*. Retrieved September 23, 2008, from [nces.ed.gov/pubs2008/2008035.pdf](http://nces.ed.gov/pubs2008/2008035.pdf).
  - National Governors Association, (2007). *Innovation America: Building a Science, Technology, Engineering, and Mathematics Agenda*, p. 3.
  - National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
  - National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Committee on Highly Successful Science Programs for K-12 Science 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. Also available online at [http://www.stemreports.com/wpcontent/uploads/2011/06/NRC\\_STEM\\_2.pdf](http://www.stemreports.com/wpcontent/uploads/2011/06/NRC_STEM_2.pdf).
  - National Research Council. (2012). *Monitoring Progress Toward Successful K-12 STEM Education: A Nation Advancing?*. Washington DC: The National Academies Press.
  - National Science Teachers Association (NSTA). (2004). *NSTA Position Statement: Scientific Inquiry*. Also available online at <http://www.nsta.org/about/positions/inquiry.aspx>.
  - President's Council of Advisors on Science and Technology. (2010). *Prepare and Inspire: K-12 Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) Education for America's Future*. Also available online at <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcaststemed-report.pdf>.
  - Stohlmann, Micah; Moore, Tamara J.; and Roehrig, Gillian H. (2012) "Considerations for Teaching Integrated STEM Education," *Journal of Pre-College Education Research (J-PEER)*: Vol.2: Iss.1, Article 4
  - Texas High School Project (2006). *Texas Science, Technology, Engineering and Mathematics Academies Design Blueprint*. Also available online at [http://df1d1f2be44ed1b00cfcf7d0e4f3861f9706d381.gripelements.com/pdf/design\\_blueprint.pdf](http://df1d1f2be44ed1b00cfcf7d0e4f3861f9706d381.gripelements.com/pdf/design_blueprint.pdf)
  - White, D.W. (2014). *What is STEM Education and why is it important?* Florida Association of Teacher Educators Journal, 1(14), 1-8. Retrieved from <http://www.fate1.org/journals/2014/white.pdf>
  - Γαϊτάνης, Φ.& Κόσσυβας, Ι. (2018). *Αξιοποίηση του Διαδικτύου Αντικειμένων στην Εκπαίδευση STEM*. Πτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
  - Κατσαβού.Ν. (2017). *Η προώθηση της STEM εκπαίδευσης και των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα μέσα από τους διαγωνισμούς, τα φεστιβάλ και τις εκθέσεις ρομποτικής*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
  - Μασσαγγούρας Η., 2008, *Ομαδοσυνεργατική Διδασκαλία και Μάθηση*, εκδ.Γρηγόρη