



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
&
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
&
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Παράγοντες επιτυχίας της εκπαίδευσης STEM

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΤΖΑΡΑΛΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ

(ΑΕΜ: p300208)

Επιβλέπων : **Βέργαδος Δημήτριος**
Ιδιότητα

Καστοριά
4 Μαρτίου - 2023

Η παρούσα σελίδα σκοπίμως παραμένει λευκή



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
&
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
&
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Παράγοντες επιτυχίας της εκπαίδευσης STEM

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΤΖΑΡΑΛΗ ΚΩΝ/ΝΟΥ

(ΑΕΜ: p300208)

Επιβλέπων : Ονοματεπώνυμο Δημήτριος Βέργαδος
Ιδιότητα

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την (εδώ συμπληρώνεται η ημερομηνία εξέτασης της εργασίας).

Βέργαδος Δημήτριος
Ον/μο Μέλους
Ιδιότητα Μέλους

Νίκος Δημόκας
Ον/μο Μέλους
Ιδιότητα Μέλους

Σπυρίδων Νικολάου
Ον/μο Μέλους
Ιδιότητα Μέλους

Καστοριά 4 Μαρτίου - 2023

Copyright © 2023 - Τζαραλής Κωνσταντίνος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν αποκλειστικά τον συγγραφέα και δεν αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας.

Ως συγγραφέας της παρούσας εργασίας δηλώνω πως η παρούσα εργασία δεν αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και δεν περιέχει υλικό από μη αναφερόμενες πηγές.

Ευχαριστίες

Περίληψη

Στόχος: Να καταγραφούν οι παράγοντες που θεωρούνται καθοριστικοί για την επιτυχή εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM σε ένα εκπαιδευτικό σύστημα, όπως επίσης ο τρόπος με τον οποίο επιδρούν στους εκπαιδευτικούς, στους μαθητές αλλά και στην κοινωνία γενικότερα. Επιδιώκεται η ολιστική προσέγγιση του περιεχομένου της STEM και ο εντοπισμός κάθε παραμέτρου που έχει καταγραφεί σε βιβλιογραφικό και ερευνητικό επίπεδο.

Μεθοδολογία: Αξιοποιήθηκαν έρευνες και βιβλιογραφία της τελευταίας δεκαετίας κυρίως, προερχόμενες από έγκυρα διεθνή περιοδικά αλλά και εθνικούς ή διεθνείς οργανισμούς (ΣΕΒ, World Economic Forum κ.ά.). Οι παράγοντες απαριθμήθηκαν και παρουσιάστηκαν συνοδευόμενοι από πρόσθετες μελέτες που παρουσίαζαν απόψεις εκπαιδευτικών, με την πλειοψηφία των μελετών να προέρχεται από το διάστημα 2017-2021.

Αποτελέσματα: Η εκπαίδευση STEM μπορεί να συνδράμει καθοριστικά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων στους μαθητές, ωστόσο απαιτούνται εκπαιδευτικοί που γνωρίζουν πρακτικές ορθής αξιοποίησης του περιεχομένου της, κατάλληλες υποδομές και δέσμευση από την πολιτεία στη διαρκή στήριξη της εκπαίδευσης, στην κατεύθυνση επιτυχούς υλοποίησης δραστηριοτήτων STEM. Παράγοντας επιτυχίας θεωρείται πρωτίστως ένας ολοκληρωμένος σχεδιασμός του συστήματος εκπαίδευσης, ο οποίος θα ενσωματώνει τη STEM σε όλο το φάσμα των εκπαιδευτικών βαθμίδων, ενώ έπονται η στήριξη των εκπαιδευτικών, η ύπαρξη κατάλληλων μέσων, τεχνολογιών και υλικών, η ευαισθητοποίηση των μαθητών στα πλαίσια του επαγγελματικού προσανατολισμού αλλά και στη βάση της διεύρυνσης των επιλογών τους για το μέλλον, η δημιουργία ενός εκπαιδευτικού συστήματος που θα καθιστά ελκυστικές τις διδακτικές του ενότητες και επίσης, οι εκπαιδευτικές απαιτήσεις που δυσκολεύουν αναλογικά με την ηλικία των μαθητών και οι οποίες δεν τους επιβαρύνουν ποσοτικά αλλά τους επιτρέπουν την ικανοποίηση της περιέργειας, τους δίνουν επιλογές ενασχόλησης με πολλά πεδία και προωθούν τις συνεργασίες.

Λέξεις Κλειδιά: εκπαίδευση STEM, παράγοντες επιτυχίας

Abstract

Purpose:

Methodology:

Results:

Key Words:

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	ii
Abstract	iii
Εισαγωγή	1
1. Γενικές πληροφορίες για την εκπαίδευση STEM.....	5
1.1 Ορισμός της έννοιας	5
1.1.1 Επεκτείνοντας την εκπαίδευση STEM	8
1.2 Η εκπαίδευση STEM στο χρόνο	10
1.3 Θεωρίες που συνδέονται με το περιεχόμενο της STEM.....	11
1.4 Στάση εκπαιδευτικών απέναντι στη μέθοδο STEM.....	16
2. Εκπαιδευτικοί & μαθητές σε διδασκαλία STEM	20
2.1 Επιδιώξεις και στόχοι.....	20
2.2 Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα εκπαίδευσης STEM.....	22
2.3 Αναλυτικό Πρόγραμμα στην εκπαίδευση STEM	24
2.4 Ορίζοντας την επιτυχία στην εκπαίδευση STEM	25
2.5 Ρόλος εκπαιδευτικών στην εφαρμογή της STEM.....	30
2.6 Διδακτικές πρακτικές.....	31
2.6.1 <i>Inquiry-Based Learning method</i>	31
2.6.2 <i>Project method</i>	35
2.6.3 <i>Engineering-Based Learning method</i>	36
2.6.4 <i>Problem-Based Learning method</i>	37
2.7 Η εκπαίδευση STEM ως αναπτυξιακός παράγοντας.....	40
3. Παράγοντες επιτυχίας της εκπαίδευσης STEM.....	43
3.1 Παράγοντες που παρεμποδίζουν την επιτυχία	43
3.2 Ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός του συστήματος εκπαίδευσης	45
3.3 Απόδοση ελκυστικότητας στις πρακτικές διδασκαλίας.....	46
3.4 Εκπαιδευτικές απαιτήσεις.....	48
3.5 Υποστήριξη εκπαιδευτικών & επαγγελματική εξέλιξη	49
3.6 Εργαλεία, μέσα, υποδομές & τεχνικές προδιαγραφές	51
3.7 Οι επαφές με το περιβάλλον εκτός σχολείων	52
3.8 Η παράμετρος του επαγγελματικού προσανατολισμού	53
3.9 Ευαισθητοποίηση & πληροφόρηση.....	55
3.10 Ο παράγοντας της απαιτούμενης δέσμευσης.....	56
4. Συμπεράσματα.....	59
Αναφορές.....	64

<i>Ελληνόγλωσση</i>	64
<i>Ξενόγλωσση</i>	65
<i>Επίσημοι ιστότοποι</i>	70

Εισαγωγή

Είναι γενικότερα αποδεκτό ότι το ελληνικό σύστημα εκπαίδευσης είχε για μεγάλο διάστημα (και παραμένει ακόμα, σε σημαντικό βαθμό), χαρακτήρα δασκαλοκεντρικό (δηλαδή η πρωτοβουλία των δράσεων δίνεται στον εκπαιδευτικό πιο πολύ, παρά στους μαθητές), ενώ έχει διατυπωθεί πως η λειτουργία του εξυπηρετεί περισσότερο την παθητική πρόσληψη της γνώσης, τις ατομικές επιδόσεις, το πνεύμα ανταγωνισμού και την ομοιομορφία της μαθητικής κοινότητας (Κακανά & Μπότσογλου, 2010). Ως εκ τούτου, το ελληνικό σύστημα εκπαίδευσης φαίνεται πως δυσχεραίνει την επίτευξη συνεργασιών μεταξύ των μαθητών, δεν τους δίνει τη δυνατότητα να αλληλεπιδρούν στο βαθμό που θα μπορούσαν μέσα στο περιβάλλον της τάξης, ενώ οι εκπαιδευτικές πρακτικές που αξιοποιούνται, θεωρούνται ιδιαίτερα παρωχημένες (Ματσαγγούρας, 2012).

Ωστόσο, υπάρχει και μια άλλη παράμετρος την οποία η ερευνητική και εκπαιδευτική κοινότητα αποδέχονται, αυτή της ανάγκης των μαθητών του σήμερα, να βρεθούν αντιμέτωποι με μια περισσότερο σύνθετη αναζήτηση της γνώσης, με περαιτέρω επεξεργασία της προς βέλτιστη αξιοποίηση όσων μπορεί να προσφέρει, σε αντίθεση με την απλή ανάκληση πληροφοριών “από μνήμης”, κάτι που δε μπορεί να τους προσφέρει ένα δασκαλοκεντρικό μοντέλο εκπαίδευσης. Βάσει αυτού του σκεπτικού, οι παρούσες γενιές μαθητών θα συναντήσουν σοβαρές δυσκολίες τόσο στην αποτελεσματική εκπλήρωση των τρεχουσών απαιτήσεων όσο και στην ικανοποίηση των μελλοντικών τους αναγκών (Μακρής, 2014).

Έτσι, ένα μέρος των ερευνητών του εκπαιδευτικού κλάδου, καταβάλλει προσπάθειες προκειμένου να προσδιορίσει εκείνες τις δεξιότητες που θα ήταν καλό να διαθέτουν ανεπτυγμένες οι μαθητές του σήμερα, προκειμένου να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις του αύριο. Τέτοιες δεξιότητες φαίνεται πως υπάρχει συμφωνία ότι περιλαμβάνουν την ικανότητα συνεργασίας, τα ηγετικά χαρακτηριστικά, τη δυνατότητα να προσαρμόζεται κάποιος σε καταστάσεις και να ελίσσεται, το επιχειρηματικό πνεύμα, την ανάληψη πρωτοβουλιών, την ικανότητα να αναπτύσσει αποτελεσματικό προφορικό και γραπτό λόγο, την ικανότητα να αναλύει δεδομένα αλλά και την ανεπτυγμένη φαντασία (Ματσαγγούρας, 2012). Υπάρχουν όμως και ερευνητές που θεωρούν σημαντικές τις ανεπτυγμένες κοινωνικές και επικοινωνιακές

δεξιότητες, την ικανότητα αυτοδιαχείρισης, την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων με αντισυμβατικές μεθόδους και τη συστημική σκέψη (Μακρής, 2014).

Αυτό είναι που προσφέρει η λεγόμενη “εκπαίδευση STEM” (STEM education), η οποία συμβάλει στο να αναπτυχθούν δεξιότητες απαραίτητες για το μέλλον. Ακόμα περισσότερο, η εν λόγω εκπαιδευτική πρακτική αντιμετωπίζεται ως ο μοχλός που θα ενισχύσει τους μαθητές στην ανάπτυξη μιας διαφοροποιημένης λίστας στρατηγικών, με τη βοήθεια των οποίων θα επιλύονται προβλήματα από διάφορους επιστημονικούς κλάδους, ενώ παράλληλα θα διευρύνουν το γνωστικό τους υπόβαθρο, θα αναπτύσσουν δεξιότητες και θα μπορούν να καταξιωθούν τόσο σε επιστημονικό όσο και οικονομικό επίπεδο (Hannover Research, 2012).

Συνεπώς, έχει τεθεί ως στόχος από τα εκπαιδευτικά συστήματα πολλών κρατών, η ενσωμάτωση του περιεχομένου των προγραμμάτων STEM, αφού μέσα από αυτά οι μαθητές προετοιμάζονται και ενισχύονται, με σκοπό να καταφέρουν να ανταποκριθούν στις μελλοντικές απαιτήσεις της κοινωνίας και των επαγγελμάτων από τα οποία πιθανόν να διέλθουν. Ενθαρρυντικό στοιχείο, αποτελεί το γεγονός ότι τα κράτη που έχουν ήδη εισάγει μέρος της εκπαίδευσης STEM στο σύστημά τους, σημειώνουν υψηλότερες επιδόσεις στους διαγωνισμούς που διεξάγονται από το “Διεθνές Πρόγραμμα Αξιολόγησης Μαθητών” (Programme for International Student Assessment), το οποίο διεξάγεται υπό την αιγίδα του διεθνούς “Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας & Ανάπτυξης” (Organization for Economic Cooperation & Development). Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων κρατών είναι η Γερμανία, η Φινλανδία, η Ιαπωνία, η Νότια Κορέα και αρκετές ακόμη (Roungos, Kalloniatis & Matsinos, 2020).

Ωστόσο, το γεγονός ότι το περιεχόμενο της εκπαίδευσης STEM έχει αποτελέσει το επίκεντρο των πολιτικών εκπαίδευσης για πολλά κράτη, έχει οδηγήσει στο παρελθόν στην ανάδυση προσεγγίσεων (εκτός από αρκετών σε αριθμό) αντικρουόμενων μεταξύ εκπαιδευτικών συστημάτων αλλά και μεταξύ ηλικιών, ενώ έχει προλειάνει το έδαφος για αυτονόμηση προγραμμάτων εκπαίδευσης, για την αξιοποίηση της εξ’ αποστάσεως εκπαίδευσης (distant learning), για την ίδρυση ομάδων STEM, τη δημιουργία Ειδικών Σχολείων ή/και επιμορφωτικών προγραμμάτων (Ματσαγγούρας, 2012). Μάλιστα, στις ΗΠΑ (από όπου έχει και τις ρίζες της, οι οποίες φτάνουν στα μέσα του 19^{ου} αιώνα και τη “Δράση Morrill” για την

προαγωγή των αγροτικών επιστημών), τα εκπαιδευτικά ιδρύματα είθισται να διαχωρίζονται στα (Σιφνιώτη, 2016):

- i. *επιλεκτικά STEM (selective STEM educational units), στα οποία φοιτούν μαθητές που ενδιαφέρονται για το ευρύτερο πεδίο της STEM ή διαθέτουν δεξιότητες που ανταποκρίνονται σε σύγχρονες εκπαιδευτικές απαιτήσεις, με την επιλογή των μαθητών να στηρίζεται σε προκαθορισμένα κριτήρια*
- ii. *σχολεία που εφαρμόζουν STEM και στοχεύουν σε μαθητές παρόμοιων δεξιοτήτων αλλά χωρίς η επιλογή τους να ακολουθεί συγκεκριμένα κριτήρια*
- iii. *σχολεία που δίνουν σημαντική έμφαση στο περιεχόμενο της STEM, την εκπαίδευση σε τεχνικά πεδία και τη σταδιοδρομία στην οποία μπορεί να οδηγήσει, στα οποία απευθύνονται μαθητές προερχόμενοι από «σχολική διαρροή» ή τάσεις εγκατάλειψης της εκπαίδευσης και τα οποία επίσης δεν εφαρμόζουν κριτήρια*

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι ο εντοπισμός και η αναλυτική καταγραφή των παραγόντων εκείνων που έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής της εκπαίδευσης STEM, ενώ στοχεύει στην ανανέωση της γνώσης που υπάρχει - ήδη σε μεγάλες ποσότητες - σχετικά με το περιεχόμενο αυτής της πρακτικής και τους παράγοντες που την ενισχύουν. Για το λόγο αυτό, λαμβάνει χώρα εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση γύρω από το εν λόγω ζήτημα, χρησιμοποιώντας ως κύρια λήμματα σε βάσεις δεδομένων όπως Google Scholar, ScienceDirect (Elsevier) και ERIC (US Department of Education, τα “*STEM successors*” και “*STEAM successors*”. Επιπροσθέτως, η μέθοδος αναζήτησης πληροφοριών θα περιλαμβάνει και τη διενέργεια ελεύθερης αναζήτησης πληροφοριών στο διαδίκτυο, από τις οποίες ωστόσο θα επιλεγούν αυστηρά οι πληροφορίες (άρθρα, δημοσιεύσεις, μελέτες) που βρίσκονται σε επίσημους φορείς ή ιστοσελίδες που ανήκουν σε αναγνωσμένου κύρους περιοδικά και φορείς, προκειμένου να καλύπτεται η εγκυρότητα που απαιτείται για το επίπεδο της παρούσας ακαδημαϊκής εργασίας. Σημειωτέον, ότι θα αποκλειστούν οι πληροφορίες που χρονολογούνται πριν το 2010, εξαιρουμένων πολύ συγκεκριμένων από αυτές, ενώ οι έρευνες που θα παρουσιαστούν αναλυτικά, θα είναι αυστηρά της τελευταίας δεκαετίας, ώστε να ικανοποιούν το κριτήριο της σύγχρονης πληροφορίας.

Τα αποτελέσματα αναμένεται να εμπλουτίσουν την υπάρχουσα βιβλιογραφία, προσφέροντας νέες πηγές πληροφοριών και τα συμπεράσματα στα οποία αναμένεται να καταλήξει η παρούσα διπλωματική, θα μπορέσουν να βοηθήσουν όχι μόνο το συγγραφέα να καλύψει το σύνολο σχεδόν του εύρους της STEM εκπαίδευσης αλλά και μελλοντικούς ερευνητές, προκειμένου να διενεργήσουν πιο στοχευμένες έρευνες σε κοινό. Τέλος, οι πληροφορίες που θα παρουσιαστούν, θα στοχεύουν και στην αναβάθμιση της γνώσης των ίδιων των εκπαιδευτικών, οι οποίοι - εφόσον τους δίνεται η δυνατότητα - θα μπορούν να αξιοποιήσουν την εκπαίδευση STEM στο περιβάλλον του σχολείου αλλά και να εντοπίσουν διαφορές από άλλα εκπαιδευτικά συστήματα, σε Ευρώπη, ΗΠΑ και διεθνώς.

1. Γενικές πληροφορίες για την εκπαίδευση STEM

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται ορισμένες έννοιες που οριοθετούν την εκπαίδευση STEM, προκειμένου να καταστεί περισσότερο κατανοητό το περιεχόμενό της. Στην ουσία, πρόκειται για ένα κεφάλαιο που εισάγει σταδιακά τον αναγνώστη σε έννοιες που αφορούν την εν λόγω διδασκαλία και συνοδεύεται επίσης από μια μικρή και σύντομη ιστορική αναδρομή, καθώς και με ορισμένες θεωρίες οι οποίες συνδέονται άμεσα με τις μεθόδους με τις οποίες αυτή εφαρμόζεται στην πράξη.

1.1 Ορισμός της έννοιας

Έχει γίνει αναφορά στο εισαγωγικό μέρος της εργασίας, στην εκπαίδευση STEM, ωστόσο τα αρχικά του όρου δεν έχουν παρουσιαστεί. Πρόκειται λοιπόν για αρκτικόλεξο προερχόμενο από τις λέξεις *Science, Technology, Engineering & Mathematics* (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική & Μαθηματικά), με τον όρο να αξιοποιείται επισήμως για πρώτη φορά στις αρχές του 21^{ου} αιώνα και να θεωρείται έκτοτε ως μια εκπαιδευτική προσέγγιση για την ενσωμάτωση των παραπάνω επιστημονικών πεδίων, στη διδασκαλία. Πιο αναλυτικά, η εκπαίδευση STEM θεωρείται καινοτομία που έχει πλέον εισέλθει στις εκπαιδευτικές πρακτικές και βάσει αυτής σχεδιάζονται - σε πολλά κράτη διεθνώς - τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών. Την ίδια στιγμή, η καινοτομία αυτή συμβάλλει στη δημιουργία υλικού με τη βοήθεια του οποίου καλύπτονται εκπαιδευτικές ανάγκες και εξυπηρετείται η τάση για διδασκαλία των προαναφερθέντων γνωστικών πεδίων, ως ενιαίο εκπαιδευτικό σύνολο (Asghar et al., 2012).

Πυρήνας της εκπαίδευσης STEM είναι η αντιμετώπιση προβλημάτων και η προτροπή των μαθητών να συμμετέχουν ενεργά στον εντοπισμό λύσεων, αξιοποιώντας πληροφορίες και γνώσεις από πολλά επιστημονικά πεδία (δια-επιστημονικότητα). Οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες που άπτονται της εκπαίδευσης STEM, δεν περιορίζονται σε μια εκπαιδευτική βαθμίδα αλλά τις αφορούν όλες, ξεκινώντας από την Προσχολική Αγωγή (Preschool Education) και φτάνοντας μέχρι και τα στάδια μετά την απόκτηση Διδακτορικών τίτλων (PhD) (Gonzalez & Kuenzi, 2012).

Όπως ήδη έχει σημειωθεί, οι εκπαιδευτικές πολιτικές αρκετών κρατών έχουν θέσει στο επίκεντρο των δράσεών τους το περιεχόμενο της εκπαίδευσης STEM και

έχουν προκύψει έτσι πολλές προσεγγίσεις μεταξύ εκπαιδευτικών συστημάτων, ενίοτε αντικρουόμενες. Ως εκ τούτου, ο χαρακτηρισμός που έχει δοθεί στην εκπαίδευση STEM, από μερίδα συγγραφέων, είναι ότι περιλαμβάνει μια σειρά ασαφών παραμέτρων, γεγονός που γίνεται αντιληπτό εξαιτίας των πολλών ορισμών με τους οποίους προσδιορίζεται (Marginson et al., 2013).

Ξεκινώντας για παράδειγμα από τον αμερικανικό κυβερνητικό οργανισμό του Εθνικού Ιδρύματος Επιστημών (*National Science Foundation, NSF*), η εκπαίδευση STEM περιλαμβάνει και τις Κοινωνικές Επιστήμες (Social Sciences), πέρα από τους ευρέως αποδεκτούς επιστημονικούς τομείς των Φυσικών Επιστημών, των σύγχρονων Τεχνολογιών/Υπολογιστών, της Μηχανικής και των Μαθηματικών. Στις κοινωνικές επιστήμες ανήκουν όμως η Ψυχολογία, τα Οικονομικά, οι Πολιτικές Επιστήμες αλλά και η Κοινωνιολογία (Green, 2007). Σύμφωνα με άλλους ερευνητές, η εκπαίδευση STEM ορίζεται ως “*μια εκπαιδευτική προσέγγιση η οποία εξετάζει τη μάθηση και τη διδασκαλία ανάμεσα σε δύο οποιαδήποτε θεματικά πεδία STEM ή μεταξύ ενός πεδίου και των θεμάτων που εξετάζονται στα σχολεία*” (Marginson et al., 2013). Τέλος, ο αρμόδιος για την εκπαίδευση φορέας των ΗΠΑ, έχει προσδώσει στην εκπαίδευση STEM τον ορισμό των “*προγραμμάτων τα οποία στοχεύουν να παρέχουν υποστήριξη ή/και ενίσχυση στα τέσσερα κύρια επιστημονικά πεδία που περιλαμβάνει, σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, ακόμη και αυτής των ενηλίκων*” (US Department of Education, 2017).

Πέρα από την αποτύπωση ορισμών, η εκπαίδευση STEM είναι επί της ουσίας μια εκπαιδευτική προσέγγιση με διεπιστημονικό χαρακτήρα για τη μάθηση, στη βάση της οποίας συνδυάζονται διάφορες αυστηρές έννοιες ακαδημαϊκού ύφους, με τα μαθήματα που αφορούν τον πραγματικό κόσμο. Αυτό συμβαίνει κατά την πορεία εφαρμογής των επιστημονικών πεδίων της STEM από τους μαθητές, με τη βοήθεια ενός κατάλληλα σχεδιασμένου πλαισίου το οποίο καταφέρνει να συνδέσει την ύλη του σχολείου με το τοπικό και παγκόσμιο επιχειρηματικό περιβάλλον, καθώς και την τοπική κοινωνία. Παράλληλα, το πλαίσιο αυτό δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης γνώσεων για κάθε πεδίο της STEM, επιτρέποντας στους μαθητές να γίνονται ανταγωνιστικοί, απέναντι σε όσα θα συναντήσουν στο μέλλον σε εργασιακό και οικονομικό επίπεδο (Τσιαστούδης & Πολάτογλου, 2018).

Η αναφορά στην ανάπτυξη αυτή, συναντάται συνήθως με μια πολύ συγκεκριμένη φράση, ως “*γραμματισμός STEM*” (ή εγγραμματισμός) και θα μπορούσε να οριστεί ως μια διαδικασία δυναμική, που σημειώνει πλήθος μεταβολών

με το πέρασμα του χρόνου, σκοπός της οποίας είναι να βοηθήσει τους μαθητές να μεταβούν από την εκπαίδευση STEM, στην απόκτηση δεξιοτήτων για την αξιοποίηση των επιστημονικών της πεδίων και τη δια βίου μάθηση (Roungos, Kalloniatis & Matsinos, 2020). Παράλληλα, συναντάται και ακόμη ένας όρος που αφορά την εκπαίδευση STEM, η λεγόμενη “δια-θεματικότητα” (cross-subject ή cross-thematic) που έχει επίσης αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα και υποδηλώνει τη διερεύνηση ενός θέματος από διάφορες σκοπιές (σφαιρικά), το οποίο μάλιστα εμπίπτει σε περισσότερα του ενός, γνωστικά επιστημονικά πεδία (διεπιστημονικότητα ή interdisciplinarity). Ως αποτέλεσμα, οι μαθητές αποκτούν καλύτερη εικόνα τόσο των ειδικών γνώσεων που το αφορούν όσο και της επίδρασης που πιθανόν ασκεί, στην καθημερινότητα (Τσιαστούδης & Πολάτογλου, 2018).

Μέσα από την εκπαίδευση STEM, όχι μόνο προβάλλεται αλλά επιδιώκεται η διαπίστωση των συνδέσεων των επιστημονικών πεδίων, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο ένα είδος παραλληλισμού της ζωής στο περιβάλλον του σχολείου, με τη ζωή εκτός αυτού. Εξάλλου, στα πλαίσια της εκπαίδευσης STEM είναι και η εμπλοκή των μαθητών σε ομαδικές δραστηριότητες, η ανάπτυξη της δεξιότητας της συνεργασίας, η επιτυχημένη αλληλεπίδραση και η αξιοποίηση εμπειριών που βίωσαν οι μαθητές. Σε τελική ανάλυση, όπως έχουν σημειώσει και οι Gonzalez & Kuenzi (2012), οι άνθρωποι δε ζούνε σε διαφορετικούς κόσμους αλλά σε έναν, στον οποίο το αντικείμενο κάθε επιστημονικού πεδίου συνδέεται με αυτό των υπολοίπων, δημιουργώντας ένα ενιαίο σύνολο βιωμάτων.

Κλείνοντας λοιπόν την παρούσα ενότητα, αξίζει μια σύντομη αναφορά στο περιεχόμενο καθενός από τα τέσσερα κύρια πεδία με τα οποία καταπιάνεται η εκπαίδευση STEM. Έτσι, σε αυτό της Επιστήμης (Science) εντάσσεται τόσο η μελέτη όσο και η καλύτερη κατανόηση του φυσικού κόσμου στον οποίο ζει κάθε άνθρωπος, επομένως πρόκειται για ένα πεδίο ιδιαίτερα διευρυμένο, στο οποίο ανήκουν επιστήμες όπως αυτές της Χημείας, της Φυσικής, της Βιολογίας, της Ιατρικής και πολλές ακόμα.

Όσον αφορά τη Τεχνολογία (Technology) έπειτα, σε αυτή ανήκουν κλάδοι όπως η Πληροφορική, η Βιομηχανία, έννοιες που αφορούν τα Logistics και αρκετές ακόμη, ενώ όσον αφορά τη Μηχανική, συναντώνται κλάδοι σαν αυτούς των Πολιτικών Μηχανικών και των Αρχιτεκτόνων ή ο,τιδήποτε έχει σχέση με κατασκευές κινητών και ακίνητων, όπως για παράδειγμα η Αεροναυπηγική. Τέλος, όσον αφορά το πεδίο των Μαθηματικών, είναι σχεδόν αυτονόητο ότι σε αυτό συναντώνται όλοι οι

κλάδοι της Γεωμετρίας, των Εφαρμοσμένων ή μη-Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και γενικά ο,τιδήποτε σχετίζεται με το εν λόγω αντικείμενο (Ματσαγγούρας, 2012).

1.1.1 Επεκτείνοντας την εκπαίδευση STEM

Το 2012, η εκπαίδευση STEM αναβαθμίστηκε, αφού στις ΗΠΑ προτάθηκε από το National Research Council μια προσθήκη σε αυτή την εκπαιδευτική πρακτική. Πιο συγκεκριμένα, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα θα μπορούσαν πλέον να εντάξουν στις τάξεις τους και τις Τέχνες (Arts), με αποτέλεσμα να υπάρχει πέραν της εκπαίδευσης STEM και η εκπαίδευση STEAM (Birt & Cowling, 2017).

Αμφότερα τα δύο είδη προάγουν την ενσωμάτωση των Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών στην εκπαίδευση, με την προσθήκη των Τεχνών από τη σκοπιά της εκδοχής STEAM, η οποία μάλιστα στοχεύει στην ενίσχυση της μάθησης (μέσα από την εμπάθυνση και τη συνεργατικότητα) στα παιδιά, ενσωματώνοντας την κατάλληλη διδακτέα ύλη. Η ενεργητική και οικολογική προσέγγιση στην εκπαίδευση, δίνει έμφαση στο ρόλο που διαδραματίζει ο εκπαιδευτικός, το μαθησιακό πλαίσιο και το κοινωνικο-πολιτιστικό περιβάλλον, στη διαμόρφωση μαθησιακών εμπειριών που θα βιώνουν οι μαθητές. Η εν λόγω προσέγγιση περιγράφει επίσης την εκπαίδευση ως διαδικασία που ενσωματώνει τη γνωστική συσσώρευση της καθοδηγούμενης αντίληψης και των δράσεων (guided perception & action). Πέραν της προσθήκης του αντικειμένου των Τεχνών, η εκπαίδευση STEAM συνεχίζει να αποτελεί μια διαδικασία που εξαρτάται από την αλληλεπίδραση μεταξύ εκπαιδευομένων και των ψηφιακών ή/και αναλογικών δυνατοτήτων που βρίσκονται εντός του κοινωνικο-τεχνολογικού τους περιβάλλοντος (Videla, Aguayo & Veloz, 2021).

Η ανάγκη εφαρμογής της εκπαίδευσης STEM/STEAM - όπως αυτή προτάθηκε από το National Research Council - δίνει έμφαση στο γεγονός ότι τα ισχυρά εκπαιδευτικά θεμέλια, τα οποία έχουν στηριχθεί σε επιστημονικές δεξιότητες, θεωρούνται καίριας σημασίας για την εξυπηρέτηση των τεχνολογικών προκλήσεων της μετα-βιομηχανικής κοινωνίας. Αυτό φαίνεται και από μελέτες που έχουν δημοσιευθεί στο πρόσφατο παρελθόν (Frey & Osbourne, 2013), στις οποίες αποτυπώνεται ότι έως τις αρχές της δεκαετίας του 2030, το 47% των επαγγελματιών του σήμερα παρουσιάζουν σοβαρό κίνδυνο εξαφάνισης, ως αποτέλεσμα των

αυτοματοποιήσεων πολλών λειτουργιών. Αυτό καθιστά αναγκαία τη δημιουργία εκπαιδευτικών προγραμμάτων τα οποία θα βασίζονται στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων της αντίληψης και της χειραγώγησης, καθώς επίσης της δημιουργικής και κοινωνικής ευφυίας.

Τα στοιχεία για την εκπαίδευση STEM/STEAM, αντικατοπτρίζουν ένα σύνολο από μελέτες που τείνουν να συμβάλλουν στο πεδίο αυτό, από διαφορετικές κατευθύνσεις. Για παράδειγμα, με σκοπό να προωθηθεί η ενσωμάτωση της εκπαίδευσης STEAM, έχει προταθεί η δημιουργία αυθεντικών ιστοριών, χρησιμοποιώντας ένα διαδικτυακό πρόγραμμα μοντελοποίησης 3D, στο οποίο οι μαθητές δημιουργούν τρισδιάστατους χαρακτήρες (με τη βοήθεια κατάλληλων εκτυπωτών) που θα τις συνοδεύουν (Liao, 2016). Με τη σειρά τους, οι Hadani & Rood (2018) έφεραν εις πέρας διάφορες δράσεις STEM για την παρατήρηση του τρόπου με τον οποίο η αισθητηριο-κινητική ενασχόληση συμβάλλει στην κατανόηση επιστημονικού περιεχομένου, με σκοπό να αναλυθεί η πρόοδος των δεξιοτήτων στην κατασκευή αντικειμένων που άπτονται του πεδίου της εκπαίδευσης STEM.

Εν κατακλείδι, αυτό που θα πρέπει να σημειωθεί, είναι το γεγονός ότι εντός του πλαισίου ανάπτυξης δεξιοτήτων στον 21^ο αιώνα, θεωρείται αναγκαία ή καλλιέργεια γενικών δεξιοτήτων, η βαθιά κατανόηση εννοιών και η διεπιστημονική τους σύνδεση. Η εκπαίδευση STEM/STEAM, με όποια μορφή και αν εφαρμοστεί, παρουσιάζεται ως πεδίο εκπαιδευτικής ανάπτυξης που απαιτεί τη διδασκαλία προκειμένου να ανταπεξέλθει σε πραγματικά προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίζει η κάθε κοινωνία. Ωστόσο, η παραδοσιακή διδακτέα ύλη σε διάφορα μέρη του κόσμου, συνεχίζει να επικεντρώνεται στη διδασκαλία διακριτών θεματικών κλάδων, οι οποίοι αποδεδειγμένα πλέον εμποδίζουν τη διερεύνηση των μεταξύ τους συνδέσεων και ως εκ τούτου, τη βαθύτερη κατανόηση (Abrahamson et al., 2020).

Η βαθιά κατανόηση, είναι στην ουσία γνώση που μεταφέρεται μεταξύ διαφορετικών πλαισίων, συμπεριλαμβανομένων της θεματικής και της διαδικαστικής γνώσης, σχετικά με το πώς, γιατί και πότε να εφαρμόζεται, ώστε να απαντώνται ερωτήσεις και να επιλύονται πραγματικά προβλήματα. Από την άλλη, η οικολογική γνώση - την οποία μπορεί να προσφέρει η εκπαίδευση STEM/STEAM - προέρχεται από την αναδιαμόρφωση των αισθητηριο-κινητικών εμπειριών της εξερεύνησης και του χειροκίνητου ελέγχου, σε δεξιότητες εννοιολογικής κατανόησης, οι οποίες μπορούν να μεταφερθούν σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Αυτή είναι εξάλλου η διεπιστημονική φύση της εκπαίδευσης STEM/STEAM, η οποία βασίζεται σε

εκπαιδευτικές προσεγγίσεις που διερευνούν τόσο την εκπαίδευση όσο και τη μάθηση, κατά μήκος διαφορετικών επιστημονικών πεδίων (Honey, Pearson & Schweingruber, 2014).

1.2 Η εκπαίδευση STEM στο χρόνο

Μπορεί η έννοια της εκπαίδευσης STEM να έχει λάβει τη σημερινή της μορφή εδώ και μερικές δεκαετίες, ωστόσο η αρχική της εμφάνιση δεν είναι τόσο πρόσφατη. Αναζητώντας κάποιος τη χρήση των εννοιών της εκπαίδευσης STEM στο χρόνο, θα εντοπίσει ότι συναντάται από την περίοδο της Βιομηχανικής Επανάστασης (μέσα 18^{ου} έως μέσα 19^{ου} αιώνα), όταν γνωστοί εφευρέτες όπως οι Ford H. και Edison T. εφάρμοζαν εμπράκτως τις θεωρίες που συναντώνται σήμερα στο περιεχόμενό της και πολύ πριν κάνουν την εμφάνισή τους στο χώρο της εκπαίδευσης. Οι αρχές στις οποίες μάλιστα στηρίζεται το σύνολο της εν λόγω μορφής εκπαίδευσης, αξιοποιήθηκαν στο έπακρο από αντίστοιχους ανθρώπους, προκειμένου να δημιουργήσουν κάποιες από τις πλέον χρήσιμες τεχνολογικές καινοτομίες στην ιστορία της ανθρωπότητας (Kearney, 2016).

Αν και η εκπαίδευση STEM με τη μορφή που τη γνωρίζει σήμερα η σύγχρονη εκπαίδευση, αποτελεί δημιούργημα ποικίλων γεγονότων στην ανθρώπινη ιστορία, η νομοθεσία του Morrill στις ΗΠΑ των αρχών του 1860 θεωρείται ως το σημαντικότερο εξ' αυτών. Ο λόγος έγκειται στο γεγονός ότι χάρει στην εν λόγω νομοθεσία ενισχύθηκε η χρηματοδότηση των ακαδημαϊκών ιδρυμάτων σε ομοσπονδιακό επίπεδο και αναπτύχθηκαν παραγωγικές μονάδες με σημαντικής έκτασης γη, όπως επίσης δημιουργήθηκαν εγκαταστάσεις για την αποτελεσματικότερη διαχείριση της παραγωγής. Σε πρώτη φάση, τα ακαδημαϊκά ιδρύματα έδωσαν έμφαση στη βελτίωση της κατάρτισης γύρω από τον πρωτογενή τομέα παραγωγής και δει τη γεωργία, ενώ στη συνέχεια (και σε πολύ σύντομο διάστημα) άρχισαν να δημιουργούνται προγράμματα που θα βελτίωναν το επίπεδο γνώσεων σχετικά με τη μηχανική. Με τον καιρό, τα ακαδημαϊκά αυτά ιδρύματα ξεκίνησαν την εφαρμογή πρακτικών που σήμερα συναντώνται στην εκπαίδευση STEM, χωρίς να έχει καν ακόμα διατυπωθεί επαρκώς το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο αυτή στηρίζεται (Butz et al., 2005).

Τέλος, ο 20^{ος} αιώνας εγκυμονούσε δύο πρόσθετα γεγονότα, τα οποία έμελλε να συμβάλλουν καθοριστικά στον εμπλουτισμό των θεωριών STEM. Το πρώτο από αυτά ήταν ο Β΄ Παγκόσμιος Πόλεμος με την επιτακτική ανάγκη εξέλιξης της πολεμικής βιομηχανίας, με σκοπό την επικράτηση έναντι του εχθρού. Το δεύτερο ήταν η ανάπτυξη του διαστημικού προγράμματος Sputnik από την τότε Σοβιετική Ένωση, στα πλαίσια της επικράτησης στον άτυπο αγώνα για την κατάκτηση του διαστήματος με τις ΗΠΑ. Αμφότερα τα δύο αυτά γεγονότα, είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση των τόσο των επιστημονικών αναγκών όσο και την ανάγκη για επίλυση προβλημάτων. Έτσι, ως αποτέλεσμα οδήγησαν στην επιτάχυνση μιας σειράς διαδικασιών, οι οποίες θα οδηγούσαν στην ανάπτυξη των θεωριών και πρακτικών που συνέθεσαν την εκπαίδευση STEM (Ouda & Ahmed, 2016). Έτσι, προέκυψε με τον καιρό (στις αρχές του 21^{ου} αιώνα) ο όρος STEM, ο οποίος αναφέρεται σε κάθε συνδυαστική μορφή εκπαίδευσης/μάθησης, χαρακτηρίζει και οριοθετεί το σύνολο των εκδηλώσεων, των πολιτικών και των προγραμμάτων που σχετίζονται με τη συνδυαστική προώθηση των επιστημονικών πεδίων που συνθέτουν την εκπαίδευση STEM (Gonzalez & Kuenzi, 2012).

1.3 Θεωρίες που συνδέονται με το περιεχόμενο της STEM

Αξίζει σε αυτό το σημείο και για να κλείσει το πρώτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, να γίνει αναφορά στα δύο κύρια εκπαιδευτικά ρεύματα στα οποία στηρίζεται η δημιουργία και εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM. Τα ρεύματα αυτά είναι ο “*κονστροκτιβισμός*” (constructivism) και ο “*εποικοδομισμός*”, για τα οποία υπάρχει μεν σύνδεση του δεύτερου με το πρώτο (θεωρείται φυσική του επέκταση) αλλά και ορισμένες διακριτές διαφορές.

Η εκπαίδευση STEM έχει σημειωθεί και σε προηγούμενη ενότητα, ότι παρουσιάζει μια προσέγγιση διαθεματική, ενώ έχει εδραιωθεί στα θεμέλια του ρεύματος του κονστροκτιβισμού προκειμένου να διασφαλίσει την ενεργητική μάθηση, δηλαδή ότι οι μαθητές θα τοποθετούνται στο επίκεντρο και οι εκπαιδευτικοί θα λειτουργούν ως μέσα διευκόλυνσης της γνώσης/μάθησης. Το ρεύμα αυτό, έχει στηριχθεί στην άποψη ότι οι διαδικασίες ανάπτυξης και μάθησης (οι οποίες θεωρούνται αλληλεπιδραστικές) των παιδιών, θα πρέπει να ενθαρρύνονται από τους

ενήλικες, γεγονός που σημαίνει ότι οι μαθητές πρέπει να παροτρύνονται να αναζητούν τη γνώση και να επιλύουν προβλήματα μόνοι τους, αντί να τους δίνονται ακριβείς οδηγίες. Με πιο απλά λόγια, να μετατραπούν σε περισσότερο ενεργητικούς δέκτες της μάθησης (Becker & Park, 2011). Εξάλλου, σύμφωνα και με την τοποθέτηση του Piaget (1972), οι μαθητές πρέπει να αποκτούν καινούριες πληροφορίες, τις οποίες θα προσαρμόζουν στις ήδη υπάρχουσες γνώσεις που αποκτήθηκαν μέσω των εμπειριών τους.

Επομένως, αξιοποιώντας το περιεχόμενο του κονστρουκτιβισμού, οι τάξεις λειτουργούν έχοντας ως επίκεντρο τους μαθητές. Έτσι, σε όποιο εκπαιδευτικό περιβάλλον συναντώνται οι αρχές του εν λόγω ρεύματος, θα συναντήσει κάποιος ενέργειες όπως (Kennedy & Odell, 2014):

- παροχή πλήθους αναπαραστάσεων & παραδειγμάτων προερχόμενα από τον πραγματικό κόσμο
- ενθάρρυνση προς τους μαθητές, προκειμένου να προχωρούν σε συγκρίσεις και συσχετισμούς των εμπειριών τους, με τις έννοιες που διδάσκονται
- απόδοση έμφασης σε δραστηριότητες που θεωρούνται καινοτόμες και η καθοδήγησή τους είναι στοχευμένη
- εστίαση στην απόκτηση γνώσεων από τους ίδιους τους μαθητές
- εστίαση των μαθητών στις διαδικασίες σκέψης και λιγότερο στο αποτέλεσμα στο οποίο αυτές οδηγούν
- προώθηση του τρόπου με τον οποίο χτίζεται η γνώση μέσω της αλληλεπίδρασης, της ανταλλαγής και αντιπαραβολής πληροφοριών

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο πίνακας που παρουσιάζει τις διαφορές ανάμεσα στις τάξεις οι οποίες εφαρμόζουν τις αρχές του κονστρουκτιβισμού και αυτές που εφαρμόζουν την παραδοσιακή διδασκαλία. Η εν λόγω σύγκριση, οδηγεί εύκολα στο συμπέρασμα ότι οι πρώτες τάξεις θεωρούνται ίσως το πλέον κατάλληλο μοντέλο εκπαίδευσης, όπου με τη βοήθεια της σύγχρονης τεχνολογίας οι εκπαιδευτικοί μετατρέπονται σε συντονιστές της διαδικασίας μάθησης (Nanjappa & Grant, 2003).

Πίνακας 1. Συγκριτικός πίνακας μοντέλων διδασκαλίας (Πηγή: Nanjappa & Grant, 2003)	
<i>Παραδοσιακό περιβάλλον μάθησης</i>	<i>Περιβάλλον μάθησης στηριζόμενο στις αρχές του κονστρουκτιβισμού</i>

Συνεργατικές δράσεις μαθητών	Ατομικές δράσεις μαθητών
Οι μαθητές παρακινούνται να συμμετέχουν στις διαδικασίες μάθησης & διδασκαλίας	Δίνεται ύψιστη σημασία στο περιεχόμενο της επίσημης διδακτέας ύλης
Οι μαθητές αντιμετωπίζονται ως «σκεπτόμενα όντα», με ικανότητα δημιουργίας νέας γνώσης	Οι μαθητές θεωρούνται «κενοί γνώσης», στους οποίους οι εκπαιδευτικοί μεταφέρουν τις επιθυμητές και συνήθως προκαθορισμένες πληροφορίες
Υπάρχει συνεργασία εκπαιδευτικών και μαθητών εντός αλλά και εκτός τάξης	Οι εκπαιδευτικοί χαρακτηρίζονται ως «ειδήμονες», προωθώντας στους μαθητές τη γνώση
Οι εκπαιδευτικοί επιδιώκουν την ανατροφοδότηση των μαθητών, έτσι ώστε να διαπιστωθεί & να αξιολογηθεί το γνωστικό τους επίπεδο	Οι εκπαιδευτικοί καταβάλλουν προσπάθεια προκειμένου να παρουσιάσουν τις «σωστές» απαντήσεις, μέσω των οποίων θα αξιολογηθεί το γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών
Η διαδικασία μάθησης & γνώσης, έχει ενσωματώσει την αξιολόγηση των μαθητών	Η διδασκαλία των μαθητών έχει διαχωριστεί από τη διαδικασία αξιολόγησης των γνώσεων των μαθητών

Περνώντας τώρα στο ρεύμα του εποικοδομητισμού, πρόκειται για μια πιο σύγχρονη προσέγγιση της διαδικασίας μάθησης, ενώ την ίδια στιγμή αποτελεί εκπαιδευτική στρατηγική αλλά και θεωρία μάθησης. Μάλιστα, η δημιουργία της (Papert & Harel, 1991) στηρίχθηκαν για να την αναπτύξουν, στη θεωρία του κονστρουκτιβισμού του Piaget. Παρατηρώντας κάποιος το περιεχόμενό της, μπορεί να διαπιστώσει ότι στην ουσία αποτελεί μια επέκταση της θεωρίας του κονστρουκτιβισμού και επισημαίνει τη δημιουργική/κατασκευαστική πλευρά της μάθησης, αφού σε τάξεις οι οποίες υιοθετούν τις αρχές του, προάγονται τα στοιχεία της άμεσης και συνεχούς ανατροφοδότησης (feedback), ενώ ταυτόχρονα ενθαρρύνεται από τους εκπαιδευτικούς η ομαδικότητα και ο διαμοιρασμός της γνώσης μεταξύ μαθητών (sharing) (Chambers, Carbonaro & Rex, 2007).

Αξίζει επομένως να παρουσιαστούν οι αρχές στις οποίες έχει στηριχθεί το ρεύμα του εποικοδομητισμού και το περιεχόμενό του ως διδακτική πρακτική (Becker & Park, 2011):

- ✚ Η απόκτηση γνώσης αποτελεί προϊόν δημιουργίας και όχι μετάδοσης
- ✚ Η ύπαρξη γνώσεων στις οποίες έρχονται και προστίθενται νέες, αναμφίβολα ασκεί επίδραση στη διαδικασία μάθησης

- ✚ Οι μαθητές επωμίζονται το καθήκον της κατασκευής νέων γνώσεων, στηριζόμενοι στο νοητικό πλαίσιο που διαθέτουν (ενεργητική μάθηση)

Από τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι ο εποικοδομητισμός υπογραμμίζει τη σημασία που έχει η δημιουργία γνώσης (από τους μαθητές) διαμέσου πραγματικών συνθηκών μάθησης, με τους μαθητές μάλιστα να λαμβάνουν μέρος στις διαδικασίες αυτής της κατασκευής, η οποία επιτυγχάνεται όταν παρέχεται η ευκαιρία να εξερευνήσουν και να αλληλεπιδράσουν εντός του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκονται. Επιπλέον, κρίνεται αναγκαίο από την πλευρά των εκπαιδευομένων, να αντιλαμβάνονται το σκοπό των δραστηριοτήτων στις οποίες λαμβάνουν μέρος και είναι ικανές να συνδράμουν στην κατεύθυνση επίτευξης μιας νοοτροπίας αναστοχασμού (Pritchard, 2013).

Το ρεύμα του εποικοδομητισμού χαρακτηρίζεται αφενός από το λεγόμενο “*γνωστικό κονστρουκτιβισμό*” (cognitive constructivism), κύριος εκπρόσωπος του οποίου θεωρείται ο Piaget, αφού ήταν ο πρώτος που έκανε αναφορές στις διαδικασίες εσωτερίκευσης και δημιουργίας γνώσεων μέσα από βιωματικές εμπειρίες, συμμόρφωση και αφοσίωση. Αφετέρου, το ρεύμα χαρακτηρίζεται από το λεγόμενο “*κοινωνικό κονστρουκτιβισμό*” (social constructivism) - θεμελιωτής του οποίου είναι ο Vygotsky - που συνδέεται άμεσα με το περιεχόμενο της εκπαίδευσης STEM (και STEAM) και τη μάθηση να αποτελεί προϊόν του κοινωνικο-πολιτισμικού πλαισίου όπου λειτουργεί ο κάθε μαθητής (Gredler, 2005).

Μένοντας λίγο στον κοινωνικό κονστρουκτιβισμό, η αρχή του υποδεικνύει πως οι γνώσεις κατασκευάζονται από τα άτομα τόσο μέσα από τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση όσο και με του περιβάλλοντός τους. Στους μαθητές, δίνεται η δυνατότητα πειραματισμού αλλά και κατασκευής γνώσεων, με τις υπάρχουσες εμπειρίες τους να διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στο τελικό αποτέλεσμα της δημιουργίας. Επιπροσθέτως, οι μαθητές εκπαιδεύονται στη σύναψη συνεργασιών, αφού προτρέπονται να εμπλακούν περισσότερο στις διαδικασίες μάθησης (Becker & Park, 2011). Τέλος, σημαντική λεπτομέρεια αποτελεί το γεγονός ότι τα λάθη δεν αντιμετωπίζονται ως εμπόδια στην προσπάθεια απόκτησης γνώσεων αλλά ως ευκαιρίες για τους μαθητές, ώστε να κατανοήσουν καλύτερα τις διαδικασίες, τους νόμους, τους κανόνες και τα υπάρχοντα πεδία γνώσης, ενώ θεωρείται πως εν τέλει τους διευκολύνουν στην πορεία μάθησης (Pritchard, 2013).

Από την πλευρά του ο εκπαιδευτικός, έχοντας αναλάβει το ρόλο του καθοδηγητή, με τον καιρό μειώνει το βαθμό υποστήριξής του προς τους μαθητές, όχι από αδιαφορία αλλά για να επιτρέψει στις ικανότητές τους να ξεδιπλωθούν. Το εν λόγω σκεπτικό έρχεται σε συμφωνία με αυτό που ο Vygotsky (1978) ανέφερε ως “*Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης*” (Proximal Development Zone) και στην ουσία αποτελεί την απόσταση ανάμεσα στο επίπεδο ανάπτυξης ενός μαθητή (όπως αυτό προσδιορίζεται από την ανεξάρτητη επίλυση προβλημάτων) από τη μια και στο επίπεδο της εν δυνάμει ανάπτυξης από την άλλη (όπως αυτό προσδιορίζεται από την ικανότητα του μαθητή να επιλύει προβλήματα, είτε παρουσία ενηλίκων είτε συνεργατικά με συνομηλίκους του).

Η εν δυνάμει ανάπτυξη υποδηλώνει - σε επίπεδο διδασκαλίας - την υποχρέωση από πλευράς εκπαιδευτικού, του προσδιορισμού του επιπέδου των δεξιοτήτων των μαθητών. Έπειτα, πρέπει να διαπιστώσει το επίπεδο του γνωστικού επιπέδου που μπορούν να αναπτύξουν υπό τη σκέπη της δικής του καθοδήγησης (υποδείξεις, ερωτήματα κ.ά.) ή αλλιώς, τη δυνατότητα επέκτασης του δυναμικού επιπέδου των μαθητών, κατόπιν βοήθειας. Συνεπώς, η “*Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης*” μπορεί κάλλιστα να διαδραματίσει το ρόλο του βοηθού, για τη νοητική ανάπτυξη των μαθητών (Kennedy & Odell, 2014). Έτσι, η παρούσα ενότητα κλείνει με την αναφορά στους τέσσερις τύπους βοηθού που προσφέρονται (Modritscher, 2006):

1. *Διαδικαστικός (procedural)*: Οι μαθητές φέρουν εις πέρας τα καθήκοντά τους, με τη βοήθεια των εκπαιδευτικών
2. *Μεταγνωστικός (metacognitive)*: Οι εκπαιδευτικοί παρακινούν τους μαθητές να υιοθετήσουν συγκεκριμένες στρατηγικές κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων, με σκοπό να αυτο-ρυθμίσουν τη συμπεριφορά τους και να προβούν σε αναστοχασμό
3. *Στρατηγικός (strategic)*: Προσφέρεται στήριξη από τους εκπαιδευτικούς στους μαθητές, προκειμένου να βοηθηθούν στην εφαρμογή των γνώσεων, στις καταστάσεις που θα συναντήσουν
4. *Εννοιολογικός (conceptual)*: Οι μαθητές παρακινούνται από τους εκπαιδευτικούς να σκέφτονται συγκεκριμένα ζητήματα, για τα οποία τους παρέχονται προτάσεις και καταβάλλονται υποδείξεις

1.4 Στάση εκπαιδευτικών απέναντι στη μέθοδο STEM

Με τον όρο “στάση προς...” υποδηλώνεται η συμπεριφορά ενός ατόμου (ή ομάδας ατόμων) προς ένα ζήτημα, το οποίο στην προκειμένη περίπτωση είναι η εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM. Στην ουσία, πρόκειται για τη διάθεση των εκπαιδευτικών να εφαρμόσουν το περιεχόμενο της εκπαιδευτικής μεθόδου STEM, στην τάξη και υπάγεται στο γενικότερο ζήτημα της υιοθέτησης μιας αλλαγής, καθώς και των αντιδράσεων που μπορεί να συναντώνται. Για να σημειώσουν όμως οι εκπαιδευτικοί θετική στάση απέναντι στην εν λόγω μορφή εκπαίδευσης, είναι γεγονός ότι θα πρέπει να εκπαιδευτούν για το σκοπό αυτό, δηλαδή για την εφαρμογή νέων διδακτικών πρακτικών και την εγκατάλειψη του παραδοσιακού τρόπου (Thomas & Watters, 2015). Ωστόσο, αυτά που θα παρουσιαστούν σε επόμενη ενότητα της εργασίας ως παράγοντες επιτυχίας (χρόνος εξοικείωσης, μετεκπαίδευση, υποστήριξη κ.ά.), δεν προσφέρονται πάντοτε στους εκπαιδευτικούς (Shernoff et al., 2017).

Προκειμένου λοιπόν να εισαχθεί με επιτυχία η εκπαίδευση STEM, οι εκπαιδευτικοί καλούνται να αναλάβουν νέα καθήκοντα, τα οποία σχετίζονται με αλλαγή από τη νοοτροπία της μετάδοσης γνώσης, σε αυτή της αξιολόγησής της, μεταλαμπαδεύοντας στους μαθητές νέες αρχές, μέσα από τις καθημερινές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα. Απαιτείται επίσης η απόκτηση μιας πιο θετικής οπτικής προς τη διδασκαλία που δε σχετίζεται άμεσα με το άμεσο γνωστικό τους αντικείμενο, όπως επίσης να αναθεωρήσουν ζητήματα που αφορούν τη συνεργασία με συναδέλφους και τη διάθεση να τροποποιήσουν τις στρατηγικές εκπαίδευσης που έχουν συνηθίσει να εφαρμόζουν (von Oppell & Aldridge, 2015).

Η στάση λοιπόν των εκπαιδευτικών προς την εφαρμογή της STEM, φαίνεται να επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Ορισμένοι από αυτούς είναι:

- η τεχνική αυτής της εφαρμογής (δηλαδή το κατά πόσο οι εκπαιδευτικοί χαίρουν της κατάλληλης υποστήριξης, μέσω της οποίας θα βελτίωναν το αποτέλεσμα των προσπαθειών τους) (Margot & Kettler, 2018)
- η δυνατότητα για σύναψη συνεργασιών και η κοινωνική υποστήριξη της οποίας χαίρουν, ιδίως όταν επίκεινται αλλαγές στον κλάδο της εκπαίδευσης, αφού χάρει σε αυτά δημιουργούνται για τους μαθητές οι κατάλληλες συνθήκες δημιουργίας βιωματικών εμπειριών (Thomas & Watters, 2015)
- η δικαιότερη κατανομή πόρων και η απαίτηση για χρονοδιαγράμματα υλοποίησης που χαρακτηρίζονται από λογική (Shernoff et al., 2017)

Επιπλέον, η στάση των εκπαιδευτικών απέναντι στην εφαρμογή της μεθόδου STEM, φαίνεται πως εξαρτάται από την πεποίθησή τους όσον αφορά τη χρησιμότητα και ευκολία χρήσης της, καθώς και από το κατά πόσο κρίνεται ικανή να τους διευκολύνει να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους. Οι απόψεις σχετικά με αυτά, ασκούν αναμφίβολα επίδραση στη διάθεσή τους να υιοθετήσουν καινοτομίες και να αλλάξουν τον υφιστάμενο τρόπο προσέγγισης στη διδασκαλία (Margot & Kettler, 2018).

Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών στη σημερινή εποχή, έχει βιώσει την αποτελεσματικότητα της δασκαλοκεντρικής διδακτικής πρακτικής, στην οποία συγκαταλέγονται αφενός η διάλεξη από τους εκπαιδευτικούς και αφετέρου, η απαίτηση απομνημόνευσης των πληροφοριών, από τους μαθητές. Ως εκ τούτου, δεν είναι εύκολο να πειστούν να προχωρήσουν σε αλλαγή του τρόπου διδασκαλίας τους, σε έναν όπου ο μαθητής τίθεται στο επίκεντρο και η γνώση κατακτάται έπειτα και από προσωπική του αναζήτηση, με τον εκπαιδευτικό ως καθοδηγητή. Μάλιστα, η πεποίθηση των εκπαιδευτικών ενισχύεται από τη στιγμή που το σύστημα αξιολόγησης των μαθητών απαιτεί την αναπαραγωγή γνώσεων που έχουν απομνημονεύσει και από τους εκπαιδευτικούς ζητείται να ολοκληρώνουν σε ετήσια βάση, προκαθορισμένες ποσότητες διδακτικής ύλης. Επομένως, όταν ο ίδιος ο εκπαιδευτικός έχει μάθει να θεωρεί τη γνώση προϊόν που δεν προέρχεται κατόπιν αναζήτησης, σκέψης ή/και επίλυσης προβλημάτων, δε θα μεταβεί εύκολα σε μια διδακτική προσέγγιση που στηρίζεται ακριβώς σε αυτά (von Oppell & Aldridge, 2015).

Η εμπειρία των εκπαιδευτικών στη διδασκαλία, αποτελεί παράγοντα που καθορίζει τη στάση τους απέναντι σε αλλαγές, όπως επίσης το εκπαιδευτικό τους υπόβαθρο και το αντικείμενο που πρόκειται να διδάξουν. Πιο συγκεκριμένα, εκπαιδευτικοί χωρίς μεγάλη εμπειρία διδασκαλίας, έχει διαπιστωθεί ότι υπόκεινται θετικά προς την εκπαίδευση STEM, γεγονός που πιθανόν συμβαίνει εξαιτίας μεγαλύτερης έκθεσής τους σε καταστάσεις άτυπης μάθησης ή συμμετοχή τους σε σεμινάρια μετεκπαίδευσης σχετικά με τη STEM (El Nagdi et al., 2018). Από την άλλη, οι εκπαιδευτικοί με μεγαλύτερη διδακτική εμπειρία, έχουν βιώσει αρκετές εκπαιδευτικές καινοτομίες, με αποτέλεσμα να εγείρουν αντιρρήσεις όσον αφορά τη συμμετοχή τους σε καινούριες αλλαγές (Thibaut et al., 2018), αν και αυτό δε θα πρέπει να θεωρείται πάντοτε δεδομένο, αφού μπορεί να βοηθούν στην ταχύτερη

υιοθέτησή τους, σε σύγκριση με τους λιγότερο έμπειρους συναδέλφους (Margot & Kettler, 2019).

Επιπλέον, η φύση του αντικειμένου που πρόκειται να διδάξουν οι εκπαιδευτικοί, είναι παράμετρος που οδηγεί σε απόκτηση εμπειριών, οι οποίες για συγκεκριμένα πεδία της STEM θεωρούνται παράμετρος που μπορεί να οδηγήσει σε διαφοροποίηση τις απόψεις των εκπαιδευτικών όσον αφορά την υιοθέτηση και εφαρμογή της. Για να γίνει πιο κατανοητό, έχει διαπιστωθεί για παράδειγμα (Thibaut et al., 2017) ότι η εμπειρία σε συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο αλλά με ταυτόχρονη έλλειψη εμπειρίας στην καθοδήγηση και τη διενέργεια πειραμάτων, σημειώνουν αντιρρήσεις προς την εφαρμογή της STEM, η οποία αποτελεί μέθοδο διδασκαλίας που στηρίζεται στα δύο αυτά για την επιτυχία της. Αντιθέτως, οι εκπαιδευτικοί με εμπειρία σε επιστημονικά πεδία που χρησιμοποιούν κατά κόρον τους πειραματισμούς, σημειώνουν πιο θετικές απόψεις για τη μέθοδο STEM (Thibaut et al., 2018), με τις μελέτες αυτού του είδους να επιβεβαιώνουν την άποψη ότι απαιτείται μια πιο διεπιστημονική προσέγγιση στην απόκτηση εμπειριών από τους εκπαιδευτικούς (Zuber & Altrichter, 2018).

Όσον αφορά τώρα το εκπαιδευτικό υπόβαθρο των εκπαιδευτικών, έχει διαπιστωθεί ότι ένα υψηλό του επίπεδο αποτελεί παράμετρο που συνδράμει θετικά στην κατανόηση του περιεχομένου της εκπαιδευτικής μεθόδου STEM και οδηγεί σε θετικότερες απόψεις όσον αφορά την διενέργεια προγραμμάτων που βασίζονται σε αυτή. Για παράδειγμα, η κατοχή ακαδημαϊκών τίτλων υψηλού επιπέδου από τους εκπαιδευτικούς, στα επιστημονικά πεδία της Μηχανικής ή των Φυσικών Επιστημών, αυξάνει τις πιθανότητες συμμετοχής τους στη διδασκαλία που οριοθετείται από τη μέθοδο STEM και προσανατολίζεται σε περισσότερο διερευνητικές και ανακαλυπτικές πρακτικές (El Nagdi et al., 2018).

Εν κατακλείδι, έχει καταστεί κατανοητό ότι οι στάσεις των εκπαιδευτικών προς την εκπαίδευση STEM, δέχονται επιρροές από τις απόψεις που διατηρούν (ή σχηματίζουν) απέναντι σε καινοτομίες που προωθούνται στο χώρο της εκπαίδευσης, επηρεάζοντας έτσι την εφαρμογή των όποιων αλλαγών στα προγράμματα διδασκαλίας. Συνεπώς, η εκπαίδευση STEM δε σημειώνει πολλές πιθανότητες υλοποίησης χωρίς να έχει προηγηθεί πρώτα η υποστήριξη και αποδοχή της από τους εκπαιδευτικούς, δεδομένου ότι οι απόψεις των ανθρώπων για μια κατάσταση, αλλάζουν πιο δύσκολα και αργά, συγκριτικά με τα προγράμματα διδασκαλίας. Τα όποια συμπεράσματα εξάγονται όσον αφορά τη αξιολόγηση των απόψεων γύρω από

τις αλλαγές, μπορούν να προσφέρουν μια σημαντική οπτική αναφορικά με την προθυμία των εκπαιδευτικών να υιοθετήσουν εκπαιδευτικές καινοτομίες ή να εγείρουν αντιρρήσεις, διευκολύνοντας έτσι την εφαρμογή της ή απορρίπτοντας τις όποιες προσπάθειες ενσωμάτωσής της στα ΑΠΣ (von Oppell & Aldridge, 2015).

2. Εκπαιδευτικοί & μαθητές σε διδασκαλία STEM

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια βαθύτερη ανάλυση του περιεχομένου της εκπαίδευσης STEM, ενώ παρουσιάζονται επίσης οι θέσεις τόσο των εκπαιδευτικών όσο και των μαθητών, στα πλαίσια εφαρμογής της. Επιπλέον, σημαντικό μέρος του κεφαλαίου καταλαμβάνουν οι πληροφορίες που σχετίζονται με τους στόχους που είθισται να τίθενται μέσω της εφαρμογής της, των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων που παρουσιάζει, καθώς και τη δομή που συνήθως έχουν τα Αναλυτικά Προγράμματα τα οποία στηρίζονται στην εν λόγω διδακτική πρακτική.

2.1 Επιδιώξεις και στόχοι

Είναι σημαντικό το γεγονός ότι το περιεχόμενο της εκπαίδευσης STEM δεν αφορά μόνο μια βαθμίδα εκπαίδευσης αλλά συναντάται από τις τάξεις των νηπίων ακόμα και φτάνει μέχρι την Γ΄θμια εκπαίδευση. Το περιεχόμενό της εξάλλου - και κατά βάση ο σκοπός τον οποίο εξυπηρετεί εν τέλει - συνδέεται με την ικανότητα των μαθητών να καταφέρουν να εφαρμόσουν τις γνώσεις που αποκτούν, στον κόσμο που δραστηριοποιούνται, μέσω των τεσσάρων παρακάτω πεδίων αλφαριθμητισμού (Ouda & Ahmed, 2016):

- a) *Επιστημονικού*, δηλαδή της ικανότητας των μαθητών να αξιοποιούν τις επιστημονικές τους γνώσεις, συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών, έτσι ώστε να κατανοήσουν το φυσικό κόσμο και να μπορούν να συμμετάσχουν σε αποφάσεις που τον επηρεάζουν
- b) *Τεχνολογικού*, δηλαδή της ικανότητας των μαθητών να κατανοούν, να χρησιμοποιούν, να διαχειρίζονται και να αξιολογούν τα τεχνολογικά μέσα και τα αποτελέσματα στα οποία συνεισφέρουν
- c) *Μηχανικού*, δηλαδή της ικανότητας των μαθητών να κατανοούν τους τρόπους με τους οποίους οι τεχνολογίες αναπτύσσονται μέσα από διαδικασίες σχεδιασμού και εφαρμογής (δημιουργικής και συστηματικής) των αρχών ή/και θεωριών που τις προσδιορίζουν
- d) *Μαθηματικού*, δηλαδή της ικανότητας των μαθητών να αναλύουν, να αιτιολογούν και να επικοινωνούν με αποτελεσματικό τρόπο τις ιδέες που γεννούν, όπως επίσης να διατυπώνουν, να επιλύουν και να ερμηνεύουν

απαντήσεις σε προβλήματα μαθηματικής φύσεως, τα οποία μπορούν να εντοπιστούν σε πλήθος καταστάσεων

Επομένως, σκοπός της εκπαίδευσης STEM είναι να προετοιμάζει (με τη διακριτική συνδρομή των εκπαιδευτικών) τους μαθητές, για τις ανάγκες που θα συναντήσουν στο σύγχρονο κόσμο. Αυτό, γίνεται μέσα από την ανάπτυξη των κατάλληλων δεξιοτήτων που πρόκειται να απαιτηθούν τόσο στην καθημερινή ζωή όσο και στο εργασιακό περιβάλλον, κατακτώντας τις απαιτούμενες γνώσεις μέσα από πραγματικές καταστάσεις. Για το λόγο αυτό, προετοιμάζει τους μαθητές ήδη από τα πρώτα τους βήματα (Α΄θμια εκπαίδευση), συνδράμοντας στην ανάπτυξη δεξιοτήτων ζωής και συνδέοντάς τες μέσα σε ρεαλιστικά πλαίσια. Βασική επιδίωξη της εκπαίδευσης STEM είναι η ενεργητική μάθηση και η επίτευξη ενός περιβάλλοντος μαθητοκεντρικού, με τον εκπαιδευτικό ως καθοδηγητή, όπου οι μαθητές μπορούν να διατυπώσουν ερωτήσεις, να συμμετάσχουν σε δράσεις πρακτικής εξάσκησης, καθώς και στην ομαδική επίλυση προβλημάτων. Το ζητούμενο, είναι οι μαθητές να μάθουν να διαχειρίζονται αποτελεσματικά και μέσα στα πλαίσια της ομαδικής λειτουργίας, πραγματικά προβλήματα που θα συναντήσουν στη ζωή (Τσιαστούδης & Πολάτογλου, 2018).

Αν μελετήσει μάλιστα κάποιος, το περιεχόμενο των Αναλυτικών Προγραμμάτων της Α΄θμιας και Β΄θμιας εκπαίδευσης στις ΗΠΑ (με τον τρόπο που αυτό αποτυπώνεται μέσα από την εκπαίδευση STEM), διαπιστώνει μια σειρά από συγκεκριμένους στόχους, οι οποίοι τίθενται ως εξής (National Research Council, 2011):

- ✪ Να διευρυνθεί ο αριθμός των μαθητών που επιδιώκουν υψηλότερες ακαδημαϊκές επιδόσεις αλλά και ένα καλύτερο επαγγελματικό μέλλον στους τομείς που περιέχει η εκπαίδευση STEM/STEAM
- ✪ Να διευρυνθεί η συμμετοχή των γυναικών στους τομείς αυτών, όπως επίσης και του μειονοτικού πληθυσμού (οι ΗΠΑ αντιμετωπίζουν χρόνιο πρόβλημα με τις μειονότητες)
- ✪ Να αναπτυχθούν δεξιότητες στο εργατικό δυναμικό, σχετικές με το περιεχόμενο της εκπαίδευσης STEM/STEAM & παράλληλα να διευρυνθεί το ποσοστό των γυναικών και των μειονοτήτων στο σύνολο του εργατικού δυναμικού

- ⊗ Να αυξηθεί η εκπαίδευση STEM/STEAM για το σύνολο της μαθητικής κοινότητας, ακόμη και για όσους δεν επιδιώκουν την επαγγελματική κατάρτιση στους τομείς που αυτή εμπεριέχει

2.2 Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα εκπαίδευσης STEM

Προτού παρουσιαστούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της εκπαίδευσης STEM, κρίνεται ορθό να παρουσιαστούν τα στοιχεία εκείνα που χαρακτηρίζουν τις λεγόμενες “τάξεις STEM”, δηλαδή όσες εφαρμόζουν τις αρχές της εν λόγω διδακτικής προσέγγισης. Πιο αναλυτικά όμως και όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενες ενότητες, οι τάξεις αυτές χαρακτηρίζονται μεν από τη λογική της διδασκαλίας η οποία θέτει στο επίκεντρο τους μαθητές και προάγει την ενεργή συμμετοχή τους, ωστόσο δίνει επίσης το δικαίωμα στην αμφισβήτηση πληροφοριών και προχωρά στη σχεδίαση ερευνών. Επιπροσθέτως, ένα εκπαιδευτικό ίδρυμα που εφαρμόζει εκπαίδευση STEM, διαθέτει αίθουσες διδασκαλίας και εργαστήρια στον ίδιο χώρο, ενώ ταυτόχρονα είναι εξοπλισμένο με υλικά που χρησιμοποιούνται σε χειροτεχνίες. Την ίδια στιγμή, παρέχει κίνητρα για παρουσίαση καινοτομιών και εφευρέσεων, ώστε να διεγείρει τη φαντασία των μαθητών (Liao, 2016).

Συμπληρωματικά, μια εκπαιδευτική μονάδα που εφαρμόζει πρακτικές STEM, έχει εξοπλιστεί με σύγχρονα laptops, ικανά να λειτουργήσουν λογισμικά που απαιτούνται από τα επιστημονικά πεδία της STEM/STEAM. Η διδασκαλία σε μια τέτοια μονάδα υποστηρίζεται με πολλούς τρόπους, προωθείται η αναδιοργάνωση του χώρου του σχολείου προκειμένου να καταστεί πιο λειτουργικός για τους μαθητές και τις δραστηριότητες που πρόκειται να διεξάγουν, ενώ τέλος, η μάθηση προσφέρεται ακόμα και σε μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες (Becker & Park, 2011).

Φτάνοντας έτσι στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της διδακτικής αυτής πρακτικής, το πλέον προφανές είναι η διεπιστημονική φύση που διέπει τη διδασκαλία. Το γεγονός αυτό, από μόνο του προσφέρει στους μαθητές εμπειρίες περισσότερο ενδιαφέρουσες, υλικό που είναι λιγότερο διεσπαρμένο μεταξύ των επιστημονικών πεδίων και παρουσιάζουν μεγαλύτερη συσχέτιση με την καθημερινή ζωή ή/και εργασία. Πρωτίστως όμως, είναι μια διδακτική πρακτική βαθιά μαθητοκεντρική, θέτει τις ανάγκες των μαθητών στο επίκεντρο και επιδιώκει τη

βέλτιστη αξιοποίηση των δυνατοτήτων τους, μπορεί να βελτιώσει περαιτέρω τον τρόπο σκέψης τους, τη μνήμη και την ικανότητά τους να επιλύουν προβλήματα διαφόρων τύπων (Ouda & Ahmed, 2016). Δεν είναι λοιπόν τυχαίο, ότι οι ερευνητές/συγγραφείς που έχουν καταπιαστεί με τα αποτελέσματα της εκπαίδευσης STEM, χαρακτηρίζουν τους μαθητές τεχνολογικά ενήμερους, εν δυνάμει εφευρέτες, καινοτόμους επαγγελματίες και λογικά σκεπτόμενα άτομα (Τσιαστούδης & Πολάτογλου, 2018).

Παρόλα αυτά, δε θα μπορούσαν να απουσιάζουν και ορισμένα προβλήματα τα οποία συναντούν οι εκπαιδευτικοί στην προσπάθειά τους να εφαρμόσουν την εκπαίδευση STEM στην πράξη. Έτσι, παρά το γεγονός ότι αναμφίβολα προσφέρει πλήθος πλεονεκτημάτων, συναντά και αυτούς που την αμφισβητούν για την αποτελεσματικότητά της όσον αφορά την απομάκρυνση από τον πραγματικό κόσμο, τον ανορθόδοξο τρόπο διδασκαλίας που προωθεί, τη χρησιμότητα που προσφέρει, την ανεπάρκεια πολλών εκπαιδευτικών που τη διεξάγουν, τις κοινωνικές συγκυρίες υπό τις οποίες διενεργείται και τις πολιτικο-οικονομικές συνθήκες που προωθούν την υιοθέτησή της (Becker & Park, 2011).

Σε σημαντικό ποσοστό, τα προβλήματα από τα οποία χαρακτηρίζεται η εκπαίδευση STEM, προέρχονται από μια σειρά παρανοήσεων ή πράγματι ελλιπούς εκπαίδευσης σχετικά με την ορθή διενέργεια αυτής της διδακτικής πρακτικής. Δε θα πρέπει λοιπόν να προξενεί έκπληξη το γεγονός ότι έχουν καταγραφεί διάφορες παρανοήσεις που συνδέονται με την εκπαίδευση STEM, όπως για παράδειγμα οι παρακάτω (Liao, 2016):

- Τα μαθήματα της Τεχνολογίας και της Μηχανικής αποτελούν πρόσθετη ύλη (ενώ στην πραγματικότητα είναι μέρος του κορμού της STEM)
- Το μάθημα της Τεχνολογίας συνεπάγεται πρόσθετους Η/Υ για τις εκπαιδευτικές μονάδες & τους μαθητές
- Η Τεχνολογία έχει λανθασμένα συνδεθεί με την επεξεργασία κειμένων
- Η πρακτική εξάσκηση, έχει ταυτιστεί από ορισμένους εκπαιδευτικούς, με την ενεργητική μάθηση υπό τη χρήση πρωτοκόλλων
- Οι επιστημονικές μέθοδοι, καθώς και η διεκπεραίωση δράσεων σε περιβάλλον εργαστηρίου, παραβλέπεται από την εκπαίδευση STEM
- Οι μαθητές που εκπαιδεύονται με STEM, θα οδηγηθούν αναπόφευκτα στην επιλογή τεχνικών τομέων, αφού δε συμπεριλαμβάνεται στη διαδικασία

μάθησής τους η τριβή με τις τέχνες (κάτι που καταρρίπτεται με την εφαρμογή της εκπαίδευσης STEAM)

- Υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ εκπαίδευσης στις Επιστήμες και εκπαίδευσης στα Μαθηματικά (αντιθέτως, η διεπιστημονική λογική που προάγει η STEM, εξετάζει συνδυαστικά τα πεδία αυτά)
- Το περιεχόμενο της εκπαίδευσης STEM ασχολείται μόνο με ζητήματα ενίσχυσης του εργατικού δυναμικού
- Το εκπαιδευτικό προσωπικό που έχει εκπαιδευτεί σε ζητήματα Τεχνολογίας, δε μπορεί να ανταπεξέλθει στην εκπαίδευση άλλων Επιστημών ή/και των Μαθηματικών
- Το εκπαιδευτικό προσωπικό που έχει εκπαιδευτεί σε ζητήματα Μηχανικής, δε μπορεί να ανταπεξέλθει στην εκπαίδευση άλλων Επιστημών ή/και των Μαθηματικών

2.3 Αναλυτικό Πρόγραμμα στην εκπαίδευση STEM

Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι το περιεχόμενο των Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών (ΑΠΣ) που βασίζονται στην εκπαίδευση STEM, αποτελούν προϊόντα σχεδίασης στηριζόμενα πρωτίστως στη λογική της κατανόησης. Στην ουσία, πρόκειται για μια διαδικασία δημιουργίας ΑΠΣ, η οποία εφαρμόζεται σε τρία στάδια, με σκοπό να κατασκευαστούν διδακτικές ενότητες. Τα στάδια αυτά είναι (Asghar et al., 2012):

- 1) τα επιθυμητά αποτελέσματα
- 2) η αξιολόγηση αυτών των αποτελεσμάτων
- 3) το πλάνο διδασκαλίας

Ο θεμέλιος λίθος του σκελετού των ΑΠΣ που βασίζονται στην εκπαίδευση STEM, είναι η έρευνα και για το λόγο αυτό, οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στα πλαίσια υλοποίησής τους, παρουσιάζουν κλιμακωτή εξέλιξη. Σε πρώτο στάδιο ξεκινάνε ως επιβεβαιωτικές έρευνες ,έπειτα συνεχίζουν ως δομημένες, στη συνέχεια μετατρέπονται σε καθοδηγούμενες και στο τέλος παίρνουν τη μορφή των ανοιχτών ερευνών (Abrahamson et al., 2020). Επιπροσθέτως, όπως σημειώθηκε και σε

προηγούμενη ενότητα, η εκπαίδευση STEM προωθεί τη μάθηση μέσα από την επίλυση προβλημάτων (Problem-Based Learning, PBL), μια πρακτική που θέτει στο επίκεντρο τους μαθητές και κατά την οποία οι ίδιοι επιλύουν προβλήματα σε συνεργασία με συμμαθητές τους ή εντοπίζουν απαντήσεις. Την ίδια στιγμή, πραγματοποιούν και αναστοχασμό σχετικά με τις εμπειρίες που βίωσαν (διενέργεια αναζήτησης, διεκπεραίωση έρευνας, εξήγηση αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων κ.ά.) (Birt & Cowling, 2017).

Η διδασκαλία και η μάθηση με αξιοποίηση του περιεχομένου της STEM, στηρίζονται στην αλληλεπίδραση, αφού μέσα από αυτή δίνεται η δυνατότητα να βελτιωθούν οι επιδόσεις των μαθητών. Στην εκπαίδευση, για αρκετούς ερευνητές, εντοπίζεται ο λεγόμενος “κύκλος των 5 E”, δηλαδή μιας σειράς εννοιών που συνθέτουν την εκπαίδευση - σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό - στην κάθε της μορφή και είναι (Asghar et al., 2012): (i) η Εμπλοκή/Ενασχόληση των μαθητών (Engagement), (ii) η Εξερεύνηση πληροφοριών (Exploration), (iii) η Εξήγηση/Ερμηνεία των αποτελεσμάτων (Explanation), (iv) η Επεξεργασία (Elaboration) και τέλος, (v) η Αξιολόγηση (Evaluation).

Η ύπαρξη αυτού του κύκλου δίνει ένα πλαίσιο για την αποτελεσματικότερη σχεδίαση του πλάνου διδασκαλίας/εκπαίδευσης και θεωρείται υπόδειγμα το οποίο μπορεί να οδηγήσει στη βελτίωση επιδόσεων των μαθητών. Στην εκπαίδευση STEM λοιπόν, παρέχονται στους μαθητές οι ευκαιρίες για αξιολόγηση των ευρημάτων τους και τελικά των επιδόσεων που σημειώνουν, τόσο μέσα από τη διεκπεραίωση συγκεκριμένων καθηκόντων (tasks) όσο και με την αξιοποίηση των παραδοσιακών μορφών αξιολόγησης, δίνοντας απαντήσεις σε ερωτήσεις (Birt & Cowling, 2017).

2.4 Ορίζοντας την επιτυχία στην εκπαίδευση STEM

Σύμφωνα με το National Research Council (2011), η επιτυχία μιας τάξης (ή ενός σχολείου) που εφαρμόζει την εκπαίδευση STEM, ορίζεται μέσα από συγκεκριμένα κριτήρια. Αυτά διακρίνονται σε τρεις ενότητες που συνθέτουν:

- i. τα αποτελέσματα της μάθησης
- ii. τις διδακτικές πρακτικές που εφαρμόζονται
- iii. το είδος/τύπο κάθε σχολείου

Σύμφωνα επίσης με τις πιο πρόσφατες αναφορές του National Research Council (2020), η αποτελεσματικότητα της διδακτικής πρακτικής STEM διαφαίνεται μέσα από:

- την αξιοποίηση των πεδίων που ενδιαφέρουν τους μαθητές, όπως επίσης της εμπειρίας που έχουν συσσωρεύσει
- τον εντοπισμό των πρότερων γνώσεών τους και την αξιοποίησή τους
- την εμπλοκή των μαθητών σε πρακτικές STEM, με σκοπό να διατηρηθεί το ενδιαφέρον τους σε υψηλά επίπεδα

Έτσι, την πρακτική STEM συνοδεύει το μοντέλο S.T.E.M., το οποίο αποτελείται από τις τέσσερις κατηγορίες που συνθέτουν τους παράγοντες επιτυχίας της. Αυτοί είναι (Freeman et al., 2014): (i) η Υποστήριξη, (ii) η Διδασκαλία, (iii) η Αποτελεσματικότητα και (iv) τα Υλικά (Support, Teaching, Effectiveness, Materials - S.T.E.M.) και παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Πίνακας 2. Κατηγορίες οι οποίες συνθέτουν τους παράγοντες επιτυχίας της εκπαίδευσης STEM (μοντέλο S.T.E.M.) Πηγή: National Research Council (2020)	
<i>Υποστήριξη (Support)</i>	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Συνεργασία με ακαδημαϊκά ιδρύματα ✓ Διάθεση χρόνου για σύναψη συνεργασιών μεταξύ των εκπαιδευτικών ✓ Εκπαίδευση προσωπικού στην υλοποίηση των ΑΠΣ ✓ Παρακολούθηση προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης 	
<i>Διδασκαλία (Teaching)</i>	
<i>Σχεδίαση μαθημάτων</i>	<i>Εκπαιδευτικές πρακτικές</i>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Έμφαση στη σύνδεση εννοιών ○ Κατανόηση των λαθών που πιθανόν υπάρχουν στην υπάρχουσα γνώση ○ Στηρίζεται στις υπάρχουσες γνώσεις των μαθητών ○ Αποκωδικοποίηση αναπαραστάσεων ○ Εντοπισμός των δεξιοτήτων των μαθητών ○ Ενσωματώνει την τεχνολογία ○ Εμπεριέχει την επίλυση προβλημάτων ○ Παρουσιάζει συνάφεια με τον 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Διενέργεια ερωτήσεων & αποτύπωση υποθέσεων ○ Καταγραφή & αιτιολόγηση σκέψεων ○ Αποτελεσματική αξιοποίηση των πρακτικών μάθησης ○ Έμφαση στην κατανόηση προτύπων ○ Αξιοποίηση της αξιολόγησης, στις διδακτικές πρακτικές ○ Μάθηση μέσα από συνεργασίες ○ Διερεύνηση

πραγματικό κόσμο ○ Δίνει έμφαση σε σημαντικές έννοιες, ιδέες και ζητήματα ○ Θέτει το μαθητή στο επίκεντρο	
Αποτελεσματικότητα (Effectiveness)	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ο σχεδιασμός & η οργάνωση θεωρούνται κρίσιμες παράμετροι επιτυχίας ▪ Η αφοσίωση (commitment) των εκπαιδευτικών στην εκπαίδευση STEM, θεωρείται καθοριστικής σημασίας ▪ Στην επίτευξη αυτο-αποτελεσματικότητας, συνδράμουν εξίσου τόσο η παιδαγωγική γνώση όσο και η γνώση περιεχομένου 	
Υλικά (Materials)	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ποικιλία τεχνολογικών μέσων ○ Σύγχρονοι τεχνολογικοί πόροι ○ Υλικά κατάλληλα για συγκεκριμένες δραστηριότητες ○ Ύπαρξη αποθηκευτικών χώρων & κατάλληλων εργαστηρίων ○ Εργαλεία διευκόλυνσης ομαδικών εργασιών 	

Πιο αναλυτικά, στο πεδίο της **Υποστήριξης** (Support) εντάσσονται ορισμένα κριτήρια τα οποία στοχεύουν στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων των εκπαιδευτικών και στην ενίσχυση των ικανοτήτων διαχείρισης του περιεχομένου της εκπαίδευσης STEM. Σε αυτό, συγκαταλέγονται μέθοδοι και πρακτικές όπως η παρακολούθηση σεμιναρίων σχετικά με σύγχρονες διδακτικές πρακτικές, οι συμμετοχές τους σε συνεργατικά προγράμματα μεταξύ διαφορετικής σύνθεσης τάξεων και η δια βίου εκπαίδευση. Όλα αυτά είναι σημαντικά εργαλεία στα χέρια των εκπαιδευτικών και μπορούν να τους προετοιμάσουν κατάλληλα (Kurup et al., 2019).

Επιπροσθέτως, θεωρείται καίριας σημασίας η ενίσχυση των υφιστάμενων προγραμμάτων STEM, μέσα από κατάλληλα πλαίσια παράλληλων προγραμμάτων τα οποία θα επιτρέπουν την αξιολόγηση τόσο των ιδίων προγραμμάτων όσο και των εκπαιδευτικών που λαμβάνουν μέρος σε αυτά. Μια τέτοια αξιολόγηση, έχει ως στόχο τη συνεχή βελτίωση των δυνατοτήτων των εκπαιδευτικών, καθώς και την προετοιμασία τους μέσα από κατάλληλα δομημένα σεμινάρια ή άλλες παρόμοιες πρακτικές (Freeman et al., 2014).

Μέσα από την επίτευξη συνεργασιών ανάμεσα σε τμήματα διαφορετικής σύνθεσης και προγράμματα STEM, τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί,

οδηγούνται στη σύνθεση μιας αντίληψης για την εκπαίδευση STEM, περισσότερο σφαιρικής. Έτσι, το εύρος των γνώσεων που διαθέτουν οι εκπαιδευτικοί που ασχολούνται με τη STEM, μετατρέπεται σε έναν εκ των βασικότερων παραμέτρων που μπορεί να καθορίσει τη μελλοντική επιτυχία τους στο αντικείμενο. Μια καλύτερη και πληρέστερη κατάρτιση σε επιστημονικά πεδία, καθώς και η ουσιαστική γνώση των μηχανισμών που συνθέτουν τη εν λόγω διδακτική πρακτική, αναμφίβολα μπορούν να οδηγήσουν σε καλύτερα αποτελέσματα (Kurgup et al., 2019).

Στο δεύτερο πεδίο που παρουσιάστηκε πιο πάνω, αυτό της *Διδασκαλίας* (Teaching), συμπεριλαμβάνονται οι μέθοδοι και οι πρακτικές της, καθιστώντας την ίσως το πλέον σημαντικό πεδίο από όσα παρουσιάζονται. Οι επιστημονικοί κλάδοι της εκπαίδευσης STEM περιλαμβάνουν (αναγκαστικά, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση) έννοιες θεωρίες που δυσκολεύουν πολλούς μαθητές. Αυτός είναι και ο λόγος που η υιοθέτηση των κατάλληλων μεθόδων καθίσταται το πλέον σημαντικό βήμα κατά τη διαδικασία οργάνωσης των προγραμμάτων STEM, αφού βοηθούν στην ορθότερη αποσαφήνιση των επιστημονικά διατυπωμένων όρων (Palmer, Burke & Aubusson, 2017).

Στη διαδικασία εκπαίδευσης STEM, η μάθηση μέσω της επίλυσης προβλημάτων (Problem-Based Learning, PBL) αποτελεί εξάλλου μια ιδιαίτερα διαδεδομένη και αποδοτική πρακτική, με τα προβλήματα αυτά να συνδέονται με καταστάσεις στον πραγματικό κόσμο, ενώ ταυτόχρονα προέρχονται από ανάγκες που εντοπίζονται σε αυτόν. Δίνοντας μεγαλύτερη προσοχή στην επίλυση προβλημάτων, βελτιώνεται η ικανότητα της κριτικής σκέψης, παράγοντας που ευνοεί τη σύναψη συνεργασιών μεταξύ των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές παροτρύνονται να σχηματίσουν ομάδες που θα διεξάγουν έρευνες (είτε περιεχομένου είτε με τη χρήση ερωτηματολογίου/συνεντεύξεων), αποσκοπώντας στην απόδοση απαντήσεων, σε ζητήματα που συνδέονται με το περιεχόμενο των πεδίων της εκπαίδευσης STEM. Οι μαθητές έτσι κινητοποιούνται ώστε να βελτιώσουν την κοινωνικότητα και συνεργατικότητά τους, να αναπτύξουν ομαδικό πνεύμα και να ικανοποιήσουν την περιέργειά τους, μια περιέργεια που μπορεί να λάβει τη μορφή της εφευρετικότητας και των καινοτόμων λύσεων (Kennedy & Odell, 2014).

Περνώντας τώρα στο πεδίο της *Αποτελεσματικότητας* (Effectiveness), αυτή σχετίζεται με την καλή οργάνωση και τον αποδοτικό σχεδιασμό της διδακτικής ύλης από τη μια, ενώ από την άλλη σχετίζεται με την ικανότητα των εκπαιδευτικών και των μαθητών να λαμβάνουν αποφάσεις. Αυτή η ικανότητα κάθε μαθητή και του

εκάστοτε εκπαιδευτικού, σε συνδυασμό με την ενδεχόμενη ύπαρξη διορατικότητας, αποτελούν παραμέτρους ικανές να καθορίσουν την επιτυχία κάθε προγράμματος STEM. Επιπλέον παράμετρος που ανήκει στο πεδίο αυτό, είναι το χτίσιμο και η πιστή εφαρμογή ενός δομημένου πλαισίου, όσον αφορά τις πρακτικές διδασκαλίας που πρέπει να εφαρμοστούν, καθώς και τη δομή της. Επαφίεται στους εκπαιδευτικούς τόσο η κατανόηση και ο σχεδιασμός της δομής του διδακτικού προγράμματος όσο και η τήρησή της, καθ' όλη τη διάρκειά του. Τέλος, το γνωστικό επίπεδο των μαθητών κατά την είσοδό τους σε προγράμματα STEM, θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος. Δεν είναι εξάλλου λίγες οι περιπτώσεις όπου η απόκλιση ανάμεσα στο επίπεδο των μαθητών, οδηγεί σε καθυστερήσεις την υλοποίηση των προγραμμάτων STEM ή ακόμη και χαμηλή αποτελεσματικότητα (Freeman et al., 2014).

Το τελευταίο πεδίο είναι αυτό των *Υλικών* (Materials), με έμφαση κυρίως στις σύγχρονες τεχνολογίες, οι οποίες αναμφισβήτητα διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο σε κάθε πτυχή της σύγχρονης κοινωνίας, άρα και στην εκπαίδευση. Η εκπαίδευση STEM θέτει ως μια από τις βασικές της προτεραιότητες, την αξιοποίηση των σύγχρονων τεχνολογιών και του εξοπλισμού που μπορεί να τις υποστηρίξει και δεδομένου ότι η τεχνολογία εξελίσσεται με υψηλούς ρυθμούς, η εκπαίδευση θα ήταν καλό - εφόσον υπάρχει η δυνατότητα - να την ακολουθεί αλλά να προωθεί παράλληλα και τη χρήση της (Palmer, Burke & Aubusson, 2017).

Είναι εξάλλου πολύ εύκολο να παρατηρήσει κάποιος το περιβάλλον γύρω του για να διαπιστώσει χρήσιμες τεχνολογικές εξελίξεις που αξιοποιούνται ακόμη και στο περιβάλλον των σχολικών τάξεων. Μερικές δεκαετίες πριν (ή έστω μερικά χρόνια), πολλοί ήταν αυτοί που δε διανοούνταν να χρησιμοποιούν μέσα σε μια τάξη το κινητό τηλέφωνο ή τους φορητούς υπολογιστές, ενώ πλέον αποτελούν - υπό την κατάλληλη καθοδήγηση - μέρος της εκπαιδευτικής διαδικασίας., εξελίσσοντας και διευκολύνοντας την εκπαίδευση. Έτσι, παλιότερα μέσα (όπως για παράδειγμα τα τετράδια σημειώσεων ή οι πίνακες) έχουν πλέον αντικατασταθεί έως ένα βαθμό, με αποτέλεσμα να βελτιώνεται, στα σχολεία που αξιοποιούν την εκπαίδευση STEM, η διαδραστικότητα των μαθημάτων. Ταυτόχρονα, δίνεται στους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές η δυνατότητα να βελτιώσουν την απόδοσή τους κατά τη διάρκεια των διδακτικών παραδόσεων (Adams et al., 2014).

2.5 Ρόλος εκπαιδευτικών στην εφαρμογή της STEM

Δεδομένου λοιπόν - όπως αποτυπώθηκε και σε προηγούμενες ενότητες της παρούσας εργασίας - ότι η εκπαίδευση STEM αποτελεί μια εκπαιδευτική προσέγγιση διεπιστημονικού χαρακτήρα, η υποστήριξη των μαθητών με σκοπό την απόκτηση γνώσεων, θα πρέπει να αποτελεί το στόχο της μετάβασης από τις παραδοσιακές εκπαιδευτικές τακτικές του παρελθόντος. Έτσι, οι εκπαιδευτικοί που εφαρμόζουν εκπαίδευση STEM, οφείλουν να (Hadani & Rood, 2018):

- ✓ πραγματοποιούν τις πρακτικές εκπαίδευσης με τέτοιο τρόπο, που να ωθούν τους μαθητές στη διενέργεια ερευνών και στην επίτευξη καινοτομιών
- ✓ έχουν σε πρώτο πλάνο την αξιοποίηση της πρακτικής της “*επίλυσης προβλημάτων*”, καθώς και τη Μέθοδο Project (παρουσιάζεται αναλυτικά σε επόμενη ενότητα της εργασίας), αναμένοντας την επίτευξη συγκεκριμένων μαθησιακών αποτελεσμάτων
- ✓ δημιουργούν για τους μαθητές ουσιώδεις ευκαιρίες για μάθηση, με τη βοήθεια πλαισίων που δίνουν τη δυνατότητα μάθησης μέσω συνεργασιών
- ✓ ζητούν από τους μαθητές να προσαρμόζονται σε αυτού του είδους τις διδακτικές προσεγγίσεις, οι οποίες προσομοιάζουν έννοιες και καταστάσεις που μπορεί κάποιος να συναντήσει στον πραγματικό κόσμο
- ✓ προσφέρουν την επαφή των μαθητών με μια οπτική περισσότερο πολυπολιτισμική και διεπιστημονική, έτσι ώστε να γίνεται ορατός ο τρόπος υπέρβασης των εθνικών ορίων μέσα από την εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM, συγκεντρώνοντας τους μαθητές σε μια μεγαλύτερη κοινότητα

Ερχόμενος κάποιος στην Ευρώπη, συναντά (όπως και στις ΗΠΑ) επίσης έναν οργανισμό, ρόλος του οποίου είναι να διασπείρει την εκπαιδευτική πρακτική STEM στα κράτη-μέλη της Ένωσης. Ο οργανισμός του “*Ευρωπαϊκού Σχολικού Δικτύου*” (European Schoolnet), ο οποίος υπάγεται στο “*Ευρωπαϊκό Δίκτυο Επιστημών*”, έχει αναλάβει το καθήκον αυτό, με μια σειρά έργων που στοχεύουν (ή στόχευαν) προς αυτή την κατεύθυνση, όπως τα: *FuturEnergia* (πλατφόρμα συζήτησης για τα θετικά & αρνητικά των υλικών που βελτιώνουν την ενεργειακή αποδοτικότητα), *Amgen Teach* (ενδυνάμωση των μαθητών στις επιστήμες), *Nanochannels* (πρωτότυπο δημόσιο πείραμα για τη νέα βιομηχανική επανάσταση) και αρκετά ακόμη (European Schoolnet, 2017).

2.6 Διδακτικές πρακτικές

Η υιοθέτηση του περιεχομένου της εκπαίδευσης STEM στις διδακτικές πρακτικές, θα πρέπει να συνοδεύεται και από τις κατάλληλες μεθόδους, για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή του. Οι μέθοδοι αυτές παρουσιάζονται στη συνέχεια και η καταλληλότητά τους βασίζεται στο γεγονός ότι (Birt & Cowling, 2017):

- ✚ Στους μαθητές δίνεται η ευκαιρία παρουσίασης των αποτελεσμάτων των εργασιών τους στην υπόλοιπη τάξη, στο σχολείο ή και στην κοινωνία που δραστηριοποιούνται
- ✚ Στους μαθητές δίνονται ευκαιρίες συνεργασίας με άλλους μαθητές, συνομηλίκους ή μη
- ✚ Στους μαθητές δίνεται η ευκαιρία εφαρμογής σε πραγματικό περιβάλλον, αυτών που σχεδιάζουν ή εκφράζουν ως ιδέες
- ✚ Ωθούν τους μαθητές να καινοτομούν και να εφευρίσκουν λύσεις σε προβλήματα που συναντούν στην καθημερινότητά τους
- ✚ Βοηθούν τους μαθητές στην κατεύθυνση μιας περισσότερο κριτικής σκέψης

2.6.1 *Inquiry-Based Learning method*

Πρόκειται για τη βάση στην οποία στηρίζεται όλο το οικοδόμημα της εκπαίδευσης STEM και θέτει τον μαθητή στο επίκεντρο, αφού δίνει έμφαση στη διενέργεια αναζητήσεων από τους ίδιους και την απρόσκοπτη έκφραση αποριών, αντί για την «άχρωμη» πρακτική παρουσίασης από τους εκπαιδευτικούς. Η μέθοδος Inquiry-Based Learning (IBL), εκφράζεται μέσα από τις έννοιες της “διερεύνησης” και της “ανακάλυψης”. Η πρώτη, υποδηλώνει την προσπάθεια των μαθητών να κατανοήσουν τους κανόνες που διέπουν τις επιστήμες, καθώς και να μάθουν να σκέφτονται λογικά, έτσι ώστε να χρησιμοποιούν κατά το δοκούν αυτή τη γνώση προκειμένου να επαληθεύονται έννοιες και ιδέες. Με τη διερεύνηση, εξετάζεται επίμονα και προσεκτικά κάθε άποψη ή υποτιθέμενο σχήμα γνώσης, δίνοντας στο μαθητή ενεργητικό ρόλο και αναγκάζοντάς τον να αξιοποιεί τα τεκμήρια που έχει στη διάθεσή του, όπως επίσης τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγει, προκειμένου να ερμηνεύσει όσα συναντά. Αξιοποιώντας τη μέθοδο διδασκαλίας της διερεύνησης, οι μαθητές (Gholam, 2019):

- στηρίζουν τη στρατηγική μάθησης, στην ανάλυση

- αξιοποιούν λογικές ακολουθίες
- διενεργούν σταδιακά βήματα
- μαθαίνουν να κατανοούν ότι πίσω από κάθε βήμα υπάρχει και κάποιος σκοπός
- διαπιστώνουν (με τη βοήθεια των εκπαιδευτικών) τον αντικειμενικό χαρακτήρα της μάθησης
- αντιλαμβάνονται ότι, σε ορισμένες περιπτώσεις, η κατάκτηση της γνώσης προϋποθέτει την εξοικείωση με αυτά που επιβάλλει η λογική
- από τη σκοπιά των εκπαιδευτικών, κάθε πρόβλημα (ή ερώτημα) που διατυπώνεται, οφείλει να σχετίζεται με το αντικείμενο που διερευνάται και τις εμπειρίες της καθημερινής ζωής, να καθίσταται προσιτό προς τους μαθητές και να παρουσιάζει συνάφεια με τις γνώσεις που έχουν αποκτήσει (και εμπεδώσει) έως εκείνη τη στιγμή

Μάλιστα, η μέθοδος διδασκαλίας της διερεύνησης έχει συνδεθεί με διάφορες θετικές επιπτώσεις στους μαθητές. Συγκεκριμένα, υποστηρίζεται πως (Gholam, 2019):

- ✓ τους βοηθά να αναπτύξουν την κριτική τους σκέψη
- ✓ συνδράμει στην κατανόηση εννοιών
- ✓ τους ωθεί στην εξερεύνηση και ερμηνεία φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στο περιβάλλον τους, διεξάγοντας ενέργειες (π.χ. πειράματα, μελέτες) που προσομοιάζουν τους επιστημονικούς τρόπους δράσης/λειτουργίας
- ✓ ευνοεί το κλίμα ελεύθερο συζητήσεων μέσα στις τάξεις, πάντοτε με χρήση κατάλληλων επιχειρημάτων

Επιπροσθέτως, στη μέθοδο διδασκαλίας της διερεύνησης, περιλαμβάνει ένα σύνολο φάσεων που λαμβάνουν χώρα κατά την υλοποίησή της. Οι φάσεις αυτές θα μπορούσαν να σημειωθούν ως εξής (Byrne, Rietdijk & Cheek, 2016):

- ❖ Η φάση κατά την οποία οι εκπαιδευτικοί ξεκινούν γεννώντας στους μαθητές κάποιους προβληματισμούς, σχετικά με γνωστικά αντικείμενα που πρόκειται να εξεταστούν και στη συνέχεια μελετούν γνωστά ζητήματα, τα οποία αξιοποιούνται ως επεξήγηση για τις νέες γνώσεις (φάση Γνωσιολογικής & Ψυχολογικής προετοιμασίας)

- ❖ Η φάση κατά την οποία οι μαθητές προβαίνουν στη διατύπωση υποθέσεων, προχωρώντας έπειτα είτε σε επαλήθευσή τους είτε σε απόρριψη, συγκεντρώνοντας αντικειμενικά δεδομένα ή πειραματιζόμενοι
- ❖ Στη φάση όπου οι μαθητές δημιουργούν καινούρια γνώση, μέσα από την ανάλυση δεδομένων και τον εντοπισμό των μεταξύ τους σχέσεων. Η γνώση αυτή - αναλόγως και το ζήτημα που εξετάστηκε - μπορεί να αποτελεί μια επεξήγηση, μια αιτιολόγηση ή μια πρόβλεψη.
- ❖ Στη φάση της εφαρμογής, δίνεται από τους εκπαιδευτικούς η δυνατότητα εφαρμογής της γνώσης που έχει παραχθεί
- ❖ Στη φάση της ανακεφαλαίωσης, οι μαθητές πραγματοποιούν μια συνολική επανάληψη των συμπερασμάτων (ή δεδομένων) που συγκέντρωσαν και θεωρείται αναγκαία σε διδακτικά αντικείμενα όπου ο διάλογος αποτελεί σημαντικό μέρος τους, αφού συμβάλει στην εμβάθυνση επί θεμάτων που έχουν εξεταστεί
- ❖ Στην τελευταία φάση (Μεταγνωστική & Μαθησιακή Αξιολόγηση), οι εκπαιδευτικοί υποβάλλουν ερωτήσεις στους μαθητές, προκειμένου να διαπιστώσουν το βαθμό στον οποίο έχουν κατανοήσει το αντικείμενο που εξετάστηκε, εάν έχουν πράγματι κατακτήσει την επιθυμητή γνώση και σε ποιο βαθμό έχουν επιτευχθεί οι στόχοι της μεθόδου διερεύνησης



Σχήμα 1. Ο κύκλος των ενεργειών στις οποίες στηρίζεται η πρακτική IBL

Πηγή: <http://idtoolbox.eseryel.com/inquiry-learning.html>

Έτσι, ανάλογα με τη φύση του εξεταζόμενου ζητήματος (πεδίου), ένας εκπαιδευτικός μπορεί να προβεί σε τροποποίηση των προαναφερθέντων φάσεων, να

παραλείπει ορισμένες από αυτές ή ακόμη και να συγχωνεύσει όποιες θεωρεί ότι χρειάζεται, προς διευκόλυνση της διαδικασίας μάθησης. Κύριο καθήκον όμως των εκπαιδευτικών, είναι η παρουσίαση των θεμάτων με τέτοιο τρόπο που οι μαθητές να τα κατανοούν, κοινώς, να «μεταφράζει» τη γνώση, για λογαριασμό των μαθητών. Το βασικό του καθήκον στην εκπαίδευση STEM, στο σκέλος της διερεύνησης, είναι να δίνει στους μαθητές το περιθώριο να ανακαλύψουν μόνοι τους γνώσεις και να μαθαίνουν χρησιμοποιώντας τον τρόπο που τους εξυπηρετεί καλύτερα (Byrne, Rietdijk & Cheek, 2016).

Από την πλευρά της, η μέθοδος διδασκαλίας της ανακάλυψης υποδηλώνει μια διαδικασία με την οποία κάθε μαθητής αποκτά από μόνος του γνώση, με τη βοήθεια της οποίας μπορεί έπειτα να επεξεργαστεί σκέψεις και έννοιες χωρίς την παρέμβαση των εκπαιδευτικών. Η εφαρμογή της, ωθεί τους μαθητές (Gholam, 2019):

- στην αποτύπωση υποθέσεων, στηριζόμενοι είτε σε γενικεύσεις είτε σε υποκειμενικές αρχές/κανόνες
- στη μετάβαση σε ένα τρόπο σκέψης, προχωρημένο για την ηλικία τους
- στην ανάπτυξη εφευρετικών λύσεων σε προβλήματα

Ο βαθμός αποτελεσματικότητας αυτής της μεθόδου διδασκαλίας, συσχετίζεται με μια σειρά παραγόντων που μπορούν να κατηγοριοποιηθούν αφενός σε “ατομικούς” (ή “ενδογενείς”, οι οποίοι αφορούν το μαθητή) και αφετέρου σε “εξωγενείς” (αφορούν το περιβάλλον του μαθητή και τους εκπαιδευτικούς με τους οποίους συναναστρέφεται). Στους πρώτους, συγκαταλέγονται η ετοιμότητα των μαθητών να μάθουν, καθώς και τα κίνητρα που τους διέπουν προς αυτή την κατεύθυνση, με την επιθυμία για μάθηση να θεωρείται ατομικό κίνητρο που μπορεί να ενεργοποιηθεί είτε από τον ίδιο το μαθητή είτε από το περιβάλλον του (γονείς, κοινωνία, εκπαιδευτικοί) και να συνδράμει στην περαιτέρω κατάκτηση γνώσεων. Απαριθμώντας τώρα τα πιο γνωστά ατομικά κίνητρα, αυτά είναι (Byrne, Rietdijk & Cheek, 2016):

- Η επιθυμία καταξίωσης σε ένα πεδίο
- Η επίτευξη επάρκειας (γνωστικής, επαγγελματικής κ.ά.)
- Το αρχέγονο συναίσθημα της περιέργειας
- Η ανάγκη για σύναψη συνεργασιών με άλλα άτομα, με απώτερο σκοπό την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων

2.6.2 *Project method*

Η εν λόγω μέθοδος, αν και θεωρείται μια εκ των πλέον διαδεδομένων πρακτικών διδασκαλίας, στηρίζεται στην προαναφερθείσα Inquiry-Based Learning (IBL). Ωστόσο, το στοιχείο εκείνο που τη διαφοροποιεί, είναι η εστίαση που δίνεται στη διεξαγωγή ομαδικών εργασιών (projects), καθώς και στον εντοπισμό λύσεων σε πραγματικά προβλήματα. Η μέθοδος Project στα πλαίσια της εκπαίδευσης STEM μπορεί από τη μια να αξιοποιηθεί ως εργαλείο ενθάρρυνσης μαθητών, ενώ από την άλλη, μπορεί να αποτελέσει εργαλείο επεξήγησης περιεχομένου και παρουσίασής του. Στη μέθοδο Project, συναντώνται επίσης - ως θεωρητικό πλαίσιο - η θεωρία του κονστрукτιβισμού και η διεξαγωγή πειραμάτων (Cervantes, 2013). Παρά το γεγονός ότι καταγράφονται αρκετά μοντέλα διενέργειας της μεθόδου Project, παρουσιάζουν ταυτόχρονα ορισμένα κοινά στοιχεία, τα οποία θα μπορούσαν να σημειωθούν όπως παρακάτω (υπενθυμίζεται ότι πρόκειται για μια διδακτική πρακτική, στην οποία λαμβάνουν χώρα ομαδικές εργασίες) (Prtliaga & Veselinov, 2017):

1. Η “*Εισαγωγή*”, κύριος σκοπός της οποίας είναι να γεννηθούν στους μαθητές κίνητρα για κατάκτηση γνώσης
2. Ο “*Καθορισμός του μαθησιακού αντικειμένου*”, μέσω του οποίου προσδιορίζεται το περιεχόμενο του θέματος που θα εξεταστεί, καθώς και ο σκοπός που πρέπει να επιτευχθεί
3. Η “*Διαδικασία διερεύνησης*”, στην οποία καταγράφονται τα στάδια εκείνα που θα λάβουν χώρα, προκειμένου να ολοκληρωθεί επιτυχώς το μαθησιακό αντικείμενο (του προηγούμενου βήματος)
4. Οι “*Προτεινόμενοι πόροι*” προς αξιοποίηση, οι οποίοι αποτελούν στην ουσία τις πηγές εκείνες από όπου θα αντληθούν οι αναγκαίες πληροφορίες
5. Η “*Στήριξη από τους εκπαιδευτικούς*”
6. Ο καθορισμός των “*Συνεργασιών*” (ομάδων)
7. Η “*Δυνατότητα αναστοχασμού*”
8. Οι καταστάσεις της πραγματικής ζωής, με τις οποίες τα αποτελέσματα μπορούν να παραλληλιστούν

Η μέθοδος Project έχει σημειώσει μια σειρά πλεονεκτημάτων, όπως (Prtliaga & Veselinov, 2017):

- ✓ Την προαγωγή της κοινωνικά δομημένης μάθησης, μέσα από δομημένες αλληλεπιδράσεις και σύναψη συνεργασιών με συγκεκριμένους στόχους

- ✓ Τις προσπάθειες δημιουργίας εσωτερικών κινήτρων στους μαθητές
- ✓ Την ενίσχυση της ενεργητικής μάθησης, εντός συγκεκριμένων πλαισίων, με προαγωγή της αυτο-κατευθυνόμενης μορφής της
- ✓ Τις ευκαιρίες που προσφέρονται για σύναψη συνεργασιών με συμμαθητές, θέτοντας σε πρώτο πλάνο τους μαθητές (μαθητοκεντρική προσέγγιση) και τα ενδιαφέροντά τους
- ✓ Την καλλιέργεια και έξαψη της περιέργειας
- ✓ Την κινητοποίηση για επίλυση προβλημάτων με δημιουργικό τρόπο

2.6.3 *Engineering-Based Learning method*

Η λεγόμενη και “μέθοδος βασισμένη στη Μηχανική” (ή EBL από τα αρχικά των λέξεων), είναι στην ουσία μια βελτιωμένη έκδοση της προαναφερθείσας μεθόδου Project. Όπως κάθε μέθοδος που παρουσιάστηκε, έτσι και η EBL, παρουσιάζει μια σειρά πλεονεκτημάτων, όπως (Zeid, 2020):

- μια προσέγγιση επίλυσης πολύπλοκων προβλημάτων σχεδίασης, βασισμένη στη λογική
- την παροχή βοήθειας στους μαθητές, με σκοπό τη βέλτιστη δυνατή κατανόηση αφηρημένων εννοιών που περιλαμβάνονται στη STEM, συνδέοντας αυτές τις ιδέες με μια ενδεχόμενη εφαρμογή τους σε συνθήκες πραγματικού περιβάλλοντος
- την προσφορά εμπειριών στους μαθητές, μέσα από τις οποίες μπορούν να αυξήσουν τις πιθανότητες επαγγελματικής τους απασχόλησης στα πεδία της STEM

Η EBL έχει ως επίκεντρο τρεις διαδικασίες. Αυτές είναι (Lin et al., 2021): (i) η πρακτική capstone, (ii) τη σχεδίαση με τη βοήθεια υπολογιστικών συστημάτων (Computer-Aided Design, CAD) και (iii) τη διαδικασία σχεδίασης τεχνικών έργων (Engineering Design Process, EDP). Η τελευταία αποτελεί διαδικασία με την οποία επιλύονται σχεδιαστικά προβλήματα και συντίθεται από 8 στάδια (Barnett & Fay, 2013): (1) αρχικά αναγνωρίζεται το πρόβλημα, (2) έπειτα διερευνάται το πρόβλημα, (3) στη συνέχεια αναπτύσσονται πιθανές λύσεις, (4) έπειτα επιλέγονται οι καταλληλότερες λύσεις από αυτές που αναπτύχθηκαν, (5) στο επόμενο στάδιο

δημιουργείται το πρωτότυπο, (6) έπειτα ελέγχονται και αξιολογούνται οι λύσεις που επιλέχθηκαν, (7) εν συνεχεία ανακοινώνονται οι λύσεις και τέλος, (8) επαναλαμβάνεται ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση.

Όσον αφορά τις δύο επόμενες διαδικασίες, το σύστημα CAD δίνει στους μαθητές την ευκαιρία να διερευνήσουν ιδέες που έχουν όσον αφορά το σχεδιασμό, ανακαλύπτοντάς τα όριά τους με τη βοήθεια εργαλείων 3D. Αν και κατά γενική ομολογία, οι μαθητές αδυνατούν να εντοπίσουν τα σημεία στα οποία η STEM βρίσκει εφαρμογή στην καθημερινότητα, κάτι τέτοιο δε συμβαίνει όταν δουλεύουν επάνω στο σύστημα CAD, το οποίο φαίνεται πως τους προσφέρει διαφορετική οπτική αναφορικά με τη σχέση του περιεχομένου της εκπαίδευσης STEM και τις εφαρμογές του στον πραγματικό κόσμο (Zeid, 2020). Με τη σειρά της, η πρακτική capstone περιλαμβάνει αμφότερες τις δύο προαναφερθείσες διαδικασίες της EBL, όμως κατά κύριο λόγο δίνει στους μαθητές την ευκαιρία να εστιάσουν στις όποιες εφαρμογές μπορεί να έχει η θεωρία, αντί για το ίδιο το περιεχόμενο της θεωρίας (Lin et al., 2021).

2.6.4 Problem-Based Learning method

Περνώντας τώρα στην τελευταία μέθοδο (PBL), θα πρέπει αρχικά να αναφερθεί πως τα θεμέλια οποιασδήποτε μάθησης, είναι η εκτέλεση στην πράξη, των θεωριών που διδάχθηκαν γύρω από ένα ζήτημα. Στηριζόμενοι στο πλαίσιο αυτό, οι μαθητές που δρουνε αυτόνομα και αποτελούν ενεργούς λήπτες της γνώσης, προχωρούν στη διαδικασία της μάθησης ακολουθώντας - κατά κάποιο τρόπο - την πορεία που χάραξαν οι επιστήμονες/ερευνητές. Τα στάδια κατά τα οποία αναπτύσσεται η πορεία αυτή, είναι (Hung, 2011):

1. Στην αρχή καθορίζεται το προς επίλυση πρόβλημα, βάσει της εμπειρίας που διαθέτει έως τη στιγμή εκείνη, ο μαθητής. Το πρώτο στάδιο θεωρείται καθοριστικό για την μετέπειτα επιτυχία της προσπάθειας, αφού το πρόβλημα πρέπει να καθορίζεται από τον ίδιο το μαθητή και όχι από τον εκπαιδευτικό, στα πλαίσια της μαθητοκεντρικής προσέγγισης.
2. Στη συνέχεια λαμβάνει χώρα παρατήρηση των όρων του προς επίλυση προβλήματος. Πιο συγκεκριμένα, στο σημείο αυτό παρουσιάζονται οι δυσκολίες που μπορεί να συναντήσει κάποιος, σχετικά με το πρόβλημα,

μελετώντας τα αρχικά, κατανοώντας τη φύση τους και έπειτα προσπαθώντας να τα επιλύσει.

3. Στο επόμενο στάδιο διατυπώνονται οι υποθέσεις του προβλήματος, η απάντηση στις οποίες, θα δώσει τις λύσεις σε αυτό. Πέρα από την ανασκόπηση των δυσκολιών που μπορεί να συναντήσει κάποιος, σε αυτή τη φάση διατυπώνονται επίσης οι υποθέσεις που μπορούν να οδηγήσουν στη λύση, με την εμπειρία των μαθητών αφενός και των εκπαιδευτικών αφετέρου, να κρίνονται καθοριστικής σημασίας παράμετροι, δεδομένου ότι η εμπειρία ως μέγεθος δε θεωρείται ποτέ ολοκληρωμένη και οι άνθρωποι συχνά μπορεί να βρεθούν σε θέση όπου χρειάζεται να αναθεωρήσουν τις απόψεις/γνώσεις τους.
4. Το επόμενο βήμα είναι ο έλεγχος των υποθέσεων που διατυπώθηκαν και μελετήθηκαν στα προηγούμενα στάδια. Στα πλαίσια της μαθητοκεντρικής προσέγγισης, η κρίση των μαθητών θεωρείται σημαντική εδώ, αφού χάρει σε αυτή θα πραγματοποιηθεί η διερεύνηση των υποθέσεων και η εξαγωγή των συμπερασμάτων.
5. Στο τελευταίο στάδιο, λαμβάνει χώρα μια προσπάθεια εφαρμογής των λύσεων, σε παρόμοια προβλήματα

Στην ουσία, οι μαθητές ξεκινούν επιλέγοντας την κατάλληλη υπόθεση και καταλήγουν στις λύσεις του προβλήματος, οι οποίες έπειτα μπορούν να δοκιμαστούν και να εφαρμοστούν σε άλλα. Έτσι, εξετάζεται η αξιοπιστία της λύσης και την ίδια στιγμή αξιοποιείται πρακτικά. Μέσα από τη συνολική προσπάθεια επίλυσης του προβλήματος (Moskovsky et al., 2013):

- οι μαθητές έρχονται σε επαφή με καινούριες τεχνικές ή/και έννοιες
- οι γνώσεις που έχουν ήδη αποκτηθεί ενισχύονται
- γεννώνται κίνητρα για απόκτηση περαιτέρω γνώσεων
- οι συνεργασίες και η λογική της ομαδικής εργασίας, ενισχύονται, όπως επίσης και η διερευνητική διδασκαλία
- οι μαθητές εκπαιδεύονται στην εμπλοκή των εννοιών με τις πραγματικές καταστάσεις και τα προβλήματα, αντί να τα αντιμετωπίζουν ως ανεξάρτητα στοιχεία από την καθημερινότητα



Σχήμα 2. Ο κύκλος των ενεργειών στις οποίες στηρίζεται η πρακτική PBL

Πηγή: https://knilt.arcc.albany.edu/Unit_1: What is Problem Based Learning%3F

Η εν λόγω διδακτική πρακτική της επίλυσης προβλημάτων, είναι εύκολα αντιληπτό ότι αποτελεί μια μορφή διδασκαλίας που θέτει ξεκάθαρα τους μαθητές στο επίκεντρο. Μέσα από τη διενέργεια συνεργασιών, οι μαθητές θα κληθούν να απαντήσουν σε ερωτήσεις, θα αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους και θα προσπαθήσουν να επιλύσουν προβλήματα βασισμένοι στις εμπειρίες ή/και τις ιδέες τους. Πυρήνας της εν λόγω πρακτικής διδασκαλίας, είναι η ώθηση των μαθητών να σχηματίσουν ομάδες, με τους εκπαιδευτικούς να επιτελούν επικουρικό ρόλο, διευκολύνοντας την κατάκτηση της γνώσης (Hung, 2011).

Η προσπάθεια επίλυσης προβλημάτων, δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να ζήσουν πραγματικές συνθήκες διεξαγωγής ερευνών και να προσεγγίσουν ίσως τη γνώση μέσα από πολλά διαφορετικά επιστημονικά πεδία (διαθεματικότητα). Επίσης, κάτι στο οποίο θα πρέπει να δώσουν προσοχή οι εκπαιδευτικοί, είναι το γεγονός ότι τα ζητήματα που θα προταθούν προς διερεύνηση, θα ήταν καλό να παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τους μαθητές και να θεωρούνται ελκυστικά για την ηλικία. Σε γενικές γραμμές, εάν οι εκπαιδευτικοί επιδιώκουν να εισάγουν τους μαθητές σε καταστάσεις που γεννούν προβληματισμό (κλειστές ή ανοιχτές έρευνες), οι δραστηριότητες θεωρείται καλό να δημιουργούν κίνητρα στους μαθητές για να βιώσουν και να δημιουργήσουν έπειτα γνώση (Moskovsky et al., 2013).

2.7 Η εκπαίδευση STEM ως αναπτυξιακός παράγοντας

Οι κλάδοι της Μηχανικής, της Τεχνολογίας, των Μαθηματικών και γενικά η έρευνα σε όλο το φάσμα των επιστημών - αναπόσπαστα μέρη των προγραμμάτων της εκπαίδευσης STEM - έχουν αναγνωριστεί ως παράγοντες ικανοί να τονώσουν την ανάπτυξη ενός κράτους, τους δείκτες παραγωγικότητάς του και να το καταστήσουν ανταγωνιστικό. Ως αποτέλεσμα αυτών, μπορεί επίσης να βελτιωθεί η ευημερία των πολιτών του. Επομένως, η προβολή των παραπάνω κλάδων και η ενσωμάτωσή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία, θεωρείται σοβαρός παράγοντας για την οικονομική και κοινωνική πρόοδο ενός κράτους, στο μέλλον (Birt & Cowling, 2017).

Έχει επισημανθεί πως η ενσωμάτωση στην εκπαίδευση, πρακτικών ανάπτυξης διαφόρων δεξιοτήτων και η παράλληλη ύπαρξη προοπτικών (δυνατοτήτων εισόδου σε τομείς εργασίας, με αξιοποίηση ατομικών χαρακτηριστικών) για τους μαθητές, διαμορφώνει τόσο το ρυθμό ανάπτυξης καινοτομιών όσο και τις κατευθύνσεις που αυτές μπορούν να πάρουν, προκειμένου να επιλύονται προβλήματα. Η εκπαίδευση STEM ενθαρρύνει τη διαφορετικότητα και μέσα από αυτή την ενέργεια μπορούν να προκύψουν καινούριες ιδέες στον τρόπο προσέγγισης προβλημάτων αλλά και εμπειρίες, δίνοντας την ευκαιρία βέλτιστης διαχείρισης στα υπάρχοντα και αναδυόμενα προβλήματα. Αυτή ακριβώς η ενσωμάτωση των δεξιοτήτων και των προοπτικών, μπορεί να οδηγήσει σε πρακτικότερες λύσεις και αποτελεσματικότερες διαδικασίες. Στον αντίποδα όμως, με την εκπαίδευση που εμπεριέχει απλή απομνημόνευση γνώσεων και απουσία πρακτικών έρευνας, ελλοχεύει ο κίνδυνος της απώλειας κάθε ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος που θα μπορούσε να προσδώσει η εκπαίδευση STEM (El Nagdi et al., 2018).

Ξεκινώντας λοιπόν την παρουσίαση της STEM ως αναπτυξιακού παράγοντα, σε πρώτο πλάνο υπεισέρχεται η ατομική εξέλιξη και η επίδρασή της στη διαμόρφωση των σύγχρονων κοινωνιών και κατ' επέκταση οικονομιών. Όπως ήδη έχει σημειωθεί, η εκπαίδευση STEM περιλαμβάνει το πλαίσιο της ατομικής προσπάθειας στην αναζήτηση της γνώσης και έχει υιοθετήσει τη μαθητοκεντρική διδασκαλία ως πυλώνα της, η οποία είθισται να ενισχύει τις ατομικές δεξιότητες και καθιστά τον εκάστοτε μαθητή υπεύθυνο απέναντι στη διαχείριση ενός προβλήματος ().

Η συμμετοχή των μαθητών σε προσομοιώσεις μελετών στα μαθήματα του σχολείου (Φυσική, Χημεία, Μαθηματικά, Κοινωνικές Επιστήμες κ.ά.), αποτελεί

παράγοντα ικανό να καθορίσει τις απόψεις τους στο μέλλον. Η ανάδειξη ατομικών χαρακτηριστικών όπως η ικανότητα γρήγορης προσαρμογής σε ένα πρόβλημα (ή μια ρευστή κατάσταση) και η αυτο-αποτελεσματικότητα στις ενέργειες που εκτελούνται, συνθέτουν δεξιότητες που κρίνονται αναγκαίες για την εξέλιξη κάθε ατόμου στο εργασιακό του περιβάλλον (Palmer, Burke & Aubusson, 2017).

Στο αμέσως επόμενο επίπεδο, αυτό των επιχειρήσεων, έχει καταστεί σαφές ότι ολοένα και περισσότερες στη σύγχρονη εποχή, αντιμετωπίζουν πιο θετικά το περιεχόμενο της STEM, όπως επίσης τις έννοιες που αυτό προωθεί, στα πλαίσια των προγραμμάτων κοινωνικής ευθύνης (corporate social responsibility, CSR) που υποστηρίζουν. Διεθνείς τεχνολογικοί γίγαντες αλλά και εταιρείες άλλων κλάδων, έχουν προσδώσει ιδιαίτερη σημασία στις δεξιότητες που ενισχύει η εκπαίδευση STEM και με τη σειρά τους φροντίζουν ώστε να ενθαρρύνουν πρωτοβουλίες που την προάγουν. Εξάλλου, στόχος κάθε επιχείρησης που σέβεται τον εαυτό της, είναι η βελτίωση των δεικτών αποτελεσματικότητας (effectiveness) και παραγωγικότητας (productivity), με απώτερο σκοπό τη μεγιστοποίηση του κέρδους (Hadani & Rood, 2018).

Φεύγοντας από το άτομο και την επιχείρηση και περνώντας σε ένα πιο ευρύ φάσμα, αυτό του κράτους και της οικονομίας του, είναι ίσως έως και αυτονόητο πως όταν τα άτομα μπορούν να εξελίξουν τις δεξιότητές τους και να διακριθούν μέσα σε ένα σύνολο ανθρώπων, συμβάλλουν στην εξέλιξη της ίδιας της κοινωνίας. Τα κράτη, οφείλουν να παρουσιάζουν οργανωμένα σχέδια αξιοποίησης της εκπαίδευσης STEM, να ορίζουν μηχανισμούς αξιολόγησης, να υιοθετούν πρότυπα λειτουργίας για τα ακαδημαϊκά τους ιδρύματα και να παρέχουν κίνητρα για μετεκπαίδευση των εκπαιδευτικών και κατάρτιση με σύγχρονο περιεχόμενο, επιδιώκοντας πάντα τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού συστήματος εκπαίδευσης (El-Deghaidy et al., 2018).

Πολλά κράτη του κόσμου έχουν δώσει ιδιαίτερη προσοχή στο σκέλος της Γ΄θμιας εκπαίδευσης, σε μια προσπάθεια να προετοιμάσουν τους πολίτες τους απέναντι στις γρήγορες αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στο διεθνές περιβάλλον, αλλαγές που απαιτούν επιστημονικές γνώσεις υψηλού επιπέδου και γνώσεις ορθής διερεύνησης ζητημάτων. Ως αποτέλεσμα, αρκετοί οργανισμοί έχουν ως αντικείμενο τους - μεταξύ άλλων - και την παρακολούθηση (monitoring) του βαθμού συμμετοχής

στους τομείς που συνδέονται με την Γ'θμια εκπαίδευση STEM, σε μια προσπάθεια να βελτιώσουν τις δεξιότητες των μαθητών αλλά παράλληλα να δημιουργήσουν ΑΠΣ (ή να αναβαθμίσουν τα ήδη υπάρχοντα) τα οποία θα εξυπηρετούν τη σύγχρονη παροχή υπηρεσιών και τη βιομηχανία (Freeman, 2014).

Τα κράτη, είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα χρειάζονται ολοένα και περισσότερους εργαζομένους με υψηλού επιπέδου δεξιότητες, ικανούς να ανταποκρίνονται στις αυξημένες ανάγκες της παγκοσμιοποιημένης οικονομίας. Το ανερχόμενο εργατικό δυναμικό στη σύγχρονη κοινωνία, θα πρέπει να διαθέτει ανεπτυγμένες δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, να εφευρίσκει και να καινοτομεί, να μπορεί να σκέφτεται και να λειτουργεί λογικά αλλά και ανεξάρτητα, δεξιότητες δηλαδή που μπορούν να ενισχυθούν με την υιοθέτηση πρακτικών που ορίζει η STEM (El-Deghaidy et al., 2018).

3. Παράγοντες επιτυχίας της εκπαίδευσης STEM

Με την παρούσα ενότητα, η εργασία εισάγει τον αναγνώστη στο κυρίως ζητούμενο, που δεν είναι άλλο από τους παράγοντες οι οποίοι μπορούν να οδηγήσουν τη διδακτική πρακτική STEM, σε επιτυχία. Επιπροσθέτως, πέρα από την απαρίθμηση και λεπτομερή καταγραφή των παραγόντων αυτών, στο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν και ορισμένες μελέτες που αποδεικνύουν τη χρησιμότητα της μεθόδου και «προδίδουν» τους παράγοντες αυτούς.

3.1 Παράγοντες που παρεμποδίζουν την επιτυχία

Προτού παρουσιαστούν οι παράγοντες που ενισχύουν την επιτυχία της εκπαίδευσης STEM, κρίνεται σκόπιμο να εντοπιστούν και να καταγραφούν οι παράγοντες που αποτελούν τροχοπέδη στην επιτυχημένη εφαρμογή της, αφού έτσι θα μπορέσουν να αποτυπωθούν καλύτερα και οι λύσεις αυτού του προβλήματος. Ως εμπόδιο σε αυτή την κατεύθυνση (επιτυχία της εκπαίδευσης STEM), ορίζεται κάθε στοιχείο που μπορεί να περιορίσει τις δυνατότητες ενός ατόμου να βελτιωθεί και να εξελιχθεί, ενώ προέρχονται από διάφορες συνθήκες, όπως φυσικά φαινόμενα, πολιτιστικές καταστάσεις, παροδικές ή μόνιμες, ατομικά προβλήματα κ.ά., με τα εμπόδια που αναστέλλουν την επιτυχή εφαρμογή της STEM να διακρίνονται σε ενδογενή και εξωγενή (El-Deghaidy et al., 2017).

Ξεκινώντας με τα ενδογενή εμπόδια, αυτά έχουν συσχετιστεί με τις ατομικές δεξιότητες των εκπαιδευτικών, καθώς και με τις πρακτικές διδασκαλίας που εφαρμόζουν. Στα παραπάνω, θα πρέπει να προστεθούν το επίπεδο γνώσεών τους αλλά και οι διάφορες προκλήσεις παιδαγωγικής φύσεως, που εγείρονται κατά διαστήματα, ενώ συναντώνται επίσης δυσκολίες στην προσπάθειά τους να επιτύχουν στόχους (προσωπικούς) και να καταφέρουν να ανέλθουν κατά τη διάρκεια της εργασιακής τους καριέρας (Hasanah & Tsutaoka, 2019).

Τα σοβαρότερα ενδογενή εμπόδια που αναστέλλουν την επιτυχία της STEM, έχουν εντοπιστεί σε διάφορες μελέτες και σχετίζονται με (Nikolova et al., 2018):

- Τη μειωμένη κατανόηση του περιεχομένου (από τους εκπαιδευτικούς) και την απουσία προτύπων
- Τη μειωμένη κατανόηση της διεπιστημονικής φύσης των ΑΠΣ που συνδέονται με την εκπαίδευση STEM και συγκεκριμένα, την αδυναμία των

εκπαιδευτικών - λόγω άγνοιας και ελλιπούς εκπαίδευσής τους - να ενσωματώσουν με αποτελεσματικό τρόπο στη διδασκαλία, θεματικά πεδία που σχετίζονται με αυτή.

- Την έλλειψη του απαιτούμενου, για τη σωστή σχεδίαση και ενσωμάτωση περιεχομένου, χρόνου, από κλάδους που θα τροφοδοτήσουν τις δραστηριότητες των ΑΠΣ
- Ο παραδοσιακός τρόπος διδασκαλίας, ο οποίος έχει παγιωθεί για δεκαετίες στη συνείδηση και τις πρακτικές των εκπαιδευτικών

Τα παραπάνω, αποτελούν απλά τις εγγενείς δυσκολίες που συναντούν οι εκπαιδευτικοί στην προσπάθεια υλοποίησης των ΑΠΣ που συνδέονται με την εκπαίδευση STEM και σχετίζονται με τη διεπιστημονική εφαρμογή της, όπως επίσης των παιδαγωγικών τους γνώσεων γύρω από την εν λόγω εκπαιδευτική πρακτική. Στα παραπάνω όμως, θα πρέπει να προστεθεί μια ακόμη ενδογενής παράμετρος που παρεμποδίζει την επιτυχία της STEM, που δεν είναι άλλη από την εκπαίδευση που λαμβάνουν οι εκπαιδευτικοί και την εμπειρία που αποκομίζουν κατά τη διάρκεια της εργασιακής τους πορείας. Συγκεκριμένα, έχει διαπιστωθεί πως οι εκπαιδευτικοί με μεταπτυχιακούς τίτλους σε τομείς που διδάσκουν, σημειώνουν σημαντική επίδραση στις επιδόσεις των μαθητών, στο αντίστοιχο επιστημονικό πεδίο. Επιπροσθέτως, τα έτη προϋπηρεσίας στην εκπαίδευση, φαίνεται πως επίσης επιδρούν στην άνεση που οι ίδιοι νιώθουν, στη διδασκαλία των θεματικών πεδίων που αναλαμβάνουν, ενώ η εμπειρία τους σε συνδυασμό με το φύλο και την ηλικία, θεωρούνται επιπλέον σημαντικός παράγοντας επιτυχίας στην εκπαίδευση STEM (Thibaut et al., 2018).

Περνώντας τώρα στις εξωγενείς παραμέτρους που παρεμποδίζουν την επιτυχία της STEM, αυτοί σχετίζονται με ζητήματα των εκπαιδευτικών μονάδων, δομικά και οργανωσιακά, τα οποία μάλιστα είναι ικανά να επιδράσουν αρνητικά στις επιδόσεις των εκπαιδευτικών. Μπορεί λοιπόν να παρέχεται στους εκπαιδευτικούς η κατάλληλη επιμόρφωση όσον αφορά την ορθή εφαρμογή του περιεχομένου της μεθόδου STEM, ωστόσο να μην επαρκεί ούτε η εκπαίδευση που λαμβάνουν ούτε οι πληροφορίες που τους μεταβιβάζονται, ενώ συχνά ο διαθέσιμος για την εφαρμογή της STEM, χρόνος, δε θεωρείται αρκετός (Ismail et al., 2019).

Δεδομένου ότι η εκπαίδευση STEM στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ανακαλυπτική μάθηση (IBL) και ως εκ τούτου χρειάζεται αρκετός χρόνος, σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας, προκειμένου να υλοποιηθεί

σωστά στην τάξη, το κριτήριο του χρόνου δε φαίνεται να εξυπηρετείται. Είναι εξάλλου εν γνώση των εκπαιδευτικών ότι το σχολικό πρόγραμμα κατά τη διάρκεια της ημέρας, κρίνεται κάπως περιοριστικό για να ενσωματωθεί αποτελεσματικά το περιεχόμενο της STEM. Ακόμα περισσότερο στη Β΄θμια εκπαίδευση, έχει αναφερθεί από εκπαιδευτικούς ότι συναντούν δυσκολίες στην προσπάθεια συνεργασίας τους με άλλες ειδικότητες, ώστε να αναπτύξουν επιτυχώς μαθήματα με περιεχόμενο από τη STEM και να τα εφαρμόσουν αποτελεσματικά (Hasanah & Tsutaoka, 2019).

Τέλος, η ποσότητα της προς παράδοση ετήσιας ύλης, έχει σημειωθεί ως αποτρεπτικός παράγοντας για την ορθή εφαρμογή της STEM. Συγκεκριμένα, εξαιτίας του μεγάλου όγκου της ύλης που καλούνται να διεκπεραιώσουν οι εκπαιδευτικοί έως το τέλος της χρονιάς, σε συνδυασμό με τον περιορισμένο χρόνο που διαθέτουν για το σκοπό αυτό (αλλά και της έλλειψης πόρων - εξοπλισμός και υλικά - σε ορισμένες περιπτώσεις), καθίσταται δύσκολη η υλοποίηση δραστηριοτήτων STEM (Nikolova et al., 2018). Συμπληρωματικά σε αυτό, ο αριθμός των μαθητών σε κάθε τάξη επίσης δε βοηθά στην κατεύθυνση της αποτελεσματικής συνεργασίας μεταξύ μαθητών ή/και μαθητών-εκπαιδευτικών (van Thang, 2021).

3.2 Ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός του συστήματος εκπαίδευσης

Προκειμένου ένα εκπαιδευτικό σύστημα να χαρακτηρίζεται από αποτελεσματικότητα, θα πρέπει ο σχεδιασμός του να έχει βασιστεί σε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση της διδασκαλίας, του περιεχομένου της και των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Όσον αφορά τώρα συγκεκριμένα την εκπαίδευση STEM, η ανάγκη για έναν ολοκληρωμένο σχεδιασμό καθίσταται ακόμα πιο επιτακτική, δεδομένου ότι οι μαθητές διαμορφώνουν τις απόψεις και στάσεις τους σχετικά με τη μάθηση στα επιστημονικά πεδία της Τεχνολογίας και των Επιστημών (αμφότερα, μέρη της STEM εκπαίδευσης), από τα πρώτα χρόνια της ζωής τους ακόμη, ενώ δύσκολα αυτά θα αλλάξουν σε μεταγενέστερο στάδιο, όπως για παράδειγμα κατά την εφηβεία (Ouda & Ahmed, 2016). Για παράδειγμα, προβλήματα που οι εκπαιδευτικοί συναντούν στους μαθητές, σε διάφορα μαθήματα των τάξεων του Λυκείου, δεν αποτελούν απαραίτητως προβλήματα αυτών των τάξεων αλλά

συχνά προέρχονται από μικρότερες βαθμίδες της εκπαίδευσης και συσσωρεύτηκαν σε αυτή (Roungos, Kalloniatis & Matsinos, 2020).

Αυτός είναι και ο βασικότερος λόγος για τον οποίο τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (ΑΠΣ) πρέπει να σχεδιάζονται στη λογική του «ενιαίου συνόλου», δηλαδή στα πλαίσια μιας σταδιακής ανάπτυξης και εξέλιξης η οποία ξεκινάει από τις μικρότερες τάξεις του Δημοτικού σχολείου και φτάνει έως και - τουλάχιστον - τα ανώτερα στρώματα της Β΄θμιας εκπαίδευσης. Αποτέλεσμα μιας τέτοιας, ολιστικής στρατηγικής, είναι η κλιμακωτή διδασκαλία για κάθε γνωστικό πεδίο και το χτίσιμο της καινούριας γνώσης επάνω σε γερά θεμέλια, προερχόμενα από μια εδραιωμένη και κεκτημένη βάση (ΣΕΒ, 2021).

Έτσι, προσαρμόζοντας με κατάλληλο τρόπο τα ΑΠΣ στην εκάστοτε ηλικία, ρυθμίζοντας ώστε το επίπεδο δυσκολίας να αυξάνεται σταδιακά, εμπλουτίζοντας την ύλη διαρκώς με νέες δραστηριότητες οι οποίες καλύπτουν το φάσμα των σύγχρονων αναγκών και δίνοντας στις εκπαιδευτικές μονάδες τη δυνατότητα να δικτυώνονται με παράγοντες εκτός αυτών, συντίθεται μια λίστα από συνιστώσες καίριας σημασίας για την αποτελεσματικότητα του εκπαιδευτικού συστήματος. Μέσα σε όλα αυτά, δε θα πρέπει επίσης να παραβλέπεται η σημασία της ανατροφοδότησης και της αξιολόγησης, ως μέρος των σύγχρονων πρακτικών διερεύνησης της αποτελεσματικότητας (ΣΕΒ, 2021).

3.3 Απόδοση ελκυστικότητας στις πρακτικές διδασκαλίας

Θεωρείται ιδιαίτερα σημαντικό, η διδασκαλία των - κατά γενική ομολογία - δύσκολων επιστημονικών πεδίων, να καθίσταται όσο το δυνατόν πιο ελκυστική, αποτελώντας καταλυτικό παράγοντα στη μάθηση, ενώ ταυτόχρονα, προωθεί πιο αποτελεσματικά την εκπαίδευση STEM. Η απόδοση ελκυστικότητας στον τρόπο με τον οποίο διδάσκονται ενότητες όπως τα Μαθηματικά, ο Προγραμματισμός κ.ά., αυξάνει τις πιθανότητες υψηλότερων επιπέδων επιστημονικού αλφαριθμητισμού στους μαθητές οι οποίοι τα διδάσκονται από μικρές ακόμη ηλικίες, αυξάνει επίσης το ενδιαφέρον των μαθητών μεγαλύτερης ηλικίας, για τα επιστημονικά πεδία που

περιλαμβάνονται στη STEM και συνδράμει αποφασιστικά στην πλήρωση μιας δεξαμενής ανθρωπίνου δυναμικού, το οποίο θα διαθέτει δεξιότητες που απαιτούνται στη σύγχρονη κοινωνία και θα μπορεί να τις αξιοποιήσει μελλοντικά (Hasanah & Tsutaoka, 2019).

Προκειμένου όμως ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης να καταστεί ελκυστικό, οι σχεδιαστές του θα πρέπει να το εμπλουτίζουν με μια σειρά δραστηριοτήτων που, πέρα από την παροχή γνώσεων, θα είναι διαδραστικό, διασκεδαστικό και θα δίνει τη δυνατότητα ενεργητικής δράσης στους μαθητές. Τέτοιες δραστηριότητες είναι η διεξαγωγή πειραμάτων, η διεξαγωγή μελετών παρατήρησης (observation study), τα παιχνίδια ρόλων, οι κατασκευές και οι δραστηριότητες εικαστικού περιεχομένου, οι ομάδες με επιστημονικό αντικείμενο και πολλά ακόμη (Nikolova et al., 2018).

Στον αντίποδα, θα ήταν καλό να αποφεύγονται δραστηριότητες οι οποίες καθλώνουν απλά τους μαθητές σε ένα θρανίο, καθ' όλη τη διάρκειά τους, αφού έτσι αποφεύγεται ο πειραματισμός, ενώ ταυτόχρονα δαιμονοποιείται το λάθος και ενοχοποιούνται οι αποτυχίες. Εξάλλου, μιας και το ζητούμενο της παρούσας εργασίας είναι οι παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν την εκπαίδευση STEM σε επιτυχία, από τη φύση της συνθέτει μια προσέγγιση διδασκαλίας που απαιτεί δημιουργικό πνεύμα, προσωπικές ενέργειες και ευέλικτη τρόπο δράσης ή/και σκέψης (El-Deghaidy et al., 2017).

Κατά συνέπεια, απαιτείται από τους εκπαιδευτικούς η ανάπτυξη συγκεκριμένων δεξιοτήτων, καθώς και έντονης κινητοποίησης για την παροχή των απαραίτητων εργαλείων που θα μπορέσουν να διευκολύνουν - μιας και αυτός είναι ο ρόλος τους, σύμφωνα με τη λογική της εκπαίδευσης STEM - τους μαθητές. Την ίδια στιγμή όμως, θα πρέπει και στους εκπαιδευτικούς να δίνονται τα κίνητρα, τα κατάλληλα εργαλεία και η δυνατότητα αξιοποίησης του περιεχομένου της STEM, μιας και μόνο έτσι θα μπορέσει να «ντύσει» με δημιουργικότητα το διδακτικό πρόγραμμα που καλείται να φέρει εις πέρας και να το διαμορφώσει σε ένα ευρύ πλαίσιο και όχι μόνο κάτω από αυστηρές και άκαμπτες - από εκπαιδευτικής φύσης - υποδείξεις (Margot & Kettler, 2019).

3.4 Εκπαιδευτικές απαιτήσεις

Εάν ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης που στηρίζεται στο περιεχόμενο της STEM, οι σχεδιαστές και εκτελεστές του θέλουν να χαρακτηρίζεται από αποτελεσματικότητα, τότε απαιτούνται δύο παράμετροι, η ύπαρξη των οποίων κρίνεται ικανή συνθήκη για τη διαρκή βελτίωση του γνωστικού επιπέδου. Αφενός, χρειάζεται η καταβολή εντατικής προσπάθειας από την πλευρά των μαθητών και αφετέρου, απαιτείται η δέσμευση των ιθυνόντων για συστηματική υποστήριξη στην προσπάθεια αυτή, ώστε να μπορεί να συνεχίζεται (van Thang, 2021).

Θα πρέπει ωστόσο να σημειωθεί ότι μια εκπαίδευση που χαρακτηρίζεται ως «απαιτητική», δεν είναι απαραίτητο να συνοδεύεται από αύξηση των εκπαιδευτικών υποχρεώσεων των μαθητών σε ενδοσχολικές ή/και εξωσχολικές δραστηριότητες. Δε θα πρέπει επίσης να συνδέεται με μια προσπάθεια να αποκτηθούν γνώσεις που δε συνάδουν με το επίπεδο γνώσεων και το ηλικιακό εύρος των μαθητών, ούτε ο βαθμός δυσκολίας των διδακτικών πεδίων θα πρέπει να ενισχύεται αυθαίρετα (συνήθως στα πλαίσια πρακτικών βελτίωσης του γνωστικού επιπέδου των μαθητών) ή οι ακαδημαϊκές τους επιδόσεις να αποτιμώνται αποκλειστικά μέσω ποσοτικών κριτηρίων (El-Deghaidy et al., 2017).

Όπως παρουσιάστηκε και σε προηγούμενη ενότητα της εργασίας, οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να θέτουν στους μαθητές ερωτήσεις και να εγείρουν προβληματισμούς. Η απάντηση/επίλυση αυτών, θα πρέπει να απαιτεί δεξιότητες ή/και γνώσεις ελαφρώς υψηλότερες από τις αντίστοιχες της τάξης στην οποία απευθύνονται. Έτσι, οι εκπαιδευτικοί καθιστούν τα προβλήματα πιο σύνθετα και απαιτείται τρόπος σκέψης πιο πολύπλοκος, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται υψηλότερο επίπεδο μαθησιακής ικανότητας και διανοητικής λειτουργίας για τον εντοπισμό λύσεων/απαντήσεων. Την ίδια στιγμή, το ενδιαφέρον των μαθητών παραμένει σε ικανοποιητικά επίπεδα και η επίλυση των προβλημάτων βελτιώνει την αυτοπεποίθησή τους (van Thang, 2021).

3.5 Υποστήριξη εκπαιδευτικών & επαγγελματική εξέλιξη

Οι τρεις παραπάνω παράγοντες επιτυχίας της εκπαίδευσης STEM, εύκολα οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η αποτελεσματικότητα της εκπαιδευτικής αυτής πρακτικής προϋποθέτει την κατανόηση της σημασίας του ρόλου που διαδραματίζουν οι εκπαιδευτικοί. Το κύριο καθήκον που επωμίζονται, είναι η διατήρηση των επιπέδων ενθουσιασμού και περιέργειας - στην ουσία πρόκειται για έμφυτα χαρακτηριστικά σχεδόν σε κάθε άνθρωπο - στους μαθητές, όπως επίσης η παρακίνηση για κατάκτηση της γνώσης, για επίτευξη στόχων και για κατανόηση του αγνώστου. Ωστόσο, βασική προϋπόθεση είναι να αποτελεί έναν επαγγελματία ικανό στη διαμόρφωση ενός ελκυστικού μαθήματος, που περιλαμβάνει θεματολογία από διάφορα πεδία, στηρίζεται στην ανακαλυπτική μάθηση, μπορεί να εφαρμοστεί πρακτικά και το κυριότερο, συνδέει τη θεωρία με καταστάσεις στον πραγματικό κόσμο (Ismail et al., 2019).

Πιθανόν πολλοί να θεωρούν ότι οι εκπαιδευτικοί στην Ελλάδα δε λαμβάνουν την απαραίτητη εκπαίδευση και τα κατάλληλα εφόδια μέσα από βιοματικές εμπειρίες, προκειμένου να μπορούν να ανταπεξέλθουν αποτελεσματικά σε μια προσέγγιση της διδασκαλίας μέσα από το πρίσμα της STEM. Η πραγματικότητα όμως είναι πως και στον υπόλοιπο κόσμο, η κατάσταση αυτή αποτελεί ένα υπαρκτό πρόβλημα (ΣΕΒ, 2021). Στα πλαίσια βελτίωσης της κατάστασης, η πολιτεία οφείλει να εφοδιάζει τους εκπαιδευτικούς τόσο κατά την αρχική τους εκπαίδευση όσο και κατά τη διάρκεια της καριέρας τους, με τις απαραίτητες γνώσεις οι οποίες θα τους καταστήσουν ικανούς να αξιοποιούν καινοτόμες πρακτικές και σύγχρονες μεθόδους, αφενός σε επίπεδο διδακτικών πρακτικών και αφετέρου σε επίπεδο αξιολόγησης μαθητών, ώστε να απομακρυνθεί η διδασκαλία από τη δασκαλοκεντρική της προσέγγιση (Nikolova et al., 2018).

Επιπλέον, η λεγόμενη “*διεπιστημονική συνεργασία*” αποτελεί μια παράμετρο που θεωρείται σημαντική και θα πρέπει να ενταχθεί στην εκπαίδευση αλλά και στις εργασιακές συνθήκες των εκπαιδευτικών. Στο σκέλος της διδασκαλίας, αυτό μπορεί να λάβει χώρα μέσα από τις αναθέσεις ομαδικών εργασιών διεπιστημονικού χαρακτήρα ή τη διεξαγωγή δραστηριοτήτων που συνδυάζουν ποικίλα επιστημονικά πεδία (Προγραμματισμός και Μαθηματικά, για παράδειγμα). Στο σκέλος της διεξαγωγής εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, τόσο το σύστημα εκπαίδευσης (ως το μέσο από το οποίο λαμβάνονται αποφάσεις και καθορίζονται πολιτικές) όσο και οι

ίδιες οι εκπαιδευτικές μονάδες, θα πρέπει να δείχνουν εμπράκτως τη στήριξή τους προς συνεργασίες ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς αλλά να προωθούν ταυτόχρονα τη νοοτροπία ανατροφοδότησης (feedback) μεταξύ τους. Αυτό μάλιστα μπορεί να λάβει χώρα μέσα από διδασκαλία μαθημάτων συνεργατικά, με διεξαγωγή δραστηριοτήτων οι οποίες εφαρμόζουν πρακτικά το προκαθορισμένο διεπιστημονικό περιεχόμενο διδασκαλίας, με την παροχή στήριξης (mentoring) σε εκπαιδευτικούς που έχουν μόλις ξεκινήσει τη σταδιοδρομία τους και αρκετά ακόμη (Margot & Kettler, 2019).

Όπως υπέδειξαν μάλιστα τα αποτελέσματα της έρευνας του Οργανισμού για την Οικονομική Συνεργασία & Ανάπτυξη (ΟΟΣΑ, 2018), η εκπαίδευση των εν δυνάμει εκπαιδευτικών (ως φοιτητές), καθώς και η εκπαίδευσή τους κατά τη διάρκεια της σταδιοδρομίας τους (δια βίου εκπαίδευση), παρουσιάζει μια σειρά στοιχείων που οι ίδιοι θεωρούν ότι προσφέρουν τη μέγιστη απόδοση στις προσπάθειες ανάπτυξης των επαγγελματικών τους δεξιοτήτων. Αυτά είναι αφενός, η υιοθέτηση μιας προσέγγισης σύναψης συνεργασιών κατά τη διεκπεραίωση διαδικασιών εκπαίδευσης και αφετέρου, η ενεργητική μάθηση (Shernoff et al., 2019).

Το ζήτημα της αριστείας θεωρείται ένα θέμα ταμπού για μερικά εκπαιδευτικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένου αυτού της Ελλάδας. Ωστόσο, σε συστήματα εκπαίδευσης τα οποία έχουν αναγνωριστεί διεθνώς για τις επιτυχημένες τους πρακτικές και την αποτελεσματικότητά τους (Σιγκαπούρη, Νότια Κορέα, Φινλανδία), οι θέσεις των εκπαιδευτικών καλύπτονται αποκλειστικά από μια δεξαμενή φοιτητών που αρίστευσαν κατά τις σπουδές τους. Ταυτόχρονα, τα συστήματα αυτά έχουν υιοθετήσει γενικότερα αυστηρά κριτήρια για την επιλογή των εκπαιδευτικών αλλά και την αξιολόγησή τους, ενώ παράλληλα παρέχουν ουσιαστική υποστήριξη στις εκπαιδευτικές προσπάθειες των επαγγελματιών του κλάδου (σύστημα επαγγελματικής ανέλιξης, δια βίου εκπαίδευση & συμβουλευτική καθοδήγηση εκπαιδευτικών, κοινότητες μάθησης κ.ά.), αναγνωρίζοντας και ανταμείβοντας τις υψηλές επιδόσεις (El-Deghaidy et al., 2017).

Κλείνοντας ωστόσο τον εν λόγω παράγοντα επιτυχίας της εκπαίδευσης STEM, θα πρέπει να τονιστεί ότι στο επάγγελμα των εκπαιδευτικών η αριστεία δε διασφαλίζεται μόνο μέσα από συστήματα κατάρτισης και δια βίου εκπαίδευση. Για την επίτευξή της, χρειάζεται μια συνολικότερη προσπάθεια από την πολιτεία και τους φορείς εκπαίδευσης, προκειμένου το επάγγελμα να υποστεί μια αναβάθμιση της

αξιοπιστίας και του κύρους που το διέπει, σε συνδυασμό με την έμπρακτη αναγνώριση, την ανάδειξη και την προσέλκυση των πραγματικά ικανών εκπαιδευτικών (van Thang, 2021).

3.6 Εργαλεία, μέσα, υποδομές & τεχνικές προδιαγραφές

Η αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης STEM προϋποθέτει την ύπαρξη κατάλληλου εξοπλισμού, καθώς και σύγχρονων μέσω διδασκαλίας στη διάθεση των εκπαιδευτικών, αφού τόσο η πρακτική εφαρμογή όσο και η εξάσκηση, καταλαμβάνουν δεσπόζουσα θέση στις πρακτικές της. Ως εκ τούτου, κρίνεται απαραίτητο για τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς, να διαθέτουν απρόσκοπτη πρόσβαση στον κατάλληλο και σύγχρονο εξοπλισμό εργαστηρίων, με τεχνολογίες (εκπαιδευτικά software και αναβαθμισμένο hardware κ.ά.) και διάφορα υλικοτεχνικά μέσα (οπτικοακουστικά μέσα, εξοπλισμό εργαστηρίων, υλικά κατασκευών κ.ά.). Εκ των ων ουκ άνευ προϋπόθεση επιτυχίας, θεωρείται η δυνατότητα πρόσβασης των μαθητών σε υπολογιστές και συγκεκριμένες δυνατότητες διαδικτύου, δεδομένου ότι η εξοικείωση των μαθητών με τις αναδύομενες ή υπάρχουσες τεχνολογίες από μικρή ηλικία, θεωρείται πυρήνας της εκπαίδευσης STEM, για το σύνολο των εκπαιδευτικών βαθμίδων (Ismail et al., 2019).

Επιπλέον, τα τελευταία χρόνια έχουν καθιερωθεί διαδικτυακές τεχνολογίες μάθησης (online learning, distant learning) και η δυνατότητα μάθησης με τη βοήθεια κινητών ή/και έξυπνων εφαρμογών (mobile learning apps, smart devices) έχει κερδίσει έδαφος, δίνοντας σε μαθητές και εκπαιδευτικούς απεριόριστες δυνατότητες επιλογών περιεχομένου στα επιστημονικά πεδία της STEM. Μάλιστα, έχει διαπιστωθεί ότι η πρόσφατη κρίση που προκλήθηκε εξαιτίας της πανδημίας Covid19, επιτάχυνε σημαντικά την ανάπτυξη τέτοιων τεχνολογιών και φυσικά, την πιο αποφασιστική ενσωμάτωσή τους στις εκπαιδευτικές πρακτικές, κάτι που αναμένεται να συνεχιστεί τα επόμενα χρόνια (Margot & Kettler, 2019).

Τέλος, δε θα πρέπει να παραβλέπεται ότι τα δημόσια σχολεία παρουσιάζουν περιορισμένες οικονομικές δυνατότητες απόκτησης σύγχρονου εξοπλισμού

απαραίτητου για τη σωστή διεξαγωγή της εκπαίδευσης STEM. Το γεγονός αυτό καθιστά ακόμη πιο επιτακτική τη συνεργασία ανάμεσα στις εκπαιδευτικές μονάδες (δίκτυα σχολείων), με στόχο να συνδράμουν προς αυτή την κατεύθυνση τόσο η τοπική πολιτική ηγεσία όσο και το κράτος. Επιπροσθέτως, το χτίσιμο από τα σχολεία, μιας ταυτότητας που προάγει την εκπαίδευση STEM αλλά και η ύπαρξη συνεργαζόμενων εκπαιδευτικών μονάδων, αποτελεί παράγοντα ικανό να ενισχύσει την υλικοτεχνική υποδομή τους (Shernoff et al., 2019).

3.7 Οι επαφές με το περιβάλλον εκτός σχολείων

Εξ' ορισμού της, η εκπαίδευση που βασίζεται στο περιεχόμενο της STEM, δεν περιορίζεται μέσα στις σχολικές τάξεις αλλά αποτελεί προϊόν εμπλουτισμού από εμπειρίες που βιώνουν οι μαθητές και εκπαιδευτικές δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στο (ή σε συνεργασία με) εξωτερικό περιβάλλον των σχολείων. Σε αυτές μάλιστα, μπορούν να συμμετάσχουν και φορείς της τοπικής κοινωνίας ή οποιουδήποτε κλάδου είναι διατεθειμένος να συνδράμει στον πλουραλισμό του γνωστικού επιπέδου των μαθητών (Hasanah & Tsutaoka, 2019).

Είναι λοιπόν σημαντικό, οι μαθητές να έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον του σχολείου, αφού έτσι διευκολύνεται η κατανόηση του νοήματος και περιεχομένου που χαρακτηρίζει βαθιά αφηρημένες έννοιες των επιστημονικών πεδίων, μέσα από οπτικά ερεθίσματα ή/και παραδείγματα που λαμβάνουν χώρα στον πραγματικό κόσμο. Έτσι, μειώνεται η συχνότητα των καταστάσεων κατά τις οποίες λαμβάνουν χώρα προσομοιώσεις εντός της τάξης ή αλλιώς, η συχνότητα παρακολούθησης φαινομένων σε “*συνθήκες εργαστηρίου*” (Nikolova et al., 2018).

Τα μοντέλα εκπαίδευσης που στηρίζονται στη STEM, χαρακτηρίζονται από επιτυχία ακριβώς επειδή έχουν εισέλθει σε μια νοοτροπία αξιοποίησης μεθόδων μάθησης που στηρίζονται σε ομαδικές εργασίες (project-based methods) και έχουν εξοικειωθεί με την παρακίνηση ατόμων από το εξωτερικό περιβάλλον των σχολείων (εκπρόσωποι επαγγελματικών επιμελητηρίων, πολιτιστικών οργανισμών ή δημοσίων υπηρεσιών, στελέχη επιχειρήσεων, αναγνωρισμένες προσωπικότητες από χώρους του

θεάματος, των τεχνών, του αθλητισμού κ.ά.), στη συμμετοχή σε δράσεις που τα πρώτα διεξάγουν. Η διεξαγωγή συντονισμένων δραστηριοτήτων αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε μαθητές και άτομα των παραπάνω κλάδων ή διαφόρων πεδίων της κοινωνίας και της οικονομίας, βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τη σύνδεση μεταξύ των δεξιοτήτων τις οποίες μπορούν να αναπτύξουν στο σχολείο και της χρησιμότητάς τους στον πραγματικό κόσμο. Αυτές εξάλλου θα κληθούν να αξιοποιήσουν στο μέλλον, όταν θα χρειαστεί να δοκιμάσουν τις δυνάμεις τους σε εργασιακό περιβάλλον (Ismail et al., 2019).

Η αλληλεπίδραση των μαθητών με το εξωτερικό περιβάλλον του σχολείου, μπορεί να πάρει διάφορες μορφές και να ποικίλει επίσης όσον αφορά την πολυπλοκότητά της. Η πλέον απλή της μορφή, περιλαμβάνει την επίσκεψη σε μια σειρά οργανισμών ή φορέων, όπως Ανώτατα Ακαδημαϊκά Ιδρύματα, ερευνητικά κέντρα, μονάδες παραγωγής μεγάλων επιχειρήσεων ή την παρακολούθηση μιας ομιλίας εκπροσώπων φορέων. Από την άλλη, η πιο σύνθετη μορφή της μπορεί να είναι η συμμετοχή σε μαθητικούς διαγωνισμούς (με ιδιαίτερα δημοφιλείς αυτούς των Μαθηματικών, της Ρομποτικής, των κατασκευών, της Αρχιτεκτονικής κ.ά.), οι ομάδες STEM δραστηριοτήτων εκτός σχολείου, οι καλοκαιρινές κατασκηνώσεις STEM δραστηριοτήτων και αρκετά ακόμη (Margot & Kettler, 2019).

3.8 Η παράμετρος του επαγγελματικού προσανατολισμού

Ο επαγγελματικό προσανατολισμός πλέον έχει εισέλθει ως αντικείμενο της εκπαιδευτικής συμβουλευτικής και αποτελεί σημαντικό μέρος των πρώτων βημάτων τόσο στη Γενική όσο και στην Επαγγελματική εκπαίδευση. Για το λόγο αυτό, η παροχή συμβουλών επαγγελματικού προσανατολισμού έχει καθιερωθεί ως ξεχωριστό μέρος, για την πλειοψηφία των ΑΠΣ, διεθνώς (Hasanah & Tsutaoka, 2019).

Στα πλαίσια της εκπαίδευσης STEM, το ζήτημα του επαγγελματικού προσανατολισμού έχει αποκτήσει ιδιαίτερο νόημα και χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένα στοιχεία. Βασικό του συστατικό στην εκπαίδευση STEM, είναι η ενσωμάτωση της διάστασης του φύλου. Ο κύριος λόγος αυτής της ένταξης, είναι για

να αμβλυνθεί το φαινόμενο διάκρισης μεταξύ φύλων, το οποίο συναντάται σε ευρεία έκταση, στα επαγγέλματα που συνδέονται με τα επιστημονικά πεδία που εντάσσονται στην εκπαίδευση STEM. Έχει εξάλλου αποδειχθεί ότι οι διακρίσεις μεταξύ φύλων τόσο στο σκέλος της εκπαίδευσης όσο και στο εργασιακό περιβάλλον, δε διαιωνίζουν απλά τις όποιες ανισότητες αλλά γεννούν νέες, οι οποίες εδράζονται σε κοινωνικά στερεότυπα. Το φαινόμενο αυτό εΐθισται να μειώνει τις διαθέσιμες επιλογές εκπαίδευσης και εργασίας, να δυσκολεύει την πρόσβαση - συνήθως των γυναικών - σε θέσεις εργασίας υψηλού κύρους, ενώ παράλληλα, διατηρεί το φαινόμενο της υποτίμησης των εργασιακών επιδόσεων και ικανοτήτων τους, χωρίς να στηρίζεται σε πραγματικά δεδομένα. Κοινώς, συμβαίνει αυθαίρετα (ΣΕΒ, 2021).

Μάλιστα, μελέτες οι οποίες έχουν διεξαχθεί την τελευταία δεκαετία (World Economic Forum, 2017 · Stoet & Geary, 2018), οδηγήθηκαν σε συμπεράσματα σχετικά με την ύπαρξη κοινωνικών στερεοτύπων τα οποία ασκούν σημαντική επιρροή στις επιλογές κοριτσιών και αγοριών, στα πεδία της STEM. Πιο συγκεκριμένα, εντοπίστηκε μια απροθυμία από την πλευρά των γυναικών στις επιλογές καριέρας σε επιστημονικά πεδία της STEM, η οποία ωστόσο δε φάνηκε να συνδέεται με εγγενείς αδυναμίες ούτε καθορίστηκε από το φύλο, δεδομένου ότι σε μικρές ηλικίες τα κορίτσια έδειξαν να επιτυγχάνουν επιδόσεις ίσες ή και υψηλότερες από αυτές των αγοριών, στους αντίστοιχους κλάδους. Αυτό όμως που διαπιστώθηκε πρόσθετα, ήταν το γεγονός ότι το ενδιαφέρον των κοριτσιών παρουσιάζει μια πτώση κατά τη διάρκεια της μαθητικής τους ζωής, η οποία φάνηκε να συσχετίζεται με ισχυρά κοινωνικά στερεότυπα και μια αντιστοίχως αρνητική πεποίθηση που διαμορφώνεται σε αυτά κατά την ενηλικίωση, τόσο για τις ίδιες όσο και για τις πραγματικές τους δεξιότητες.

Έτσι, ο επαγγελματικός προσανατολισμός στα πλαίσια της STEM, στοχεύει από τη μια να μειώσει την επίδραση των κοινωνικών στερεοτύπων που δυναμιτίζουν το φαινόμενο διακρίσεων ανάμεσα στα φύλα και επηρεάζουν άρδην τις επιλογές καριέρας, για μερίδα μαθητών. Από την άλλη, επιδιώκει να φέρει σε επαφή τους μαθητές με όσο γίνεται μεγαλύτερο εύρος εργασιακών επιλογών, δίνοντάς τους έτσι πιο καθαρή εικόνα των πιθανών επιλογών τους για το μέλλον. Για να επιτευχθεί όμως αυτός ο στόχος, ο επαγγελματικός προσανατολισμός θα πρέπει να εισαχθεί στα ΑΠΣ από μικρές ακόμα τάξεις (σε επίπεδο Β΄θμιας εκπαίδευσης) αλλά και σημαντικές έννοιες όπως η καριέρα, η ισότητα μεταξύ φύλων και η σημασία των επαγγελμάτων,

να ενσωματωθούν στις διδακτικές πρακτικές από την περίοδο της πρώιμης ακόμη εκπαίδευσης (Shernoff et al., 2019).

Στην εκπαίδευση STEM, το περιεχόμενο του επαγγελματικού προσανατολισμού δεν περιορίζεται σε μια αυτόνομη διδακτική ενότητα η οποία ενσωματώνεται στα ΑΠΣ. Αντιθέτως μάλιστα, η διαδικασία επιλογής επαγγέλματος, όπως και η έννοια της εργασιακής ανέλιξης, παρουσιάζονται και προωθούνται παράλληλα, καθ' όλη τη διάρκεια της εκπαίδευσης των μαθητών, εισάγοντας διάφορες δραστηριότητες, η υλοποίηση των οποίων λαμβάνει χώρα τόσο εντός των σχολείων όσο και εκτός (Nikolova et al., 2018).

3.9 Ευαισθητοποίηση & πληροφόρηση

Ο τελευταίος παράγοντας επιτυχίας της εκπαίδευσης STEM που θα παρουσιαστεί, είναι η ευαισθητοποίηση και η πληροφόρηση των μαθητών για τις επιλογές επαγγελμάτων που έχουν, μέσα από τα επιστημονικά πεδία που συνδέονται με την εκπαίδευση STEM. Με αυτό τον τρόπο, το εκπαιδευτικό σύστημα και οι πρακτικές του μπορούν να αυξήσουν το ενδιαφέρον για άγνωστες πτυχές επαγγελμάτων, αν και έχει γίνει αντιληπτό ότι σε ορισμένες περιπτώσεις η εκπαίδευση δεν αποτελεί επαρκή μεταβλητή για την ανατροπή παγιωμένων αντιλήψεων και στάσεων, στην κοινωνία (Ismail et al., 2019).

Στόχος της εν λόγω διδακτικής πρακτικής, είναι να αυξηθούν οι απόφοιτοι, το γνωσιακό αντικείμενο των οποίων συνδέεται με τα επιστημονικά πεδία της STEM και αυτό μπορεί να συμβεί μόνο με την υλοποίηση μιας καλά οργανωμένης στρατηγικής η οποία θα επιδιώκει να ευαισθητοποιήσει υπέρ των Επιστημών και της Τεχνολογίας, όχι μόνο τους μαθητές αλλά το σύνολο της κοινωνίας. Διευρύνοντας τους ορίζοντες των επιλογών σταδιοδρομίας και παρουσιάζοντάς τες με ελκυστικό τρόπο, αυξάνονται οι πιθανότητες, οι μαθητές να δούνε με διαφορετικό τρόπο, ένα μεγάλο εύρος επαγγελμάτων (Margot & Kettler, 2019).

Ωστόσο, χρειάζεται μια καλά οργανωμένη πολιτική ευαισθητοποίησης και ενημέρωσης του κοινού, η οποία ταυτόχρονα θα ικανοποιεί μια σειρά στόχων, όπως αυτοί καταγράφονται πιο κάτω (Hasanah & Tsutaoka, 2019):

- ✓ Οι Θετικές Επιστήμες και το πεδίο της Τεχνολογίας θα ήταν καλό να προβάλλεται με θετικό τρόπο αναφορικά με τις επιλογές που ανοίγουν και τη χρησιμότητα των επαγγελμάτων
- ✓ Σε κάθε βαθμίδα εκπαίδευσης, θα πρέπει να προωθείται η εξωστρέφεια, έτσι ώστε να αυξάνονται τα ερεθίσματα που δέχονται οι μαθητές από το εξωσχολικό περιβάλλον
- ✓ Τα πρότυπα εργαζομένων που καταφέρνουν να διακριθούν σε τομείς της STEM και προέρχονται από κοινωνικές ομάδες μειωμένης εκπροσώπησης, θα πρέπει να προβάλλονται
- ✓ Η Επαγγελματική εκπαίδευση θα πρέπει να παρουσιάζεται μέσα από δράσεις που ενισχύουν την ελκυστικότητά της
- ✓ Σε επίπεδο επιχειρήσεων και γενικότερα αγοράς εργασίας, θα πρέπει να περιοριστεί σταδιακά το φαινόμενο της “γυάλινης οροφής” (glass ceiling), δηλαδή της χαμηλής εκπροσώπησης των γυναικών σε θέσεις εγνωσμένου κύρους
- ✓ Ο θεσμός της καθοδήγησης (coaching/mentoring) θα πρέπει να εδραιωθεί στις μονάδες εκπαίδευσης, με απώτερο στόχο τη μείωση των κοινωνικών και φυλετικών διακρίσεων στις κατηγορίες επαγγελμάτων που εντάσσονται στη STEM

3.10 Ο παράγοντας της απαιτούμενης δέσμευσης

Κλείνοντας την καταγραφή των παραγόντων επιτυχίας της εκπαίδευσης STEM, κρίθηκε σημαντικό να παρουσιαστούν ορισμένα δεδομένα σχετικά με έναν παράγοντα που θεωρείται καθοριστικός για αυτή την προσπάθεια. Η δέσμευση - ως ενέργεια - στο χώρο της εκπαίδευσης, αφορά το πάθος των εκπαιδευτικών για το επάγγελμά τους και την επιτυχή του διεκπεραίωση, την αγάπη τους για τους μαθητές

και την προσήλωσή τους στην κατάκτηση της γνώσης από αυτούς αλλά και την ομαλή λειτουργία του εκπαιδευτικού οργανισμού στον οποίο δραστηριοποιούνται. Το επάγγελμά τους απαιτεί αφοσίωση στη διαρκή μελέτη και αποτελεσματική παρουσίαση του γνωστικού τους αντικειμένου, όπως επίσης στην επιτυχή εφαρμογή προσεγγίσεων διδασκαλίας, με σκοπό το περιεχόμενο της μάθησης να καταστεί πιο ελκυστικό και να παρακινεί τους μαθητές να ασχοληθούν και να συμμετάσχουν ενεργά στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες (Olitsky et al., 2020).

Όταν η δέσμευση από την πλευρά των εκπαιδευτικών (η οποία ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί ότι ξεκινάει πρώτα από την πολιτεία και τους φορείς εκπαίδευσης) βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, είναι αναμενόμενο ότι θα επιδράσει θετικά στις επιδόσεις των μαθητών, με τις εξετάσεις αξιολόγησης να αποτελούν το πρώτο πεδίο στο οποίο αποτυπώνεται η επιτυχία. Στην ουσία, η δέσμευση συνθέτει την “*κινητήριο δύναμη*” των εκπαιδευτικών, χάρει στην οποία εμπνέονται να εντοπίσουν μεθόδους βελτίωσης της αποτελεσματικότητάς τους, να αξιοποιήσουν καλύτερα το διαθέσιμο χρόνο και να χτίσουν ένα περιβάλλον μάθησης το οποίο θ προσφέρει στους μαθητές τη δυνατότητα να καθορίσουν τους στόχους τους και έπειτα να προσπαθήσουν να τους πετύχουν. Στον αντίποδα, όταν οι εκπαιδευτικοί δε σημειώνουν υψηλά επίπεδα δέσμευσης, δεν αποτελούν απλά τροχοπέδη για την επιτυχή ολοκλήρωση των εκπαιδευτικών τους καθηκόντων αλλά θέτουν σε κίνδυνο ακόμη και την ολοκλήρωση των στόχων τόσο της εκπαιδευτικής τους μονάδας όσο και τους ευρύτερους, της κοινωνίας (Agrawal & Jain, 2020).

Πιο αναλυτικά, φαίνεται πως παρουσιάζονται ορισμένες συσχετίσεις μεταξύ του παράγοντα της δέσμευσης και συγκεκριμένων χαρακτηριστικών των εκπαιδευτικών. Για παράδειγμα, οι εκπαιδευτικοί που έχουν υιοθετήσει και εφαρμόζουν την εκπαίδευση STEM, έχουν παρουσιάσει αυξημένα επίπεδα δέσμευσης στην εργασία τους, ενώ δεν έχει εντοπιστεί κιόλας διαφοροποίηση μεταξύ ανδρών και γυναικών. Την ίδια στιγμή, ούτε το μορφωτικό επίπεδο των εκπαιδευτικών αυτών φαίνεται να επηρεάζει το επίπεδο δέσμευσής τους, ωστόσο γίνεται αντιληπτό ότι προκειμένου η εφαρμογή της STEM να καταστεί μια εμπειρία ευχάριστη για τους μαθητές και με ουσία στο περιεχόμενό της, ο εκπαιδευτικός σαφώς και διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο (Olitsky et al., 2020).

Η εργασιακή εμπειρία επίσης φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη υψηλού επιπέδου δέσμευσης, αφού οι εκπαιδευτικοί που εργάζονται μεταξύ 11 και 15 χρόνια, σημείωσαν τα υψηλότερα επίπεδα, σε αντίθεση με συναδέλφους

τους που εργάζονται λιγότερα από 5 έτη, αν και σύμφωνα με τον Manalo (2019), το αποτέλεσμα αυτό χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση, αφού δεν πληρούσε στατιστικά κριτήρια και προήλθε από παρατήρηση των ερευνητικών δεδομένων. Φαίνεται όμως πως τα έτη εμπειρίας πράγματι αποτελούν σοβαρή παράμετρο, αφού ασκούν επίδραση στο χρόνο που οι εκπαιδευτικοί διαθέτουν με σκοπό τον εντοπισμό ιδεών που θα οδηγήσουν σε αποτελεσματική εφαρμογή των προγραμμάτων της εκπαίδευσης STEM (Agrawal & Jain, 2020).

4. Συμπεράσματα

Φτάνοντας έτσι στα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας, υπάρχουν πολλά που μπορεί κάποιος να απαριθμήσει όσον αφορά την εκπαίδευση STEM στα σύγχρονα σχολεία, όπως επίσης και για τους παράγοντες εκείνους που θα την καθιστούσαν μια εύχρηστη και πραγματικά ωφέλιμη επιλογή για τα εκπαιδευτικά συστήματα. Αρχικά, θα πρέπει να σημειωθεί ότι πυρήνας της εκπαίδευσης STEM είναι η εκμάθηση των μαθητών στην αντιμετώπιση/διαχείριση προβλημάτων, η διενέργεια πληρέστερης αναζήτησης για κατάκτηση της γνώσης, η προσέγγιση της γνώσης από μια διεπιστημονική οπτική και η σύναψη συνεργασιών, σε αντίθεση με την παραδοσιακή διδασκαλία, η οποία προσφέρει τη γνώση στο μαθητή απευθείας από τον εκπαιδευτικό. Με λίγα λόγια, η εκπαίδευση STEM έχει χαρακτηριστεί ως μια μαθητοκεντρική προσέγγιση, η οποία θέτει τις ανάγκες του μαθητή στο επίκεντρο και απομακρύνεται από τη λογική της διέλευσης των πληροφοριών αποκλειστικά μέσα από τον εκπαιδευτικό, ο οποίος πλέον αποκτά ρόλο καθοδηγητή.

Η εκπαίδευση STEM ξεκίνησε στις ΗΠΑ και στην πραγματικότητα αριθμεί περισσότερο από ενάμιση αιώνα, αν και δεν είχε από την αρχή τη μορφή που έχει λάβει τις τελευταίες δεκαετίες. Επιπλέον, το περιεχόμενό της έχει βασιστεί σε σημαντικό βαθμό, στις θεωρίες του κονστρουκτιβισμού και του εποικοδομητισμού (αποτελεί επέκταση του πρώτου), οι οποίες διατυπώνουν πολύ συγκεκριμένες απόψεις για την απόκτηση της γνώσης από τους μαθητές και τις μεθόδους που μπορούν να αξιοποιήσουν.

Για παράδειγμα, μέσα από τη διδασκαλία STEM αναδύονται ορισμένες μέθοδοι, κοινός τόπος των οποίων είναι η δημιουργία γνώσης, οι ευκαιρίες που μπορούν να δοθούν στους μαθητές, η επιδίωξη των καινοτόμων λύσεων και αρκετά ακόμη που μπορούν να οδηγήσουν τους μαθητές στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και όξυνση της κριτικής τους σκέψης. Οι μέθοδοι που προβάλλονται περισσότερο μέσα από τη STEM είναι η “*ανακαλυπτική μάθηση*” (Inquiry-Based Learning, IBL), ιδιαίτερα γνωστή και δημοφιλής “*μέθοδος Project*”, η “*μέθοδος που βασίζεται στη Μηχανική*” (Engineering-Based Learning, EBL) και η “*μέθοδος που βασίζεται στην επίλυση προβλημάτων*” (Problem-Based Learning, PBL).

Έχουν υπάρξει λοιπόν αρκετές μελέτες με περιεχόμενο την εκπαίδευση STEM και την αποτελεσματικότητα που μπορεί αυτή να έχει, τα συμπεράσματα των οποίων έχουν δείξει πως η εφαρμογή της συγκεκριμένης διδακτικής πρακτικής μπορεί να

αποτελέσει ισχυρό παράγοντα ανάπτυξης, όχι μόνο σε ατομικό επίπεδο αλλά και το σύνολο μιας χώρας. Ο λόγος έγκειται στο γεγονός ότι μέσα από την εκπαίδευση STEM αναπτύσσονται δεξιότητες που μπορούν έπειτα να χρησιμοποιήσουν τα άτομα στην εργασιακή τους ζωή και να οδηγήσουν σε αύξηση της παραγωγικότητας, υψηλότερη αποδοτικότητα αλλά και μια εργασιακή νοοτροπία που θα αφουγκράζεται και θα εξυπηρετεί καλύτερα τις ανάγκες που ανακύπτουν, αντί να περιμένει έτοιμες λύσεις.

Για να μπορέσει ωστόσο να εφαρμοστεί και να ευδοκιμήσει η εκπαίδευση STEM, έχει καταστεί σαφές ότι θα πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, οι οποίες απαιτούν χρόνο αλλά και επένδυση (από πλευράς κράτους πρώτα) σε αυτή την εκπαιδευτική κουλτούρα. Η ενσωμάτωση του περιεχομένου της εκπαίδευσης STEM στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών των κρατών, δεν είναι μια εύκολη υπόθεση, αφού η εφαρμογή της απαιτεί ριζική ανακατασκευή της δομής του εκπαιδευτικού συστήματος, έτσι ώστε να υπάρχει μια συνέχεια - από τις μικρότερες τάξεις έως και την ανώτατη εκπαίδευση - και να αποβεί εν τέλει αποτελεσματική. Μπορεί λοιπόν να σημειώνονται ορισμένοι παράγοντες που παρεμποδίζουν την αποτελεσματική της εφαρμογή όπως η χαμηλή κατανόηση του περιεχομένου της (Nikolova et al., 2018) και η ελλιπής εκπαίδευση των εκπαιδευτικών (Ismail et al., 2019) αλλά από την άλλη εντοπίζονται διάφοροι παράγοντες που θεωρούνται ικανοί να τη διευκολύνουν.

Έτσι, παράγοντες που μπορούν να διευκολύνουν την εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM, είναι αρχικά ο κατάλληλος σχεδιασμός του ίδιου του συστήματος εκπαίδευσης και συγκεκριμένα, να στηρίζεται σε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση της διδασκαλίας, του περιεχομένου της και των επιθυμητών αποτελεσμάτων, προκειμένου να επιτυγχάνεται αποτελεσματικότητα, μιας και τα προβλήματα που συναντούν οι εκπαιδευτικοί σε μεγαλύτερες τάξεις, συχνά έχουν ξεκινήσει από χαμηλότερες βαθμίδες της εκπαίδευσης (Roungos, Kalloniatis & Matsinos, 2020). Τα ΑΠΣ των κρατών, θα πρέπει να σχεδιάζονται ως σύνολο και όχι μεμονωμένα για κάθε εκπαιδευτική βαθμίδα, με τη δυσκολία να αυξάνεται σταδιακά και τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες να καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα των σύγχρονων αναγκών (ΣΕΒ, 2021).

Σημαντικός παράγοντας όμως θεωρείται και η ελκυστικότητα των διδακτικών πρακτικών, πρακτική που μπορεί να καταστήσει δύσκολα επιστημονικά πεδία όπως τα Μαθηματικά και ο Προγραμματισμός, πιο προσιτά και να οδηγήσει τους μαθητές σε υψηλότερες επιδόσεις (Hasanah & Tsutaoka, 2019). Ο σχεδιασμός ενός

εκπαιδευτικού προγράμματος με τρόπο που να καθίσταται περισσότερο ελκυστικό στα μάτια των μαθητών, περιλαμβάνει πλήθος δραστηριοτήτων που δεν παρέχουν απλά γνώσεις και κρίνονται διαδραστικά αλλά ταυτόχρονα θεωρούνται και διασκεδαστικά, ώστε να ενθαρρύνουν την ενεργητική μάθηση. Επιπλέον, ο πειραματισμός και η διεξαγωγή ερευνών, η ενασχόληση με τις τέχνες και οι κατασκευές, επίσης συνδράμουν με τη σειρά τους στον πλουραλισμό των επιλογών που έχουν στη διάθεσή τους οι μαθητές (Nikolova et al., 2018).

Σημαντικό κομμάτι της εκπαίδευσης STEM, είναι οι αυξημένες απαιτήσεις, χωρίς όμως αυτό να συνεπάγεται απαραίτητα την αύξηση των υποχρεώσεων για τους μαθητές (El-Deghaidy et al., 2017). Από τους πλέον βασικούς όμως παράγοντες επιτυχίας της εκπαίδευσης STEM, είναι η υποστήριξη των εκπαιδευτικών και οι δυνατότητες που τους δίνονται για εργασιακή εξέλιξη. Για να καταφέρουν οι εκπαιδευτικοί να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις που εγείρει η εκπαίδευση STEM, θα πρέπει να έχει αποκτήσει τις δεξιότητες εκείνες που τον καθιστούν ικανό να φέρνει εις πέρας τις απαιτούμενες δραστηριότητες (Ismail et al., 2019), να μπορεί να διαχειριστεί αποτελεσματικά τις συνεργασίες που πρέπει να συνάπτει στα πλαίσια της διεπιστημονικής προσέγγισης της διδασκαλίας και να αποκτήσει μια νοοτροπία ανατροφοδότησης τόσο για τον ίδιο όσο και για τους μαθητές (Margot & Kettler, 2019).

Η εξέλιξη όμως μόνο των εκπαιδευτικών, δε θεωρείται ότι προσεγγίζει ολιστικά την επιτυχία της διδασκαλίας STEM, αφού θα πρέπει να συνοδεύεται από την ύπαρξη κατάλληλου εξοπλισμού εργαστηρίου και υλικοτεχνικής υποδομής, με την τεχνολογία να θεωρείται ύψιστης σημασίας. Η ενασχόληση εξάλλου με τις τεχνολογίες, δεν προσφέρει απλά στους μαθητές τη δυνατότητα διεύρυνσης των γνώσεών τους αλλά τους εφοδιάζει και με σύγχρονες δεξιότητες, που αναμφίβολα θα απαιτηθούν στο εργασιακό τους μέλλον (Ismail et al., 2019 · Margot & Kettler, 2019).

Τέλος, έχουν καταγραφεί ορισμένοι ακόμη παράγοντες που μπορούν να διευκολύνουν την εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM και να οδηγήσουν σε επιτυχή αποτελέσματα την εισαγωγή της στις διδακτικές πρακτικές ενός εκπαιδευτικού συστήματος. Αυτοί αφορούν τις σχέσεις που μπορούν να αναπτυχθούν μεταξύ των εκπαιδευτικών μονάδων και των διαφόρων φορέων εκτός αυτού, δηλαδή την κοινότητα, τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς, οι οποίοι μπορούν να φέρουν τους μαθητές σε επαφή με επιτυχημένους επαγγελματίες από πλήθος κλάδων (Hasanah &

Tsutaoka, 2019) ή να τους προσφέρουν εμπειρίες από τη διενέργεια πειραμάτων και τον πραγματικό τρόπο λειτουργίας ενός περιβάλλοντος εργασίας (Nikolova et al., 2018). Επιπροσθέτως, η σύνδεση των επιστημονικών πεδίων που ενσωματώνονται στη STEM, στα πλαίσια του επαγγελματικού προσανατολισμού των μαθητών (World Economic Forum, 2017 · Stoet & Geary, 2018), έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να συνεισφέρει καθοριστικά στην καθιέρωση της επιτυχίας της STEM.

Εξίσου καθοριστικά όμως, μπορεί να συνδράμει και η ενημέρωση των μαθητών για τις επαγγελματικές τους επιλογές (Hasanah & Tsutaoka, 2019), ενώ η δέσμευση της πολιτείας και των εκπαιδευτικών στην κατεύθυνση υλοποίησης δραστηριοτήτων STEM και δημιουργίας της απαιτούμενης νοοτροπίας στους μαθητές (Olitsky et al., 2020), κλείνει τον κύκλο των πλέον σημαντικών παραγόντων που μπορούν να βοηθήσουν στην επιτυχία μιας μετάβασης από την παραδοσιακή διδασκαλία, σε αυτή της ανακαλυπτικής και συνεργατικής μάθησης. Στα παραπάνω όμως, θα πρέπει να προστεθούν ορισμένα χαρακτηριστικά που έχουν εντοπιστεί στους εκπαιδευτικούς και έχει αποδειχθεί ότι μπορούν να επηρεάσουν τη διάθεσή τους για εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι η εργασιακή εμπειρία τους, η ηλικία τους και το εκπαιδευτικό τους επίπεδο, με την εμπειρία στην αξιοποίηση πρακτικών STEM να αποτελεί ίσως αυτονόητη παράμετρο άσκησης επιρροής (Agrawal & Jain, 2020 · Olitsky et al., 2020).

Έτσι, ολοκληρώνοντας την παρούσα εργασία με μια σειρά προτάσεων, αυτές διαπιστώνεται ότι είναι αρκετά εύκολο να εξαχθούν από την απαρίθμηση των στοιχείων που σημειώθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, η επιτυχία της εκπαίδευσης STEM δε μπορεί να έλθει χωρίς σωστή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών που θα κληθούν να την εφαρμόσουν. Η πολιτεία επομένως, δε θα πρέπει απλά να τους επιμορφώσει ώστε να γνωρίζουν με ποιο τρόπο να την εφαρμόζουν αλλά θα πρέπει να φροντίσει να χτίσει ένα εκπαιδευτικό σύστημα που εξ' αρχής θα είναι δομημένο με τρόπο που να την προωθεί και την υποστηρίζει. Θα πρέπει επίσης να επιδεικνύει συνεχή δέσμευση στην προσπάθεια επιτυχούς εφαρμογής του περιεχομένου της αλλά θα έχει ταυτόχρονα φροντίσει ώστε να υπάρχει σύνδεση αυτού από τις μικρότερες τάξεις, έως την ανώτερη εκπαίδευση. Στην ουσία, η πολιτεία οφείλει να δει την ενσωμάτωση της διδασκαλίας STEM στο εκπαιδευτικό σύστημα, ως μια διαρκή επένδυση στην παιδεία, η οποία θα μπορέσει να αποδώσει καρπούς εφόσον υλοποιηθεί σωστά και να βοηθήσει αρχικά τα άτομα να αναπτύξουν δεξιότητες, ενώ στη συνέχεια αυτά θα τις

μεταφέρουν στη κοινωνία και στον εργασιακό τους βίο. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να αντιμετωπίζεται και ως μια επένδυση στη συνοχή της κοινωνίας, αφού μέσα από την εκπαίδευση STEM δεν προωθούνται μόνο ζητήματα όπως η έρευνα και η διεπιστημονική προσέγγιση της γνώσης αλλά προωθούνται επίσης οι συνεργασίες, καθοριστικός παράγοντας για την επιτυχή συνύπαρξη διαφορετικών ανθρώπων, στο σύγχρονο πολυπολιτισμικό περιβάλλον.

Αναφορές

Ελληνόγλωσσα

Κακανά, Δ.Μ. & Μπότσογλου, Κ. (2010). Η μετάβαση του εκπαιδευτικού από το παραδοσιακό στο ομαδοσυνεργατικό μοντέλο διδασκαλίας και μάθησης, μέσα από διαδικασίες έρευνας δράσης (Στο: Δ. Γερμανός & Μ. Κανατσούλη, *Σύγχρονες Παιδαγωγικές Προσεγγίσεις στην προσχολική και πρώτη σχολική εκπαίδευση*, σ. 77-100). Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Μακρής, Α. (2014). Διδασκαλία Επιστημών σε Σύγχρονα Ευρωπαϊκά Περιβάλλοντα Διδασκαλίας και Μάθησης (*Πρακτικά 3^ο Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου για την «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας & των Επικοινωνιών στη διδακτική πράξη»*). 04-06 Απριλίου 2014, Νάουσα, Ελλάδα.

Ματσαγγούρας, Η. (2012). *Η Διαθεματικότητα στη Σχολική Γνώση*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρης.

ΟΟΣΑ, Οργανισμός για την Οικονομική Συνεργασία & Ανάπτυξη (2018). *TALIS 2018 results (Volume I) - Teachers and school leaders as lifelong learners*. Available at: https://www.oecd-ilibrary.org/education/talis-2018-results-volume-i_1d0bc92a-en (Access: Feb 16, 2023).

ΣΕΒ, Σύνδεσμος Επιχειρήσεων & Βιομηχανιών (2021). *Παιδεία STEM για καινοτομία και ευημερία*. Διαθέσιμο στο: <https://svse.gr/images/deltia-meletes/sev/STEM.pdf> (Πρόσβαση: 26 Ιαν 2023).

Σιφνιώτη, Π. (2016). *Κάτι περισσότερο από ένα απλό πρόγραμμα: Το STEM ως φιλοσοφία στην εκπαιδευτική καθημερινότητα* (Hellenic Conference on Innovating STEM Education, 16-18 Δεκεμβρίου 2016). Athens: University of Athens.

Τσιαστούδης, Δ. & Πολάτογλου, Χ. (2018). Εισαγωγή στην εκπαίδευση STEAM με χρήση ανοικτών τεχνολογιών και εικονικού πειράματος (*Πρακτικά 11^ο Πανελληνίου & Διεθνούς Συνεδρίου «Οι ΤΠΕ στην εκπαίδευση»*, σ. 205-212). 19-21 Οκτωβρίου, 2018, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.

Ξενόγλωσση

Abrahamson, D., Nathan, M., Williams-Pierce, C. et al. (2020). The future of embodied design for Mathematics teaching and learning. *Frontiers in Education*, 5 (147). DOI: 10.3389/educ.2020.00147

Adams, A.E., Miller, B.G., Saul, M. & Pegg, J. (2014). Supporting elementary preservice teachers to teach STEM through place-based teaching and learning experiences. *Electronic Journal of Science Education*, 18 (5).

Agrawal, S. & Jain, B.K. (2020). Influence of demographic variables on organizational commitment of school teachers: Evidence from the Kathmandu Valley, Nepal. *Quest Journal of Management & Social Sciences*, 2 (2): 262-274.

Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F. & Prime, G.M. (2012). Supporting STEM education in secondary science contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 6 (2): 4-8.

Barnett, E.A. & Fay, M.P. (2013). *The Common Core State Standards implications for Community Colleges and Student Preparedness for College*. Available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED549164.pdf> (Access: Feb 15, 2023).

Becker, K. & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 12 (5/6): 23-29.

Birt, J. & Cowling, M. (2017). Toward future “mixed reality” learning spaces for STEAM education. *International Journal of Innovation in Science & Mathematics Education*, 25 (4): 1-9. DOI: 10.14742/ajet.3596

Butz, W., Kelly, T.K., Adamson, D.M. & Bloom, G. (2005). Will the scientific and technology workforce meet the requirements of the Federal Government? *Government Information Quarterly*, 22 (4): 758-759. DOI: 10.1016/j.giq.2005.05.012

Byrne, J., Rietdijk, W. & Cheek, S. (2016). Enquiry-based science in the infant classroom: ‘Letting go’. *International Journal of Early Years Education*, 24 (2): 206-223.

- Cervantes, B.M. (2013). *The impact of project-based learning on mathematics and reading achievement of 7th and 8th grade students in a South Texas school district* (Unpublished Doctoral Dissertation). Corpus Christi, TX: Texas A&M University.
- Chambers, J., Carbonaro, M. & Rex, M. (2007). Scaffolding knowledge construction through robotic technology: A middle school case study. *Electronic Journal for the Integration of Technology in Education*, 6: 55- 70.
- El Nagdi, M., Leammukda, F. & Roehrig, G. (2018). Developing identities of STEM teachers at emerging STEM schools. *International Journal of STEM Education*, 5 (1): 1-13.
- El-Deghaidy, H., Mansour, N., Alzaghibi, M. & Alhammad, K. (2017). Context of STEM integration in schools: Views from in-service science teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 13 (6): 2459-2484.
- Freeman, S., Eddy, S., McDonough, M. et al. (2014). Active learning increases student performance in Science, Engineering, and Mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 111 (23): 8410-8415. DOI: 10.1073/pnas.1319030111
- Frey, C. & Osborne, M. (2013). *The future of employment: How susceptible are jobs to computerization?* Oxford, UK: University of Oxford.
- Gholam, A. (2019). Inquiry-Based Learning: Student teachers' challenges and perceptions. *Journal of Inquiry & Action in Education*, 10 (2): 112-133.
- Gonzalez, H.B. & Kuenzi, J.J. (2012). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A primer. CRS Report for Congress. Available at: <https://sgp.fas.org/crs/misc/R42642.pdf> (Access: Jan 06, 2023).
- Gredler, M. (2005). *Learning and instruction: Theory into practice*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Green, M. (2007). *Science and Engineering Degrees: 1966-2004 (NSF 07-307)*. Arlington, VA: National Science Foundation.
- Hadani, H. & Rood, E. (2018). *The roots of STEM success: Changing early learning experiences to build lifelong thinking skills*. Sausalito, CA: Center for Childhood Creativity.

- Hannover Research (2012). *Best practices in elementary STEM programs*. Washington, DC: Hannover Research.
- Hasanah, U. & Tsutaoka, T. (2019). An outline of worldwide barriers in science, technology, engineering and mathematics (STEM) education. *Journal Pendidikan IPA Indonesia*, 8 (2): 193-200.
- Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, A. (2014). *STEM Integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington DC: National Academies Press.
- Hung, W. (2011). Theory to reality: A few issues in implementing problem-based learning. *Educational Technology Research & Development*, 10 (59): 529-552.
- Ismail, M.H.B., Salleh, M.F.M. & Nasir, N.A.M. (2019). The issues and challenges in empowering STEM on Science teachers in Malaysian Secondary Schools. *International Journal of Academic Research in Business & Social Sciences*, 9 (13): 430-444.
- Kearney, C. (2016). *Efforts to increase students' interest in pursuing Science, Technology, Engineering and Mathematics studies and careers: National measures taken by 30 countries (2015 Report)*. Brussels: European Schoolnet.
- Kennedy, T.J. & Odell, M.R.L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25 (3): 246-258.
- Kurup, P.M., Li, X., Powell, G. & Brown, M. (2019). Building future primary teachers' capacity in STEM: Based on a platform of beliefs, understandings and intentions. *International Journal of STEM Education*, 6: 10. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0164-5>
- Liao, C. (2016). From interdisciplinary to transdisciplinary: An arts-integrated approach to STEAM Education. *Art & Education*, 69 (6): 44-49. DOI: 10.1080/00043125.2016.1224873
- Lin, K.Y., Wu, Y.T., Hsu, Y.T. & Williams, P.J. (2021). Effects of infusing the engineering design process into STEM project-based learning to develop preservice technology teachers' engineering design thinking. *International Journal of STEM Education*, 1 (2021).

- Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B. & Roberts, K. (2013). *STEM: Country comparisons: international comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education (Final Report)*. Melbourne: Australian Council of Learned Academies.
- Margot, K.C. & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6 (1).
- Modritscher, F. (2006). e-learning theories in practice: A comparison of three methods. *Journal of Universal Science & Technology of Learning*, 0 (0): 3-18.
- Moskovsky, C., Alrabi, F., Paolini, S. & Ratcheva, S. (2013). The effects of teachers' motivational strategies on learners' motivation: A controlled investigation of second language acquisition. *Journal of Research in Language Studies*, 63 (1): 34-62.
- Nanjappa, A. & Grant, M.M. (2003). Constructing on constructivism: the role of technology. *Electronic Journal of Integrating Technology in Education*, 2 (4): 66-69.
- National Research Council (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nikolova, N., Stefanova, E., Stefanov, K. & Mihnev, P. (2018). STEM teachers' competence development: When opportunities jump over barriers (*Proceedings of the 10th International Conference on Computer Supported Education*, 328-335). 15-17 March 2018, Madeira Funchal, Portugal.
- Olitsky, S., Perfetti, A. & Coughlin, A. (2020). Filling positions or forging new pathways? Scholarship incentives, commitment, and retention of STEM teachers in high-need schools. *Science Education*, 104 (2): 113-143.
- Ouda, H. & Ahmed, K. (2016). Strategic future directions for developing STEM education in Higher Education in Egypt as a driver of Innovation Economy. *Journal of Education & Practice*, 7 (8): 127-145.
- Palmer, T.A., Burke, P.F. & Aubusson, P. (2017). Why school students choose and reject science: a study of the factors that students consider when selecting subjects. *International Journal of Science Education*, 39 (5): 1-18. DOI: 10.1080/09500693.2017.1299949

- Papert, S. & Harel, I. (1991). Preface, Situating Constructionism (In: Harel I. & S. Papert, *Constructionism, Research reports and essays, 1985-1990*). Norwood, NJ: Praeger.
- Piaget, J. (1972). Intellectual evolution from adolescence to adulthood. *Human Development*, 15 (1): 1-12.
- Pritchard, A. (2013). *Ways of learning: Learning theories and learning styles in the classroom*. New York, NY: Routledge.
- Prtiliaga, S. & Veselinov, D. (2017). The influence of the Project method on the achievement of young learners in the field science and social studies. *Research in Pedagogy*, 7 (2): 254-264.
- Roungos, G., Kalloniatis, C. & Matsinos, Y. (2020). STEM Education in Europe & the PISA Test. *Scientific Educational Journal*, 8 (3): 177-187.
- Shernoff, D.J., Sinha, S., Bressler, D.M. & Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 4 (1): 1-16.
- Stoet, G. & Geary, D. (2018). The gender-equality paradox in Science, Technology, Engineering and Mathematics education. *Psychological Science*, 29 (4). <https://doi.org/10.1177/0956797617741719>
- Thibaut, L., Knipprath, H., Dehaene, W. & Depaepe, F. (2017). How school context and personal factors relate to teachers' attitudes toward teaching integrated STEM. *International Journal of Technology & Design Education*, 28 (3): 631-651.
- Thibaut, L., Knipprath, H., Dehaene, W. & Depaepe, F. (2018). Teachers' attitudes toward teaching integrated STEM: The impact of personal background characteristics and school context. *International Journal of Science & Mathematics Education*, 17 (5): 987-1007.
- Thomas, B. & Watters, J.J. (2015). Perspectives on Australian, Indian and Malaysian approaches to STEM education. *International Journal of Educational Development*, 45: 42-53.

van Thang, L. (2021). Teachers' views on implementing STEM education at secondary schools in Nam Dinh province. *Journal of Physics Conference Series*, 1835 (1): 012068.

Videla, R., Aguayo, C. & Veloz, T. (2021). From STEM to STEAM: An enactive and ecological continuum. *Frontiers in Education*, 6 (2021). <https://doi.org/10.3389/educ.2021.709560>

von Oppell, M. & Aldridge, J. (2015). Teacher beliefs and education reform in Abu Dhabi: 21st century skills? *MSKU Journal of Education*, 2 (2): 36-60.

Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, UK: Harvard University Press.

Zeid, A. (2020). Deploying Engineering-Based Learning in High School students STEM learning. *Athens Journal of Education*, 7 (3): 255-272.

Zuber, J. & Altrichter, H. (2018). The role of teacher characteristics in an educational standards reform. *Educational Assessment, Evaluation & Accountability*, 30 (2): 183-205.

Επίσημοι ιστότοποι

European Schoolnet (2017). *STEM Projects*. Available at: http://www.eun.org/el/projects/stem?p_p_id=euncontentbrowser_WAR_euncontentbrowserportlet_INSTANCE_BQy7sRTjOKrR&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_euncontentbrowser_WAR_euncontentbrowserportlet_INSTANCE_BQy7sRTjOKrR_pageNumber=3&_euncontentbrowser_WAR_euncontentbrowserportlet_INSTANCE_BQy7sRTjOKrR_keepSession=true (Access: Feb 10, 2023).

National Research Council (2020). *STEM education for the future: A visioning report*. Available at: <https://www.nsf.gov/edu/Materials/STEM%20Education%20for%20the%20Future%20-%202020%20Visioning%20Report.pdf> (Access: Feb 02, 2021).

US Department of Education (2017). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Graduates: Where are they 4 years after receiving a Bachelor's*

Degree? Available at: <https://nces.ed.gov/pubs2018/2018423.pdf> (Access: Jan 10, 2023).

World Economic Forum (2017). *The Global Gender Gap Report*. Available at: <https://www.weforum.org/reports/the-global-gender-gap-report-2017/> (Access: Feb 01, 2023).