



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα
«Τεχνολογίες και Υπηρεσίες Ευφών Συστημάτων
Πληροφορικής και Επικοινωνιών»**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Διδακτικών Σεναρίων STEM»**

ΚΟΤΣΑΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2023

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Επιβλέπων: Μιχάλης Παρασκευάς, Καθηγητής, Παν/μιο Πελοποννήσου
Μέλος επιτροπής: Σπυρίδων Συρμακέσης, Καθηγητής, Παν/μιο Πελοποννήσου
Μέλος επιτροπής: Σωτήριος Χριστοδούλου, Επικ. Καθηγητής, Παν/μιο Πελοποννήσου

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή μου κ. Μιχάλη Παρασκευά και να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου, για την συμπαράστασή του, την ορθή και συνετή επιστημονική του σκέψη, καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε σε όλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την Diana Elisa Macchi που με στήριξε ηθικά σε όλη την διάρκεια του μεταπτυχιακού μου.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένειά μου για την αμέριστη υλική και ηθική βοήθεια της και ιδιαίτερα την αδερφή μου Χρύσα που μου παρείχε απλόχερα την επιστημονική της σκέψη σε όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού μου κατέχοντας πάντα μία ξεχωριστή θέση στην καρδιά μου.

Πίνακας περιεχομένων

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ.....	6
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	10
1.1.Η ΕΝΝΟΙΑ STEM	10
1.2.ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ STEM.....	10
1.3.ΤΟ ΚΙΝΗΜΑ STEM.....	13
1.4.Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ STEM	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	15
2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ STEM.....	15
2.2.ΤΟΜΕΙΣ STEM (Science-Technology-EngineeringArt-Math).....	15
2.2.1. ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ.....	15
2.2.2. ΚΛΑΔΟΙ STEM.....	16
2.3.ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΤΗΤΑ STEM.....	19
2.4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ STEM	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	23
3.1. Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ STEM ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗΝ Α/ΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	23
3.2.ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ STEM.....	23
3.3.ΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM	25
3.3.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ.....	25
3.3.2. ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	30
4.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ	30
4.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ.....	30
4.3. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ.....	33
4.4. ΟΠΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	34
4.5. Ο ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ.....	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	36
5.1. ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ STEM.....	36
5.1.1. Η ΠΡΟΤΑΣΗ	36
5.2. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ -ΣΕΝΑΡΙΟΥ	36
5.3. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	37
5.3.1. ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO₂).....	37
5.3.2. Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO₂)ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ.....	38
5.3.3.Η ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO₂) ΣΤΗΝ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ.....	40
5.4.Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ PROJECT.....	42
5.4.1.Η ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ PROJECT	42
5.4.2.ΤΑ ΦΥΛΛΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ	42
5.4.3.Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ P R O J E C T	45
5.5.Η ΔΙΑΤΑΞΗ.....	46
5.5.1.Ο ΜΙΚΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΣ Arduino.....	46
5.5.2.Ο ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ(CO₂)	48
5.6.ΤΑ ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	50
5.7.ΑΛΛΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ CO₂	54
5.8.ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΟΝΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕ STEMΓΙΑ ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ CO₂.....	55
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	57
ΚΩΔΙΚΕΣ	59
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	62
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	66
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	75

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ

STEM, Arduino, Υπολογιστική Σκέψη, Διδακτικό Σενάριο, Επιστήμη των Υπολογιστών

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

Φ.Ε.	Φυσικοί Επιστήμονες
Α.Π.Σ.	Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών
PISA	Program for International Student Assessment
Ι.Ε.Π.	Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής
Ε.Υ.	Επιστήμη των Υπολογιστών
Υ.Σ.	Υπολογιστική Σκέψη
NGSS	Next Generation Science Standard (Επιστημονικά πρότυπαεπόμενης γενιάς)
NRC	National Research Council
Δ.Τ.Α.	Διοξείδιο του Άνθρακα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εποχή μας χαρακτηρίζεται από αλματώδη ανάπτυξη της τεχνολογίας, με την εκπαίδευση όλων των βαθμίδων στη χώρα μας να καλείται να προσαρμοστεί σε μια νέα πραγματικότητα. Τα νέα προγράμματα σπουδών αλλά και η απαίτηση της κοινωνίας για καλλιέργεια ατομικών δεξιοτήτων ευελιξία, κινητικότητα, δημιουργία δυνατών προσωπικοτήτων, οι Έλληνες εκπαιδευτικοί καλούνται να εφαρμόσουν καινοτόμες μεθόδους διδασκαλίας και να αξιοποιήσουν τη διδασκαλία μέσω STEM. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται και αναλύεται η STEM, καθώς και η εφαρμογή της στην εκπαίδευση με την ανάπτυξη ενός Διδακτικού Σεναρίου σε μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, στα πλαίσια των δυνατοτήτων των μαθητών αυτής της Βαθμίδας με στόχο να μνηθούν σε μια γλώσσα προγραμματισμού η οποία να είναι παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιούν οι επαγγελματίες προγραμματιστές και ταυτόχρονα να γνωρίσουν μια σύγχρονη τεχνολογία όπως η τεχνολογία Arduino με διαθεματικές προσεγγίσεις.

ABSTRACT

Our era is characterized by leaps and bounds in the development of technology, with education at all levels in our country being called upon to adapt to a new reality. The new study programs but also society's demand for Cultivation of individual skills Flexibility, mobility, creation of strong personalities, Greek teachers are invited to apply innovative teaching methods and utilize STEM teaching. In the present work presents and analyzes STEM, as well as its application in education with the development of a Teaching Scenario for students of Secondary Education, in the context of the capabilities of the students of this Level with the aim to be introduced to a programming language which is similar to that used by professional programmers and at the same time to get to know a modern technology such as Arduino technology with interdisciplinary approaches.

Keywords : STEM, Arduino, Computational thinking, Teaching script, Computer Science

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1.Η ΕΝΝΟΙΑ STEM

Η επιστημολογία αναφέρεται στη φύση της επιστημονικής γνώσης αλλά και με ποιο τρόπο παράγεται αυτή, καθώς επίσης και τον τρόπο που μπορούμε να αποκτήσουμε και να χρησιμοποιήσουμε την επιστημονική γνώση. [1]

Το STEM (Science, Technology, Engineering, (Arts) and Mathematics) είναι μια καινούργια δίστημη και περίπλοκη έννοια. Η εμφάνισή της παρουσιάστηκε ως μια εκπαιδευτική πρόταση με νέο εκπαιδευτικό αντικείμενο, ως απόρροια οικονομικών παραγόντων. Έτσι αναφέρεται στη μεθοδευμένη μελέτη των τομέων που σχετίζονται με το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) ενός κράτους, και ως εκ τούτου αποτέλεσε μια νέα βάση στην επιστήμη, την τεχνολογία, τη μηχανική και τα μαθηματικά, στην εκπαιδευτική διαδικασία. [2]

Μάλιστα ο όρος (arts) «τέχνες» που επισυνάπτεται εκπροσωπεί τις τέχνες ως επίπεδα γνώσης, καθώς και τους διαφορετικούς καισημαντικούς τρόπους αντίληψης της αλήθειας και της πραγματικότητας και του κόσμου στις ανθρωπο-κοινωνικές επιστήμες. [3]

Ο επιπλέον αυτός όρος (arts) αποτέλεσε βασική αντίληψη για την επίτευξη στόχων, όπως η κοινωνική ενσωμάτωση και η ανάπτυξη προγραμμάτων βιωσιμότητας καθώς και αειφορικής ανάπτυξης. [4]

Τα γνωστικά αντικείμενα της Φυσικής, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών αξιοποιούνται βασιζόμενα στην επιστημολογία STEM, όπου το STEM είναι μια περιοχή «μετα-γνώσης» και άρα ένα νέο προϊόν, που εξασφαλίζει την ολοκλήρωση όλων των παραπάνω αντικειμένων. [5]

Η διεπιστημονική αυτή προσέγγιση αποτελεί μια νέα περιοχή που προσφέρει μια πολύπλευρη μελέτη και κατανόηση των φαινομένων του κόσμου μας ως συνολική γνώση και όχι ως κι όχι ως αποσπασματική πληροφορία που εμφανίζεται σε κάθε γνωστικό πεδίο ξεχωριστά. [6]

1.2.ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ STEM

Από τους πρώτους Αμερικανούς εκπαιδευτικούς του 20ου αιώνα είναι ο John Dewey (1859-1952) που ονομάστηκε «πατέρας της προοδευτικής εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης», καθότι με την εκστρατεία του για τις μεταρρυθμίσεις στα προγράμματα σπουδών και στις πτυχές της διδασκαλίας καθιέρωσε ένα νέο πνεύμα στην αμερικανική εκπαίδευση. [7]

Η φιλοσοφία του απαιτούσε την ακεραιότητα της «θεωρίας και της πράξης». [7], [8] Αντίστοιχα, η φιλοσοφία του στην εκπαίδευση έθεσε τα θεμέλια του κονστρουκτιβισμού. Σε γενικές γραμμές, υποστήριζε ότι τα σχολεία θα πρέπει να δημιουργήσουν έξυπνες προσπάθειες για την ανάπτυξη αυτών των μεταρρυθμίσεων, επειδή όλα τα άτομα στην κοινωνία έχουν το δικαίωμα να συμμετέχουν στην ανθρώπινη εφεύρεση. [7], [9] Ακόμα, ανέφερε ότι δεν υπάρχει ανάγκη για σύσταση νέων ιδανικών που προωθούν τη μεταρρύθμιση του εκπαιδευτικού συστήματος σύμφωνα με μεγάλες κοινωνικές αλλαγές, διότι τέτοια ιδανικά υπάρχουν ήδη. Για αυτό πρότεινε νέες μεθόδους διδασκαλίας. [7], [10] Ο Dewey εκτιμούσε ότι ο σκοπός της εκπαίδευσης είναι να εξοπλίσει τους μαθητές με κοινωνικές εμπειρίες μέσω της αλληλεπίδρασης με την κοινωνία και το περιβάλλον γύρω τους, για να είναι σε θέση να κατανοήσουν τις σχέσεις και να διαφοροποιήσουν τις διασυνδέσεις μεταξύ διαφορετικών εμπειριών. Στις μεθόδους διδασκαλίας, ο Dewey υποστήριζε τη μάθηση μέσω της εκτέλεσης

δραστηριοτήτων από την πραγματική ζωή γύρω από τον μαθητή. Αυτή η ισχυρή σκέψη του αξιοποιήθηκε αργότερα για να διαμορφώσει τις αρχές της μάθησης βάσει έργου και της μάθησης βάσει προβλημάτων[8]. Ακολούθως, ο Dewey επικροτούσε την ενσωμάτωση και απέφευγε να διδάσκει μεμονωμένα μαθήματα, καθώς αυτό θα στέκονταν ενάντια στην ενότητά τους στον πραγματικό κόσμο. Επιπρόσθετα, ισχυριζόταν πως οι σχολικές δραστηριότητες θα έπρεπε να προσομοιώνουν εμπειρίες εκτός σχολείου, με σκοπό να εκπληρώνουν την κοινωνική δέσμευση και να ενισχύουν τους μαθητές να σκέφτονται σύμφωνα με τις εγγενείς αξίες των εμπειριών τους. Τέτοιου είδους δραστηριότητες υποστήριζε πως έπρεπε να γίνονται συλλογικά και οι μαθητές ενδείκνυται να ενεργούν ως μέλη της κοινότητας. Αυτό το πρότεινε, καθώς θεωρούσε πως οι εμπειρίες που εμπλέκουν τους μαθητές στην κοινότητά τους μπορούν να υποστηρίξουν τη μάθησή τους άμεσα και μακροπρόθεσμα στο μέλλον. Χάρη στον Dewey, συστάθηκε ένα διεπιστημονικό πρόγραμμα σπουδών, με σκοπό τη σύνδεση πολλαπλών θεμάτων/τομέων. [11] Συγκεκριμένα, σε μια από τις διαλέξεις του το 1899, ο Dewey ηγήθηκε ενός επιχειρήματος ενάντια στην παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας που δίδασκε μαθήματα απομονωμένα, αντί για διεπιστημονικά. Ο Dewey ανέφερε πως η παραδοσιακή μέθοδος διδασκαλίας αποθάρρυνε τους μαθητές να κατανοήσουν το σύνολο των επιδιώξεών τους. Οι Glancy και Moore δημοσίευσαν το 2013 ένα άρθρο που περιγράφει τη θεωρία ολοκλήρωσης και διεπιστημονικότητας του Dewey. Στο άρθρο αυτό ειδικότερα, γνωστοποίησαν την άποψη του Dewey πως η αναποτελεσματική μάθηση θα μπορούσε να ενισχυθεί με τη μεγιστοποίηση των συνδέσεων μεταξύ των διαφορετικών κλάδων και για αυτό τον λόγο χρειάζεται να υπάρχει συντονισμός μεταξύ των μαθησιακών στόχων και των δραστηριοτήτων στην τάξη. Το έργο του Dewey έθεσε τις απαρχές του κονστрукτιβισμού, τον οποίο θεμελίωσε ο Piaget (1974) και ανέπτυξε ακόμα περισσότερο αργότερα ο Papert (1980). Ο Piaget, ειδικότερα, ισχυρίστηκε πως η μάθηση δεν αποτελεί απλή μετάδοση της γνώσης, αλλά μια ενεργητική διαδικασία οικοδόμησης, η οποία στηρίζεται στις εμπειρίες και τα βιώματα που αποκτώνται από τον πραγματικό κόσμο και συνδέεται με την προσωπική, και μοναδική στον καθένα μαθητή, προγενέστερη γνώση. [12] Ως εκ τούτου, ο μαθητής παρακινείται να αναζητά ενεργά τη γνώση και να επιλύει το πρόβλημα μόνος του παρά να του παρέχεται «έτοιμη» μεοδηγίες. [13] Η εποικοδομητική προσέγγιση αποτελεί ορόσημο για τη μεταρρύθμιση της εκπαίδευσης και τον επανασχεδιασμό των αναλυτικών προγραμμάτων. Ο Papert (1980) έθεσε στο επίκεντρο της μαθησιακής διαδικασίας τον μαθητή και όρισε τον ρόλο του εκπαιδευτικού ως εμπνευστή. Οι μαθητές πλέον, οικοδομούν τη γνώση, κατασκευάζοντας προϊόντα που έχουν προσωπική σημασία για αυτούς. [14] Εν συνεχεία, ο Drake, που καθοδήγησε την εξελικτική συνέχεια σε ολοκληρωμένα προγράμματα σπουδών τις δεκαετίες του 1980 και του 1990, υποστήριξε ότι η ακαδημαϊκή επίδοση των μαθητών στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση είναι καλύτερη από την επίδοση των μαθητών σε προγράμματα παραδοσιακών κλάδων [15], [16] καθορίζοντας την ένταξη της διεπιστημονικής προσέγγισης. ο Drake διαπίστωσε ότι τα περιεχόμενα των θεμάτων μιας δραστηριότητας αλληλεπικαλύπτονταν και υπήρχαν συνδέσεις μεταξύ τους. Αυτό το ονόμασε διεπιστημονική προσέγγιση. Σε αυτή, ένα πρόγραμμα σπουδών οργανώνεται γύρω από ορισμένη μάθηση σε αναγνωρίσιμους κλάδους για να εκφράσει έννοιες και δεξιότητες. Έπειτα, άρχισε να αναλύει τη δραστηριότητα στα συστατικά της και διαπίστωσε με την ομάδα της ότι δεν υπάρχουν πραγματικά όρια μεταξύ των γνωστικών τομέων. Ως αποτέλεσμα της ένταξης το πρόγραμμα σπουδών οργανώνεται με βάση τις ανησυχίες των μαθητών και οι δεξιότητες εφαρμόζονται σε πραγματικές συνθήκες. Οι Drake και Savage (2016) δήλωσαν ότι το διεπιστημονικό πρόγραμμα σπουδών ήταν μια βελτίωση στο ολοκληρωμένο πρόγραμμα σπουδών και ότι προέκυψε ως αντίδραση στα προβλήματα που αντιμετωπίζει η κοινωνία στον 21ο αιώνα. Επιπλέον, οι Drake και Reid το 2014 ανέπτυξαν

τη γέφυρα «Know/Do/Be» που περιγράφει το πλαίσιο εφαρμογής του ολοκληρωμένου προγράμματος σπουδών. Αυτή η γέφυρα δίνει μια ιδέα για το ποιες πληροφορίες πρέπει να γνωρίζουν οι μαθητές, τι πρέπει να κάνουν και πώς πρέπει να ενεργούν για να εκτελούν ολοκληρωμένες εργασίες. [16] Το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας, το 2012 αντίστοιχα ολοκλήρωσε τη συγγραφή της επιστημονικής εκπαίδευσης K-12. Η K-12, αποτελεί ένα πλαίσιο που εστιάζει στις επιστημονικές και πρακτικές της μηχανικής, βασικές ιδέες και οριζόντιες έννοιες για τη διαμόρφωση της επόμενης γενιάς επιστημόνων. Το δημοσιευμένο πλαίσιο NGSS είχε ως στόχο να εμπλέξει τους μαθητές στον κοινοτικό λόγο και να τους εξοπλίσει με γνώσεις και δεξιότητες που απαιτούνται για την καριέρα τους. [17] Οι οδηγίες του NGSS έχουν τρεις διαστάσεις που διατυπώνονται στοιχεία της εκπαίδευσης STEM: τις βασικές ιδέες, τις μηχανικές και επιστημονικές πρακτικές και τις διεπιστημονικές έννοιες. Οι διαστάσεις θα πρέπει να ενσωματωθούν στα προγράμματα σπουδών, τις εκπαιδευτικές στρατηγικές και την αξιολόγηση. Οι βασικές ιδέες των κλάδων επικεντρώνονται στη γνώση περιεχομένου (παιδαγωγικό περιεχόμενο), στη διερεύνηση και στις πρακτικές αναστοχασμού σε ένα αυθεντικό πλαίσιο και είναι απαραίτητες για την κατανόηση, την εξήγηση και τη διερεύνηση ενός φαινομένου ή ενός αυθεντικού προβλήματος. [18] Η ιδέα θεωρείται βασική, εάν αποτελεί κύρια έννοια σε έναν κλάδο, εάν έχει ευρεία αναγκαιότητα σε πολλούς κλάδους, εάν αξιοποιείται ως ένα κεντρικό εργαλείο για την επίλυση προβλημάτων και εάν μπορεί να διδαχθεί. [17] Οι βασικές ιδέες πρέπει να έχουν νόημα και να επιτρέπουν τη συνεχή μάθηση, η οποία βοηθά τους μαθητές να εξηγήσουν και να εντοπίσουν τις αιτίες για κάποιο φαινόμενο ή πρόβλημα. Οι βασικές ιδέες των επιστημονικών κλάδων είναι προκαθορισμένες, ούτως ώστε να αποφευχθεί η κάλυψη ενός τεράστιου αριθμού θεμάτων χωρίς βάθος που τυπώνονται σε σχολικά βιβλία, ενώ, παράλληλα, οι μαθητές πρέπει, αντί να διδάσκονται αρκετά μεγάλο όγκο μαθημάτων για μια έννοια, να κατανοήσουν τις βασικές πτυχές που τους βοηθούν να απαντήσουν σε δύο ερωτήσεις, πώς και γιατί. [19] Επιπλέον, απαιτούνται ορισμένα πρότυπα και σημεία αναφοράς για την ενίσχυση του εστιασμένου γραμματισμού STEM και του παιδαγωγικού περιεχομένου. [20] Οι οριζόντιες έννοιες έχουν μια διεπιστημονική φύση, η οποία έχει εφαρμογή σε όλους τους κλάδους και γεφυρώνει τις σχέσεις μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο, ώστε να δίνεται νόημα σε ένα πρόβλημα ή φαινόμενο. [21] Επιπλέον, αυτές λειτουργούν ως εργαλεία για τη μελέτη φαινομένων από πολλές οπτικές γωνίες [22], άρα θεωρούνται εργαλεία σκέψης και οι μαθητές θα πρέπει να μπορούν να τις χρησιμοποιούν άνετα ανάλογα με τη φύση του διερευνούμενου προβλήματος ή φαινομένου. [23] Το NGSS (2013) επικεντρώθηκε σε πρακτικές της μηχανικής επιστήμης και στον σχεδιασμό μοντέλων, ώστε η γνώση και οι δεξιότητες να εξασκούνται, με σκοπό να διευκολύνουν την επίλυση προβλημάτων. [24] Παράλληλα, η εκπαίδευση μηχανικής, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού, δύναται να ενσωματώσει την εμπειρία και την εξερεύνηση των μαθητών για το πώς και γιατί εμφανίζεται ένα συγκεκριμένο πρόβλημα. [25] Αντίστοιχα, και οι Magulcu και Barnett το 2016, σημειώνουν ότι οι πρακτικές μηχανικής ενισχύουν την καλύτερη κατανόηση των εννοιών των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών, αυξάνοντας τη χρήση της τεχνολογίας. [26] Με αυτόν τον τρόπο πραγματώνεται η σύνδεση με τις κοινωνικές ανάγκες, καθώς αντιμετωπίζονται αρκετά αυθεντικά περιβάλλοντα. Και άλλοι επιστήμονες διατύπωσαν παραπλήσιες απόψεις σχετικά με τη μηχανική σκέψη, καθώς με τη βοήθειά της προσδιορίζονται τα απαραίτητα κριτήρια για τον σχεδιασμό, ενσωματώνεται η μαθηματική σκέψη και διάφορες έννοιες των Φυσικών Επιστημών και επιλύονται προβλήματα που σχετίζονται με τον σχεδιασμό. [27]

1.3.ΤΟ ΚΙΝΗΜΑ STEM

Το κίνημα που επιδιώκει να δώσει νέα ώθηση στην ανάπτυξη της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών (STEM) ξεκίνησε στις Ηνωμένες Πολιτείες τη δεκαετία του 1990, με τη χορηγία του Εθνικού Ιδρύματος Επιστημών. Μετά από μερικά χρόνια μικρής κοινωνικής και εκπαιδευτικής επίδρασης το κίνημα STEM γνώρισε παγκόσμια επέκταση τη δεκαετία του 2010, καθώς προωθήθηκε από τον Κυβερνήτη των Ηνωμένων Πολιτειών. [29], [30] Συγκεκριμένα, το 2012 το κίνημα έκανε ένα καθοριστικό άλμα στην εκπαιδευτική σφαίρα, όταν ο Πρόεδρος Ομπάμα αποφάσισε να ενισχύσει την πρόσληψη εκπαιδευτικών στον τομέα των STEM, ώστε να αντιμετωπίσει την έλλειψη μαθητών σε αυτούς τους κλάδους, σε σύγκριση με χώρες όπως η Κίνα. Σαφώς, αυτή η κίνηση αποτελούσε μια προσπάθεια της Αμερικής να παραμείνει οικονομικά ανταγωνιστική, αναπτύσσοντας μια εθνική ταυτότητα STEM. [31] Στον εκπαιδευτικό τομέα, η ταυτότητα STEM ανταποκρίνεται στην ανάγκη των πολιτών να κατανοήσουν τον κοινωνικό αντίκτυπο αυτών των κλάδων. Συνεπώς, οι πολίτες είναι σε θέση να κατανοήσουν την πρόοδο, όπως επίσης και την κοινωνική συνεισφορά που προωθείται από τους κλάδους του STEM και, ως εκ τούτου, επιδεικνύουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για αυτούς. [32] Κατ' αυτόν τον τρόπο, δημιουργείται η αίσθηση του «ανήκειν» σε μια κοινωνία, όπου οι κλάδοι STEM θα κατέχουν έναν ουσιαστικό ρόλο και ανεξάρτητα από την εθνικότητα, το φύλο και τον πολιτισμό. [33] Ομοίως, στη βιβλιογραφία εντοπίζεται ο όρος STEM literacy, που επινοήθηκε από την ομάδα μελέτης STEM της Ουάσιγκτον το 2011, ο οποίος φαίνεται να συνδέεται με την έννοια της ταυτότητας STEM. [34] Αυτός ο οργανισμός ορίζει τον αλφαριθμητισμό STEM ως την ικανότητα εντοπισμού και εφαρμογής περιεχομένου από περιοχές γνώσης STEM για την κατανόηση και την επίλυση προβληματικών καταστάσεων, που δεν μπορούν να επιλυθούν με την προσέγγιση ενός μόνο κλάδου. Η ανάπτυξη του νέου είδους αλφαριθμητισμού θα συνεπαγόταν ότι καθένας από τους κλάδους STEM περιλαμβάνει μια σειρά από εννοιολογικά, διαδικαστικά και νοοτροπικά περιεχόμενα, ούτως ώστε, εάν η γνώση καθενός από αυτά είναι απαραίτητη, είναι απαραίτητη και η ικανότητα αναγνώρισης και εκτίμησης των συνδέσεων που υπάρχουν μεταξύ τους. Η ενοποίηση των γνωστικών περιοχών συνεπάγεται την απόκτηση ενός τελικού προϊόντος, διαφορετικού από το άθροισμα των επιμέρους επιστημονικών κλάδων. [35] Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα από τα χαρακτηριστικά της εκπαίδευσης STEM, οι ενεργητικές μεθοδολογίες διδασκαλίας φαίνονται ως οι καταλληλότερες για την εφαρμογή αυτού του μοντέλου διδασκαλίας. Συνεπώς, η μάθηση βάσει έργου ή η μάθηση βάσει προβλημάτων έχουν χρησιμοποιηθεί για τη διεξαγωγή διδακτικών προτάσεων με προσέγγιση STEM. [36] Παρά την εκθετική αύξηση των πρωτοβουλιών παγκοσμίως, εξακολουθούν να υπάρχουν εύλογες αμφιβολίες ότι όλα όσα δημοσιεύονται ως STEM ανταποκρίνονται πραγματικά στο ακρωνύμιο ή ότι το STEM παρέχει μεγάλες δόσεις πρωτοτυπίας σε σύγκριση, για παράδειγμα, με το χρονολογικά παλαιότερο κίνημα, που ονομάζεται Science-Technology-Society (STS).

[37] Μάλιστα, αρκετοί συγγραφείς επικρίνουν την προσέγγιση STEM για την ασάφειά της, την εξάρτησή της από την αγορά εργασίας, την οικειοποίηση του όρου από τη βιομηχανία μέσω παιχνιδιών που παρουσιάζονται ως σύμφωνα με την προσέγγιση STEM ή την έλλειψη συνεκτίμησης ηθικών στοιχείων στις προτάσεις του. Αυτή η αμφισβήτηση επεκτείνεται, επίσης, σε αμφιβολίες σχετικά με την ύπαρξη μιας φύσης STEM διαφορετικής από αυτή των συστατικών κλάδων του. [38]

1.4.Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ STEM

Η εφαρμογή της STEM στην εκπαίδευση αποσκοπεί στο να επιλύσει γνήσια και πραγματικά προβλήματα με τη βοήθεια εννοιών και εργαλείων και με κατάλληλη μεθοδολογία από επιστήμες σε τέτοιο τρόπο που να υπέρξει λύση των προβλημάτων.

Σκοπός της STEM είναι η διερευνητική και ανακαλυπτική μάθηση και όχι η δασκαλοκεντρική, με τους μαθητές να μετέχουν ενεργά αναπτύσσοντας συνεργατικό πνεύμα μεταξύ τους.

Η ενοποίηση στις ΗΠΑ της τεχνολογίας της μηχανικής και των Μαθηματικών την δεκαετία του 2000, ξεκίνησε από την εκπαίδευση με έναυσμα πολλές δημοσιεύσεις επιστημόνων, όπως η έκθεση της Εθνικής Ακαδημίας Επιστήμης Μηχανικής και Ιατρικής των ΗΠΑ, που εστιάζει στην σχέση της Επιστήμης και της Τεχνολογίας με την καινοτομία για επίλυση προβλημάτων της κοινωνίας [39]

Με δεδομένα από την PISA 2006, το υψηλό ποσοστό μαθητών στις ΗΠΑ με χαμηλή απόδοση στους τομείς STEM, αξιολόγησης γνωστικής Επιστημονικής ικανότητας, σε σχέση με άλλες χώρες, ανάγκασε το 2011 τον πρόεδρο Ομπάμα να θέσει ως στόχο την επόμενη δεκαετία την προετοιμασία αρκετών χιλιάδων νέων εκπαιδευτικών στην Επιστήμη και την Τεχνολογία της Μηχανικής και των Μαθηματικών, ώστε οι ΗΠΑ να είναι ανταγωνιστικοί στην Παγκόσμια οικονομία.

Στην Ευρώπη ο πυρήνας εφαρμογής της STEM ήταν η Αγγλία όπου το 2014 ιδρύθηκε το National STEM Centre, οποίο έθεσε βάσεις για εκπαίδευση μαθητών και εκπαιδευτικών. [40]

Η Ευρωπαϊκή Ένωση τελευταία ανησυχώντας για τα αποτελέσματα των αδυναμιών και των χαμηλών επιδόσεων των μαθητών κυρίως στα Μαθηματικά, PISA 2012, αλλά και την ανυπαρξία εργατικού δυναμικού με STEM, έβαλε στην εκπαίδευση την STEM ως κεντρικό πυλώνα συνάμα με την Επιστημονική γνώση. [41]

Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την ανάδυση εκπαιδευτικών συστημάτων διαφορετικών προσεγγίσεων, σχολικά προγράμματα με εξ αποστάσεως μάθηση, όπως το Ευρωπαϊκό Σχολικό Δίκτυο European School-net, ως ενίσχυση της STEM αρχικά ξεκινώντας με τις Φυσικές Επιστήμες.

Στην χώρα μας την Ελλάδα με τα δεδομένα από την PISA 2015 και για τα τρία πεδία Φυσικές Επιστήμες, Μαθηματικά και κατανόηση κειμένου οι επιδόσεις των μαθητών είναι πολύ χαμηλές. [42]

Γι' αυτό το ΙΕΠ το 2015 ξεκίνησε την ανάπτυξη αναλυτικών προγραμμάτων με βάση την STEM, ώστε να είναι πιο εύκολη η μάθηση και η ολιστική αντιμετώπιση προβλημάτων στους τομείς των Φυσικών Επιστημών, Μαθηματικών και της Τεχνολογίας γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ τους. Ακόμη Επιστημονικές ενώσεις όπως η Ένωση Ελλήνων Φυσικών με σεμινάρια, δράσεις και συνέδρια, συμβάλει στην δημιουργία καταρτισμένων εργαζομένων στην Επιστήμη και την Τεχνολογία του 21^{ου} αιώνα. [43]

Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε και την συμβολή τόσο του Υπουργείου Παιδείας αλλά και της Ελληνικής Εκπαιδευτικής Ένωσης STEM που συνέβαλε και συμβάλει στην αναπλαισίωση του STEM, μέσω της παρουσίασης διδακτικών προτάσεων υψηλής Επιστημονικής εγκυρότητας και αξιοπιστίας. [44]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ STEM

Το STEM έχει σαν κύριο σκοπό τη σύνδεση της Θεωρητικής γνώσης με την εφαρμογή της στην πράξη, σε τέτοιο τρόπο που οι μαθητές να αποκτήσουν γνώσεις και δεξιότητες που απαιτεί η σύγχρονη κοινωνία. Η εκπαίδευση STEM είναι μια καινοτόμος και σύγχρονη διδακτική και ολιστική μέθοδος που εμπεριέχει τους τέσσερις κλάδους της Επιστήμης και της Τεχνολογίας συνδέοντας τους με συνεκτική διδασκαλία και μάθηση. Τα αντικείμενα μέσω της STEM δεν είναι απομονωμένα αλλά προσεγγίζονται σε τρόπο που να φαίνονται οι μεταξύ τους σχέσεις για την ολοκληρωμένη μελέτη σε ένα υφιστάμενο πρόβλημα. [37]

Η εκπαίδευση STEM δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες συνδυαστικά αλλά και ξεχωριστά για κάθε κλάδο, με διεπιστημονικό τρόπο προσέγγισης του προβλήματος. Τα προβλήματα στην πράξη απαιτούν για την επίλυσή τους Επιστημονική Μαθηματική σκέψη, αλλά και γνώση του λογισμικού των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Έτσι ο μαθητής αφομοιώνει μάθηση STEM μέσω αρχών και μεθόδων καθώς και τη σύνδεσή τους, με αποτέλεσμα να γίνει άριστος γνώστης Επιστημονικών εφοδίων στον κοινωνικό στίβο που θα χρειαστεί να επιβιώσει, κατακτώντας μια αξιοπρεπή θέση εργασίας. [45]

2.2. ΤΟΜΕΙΣ STEM (Science-Technology-EngineeringArt-Math)

2.2.1. ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ

Η ύπαρξη της επιστήμης είναι καθολική στον κόσμο μας. Για να εξηγήσουμε και να κατανοήσουμε την φύση στηριζόμαστε στις Φυσικές Επιστήμες που αποτελούν εργαλεία στα χέρια του ανθρώπου. Το να μελετάμε τη φύση επιστημονικά μέσω των Φυσικών Επιστημών σημαίνει πως η σκέψη μας προχωρεί πέρα από τις αισθήσεις μας.

Ακόμη η Τεχνολογία αποτελεί την εφαρμογή της Επιστημονικής σκέψης στην πράξη σε όλους τους τομείς, και με τη βοήθεια της Επιστήμης της Μηχανικής λύνουμε κατασκευές σε τοπικό επίπεδο, αλλά απαντά ταυτόχρονα και σε προκλήσεις με νέες ιδέες και προτάσεις ανώδυνες για το περιβάλλον.

Η σχεδίαση, η ανάλυση και η χρήση μηχανών, κατασκευών και υπολογιστικών συστημάτων ανήκουν στην Επιστήμη της Μηχανικής και της Τεχνολογίας, έτσι η Μηχανική αποτελεί τη γέφυρα ανάμεσα στην Επιστήμη και την Τεχνολογία.

Η Επιστήμη των Μαθηματικών αποτελεί την επιστήμη των αριθμών και είναι πίσω από κάθε καθημερινή μας δραστηριότητα, αποτελώντας την γλώσσα με την οποία συνομιλούν όλες οι Επιστήμες αλλά και οι πρακτικές που χρησιμοποιούμε.

Οι έννοιες της Φυσικής ποιοτικά και ποσοτικά είναι δύσκολο να κατανοηθούν από τους μαθητές. [46] Η αντιμετώπιση αυτών των δυσκολιών έφερε σε εφαρμογή τεχνικές που στηρίζονται στην τεχνολογία των υπολογιστών και τελευταία η χρήση του Arduino. [47], [48]

Η Μηχανική αποτελεί τη μέθοδο για την εξερεύνηση και την επίλυση προβλημάτων, σχεδιάζοντας λύσεις, δίνοντας έτσι στους μαθητές τη δυνατότητα ανάπτυξης δεξιοτήτων, δημιουργικής και κριτικής σκέψης, που θα τους οδηγήσουν σε λύσεις πρακτικών προβλημάτων καθιστώντας τους μέλη του αυριανού ποιοτικού εργατικού δυναμικού, καθότι κάθε μαθητής με εκπαίδευση STEM, έχει πλεονεκτική θέση μάθησης και σκέψης. [49]

2.2.2. ΚΛΑΔΟΙ STEM

Το 2016 ο Mitts δημοσίευσε μια μελέτη με τίτλο «Γιατί η STEM;», στο οποίο αναρωτήθηκε για τη σημασία του STEM και τον ρόλο του στη μεταρρύθμιση της εκπαίδευσης στις θετικές κυρίως επιστήμες. Το συμπέρασμά του ήταν ότι οι Φυσικές Επιστήμες προτείνουν τη θεωρία που απαντά στο ερώτημα «γιατί», η τεχνολογία εξηγεί τη διαδικασία που απαντά στην ερώτηση «πώς», η μηχανική καθορίζει το σχέδιο που απαντά στην ερώτηση «τι» και τα μαθηματικά, που δίνουν την έννοια, αποκαλύπτουν σχέσεις μεταξύ των κλάδων. Η διδακτική προσέγγιση STEAM αποτελεί μια καινοτόμο διδακτική προσέγγιση, όπου έννοιες και φαινόμενα συνδυάζονται με μαθήματα που άπτονται του πραγματικού κόσμου. Βασικό χαρακτηριστικό της είναι ότι οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές θα πρέπει να εμπλακούν σε μια διαδικασία, κατά την οποία οι Φυσικές Επιστήμες, η Τεχνολογία, η Μηχανική και τα Μαθηματικά εφαρμόζονται σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου. [50] Μερικές φορές, ο όρος STEM μπορεί να αναφέρεται σε οποιοδήποτε ή σε όλα τα πεδία των Φυσικών Επιστημών, των Μαθηματικών, της Μηχανικής και της Τεχνολογίας τόσο μεμονωμένα όσο και ολοκληρωμένα. Πιο πρόσφατα, ωστόσο, ο όρος STEM έχει χρησιμοποιηθεί για να υποδηλώσει ένα πιο ολοκληρωμένο πλαίσιο, προωθώντας σημαντικές παιδαγωγικές σχέσεις μεταξύ των τεσσάρων αυτών στοιχείων. Το STEM, λοιπόν, αποτελεί μια προσέγγιση στην εκπαίδευση που σχεδιάζεται ούτως ώστε στη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, οι οποίες καθίστανται απαραίτητες για την κατανόηση βασικών φαινομένων για τη ζωή, να εισαχθούν οι επιστήμες των Τεχνολογιών και της Μηχανικής, καθώς αποτελούν για τον άνθρωπο τα μέσα αλληλεπίδρασης με το σύμπαν. Μολονότι είναι ευρέως διαδεδομένο πως το STEM συνδέει τέσσερις, αρχικά, κλάδους, υπάρχουν ευρείες διαφωνίες μεταξύ των ερευνητών σχετικά με τους κλάδους που πρέπει να περιλαμβάνονται. [51]

Κάποιοι θεωρούν ότι το STEM αποτελείται μόνο από τέσσερις κλάδους, ενώ κάποιοι άλλοι προτείνουν σύνδεση μεταξύ των φυσικών επιστημών και της μηχανικής και άλλοι προτείνουν διαφορετικούς κλάδους σύνδεσης. [52] Με αυτή τη θεματική ασχολείται πληθώρα ερευνών. Ειδικότερα, σε μια συγκεκριμένη μελέτη αναλύθηκαν οι διαφορετικές θεματικές συνδέσεις που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν και εντοπίστηκαν επτά στυλ αναμενόμενων συνδέσεων. [53] Από την άλλη, άλλες μελέτες, υποστήριξαν ότι η εκπαίδευση STEM σε πολλά σχολεία εστιάζει μόνο στις φυσικές επιστήμες και τα μαθηματικά, ενώ η τεχνολογία και η μηχανική παραγκωνίζονται. [54], [55] Με αυτόν τον τρόπο, στις περισσότερες περιπτώσεις τα STEM διδάσκονται μόνο από τη σκοπιά του κάθε γνωστικού αντικείμενου ξεχωριστά και όχι από μια διεπιστημονική προοπτική. Υπάρχουν σαφώς και άλλοι ερευνητές, οι οποίοι υποστηρίζουν ότι θα μπορούσαν να προστεθούν και επιπλέον γνωστικά αντικείμενα που δεν ανήκουν στα STEM. [56] Άλλοι ερευνητές ανέφεραν ότι η εκπαίδευση STEM είναι εφαρμόσιμη σε οποιοδήποτε 21 σχολικό μάθημα, αν και οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί εστιάζουν στους τέσσερις κύριους κλάδους του STEM. [57] Σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητο να γίνει αναφορά στην εισαγωγή του πέμπτου κλάδου, της Τέχνης. Η συμπερίληψη των τεχνών (Art) στους κλάδους STEM είναι μια φυσική εφαρμογή, λόγω της έμφασης του STEM στη δημιουργικότητα και το σχεδιασμό. [58] Η φύση των τεχνών και το STEM προσφέρονται για μία ολιστική, πρακτική μάθηση και παραγωγή. Άλλωστε, μέσω των διαφόρων μορφών τέχνης, βιώνονται και διαφορετικοί τρόποι γνώσης και εμπειρίας του κόσμου. Οι ρίζες του STEM και του STEAM είναι διαφορετικές. Το STEM εδράζεται στην κάλυψη των αναγκών της βιομηχανίας και του εργατικού δυναμικού, καθώς στην ανάγκη της ετοιμότητας για το κολέγιο, την επαγγελματική σταδιοδρομία και την παγκόσμια

ανταγωνιστικότητα. [59] Από την άλλη, το STEAM εστιάζει συγκεκριμένα σε μαθητές που λύνουν αυθεντικά προβλήματα για να κάνουν τον κόσμο καλύτερο, εστιάζοντας στη δημιουργικότητα, την αισθητική, την προσωπική έκφραση και το νόημα.

Σε αυτό το πλαίσιο, ο σχεδιασμός λύσεων, από τη μία, νοηματοδοτεί την ύπαρξη και την αναγκαιότητα όλων των κλάδων για την επίλυση προβλημάτων στον κόσμο και, από την άλλη, καλλιεργεί την ενσυναίσθηση. [60] Για τους Perpler και Wohlwend, η συμπερίληψη του A (Art) στο STEM, συνεπάγεται έναν αμοιβαίο εμπλουτισμό, καθώς, αφενός, οι καλλιτέχνες μπορούν να επεκτείνουν το δημιουργικό δυναμικό σχεδιασμού μέσω υπολογιστικής ευελιξίας (το T-echology του STEM). Επιπλέον, οι Τέχνες όχι μόνο δημιουργούν νέα γνώση περιεχομένου, αλλά και προκαλούν τη συμμετοχή πληθυσμών που ιστορικά υποεκπροσωπούνται στα πεδία STEM. Η συμπερίληψη των Τεχνών που περιλαμβάνονται στο STEM συνεπάγεται, επίσης, μια επανεξέταση της επιστημολογίας των Τεχνών. Άλλωστε, οι κλάδοι του STEM θα πρέπει να ενσωματώνουν μια αποκλίνουσα αντίληψη της γνώσης που υπερβαίνει τις αντιλήψεις μιας αναγωγικής επιστήμης. Επιπλέον, η αναγνώριση των κλάδων του STEM εξετάζεται υπό το πρίσμα της αβεβαιότητας και της ανάγκης εφαρμογής διεπιστημονικών προσεγγίσεων στην παραγωγή γνώσης. [61] Αντίθετα, η καλλιτεχνική εκπαίδευση αναπτύχθηκε συγκεντρωτικά και είναι ανεξάρτητη από το υπόλοιπο πρόγραμμα σπουδών. [62] Η προσθήκη της Τέχνης, λοιπόν, παρέχει πρόσθετες επιλογές στους εκπαιδευτικούς για να παρουσιάσουν τις έννοιες STEM στους μαθητές, καθώς επιτρέπει τη διασταύρωση των τεχνών με τα πεδία STEM, τα οποία όχι μόνο μπορούν να ενισχύσουν τη μάθηση, αλλά και να βοηθήσουν στην απελευθέρωση της δημιουργικής σκέψης και της καινοτομίας. [63] Οι στόχοι της εκπαίδευσης STEM, επομένως, διευρύνουν το πεδίο δράσης σε ένα φάσμα που εκτείνεται από την προώθηση επιστημονικών-τεχνολογικών επαγγελμάτων έως την απόκτηση βασικών ικανοτήτων και δεξιοτήτων για την αντιμετώπιση των προκλήσεων του μέλλοντος, που συνοψίζονται στα 4C που εμφανίζονται στην Ατζέντα του 2030: Δημιουργικότητα (Creativity), Επικοινωνία (Communication), Κριτική Σκέψη (Critical Thinking) και Συνεργασία (Collaboration). Επιπλέον, κρίθηκε ως απαραίτητο να προστεθεί και η απόκτηση δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων. [64] Υπό αυτή την έννοια, οι Τέχνες παρέχουν νέες προοπτικές για την αναπαράσταση της πραγματικότητας με εμπλουτισμένα μέσα. Από αυτή την άποψη, ο Land κάνει λόγο για παραδοσιακά πτυχία STEM που επικεντρώνονται σε συγκλίνουσες δεξιότητες, ενώ τα πτυχία τέχνης επικεντρώνονται σε αποκλίνουσες. Οι Perignat και Katz-Buonincontro [65], τονίζουν την αξία των βασικών πτυχών της καλλιτεχνικής εκπαίδευσης που περιλαμβάνουν την κριτική, την αυτοέκφραση και τη μετάδοση νοήματος. Τόσο η διαδικασία κριτικής όσο και η έννοια της μετάδοσης νοήματος μέσω της αυτοέκφρασης είναι χαρακτηριστικά γνωρίσματα της καλλιτεχνικής εκπαίδευσης που έχουν διαπιστωθεί ότι βελτιώνουν τις δεξιότητες λεκτικής και μη λεκτικής επικοινωνίας, τη δεκτικότητα στις αντιλήψεις των άλλων, την κατανόηση της κοινωνικοπολιτισμικής δυναμικής και την εαυτογνωσία μέσα από τη διερεύνηση εμπειριών και συναισθημάτων. Επιπλέον, το εγγενές κίνητρο που μπορεί να προσφέρει η προσθήκη του A(rt), όπως η απόλαυση των τεχνών (μουσική, ζωγραφική, λογοτεχνία) δεν μπορεί να παραβλεφθεί. Όπως παρατηρείται, η προσέγγιση STEM μπορεί να συνεισφέρει στο να επαναπροσεγγιστεί η πολυετής συζήτηση σχετικά με την καλλιτεχνική εκπαίδευση, είτε ως εκπαιδευτικό μέσο, είτε ως αυτοσκοπό, ξεπερνώντας ένα πρόγραμμα σπουδών με επίκεντρο το περιεχόμενο. [66] Η μηχανική, από την άλλη, θεωρείται ως ένα αναπόσπαστο συστατικό στοιχείο του STEM, καθώς λειτουργεί καθοδηγητικά, όσον αφορά τη διδασκαλία διαφόρων εννοιών των γνωστικών αντικειμένων. [67].

Ακόμα, αποτελεί κίνητρο για ολοκληρωμένη μάθηση, διότι ασχολείται με προβλήματα του

πραγματικού κόσμου και εμπεριέχει ένα κράμα εννοιών από τον χώρο των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών. [68]. Η διδασκαλία των εννοιών της μηχανικής και του σχεδιασμού, σύμφωνα με στοιχεία της NRC του 2012, καλλιεργεί τον μηχανικό στοχασμό των μαθητών. Επιπρόσθετα, υποστηρίζεται ότι η μηχανική προωθεί την κριτική σκέψη, αναπτύσσει τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και επεκτείνει τις επικοινωνιακές δεξιότητες των παιδιών [69] που είναι ζωτικής σημασίας στην εκπαίδευση, καθώς προετοιμάζουν τους μαθητευόμενους για τις συνθήκες της πραγματικής ζωής. Κρίνεται αναγκαία σε αυτό το σημείο η αναφορά στην έννοια του προγραμματισμού, καθώς εμπίπτει και στον επιστημονικό κλάδο της Μηχανικής. Η έννοια του προγραμματισμού είναι καθοριστικής σημασίας για τη διδασκαλία εννοιών που συνδέονται με τη μάθηση των Μαθηματικών, της Φυσικής και της Λογικής. Συνεπώς, αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την εκπαίδευση στα πεδία STEM. [70] Πλέον έχουν αναπτυχθεί αρκετά προγραμματιστικά εργαλεία, τα οποία προσφέρουν ποικίλες δυνατότητες στους μαθητές (λ. χ. τους επιτρέπουν να επινοήσουν παιχνίδια), επιτρέποντά την εξέλιξη από τον σχεδιασμό παιχνιδιού σε εφαρμογές εκπαίδευσης STEM. Ως αποτέλεσμα η υπολογιστική σκέψη που καλλιεργείται και αναπτύσσεται αποτελεί και τον πυρήνα για την επίλυση ενός προβλήματος, καθώς μέσω της μηχανικής σκέψης παρέχονται τρόποι που βοηθούν να προσεγγιστεί ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση ενός πολύπλοκου συστήματος με τους περιορισμούς που θέτει ο πραγματικός κόσμος. Επομένως, μοιράζεται με επιστημονική σκέψη μηχανισμούς, με τους οποίους μπορεί να γίνει κατανοητή η έννοια της υπολογισσιμότητας, της νοημοσύνης, αλλά και η ανθρώπινη συμπεριφορά. [71] Ο επόμενος επιστημονικός κλάδος που εμπλέκεται στην εκπαίδευση μέσω STEM είναι η Τεχνολογία. Η Τεχνολογία είναι διάχυτη σε κάθε σχεδόν δραστηριότητα της καθημερινής ζωής και, στην εκπαίδευση STEM, σχετίζεται με την ικανότητα χρήσης οργάνων, εργαλείων και ψηφιακών τεχνολογιών. [72] Η τεχνολογία προσφέρει τρόπους στους εκπαιδευτικούς να είναι δημιουργικοί, παρέχοντας διάφορες πλατφόρμες για καλύτερη ενσωμάτωση των κλάδων. [73] Σε αυτό το πλαίσιο εντάσσεται και το ό τιτα Επιστημονικά πρότυπα της επόμενης γενιάς το 2013 όρισαν την τεχνολογία ως εφαρμογή των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, αναγνωρίζοντας ότι υποστηρίζει την κατανόηση όλων γνωστικών αντικειμένων και όλων των υπόλοιπων κλάδων του STEM. [74], [75] Τα Μαθηματικά μπορεί να τοποθετούνται στο τέλος του ακρωνυμίου STEM, ωστόσο έχουν σημαντικό ρόλο στην καθημερινή ζωή. Τα Μαθηματικά βρίσκονται παντού γύρω μας και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι σε κάθε πεδίο γνώσης. Τόσο στα Μαθηματικά όσο και στις Φυσικές επιστήμες, το σώμα γνώσεων αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Στα Α. Π. Σ. του δωδεκάχρονου σχολείου, τα μαθηματικά περιλαμβάνουν τα επιμέρους γνωστικά αντικείμενα της αριθμητικής, της άλγεβρας, της γεωμετρίας, και της στατιστικής. Τα Μαθηματικά χρησιμοποιούνται στις Φυσικές Επιστήμες, στη Μηχανική και στην Τεχνολογία. Καθώς οι μαθητές πρέπει να είναι σε θέση να επιλύουν αμιγώς μαθηματικά προβλήματα, το μάθημα των Μαθηματικών δεν είναι τόσο ευχάριστο και εύληπτο για όλους τους μαθητές. Συνεπώς, οι δάσκαλοι οφείλουν να αναπτύξουν τις μαθηματικές έννοιες, χωρίς να αξιοποιούν την παρωχημένη τεχνική της απομνημόνευσης και της απλής μετάδοσης πληροφορίας, αλλά να αξιοποιήσουν την ενεργητική και συνεργατική μάθηση. [53] Οι Kelley και Knowles θεωρούν τα μαθηματικά ως βάση για την εκπαίδευση STEM. [76] Αυτό συμβαίνει, διότι αξιοποιούνται πρακτικές που αφορούν την σχηματοποίηση ενός μαθηματικού προβλήματος σε πλαίσιο επιστημονικό, μεταφράζοντάς το, όμως, σε κάτι απτό και κατανοητό, ώστε τα παιδιά να μπορούν να ταυτιστούν. Από την άλλη, ο English το 2016 υποστήριξε ότι ο μαθηματικός γραμματισμός θα πρέπει να είναι εξασφαλισμένος και ότι δεν θα μπορούσαν να διδαχθούν όλες οι μαθηματικές έννοιες μέσω του STEM. Όσον αφορά τον κλάδο Science, το NGSS το 2013 ανέλυσε την επιστήμη στις φυσικές επιστήμες της βιολογίας, της χημείας,

της γης, του διαστήματος, της φυσικής και του περιβάλλοντος. Ανώτερος στόχος τους είναι η συγκρότηση εξηγήσεων για τα φαινόμενα. Επιπλέον, η παραγόμενη γνώση από το πεδίο των Φυσικών Επιστημών επηρεάζει άμεσα το γνωστικό αντικείμενο της Μηχανικής (ή Επιστημών του Μηχανικού) και της Τεχνολογίας. Αυτές οι επιστήμες θα μπορούσαν να μελετηθούν μέσω παρατήρησης ή πειραματισμού. [77] Τα πειράματα αποτελούν σημαντικό κομμάτι της εκπαιδευτικής διαδικασίας, καθώς εγείρουν το ενδιαφέρον των παιδιών. Ο μαθητής δεν αποτελεί έναν παθητικό δέκτη, ούτε είναι ένας απλός παρατηρητής, αλλά, αντιθέτως, έχει ενεργό ρόλο στη μάθηση, δημιουργεί μόνος του συμβάντα, παρατηρεί συστηματικά και προβληματίζεται. Όπως υποστηρίζει και η Linder το 1992, η διδασκαλία γίνεται αποτελεσματική και αποδοτική, όταν υφίσταται μια κατάσταση, για την οποία ο μαθητής συζητά τις ιδέες και τις σκέψεις του. Στο ίδιο πλαίσιο, οι χειραπτικές δραστηριότητες συνίστανται ως ικανοποιητικές πρακτικές για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. [78] Όταν διεξάγονται πειράματα, προβάλλονται οι ιδέες των μαθητών, ενώ ταυτόχρονα έρχονται σε επαφή με την επιστημονική μεθοδολογία. Με αυτόν τον τρόπο, κατά τη διάρκεια των πειραμάτων ο εγκέφαλος καταχωρεί βασικές έννοιες ως ολιστικές εμπειρίες. Οι εκπαιδευόμενοι μέσω της ενεργητικής και βιωματικής διδασκαλίας είναι σε θέση να διατηρήσουν πιο εύκολα στη μακρόχρονη μνήμη τους τα φαινόμενα που διδάχθηκαν. Απλά πειράματα που προσφέρουν εμπειρικές παρατηρήσεις φαίνεται πως είναι επίσης αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση ορισμένων παρανοήσεων και δυσκολιών. [79] Η μάθηση σε γενικότερο πλαίσιο, καθίσταται ευκολότερη, διδάσκεται με απλό τρόπο και εμπιθύνει στα φαινόμενα. Επιπρόσθετα, η μαθητική κοινότητα γίνεται πιο δεκτική, όσον αφορά τις Φυσικές Επιστήμες. Οι βασικοί στόχοι, όταν προσεγγίζεται διδακτικά το STEM, είναι αρχικά ο STEM γραμματισμός [80]. Αυτό συνεπάγεται τη συνειδητοποίηση της σημαντικότητας των Φ. Ε., της Μηχανικής, της Τεχνολογίας και των Μαθηματικών στη σύγχρονη κοινωνία, καθώς και την εξοικείωση με τις θεμελιώδεις έννοιες των εν λόγω κλάδων. Επομένως, είναι αναγκαίο να επιμορφωθούν οι εμπλεκόμενοι στη μαθησιακή διαδικασία, ούτως ώστε να αλλάξουν στάση για αυτά τα γνωστικά αντικείμενα και να τους προσελκύσουν το ενδιαφέρον. Επίσης, ως στόχος τίθεται και η ικανότητα εφαρμογής των γνώσεων και των δεξιοτήτων των Φ. Ε., της Μηχανικής, της Τεχνολογίας και των Μαθηματικών εντός των πλαισίων της καθημερινής ζωής (π. χ. η ικανότητα της κριτικής αξιολόγησης του περιεχομένου των Φ. Ε. που περιέχονται σε ένα ντοκιμαντέρ που αφορά την κλιματική αλλαγή ή η εκτέλεση βασικών μαθηματικών υπολογισμών). Αξιοσημείωτο στοιχείο είναι και η σημαντικότητα των διασυνδέσεων που πρέπει να υφίσταται μεταξύ των γνωστικών αντικειμένων, καθώς είναι βασικό προαπαιτούμενο των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα. Μια προκαταρκτική μετα-ανάλυση [81] μελετών διερεύνησε την επίδραση των ενοποιητικών προσεγγίσεων μεταξύ των θεμάτων STEM και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές που έμαθαν STEM μέσω μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης είχαν μεγαλύτερες επιδόσεις.

2.3.ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΤΗΤΑ STEM

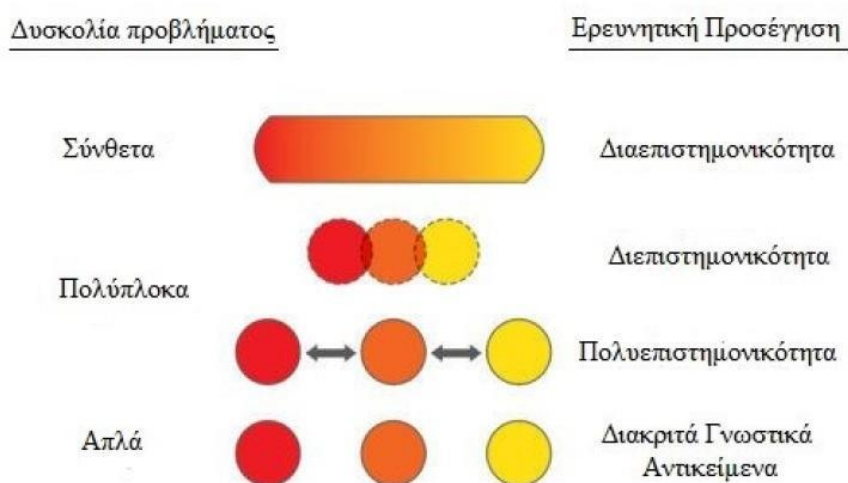
Η εκπαίδευση STEM και η ταύτιση της με τα αντικείμενα που την απαρτίζουν, είναι ελλιπή [82]. Η εκπαίδευση STEM έχει σαν βάση την ανακαλυπτική και διερευνητική μάθηση από τους μαθητές στην προσπάθεια τους να επιλύουν προβλήματα.

Η επίλυση των προβλημάτων στην πράξη απαιτεί την ολοκληρωτική γνώση και όχι μεμονωμένες γνώσεις επιμέρους επιστημονικών πεδίων, όπως συμβαίνει με την εκπαίδευση στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση [50]. Η εκπαίδευση με STEM δεν συμβαδίζει με τα σχολικά αναλυτικά προγράμματα στα οποία εμπλουτίζονται με την Μηχανική και την Τεχνολογία στα

γνωστικά πεδία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών. Έτσι η εκπαίδευση STEM εκφράζεται μέσω της διεπιστημονικής (interdisciplinary) διδασκαλίας. [83]

Η διεπιστημονικότητα της STEM, συνδυάζει μεμονωμένους παράγοντες διαφόρων επιστημονικών πεδίων μέσω της αθροιστικής λογικής, σε μια μόνο δραστηριότητα. Ο όρος διεπιστημονικότητα της STEM (interdisciplinary) δίνει στην εκπαίδευση την δυνατότητα να αναλύσει εκπαιδευτικά προγράμματα με έννοιες και μεθόδους πολλών κλασικών τομέων σπουδών. Στην ουσία η διεπιστημονική εκπαίδευση STEM μας δίνει μια πλατφόρμα συνεργατικής μάθησης, αναπτύσσοντας ικανότητες επίλυσης προβλημάτων, καθώς και εμπλοκή των μαθητών στον σχεδιασμό Μηχανικής, όπως π. χ. ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός πυραύλου. Επιστήμονες και μηχανικοί από διάφορους επιστημονικούς κλάδους συνεργάζονται, αλλά ο καθένας εργάζεται στην δική του ειδικότητα και επιστημονική περιοχή.

Στο παρακάτω σχήμα παρατίθεται γραφικά ο τρόπος που ο βαθμός πολυπλοκότητας ενός προβλήματος απαιτεί και εμπλέκει διαφορετικές ερευνητικές προσεγγίσεις από διαφορετικές γνωστικές επιστημονικές περιοχές.



Σχήμα 1 : Απεικόνιση όπου εμπλέκονται διαφορετικές ερευνητικές προσεγγίσεις από διαφορετικές γνωστικές επιστημονικές περιοχές. Πηγή :{1}

Μια άλλη προσέγγιση για την εκπαίδευση STEM είναι η δια- επιστημονική, στην οποία οι συμμετέχοντες επιστήμονες δραστηριοποιούνται σε διαφορετική γνωστική περιοχή από την ειδικότητά τους, προσπαθώντας να κατανοήσουν όλο το πρόβλημα και όχι ένα τμήμα αυτού. [50]. Το 2017 στο Πανεπιστήμιο του Maryland στο Παρίσι ο καθηγητής του Bill Dennison παρουσίασε μια νέα θεώρηση για την δια- επιστημονική ερευνητική προσέγγιση της STEM εστιάζοντας σε σύνθετα χρονοβόρα προβλήματα που για την επίλυσή τους είναι απαραίτητες ηγετικές δεξιότητες και μεγάλη συνεργατική διερεύνηση. Η προσέγγιση της δια-επιστημονικής έρευνας απαιτεί και ενοποιεί γνώσεις από διαφορετικούς τομείς έτσι ώστε να πετύχει νέα γνώση.

2.4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ STEM

Με το δεδομένο πως η εκπαίδευση STEM έχει σαν στόχο τη μετατροπή της διδασκαλίας από δασκαλοκεντρική σε μαθητοκεντρική - διερευνητική και ανακαλυπτική στην τάξη σχηματίζονται ομάδες μαθητών κατά την υλοποίηση μια ομαδοσυνεργατικής δραστηριότητας σε αυτή.

Η ομαδοσυνεργατική δράση στην τάξη, απαιτεί την ανάθεση ρόλων σε κάθε μαθητή της ομάδας, αλλά και την κατανομή καθηκόντων σε αυτούς για να έχουμε ένα άριστο αποτέλεσμα στην συνεργατική μάθηση, με την προϋπόθεση ότι θα υπάρχει πρότερη προετοιμασία για τη δράση τόσο από τον καθηγητή αλλά και από τους μαθητές.

Η ομαδοσυνεργατική τάξη προσφέρει στους μαθητές την ανάπτυξη θετικών στάσεων απέναντι σε νέες καινοτόμες δράσεις, όπως την καλλιέργεια της συνεργασίας, της επικοινωνίας, της αυτοδιαχείρισης και γενικά την θεμελίωση της προσδοκίας διαπροσωπικών δεξιοτήτων αυτών.

Οι παραπάνω δεξιότητες είναι στον τομέα των κοινωνικών και επικοινωνιακών ικανοτήτων και μπορούν να αναπτυχθούν ακολουθώντας το άτομο δια βίου.

Κατά τους Wigfield, Cambria, & Eccles, και μετά από ερευνητικές αναφορές, προκύπτει ότι οι μαθητές αποκτούν κίνητρο μάθησης στην περίπτωση που οι ίδιοι νιώθουν πως αυτενεργούν και έχουν τον έλεγχο στην διαδικασία της μάθησης, καθώς επίσης και πως αυτό που μαθαίνουν είναι χρήσιμο για την ζωή τους. [84]

Στη διδακτική ο βασικός στόχος είναι να αποκτήσουν οι μαθητές βασικές γνωστικές ικανότητες και δεξιότητες, αλλά και δεξιότητες να επιλύουν προβλήματα

Συμπερασματικά οι δεξιότητες του 21ου αιώνα που είναι απαραίτητες για τη νέα γενιά επιστημόνων σχετίζονται με τα επίπεδα ανάπτυξης του γνωστικού, διαπροσωπικού, καθώς και του ενδοπροσωπικού τομέα.

Οι δεξιότητες του 21ου αιώνα έχουν ποικίλα οφέλη για όλα τα επιστημονικά πεδία και σχετίζονται με τα εξής:

- ✓ Χαρακτήρας: ιδιότητες του ατόμου που είναι απαραίτητες για να είναι προσωπικά αποτελεσματικό σε έναν πραγματικό κόσμο.
- ✓ Δικαιώματα: εξέταση θεμάτων που βασίζονται στη βαθιά κατανόηση διαφορετικών αξιών.
- ✓ Κριτική σκέψη: σχετίζεται με τις ικανότητες σχεδιασμού ενός έργου, επίλυσης προβλημάτων και λήψης καλών αποφάσεων.
- ✓ Επικοινωνία: στον 21ο αιώνα χρειάζεται να είναι κανείς επικοινωνιακός, όχι μόνο στην άμεση επικοινωνία αλλά και στην έμμεση (γραπτός λόγος, ακουστικές δεξιότητες).
- ✓ Συνεργατική ικανότητα: ομαδική εργασία, μάθηση από τους άλλους, ενσυναίσθηση στην εργασία, συλλογική ευφυΐα, συνεργατικότητα σε ψηφιακές εφαρμογές.
- ✓ Δημιουργικότητα και καινοτομία: ικανότητα ανταγωνισμού και δημιουργίας οικονομικής ανάπτυξης, που σχετίζεται με ικανότητες που μπορούν να βρουν πολλές λύσεις σε ένα πρόβλημα. [85]

Αξιοσημείωτες είναι όλες οι δεξιότητες του 21ου αιώνα που αναφέρθηκαν παραπάνω και

αντιλαμβάνεται κανείς πως πλέον χρειάζεται ένα ανθρώπινο δυναμικό που είναι ανταγωνιστικό, καταρτισμένο, δημιουργικό και διαθέτει θετική ηθική. [86] Δεδομένης της σημασίας των Φυσικών Επιστημών και της μηχανικής στον 21ο αιώνα, οι μαθητές χρειάζονται μια αίσθηση κατανόησης των συμφραζομένων σε σχέση με την επιστημονική γνώση, τον τρόπο απόκτησης και εφαρμογής της και τον τρόπο σύνδεσης της επιστήμης μέσω μιας σειράς εννοιών που βοηθούν στην περαιτέρω κατανόηση του κόσμου γύρω μας σύμφωνα με την NRC. Στη μελέτη του Williams υποστηρίζεται ότι η μαθησιακή διαδικασία που βασίζεται στο STEM ενθαρρύνει την ανάπτυξη των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα που είναι απαραίτητες για τους μαθητές προκειμένου να αντεπεξέλθουν στον διαρκώς μεταβαλλόμενο κόσμο της Τεχνολογίας, των Πληροφοριών και της Επικοινωνίας. [87] Οι δεξιότητες του 21ου αιώνα διαμορφώθηκαν με τέτοιον τρόπο για τον μαθητή, ώστε να είναι σε θέση να επιβιώσει στην ψηφιακή εποχή. Τα τέσσερα κριτήρια της ψηφιακής εποχής είναι ο γραμματισμός στην ψηφιακή εποχή, η εφευρετική σκέψη, η αποτελεσματική επικοινωνία και η υψηλή παραγωγικότητα. Συνεπώς, γίνονται πιο άμεσα κατανοητοί και οι διδακτικοί στόχοι που τίθενται στο STEM.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1. Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ STEM ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗΝ Α/ΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Με το δεδομένο πως οι δεξιότητες του 21ου αιώνα είναι απαραίτητες, θα ακολουθήσει ανάλυση αναφορικά με τη σημαντικότητα της σύνδεσης της STEM διδασκαλίας ήδη από την προσχολική ηλικία. Τα παιδιά, όπως έχει επισημανθεί από τη διεθνή βιβλιογραφία, έχουν την ικανότητα να μαθαίνουν θεμελιώδεις έννοιες σε θέματα STEM ήδη από πολύ μικρή ηλικία. Τα νηπιαγωγεία και άλλοι πάροχοι παιδικής μέριμνας, λοιπόν, είναι αναγκαίο να καλλιεργήσουν τις δεξιότητες και τις έννοιες του STEM από νωρίς μέσα από συνεχείς ευκαιρίες για παιχνίδι και συζήτηση. Οι δεξιότητες που μαθαίνουν τα παιδιά όταν ασχολούνται με τις έννοιες STEM στην προσχολική ηλικία προσλαμβάνονται εύκολα, είναι μεταβιβάσιμες και χρήσιμες σε πολλές πτυχές της ζωής τους. Για παράδειγμα, οι δεξιότητες διαδικασίας, που περιλαμβάνουν παρατηρήσεις, υποθέσεις και κριτική σκέψη, είναι βασικές δεξιότητες για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, αλλά είναι επίσης πολύτιμες για την εκμάθηση οποιουδήποτε άλλου γνωστικού αντικειμένου ή θεματικής της καθημερινής ζωής. Άλλωστε, για τους παρόχους προσχολικής εκπαίδευσης, μέρος της ευθύνης τους απέναντι στα παιδιά είναι η προετοιμασία τους για την πραγματικότητα που θα αντιμετωπίσουν αργότερα στη ζωή τους. [88] Οι δραστηριότητες STEM ενθαρρύνουν σημαντικά μαθησιακά χαρακτηριστικά και ιδιότητες για παιδιά προσχολικής ηλικίας. Αρχικά, οι Φυσικές Επιστήμες απαιτούν από τα παιδιά προσχολικής ηλικίας όχι μόνο να απαντούν, αλλά και να κάνουν ερωτήσεις. Οι Φυσικές Επιστήμες ενισχύουν την περιέργεια, την έρευνα και την επίλυση προβλημάτων, που συχνά περιλαμβάνει πειραματισμό και εξερεύνηση. Έπειτα, η τεχνολογία αναφέρεται στην εφαρμογή της επιστημονικής γνώσης που αποκτά ένα παιδί προσχολικής ηλικίας. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας τα πιο βασικά εργαλεία, όπως μαρκαδόρους και χάρακες, καθώς και πιο περίπλοκες τεχνολογικές εφευρέσεις, όπως μικροσκόπια και υπολογιστές. Οι δραστηριότητες μηχανικής στην προσχολική ηλικία αφορούν το σχεδιασμό και την κατασκευή. Δοκιμάζονται δομές και σχέδια, καθώς ανακαλύπτονται και δοκιμάζονται πιθανές λύσεις. Συνεχίζοντας, η τέχνη ενθαρρύνει τη δημιουργικότητα και την ανάπτυξη των διαδικασιών, καθώς επίσης επιτρέπει στα παιδιά να επεξηγήσουν τις έννοιες που μαθαίνουν. Τέλος, τα μαθηματικά δεν περιορίζονται μόνο στην αίσθηση αριθμών. Περιλαμβάνουν ακόμα τη δυνατότητα να διακρίνει κανείς και να δημιουργεί μοτίβα, σχήματα, καθώς και οργανωτικές δεξιότητες, όπως γραφήματα και ταξινομήσεις. Επομένως, γίνεται άμεσα αντιληπτή η σημαντικότητα της διδασκαλίας STEM ήδη από την προσχολική ηλικία. [88]

3.2. ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ STEM

Η εκπαίδευση STEM μπορεί να λειτουργήσει είτε ως συνολική προσέγγιση, όπου όλοι οι κλάδοι αντιμετωπίζονται ως μια ολότητα και το περιεχόμενο των κλάδων δεν διαχωρίζεται [89], [90], [91], ή ως διεπιστημονική προσέγγιση, όπου το συγκεκριμένο περιεχόμενο κάθε κλάδου διδάσκεται ξεχωριστά. Στη συνέχεια, ένας σημαντικός κλάδος ή κλάδοι θα βρίσκεται στο επίκεντρο του προβλήματος ή του έργου και προστίθενται σταδιακά και οι υπόλοιποι. [92], [93] Μια διεπιστημονική προσέγγιση STEM μπορεί να ενσωματωθεί με πολλές στρατηγικές, όπως, για παράδειγμα, η μάθηση βάσει προβλημάτων. Αυτή εξαρτάται κυρίως από την επίλυση προβλημάτων στο πλαίσιο της πραγματικής ζωής. Μία άλλη στρατηγική αποτελεί η μάθηση βάσει έργου, που έχει χρησιμοποιηθεί και μελετηθεί για δεκαετίες ως μια

υγιής παιδαγωγική τεχνική που μπορεί να γεφυρώσει πολλούς κλάδους. [94] Η στρατηγική αυτή μπορεί να ευθυγραμμιστεί με τη διδασκαλία του STEM για την προώθηση πολλαπλών προσεγγίσεων που βασίζονται στην έρευνα, εφόσον εξαρτάται από τον μηχανικό σχεδιασμό και τις στρατηγικές μάθησης διερεύνησης, οι οποίες προωθούν δεξιότητες σκέψης ανώτερης τάξης και πρακτικές προσεγγίσεις. Ο Klein το 2014 πρότεινε τη διεπιστημονικότητα ως μια συνεργατική διαδικασία που υπερβαίνει τις πολυεπιστημονικές προσεγγίσεις, όπου υπάρχουν δύο κύριες προϋποθέσεις: μια γενική σύνθεση των κλάδων και μέλη της ομάδας που λύνουν προβλήματα του πραγματικού κόσμου. Υποστηρίζει, επίσης, ότι διεπιστημονικότητα εγείρει το ζήτημα όχι μόνο της επίλυσης προβλημάτων, αλλά και της επιλογής του ίδιου του προβλήματος (π. χ. επιλογή να συμπεριληφθούν ζητήματα κοινωνικής δικαιοσύνης ή οικονομικά ζητήματα ως μέρος των επιστημονικών προβλημάτων), επειδή τα πολύπλοκα κοινωνικά προβλήματα μπορεί να είναι αλληλεξαρτώμενα και να συνδέονται μεταξύ τους, αλλά δεν είναι προβλέψιμα. [95] Ακόμη, ένα πρόβλημα μπορεί να έχει πολλαπλές λύσεις και να αξιοποιούνται αρκετοί κλάδοι για την επίλυσή του. Αντίθετα, η ενσωμάτωση περιεχομένου εστιάζει στην ανάμειξη των πεδίων περιεχομένου σε ένα ενιαίο πρόγραμμα σπουδών, προκειμένου να αναδειχθούν κύριες ιδέες από πολλαπλούς τομείς περιεχομένου. Για παράδειγμα, ένας καθηγητής Φυσικών Επιστημών μπορεί να δημιουργήσει μια ενότητα για την κατανόηση του οικονομικού αντίκτυπου των ηλιακών φωτιστικών σωμάτων σε ένα πάρκο της πόλης. Απαιτείται γνώση περιεχομένου στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, της μεταφοράς θερμότητας και της απόδοσης. Ακόμα, η κατανόηση των οικονομικών επιπτώσεων απαιτεί μαθηματικές γνώσεις, όσον αφορά τον υπολογισμό του κόστους των φωτιστικών που λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια έναντι εκείνων που χρησιμοποιούν φυσικούς πόρους. Σε αυτότο παράδειγμα ολοκλήρωσης περιεχομένου, απαιτείται η κατανόηση του περιεχομένου τόσο των μαθηματικών, όσο και των Φυσικών Επιστημών για την επίλυση αυτού του προβλήματος. Δεν είναι γνωστό είναι πώς να υποστηρίζεται αποτελεσματικά η διεπιστημονική διδασκαλία με παιδαγωγικές τεχνικές που εμπλουτίζουν το περιεχόμενο και πληρούν τις απαιτήσεις των προγραμμάτων σπουδών. Τούτου λεχθέντος, οι υποστηρικτές δηλώνουν ότι το STEM αποτελεί μια πιο ρεαλιστική διεπιστημονική εμπειρία μάθησης από το STEM, διότι οι τέχνες υποστηρίζουν έναν χώρο δημιουργικότητας, που παρέχει μια πλατφόρμα για βελτιωμένη ενοποίηση των κλάδων. [96], [97] Οι μαθητές που είχαν εμπειρία από διεπιστημονική διδασκαλία, όχι μόνο ενίσχυσαν τη μάθηση του κάθε κλάδου ξεχωριστά, αλλά και τη μάθηση μεταξύ των κλάδων μέσω της ευκαιρίας να εξερευνήσουν και να δημιουργήσουν συνδέσεις μεταξύ Τέχνης, Μουσικής, Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. [98] Ο σκοπός αυτής της διεπιστημονικής εκπαίδευσης είναι να προσελκύεται ενδιαφέροντα των παιδιών, να παρέχει κίνητρα και να ενεργοποιεί τις δυνατότητες των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία. Παρά την εφαρμογή αυτών των στρατηγικών, η βιβλιογραφία δείχνει ότι η συνεργασία, η πρακτική, η χρήση τεχνολογίας και σχεδιασμού και οι δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων στην πραγματική ζωή είναι οι βασικοί στόχοι των εκπαιδευτικών στρατηγικών STEM. Άλλωστε, η σφαιρική αντιμετώπιση θεμάτων και προβλημάτων οδηγεί στην επιτυχή επίλυσή τους, ενώ τα άτομα που μπορούν να αντιμετωπίζουν «προβληματικές» καταστάσεις χαρακτηρίζονται ως «δημιουργικά» [99] και, ως απόρροια αυτού, όταν βρεθούν αντιμέτωπα με ένα πρόβλημα της πραγματικής ζωής θα είναι σε θέση να επινοήσουν πολλαπλές λύσεις. [100] Η υιοθέτηση, συνεπώς, της διδασκαλίας STEM είναι ικανή να ενισχύσει τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και την κριτική σκέψη, καθώς και να ενισχύσει τις κοινωνικές και επικοινωνιακές δεξιότητες. [101] Εάν οι στρατηγικές που αναφέρθηκαν υλοποιηθούν με επιτυχία, μπορεί να δημιουργηθεί μια νέα γενιά ενισχυμένη με υψηλό επίπεδο γνώσεων και

δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, ώστε να είναι σε θέση να ξεπεράσει τις μελλοντικές προκλήσεις.

3.3.ΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM

3.3.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ

Θα πρέπει αρχικά να αναφερθούν και να μελετηθούν οι έννοιες όπως οι στάσεις και οι αντιλήψεις.

Το 1935 ο Allport όρισε την έννοια στάση (attitude) ως μια ψυχική ή νευρική κατάσταση ετοιμότητας, που οργανώνεται μέσω της εμπειρίας, ασκώντας κατευθυντική ή δυναμική επιρροή στην απόκριση του ατόμου σε όλα τα αντικείμενα και τις καταστάσεις με τις οποίες σχετίζεται. Ένας απλούστερος ορισμός της έννοιας στάση αποτελεί μια νοοτροπία ή μια τάση να ενεργεί κανείς με συγκεκριμένο τρόπο, λόγω τόσο της εμπειρίας, όσο και της ιδιοσυγκρασίας. Οι στάσεις είναι ένας πολύπλοκος συνδυασμός που συχνά αποκαλείται προσωπικότητα, πεποιθήσεις, αξίες, συμπεριφορές και κίνητρα. [102] Οι στάσεις βοηθούν στον καθορισμό της κατανόησης των καταστάσεων, καθώς και της συμπεριφοράς. Όπως φαίνεται στο μοντέλο τριών συστατικών, οι στάσεις περιλαμβάνουν συναισθήματα, σκέψεις και πράξεις. Επιπλέον, στάσεις μπορεί απλώς να είναι μια διαρκής αξιολόγηση ή άλλες συναισθηματικές αντιδράσεις ενός ατόμου/ αντικειμένου/κατάστασης και παρέχουν εσωτερικές γνώσεις, πεποιθήσεις και σκέψεις για ανθρώπους, αντικείμενα και καταστάσεις. Παρότι τα συναισθήματα και οι πεποιθήσεις ενός ατόμου είναι εσωτερικά, η στάση ενός ατόμου είναι δυνατό να γίνει κατανοητή από τη συμπεριφορά που επιδεικνύεται. [102] Η διαμόρφωση των στάσεων προκύπτει από τη μάθηση ενός μοντέλου, από την εξοικείωση με άλλους ανθρώπους, καθώς και μέσα από άμεσες εμπειρίες με διάφορες καταστάσεις. Οι στάσεις επηρεάζουν τις αποφάσεις των ανθρώπων και καθοδηγούν τη συμπεριφορά τους, ενώ έχουν διαφορετικά δυνατά σημεία και (όπως τα περισσότερα πράγματα που μαθαίνονται ή επηρεάζονται μέσω της εμπειρίας) μπορούν να μετρηθούν και να αλλάξουν. Για να αλλάξει μία στάση ενός ατόμου, πρέπει να αντιμετωπιστούν γνωστικοί και συναισθηματικοί παράγοντες. [102] Η αντίληψη (perception), από την άλλη, σχετίζεται άμεσα με τις στάσεις και αποτελεί μια διαδικασία σύμφωνα με την οποία οι οργανισμοί ερμηνεύουν και οργανώνουν την αίσθηση, με σκοπό να παράγουν μια ουσιαστική εμπειρία του κόσμου. Όταν ένα άτομο έρχεται αντιμέτωπο με μια κατάσταση ή ερεθίσματα, ερμηνεύει τα ερεθίσματα σε κάτι που έχει νόημα με βάση προηγούμενες εμπειρίες, ωστόσο, η ερμηνεία μπορεί να διαφέρει ουσιαστικά από την πραγματικότητα. [102] Οι αντιλήψεις, συνεπώς, είναι καθορισμένες απόψεις που σχηματίζονται για κάποια συγκεκριμένα θέματα. [103] Το 1992 ο Rajares υποστηρίζει ότι η εστίαση στις πεποιθήσεις και αντιλήψεις των εκπαιδευτικών οφείλει να είναι το επίκεντρο της εκπαιδευτικής έρευνας, διότι είναι σημαντικές για την κατανόηση και τη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Πράγματι, οι πεποιθήσεις, αντιλήψεις και στάσεις έχουν άμεση συσχέτιση με διάφορες τακτικές και στρατηγικές που υιοθετούν οι παιδαγωγοί, ώστε να αντιμετωπίσουν προκλήσεις και εμπόδια που βιώνουν στην καθημερινή τους επαγγελματική ζωή, αλλά και στη γενική τους ευημερία. Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τις στρατηγικές και πεποιθήσεις διαμορφώνουν το μαθησιακό περιβάλλον των μαθητών και επηρεάζουν τα κίνητρά τους.

Το 2011 ο Kuzborska υπογραμμίζει ότι, εφόσον οι στάσεις και αντιλήψεις των εκπαιδευτικών έχουν ως αποτέλεσμα τη διαμόρφωση των στόχων διδασκαλίας και τις εκπαιδευτικές

πρακτικές, η ενθάρρυνση των εκπαιδευτικών να επαναπροσδιορίσουν τις στάσεις και αντιλήψεις τους σχετικά με τη χρήση των Νέων Τεχνολογιών στη διδασκαλία, θα συνέβαλλε θετικά στο να γίνουν πιο ανοιχτοί σε εναλλακτικές προτάσεις και μεθόδους διδασκαλίας.

3.3.2. ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM

Γνωρίζουμε πλέον πως σε ένα μεγάλο αριθμό χωρών, η εκπαίδευση STEM έχει ενσωματωθεί στο πρόγραμμα σπουδών της εκπαιδευτικής πολιτικής τους, αλλά και σε κάποιες άλλες η εκπαίδευση STEM βρίσκεται ακόμη στο στάδιο εισαγωγής στο πρόγραμμα σπουδών, όπως συμβαίνει και στην Ελλάδα. Παρότι οι ειδικοί και οι επιστήμονες εμφανίζονται αισιόδοξοι, σχετικά με την ανάπτυξη ευκαιριών μάθησης με βελτιωμένη τεχνολογία, επικρατεί σκεπτικισμός όσον αφορά την ικανότητα των επίσημων εκπαιδευτικών συστημάτων και ιδρυμάτων να συμβαδίσουν με την αλλαγή και να γίνουν πιο ευέλικτα και δυναμικά. [104] Οι έρευνες για αποτελεσματικές πρακτικές STEM είναι περιορισμένες, ωστόσο τα σχολεία αρχίζουν να υιοθετούν ευρείες παιδαγωγικές προσεγγίσεις και προσεγγίσεις ένταξης. Η ενσωμάτωση STEM στην τάξη είναι ένας τύπος ολοκλήρωσης του προγράμματος σπουδών, μία έννοια περίπλοκη, που αποτελεί πρόκληση, καθώς θα πρέπει να είναι κάτι περισσότερο από απλή συνένωση διαφορετικών θεματικών περιοχών. Η ιδέα της ολοκλήρωσης του προγράμματος σπουδών προέρχεται από τη συνειδητοποίηση των εκπαιδευτικών ότι τα προβλήματα του πραγματικού κόσμου δεν χωρίζονται σε μεμονωμένους κλάδους που διδάσκονται στα σχολεία. [105] Με αυξανόμενο ενδιαφέρον για την εκπαίδευση STEM, υπάρχει πληθώρα μελετών που εξέτασε τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών και τις πρακτικές τους σχετικά. Αυτές οι μελέτες υποδηλώνουν ότι η πλειονότητα του εκπαιδευτικού προσωπικού κρίνει ως απαραίτητη την εκπαίδευση STEM, καθώς θεωρούν πως αυτού του είδους η εκπαίδευση θα είχε θετικό αντίκτυπο στα κίνητρα και τη μάθηση των μαθητών. Ωστόσο, ορισμένες έρευνες διαπίστωσαν ένα σημαντικό χάσμα ανάμεσα στις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών και στις πραγματικές πρακτικές τους. [106] Άλλες μελέτες διερεύνησαν προκλήσεις και δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι παιδαγωγοί για την εφαρμογή της. Η έρευνα εντόπισε ως κύρια προβλήματα στην εφαρμογή τις δυσκολίες στην εύρεση χρόνου για την προετοιμασία μαθημάτων, ανεπαρκές εκπαιδευτικό υλικό, ανεπαρκή πρόσβαση σε υποστηρικτικά υλικά, χαμηλή αυτοπεποίθηση των εκπαιδευτικών για τις τεχνολογικές ικανότητες και έλλειψη τεχνογνωσίας. Η έλλειψη κατανόησης της σχέσης μεταξύ των κλάδων STEM για τη σύγκλιση περιεχομένου και η δυσκολία συνεργασίας με άλλους δασκάλους αναφέρθηκαν, επίσης, ως προκλήσεις στην εφαρμογή των μαθημάτων STEM. [106], [107] Αναλυτικότερα, η εργασία του Sanders το 2009, εξηγεί ότι διαστάσεις της τεχνολογίας και της μηχανικής απαιτούν από τους εκπαιδευτικούς να στηρίζουν την παιδαγωγική τους στη διαδικασία σχεδιασμού μηχανικής και τεχνολογίας. Αυτό βέβαια, μπορεί να είναι άγνωστο πεδίο για αρκετούς και πιθανότατα έχουν ελλιπή προετοιμασία. Η υπερβολική χρήση του ακρωνύμιου STEM δημιουργεί ασάφεια στον ίδιο τον ορισμό του και κάποια δυσφορία και αδυναμία εξοικείωσης με το περιεχόμενο και την σχετική παιδαγωγική προσέγγιση. [107] Μια επιπλέον πρόκληση για την εκπαίδευση STEM είναι ότι συχνά επικεντρώνεται στενά στα Μαθηματικά ή τις Φυσικές Επιστήμες. Ο Bybee το 2010 υπογραμμίζει ότι οι εκπαιδευτικοί αγωνίζονται να κατανοήσουν τα στοιχεία της εκπαίδευσης STEM, εξισώνοντάς τα αρχικά με τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες και σπάνια με τη Μηχανική, τις Τέχνες ή την Τεχνολογία. Συνεπώς, επισημαίνεται πως η εκπαίδευση STEM πρέπει να ευθυγραμμίζεται με τις πραγματικές καταστάσεις και τα παγκόσμια προβλήματα ή τα ζητήματα που αντιμετωπίζονται μέσω κάθε στοιχείου του όρου. Όσον αφορά τον κλάδο της Τεχνολογίας, η ενσωμάτωσή της ως γνωστικό εργαλείο αποτελεί από μόνη της μία

πρόκληση. Σε έρευνα μάλιστα που υλοποίησε ο Alimissis το 2013, διαπίστωσε πως η αξιοποίηση της Τεχνολογίας στα σχολεία δεν ενισχύει την καλλιέργεια των προαναφερθεισών δεξιοτήτων του 21ου αιώνα. Αυτό που πραγματικά συμβαίνει είναι οι νέες τεχνολογίες απλώς να λειτουργούν υποστηρικτικά στις παρωχημένες μεθόδους διδασκαλίας και μάθησης. Επιπρόσθετα, το προσωπικό που εργάζεται στα σχολεία δεν λαμβάνει την απαιτούμενη τεχνική υποστήριξη και, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, δεν υπάρχει σχετική γνώση και εξειδίκευση στα σχολεία, ως προς τον τομέα της τεχνολογίας. Αρκετά συχνά, οι καθηγητές καλούνται να συντηρήσουν, να επισκευάσουν ή και να κατασκευάσουν ακόμα τον εξοπλισμό και τα εργαλεία που τους είναι απαραίτητα, προκειμένου να διεξαχθεί η διδασκαλία. Μάλιστα, έχει σημειωθεί πως οι μαθητές είναι περισσότερο καταρτισμένοι και έχουν περισσότερες ικανότητες χειρισμού των υπολογιστών από τους εκπαιδευτικούς. [108]

Μία επιπρόσθετη πρόκληση που αφορά την επιτυχή εφαρμογή της μάθησης βάσει έργου σχετίζεται με το γεγονός ότι τα έργα ήταν χρονοβόρα. Οι εκπαιδευτικοί κωλύονταν στο να ελέγξουν τη ροή των πληροφοριών και δεν μπορούσαν να εξισορροπηθούν η παροχή ανεξαρτησίας στους μαθητές και η παροχή υποστήριξης. [109] Επιπλέον, αποδείχθηκε ως πρόκληση το γεγονός ότι οι αυθεντικές αξιολογήσεις ήταν δύσκολο να σχεδιαστούν. Σε παρόμοιο πνεύμα, η έκθεση των Honey και συνεργατών του το έτος 2014, που προτείνει μια ατζέντα για την ενσωμάτωση STEM, αναγνωρίζει αφενός την αύξηση του ενδιαφέροντος, από τους εκπαιδευτικούς, αλλά αφετέρου παρατηρεί το κενό που υπάρχει στην έρευνα σχετικά με τους παράγοντες που προωθούν ουσιαστικά διεπιστημονικές και ολοκληρωμένες προσεγγίσεις των κλάδων που θα διδαχθούν. Οι περισσότεροι ειδικοί της εκπαίδευσης έχουν χρησιμοποιήσει σε μικρό βαθμό την εκπαίδευση STEM στις τάξεις τους, λόγω ανεπαρκούς επιμόρφωσης σχετικά με τον τρόπο εφαρμογής αυτής της διεπιστημονικής προσέγγισης [110], καθώς και της ελλιπούς διοικητικής και οικονομικής υποστήριξης για την εφαρμογή της. Αρκετές μελέτες που διεξήχθησαν σχετικά με τις αντιλήψεις των παιδαγωγών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης κατέδειξαν ότι υπάρχει μια θετική στάση για την εκπαίδευση STEM και γενικότερη συμφωνία ότι αυτή η μορφή διδασκαλίας αποτελεί μια μετατόπιση από τις παραδοσιακές δασκαλοκεντρικές πρακτικές. [111], [112], [113] Ωστόσο, πολλοί είναι εκείνοι που υπογραμμίζουν τον επιπρόσθετο φόρτο εργασίας και την έλλειψη χρόνου. Η αποτελεσματική εφαρμογή της διεπιστημονικής διδασκαλίας είναι ένα δύσκολο εγχείρημα. Απαιτεί από τους φροντιστές να αναπτύξουν τη γνώση περιεχομένου εντός του γνωστικού αντικείμενου τους, αλλά και την κατανόηση άλλων κλάδων. Με αυτόν τον τρόπο, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να μπορούν να εντοπίσουν τις συνδέσεις μεταξύ του δικού τους περιεχομένου και των άλλων, αλλά και να κατανοήσουν πώς να δημιουργούν σχετικά προβλήματα που αφορούν πολλούς κλάδους. Οι Moore το 2014 υποστήριξαν ότι αυτό απαιτεί ενσωμάτωση πλαισίου και ενσωμάτωση περιεχομένου. [115] Η ενοποίηση πλαισίου εστιάζει στο περιεχόμενο ενός κλάδου και χρησιμοποιεί πλαίσια από διαφορετικό κλάδο για να κάνει το περιεχόμενο πιο σχετικό. Για παράδειγμα, ένας δάσκαλος μαθηματικών μπορεί να δημιουργήσει μια ενότητα γύρω από τα κατάλληλα μεγέθη περίφραξης για ζώα του κοντινού ζωολογικού κήπου. Το περιεχόμενο των μαθηματικών θα είναι οι αναλογίες και ο υπολογισμός του εμβαδού και/ή του όγκου που ανταποκρίνεται στα απαιτούμενα μαθηματικά πρότυπα κατάστασης που σχετίζονται με αυτό το περιεχόμενο, υποθέτοντας την περίπτωση αυτής της περίπτωσης. Ωστόσο, η κατανόηση της συμπεριφοράς των ζώων καθιστά το θέμα πιο σχετικό και θα παρείχε μια καλύτερη πλατφόρμα για την επίλυση του προβλήματος. Σε αυτό το παράδειγμα ολοκλήρωσης πλαισίου, ο δάσκαλος σχεδίασε ένα μάθημα που περιλάμβανε το πλαίσιο των Φυσικών Επιστημών, για να τοποθετήσει το περιεχόμενο των μαθηματικών σε ένα πραγματικό πλαίσιο. [116] Η δυνατότητα ενσωμάτωσης του πλαισίου και του περιεχομένου απαιτεί υψηλό επίπεδο γνώσης παιδαγωγικού περιεχομένου, όπως

αναφέρουν και οι Cochranetal το 1993. Δυστυχώς, αυτό που τείνει να συμβεί είναι ότι οι εκπαιδευτικοί δεν είναι σε θέση να αναπτύξουν τις δεξιότητες που απαιτούνται για την επιτυχή ενσωμάτωση περιεχομένου και πλαισίου, και ένας τομέας υστερεί (συνήθως, η γνώση περιεχομένου). [117] Σε έρευνες που διεξήχθησαν στο παρελθόν, οι ειδικοί της εκπαίδευσης κατανόησαν κυρίως τις βασικές έννοιες και την αναγκαιότητα του STEM, αλλά δεν ήταν ακόμα βέβαιοι σχετικά με τη διδακτική του προσέγγιση.

Το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών αυξήθηκε μόλις είχαν την ευκαιρία να δημιουργήσουν συνδέσεις με τα προγράμματα σπουδών περιεχομένου τους, προκειμένου να κατανοήσουν πώς να το εφαρμόσουν στην πραγματική τους διδασκαλία. [118] Αυτή η πρώιμη έρευνα επισημαίνει την ανάγκη σαφούς καθορισμού και μοντελοποίησης μιας προσέγγισης STEM για τους εκπαιδευτικούς, η οποία θα τους παρέχει ευκαιρίες να τη βιώσουν από την οπτική γωνία των μαθητών. Συνολικά, οι εκπαιδευτικοί περιγράφουν πολλές ανάγκες για τη διευκόλυνση της εκπαίδευσης STEM, συμπεριλαμβανομένου του χρόνου για την ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών και των υποστηρικτικών συμβούλων. [119] Μια πρόσφατη μελέτη [120], επιβεβαίωσε ότι οι αντιλήψεις, η γνώση και η συνολική εμπιστοσύνη στη διδασκαλία STEM αυξήθηκαν, όταν οι δάσκαλοι συνεργάστηκαν και ευθυγράμμισαν τα πρότυπά τους με τα έργα STEM. Ωστόσο, οι προκλήσεις στην πρόσληψη της σημαντικότητας της διδασκαλίας STEM και ο παρατεταμένος χρόνος για προβληματισμό και βελτίωση των πρακτικών θεωρήθηκαν απαραίτητοι από τους ερευνητές για συνεχή βελτίωση. Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί αναφέρουν την ανάγκη αναδιαμόρφωσης των προγραμμάτων σπουδών, έτσι ώστε να υπάρχει ευελιξία στην εφαρμογή της διεπιστημονικότητας που ορίζει το STEM. [116] Επιπλέον, αρκετοί υπογραμμίζουν τη σημαντικότητα του κοινού προγραμματισμού με συναδέλφους άλλων ειδικοτήτων. Ειδικότερα, είναι απαραίτητος ο συνεργατικός σχεδιασμός με συναδέλφους στα σχολεία για την επιτυχή εφαρμογή του STEM, καθώς η συνεργασία με συναδέλφους φαίνεται πως επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις αντιλήψεις των δασκάλων για τον τρόπο εφαρμογής του STEM στις τάξεις τους. Αυτό συμβαίνει αφού μέσω της συνεργασίας γεφυρώνονται οι κλάδοι, με αποτέλεσμα να διερευνώνται σενάρια που συνδέονται με προβλήματα του πραγματικού κόσμου. Έτσι, επιτυγχάνεται καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου STEM που σχετίζεται με τη διεπιστημονική διδασκαλία, συνδέονται με διάφορους ειδικούς στον τομέα και δίνεται η δυνατότητα για γόνιμες συζητήσεις που σχετίζονται με την επίλυση προκλήσεων εφαρμογής του STEM. Η τεχνολογία διαδραματίζει καταλυτικό ρόλο σε αυτό το έργο. Με τη χρήση διαφόρων εργαλείων (Google, Google Hangout, Diigo, Blogger, iMovie), γίνεται εφικτό να επικοινωνήσουν πιο εύκολα οι καθηγητές μεταξύ τους και να μοιραστούν περιεχόμενο, να αναλύσουν συλλογικά δεδομένα και να συνδεθούν με μέντορες- εκπαιδευτικούς συμβούλους. Αυτή η τεχνολογική συνεργατική εργασία δίνει επίσης, ευκαιρίες για προσομοίωση και συζήτηση έργων βασισμένων σε πολλαπλούς κλάδους, ενώ χρησιμεύει και για την ενίσχυση της κατανόησης του STEM και την προώθηση της κίνησης προς τη διεπιστημονική διδασκαλία. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας ως εργαλείο μάθησης (για τη δημιουργία, την επικοινωνία και την επίδειξη κατανόησης) αποτελεί και μία μέθοδο επιμόρφωσης, όπου οι δάσκαλοι αναλαμβάνουν τον ρόλο των μαθητών ενισχύοντας τις δυνατότητές τους πάνω στη διδασκαλία STEM. [116] Η ίδια έρευνα έδειξε πως ακόμα μία ανησυχία σχετικά με την εφαρμογή του STEM περιελάμβανε τρόπους αξιολόγησης των μαθητών. Αποτελεί πρόκληση για τους ειδικούς της εκπαίδευσης λοιπόν η ομαδική βαθμολόγηση των μαθητών. Αυτό συμβαίνει, καθώς είναι δυσεπίτευκτη η διαφοροποίηση της βαθμολόγησης μέσα σε μία ομαδική εργασία. Επιπλέον, ακόμα μια

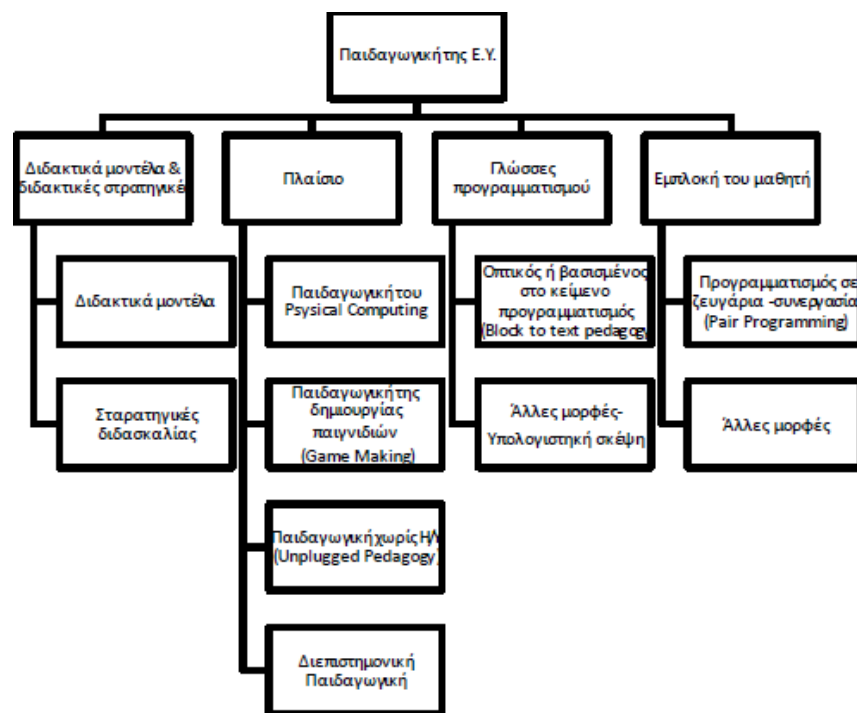
σημαντική πρόκληση αποτελεί και η διαβάθμιση των επιπέδων δυσκολίας, ούτως ώστε να καλυφθούν αποτελεσματικά οι μαθητές με πολλαπλά επίπεδα ικανοτήτων. Είναι αναγκαίο ακόμα να σημειωθεί πως παιδαγωγοί που έχουν λάβει μέρος σε σχετικές έρευνες αναφέρονται και σε προκλήσεις στο επίπεδο της αποτελεσματικής ομαδοποίησης των μαθητών. Δηλαδή, αντιμετωπίζουν εμπόδια, όσον αφορά τη σύσταση και τη δημιουργία των ομάδων, με σκοπό να δημιουργηθεί ένας παραγωγικός χώρος μάθησης. Ειδικότερα, έχει παρατηρηθεί ότι η ομαδική εργασία συχνά να υλοποιείται από έναν μαθητή. [116] Οι στάσεις και οι πεποιθήσεις των ίδιων των φροντιστών μπορεί, επίσης, να επηρεάσουν τις αποφάσεις διδασκαλίας στην τάξη. Αρκετές μελέτες έχουν υποδείξει ότι πολλοί συναισθηματικοί παράγοντες, όπως οι πεποιθήσεις για το περιεχόμενο [121], οι διαθέσεις ή η αυτο-αποτελεσματικότητα [122], μπορούν να διαμορφώσουν τον τρόπο με τον οποίο ένας δάσκαλος επιλέγει να διδάξει. Οι πεποιθήσεις σχετικά με το περιεχόμενο και άλλοι συναισθηματικοί παράγοντες μπορεί να συνδέονται με τις εκπαιδευτικές αποφάσεις που λαμβάνονται κατά τη διδασκαλία, ενώ οι διαφορετικές πρακτικές επηρεάζουν τη μάθηση των μαθητών. Οι προαναφερθείσες μελέτες έχουν διαπιστώσει την αναγκαιότητα της ψυχολογικής και διδακτικής προετοιμασίας των εκπαιδευτικών, ώστε να ενισχυθούν η αυτοπεποίθηση και η αυτο-αποτελεσματικότητά τους, με σκοπό να θέτουν ακόμα υψηλότερους στόχους στην διδασκαλία τους και να είναι αρκετά πιο αφοσιωμένοι σε αυτούς. [123] Για να προετοιμαστούν κατάλληλα οι παιδαγωγοί, κρίνεται ως απαραίτητη η επαγγελματική μάθηση, που βασίζεται στην έρευνα. Επιπρόσθετα, τα μαθήματα μεθοδολογίας και τα προγράμματα προετοιμασίας δύνανται να προσφέρουν ακόμη και εκπαίδευση σε επιμέρους κλάδους του STEM, με αποτέλεσμα να διευρυνθούν οι συνδέσεις μεταξύ ιδεών και επιστημονικών κλάδων και να προσφέρουν στους εν-ενεργεία καθηγητές συγκεκριμένες ευκαιρίες να βιώσουν οι ίδιοι και να εξασκήσουν την ολοκληρωμένη διδασκαλία STEM. Σε έρευνες που έχουν διεξαχθεί έχει παρατηρηθεί πως οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να αντιλαμβάνονται τον διαφορετικό τύπο μάθησης. Το δασκαλοκεντρικό μοντέλο υποχωρεί και πλέον ο ρόλος του μαθητή και του δασκάλου είναι διαφορετικός από τα παραδοσιακά μοντέλα, τα οποία έδιναν έμφαση στη μετάδοση της γνώσης. Οι δάσκαλοι περιέγραψαν τον αντιληπτό ρόλο του μαθητή στη μάθηση STEM ως δημιουργό και προγραμματιστή που ασχολείται με την έρευνα, ικανό να επικοινωνεί και να κάνει συνδέσεις, επειδή είχε ανάγκη να γνωρίζει. Αρκετοί καθηγητές που συμμετείχαν αντιλήφθηκαν πως στη μάθηση STEM το μαθητικό σύνολο εμπλέκεται ενεργά κάνοντας, δημιουργώντας, εξερευνώντας ή συμμετέχοντας στη διαδικασία, ενώ οι εκείνοι έπρεπε να ενεργούν ως διευκολυντές. [116]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ

Η Επιστήμη των Υπολογιστών (Ε. Υ.) έχει εισαχθεί τις τελευταίες δεκαετίες στα αναλυτικά προγράμματα όλων των βαθμίδων του σχολείου. Η Παιδαγωγική της Επιστήμης των Υπολογιστών, περιλαμβάνει ποικίλες στρατηγικές και διδακτικά μοντέλα για να επιτευχθούν οι σκοποί της μάθησης. Κατά τον Waite το 2017, οι εκπαιδευτικοί καλούνται να πάρουν αποφάσεις για να επιτύχουν τον στόχο μάθησης της Επιστήμης των Υπολογιστών.

Έτσι βασίζονται σε μοντέλα, επιλέγουν κάποιες εκπαιδευτικές τεχνικές, ένα πλαίσιο για να τοποθετήσουν τη μάθηση, μια γλώσσα προγραμματισμού και μια μέθοδο εμπλοκής των μαθητών που θα μεγιστοποιήσει τη μάθηση. [124]



Σχήμα 2. : Απόδοση της Επιστήμης των Υπολογιστών (Ε. Υ) από την παιδαγωγική θεώρηση, Πηγή : Waite (2017, p. 8)

4.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ

Η βάση στην Επιστήμη των Υπολογιστών είναι η Υπολογιστική Σκέψη (Υ. Σ.) (Computational Thinking). Η έννοια αυτή αναφέρθηκε από την Wing (2006), η οποία διέτεινε ότι η Υπολογιστική Σκέψη, είναι μια βασική ικανότητα που πρέπει οι μαθητές να αποκτήσουν στη σχολική εκπαίδευση, όπως μαθαίνουν την ανάγνωση, τη γραφή και την αριθμητική.

Θεωρείται μια ικανότητα απαραίτητη για τη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων σε κάθε επιστήμη καθώς περιλαμβάνει: α) την επίλυση προβλημάτων, β) τον σχεδιασμό συστημάτων και γ) την κατανόηση της συμπεριφοράς των ανθρώπων, αξιοποιώντας τις θεμελιώδεις έννοιες της Ε. Υ. [125], [126] Ταυτόχρονα, θεωρείται μια δεξιότητα και στάση καθολική που συμπληρώνει τη μαθηματική σκέψη και σε συνδυασμό με τη Μηχανική προάγουν τον

σχεδιασμό συστημάτων για τη λύση πολύπλοκων προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι άνθρωποι. [125]

Κατά τον Denning το 2009 [127], η ΥΣ αποτελεί εξέλιξη του όρου αλγοριθμική σκέψη που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα και αναφερόταν στη νοητική διαδικασία που έχει σκοπό τη διατύπωση προβλημάτων ως μετατροπές δεδομένων εισόδου - εξόδου και την αναζήτηση των αλγορίθμων για την πραγματοποίηση των μετατροπών αυτών. Ομοίως περιέχει επιπλέον την αφαιρετική συνιστώσα, δηλαδή την ικανότητα σκέψης σε πολλαπλά επίπεδα αφαίρεσης, τη μαθηματική για την ανάπτυξη αλγορίθμων και τον έλεγχο της ικανότητας εφαρμογής της προτεινόμενης λύσης σε διαφορετικά προβλήματα. [125] Η ΥΣ εφαρμοζόμενη στην εκπαίδευση μπορεί να είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για να βοηθήσει τους μαθητές να επιλύσουν ένα πρόβλημα STEM χρησιμοποιώντας προσομοιώσεις υπολογιστών. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- Διατύπωση του προβλήματος, ούτως ώστε να είναι συμβατό για προσομοιώσεις με χρήση μοντέλων.
- Επιλογή του κατάλληλου υπολογιστικού αλγορίθμου.
- Εκτέλεση των προσομοιώσεων και συλλογή αριθμητικών δεδομένων.
- Ανάλυση των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί.
- Εύρεση μοτίβων με σκοπό τη γενίκευση της μεθόδου σε άλλα προβλήματα.
- Εξαγωγή της λύσης του προβλήματος σε μια μορφή που να μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία επιστημονικών διατυπώσεων. [50]

Ελλείπει ενός κοινώς αποδεκτού ορισμού της Υ. Σ. , ένα σύνολο βασικών εννοιών-διαστάσεων και πρακτικών της Υ. Σ. συνεχώς αναπτύσσεται για την επίτευξη

ενός πιο περιεκτικού και ολοκληρωμένου ορισμού. Η Υ. Σ. , επομένως, θεωρείται ότι αποτελείται από: τις έννοιες, τις υπολογιστικές πρακτικές και τις προοπτικές. Σύμφωνα με τη μελετηθείσα βιβλιογραφία η Υ. Σ. συνίστανται τα εξής [125], [127], :

- ✓ Ικανότητα αφαίρεσης-Αφαιρετική σκέψη, δηλαδή την ικανότητα απλοποίησης ενός προβλήματος ώστε να γίνει πιο εύληπτο. Αυτό επιτυγχάνεται με την επικέντρωση στα σημαντικά και την αγνόηση λεπτομερειών. Ορίζεται, επίσης, ως η σύλληψη κοινών χαρακτηριστικών ή ενεργειών σε ένα σύνολο που μπορούν να χρησιμοποιηθεί ως αντιπροσωπευτικά και σε όλες τις άλλες περιπτώσεις.
- ✓ Κατάτμηση- τμηματοποίηση του προβλήματος σε μικρότερα κομμάτια που μπορούν να λυθούν πιο εύκολα.
- ✓ Αλγοριθμική σκέψη, η ικανότητα του καθορίζεις βήματα και αλληλουχία μεταξύ αυτών σε ένα πρόβλημα.
- ✓ Αποσφαλμάτωση, δηλαδή διόρθωση των τυχόν λαθών στοναλγόριθμο.

- ✓ Γενίκευση, η αναζήτηση λύσεων σε νέες καταστάσεις βασιζόμενες στην έως τώρα εμπειρία.
- ✓ Μοντελοποίηση: η αναπαράσταση στον υπολογιστή μιας πραγματικής κατάστασης-φαινομένου.
- ✓ Προσομοίωση: η αναπαράσταση ενός συστήματος και των μεταβαλλόμενων χαρακτηριστικών του με τη χρήση ενός μοντέλου.
- ✓ Χειρισμό δεδομένων: συλλογή, οργάνωση, αναπαράσταση σωστό τρόπο και αλληλουχία με σκοπό την κατανόησή τους.
- ✓ Αυτοματισμό, την επανάληψη εργασιών από τον υπολογιστή με βάση την εντολή που του δίνεται. Η διαδικασία του αυτοματισμού εξοικονομεί χρόνο, φαιά ουσία του ερευνητή και εξασφαλίζει την ακρίβεια καθώς εκτελείται από υπολογιστές που αναγνωρίζουν τα μοτίβα αυτόματα.

Οι προαναφερθείσες πρακτικές είναι ουσιώδεις για την μοντελοποίηση, τη συλλογιστική πορεία και την επίλυση προβλημάτων σε πολλούς επιστημονικούς και μαθηματικούς κλάδους. [128] Για το λόγο αυτό έχει υποστηριχθεί πως η Υ. Σ. πρέπει να αποτελεί στοιχείο στη διδακτική των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών ήδη από το δημοτικό. Πρώτον, γιατί τα δύο αυτά πεδία ως έχουν παρουσιάζουν πολλές δυσκολίες κατανόησης για τους μαθητές και δεύτερον, γιατί η ανάπτυξη επιστημονικής λογικής απαιτεί διαρκή εμπλοκή με ενδιαφέρουσες δραστηριότητες. [128] Η ολοκλήρωση της Υ. Σ. στα αναλυτικά προγράμματα πραγματώνεται μέσω του «computing».

Οι Weintrop κ. α. το 2016 συνέδεσαν την Υ. Σ. με τις Φ. Ε. , τα Μαθηματικά και την Μηχανική και στοιχεία του computing βάσει τεσσάρων πρακτικών της Υ. Σ. . την συλλογή δεδομένων, τη μοντελοποίηση και προσομοίωση, την υπολογιστική επίλυση προβλημάτων και τη διερεύνηση της λειτουργίας των συστημάτων. [129]

πρακτικές συλλογής δεδομένων	πρακτικές μοντελοποίησης και προσομοίωσης	πρακτικές υπολογιστικής επίλυσης προβλημάτων	πρακτικές διερεύνησης της λειτουργίας των συστημάτων
<ul style="list-style-type: none"> • συλλογή δεδομένων • δημιουργία δεδομένων • χειρισμών δεδομένων • ανάλυση δεδομένων • οπτικοποίηση δεδομένων 	<ul style="list-style-type: none"> • χρήση υπολογιστικών μοντέλων για την κατανόηση μιας ιδέας • χρήση υπολογιστικών μοντέλων για την εύρεση και δοκιμή λύσεων • εκτίμηση υπολογιστικών μοντέλων • σχεδιασμός υπολογιστικών μοντέλων • κατασκευή υπολογιστικών μοντέλων 	<ul style="list-style-type: none"> • προετοιμασία προβλημάτων για υπολογιστικές λύσεις • προγραμματισμός • επιλογή αποτελεσματικών εργαλείων • εκτίμηση διαφορετικών προσεγγίσεων/λύσεων σε ένα πρόβλημα • δημιουργία υπολογιστικών αφαιρέσεων • αντιμετώπιση προβλημάτων και αποσφαλμάτωση 	<ul style="list-style-type: none"> • διερεύνηση ενός σύνθετου συντήματος ως σύνολο • κατανόηση των σχέσεων σε ένα σύστημα • σκέψη σε επίπεδα • επικοινωνία πληροφοριών για ένα σύστημα • καθορισμός συστημάτων και χειρισμός δυσκολιών

Σχήμα 3: Ταξινόμηση της Υπολογιστικής Σκέψης, **Πηγή :** [129]

Η ταξινόμηση των Weintrop είναι ιδιαίτερα σημαντική για συνδέεται η Υ. Σ. με την συλλογή δεδομένων, η οποία έχει σχέση με τις βασικές διαστάσεις της Υ. Σ. , όπως η εύρεση μοτίβων, δεξιότητα που μπορεί να οδηγήσει από την παρατήρηση εμπειρικών δεδομένων στην ανακάλυψη φυσικών νόμων. Ακόμη, συνδέεται με την ταξινόμηση αυτή με την υπολογιστική επιστήμη και την επιστημολογία του «STEM»

4.3. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

Ο υπολογιστής είναι ένα μηχανήμα που εκτελεί μια μεγάλη γκάμα εργασιών. Για την εκτέλεση αυτών των εργασιών ο υπολογιστής δεν δρα από μόνος του αλλά απαιτείται η τροφοδότησή του με εντολές. Ο προγραμματισμός συνιστά τη διαδικασία αυτή της τροφοδότησης του υπολογιστή με ένα σύνολο εντολών, που ονομάζονται πρόγραμμα και περιγράφει ακριβώς τα βήματα που πρέπει να εκτελέσει για να κάνει την εργασία που του έχει ζητηθεί. Τα προγράμματα είναι γνωστά ως λογισμικό (software) του υπολογιστή. [130]

Ένα πρόγραμμα του ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι ένα σύνολο «εντολών και δεδομένων που διατηρούνται σε ένα αρχείο δίσκου». [131] Τα αρχεία εμπεριέχουν δεδομένα που οργανώνονται σε γραμμική μορφή και έχουν αριθμούς. Για να προσπελαστούν τα αρχεία αυτά γίνεται χρήσηκαταλόγων σε μορφή πίνακα όπου στη μια στήλη του πίνακα υπάρχει το όνομα και στην άλλη ο αριθμός-*i*. Το ζεύγος αυτό στοιχείων του πίνακα όνομα/κόμβος-*i* λέγεται σύνδεσμος (link). [131]

Η διαδικασία που ακολουθεί ένας προγραμματιστής είναι: πρώτον να οριοθετήσει το πρόβλημα και τους στόχους του προγράμματος που θα φτιάξει. Δεύτερον, να καθορίσει τις μεθόδους που θα χρησιμοποιήσει. Τρίτον, να δημιουργήσει το πρόγραμμα και τέλος να εκτελέσει το πρόγραμμα για να ελέγξει την αποτελεσματικότητά του σε σχέση με το ζητούμενο πρόβλημα. [132]

Οι προγραμματιστές ακολουθώντας κανόνες φτιάχνουν εκτελέσιμα αρχεία. Αρχικά, με τη χρήση μιας γλώσσας προγραμματισμού γράφουν τον κώδικα σε ένα αρχείο κειμένου. Έπειτα δημιουργείται ένα αντικειμενικό αρχείο το οποίο μεταφράζει το αρχικό αρχείο σε γλώσσα

μηχανής. Αυτό εκτελείται με τη βοήθεια ενός μεταγλωττιστή. Αν το αντικείμενο αρχείο έχει σημειωθεί ως εκτελέσιμο και είναι πλήρες μπορεί να εκτελεστεί. [131]

Συνοψίζοντας τα παραπάνω βήματα, αρχικά, δημιουργείται ένα αρχείο με τη χρήση προγράμματος σύνταξης το οποίο περιέχει τον πηγαίο κώδικα. Στη συνέχεια, μεταγλωττίζεται ο πηγαίος κώδικας για να δημιουργηθεί ένα αρχείο αντικειμένου. Ακολούθως, συνδέεται ο μεταγλωττισμένος κώδικας για να δημιουργηθεί ένα εκτελέσιμο αρχείο. Τέλος, εκτελείται το πρόγραμμα για να φανεί αν ανταποκρίνεται στο αρχικό ζητούμενο. [132]

4.4. ΟΠΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

Ενδιαφέρον παρουσιάζει ο Οπτικός προγραμματισμός που θεωρείται ο προγραμματισμός με τη χρήση γραφικών στοιχείων. [133]

Σύμφωνα με τον Miroliubov πολλές φορές η παρουσίαση μιας πολύπλοκης ιδέας γίνεται καλύτερα κατανοητή μέσω της οπτικοποίησής της σε μορφή διαγράμματος ή εικόνας. Στηριζόμενος σε αυτό, υποστήριξε ότι ο οπτικός προγραμματισμός δημιουργεί μείωση του χρόνου σχεδιασμού και της πολυπλοκότητας του προγραμματισμού και συντελεί στη διατήρηση του αποτελέσματος. [134]

Ο οπτικός προγραμματισμός χρησιμοποιεί γλώσσες οπτικού προγραμματισμού όπως Visual, Programming, Languages. Αυτές είναι γλώσσες προγραμματισμού οι οποίες φτιάχνουν προγράμματα μέσω γραφικών προγραμματιστικών στοιχείων. Τα στοιχεία αυτά εκφράζουν λειτουργίες, συναρτήσεις ή μεταβλητές και συνδέονται με γραμμές ή βέλη που αντιπροσωπεύουν τις μεταξύ τους σχέσεις. [133].

4.5. Ο ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Τόσο οι ερευνητές μεθοδευμένα όσο και οι εκπαιδευτικοί με άτυπο πολλές φορές τρόπο έχουν προσπαθήσει να διερευνήσουν, να μελετήσουν και να αναπτύξουν τρόπους, τεχνικές και διδακτικά σενάρια για την ενσωμάτωση των ηλεκτρονικών υπολογιστών στην εκπαίδευση. Σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης στις μέρες μας οι Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) έχουν εισαχθεί ευρέως. Στο επίπεδο της έρευνας, ένας τομέας που μελετάται έντονα είναι η συμβολή των ΤΠΕ για τη βελτίωση του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ). Μεγάλο μέρος των ερευνών ασχολείται με το κατά πόσο η χρήση του προγραμματισμού μπορεί να βελτιώσει την κατανόηση εννοιών των Φυσικών Επιστημών για τους μαθητές.

Για την ενσωμάτωση των ΤΠΕ και ειδικά του προγραμματισμού στις ΦΕ, οι Redish και Wilson πρότειναν από το 1993 μια λίστα από βασικές δεξιότητες που πρέπει να κατέχουν οι μαθητές. Τόνισαν, επίσης, ότι οι δεξιότητες που απαιτούνται για την επίλυση προβλημάτων των ΦΕ με χρήση υπολογιστών δεν ήταν οι ίδιες με εκείνες που απαιτούνται για την επίλυση αναλυτικών προβλημάτων ούτε μοιάζουν με τις δεξιότητες που μαθαίνουν οι μαθητές σε ένα εισαγωγικό μάθημα πληροφορικής. Ως εκ τούτου, η χρήση των υπολογιστών θα έπρεπε να είναι απλή και ακριβής από την αρχή της μάθησης. Η προτεινόμενη λίστα βασικών δεξιοτήτων είναι η ακόλουθη [135]:

Βασικές δεξιότητες: ένα επιστημονικό υπόβαθρο, αριθμητική ενημερότητα (number awareness)

- Θεωρητικές ικανότητες: αναλυτική σκέψη, εκτιμήσεις και κλίμακες φυσικών

αριθμών, ικανότητες προσέγγισης στο περίπου, αριθμητικές ικανότητες.

- Πειραματικές ικανότητες: αποσφαλματοποίηση, μηχανικές δεξιότητες, χειρισμός εξοπλισμού, φροντίδα εξοπλισμού.
- Γενικές ικανότητες: ένστικτο, ικανότητα επίλυσης μεγάλων προβλημάτων, επικοινωνιακές δεξιότητες.

Μια από τις γλώσσες οπτικού προγραμματισμού που χρησιμοποιείται ευρέως για εκπαιδευτικούς σκοπούς σε παιδιά μικρότερων ηλικιών είναι το Scratch στο οποίο θα γίνει αναφορά στο επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1. ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ STEM

5.1.1. Η ΠΡΟΤΑΣΗ

Οι Έννοιες, οι Άνθρωποι και ο Χώρος αποτελούν το απαραίτητο περιβάλλον προκειμένου να υλοποιηθεί οποιαδήποτε εκπαιδευτική δράση, δασκαλοκεντρική ή μαθητοκεντρική, σύγχρονη ή ασύγχρονη, δια ζώσης ή εξ αποστάσεως, αυστηρά δομημένη ή βασισμένη σε ένα μη δομημένο πρόβλημα. Η αναφορά σε αυτές προηγήθηκε απαραίτητα της διδακτικής πρότασης που πραγματεύεται η παρούσα εργασία. Η ενότητα περιλαμβάνει, εκτός από τη συζήτηση για το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), αναλυτική παρουσίαση του σχεδιασμού, του περιεχομένου και του τρόπου υλοποίησης των Φύλλων Αξιολόγησης που αναπτύχθηκαν για τους μαθητές, την κατασκευή του κλειστού χώρου και τον αισθητήρα διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) μέσω του Arduino καθώς και προτάσεις για αξιοποίηση της όλης κατασκευής σε σχολικά μαθήματα της Β/θμιας Εκπαίδευσης.

5.2. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ -ΣΕΝΑΡΙΟΥ

Σκοπός του σεναρίου είναι να μπορούν οι μαθητές να χρησιμοποιούν μια γλώσσα προγραμματισμού η οποία είναι πολύ κοντά με αυτή που χρησιμοποιούν οι επαγγελματίες προγραμματιστές και ταυτόχρονα να γνωρίσουν την τεχνολογία Arduino που τελευταία έχει μεγάλες εφαρμογές.

Οι στόχοι :

- Να περιγράψουν τι είναι το arduino
- Να περιγράψουν τι είναι breadboard
- Να αναφέρουν στοιχεία που να συνδέονται με το arduino
- Να μπορούν να δημιουργούν projects που να εφαρμόζεται η «τεχνολογία» του arduino
- Να κατανοήσουν την γλώσσα προγραμματισμού του arduino
- Να κατανοήσουν τη βασική γλώσσα προγραμματισμού του arduino
- Να κατανοήσουν βασικές εντολές του arduino
- Να διαβάζουν ένα απλό προγραμματάκι για arduino
- Να συγκρίνουν μια οπτική γλώσσα προγραμματισμού

5.3. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

5.3.1. ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO₂)

"Hunc spiritum, incognitum hactenus, novo nomine gas voco. In nominis egestate, halitum illud gas vocavi, non longe a chao veterum" («Αυτό το πνεύμα, το μέχρι στιγμής άγνωστο, το ονομάζω με ένα νέο όνομα, gas. Ελλείπει άλλου ονόματος, αυτή την αναθυμίαση την ονόμασα gas, που δεν διαφέρει και πολύ από το αρχαίο χάος»), γράφει στις σημειώσεις του ο Baptist van Helmont (1579-1644) Φλαμανδός γιατρός και χημικός προκειμένου να ερμηνεύσει την διαφορά μάζας που προέκυπτε από την καύση μιας ποσότητας ξύλου ή κάρβουνου σε σχέση με την ποσότητα της στάχτης που απέμεινε. [136]

Την περίοδο του 1750-1760 ο Joseph Black (1728-1799), Σκωτσέζος φυσιολόγος μελέτησε τις ιδιότητες του CO₂. Παρατήρησε πως κατά την ισχυρή θέρμανση του ανθρακικού ασβεστίου (ασβεστόλιθος) ή κατά την επαφή του με οξέα, ελευθερώνεται ένα αέριο που το ονόμασε σταθεροποιημένο αέρα (fixed air). Το αέριο αυτό ήταν πυκνότερο του αέρα, δεν διατηρούσε την καύση αλλά ούτε και τις ζωτικές λειτουργίες των οργανισμών. Παράλληλα διαπίστωσε πως παράγεται με την εκπνοή των ζώων, την μικροβιακή ζύμωση και αποτελεί προϊόν του μεταβολισμού των οργανισμών.

Η συνέχεια ήρθε το 1772, με τον Άγγλο χημικό Joseph Priestley (1733- 1804), όπου στην εργασία του με τίτλο "Εμπλουτισμός του ύδατος με σταθεροποιημένο αέρα" (Impregnating Water with Fixed Air), ήταν αυτός που πρώτος παρασκεύασε ανθρακούχο νερό, διαπιστώνοντας παράλληλα την ευχάριστη όξινη γεύση του.

«Από τις αρχές του 19ου αιώνα άρχισε η βιομηχανική παρασκευή και εμπορική διάθεση του οξυ-ανθρακούχου ύδατος, το οποίο αργότερα ονομάστηκε soda water (νατριούχο ύδωρ), λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε νάτριο ορισμένων φυσικών οξυ-ανθρακούχων υδάτων.

Το 1823, το CO₂ υγροποιήθηκε για πρώτη φορά (σε υψηλές πιέσεις) από τον Humphry Davy (1778-1829) και τον μαθητή του Michael Faraday (1791-1867), ενώ το 1834 δόθηκε η πρώτη αναφορά και περιγραφή του στερεού CO₂ (ξηρός πάγος) από τον Γάλλο χημικό Adrien-Jean-Pierre Thilorier (1790-1844) το 1834». [136]

Φωτοσύνθεση, κυτταρική αναπνοή, φαινόμενο θερμοκηπίου, αρχέγονη ατμόσφαιρα της Γης, παρουσία του CO₂ στην ατμόσφαιρα άλλων πλανητών του ηλιακού συστήματος, βιογεωχημικός κύκλος του άνθρακα, CO₂ και ηφαίστεια, είναι μερικά από τα θέματα που θα συναντήσει κανείς σχετικά με το διοξείδιο του άνθρακα και την ζωή στον πλανήτη μας. Πολλές επίσης αναφορές θα βρει κάνεις αν αναζητήσει τις χρήσεις του CO₂ σε χημικές, βιολογικές, φαρμακευτικές, ιατρικές και άλλες καθημερινές διεργασίες. Μια στοιχειώδης αναζήτηση στο διαδίκτυο θα αποφέρει άμεσα αρκετές χρήσεις του στην καθημερινή ζωή, άγνωστες στους περισσότερους σχήμα 4 & σχήμα 5

Κρυογονική άλεση	Συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα
Ψύξη σταφυλιών με CO ₂	Κρυογονική ψύξη
Δημιουργία Κρούστας (Crusting) και Γρήγορη Ατομική Κατάψυξη (IQF)	Ψύξη ζύμης με CO ₂
Εμπλουτισμός θερμοκηπίων με CO ₂	Μεταφορά σε ελεγχόμενη θερμοκρασία
Γεωργία	Έτοιμα γεύματα
Καφές, κρασί και λάδι	Κρέας και πουλερικά
Ποτά	Επεξεργασία αλιευμάτων
Ψωμί και υλικά ζαχαροπλαστικής	Φρούτα και λαχανικά
Γάλα και παράγωγα	Τροφοδοσίες
Παγωτό	

Σχήμα 4 : Εφαρμογές του CO₂ στην τεχνολογία και οι τομείς των εφαρμογών του.
Πηγή: {2}

6 Χρήσεις
6.1 Ποτά
6.2 Τρόφιμα
6.3 Πυροπροστασία
6.4 Υδραυλικά συστήματα
6.5 Συγκολλήσεις
6.6 Απομάκρυνση καφεΐνης
6.7 Φαρμακευτικές και άλλες χημικές διεργασίες
6.8 Γεωργικές, βιολογικές και ιατρικές εφαρμογές
6.9 Εφαρμογές στα λείζερ
6.10 Πολυμερή και πλαστικά
6.11 Εξόρυξη πετρελαίου
6.12 Χρήσεις ως ψυκτικού
6.13 Παραγωγή κρασιού
6.14 Έλεγχος του pH

Σχήμα 5 : Χρήσεις του CO₂. **Πηγή:** {3}

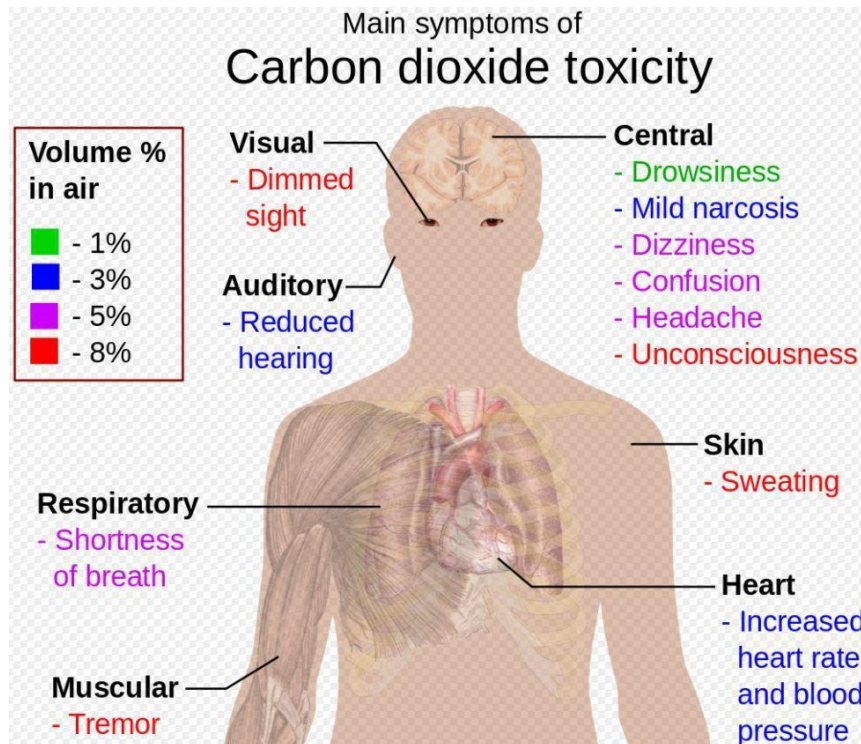
5.3.2. Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO₂)ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

Γνωρίζουμε ότι παρά την σύνδεση του CO₂ με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις αρνητικές επιπτώσεις που αυτό προκαλεί και αναμένεται να προκαλέσει στην κλιματολογική εξέλιξη του πλανήτη μας, όλο και συχνότερα συναντάμε δημοσιεύματα τα οποία αναφέρονται στις επιπτώσεις του στην ανθρώπινη φυσιολογία σε συνθήκες αυξημένης συγκέντρωσής του σε κλειστούς χώρους.

Στο σχήμα 6 αποτυπώνονται τα κύρια συμπτώματα από την βαθμιαία αύξηση της % περιεκτικότητας του αέρα σε CO₂. Η μέση περιεκτικότητα στον ατμοσφαιρικό αέρα

κυμαίνεται μεταξύ των 350 έως 400 ppm (μέρη ανά εκατομμύριο), όμως πολύ εύκολα σε χώρους με μεγάλη πληρότητασε ανθρώπινο δυναμικό και κακό εξαερισμό μπορεί εύκολα να φτάσει τα 5000 ppm δηλαδή στο 0. 5% v/v του ατμοσφαιρικού αέρα προκαλώντας ήπια συμπτώματα ζάλης και υπνηλίας Εικόνα 9. Τα ίδια όρια έχει θέση και ο οργανισμός ασφάλειας και υγείας των ΗΠΑ για υγιείς ενήλικεςκατά την οκτάωρη εργασία.

Σε περιεκτικότητα 1% v/v προκαλεί υπνηλία, όταν το ποσοστό γίνει 2%η αρτηριακή πίεση και ο καρδιακός ρυθμός αυξάνεται και μειώνεται η ακοή. Γενικά όμως ποσοστά > 4% πρέπει να θεωρούνται άμεσα επικίνδυνα για την υγεία.



Σχήμα 6 : Σπουδαιότερα συμπτώματα της αύξησης του αέρα σε CO2. Πηγή:{4}

ΤΜΗΜΑ 8. Έλεγχος της έκθεσης/ατομική προστασία	
8.1. Παράμετροι ελέγχου	
Όρια επαγγελματικής έκθεσης	
Διοξείδιο του άνθρακα	: Οριακή τιμή έκθεσης (GR) 8h [ppm] : 5000
	: Οριακή τιμή έκθεσης (GR) 8h [mg/m3] : 9000
	: Ανώτατη οριακή τιμή έκθεσης (GR) 15min [ppm] : 30000
	: Ανώτατη οριακή τιμή έκθεσης (GR) 15min [mg/m3] : 54000
τιμή DNEL χωρίς επίπτωση (εργάτες).	: Δεν υπάρχουν δεδομένα.
PNEC: Προβλεπόμενη συγκέντρωση που δεν έχει επίπτωση.	: Δεν υπάρχουν δεδομένα.

Σχήμα 7 : Όρια επαγγελματικής έκθεσης στο CO2 στην Ελλάδα. Πηγή:{5}

5.3.3.Η ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO₂) ΣΤΗΝ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Γνωρίζουμε πως η χημική ένωση του διοξειδίου του άνθρακα με τον χημικό τύπο (CO₂), συναντάται στα μαθήματα της Βιολογίας και της Χημείας. Η φωτοσύνθεση, η κυτταρική αναπνοή, η αναπνοή των οργανισμών, ο κύκλος του άνθρακα και τα προβλήματα του περιβάλλοντος αποτελούν τις κύριες ενότητες όπου οι μαθητές μαθαίνουν για το CO₂ στη Βιολογία, ενώ ο άνθρακας, οι καύσεις, οι ιδιότητες των οξέων και τα θέματα ρύπανσης του αέρα με τα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνεπάγονται, συνιστούν τις αντίστοιχες ενότητες στη Χημεία. Σποραδικά επίσης ο όρος συναντάται και στο μάθημα της Γεωγραφίας στο Γυμνάσιο.

Ο παρακάτω πίνακας καταγράφει συνολικά της αναφορές στον όρο διοξείδιο του άνθρακα, ή στον χημικό τύπο CO₂ που υπάρχουν στα βιβλία του μαθητή (δεν περιλαμβάνονται τα τετράδια εργασιών, ούτε και οι εργαστηριακοί οδηγοί), στα μαθήματα Βιολογία, Χημεία, Γεωγραφία, για τις τρεις (3) τάξεις του Γυμνασίου καθώς και για την Α γενικού λυκείου. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε είναι η εξής: Αφού γίνει λήψη των βιβλίων από την ιστοσελίδα <http://ebooks.edu.gr/>, σε μορφή pdf, ανοίγουμε κάθε αρχείο και πατώντας συγχρόνως τα πλήκτρα “Ctrl” + “F” στο παράθυρο αναζήτησης που εμφανίζεται, πληκτρολογούμε τον όρο

«διοξείδιο του άνθρακα» και στη συνέχεια τον τύπο CO₂. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 2, από τον οποίο προκύπτουν συμπερασματικά τα εξής:

- ✓ Στην υποχρεωτική ΔΕ (γυμνάσιο) οι μαθητές συναντούν τον όρο «διοξείδιο του άνθρακα» ή τον τύπο «CO₂» 214 φορές. (Ισως βέβαια κάποια κεφάλαια να μην είναι εντός της διδακτέας ύλης, από την άλλη όμως δεν έχουμε υπολογίσει τα τετράδια εργασιών καθώς και τους εργαστηριακούς οδηγούς).
- ✓ Στην Α΄ λυκείου αντίστοιχα 113 φορές.
- ✓ Τα κύρια μαθήματα είναι αυτά της Χημείας και της Βιολογίας.
- ✓ Η αριθμητική αποτύπωση αυτή καθ' εαυτή δεν αποτελεί και εχέγγυο γνώσης από τους μαθητές.
- ✓ Η επιλογή της ηλικίας στόχου που προτείνεται (τέλος Γ΄ γυμνασίου ή Α΄ λυκείου) για την εφαρμογή του σεναρίου αποτελεί μάλλον την βέλτιστη ηλικία (με δεδομένο πως οι μαθητές της Β΄ λυκείου συνήθως δεν έχουν χρόνο για τέτοιου είδους παρεμβάσεις).

Πίνακας 2 : Αναφορά του όρου «διοξείδιο του άνθρακα» ή του χημικού τύπου «CO₂» στα μαθήματα Βιολογία, Χημεία, Γεωγραφία, στο Γυμνάσιο και στην Α΄ Λυκείου. Στο κύριο βιβλίο του μαθήματος.	Μάθημα	Τίτλος κεφαλαίου	Συνολικές εμφανίσεις του όρου «διοξείδιο του άνθρακα» ή του χημικού τύπου «CO₂».
Α΄ γυμν.	Γεωγραφία	Φυσικοί και ανθρώπινοι πόροι	1
Β΄ γυμν.	Γεωγραφία	Οι οικονομικές δραστηριότητες των Ευρωπαίων.	4
Α΄ - Β΄ γυμν.	Βιολογία	Οργάνωση της ζωής. Πρόσληψη ουσιών και πέψη. Μεταφορά και αποβολή ουσιών. Αναπνοή.	59
Β΄-Γ΄ γυμν.	Βιολογία	Οργάνωση της ζωής, βιολογικά συστήματα. Οι οργανισμοί στο περιβάλλον τους. Οι ασθένειες και οι παράγοντες που σχετίζονται με την εμφάνισή τους. Γενετική μηχανική και βιοτεχνολογία	17
Β΄ γυμν.	Χημεία	Εισαγωγή στη Χημεία. Από το νερό στο άτομο - Από το μακρόκοσμο στο μικρόκοσμο. Ατμοσφαιρικός αέρας.	79
Γ΄ γυμν.	Χημεία	Οξέα – Βάσεις – Άλατα Ταξινόμηση των στοιχείων – Στοιχεία με ιδιαίτερο ενδιαφέρον Η Χημεία του άνθρακα	54
Α΄ λυκ.	Βιολογία	Κυκλοφορικό σύστημα. Αναπνοή. Μυϊκό σύστημα. Απέκκριση και ωσμωρύθμιση. Αισθητήρια όργανα – Αισθήσεις. Αναπαραγωγικό σύστημα.	23
Α΄ λυκ.	Χημεία	Βασικές Έννοιες. Περιοδικός Πίνακας – Δεσμοί. Οξέα – Βάσεις – Άλατα – Οξείδια. Στοιχειομετρία. Πυρηνική Χημεία.	90 (σχεδόν αποκλειστικά με τον χημικό του τύπο)

Έχουμε ένα πραγματικό μη δομημένο πρόβλημα, το οποίο η παρούσα χρονική συγκυρία το φέρνει ίσως στο προσκήνιο (βλ. δημοσίευμα για την αγορά ξηρού πάγου και την μεταφορά των εμβολίων).

- ✓ Έχουμε προϋπάρχουσες γνώσεις, από την Χημεία και την Βιολογία, για το CO₂, των μαθητών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για την αρχική κατανόηση του προβλήματος.
- ✓ Επίσης έχουμε αρκετές γνώσεις από τα Μαθηματικά, την Τεχνολογία, την Πληροφορική και την Φυσική που θα λειτουργήσουν επικουρικά κατά την διερεύνηση των πιθανών λύσεων αρχικά, την επιλογή της πιο κατάλληλης, την δοκιμή της, κλπ.

Η κεντρική ιδέα της όλης διδακτική παρέμβασης είναι να γίνει μια σταδιακή εισαγωγή των μαθητών στη μεθοδολογία STEM μέσω PBL στις αρχικές συναντήσεις και στη συνέχεια να τους τεθεί, μέσω των δημοσιευμάτων, το πρόβλημα. Οι πρώτες αυτές συναντήσεις θα έχουν ταυτόχρονα και έναν ακόμη στόχο, να προετοιμάσουν και να προϊδεάσουν τους μαθητές τόσο για το CO₂, όσο και για την πιθανή χρήση του Arduino στην υιοθέτηση της τελικής κατασκευής. Η όλη ιδέα αναλύεται στις επόμενες υποενότητες: «Η διάρκεια», «Τα φύλλα δοκιμασιών» και «Η περαιτέρω πορεία».

5.4.Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ PROJECT

5.4.1.Η ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ PROJECT

Η συνολική διάρκεια του προγράμματος προτείνεται να είναι ένα σχολικό τετράμηνο, δέκα (10) δίωρες εβδομαδιαίες συναντήσεις της ομάδας.

Παρά το γεγονός πως ένα Project δεν έχει καθορισμένη διάρκεια και μπορεί να διαρκέσει από μια διδακτική ώρα (σε κάποιο σχολικό μάθημα) έως και μερικά χρόνια (π. χ. η κατασκευή ενός μεγάλου τεχνικού έργου), για την ελληνική σχολική πραγματικότητα Project όπως τα προγράμματα σχολικών δραστηριοτήτων διαρκούν σχεδόν ένα διδακτικό έτος. Ένα κύριο πρόβλημα των ετήσιων σχολικών προγραμμάτων είναι η κόπωση που επέρχεται στα μέλη της ομάδας, γεγονός που οδηγεί στην τελμάτωση και πολλές φορές στην μη ολοκλήρωσή τους.

Σε κάθε περίπτωση, η εξ αρχής χρονική οριοθέτηση με καταληκτική ημερομηνία παράδοσης του έργου είναι επιβεβλημένη. Ο χρονικός προγραμματισμός θα συμβάλει στην οργάνωση των αρχικών συναντήσεων από τον εκπαιδευτικό και στη συνέχεια θα

βοηθήσει τους μαθητές να οργανώσουν την έρευνα και την κατασκευή τους. Τελικά, θα τους εκπαιδεύσει στο να εξελιχθούν σε υπεύθυνους πολίτες του αύριο.

Η έκφραση «ο χρόνος είναι χρήμα», όσο και αν ακούγεται πολύ τεχνοκρατική, εμπεριέχει την ατομική και τη συλλογική ευθύνη της ολοκλήρωσης ενός έργου μέσα σε κάποια χρονικά όρια. Το ίδιο βέβαια ισχύει, επιστρέφοντας στη σχολική πράξη και με τις κάθε είδους εργασίες που αναθέτουμε στους μαθητές στα πλαίσια των σχολικών μαθημάτων.

5.4.2.ΤΑ ΦΥΛΛΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Τα φύλλα δραστηριοτήτων αναφέρονται στο παράρτημα της εργασίας. Εδώ θα επιχειρηθεί μια αναφορά στη λογική της σύνταξής τους καθώς και στη δομή τους.

Θα γραφούν φύλλα εργασίας των μαθητών και αντίστοιχα ίσος αριθμός από εξηγηματικά φύλλα εργασίας για τον εκπαιδευτικό. Επίσης, θα πρέπει να αναφερθούν και κάποιες ιδέες, σε

σχέση με το κεντρικό θέμα για συναντήσεις της ομάδας στο μέλλον.

Η κεντρική ιδέα των φύλλων εργασίας είναι πως σε κάθε συνάντηση οι επιμέρους ομάδες των μαθητών αρχικά, και η ολομέλεια στη συνέχεια καλούνται να λύσουν κάποιο ή κάποια προβλήματα. Τα προβλήματα παρουσιάζονται ως δοκιμασίες, για τις οποίες θα τους δίνεται συγκεκριμένος χρόνος ολοκλήρωσής τους. Επιπλέον, έγινε προσπάθεια το κάθε φύλλο εργασίας και προφανώς οι προτεινόμενες δοκιμασίες να σχετίζονται με κάποιες από τις συνιστώσες του STEM.

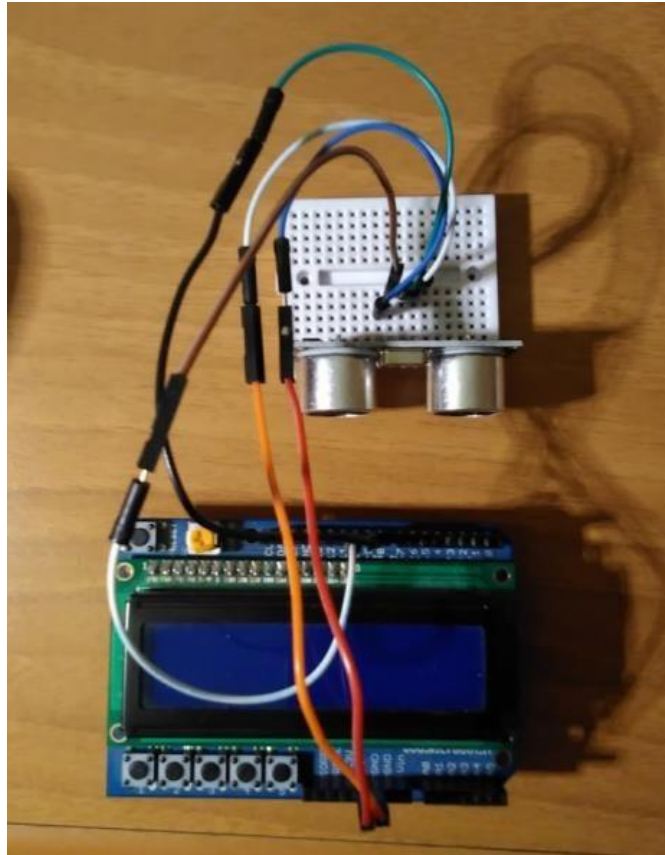
Μπορούν να ασχοληθούν οι μαθητές π. χ. με την Μηχανική και την Τεχνολογία (Engineering and Technology) στη συνάντησή τους με εφαρμογή στα ηλεκτρικά κυκλώματα που αποτελούν σημαντικό τμήμα οποιουδήποτε σύγχρονου τεχνολογικού και μηχανολογικού εξοπλισμού. Σε μια άλλη συνάντηση οι ομάδες να ασχοληθούν με τις προσομοιώσεις που αποτελούν σπουδαία εργαλεία τόσο για την σχολική εκπαίδευση όσο και ως γενικότερα χρησιμοποιούμενη πρακτική. «Τα λογισμικά εκπαιδευτικής προσομοίωσης (educational simulation software) είναι κλασικά γνωστικά εργαλεία των οποίων οι σχεδιαστικές αρχές και η λειτουργία συνάδουν με τις προτάσεις των εποικοδομιστών για τη μάθηση». Με τη βοήθεια του υπολογιστή προσομοιώνεται ένα σύστημα ή ένα φαινόμενο. Η προσομοίωση χρησιμοποιείται για την κατανόηση του φαινομένου μιας και προσφέρει σημαντικό βαθμό διάδρασης του χρήστη με το συγκεκριμένο φαινόμενο ή σύστημα. [137]

Το πανεπιστήμιο του Κολοράντο, πρωτοπόρο στον τομέα των εκπαιδευτικών προσομοιώσεων, μέσω του ιστοτόπου <https://phet.colorado.edu/el/simulation>, είναι αυτό που επιλέχθηκε για τις αρχικές δραστηριότητες των υποομάδων.

Για την συνέχεια θα μπορούσε να υπάρξει μια γνωριμία με μια ιδιοκατασκευή προσομοίωσης της breadboard, ώστε άμεσα να ασχοληθούν οι μαθητές και με το συγκεκριμένο τμήμα του εξοπλισμού της πλακέτας Arduino.

Οι προσομοιώσεις βοηθούν τους μαθητές, μέσω του ελεύθερου λογισμικού Tinkercad {6}, να έρθουν σε μια πρώτη επαφή με την πλακέτα Arduino καθώς και με τον τρόπο προγραμματισμού της.

Οι παραπάνω αρχικές δοκιμασίες κρίνονται απαραίτητες προκειμένου οι μαθητές να κατανοήσουν το γεγονός πως καθημερινά λύνουμε μικρά ή μεγαλύτερα προβλήματα και πως, για την λύση τους επιστρατεύουμε γνώσεις, δεξιότητες, τεχνικές και εργαλεία που προέρχονται από τις συνιστώσες του STEM. Παράλληλα, ήδη κάποιοι μαθητές θα έχουν κατά καιρούς εκφράσει την απορία σχετικά με τις έννοιες του STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), απορίες που θα μπορούσαν να προκύψουν και από μια επιπλέον παράλληλη μικρή ανάθεση εργασίας στους μαθητές. Για κάθε μια από τις συνιστώσες του STEM, θα μπορούσε να έχει ζητηθεί από τις επιμέρους ομάδες, να έχουν αναζητήσει και καταγράψει τον ή τους ορισμούς τους.



Σχήμα 8 : Το Arduino μαζί με τον αισθητήρα απόστασης υπερήχων.

Τα παραπάνω καλείται να συγκεφαλαιώσει ο εκπαιδευτικός μέσα από σχετική συζήτηση στην ολομέλεια των ομάδων και στη συνέχεια να θέσει το κεντρικό πρόβλημα, αυτό της παρουσίας του CO₂ στους κλειστούς χώρους και τον προσδιορισμό της συγκέντρωσής του. Η εμπλοκή των μαθητών με το θέμα γίνεται μέσα από σχετικά δημοσιεύματα τα οποία επιλέχθηκαν για τον σκοπό αυτό και τα οποία υπάρχουν στο παράρτημα στο τέλος της εργασίας. Εδώ παραθέτουμε μόνο τους τίτλους των δημοσιευμάτων: «Κίνδυνος για την υγεία τα αυξημένα επίπεδα διοξειδίου σε κλειστούς χώρους» {7}, «Πώς το διοξείδιο του άνθρακα επηρεάζει τις αποφάσεις μας;» {8}, Ξηρός πάγος:

3 νεκροί στη Ρωσία από την χρήση του, προσοχή όταν τον χρησιμοποιείτε! {9}, «CO₂στις ζυθοποιίες» {10}, «Ο ξηρός πάγος γίνεται το επόμενο καυτό στοίχημα των αγορών» {11}. Οι υποομάδες των μαθητών μελετούν τα δημοσιεύματα και καλούνται να παρουσιάσουν στην ολομέλεια μια περίληψή τους. Αναδεικνύεται έτσι το κεντρικό πρόβλημα, αυτό της παρουσίας του ΔΤΑ στους κλειστούς χώρους ηανίχνευσή του και ο προσδιορισμός της συγκέντρωσής του. Ως τελευταία δραστηριότητα θα μπορούσε να ζητηθεί από τους μαθητές να καταγράψουν ανά ομάδες, σε μια διαδικασία ιδεοθύελλας, δέκα (10)σχετικές με το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), ιδέες, χρήσεις, προτάσεις που τους έρχονται συνειρμικά στο μυαλό.

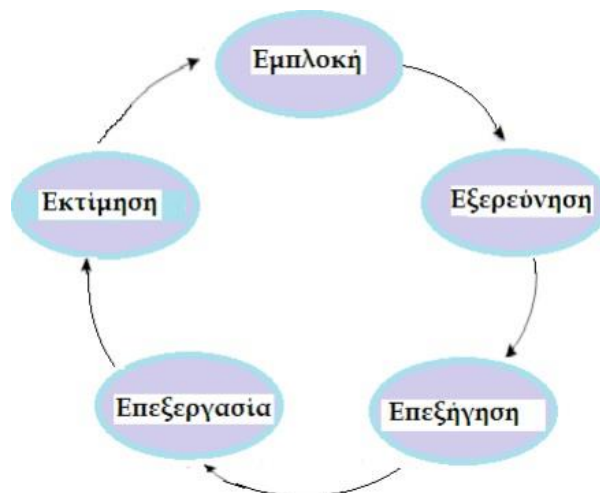
5.4.3. Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ PROJECT

Μετά την παρουσίαση του κεντρικού προβλήματος στους μαθητές στο τέλος της 4ης συνάντησης ο ρόλος του εκπαιδευτικού πρέπει σε κάποια σημεία έντονα βοηθητικός γιατί θα πρέπει να βοηθήσει την ολομέλεια να εστιάσει στην παρουσία του CO₂ σε κλειστούς χώρους (κτίρια, αεροπλάνα, αποθήκες, θερμοκήπια, κ. α.) και στη συνέχεια να αναδείξει τα προβλήματα που αυτό δημιουργεί.

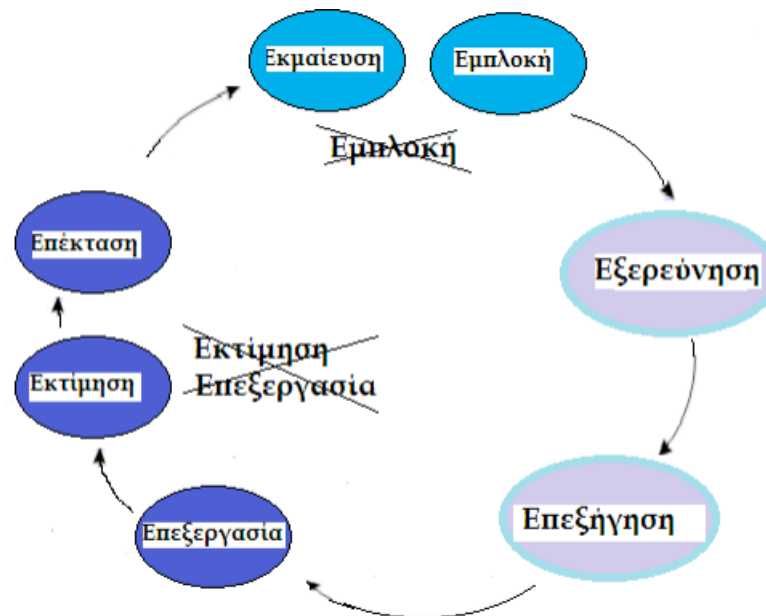
Ενδεικτικά οι μαθητές θα πρέπει να εστιάσουν ή να βοηθηθούν με κατάλληλες ερωτήσεις, απορίες από τον εκπαιδευτικό, στα εξής:

- ✓ Έχουμε κλειστούς χώρους; (Αυτό θα οδηγήσει στην ανάγκη κατασκευής ενός τέτοιου χώρου).
- ✓ Ποιες μπορεί να είναι οι πηγές παραγωγής CO₂ στους κλειστούς χώρους. α) Αναπνοή οργανισμών (άνθρωποι στα κτήρια, μικροοργανισμοί στις ζυθοποιίες ή στις οινοποιίες, φυτά στα θερμοκήπια), β) ξηρός πάγος ως ψυκτικό μέσο κατά την μεταφορά ευαίσθητων υλικών, καύσεις, κλπ.)
- ✓ Θέλουμε να ανιχνεύουμε το CO₂ που παράγεται από τις παραπάνω πηγές; (Θα βοηθήσει και η πειραματική διάταξη εισπνοής-εκπνοής με το ασβεστόνερο).
- ✓ Θέλουμε να προσδιορίζουμε τη συγκέντρωσή του; (συνεπώς θα πρέπει να έχουμε όχι μόνο ανιχνευτή, αλλά και μετρητή CO₂).
- ✓ Μια σκέψη είναι αν η πλακέτα Arduino μπορεί να συνδεθεί με ανιχνευτή CO₂.

Η συνέχεια των συναντήσεων της ομάδας έχει όλα εκείνα τα στάδια της μάθησης μέσω διερεύνησης. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, ο μαθητής ενθαρρύνεται να διερευνήσει μια κατάσταση, ώστε να φτάσει σε χρήσιμα συμπεράσματα, οικοδομώντας με ενεργό τρόπο γνώσεις και αναπτύσσοντας παράλληλα δεξιότητες επιστημονικής διερεύνησης[138], οπ. αναφ. [137] Εκπαιδευτικός και μαθητές θα κληθούν να ακολουθήσουν το κυκλικό σπειροειδές μοντέλο των Ι ή των ΙΙ όπως γραφικά αποδίδονται στα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 9 : Μαθησιακό μοντέλο Ι.



Σχήμα 10 : Μαθησιακό μοντέλο II.

Βρισκόμαστε στην εποχή της πληροφορίας, η οποία είναι εύκολα προσβάσιμη σε όλους. Αναμένουμε οι μαθητές άμεσα να αναζητήσουν

«έτοιμες» λύσεις στο διαδίκτυο. Το γεγονός αυτό είναι αποδεκτό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έναυσμα ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία οι μαθητές να αναζητήσουν τρόπους για να δημιουργήσουν τη δική τους αντίστοιχη διάταξη ανίχνευσης του CO₂.

5.5.Η ΔΙΑΤΑΞΗ

5.5.1.Ο ΜΙΚΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΣ Arduino

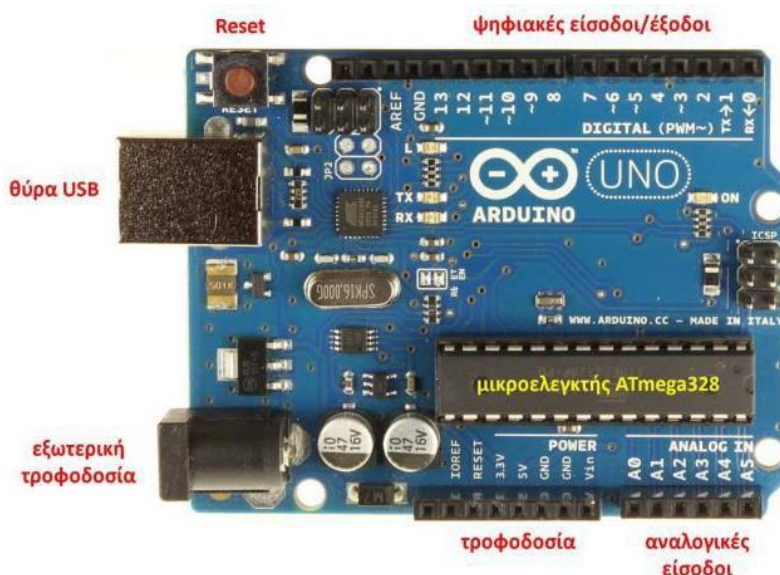
Οι μικροελεγκτές αποτελούν επεξεργαστές που διαθέτουν ενσωματωμένα πολλά υποσυστήματα. Αποτελούν παραλλαγή των μικροεπεξεργαστών και προέκυψαν από την ανάγκη να δημιουργηθούν συστήματα με πολλές λειτουργίες σε κάποιο κύκλωμα. Ένας μικροελεγκτής είναι από μόνος του ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα που περιλαμβάνει μνήμη RAM, ROM και Flash, θύρες εισόδου και εξόδου, μετατροπείς αναλογικού-ψηφιακού σήματος, timers κ. ά. [139]. Ένας μικροελεγκτής είναι και ο μικροεγκέφαλος **Arduino**

Η δημιουργία της πλακέτας Arduino ξεκίνησε ως ανάγκη για ένα φθινό, ισχυρό, ευέλικτο και εύκολο στη χρήση του μικροϋπολογιστικό σύστημα, που γρήγορα απέκτησε φανατικό κοινό χάρη στα χαρακτηριστικά που ενσωματώνει, μερικά από τα οποία είναι:

- ✓ Χαμηλό κόστος.
- ✓ Μεγάλες δυνατότητες επεξεργασίας.
- ✓ Ανοιχτού κώδικα λογισμικό.
- ✓ Πολλές θύρες διασύνδεσης ψηφιακές και αναλογικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως είσοδοι ή ως έξοδοι αντιστοίχων σημάτων.

- ✓ Ανάπτυξη πολλών περιφερειακών (αισθητήρες, οθόνες, άλλες πλακέτες, κ. α.).
- ✓ Δυνατότητες διασύνδεσης με σύγχρονες συσκευές (H/Y, tablets, smartphones, κ. α.).
- ✓ Πολύ μεγάλη, ανοιχτή κοινότητα χρηστών.
- ✓ Ελεύθερο διαδικτυακό υλικό.
- ✓ Μεγάλο ελεύθερο πλήθος βιβλιοθηκών, απαραίτητων για τον προγραμματισμό των αισθητήρων.

Αποτέλεσμα των παραπάνω χαρακτηριστικών είναι η ευρέως διαδεδομένη χρήση του η οποία εκτείνεται παντού και έως τους ειδικούς στη ρομποτική και τον αυτοματισμό, καθώς και σε όσους ασχολούνται με τα ηλεκτρονικά και την πληροφορική. [140]



Σχήμα 11 : Η πλακέτα Arduino Uno R3 **Πηγή:**{12}

Η κοινότητα του συνεχώς αυξάνεται, όπως αντίστοιχα αυξάνονται οι διαφορετικές εκδόσεις της πλατφόρμας είτε από την ίδια την εταιρεία, (η αρχιτεκτονική της είναι ελεύθερη από τους δημιουργούς της, με μόνη την προϋπόθεση να μην χρησιμοποιούν την ονομασία Arduino) είτε από άλλες με ονομασίες όπως Duino, Olinuxino, Pinguino, κ. α. . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το κόστος συνεχώς να μειώνεται και πλέον να αποτελεί μια πολύ προσιτή οικονομικά λύση για την χρήση του σε ποικίλα περιβάλλοντα. Σε αυτά τα περιβάλλοντα όλο και πιο συχνά συναντάται η χρήση του στην εκπαίδευση. Πλέον, καθίσταται ολοένα και πιο σημαντικό να συμπεριληφθεί το Arduino στη διαδικασία εκπαίδευσης στα μαθήματα που διδάσκονται στα σχολεία, προκειμένου να γίνει μια διασύνδεση των ηλεκτρονικών με την πληροφορική καθώς και με άλλους τομείς όπως π. χ. οι ΦΕ. [141]

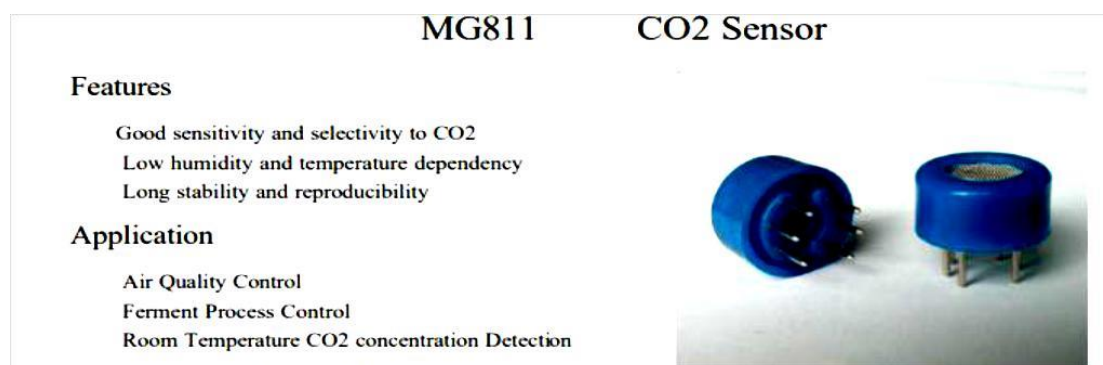
Η υποστήριξη είναι τόσο μεγάλη ώστε αντίστοιχα να έχουν δημιουργηθεί ελεύθερες διαδικτυακές εφαρμογές οι οποίες προσομοιώνουν την λειτουργία του μικροελεγκτή Arduino. Η προσομοίωση {13} είναι μια ελεύθερη στην χρήση η οποία και προτείνεται για την εισαγωγή των μαθητών στην χρήση της πλακέτας Arduino στα Φύλλα Αξιολόγησης.

Η μικρή αυτή αναφορά στην πλακέτα Arduino, δεν οφείλεται στην έλλειψη σχετικής βιβλιογραφικής υποστήριξης, αλλά καταδεικνύει αντίθετα την πληθώρα σχετικών τεκμηρίων, η ανάλυση των οποίων ξεφεύγει από τα όρια της εργασίας.

5.5.2.0 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ(CO2)

Μετά την παρουσίαση του κεντρικού προβλήματος στους, κύριο στοιχείο της προτεινόμενης τελικής κατασκευής είναι ο αισθητήρας CO₂. Όπως είδαμε και στην σχετική ενότητα, η ανάγκη προσδιορισμού της συγκέντρωσής του (σε ppm συνήθως) σε κλειστούς χώρους σχετίζεται με αρκετές καθημερινές δραστηριότητες. Αυτό το καταδεικνύει και η μεγάλη προσφορά έτοιμων φορητών μετρητών CO₂, κύριο χαρακτηριστικό των οποίων είναι το σχετικά υψηλό κόστος.

Οι αισθητήρες CO₂, οι οποίοι συνδέονται με την πλακέτα Arduino κατατάσσονται σε δύο (2) κατηγορίες. Η μία περιλαμβάνει αισθητήρες όχι πολύ υψηλού κόστους (έως 70€ για την ελληνική αγορά), των οποίων η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται σε έναν στερεό ηλεκτρολύτη και την επίδραση της συγκέντρωσης του CO₂ στην αναπτυσσόμενη ΗΕΔ στα ηλεκτρόδιά τους. Χρησιμοποιούνται κυρίως για ποιοτική ανάλυση του αέρα [14]. Ως μειονέκτημα συνήθως αναφέρεται η κατανάλωση ενέργειας μιας και προκειμένου να λειτουργεί χρειάζεται να διατηρείται ο ηλεκτρολύτης σε μια ορισμένη θερμοκρασία. Η θέρμανση του στερεού ηλεκτρολύτη είναι αυτή που του προσδίδει και ένα αρχικό χρόνο έναρξης λειτουργίας ~ 5min



Σχήμα 12 : Ο Αισθητήρας ανίχνευσης του (CO₂) Πηγή : {15}

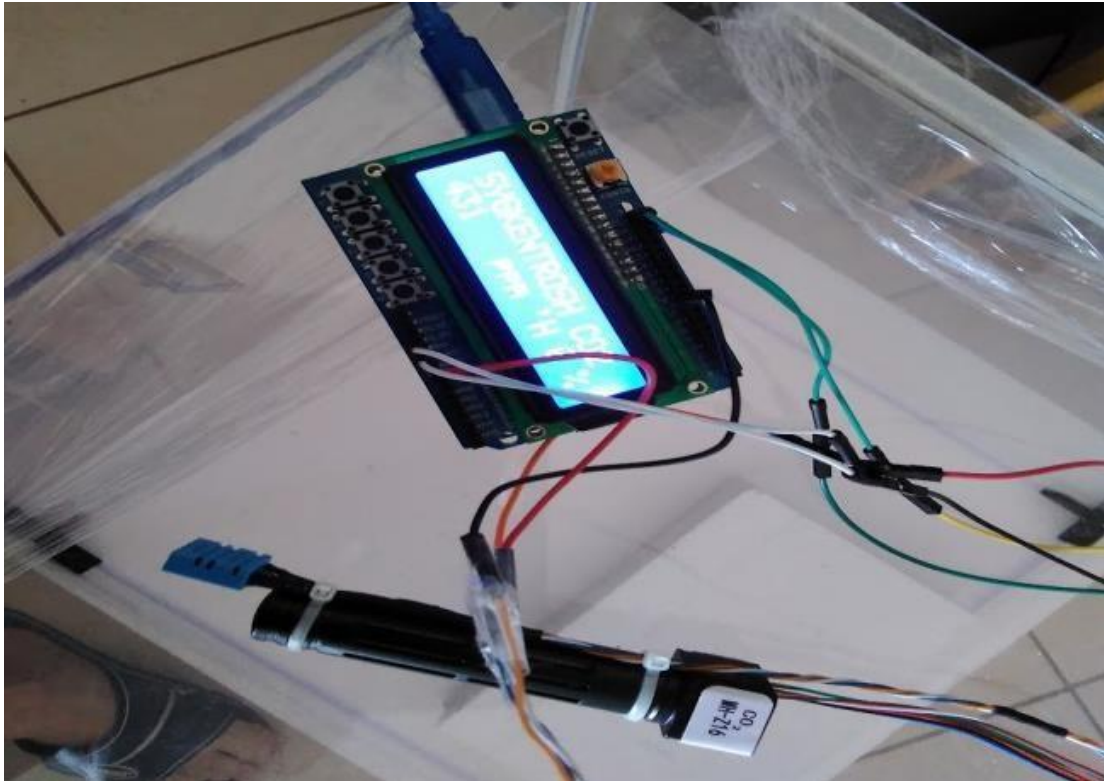
Στην 2η κατηγορία ανήκουν αισθητήρες, οι οποίοι μετράνε εκλεκτικά το CO₂, έχουν καλύτερη ακρίβεια και ευαισθησία και κύριο πλεονέκτημά τους είναι η έλλειψη ανάγκης βαθμονόμησής τους. Οι πολύ καλές τους επιδόσεις είναι αποτέλεσμα της αρχής λειτουργίας τους. Η τελευταία έγκειται στο γεγονός πως ορισμένες ουσίες έχουν μια ή περισσότερες χαρακτηριστικές τιμές απορρόφησης στο φάσμα των IR συχνοτήτων. Έχοντας έναν κλειστό χώρο, μέσα στον οποίο με απλή διάχυση κυκλοφορεί ο προς μέτρηση αέρας, μια πηγή παραγωγής IR και έναν αντίστοιχο ανιχνευτή για συγκεκριμένο μήκος κύματος, προκύπτει ένας καθόλα αξιόπιστος ανιχνευτής. Αφού το φασματικό αποτύπωμα κάθε ένωσης είναι μοναδικό, συνεπάγεται πως τέτοιοι ανιχνευτές δεν θα επηρεάζονται από την παρουσία άλλων αερίων, αλλά ούτε και από μεταβολές υγρασίας ή θερμοκρασίας του αέρα. Βέβαια, τα παραπάνω συνεπάγονται αυξημένο κόστος παραγωγής, άρα και αυξημένη τελική τιμή πώλησης. Αξίζει να σημειωθεί πως όλες οι έτοιμες λύσεις φορητών μη ανιχνευτών CO₂

είναι τεχνολογίας IR.



Σχήμα 13 : Αισθητήρας CO2 – IR

Στη συγκεκριμένη κατασκευή χρησιμοποιήθηκε ο «MH-Z16 NDIR CO2 Sensor with I2C/UART 5V/3.3V Interface», με περιοχή τιμών μέτρησης 0-50.000 ppm. Στα πλεονεκτήματά του συγκαταλέγονται η μειωμένη κατανάλωση ενέργειας, η άμεση ενεργοποίησή του κατά την εκκίνηση ~ 20 sec καθώς η έλλειψη βαθμονόμησης του (αρκεί να μείνει σε καθαρό αέρα για μερικά λεπτά και επανέρχεται σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας)



Σχήμα 14 : Η πλακέτα Arduino, και ο αισθητήρας CO2 μαζί με τους αισθητήρα της θερμοκρασίας και της υγρασίας - **Πηγή :** {15}

5.6.ΤΑ ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Εκτός από την πλακέτα Arduino Uno R3 που χρησιμοποιήθηκε, ο υπόλοιπος ηλεκτρονικός εξοπλισμός περιλαμβάνει μια οθόνη 16×2 και έναν ακόμη αισθητήρα υγρασίας και θερμοκρασίας (DHT11). Η συγκεκριμένη οθόνη διαθέτει κουμπιά και προγραμματίστηκε να δείχνει την συγκέντρωση του CO2 σε ppm και σε ποσοστό %, την θερμοκρασία και την υγρασία γύρω από τον αισθητήρα.



Σχήμα 15 : Τιμές στην οθόνη της ολοκληρωμένης κατασκευής.

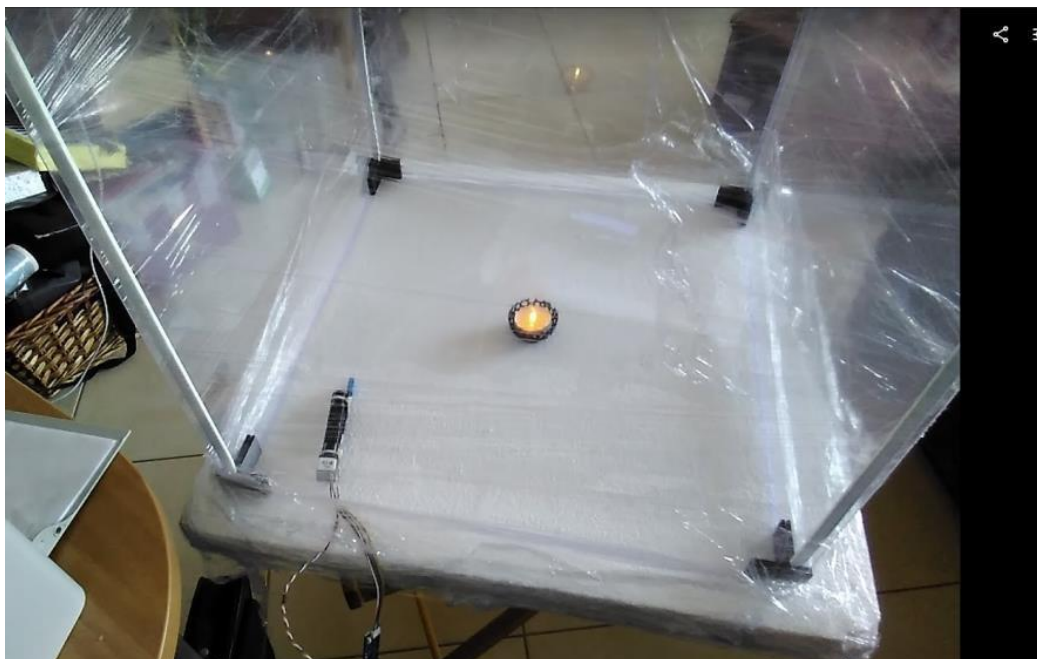
Σε ό, τι αφορά στα υπόλοιπα μέρη της κατασκευής, επιλέχθηκαν έτοιμα κομμάτια πλεξιγκλάς 50×50 cm, πάχους 3mm. Επίσης, για να εξασφαλιστεί η φορητότητα της διάταξης σχεδιάστηκαν και εκτυπώθηκαν σε 3D εκτυπωτή γωνίες που εξασφαλίζουν την σύνδεση των τεσσάρων (4) πλευρικών πλεξιγκλάς. Ένα επιπλέον πέμπτο κομμάτι πλεξιγκλάς χρησιμοποιείται για το κλείσιμο του κύβου στο πάνω μέρος του. Η βάση αποτελείται από ένα κομμάτι διογκωμένης πολυστερίνης (φελιζόλ) 60×60 cm. Η διάταξη των αισθητήρων μπορεί

να τοποθετηθεί πάνω ή κάτω και η τροφοδοσία της πλακέτας μπορεί να γίνει, είτε από μπαταρία, είτε από ένα powerbank.



Σχήμα 16 : Τμήματα πλεξιγκλάς και οι 3D γωνίες για την σύνδεσής τους.

Βέβαια, η φορητότητα αντιβαίνει στην απομόνωση του «κύβου» από το περιβάλλον, γεγονός που επηρεάζει τις μετρήσεις. Ως λύση χρησιμοποιήθηκαν αεροστόπ στις ακμές του κύβου και επιπλέον είναι δυνατόν (όταν το προς μελέτη «πείραμα» είναι έτοιμο) να καλυφθεί εξωτερικά (περιμετρικά) ο κύβος με διαφανή μεμβράνη τροφίμων. Σε αυτή την περίπτωση οι απώλειες περιορίζονται αισθητά.



Σχήμα 17 : Η ολοκληρωμένη κατασκευή με εξωτερικά περιτυλιγμένη από μεμβράνη τροφίμων για μόνωση.

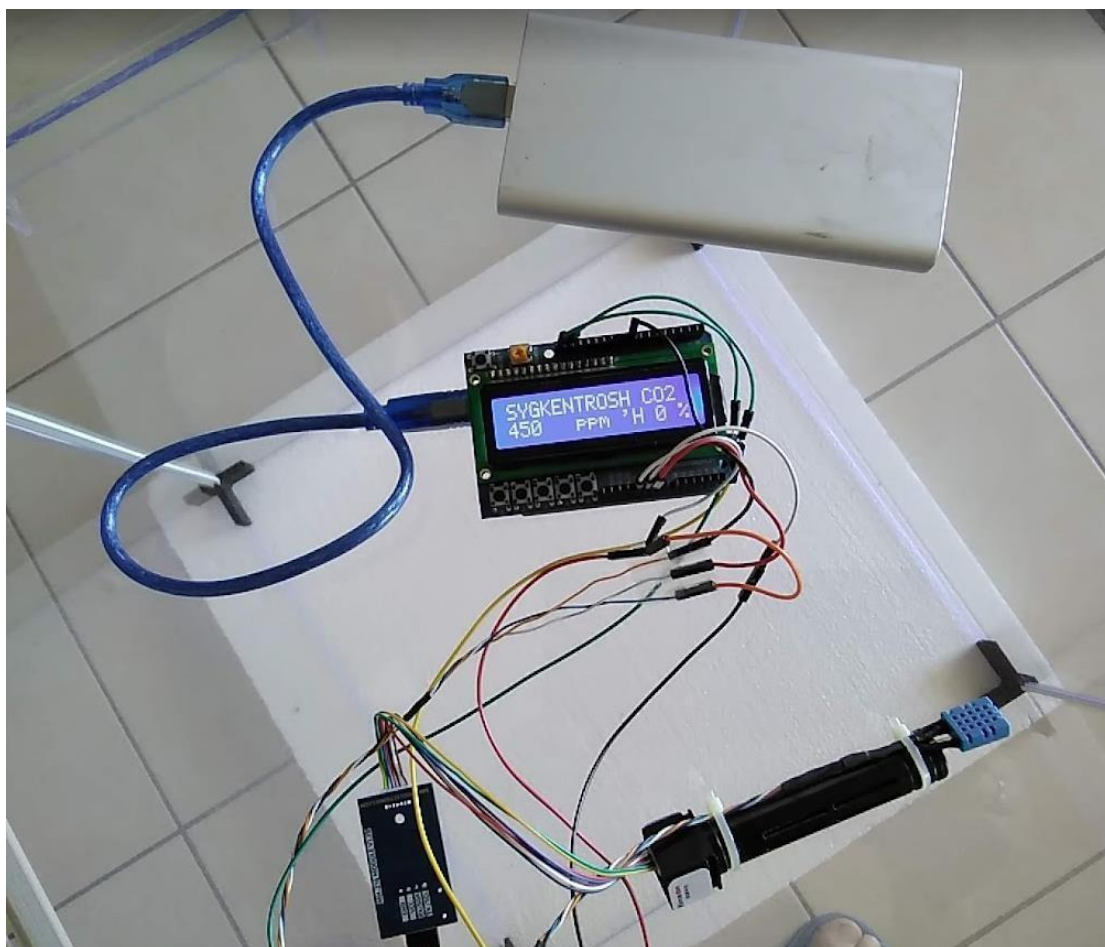


Σχήμα 18 : Ρεσό. Στα εσωτερικά τοιχώματα συμπυκνώνεται υγρασία από την έκλυση υδρατμών κατά την καύση των υδρογονανθράκων.

Ο εσωτερικός όγκος τους κύβου που προκύπτει είναι ~115L (50*50*46 cm³) και μπορεί πολύ εύκολα να περιοριστεί στα 100L υπολογίζοντας και αφαιρώντας τον όγκο της εκάστοτε πειραματικής διάταξης (π. χ. γλάστρα με φυτό) και προσθέτοντας επιπλέον στο εσωτερικό κάποια κομμάτια φελιζόλ ώστε η τιμή να προσεγγίσει τα 100L. Η τιμή των 100L είναι μια τιμή, με βάση την οποία εύκολα οι μαθητές (ειδικά οι μικρότεροι σε ηλικία) θα μπορέσουν να υπολογίσουν την ποσότητα του CO₂, ξέροντας την συγκέντρωση του σε ppm. [Τα 100 L = 100.000 mL, έτσι αν ο αισθητήρας δείξει 400 ppm έχουμε $(400/1000000) * 100000 = 40$ mL CO₂ και αντίστοιχα τα 2547 ppm = 254,7 mL CO₂ σε κάθε 100 L αέρα].

Εκτός από την φορητότητα του κλειστού χώρου – κύβου από πλεξιγκλάς, που δημιουργήθηκε, ανάλογη ιδιότητα έχει και η κατασκευή Arduino- αισθητήρες (σχήμα 14) δίνοντας την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί είτε για τον σκοπό που κατασκευάστηκε, είτε για παρόμοιο σε διάφορα περιβάλλοντα, σχολικά ή μη.

Ολοκληρώνοντας τη συγκεκριμένη ενότητα, ως αναφέρουμε το αυτονόητο, πως δηλαδή κάθε ερευνητική ομάδα του εκπαιδευτικού και μαθητή θα οδηγηθεί, μέσα από τα στάδια της ανακαλυπτικής, διερευνητικής, ομαδοσυνεργατικής μάθησης σε παρόμοια ή και όχι πρόταση επίλυσης του συγκεκριμένου προβλήματος. Αυτό εξάλλου είναι και το κύριο γνώρισμα της PBL μεθόδου.



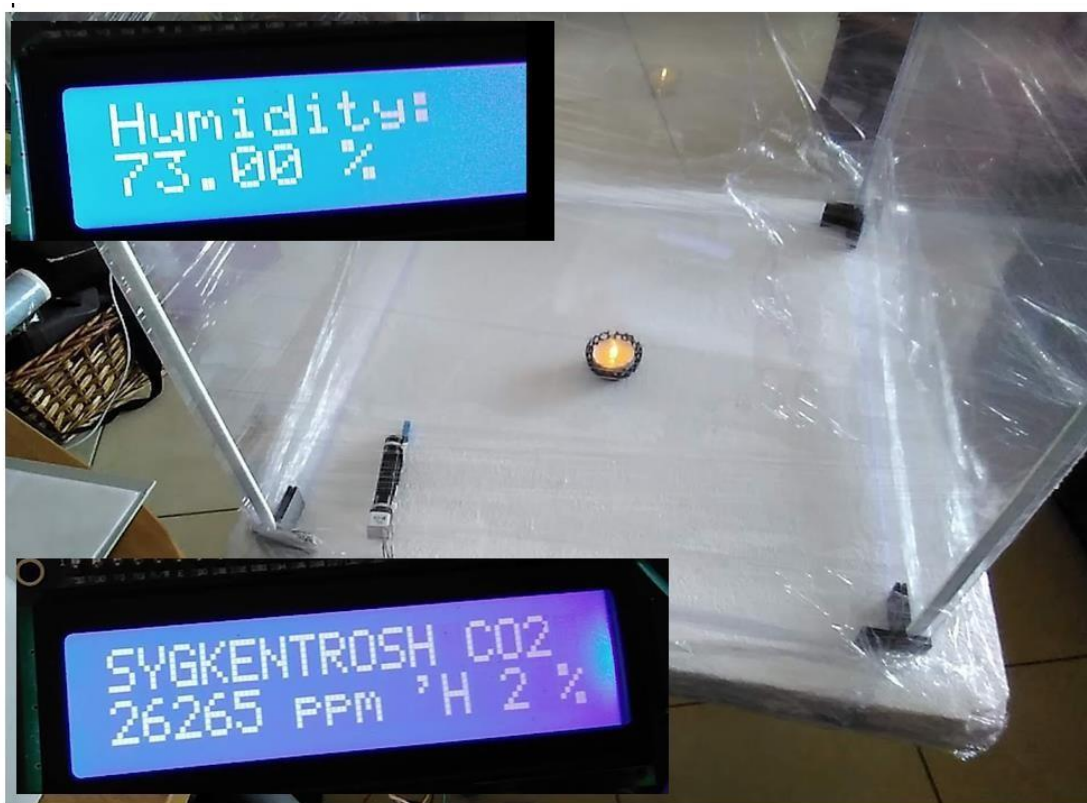
Σχήμα 19 : Η συνδεσμολογία των αισθητήρων με την πλακέτα Arduino

Η χρήση της πλακέτας Arduino σε συνδυασμό με αισθητήρες, είναι ούτως ή άλλως ευρέως διαδεδομένη. Οι προτάσεις που ακολουθούν αφορούν στη χρήση του ανιχνευτή στη σχολική καθημερινότητα, σε μαθήματα Βιολογίας και Χημείας κατά κύριο λόγο, καθώς και σε εξωσχολικά περιβάλλοντα.

Ξεκινούν, από μια απλή αναφορά στην παρουσία CO₂ στον αέρα, στην εκπνοή μας (αν τοποθετηθεί ο ανιχνευτής επάνω στο θρανίο ενός μαθητή όταν μιλάει καταγράφει άμεσα αυξημένες ενδείξεις) ή ακόμα και στην έκλυσή του μετά από χημικές αντιδράσεις.

Συνακόλουθα, η χρήση του σε συνδυασμό με τον κλειστό πειραματικό χώρο που κατασκευάστηκε ανοίγει ένα ευρύ φάσμα αξιοποίησής του. Ενδεικτικά αναφέρουμε:

Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ CO₂ ΑΠΟ ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ (ΚΑΥΣΗ ΡΕΣΟ).



Σχήμα 20 : Τιμές του αισθητήρα κατά την διάρκεια της καύσης της παραφίνης.

5.7.ΆΛΛΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ CO₂

Σε εκτός του πλαισίου, σε σχέση με το αναλυτικό πρόγραμμα των μαθημάτων, χρήση του ανιχνευτή θα μπορούσαμε να αναφέρουμε:

- Η χρήση του στην πόλη όπου μπορούν να καταγραφούν οι τιμές της συγκέντρωσης του CO₂ σε διάφορα σημεία της (κεντρικές λεωφόρους, σημεία με φανάρια και αυξημένη κίνηση, σημεία με λιγότερη κίνηση, καταγραφή σε καθορισμένα σημεία σε ώρες αιχμής ή όχι, δημοτικούς κήπους και πάρκα ή πλατείες κ. α.) είτε στα πλαίσια διδακτικής επίσκεψης είτε στα πλαίσια ενός σχολικού περιπάτου.
- Η χρήση του σε στεγασμένους, κλειστούς ή ανοιχτούς χώρους στάθμευσης αυτοκινήτων (υπόγεια πάρκινγκ κλπ.).
- Η χρήση του σε αίθουσες διαλέξεων, αμφιθέατρα, κ. α. , είτε εντός του σχολικού κτιρίου (π. χ. σε σχολικές εκδηλώσεις), είτε σε

αντίστοιχους χώρους στην πόλη (αίθουσες διαλέξεων, σινεμά, κλειστοί χώροι συνωστισμού ανθρώπων, κλπ.).

- Σε προγράμματα σχολικών δραστηριοτήτων (περιβαλλοντικά, αγωγής υγείας, κ. α.).

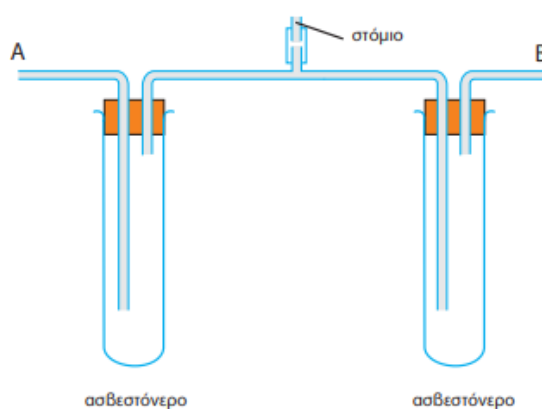
5.8.ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΟΝΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕ ΣΤΕΜΓΙΑ ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ CO₂.

Στις πειραματικές διεργασίες της 2ης συνάντησης της έκλυσης CO₂, θα ήταν χρήσιμο για τους μαθητές να παρουσιαστεί το σβήσιμο ενός αναμμένου ρεσό, όταν τοποθετηθεί στο κέντρο ενός πιάτου που περιέχει γύρω του μαγειρική σόδα, η οποία στη συνέχεια θα βραχεί με ξύδι.

Ομοίως χρήσιμο θα ήταν η δημιουργία CO₂ με την αντίδραση του ξυδιού με τη μαγειρική σόδα σε ένα μεγάλο δοχείο, κατόπιν μοίρασμα του CO₂ σε μικρά ποτήρια και κατόπιν το ρίχνουμε πάνω από αναμμένο ρεσό.

Επίσης θα μπορούσε να γίνει, παραγωγή και ανίχνευσή του CO₂ με διάλυμα βάσης, είτε να γίνει ο αποχρωματισμός του διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) με χρωματισμένο δείκτη φαινολοφθαλεΐνης, καθώς εκπνέουμε με ένα καλαμάκι μέσα σε αυτό ή με την προκαλούμενη θολότητα διαλύματος του υδροξειδίου του ασβεστίου (παρασκευάζεται εύκολα από ασβέστη οικοδομών), πάλι κατά την εκπνοή μέσα σε αυτό, από τον σχηματισμό ανθρακικού ασβεστίου.

Μια πρόταση με ενδιαφέρον θα ήταν η κατασκευή μιας αναπνευστικής συσκευής



Σχήμα 21 : Πειραματική διάταξη σύγκρισης της περιεκτικότητας σε CO₂ του εισπνεόμενου και εκπνεόμενου αέρα. **Πηγή:** {16} Εργαστηριακός οδηγός της Βιολογίας της Α΄ Γυμνασίου στηνεργαστηριακή άσκηση 12 από όπου και το σχήμα 21



Σχήμα 22 : Μια κατασκευή με απλά υλικά.

Η συγκεκριμένη συσκευή προτείνεται να κατασκευαστεί, να συναρμολογηθεί και να δοκιμαστεί η λειτουργία της από κάθε υποομάδα, γιατί ενσωματώνει πολλά στοιχεία STEM και εισάγει τους μαθητές στον κόσμο των κατασκευών δεξιότητα άγνωστη στον εν πολλοίς ψηφιακό τους κόσμο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι εκπαιδευτικοί θεωρούν τη διδασκαλία STEM ένα αποτελεσματικό εργαλείο μάθησης. Οι εκπαιδευτικοί λοιπόν, αντιμετωπίζουν θετικά το STEAM και την ενσωμάτωσή του στην εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς η χρήση νέων τεχνολογικών εργαλείων στη διαδικασία της 59 μάθησης τους προκαλεί ενδιαφέρον. Γενικότερα, οι εκπαιδευτικοί εκφράζουν θετικές απόψεις και στάσεις απέναντι στη διδασκαλία STEM.

Ακόμη οι εκπαιδευτικοί εκτιμούν και αντιμετωπίζουν θετικά την εκπαίδευση STEM. Πιστεύοντας ότι ενισχύει τα μαθησιακά αποτελέσματα και προετοιμάζει τους μαθητές για τις καθημερινές πρακτικές και το μέλλον τους. Αυτό που πρέπει να επισημανθεί είναι η ανάγκη για περισσότερες επιμορφώσεις των εκπαιδευτικών στα ζητήματα του STEM.

Με αυξημένη αυτοπεποίθηση, οι παιδαγωγοί πιθανότατα θα είναι πιο αποτελεσματικοί στην ενσωμάτωση τέτοιων δραστηριοτήτων. Προγενέστερη έρευνα, άλλωστε διευκρινίζει ξεκάθαρα ότι η αυξημένη αυτοπεποίθηση οδηγεί σε καλύτερη απόδοση κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας και αυτό θα οδηγήσει σε κέρδη στη μάθηση των μαθητών. [142]

Με αυτόν τον τρόπο, διακρίνεται πως δημιουργείται μια συνειδητοποίηση για τον εξανθρωπισμό της τεχνολογίας, ειδικά αυτή που έχει να κάνει με τη χρήση και την ανάπτυξη του ψηφιακού σύμπαντος και του οποίου το υψηλό σημείο είναι η τεχνητή νοημοσύνη. Θα ήταν ζήτημα να εισαχθεί η ηθική και η κοινωνική δικαιοσύνη για να αντιμετωπιστεί ο αυτοματισμός και η έλλειψη αντιβάρων στην ασταμάτητη τεχνολογική ανάπτυξη που θέτει υπό αμφισβήτηση το παραδοσιακό μοντέλο 64 δημοκρατίας. Αυτό είναι αυτό που ονομάζεται

«Τεχνολογικός Ανθρωπισμός», που ήδη ισχυρίζεται ο Laurel το 1998 σε αντίθεση με μια απανθρωποποιημένη τεχνολογία. [143]

Σε εκπαιδευτικό επίπεδο, η ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών που βασίζονται στο STEM και προάγουν τη δημοκρατία, την κριτική σκέψη και την ολοκληρωμένη ανάπτυξη των ανθρώπων είναι μια εναλλακτική λύση για τις ανάγκες και τις απαιτήσεις της σημερινής και μελλοντικής κοινωνίας μας.

Παρά τη συναίνεση που φαίνεται να υπάρχει για την ευκολία και τα πλεονεκτήματα της ενσωμάτωσης του A στο STEM, δεν μπορεί να αγνοηθεί η πιθανότητα να αναδειχθεί ως μια άλλη «εκπαιδευτική μόδα» ή να μην ληφθούν υπόψη οι δυσκολίες που αυτό συνεπάγεται. Οι προκλήσεις για την εφαρμογή του STEM στα διαφορετικά εκπαιδευτικά στάδια είναι πολλές. Κάποιοι έχουν να κάνουν με τον σχεδιασμό εκπαιδευτικών προγραμμάτων με διαφορετική βαρύτητα στα προγράμματα σπουδών μεταξύ των Θετικών Επιστημών και Ανθρωπιστικών Επιστημών, καθώς και με τον σχεδιασμό συγκεκριμένων δραστηριοτήτων από το νηπιαγωγείο ή το δημοτικό μέχρι τα πανεπιστημιακά πτυχία με αυτό το προφίλ.

Αυτό οδηγεί αρχικά στην ακόμα μεγαλύτερη ανάγκη για κατάρτιση των εκπαιδευτικών στο STEM, τόσο στην αρχική όσο και στη δια βίου εκπαίδευσή τους, κάτι που δεν είναι εύκολο λαμβάνοντας υπόψη τη διαφορετική φύση των εμπλεκόμενων κλάδων. Αναμφίβολα, απαιτείται και ένας βαθύς μετασχηματισμός των προγραμμάτων εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών για την ενσωμάτωση των Θετικών Επιστημών, των Τεχνών και των Ανθρωπιστικών Επιστημών γενικότερα.

Υπάρχουν ήδη επιτυχημένες εμπειρίες ενσωμάτωσης STEM, όπως στην περίπτωση της Νότιας Κορέας [144], που θα μπορούσαν να ανοίξουν το δρόμο και για άλλες χώρες που ήδη προωθούν διάφορους τύπους πτυχίων STEM, όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες [145] ή Αυστραλία.

[146] Από τη διεθνή τάση καταλήγει κανείς στο συμπέρασμα ότι η διδασκαλία του STEM δεν είναι μια παροδική μόδα, αλλά, μάλλον, ένας αναδυόμενος τομέας τόσο στο εκπαιδευτικό όσο και στο ερευνητικό επίπεδο που πρόκειται να παραμείνει. Ωστόσο, πρέπει να αντιμετωπίζεται ρεαλιστικά σχετικά με το πραγματικό εύρος του STEM προς το παρόν, δεδομένων των αδυναμιών του όσον αφορά τον ίδιο τον ορισμό, τη σπανιότητα των αντίθετων εμπειριών και τη μεταβλητότητα στον βαθμό ολοκλήρωσης. [147]

ΚΩΔΙΚΕΣ

Arduino

Κώδικας προγραμματισμού της πλακέτας Arduino με την οθόνη και τους αισθητήρες CO₂, της θερμοκρασίας και της υγρασίας.

```
//Sample using LiquidCrystal
library#include <LiquidCrystal.
h> #include <Wire. h>
#include <NDIR_I2C.
h>#include "DHT. h"
#define DHTPIN 8
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11DHT
dht(DHTPIN, DHTTYPE);
NDIR_I2C mySensor(0x4D);
int temp_adc_val;
float temp_val;
// select the pins used on the LCD
panelLiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3,
2);
int lcd_key = 0;
int adc_key_in =
0; #define
btnRIGHT 0
#define btnUP 1
#define btnDOWN 2
#define btnLEFT 3
#define btnSELECT 4
#define btnNONE 5
// read the buttons
int read_LCD_buttons()
{
adc_key_in = analogRead(0); // read the value from the sensor
// my buttons when read are centered at these valies: 0, 144, 329, 504, 741
// we add approx 50 to those values and check to see if we are close
if (adc_key_in > 1000) return btnNONE; // We make this the 1st option for
speed reasons since it will be the most likely result
// For V1. 1 us this threshold
if (adc_key_in < 50) return btnRIGHT;
if (adc_key_in < 250) return btnUP;
if (adc_key_in < 450) return btnDOWN; if
(adc_key_in < 650) return btnLEFT
if (adc_key_in < 850) return btnSELECT;
return btnNONE; // when all others fail, return this. . .
}
void setup()
{
dht. begin();
Serial.
begin(9600);
lcd. begin(16, 2); // start the
libraryif (mySensor. begin()) {
Serial. println("Wait 10 seconds for sensor initialization.
. . "); delay(10000);
} else {
Serial. println("ERROR: Failed to connect to the sensor.
"); while(1);
}
}
void loop()
{
float h = dht.
```

```

readHumidity(); float t =
dht. readTemperature();
float f = dht.
readTemperature(true); if
(isnan(h) || isnan(t) || isnan(f))
{
Serial. println(F("Failed to read from DHT
sensor!")); return;
}
float hif = dht. computeHeatIndex(f, h);
float hic = dht. computeHeatIndex(t, h,
false); if (mySensor. measure()) {
Serial. print("CO2 Concentration is
"); Serial. print(mySensor. ppm);
Serial. println("ppm");
} else {
Serial. println("Sensor communication error. ");
}
}
lcd. clear();
lcd.
setCursor(0,
2);

lcd. print(mySensor. ppm); lcd.
setCursor(13, 2); lcd.
print(mySensor. ppm/10000); lcd.
setCursor(6, 2); lcd.
print("ppm");

lcd. setCursor(10,
2); lcd. print("'H");
lcd. setCursor(15,
2); lcd. print("%");
lcd. setCursor(0, 0);
lcd. print("SYGKENTROSH CO2");
lcd. setCursor(0, 2);
lcd_key = read_LCD_buttons(); // read the buttons
switch (lcd_key)
{
case btnRIGHT:
{
lcd. clear(); lcd.
setCursor(0, 0); lcd.
print(F("Temperature: "));
lcd. setCursor(0, 2); lcd.
print(t); lcd. setCursor(6,
2); lcd. print("C");
break;
}
case btnLEFT:
{
lcd. clear(); lcd.
setCursor(0, 0);
lcd.
print("kotsalos");
lcd. setCursor(0,
2); lcd.
print("Nikos");
break;
}
case btnUP:
{

lcd. clear(); lcd.
setCursor(0, 0); lcd.
print(F("Humidity: "));

```

```

lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print(h); lcd.
setCursor(6, 2); lcd.
print("%");
break;
}

case btnDOWN:
{
lcd.clear(); lcd.
setCursor(0, 0); lcd.
print(F("Heat index: "));
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print(hic); lcd.
setCursor(6, 2); lcd.
print("C");
break;
}
case btnSELECT:
{
lcd.clear(); lcd.
setCursor(0, 0);
lcd.
print("Paraskevas");
lcd.setCursor(0,
2); lcd.
print("Michalis");
break;
}
case btnNONE:
{
break;
}
}
delay(1000);
}

```

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ STEM- ΜΕ ARDUINO

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ CO₂

Εκπρόσωπος ομάδας στην ολομέλεια:	

*Μαγειρική
σόδα* Vs *Baking
Powder* Vs *Ξηρή
μαγιά*

Δοκιμασία 1η:

Συμπληρώστε, μετά από μεταξύ σας συζήτηση, τον παρακάτω πίνακα:

	Μαγειρική σόδα	Baking Powder	Ξηρή μαγιά
Χρήσεις που γνωρίζετε:			
Γνώσεις ή υποθέσεις για το πως “λειτουργούν”:			

Δοκιμασία 2η: “Ας <<φουσκώσουμε>> μπαλόνια;”

Ανάλογα με τις οδηγίες του καθοδηγητή - εκπαιδευτικού, πραγματοποιήστε μια ή περισσότερες από τις παρακάτω δοκιμές.

Α. Δοκιμή με νερό	Μαγειρική σόδα	Baking Powder	Ξηρή μαγιά
+20 mL εμφιαλωμένο νερό.	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας
<ul style="list-style-type: none">• Προσοχή: Πρέπει να κλείσετε, δέσετε όσο πιο γρήγορα μπορείτε το στόμιο του κάθε μπαλονιού μετά την προσθήκη του νερού.• Πάρτε τρία μπαλόνια διαφορετικού χρώματος, ώστε να ξέρετε τι βάλσατε στο καθένα, προσθέστε μια κουταλιά σούπας από ένα από τα παραπάνω υλικά σε καθένα μπαλόνι και στη συνέχεια ρίξτε από 20 mL εμφιαλωμένο νερό.			

Β. Δοκιμή με νερό και ξύδι	Μαγειρική σόδα	Baking Powder	Ξηρή μαγιά
+20 mL ξύδι	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας
<ul style="list-style-type: none"> • Προσοχή: Πρέπει να κλείσετε, δέσετε όσο πιο γρήγορα μπορείτε το στόμιο του κάθε μπαλονιού μετά την προσθήκη του διαλύματος. • Πάρτε τρία μπαλόνια διαφορετικού χρώματος, ώστε να ξέρετε τι βάλατε στο καθένα, προσθέστε μια κουταλιά σούπας από ένα από τα παραπάνω υλικά σε καθένα μπαλόνι και στη συνέχεια ρίξτε από 20 mL ξύδι. 			

Γ. Δοκιμή με νερό και ζάχαρη.	Μαγειρική σόδα	Baking Powder	Ξηρή μαγιά
+ένα κουταλάκι γλυκού ζάχαρη, +20 mL εμφιαλωμένο νερό.	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας
<ul style="list-style-type: none"> • Προσοχή: Πρέπει να κλείσετε, δέσετε όσο πιο γρήγορα μπορείτε το στόμιο του κάθε μπαλονιού μετά την προσθήκη του διαλύματος. • Πάρτε τρία μπαλόνια διαφορετικού χρώματος, ώστε να ξέρετε τι βάλατε στο καθένα, προσθέστε μια κουταλιά σούπας από ένα από τα παραπάνω υλικά σε καθένα μπαλόνι, στη συνέχεια ρίξτε από ένα κουταλάκι γλυκού ζάχαρη και τέλος 20 mL εμφιαλωμένο νερό. 			

Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας τόσο στο αμέσως επόμενο χρονικό διάστημα μετά το κλείσιμο του μπαλονιού, όσο και σε διάρκεια τουλάχιστον 30min.

Παρατηρώ: Βλέπω με προσοχή (κάτι) εξετάζοντας το ή καταγράφοντας στοιχεία για αυτό.

Βλέπω: αντιλαμβάνομαι κάποιον ή κάτι μέσω της όρασης.

(Λεξικό Γ. Μπαμπινιώτη, σελ.442 και σελ. 1572, Ε' έκδοση, κέντρο Λεξικολογίας Ι.Κ.Ε., Αθήνα 2019.)



Δοκιμασία 2η:

Αφού συζητήσετε ως ομάδα συμπληρώστε τον πίνακα:

"Πρόβλημα" στην καθημερινή ζωή.	Λύση ή λύσεις που επιλεχθηκαν τελικά για την διευθέτησή του.	Γνώσεις, δεξιότητες, εργαλεία και άτομα που "συνυπήρξαν" για την λύση του.

Δοκιμασία 3η:

Περίληπτική παρουσίαση άρθρου: Καταγράψτε τα κύρια σημεία ώστε να τα αναφέρετε κατά την παρουσίασή του στην ολομέλεια.

-
-
-

Μια πρόταση STEM δραστηριοτήτων

Μάντζος Χρήστος

τα παραπάνω, που δεν είναι άλλη από την παρουσία του CO₂ σε κλειστούς χώρους.

❖ Οι υποομάδες των μαθητών καλούνται να συμπληρώσουν τον παρακάτω πίνακα. Μετά από συζήτηση επιλέγουν δύο (2) προβλήματα από την καθημερινή ζωή, γράφουν τη λύση τους, καθώς και τις γνώσεις, τις δεξιότητες ή και τα εργαλεία που απαιτούνται για τη λύση τους.

❖ Κεντρικό πρόσωπο ο εκπαιδευτικός: ο εκπαιδευτικός συνοψίζει τις έως τώρα συναντήσεις, εστιάζοντας σε δύο άξονες.

1^{ος} άξονας: σε κάθε συνάντηση οι δοκιμασίες αποτελούσαν και ένα πραγματικό ή υποθετικό πρόβλημα.

2^{ος} άξονας: για κάθε πρόβλημα απαιτούνται γνώσεις, δεξιότητες, εργαλεία, που σχετίζονται με τα επιμέρους στοιχεία του STEM. Ειδικότερα για το STEM μπορεί να παρουσιάσει τους ορισμούς ή και να δείξει ένα σχετικό video.

Συμπερασματικά: Προβλήματα υπήρχαν, υπάρχουν και θα υπάρχουν. Η λύση τους απαιτεί σύνθεση γνώσεων και συνεργασία. Η λύση τους ή η διαχείρισή τους εμπεριέχει και τη χαρά της δημιουργίας.

❖ Υποομάδες μαθητών: σε κάθε υποομάδα μοιράζεται από ένα άρθρο σχετικό με το προς επίλυση πρόβλημα και ως εργασία τους ανατίθεται: πρώτον, αφού διαβάσουν το άρθρο να ετοιμάσουν μια περιληπτική παρουσίασή του.

❖ Η κάθε υποομάδα παρουσιάζει μόνο την περίληψη του άρθρου της.

❖ Ο εκπαιδευτικός ζητά να βρουν οι μαθητές την κεντρική ιδέα που συνδέει όλα

ΟΔΗΓΙΕΣ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ

2η συνάντηση: 2η συνάντηση: **Science & Technology** Επιστήμη και Τεχνολογία

2η συνάντηση: Science & Technology Επιστήμη και Τεχνολογία

Εκπρόσωποι ομάδας στην ολομέλεια:			

Μαγειρική σόδα

Vs

Baking Powder

Vs

Ξηρή μαγιά



Δοκιμασία 1η:
Συμπληρώστε, μετά από μεταξύ σας συζήτηση, τον παρακάτω πίνακα:

	Μαγειρική σόδα	Baking Powder	Ξηρή μαγιά
Χρήσεις που γνωρίζετε:			
Γνώσεις ή υποθέσεις για το πως "λειτουργούν":			

Δοκιμασία 2η: "Ας «φουσκώσουμε» μπαλόνια!"
Ανάλογα με τις οδηγίες του καθοδηγητή - εκπαιδευτικού, πραγματοποιήστε μια ή περισσότερες από τις παρακάτω δοκιμές.

A. Δοκιμή με νερό	Μαγειρική σόδα	Baking Powder	Ξηρή μαγιά
-20 mL εμφιαλωμένο νερό.	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας

- Προσοχή: Πρέπει να κλείσετε, δίνετε όσο πιο γρήγορα μπορείτε το στόμιο του κάθε μπαλονιού μετά την προσθήκη του νερού.
- Πάρτε τρία μπαλόνια διαφορετικού χρώματος, ώστε να έχετε π βάλανε στο κιάβανα, προσθέστε μια κουταλιά σούπας από ένα από τα παραπάνω υλικά σε καθένα μπαλόνι και στη συνέχεια ρίξτε από 20 mL εμφιαλωμένο νερό.

❖ Διάρκεια 1ης δοκιμασίας 10min + 10 min στην ολομέλεια.


❖ Αφόρμηση για την δοκιμασία θα μπορούσαν να αποτελέσουν και οι παραπάνω παλιές διαφημίσεις (υπ! εικόνας: αριστερά, δεξιά).

❖ Προτείνεται να υπάρχουν οι συσκευασίες με τα ίδια τα υλικά μας και θα αποτελέσουν αφορμή να θυμηθούν συνειρμικά τις χρήσεις τους.

❖ Στην συζήτηση στην ολομέλεια θα μπορούσε να τεθεί και το ερώτημα για το πότε φουσκώνει μια ζύμη ή το ψωμί (πριν το ψήσιμο) και πότε το κέικ (κατά το ψήσιμο).

❖ Πριν ανατεθούν ανά ομάδες οι δοκιμές της "2ης Δοκιμασίας" θα ήταν καλό να γίνει μια συζήτηση για την διαφορά του **βλέπω** σε αντιδιαστολή με το **παρατηρώ** (έχουν δοθεί οι ορισμοί στο τέλος της 2ης σελίδας).

➢ Όλοι έβλεπαν την κίνηση των πολυελαίων, ο Γαλιλαίος όμως παρατήρησε την σταθερή περίοδό τους! (το QR code που υπάρχει στο φύλλο εργασίας των μαθητών, παραπέμπει στην εικόνα δεξιά).



2η συνάντηση: 2η συνάντηση: Science & Technology Επιστήμη και Τεχνολογία

2η συνάντηση Science & Technology Επιστήμη και Τεχνολογία

Β. Δοκιμή με νερό και ζύδι	Μαγειρική σόδα	Baking Powder	Ξηρή μαγιά
-20 mL ζύδι	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας
<ul style="list-style-type: none"> • Προσοχή: Πρέπει να κλείσετε, δάσκει όσο πιο γρήγορα μπορείτε το στόμιο του κάθε μπαλονιού μετά την προσθήκη του διαλύματος. • Πάρτε τρία μπαλόνια διαφορετικού χρώματος, ώστε να ξέρετε τι βάλσατε στο καθένα, προσθέστε μια κουταλιά σούπας από ένα από τα παραπάνω υλικά σε καθένα μπαλόνι και στη συνέχεια ρίξτε από 20 mL ζύδι. 			

Γ. Δοκιμή με νερό και ζάχαρη.	Μαγειρική σόδα	Baking Powder	Ξηρή μαγιά
-Ένα κουταλάκι γλυκού ζάχαρη, -20 mL εμφιαλωμένο νερό.	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας	μπαλόνι με μια κουταλιά σούπας
<ul style="list-style-type: none"> • Προσοχή: Πρέπει να κλείσετε, δάσκει όσο πιο γρήγορα μπορείτε το στόμιο του κάθε μπαλονιού μετά την προσθήκη του διαλύματος. • Πάρτε τρία μπαλόνια διαφορετικού χρώματος, ώστε να ξέρετε τι βάλσατε στο καθένα, προσθέστε μια κουταλιά σούπας από ένα από τα παραπάνω υλικά σε καθένα μπαλόνι, στη συνέχεια ρίξτε από ένα κουταλάκι γλυκού ζάχαρη και τέλος 20 mL εμφιαλωμένο νερό. 			

Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας τόσο στο άμεσο επόμενο χρονικό διάστημα μετά το κλείσιμο του μπαλονιού, όσο και σε διάστημα τουλάχιστον 30min.

Παρατηρή: Βλέπω με προσοχή (κάτι) εξετάζοντας το ή καταγράφοντας στοιχεία για αυτό.

Βλέπω: αντιλαμβάνομαι κάποιον ή κάτι μέσω της όρασης (Μίση Γ. Μπαμπούρας, σελ.442 και σελ. 1572, Ε' έκδοση κέντρο Αιθολογίας Ι.Κ.Ε. Αθήνα 2019.)



➤ Η επισήμανση αφορά στο ότι π.χ. η αντίδραση της μαγ. σόδας με το ζύδι είναι ενδόθερμη αντίδραση, γεγονός άμεσα αντιληπτό με την επαφή του μπαλονιού με το χέρι! ή αντίστοιχα η ζύμωση εξώθερμη διεργασία και διεξάγεται με μικρή ταχύτητα σε σχέση με την άμεση αντίδραση σόδας και ζύδι, καθώς και σε άλλες παρατηρήσεις.

❖ Ανάλογα με τον χρόνο, την δυναμική των ομάδων και τον αριθμό τους, είτε όλες οι ομάδες πραγματοποιούν και τις τρεις (3) δοκιμές, είτε τις μοιράζουμε.

❖ Επίσης, επειδή η Γ δοκιμασία είναι αυτή που θα δείξει το πως “λειτουργεί” η μαγιά, θα πρέπει, αν πραγματοποιηθεί μαζί με κάποια από τις άλλες δοκιμές, να προηγηθεί χρονικά.

❖ Επειδή κατά την προσθήκη του ζυδιού η αντίδραση είναι άμεση, προτείνεται η χρήση μιας πλαστικής σύριγγας των 20mL, ώστε να προστεθεί άμεσα όλη η ποσότητα και σχετικά εύκολα να κλείσει το μπαλόνι.

❖ Επίσης μια ιδέα για κλείσιμο των μπαλονιών είναι η χρήση βοηθημάτων κουζίνας για το κλείσιμο σε σακούλες τροφίμων.

❖ Οι φωτογραφίες από την εκτέλεση του πειράματος υπάρχουν στο παράρτημα.



BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Psycharis, S. (2018). STEAM in education: A literature review on the role of computational thinking, engineering epistemology and computational science. computationalsteam pedagogy (CSP). *Scientific Culture*, 4(2), 51-72.
- [2] Gonzalez, H. B. , & Kuenzi, J. J. (2012, August). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer. Washington, DC: Congressional Research Service, Library of Congress.
- [3] Colucci-Gray, L. , & Burnard, P. (2019). *Why Science and Art Creativities Matter: STEAM(re-) Configurings for Future-making Education*. Brill.
- [4] Pitt, J. (2009). Blurring the Boundaries--STEM Education and Education for Sustainable Development. *Design and Technology Education*, 14(1), 37-48.
- [5] Deeken, C. , Neumann, I. , & Heinze, A. (2020). Mathematical prerequisites for STEM programs: what do university instructors expect from new STEM undergraduates?. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 6(1), 23-41.
- [6] Mangen, A. (2010). Point and click: Theoretical and phenomenological reflections on the digitization of early childhood education. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 11(4), 415-431.
- [7] Dewey, J. (1934). Having an experience. *Art as experience*, 36-59.
- [8] Westbrook, R. A. , & Oliver, R. L. (1991). The dimensionality of consumption emotion patterns and consumer satisfaction. *Journal of consumer research*, 18(1), 84-91.
- [9] Liu, C. H. , & Matthews, R. (2005). Vygotsky's Philosophy: Constructivism and Its Criticisms Examined. *International education journal*, 6(3), 386-399.
- [10] Ball, L. (1990). What role: Artist or teacher?. *Art Education*, 43(1), 54-59.
- [11] Seymore, M. L. (2009). *In defense of the value of visual arts in public education: An examination of scholarly arguments for functionary pedagogy and intrinsic fulfillment*. The University of Texas at El Paso.
- [12] Singer, D. G. , & Revenson, T. A. (1997). *A Piaget primer: How a child thinks*. International Universities Press, Inc. , 59 Boston Post Road, Madison, CT 06443-1524.
- [13] Bybee, R. W. (2014). NGSS and the next generation of science teachers. *Journal of science teacher education*, 25(2), 211-221.
- [14] Goh, H. , & Ali, M. B. (2014). Robotics as a tool to stem learning. *International Journal for Innovation Education and Research*, 2(10), 66-78.
- [15] Solomon, P. G. (Ed.). (2009). *The curriculum bridge: From standards to actual classroom practice*. Corwin Press.
- [16] Drake, S. M. , & Burns, R. C. (2004). *Meeting standards through integrated curriculum*. ASCD.
- [17] Barrows, H. S. , & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-based learning: An approach to medical education* (Vol. 1). Springer Publishing Company.

- [18] Peters-Burton, E. E. , Moore, T. J. , & Johnson, C. C. (Eds.). (2016). *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education*. Routledge.
- [19] Jarrar, H. (2020). *Impact of Implementing STEM PBL Approach on Elementary Students' Science Academic Achievement in Sharjah* (Doctoral dissertation, The British University in Dubai (BUiD)).
- [20] Krajcik, J. , & Delen, I. (2017). Engaging learners in STEM education. *Eesti Haridusteaduste Ajakiri. Estonian Journal of Education*, 5(1), 35-58.
- [21] Krajcik, J. , & Delen, I. (2017). How to support learners in developing usable and lasting knowledge of STEM. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(1), 21-28.
- [22] Yeter, I. , Radloff, J. , & Diordieva, C. (2022, August). Exploring the presence of engineering indices in the Singaporean high school physics standards: A content analysis (work-in-progress). In *2022 ASEE Annual Conference & Exposition*.
- [23] Tekkumru-Kisa, M. , Schunn, C. , Stein, M. K. , Tekkumru-Kisa, M. , Schunn, C. , & Stein, M. K. Identifying cognitively demanding science tasks to provide opportunities for students to engage in three-dimensional learning. *The Science Teacher*.
- [24] Moye, J. J. , Jones, V. R. , & Dugger Jr, W. E. (2015). Status of Technology and Education Engineering in the United States: A Fifth Report of the Findings from the States (2014-15). *Technology and Engineering Teacher*, 74(7), 30-36.
- [25] National Research Council, Singer, S. R. , Nielsen, N. R. , & Schweingruber, H. A. (2012). *Discipline-based education research: Understanding and improving learning in undergraduate science and engineering* (pp. 6-11). Washington, DC: National Academies Press.
- [26] Marulcu, I. , & Barnett, M. (2016). Impact of an engineering design-based curriculum compared to an inquiry-based curriculum on fifth graders' content learning of simple machines. *Research in Science & Technological Education*, 34(1), 85-104.
- [27] Gess, A. H. (2017). Steam education: Separating fact from fiction. *Technology and Engineering teacher*, 77(3), 39-41.
- [28] Xenakis, A. , Xenakis, C. , Psycharis, S. , & Kalovrektis, K. (2020, April). Calculation of the Hubble Universe Expansion Constant by Analyzing Observational Data: An Exploratory Teaching Proposal based on STEM Epistemology. In *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 170-177). IEEE.
- [29] Perales, F. J. , & Aróstegui, J. L. (2021). The STEAM approach: Implementation and educational, social and economic consequences. *Arts Education Policy Review*, 1-9.
- [30] Land, M. H. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM. *Procedia Computer Science*, 20, 547-552.
- [31] Madden, M. E. , Baxter, M. , Beauchamp, H. , Bouchard, K. , Habermas, D. , Huff, M. , . . . & Plague, G. (2013). Rethinking STEM education: An interdisciplinary STEAM
- [32] curriculum. *Procedia Computer Science*, 20, 541-546.
- [33] Hughes, R. , & Molyneaux, K. (2014). Unpacking secondary school students' identity negotiations regarding science and engineering: A case study in the United States.

International Journal of Gender, Science and Technology, 6(3), 291-309.

- [34] Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19.
- [35] Aguilera, D. , & Perales-Palacios, F. J. (2020). What effects do didactic interventions have on students' attitudes towards science? A meta-analysis. *Research in Science Education*, 50(2), 573-597.
- [36] Edmunds, J. , Arshavsky, N. , Glennie, E. , Charles, K. , & Rice, O. (2017). The relationship between project-based learning and rigor in STEM-focused high schools. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 11(1), 3.
- [37] Capraro, R. M. , & Slough, S. W. (2013). Why PBL? Why STEM? Why now? An introduction to STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach. In *STEM project-based learning* (pp. 1-5). Brill.
- [38] 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.
- [39] Ortiz-Revilla, J. , Adúriz-Bravo, A. , & Greca, I. M. (2020). A framework for epistemological discussion on integrated STEM education. *Science & Education*, 29(4), 857-880.
- [40] Augustine, N. , Barrett, C. , Cassel, G. , Grasmick, N. , Holliday, C. , Jackson, S. A., & Zare, R. N. (2005). Rising above the gathering storm. *Revisited: Rapidly Approaching Category*, 5.
- [41] Figazzolo, L. (2009). *Impact of PISA 2006 on the education policy debate*. Education Internat..
- [42] Guerra, M. (2017). *A comparative study of the empirical relationship in student performance between physics and other stem subjects*. California State University, Fresno.
- [43] Maass, K., Geiger, V. , Ariza, M. R. , & Goos, M. (2019). The role of mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM*, 51(6), 869-884.
- [44] Σταυρόπουλος, Π. , & Οικονομίδης, Σ. (2017). Μελέτη της επίδρασης εφαρμογής ψηφιακού διδακτικού σεναρίου, με προσέγγιση STEM, στην εκπαιδευτική διαδικασία. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 690-701.
- [45] Βολιανίτη Μ. (2022). Σχεδιασμός αναλυτικού προγράμματος σπουδών για STEM στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.
- [46] Chesky, N. Z. , & Wolfmeyer, M. R. (2015). *Philosophy of STEM education: A critical investigation*. Springer.
- [47] Carey, S. (1985). Are children fundamentally different kinds of thinkers and learners than adults. *Thinking and learning skills*, 2, 485-517.
- [48] McLurkin, J. , Lynch, A. J. , Rixner, S. , Barr, T. W. , Chou, A. , Foster, K. , & Bilstein, S. (2013). A low-cost multi-robot system for research, teaching, and

- outreach. In *Distributed autonomous robotic systems* (pp. 597-609). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [49] Russakovsky, O. , Deng, J. , Su, H. , Krause, J. , Satheesh, S. , Ma, S. , . . . & Fei-Fei, L. (2015). Imagenet large scale visual recognition challenge. *International journal of computer vision*, 115(3), 211-252.
- [50] Yao, H. , Hamilton, H. J. , & Butz, C. J. (2004, April). A foundational approach to mining itemset utilities from databases. In *Proceedings of the 2004 SIAM International Conference on Data Mining* (pp. 482-486). Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [51] Psycharis, S. , Mastorodimos, D. , Kalovrektis, K. , Papazoglou, P. , Stergioulas, L. , & Abbasi, M. (2018). Algorithm Visualization and its Impact on Self-efficacy, Metacognition and Computational Thinking Concepts Using the Computational Pedagogy Model in STEM Content Epistemology. *International Journal of Physics & Chemistry Education*, 10(4), 71-84.
- [52] Psycharis, S. , Kalovrektis, K. , Sakellaridi, E. , Korres, K. , & Mastorodimos, D. (2018). Unfolding the Curriculum: Physical Computing, Computational Thinking and Computational Experiment in STEM's Transdisciplinary Approach. *European Journal of Engineering and Technology Research*, 19-24.
- [53] Bartholomew, S. R. (2017). Assessing open-ended design problems. *Technology and Engineering Teacher*, 76(6), 13.
- [54] Fitzallen, N. (2015). STEM Education: What Does Mathematics Have to Offer?. *Mathematics Education Research Group of Australasia*.
- [55] Lapek, J. (2018). Promoting 21st century skills in problem-based learning environments. *CTETE-Research Monograph Series*, 1(1), 66-85.
- [56] Rahayu, T. , Syafril, S. , Pahrudin, A. , Satar, I. , Osman, K. B. , Halim, L. , & Yaumas, N. E. (2018). Quality of Teachers in STEM Learning at Secondary School.
- [57] 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.
- [58] Kelley, T. R. , & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM education*, 3(1), 1-11.
- [59] Sharapan, H. (2012). From STEM to STEAM: How early childhood educators can apply Fred Rogers' approach. *YC Young Children*, 67(1), 36.
- [60] Bybee, R. W. (2011). Scientific and engineering practices in K-12 classrooms. *Science Teacher*, 78(9), 34-40.
- [61] Bush, S. B. , Karp, K. S. , Cox, R. , Cook, K. L. , Albanese, J. , & Karp, M. (2018). Design thinking framework: Shaping powerful mathematics. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 23(4), e1-e5.
- [62] Colucci-Gray, L. , Burnard, P. , Gray, D. , & Cooke, C. (2019). A critical review of STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics). *Oxford research encyclopedia of education*.

- [63] Korsyn, K. (2003). *Decentering music: A critique of contemporary musical research*. Oxford University Press.
- [64] Miller, J. , & Knezek, G. (2013, March). STEAM for student engagement. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 3288-3298). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- [65] Li, K. C. , & Wong, B. T. M. (2022). Personalisation in STE (A) M education: a review of literature from 2011 to 2020. *Journal of Computing in Higher Education*, 1-16.
- [66] Perignat, E. , & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking skills and creativity*, 31, 31-43.
- [67] Perales Palacios, F. J. , & Arostegui Plaza, J. L. (2021). The STEAM Approach: Implementation and educational, social and economic consequences.
- [68] AYDIN, G. , Saka, M. , & Guzey, S. (2017). 4-8. Sınıf Öğrencilerinin Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik (STEM= FETEMM) Tutumlarının İncelenmesi. *Mersin University Journal of the Faculty of Education*, 13(2).
- [69] 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.
- [70] Hackman, S. (2022, May). STEM Professional Development of Teachers in Under-Resourced Contexts. In *Proceedings of the 3rd International Conference of Science Education in Industrial Revolution 4. 0, ICONSEIR 2021, December 21st, 2021, Medan, North Sumatra, Indonesia*.
- [71] Papert, S. (1980). *Teaching children to be mathematicians us. teaching about mathematics* (No. 249). memo.
- [72] Wing, J. (2011). Research notebook: Computational thinking—What and why. *The link magazine*, 6, 20-23.
- [73] McDonald, M. , & Wilson, H. (2016). *Marketing Plans: How to prepare them, how to profit from them*. John Wiley & Sons.
- [74] Quigley, C. F. , & Herro, D. (2016). “Finding the joy in the unknown”: Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(3), 410-426.
- [75] Kennedy, T. J. , & Odell, M. R. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.
- [76] Argyle, M. D. , & Bartholomew, C. H. (2015). Heterogeneous catalyst deactivation and regeneration: a review. *Catalysts*, 5(1), 145-269.
- [77] Kelley, T. R. , & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM education*, 3(1), 1-11.
- [78] Forawi, S. A. (2016). Standard-based science education and critical thinking. *Thinking skills and creativity*, 20, 52-62.
- [79] Zemelman, S. , Daniels, H. , & Hyde, A. (2005). Best practice: Today's standards for teaching and learning in America's schools. *Education Review*.

- [80] Caleon, I. , & Subramaniam, R. (2010). Development and application of a three-tier diagnostic test to assess secondary students' understanding of waves. *International journal of science education*, 32(7), 939-961.
- [81] Honey, M. , Pearson, G. , & Schweingruber, H. (2014). STEM Integration in K-12 Education: Status. *Prospects, and an Agenda for Research*.
- [82] Faulconer, E. K. , Wood, B. , & Griffith, J. C. (2020). Infusing humanities in STEM education: Student opinions of disciplinary connections in an introductory chemistry course. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 340-345.
- [83] Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities.
- [84] Wang, W. , Wang, S. , Ma, X. , & Gong, J. (2011). Recent advances in catalytic hydrogenation of carbon dioxide. *Chemical Society Reviews*, 40(7), 3703-3727.
- [85] Wigfield, A. , Cambria, J. , Eccles, J. S. , & Ryan, R. M. (2012). The Oxford handbook of human motivation. *The Oxford handbook of human motivation*, 463-478.
- [86] Lipponen, L. , Rajala, A. , Hilppö, J. , & Paananen, M. (2016). Exploring the foundations of visual methods used in research with children. *European Early Childhood Education Research Journal*, 24(6), 936-946.
- [87] Wan Husin, W. N. F. , Mohamad Arsad, N. , Othman, O. , Halim, L. , Rasul, M. S. , Osman, K. , & Iksan, Z. (2016, June). Fostering students' 21st century skills through Project Oriented Problem Based Learning (POPBL) in integrated STEM education program. In *Asia-Pacific Forum on Science Learning & Teaching* (Vol. 17, No. 1).
- [88] Williams, D. R. , & Sternthal, M. (2010). Understanding racial-ethnic disparities in health: sociological contributions. *Journal of health and social behavior*, 51(1_suppl), S15-S27.
- [89] MOHARAM, M. H. A. , MOHAMED, M. , & NEGIM, O. (2017). Improvement of soil properties, growth of cucumber and protection against Fusarium wilt by *Piriformospora indica* and two industrial organic wastes. *Notulae Scientia Biologicae*, 9(4), 525-538.
- [90] Siregar, N. C. , Rosli, R. , Maat, S. M. , & Capraro, M. M. (2019). The effect of science, technology, engineering and mathematics (STEM) program on students' achievement in mathematics: A meta-analysis. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 15(1), em0549.
- [91] Ejiwale, J. A. (2012). Facilitating teaching and learning across STEM fields. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 13(3).
- [92] van Weeren, R. J. , Intema, H. T. , Rottgering, H. J. A. , Bruggen, M. , & Hoeft, M. (2011). Low-frequency radio observations of the galaxy cluster CIZA J2242. 8+ 5301. *arXiv preprint arXiv:1101. 5161*.
- [93] Lapek, J. (2018). Promoting 21st century skills in problem-based learning environments. *CTETE-Research Monograph Series*, 1(1), 66-85.
- [94] Sanders, M. (2009). *The poetry of Chartism: aesthetics, politics, history* (No. 62). Cambridge University Press.
- [95] Barron, B. J. , Schwartz, D. L. , Vye, N. J. , Moore, A. , Petrosino, A. , Zech, L. , &

- Bransford, J. D. (1998). Doing with understanding: Lessons from research on problem-and project-based learning. *Journal of the learning sciences*, 7(3-4), 271-311.
- [96] Klein, J. , & Dawar, N. (2004). Corporate social responsibility and consumers' attributions and brand evaluations in a product-harm crisis. *International Journal of research in Marketing*, 21(3), 203-217.
- [97] Kakkassery, L. P. , Rinne, P. L. , & Schoot, C. V. D. (2014). Refurbishing the plasmodesmal chamber: a role for lipid bodies?.
- [98] Miller, J. , & Knezek, G. (2013, March). STEAM for student engagement. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 3288-3298). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- [99] Henriksen, D. , Mishra, P. , & Fisser, P. (2016). Infusing creativity and technology in 21st century education: A systemic view for change. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(3), 27-37.
- [100] Henriksen, D. (2014). Full STEAM ahead: Creativity in excellent STEM teaching practices. *The STEAM journal*, 1(2), 15.
- [101] Ivanitskaya, L. , Clark, D. , Montgomery, G. , & Primeau, R. (2002). Interdisciplinary learning: Process and outcomes. *Innovative higher education*, 27(2), 95-111.
- [102] Sahin, A. , Ayar, M. C. , & Adiguzel, T. (2014). STEM Related After-School Program Activities and Associated Outcomes on Student Learning. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 14(1), 309-322.
- [103] Pickens, J. (2005). Attitudes and perceptions. *Organizational behavior in healthcare*, 4(7), 43-76.
- [104] Χαράλαμπος, Ν. , & Γεωργιάς, Δ. (1995). Συνεργατική μάθηση, σχολική ικανότητα και επίδοση. *Psychology: the Journal of the Hellenic Psychological Society*, 2(2), 146-164.
- [105] Nourbakhsh, I. , Sargent, R. , Wright, A. , Cramer, K. , McClendon, B. , & Jones, M. (2006). Mapping disaster zones. *Nature*, 439(7078), 787-788.
- [106] Czerniak, C. M. , Lumpe, A. T. , & Haney, J. J. (1999). Science teachers' beliefs and intentions to implement thematic units. *Journal of Science Teacher Education*, 10(2), 123-145.
- [107] Park, B. , Knörzer, L. , Plass, J. L. , & Brünken, R. (2015). Emotional design and positive emotions in multimedia learning: An eyetracking study on the use of anthropomorphisms. *Computers & Education*, 86, 30-42.
- [108] Khanlari, A. (2016). Teachers' perceptions of the benefits and the challenges of integrating educational robots into primary/elementary curricula. *European Journal of Engineering Education*, 41(3), 320-330.
- [109] Madden, L. , Beyers, J. , & O'Brien, S. (2016). The importance of STEM education in the elementary grades: Learning from pre-service and novice teachers' perspectives. *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, 20(5).
- [110] Αναγνωστάκης, Σ. , & Μιχαηλίδης, Π. Γ. (2007). 'Εργαστήριο Εκπαιδευτικής

Ρομποτικής': Ένα προπτυχιακό μάθημα στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. *5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*, 15-18.

- [111] Marx, R. W. , Blumenfeld, P. C. , Krajcik, J. S. , & Soloway, E. (1997). Enacting project-based science. *The elementary school journal*, 97(4), 341-358.
- [112] Geum, Y. C. , & Bae, S. A. (2012). The recognition and needs of elementary school teachers about STEAM education. *대한공업교육학회지*, 37(2), 57-75.
- [113] Shin, M. K. , Jang, Y. H. , Yoo, H. J. , Kang, D. W. , Park, M. H. , Kim, M. K. , . . . & Bae, Y. S. (2011). N-formyl-methionyl-leucyl-phenylalanine (fMLP) promotes osteoblast differentiation via the N-formyl peptide receptor 1-mediated signaling pathway in human mesenchymal stem cells from bone marrow. *Journal of Biological Chemistry*, 286(19), 17133-17143.
- [114] Han, D. W. , Tapia, N. , Hermann, A. , Hemmer, K. , Höing, S. , Araúzo-Bravo, M. J. , . . . & Schöler, H. R. (2012). Direct reprogramming of fibroblasts into neural stem cells by defined factors. *Cell stem cell*, 10(4), 465-472.
- [115] Song, J. S. , Kim, S. O. , Kim, S. H. , Choi, H. J. , Son, H. K. , Jung, H. S. , . . . & Lee, J. H. (2012). In vitro and in vivo characteristics of stem cells derived from the periodontal ligament of human deciduous and permanent teeth. *Tissue Engineering Part A*, 18(19-20), 2040-2051.
- [116] Moore, C. , Dunham, P. J. , & Dunham, P. (2014). *Joint attention: Its origins and role in development*. Psychology Press.
- [117] Quigley, C. F. , & Herro, D. (2016). "Finding the joy in the unknown": Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(3), 410-426.
- [118] Lee, K. T. , & Nason, R. (2013). The recruitment of STEM-talented students into teacher education programs. *International journal of engineering education*, 29(4), 833-838.
- [119] Son, S. W. , Bizhani, G. , Christensen, C. , Grassberger, P. , & Paczuski, M. (2012). Percolation theory on interdependent networks based on epidemic spreading. *EPL (Europhysics Letters)*, 97(1), 16006.
- [120] Shin, Y. J. , & Han, S. K. (2011). A study of the elementary school teachers' perception in STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) education. *Journal of Korean elementary science education*, 30(4), 514-523.
- [121] Nadelson, L. S. , Callahan, J. , Pyke, P. , Hay, A. , Dance, M. , & Pfiester, J. (2013). Teacher STEM perception and preparation: Inquiry-based STEM professional development for elementary teachers. *The Journal of Educational Research*, 106(2), 157-168.
- [122] Thompson, B. (1984). *Canonical correlation analysis: Uses and interpretation* (No. 47). Sage.
- [123] Klassen, R. M. , & Chiu, M. M. (2010). Effects on teachers' self-efficacy and job satisfaction: Teacher gender, years of experience, and job stress. *Journal of educational Psychology*, 102(3), 741.

- [124] Bandura, A. (1993). Perceived self-efficacy in cognitive development and functioning. *Educational psychologist*, 28(2), 117-148.
- [125] Waite, J. H. , Glein, C. R. , Perryman, R. S. , Teolis, B. D. , Magee, B. A. , Miller, G. , . . . & Bolton, S. J. (2017). Cassini finds molecular hydrogen in the Enceladus plume: evidence for hydrothermal processes. *Science*, 356(6334), 155-159.
- [126] Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- [127] Psycharis, S. , & Kotzampasaki, E. (2019). The impact of a STEM inquiry game learning scenario on computational thinking and computer self-confidence. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(4), em1689.
- [128] Denning, P. J. (2009). The profession of IT Beyond computational thinking. *Communications of the ACM*, 52(6), 28-30.
- [129] Sengupta, P. , Kinnebrew, J. S. , Basu, S. , Biswas, G. , & Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework. *Education and Information Technologies*, 18(2), 351-380.
- [130] Weintrop, D. , Beheshti, E. , Horn, M. , Orton, K. , Jona, K. , Trouille, L. , & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of science education and technology*, 25(1), 127-147.
- [131] Roberts, R. E. , Alegría, M. , Roberts, C. R. , & Chen, I. G. (2005). Mental health problems of adolescents as reported by their caregivers. *The Journal of Behavioral Health Services & Research*, 32(1), 1-13.
- [132] Rochkind, M. J. (2004). *Advanced UNIX programming*. Pearson Education.
- [133] Aitken, C. M. , Jones, D. M. , Maguire, M. J. , Gray, N. D. , Sherry, A. , Bowler, B. F. , . . . & Head, I. M. (2013). Evidence that crude oil alkane activation proceeds by different mechanisms under sulfate-reducing and methanogenic conditions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 109, 162-174.
- [134] Barakos, E. , & Selleck, C. (2019). Elite multilingualism: Discourses, practices, and debates. *Journal of Multilingual and Multicultural Development*, 40(5), 361-374.
- [135] Miroljubov, A. (2018). *Visual Programming-An Alternative Way Of Developing Software*.
- [136] Redish, E. F. , & Wilson, J. M. (1993). Student programming in the introductory physics course: MUPPET. *American Journal of Physics*, 61(3), 222-232.
- [137] Van Joolingen, W. R. , De Jong, T. , & Dimitrakopoulou, A. (2007). Issues in computer supported inquiry learning in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 111.
- [138] Hurtuk, J. , Chovanec, M. , & Adam, N. (2017, October). The Arduino platform connected to education process. In *2017 IEEE 21st International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES)* (pp. 000071-000076). IEEE.
- [139] Nadelson, L. S. , Callahan, J. , Pyke, P. , Hay, A. , Dance, M. , & Pfiester, J. (2013). Teacher STEM perception and preparation: Inquiry-based STEM professional

- development for elementary teachers. *The Journal of Educational Research*, 106(2), 157-168.
- [140] Laurel, B. (1998, April). Technological humanism and values-driven design. In *CHI 98 Conference Summary on Human Factors in Computing Systems* (p. 104).
- [141] Kim, D. , & Bolger, M. (2017). Analysis of Korean elementary pre-service teachers' changing attitudes about integrated STEAM pedagogy through developing lesson plans. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 587-605.
- [142] Dell'Erba, M. (2019). Preparing Students for Learning, Work and Life through STEAM Education. Policy Brief. *Education Commission of the States*.
- [143] Hogan, J. , & Down, B. (2015). A STEAM School using the Big Picture Education (BPE) design for learning and school—what an innovative STEM Education might look like. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 23(3).
- [144] Perignat, E. , & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking skills and creativity*, 31, 31-43.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [145] <https://ian.umces.edu/blog/chicken-noodle-sour-a-transdisciplinary-recipe-fpr-sustainability-science/>
- [146] <https://solhellas.solgroup.com/el/products-and-services/ta-proionta-kai-oi-ypiresies-mas-gia-ti-biomichania/aeria/kyria-aeria/diokseidio-toy-anthraka>
- [147] www.el.wikipedia.org
- [148] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/35/Main_symptoms_of_carbon_dioxide_toxicity.svg/1024pxMain_symptoms_of_carbon_dioxide_toxicity.svg.png
- [149] http://www2.sol.it/msds2/MS018A_SOLH_5_25_3.pdf
- [150] <https://www.tinkercad.com/>
- [151] <https://www.kathimerini.gr/2019>
- [152] <https://www.vita.gr/2019>
- [153] <https://www.pttl.gr/2020>
- [154] <https://www.sigmahellas.gr/>
- [155] <https://www.liberal.gr>
- [156] <https://www.britannica.com/topic/STEM-education>, accessed 2022

- [157] <http://3gym-igoum.thesp.sch.gr/images/Arduino/book.pdf>
- [158] <https://www.tinkercad.com>
- [159] <https://www.hellasdigital.gr>
- [160] <https://sandboelectronics.com/>
- [161] http://www.pischools.gr/books/gymnasio/biologia_a/odigos/odig_1_54.pdf
σελ. 40) Εργαστηριακός οδηγός της της Βιολογίας της Α΄ Γυμνασίου στην
εργαστηριακή άσκηση 12 από όπου και το σχήμα 21