ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Scientix για την Εκπαίδευση STEM

Αθήνα, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
23, 24 και 25 Σεπτεμβρίου 2022

ΤΟΜΟΣ Β

ISBN 978-618-84221-4-8

Επιμέλεια: Κατερίνα Γλέζου, Ιωάννης Λεύκος, Κώστας Παπαδήμας

SCIENTIX
The community for science education in Europe
http://www.scientix.eu
https://scientix.ellak.gr/

3ο Πανελλήνιο Συνέδριο SCIENTIX για την Εκπαίδευση STEM

23, 24, 25 Σεπτεμβρίου
Πολυτεχνειούπολη, Ζωγράφου

European Schoolnet
Transforming education in Europe

GFOSS
OPEN TECHNOLOGIES ALLIANCE

Υποστηρικτές

Χορηγοί

ΙΤΥΕ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ

European Schoolnet

This event is supported by the European Union's H2020 research and innovation programme - project Scientix 4 (Grant Agreement N. 101000063), coordinated by European Schoolnet (EUN). The content of this material is the sole responsibility of the organiser and it does not represent the opinion of the European Commission (EC), and the EC is not responsible for any use that might be made of information contained

Συντονιστική Επιτροπή Συνεδρίου

Θεοδόση Αγγελική	ΔΙΔΕ Πειραιά	Ράλλεια Πειραματικά Δημοτικά Σχολεία
Ψαρίδου Βασιλική	ΔΙΠΕ Ροδόπης	Μειονοτικό Σχολείο Δοκού
Φώτη Παρασκευή	ΔΙΠΕ Γ΄ Αθήνας	3ο ΠΕΚΕΣ Αττικής
Κολιάκου Ηρώ	ΔΙΠΕ Ανατολικής Θεσσαλονίκης	Κολλέγιο Ανατόλια
Χάσκου Σοφία	ΔΙΠΕ Ανατολικής Αττικής	4ο Δημοτικό Σχολείο Αχαρνών
Αλμπάνη Σοφία	ΔΙΠΕ Ευβοίας	4ο Δημοτικό Σχολείο Νέας Αρτάκης
Κουζούλη Σοφία	ΔΙΠΕ Ηλείας	1ο Πειραματικό Δημοτικό Σχολείο Πύργου
Τσαπάρα Μαρία	ΔΙΠΕ Πειραιά	2ο Νηπιαγωγείο Περάματος
Λιάπη Αγγελική	ΔΙΠΕ Β΄ Αθήνας	2ο Νηπιαγωγείο Λυκόβρυσης
Σιούλη Στυλιανή	ΔΙΠΕ Χαλκιδικής	1ο Πειραματικό Δημοτικό Σχολείο Θεσσαλονίκης (Ενταγμένο στο ΑΠΘ)
Τσαμπίκα Αργυρού	ΔΙΠΕ Δωδεκανήσου	2ο Πειραματικό Δημοτικό Σχολείο Ρόδου
Φαρασόπουλος Νεκτάριος	ΔΠΕ Κυκλάδων	Δημοτικό Σχολείο Άνω Σύρου
Λεύκος Ιωάννης	ΠΑΜΑΚ	Τμήμα Εκπαιδευτικής & Κοινωνικής Πολιτικής
Γκινούδη Αθηνά	ΔΙΔΕ Πέλλας	ΠΕΚΕΣ Κρήτης

Μαΐδου Ανθούλα	ΔΙΔΕ Ανατολικής Θεσσαλονίκης	2ο Πρότυπο Γυμνάσιο Θεσσαλονίκης
Ζερβού Κυριακή	ΔΙΠΕ Δυτικής Θεσσαλονίκης	Προϊσταμένη Εκπαιδευτικών Θεμάτων ΔΙΠΕ Δ. Θεσσαλονίκης
Σαμουτιάν Μαργαρίτα	ΔΙΠΕ Ευβοίας	Νηπιαγωγείο Αυλωναρίου
Χουλιάρα Ξανθή	ΔΠΕ Ζακύνθου	2ο Δημοτικό Σχολείο Ρίζας Ζακύνθου
Γλέζου Κατερίνα	ΔΙΔΕ Β΄ Αθήνας	Α΄ Αρσάκειο Λύκειο Ψυχικού
Αργύρη Παναγιώτα	ΔΙΔΕ Δ΄ Αθήνας	Πρότυπο Γενικό Λύκειο Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης
Γαλίτης Παντελής	ΔΔΕ Ανατολικής Θεσσαλονίκης	Επαγγελματικό Λύκειο Βασιλικών
Κορακάκη Ελένη	ΔΙΔΕ Ηρακλείου Κρήτης	Πρότυπο Γενικό Λύκειο Ηρακλείου Κρήτης
Τοπολιάτη Μαρία	ΔΙΠΕ Ιωαννίνων	Νηπιαγωγείο Κληματιάς
Τσιαστούδης Δημήτρης	ΔΙΔΕ Ανατολικής Θεσσαλονίκης	Ειδικό Γυμν. Λύκειο ΕΑΕ Κωφών και Βαρήκοων
Κούργια Σταυρούλα	ΔΙΔΕ Δ΄ Αθήνας	ΕΕΕΕΚ Αγίου Δημητρίου
Σπίτσα Αικατερίνη	ΔΙΠΕ Ευβοίας	2ο Νηπιαγωγείο Χαλκίδας
Δακορώνια Μαργαρίτα	ΔΙΠΕ Πειραιά	32ο Δημοτικό Σχολείο Πειραιά
Τριανταφύλλου Ευαγγελία	ΔΙΠΕ Ανατολικής Αττικής	2ο Νηπιαγωγείο Παιανίας

Κατσιάβου Ελένη	ΔΙΠΕ Αρκαδίας	9ο ΝηπιαγωγείοΤρίπολης
Ζερβάκης Νικόλαος	ΔΙΔΕ Λασιθίου	Εσπερινό ΓΕΛ Σητείας
Λούστα Χριστίνα	ΠΔΕ Κεντρικής Μακεδονίας	ΠΔΕ Κεντρικής Μακεδονίας
Σιώτου Ειρήνη	ΔΙΔΕ Β΄ Αθήνας	Κολλέγιο Αθηνών
Κοντοπίδη Ευαγγελία	ΔΙΔΕ Β΄ Αθήνας	Βαρβάκειο Πρότυπο Γυμνάσιο
Μιχαηλίδη Αφροδίτη	ΔΔΕ Ηρακλείου	1ο Εργαστηριακό Κέντρο Ηρακλείου

Επιστημονική Επιτροπή Συνεδρίου

Παρασκευάς Μιχαήλ	Πρόεδρος ΕΕ	Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, Αντιπρόεδρος ΙΤΥΕ "Διόφαντος"
Βαρλάμης Ηρακλής	Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο	Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής
Καραλιοπούλου Μαργαρίτα	ΕΚΠΑ	Μέλος ΕΔΙΠ Α, Τμήμα μαθηματικών
Σωτηρίου Σοφοκλής	Ελληνογερμανική Αγωγή	Υπεύθυνος του Τμήματος έρευνας και Ανάπτυξης
Ψυχάρης Σαράντος	ΑΣΠΑΙΤΕ, Ε3STEM	Καθηγητής του Παιδαγωγικού Τμήματος ΑΣΠΑΙΤΕ, Πρόεδρος της Ελληνικής Εκπαιδευτικής Ενωσης STEM(e3stem.edu.gr)
Πολάτογλου Χαρίτων	ΑΠΘ	Καθηγητής του Τμήματος Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου
Τσινάκος Αύγουστος	ΔΠΕ	Καθηγητής του Τμήματος Πληροφορικής του Times New RomanΔιεθνούς Πανεπιστημίου Ελλάδος
Καλοβρέκτης Κωνσταντίνος	Παν. Θεσσαλίας	Επιστημονικός Συνεργάτης του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας,
Θεοδόση Αγγελική	ΔΙΔΕ Πειραιά	Ράλλεια Πειραματικά Δημοτικά Σχολεία
Καλέσης Βασίλειος	ΔΙΔΕ Ανατολικής Θεσσαλονίκης	Ι.Ε. "Ο Απόστολος Παύλος"

Παπαδάκης Σταμάτιος	ΔΙΔΕ Ηρακλείου	5ο ΓΕΛ Ηρακλείου
Κανύχης Παναγιώτης	ΔΙΠΕ Πειραιά	1ο Πειραματικό Δημοτικό Σχολείο Ρόδου
Φώτη Παρασκευή	ΔΙΠΕ Γ΄ Αθήνας	3ο ΠΕΚΕΣ Αττικής
Αμανατίδης Νικόλαος	ΔΙΠΕ Ανατολικής Θεσσαλονίκης	3ο ΠΕΚΕΣ Κεντρικής Μακεδονίας
Κολιάκου Ηρώ	ΔΔΕ Ανατολικής Θεσσαλονίκης	Κολλέγιο ΑνατόλιαTimes New Roman
Παρασκευάς Απόστολος	ΔΙΠΕ Ανατολικής Θεσσαλονίκης	2ο ΠΕΚΕΣ Κεντρικής Μακεδονίας
Χάσκου Σοφία	ΔΙΠΕ Ανατολικής Αττικής	4ο Δημοτικό Σχολείο Αχαρνών
Αλμπάνη Σοφία	ΔΙΠΕ Ευβοίας	4ο Δημοτικό Σχολείο Νέας Αρτάκης
Κουζούλη Σοφία	ΔΙΠΕ Ηλείας	1ο Πειραματικό Δημοτικό Σχολείο Πύργου
Αμαραντίδου Δέσποινα	ΔΙΠΕ Δράμας	8ο Δημοτικό Σχολείο Δράμας
Τσαπάρα Μαρία	ΔΙΠΕ ΠΕΙΡΑΙΑ	2ο Νηπιαγωγείο Περάματος
Λιάπη Αγγελική	ΔΙΠΕ Β΄ Αθήνας	2ο Νηπιαγωγείο Λυκόβρυσης
Φαρασόπουλος Νεκτάριος	ΔΠΕ Κυκλάδων	Δημοτικό Σχολείο Άνω Σύρου
Μαΐδου Ανθούλα	ΔΙΔΕ Ανατολικής	2ο Πρότυπο Γυμνάσιο Θεσσαλονίκης

	Θεσσαλονίκης	
Ζερβού Κυριακή	ΔΙΠΕ Δυτικής Θεσσαλονίκης	:Προϊσταμένη Εκπ. Θεμάτων ΔΠΕ Θεσσαλονίκης
Μαραβελάκη Σωφρονία	ΔΔΕ Σερρών	Γυμνάσιο Ηράκλειας, Υποδιευθύντρια
Χουλιάρα Ξανθή	ΔΠΕ Ζακύνθου	2ο Δημοτικό Σχολείο Ρίζας Ζακύνθου
Γλέζου Κατερίνα	ΔΙΔΕ Β΄ Αθήνας	Α΄ Αρσάκειο Λύκειο Ψυχικού
Ιωάννου Μιχάλης	ΔΙΠΕ Α΄ Πειραιά	54ο Νηπιαγωγείο Πειραιά
Κοκκίνου Ελένη	ΔΙΠΕ Ανατολικής Θεσσαλονίκης	ΓΕΛ Αριστοτέλειο Κολλέγιο
Γούση Κατερίνα	ΔΙΠΕ Μεσσηνίας	Εκπαιδευτήρια Μπουγά δημοτικό
Μανάφη Ιωάννα	ΔΙΠΕ Ανατολικής Θεσσαλονίκης	ΠΕΚΕΣ Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης
Τάλλου Κωνσταντίνα	ΔΙΠΕ Ιωαννίνων	7ο Νηπιαγωγείο Ιωαννίνων
Καλέση Ελένη	ΔΙΠΕ Ανατολικής Θεσσαλονίκης	64ο Δημοτικό Σχολείο Θεσ/νίκης, Université Libre de Bruxelles
Αργύρη Παναγιώτα	ΔΙΔΕ Δ΄ Αθήνας	Πρότυπο Γενικό Λύκειο Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης
Γαλίτης Παντελής	ΔΔΕ Ανατολικής Θεσσαλονίκης	Επαγγελματικό Λύκειο Βασιλικών
Τζόρτζογλου Φίλιππος	ΔΙΠΕ Πέλλας	1ο Δημοτικό Σχολείο Έδεσσας

Μπαρούτα Μαρία	ΔΙΠΕ Κέρκυρας	Δημοτικό Σχολείο Καναλίων
Πρώιας Γεώργιος	Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας	ΕΑΔΠ Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τζιαμπάζη Θεοδώρα	ΔΙΠΕ Σάμου	Δημοτικό Σχολείο Φούρνων Κορσεών
Κούργια Σταυρούλα	ΔΙΔΕ Δ΄ Αθήνας	ΕΕΕΕΚ Αγίου Δημητρίου
Σπίτσα Αικατερίνη	ΔΙΠΕ Ευβοίας	2ο Νηπιαγωγείο Χαλκίδας
Τομαρά Μαρίνα	ΔΙΔΕ Ανατολικής Αττικής	Γυμνάσιο Κουβαρά
Ρονιώτης Αλέξανδρος	ΔΙΠΕ Σάμου	1ο Δημοτικό Σχολείο Σάμου
Μιχαηλίδη Αφροδίτη	ΔΔΕ Ηρακλείου	1ο Εργαστηριακό Κέντρο Ηρακλείου
Σιούλη Στυλιανή	ΔΙΠΕ Χαλκιδικής	1ο Πειραματικό Δημοτικό Σχολείο Θεσσαλονίκης (Εντ. ΑΠΘ)
Σιώτου Ειρήνη	Κολλέγιο Αθηνών	Κολλέγιο Αθηνών
Σαμουτιάν Μαργαρίτα	ΔΙΠΕ Εύβοιας	Νηπιαγωγείο Αυλωναρίου
Ψαρίδου Βασιλική	ΔΙΠΕ Ροδόπης	Μειονοτικό Σχολείο Δοκού
Λεύκος Ιωάννης	Πανεπιστήμιο Μακεδονίας	Τμήμα Εκπαιδευτικής & Κοινωνικής Πολιτικής

ΤΟΜΟΣ Β

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΟΜΟΥ Β

Συντονιστική Επιτροπή Συνεδρίου....3
Επιστημονική Επιτροπή Συνεδρίου....6
FOSSBot: Ένα εκπαιδευτικό ρομπότ ανοιχτού λογισμικού για όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης 13
Πρόγραμμα σπουδών για την αειφόρο ανάπτυξη μέσα από τη τρισδιάστατη σχεδίαση: αποτελέσματα από την πιλοτική λειτουργία ομίλου....21
Letter to Leibniz, his enemy....35
Μια Δραστηριότητα STEM με Μικροελεγκτή για το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και την Κλιματική αλλαγή....40
Διατάξεις με Arduino ως μέσο μέτρησης της θερμοκρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας.....50
Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών στην Κλιματική Αλλαγή: Τα Έργα EDU4CLIMA και CLIMADEMY 58
Μυδοκαλλιέργειες και θαλάσσιο οικοσύστημα: Μια εκπαιδευτική προσέγγιση μέσω STEAM66
Η Μέθοδος STE(A)M στο Μάθημα των Αγγλικών: Μία Πρόταση Διδακτικού Σεναρίου για τη Δημιουργία Stop-motion Animation στην Τάξη των Αγγλικών....76
Πρόταση για διδακτική παρέμβαση σε δραστηριότητα εκπαιδευτικής ρομποτικής με αντικείμενο την οπτική....84
Ηλεκτρικά σήματα στη Μηχανική Μάθηση με αξιοποίηση του App Inventor....94
A teaching sequence for teaching and learning about sound, the intensities and frequencies of the notes, based on Physical Computing (Arduino) and embodying CLIL strategies 104
Πρόταση εισαγωγής στην εκπαιδευτική ρομποτική αξιοποιώντας την πλατφόρμα Arduino.112
Καλλιεργώντας τη δημιουργικότητα μέσω της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στο πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση....120
Μοντέλο Ανάπτυξης Επαγγελματικών Δεξιοτήτων Εκπαιδευτικών για την Κλιματική Αλλαγή 130
Διδασκαλία εννοιών της μηχανικής και στοιχείων της φύσης των Φυσικών Επιστημών μέσα από ένα STEM project....137
Kinchin, J. 2018, Using an Arduino in physics teaching for beginners *Phys. Educ.* 53 063007 146
Education for Sustainable Development. The design of a STEAM Workshop for Students' Education on Internet Safety....148
Εκπαιδευτικό Υλικό: Τα Πειράματα του mr. Chem, ένα Επιστημονικό Παραμύθι, το οποίο Απευθύνεται σε Παιδιά Προσχολικής και Πρώτης Σχολικής Ηλικίας....167
Μαθηματική και Υπολογιστική Μοντελοποίηση της εκθετικής μετάδοσης ιών: Μια διδακτική πρόταση....175
STEM και ρομποτική στο δημοτικό σχολείο: κινητοποιώντας τους μαθητές στην επίλυση προβλημάτων....183
Γνώσεις, απόψεις και παρανοήσεις μαθητών Γυμνασιου και Λυκείου σε θέματα Τεχνητής Νοημοσύνης....193
Εκπαιδευτική πρόταση για τη διδασκαλία της Αρχής της Αβεβαιότητας στο Λύκειο με διερεύνηση....203
The microplastic detectives....211
Building student awareness of the Sustainable Development Goal 11 targets: A data-based and design-centered approach in alignment with the Education 4.0 framework.....219

Διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την πρακτική εφαρμογή του STEAM στην τάξη μέσα στα πλαίσια των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων. 228
Δυαδικός calculator: Μία διδακτική πρόταση διερευνητικής μάθησης βασισμένη στη μεθοδολογία STEM.....235
Πρόταση κατηγοριοποίησης των γραναζιών.....246
στο πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM.....246
STEAM, το «Α» μεταξύ του «Ε» και του «Μ».....252
Ζωγραφίζοντας τους αρρήτους.....252
Υπολογιστική Σκέψη μαθητών/τριών της Γ Λυκείου και επιδόσεις στα μαθήματα STEM και στο μάθημα της Γλώσσας.....262
Τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα ως πρόσφορα εργαλεία για διεξαγωγή έρευνας από μαθητές: Η περίπτωση της διερεύνησης διαδοχικών κρούσεων μιας σφαίρας με το δάπεδο.....272
Θερμικές μηχανές, μια STEM διδακτική προσέγγιση στο νέο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών.....279
Δράσεις επιχειρηματικότητας στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση ως μοντέλο προσομοιωμένης μάθησης με βάση την εργασία.....285
Διερευνητικού τύπου διδακτική παρέμβαση STEM με αξιοποίηση ψηφιακών φορητών συσκευών, για την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης από τους μαθητές. Μελέτη περίπτωσης της κατακόρυφης ταλάντωσης ελατηρίου.....293
Μικροί Μετεωρολόγοι στο Νηπιαγωγείο: Ρομποτική και STEM.....304
Educational Robotics and Collaboration Skills: Seeking the Relationship between Tasks and Skills.....314
Νερό ψυχή της γης – Ένα διδακτικό σενάριο για τον έλεγχο της ποιότητας και της μόλυνσης των υδάτινων πόρων μέσω του Διαδικτύου των Αντικειμένων.....322
Μένουμε ασφαλείς την ώρα του σεισμού.....331
Ντοκιμαντέρ μικρού μήκους από μαθητές Γυμνασίου με τίτλο: Τα πλαστικά πνίγουν την θάλασσα.....342
Ste(a)m-IT Handbook: Το πρώτο εγχειρίδιο – Οδηγός για Επαγγέλματα STE(A)M.....350
MiniOpenLab: Ανοιχτή κοινότητα και βιωματική προσέγγιση για τη βιώσιμη ανάπτυξη και την εκπαίδευση STEM.....354

FOSSBot: Ένα εκπαιδευτικό ρομπότ ανοιχτού λογισμικού για όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης

Παπαγεωργίου Ελευθερία[1], Χρόνης Χρήστος[1],
Αγγελόπουλος Παναγιώτης[2] , Τζιμόπουλος Νίκος[2],
Καρούνος Θόδωρος[3], Βαρλάμης Ηρακλής[1]
elefthppg99@gmail.com, chronis@hua.gr, angelopoulos@eellak.gr, ntzimop@sch.gr,
karounos@eellak.gr, varlamis@hua.gr
[1] Τμ. Πληροφορικής και Τηλεματικής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
[2] Εκπαιδευτικός ΔΕ
[3]Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια η εκπαιδευτική ρομποτική χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στην υποστήριξη και ανάπτυξη της εκπαίδευσης STEAM(Science, Technology, Engineering, the Arts & Mathematics) καθώς παρέχει έναν μικρόκοσμο τεχνολογιών που μπορούν να υποστηρίξουν την εκπαίδευση STEAM. Με την χρήση της ρομποτικής στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορούν να παρουσιαστούν στους μαθητές με απτό και παιγνιώδη για τις μικρότερες ηλικίες τρόπο, έννοιες θεωρητικές και μη, μέσα από βιωματικές μαθησιακές διαδικασίες που ενσωματώνουν τους τομείς της επιστήμης , της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών, με στόχο την καλύτερη κατανόησή και τη διεύρυνση των ήδη κεκτημένων γνώσεων αλλά και την ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων όπως επίλυση προβλημάτων, δημιουργικότητα κλπ.. Τα ρομπότ χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στην εκπαίδευση, γεγονός που οδηγεί στην σημαντική αύξηση του κόστους για υποδομές στα σχολεία.. Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι η κατασκευή ρομπότ με εκτυπώσιμα υλικά και ενοποιημένο δωρεάν και ανοικτό λογισμικό, με στόχο να μειωθεί σημαντικά το κόστος κατασκευής του ρομπότ αλλά και να γίνει η κατασκευή, σχεδίαση και αξιοποίηση του ρομπότ υπόθεση και κτήμα της σχολικής κοινότητας, (εκπαιδευτικοί/μαθητέςς). Το FOSSBot είναι μια πρωτοποριακή λύση που υποστηρίζεται από την Ελληνική Κοινότητα για τον Ανοικτό Κώδικα και τις Ανοικτές Τεχνολογίες. Η παρούσα εισήγηση παρουσιάζει αναλυτικά τον τρόπο κατασκευής, λειτουργίας και χρήσης του FOSSBot μέσα στην τάξη, και επεξηγεί το μηχανισμό αναβάθμισης και συντήρησης του λογισμικού του.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ρομποτική, STEAM, 3D εκτυπώσιμο, Ανοιχτός Κώδικας, Υπολογιστική Σκέψη

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Σύμφωνα με το τελευταίο Πρόγραμμα Διεθνούς Αξιολόγησης (PISA, 2018) [11] του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) για το 2018, υπάρχει μια αναδυόμενη ανάγκη για καινοτόμες διδακτικές προσεγγίσεις, για να αυξηθεί το κίνητρο των μαθητών προς τα μαθήματα επιστήμης, τεχνολογίας, μηχανικής και μαθηματικών (STEAM), να αναπτυχθούν δεξιότητες υπολογιστικής σκέψης και να προσφερθεί ένα πιο ελκυστικό σχολικό περιβάλλον. Ωστόσο, αυτό που συνιστά ένα ελκυστικό σχολικό περιβάλλον έχει αλλάξει με τα χρόνια. Πριν από τριάντα χρόνια, θα ήταν αρκετό εάν οι αίθουσες διδασκαλίας ήταν εξοπλισμένες με χάρτες, γύψινα ανατομικά μοντέλα και βασικά εργαστηριακά όργανα, καθώς οι περισσότεροι μαθητές δεν είχαν πρόσβαση σε αυτά στο σπίτι. Σήμερα, τα σπίτια είναι καλύτερα τεχνολογικά εξοπλισμένα από τα σχολεία από πολλές απόψεις. Αν και οι ρομποτικές τεχνολογίες και οι τεχνολογίες 3D έχουν γίνει αρκετά προσιτές τα τελευταία χρόνια, οι ρομποτικές διατάξεις και οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές δεν είναι gadget που

μπορούν να βρεθούν στο σπίτι και η χρήση τους στα σχολεία δημιουργεί ένα ελκυστικό περιβάλλον μάθησης, εξερεύνησης και συνεργασίας που τροφοδοτεί τη φαντασία των μαθητών. Ταυτόχρονα, οι τεχνολογίες αυτές αποτελούν ένα μέσο ώστε οι μαθητές να γίνουν πιο παραγωγικοί, δημιουργικοί και ενθουσιώδεις τόσο στα STEAM όσο και στα παραδοσιακά μαθησιακά αντικείμενα [12].

Η επιστήμη, η τεχνολογία, η μηχανική, η τέχνη και τα μαθηματικά (STEAM), είναι γνωστικά πεδία που παρέχουν εργαλεία ιδιαίτερα σημαντικά τόσο στους δασκάλους όσο και στους μαθητές. Ιδιαίτερος είναι ο ρόλος της ρομποτικής στην εκπαίδευση STEAM, καθώς μπορεί να προσφέρει ποικίλους εναλλακτικούς τρόπους μάθησης, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση θεωρητικών και μη αντικειμένων [4].

Μελέτες για τη χρήση του STEAM δείχνουν ότι τα συγκεκριμένα εργαλεία μπορούν να συμβάλλουν στην διαμόρφωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας από την πρώιμη παιδική ηλικία έως και το πανεπιστήμιο, για αυτό και θεωρούνται καινοτόμα και πρωτοποριακά [1,5,8,10].

Σύμφωνα με τη προσέγγιση STEAM, οι μαθητές αλληλοεπιδρούν με εργαλεία και υλικά, χρησιμοποιώντας τις ήδη κεκτημένες γνώσεις και εμπειρίες για να δημιουργήσουν νέες [7]. Τα εργαλεία STEAM όπως η ρομποτική και ο προγραμματισμός, η ψηφιακή μοντελοποίηση και πρωτότυπα, τρισδιάστατη εκτύπωση, η ανάλυση δεδομένων, Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), η μηχανική μάθηση, η ανάπτυξη παιχνιδιών κλπ, προσφέρουν την ευκαιρία στους μαθητές να λύσουν προβλήματα του πραγματικού κόσμου και ταυτόχρονα να επεκτείνουν τις προσωπικές τους εμπειρίες και γνώσεις, να έχουν άμεση και εξατομικευμένη ανατροφοδότηση, να αποκτήσουν ικανότητες σχεδιασμού διαδικασιών σκέψης, επιστημονικών και επιχειρηματολογικών ικανοτήτων και τέλος να αναπτύξουν βασικές δεξιότητες Υπολογιστικής Σκέψης όπως δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων στην πραγματική/καθημερινή ζωή, αλγοριθμική σκέψη, καταμερισμός ενός προβλήματος σε μικρότερα κλπ, με αποτέλεσα να γίνονται ενεργοί μαθητές [1,2,6,7]. Μάλιστα καθώς έρχονται σε επαφή με φυσικές συσκευές, όπως τα ρομπότ και οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές, η διαδικασία γίνεται πιο ευχάριστη και διατηρείται το ενδιαφέρον του μαθητή [3],[12]. Στην σημερινή εποχή, καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, έχουν αναπτυχθεί και οι «έξυπνες συσκευές», με την χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης, οι οποίες μπορούν να συμβάλλουν στην διδασκαλία γνωστικών αντικειμένων, και ανάπτυξης βασικών δεξιοτήτων όπως της αλγοριθμικής σκέψης και της ικανότητας επίλυσης προβλημάτων [15].

Επιπλέον, η χρήση και αξιοποίηση της ρομποτικής τεχνολογίας και των τρισδιάστατων τεχνολογιών στην εκπαίδευση είναι μια προσέγγιση όπου οι μαθητές εξερευνούν, επινοούν, ανακαλύπτουν και εμπλέκονται σε πραγματικά προβλήματα και καταστάσεις και μετατρέπεται σε ένα συναρπαστικό εργαλείο για την ανάπτυξη δεξιοτήτων Υπολογιστικής Σκέψης μεταξύ των μαθητών [12].

Ο γενικός στόχος της ενασχόλησης με τα εργαλεία STEAM είναι να αυξηθεί η επάρκεια των μαθητών στις βασικές ικανότητες που είναι απαραίτητες για τη διαμόρφωση ενός εκπαιδευτικού περιβάλλοντος προς το 2030 [13] Η εκπαιδευτική ρομποτική έχει τη δυνατότητα να το πραγματοποιήσει ενσωματώνοντας κλάδους STEAM, κοινωνικές επιστήμες, ανθρωπιστικές επιστήμες, τέχνες και επιχειρηματικούς κλάδους καθώς μπορεί να υπηρετήσει τους ευρύτερους εκπαιδευτικούς στόχους αναγνωρίζονται και υποστηρίζονται από τα σύγχρονα εκπαιδευτικά συστήματα.

Επίσης, σύμφωνα με τη Jeannette M. Wing η επιστήμη των υπολογιστών έχει δημιουργήσει, μια τεχνολογία που έχει ριζικά μεταμορφώσει τη ζωή μας οικονομικά και κοινωνικά. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, συνειδητοποιήσαμε ότι η επιστήμη των υπολογιστών προσφέρει όχι μόνο χρήσιμα τεχνουργήματα λογισμικού και υλικού, αλλά και ένα πνευματικό πλαίσιο για τη σκέψη, αυτό που τα τελευταία χρόνια αποκαλούμε «υπολογιστική σκέψη». Τα οφέλη από την εκπαιδευτική ρομποτική και τα άλλα εργαλεία της επιστήμης των υπολογιστών είναι ότι αναπτύσσει την υπολογιστική σκέψη ώστε όλοι οι μαθητές να μπορούν να επωφεληθούν από αυτήν με στόχο να αποτελέσει μια θεμελιώδη δεξιότητα -όπως η ανάγνωση, η γραφή και η αριθμητική- που θα χρησιμοποιείται από όλους μέχρι τα μέσα του 21ου αιώνα [14].

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ-ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το Free and Open Source Software Bot (FOSSBot)[1] είναι ένα ρομπότ ανοιχτού κώδικα και ανοιχτού σχεδιασμού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς σε όλα τα επίπεδα του εκπαιδευτικού συστήματος, υποστηρίζοντας πολλές διαφορετικές δραστηριότητες και σενάρια διδασκαλίας. Τα μοναδικά χαρακτηριστικά του FOSSBot μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

(i) Τα σχέδια του ρομπότ είναι ανοιχτά και μπορούν να τροποποιηθούν ανάλογα, ώστε να υποστηρίζουν το περισσότερα σενάρια.

(ii) Τα πλαστικά μέρη του ρομπότ μπορούν να εκτυπωθούν σε τρισδιάστατο εκτυπωτή με πολύ χαμηλό κόστος. Οπότε αν κάποιο φθαρθεί μπορεί αρκετά εύκολα, να αντικατασταθεί.

(iii) Το FOSSBot περιλαμβάνει μια λίστα ηλεκτρονικών ειδών που μπορούν εύκολα να βρεθούν στην αγορά με χαμηλό κόστος. Όλα τα εξαρτήματα μπορούν να συναρμολογηθούν ακολουθώντας τις οδηγίες συναρμολόγησης που είναι επίσης δημόσια διαθέσιμες. Οποιαδήποτε ελαττωματικά ηλεκτρονικά εξαρτήματα μπορούν εύκολα να αντικατασταθούν.

(iv) Η στοίβα λογισμικού, η οποία είναι γραμμένη σε Python, είναι αρθρωτή και containerized, επομένως μπορεί εύκολα να επεκταθεί με περισσότερες λειτουργίες, επιτρέποντας στους χρήστες ρομπότ να το ενημερώσουν στην πιο πρόσφατη έκδοση με το πάτημα ενός κουμπιού.

(v) Το ρομπότ είναι αυτόνομο και τηλεχειριζόμενο, πράγμα που σημαίνει ότι ο καθένας μπορεί να συνδέσει το σε αυτό μέσω φορητού υπολογιστή, smartphone ή tablet ή μπορεί να συνδεθεί στο τοπικό δίκτυο μέσω του wifi.

(vi) Ο προγραμματισμός του ρομπότ μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους, με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικές ηλικίες και σε διαφορετικά περιβάλλοντα: i) απευθείας στην Python στο χαμηλότερο επίπεδο, ii) χρησιμοποιώντας διαδραστικά σημειωματάρια (Python Jupyter) στο μεσαίο επίπεδο, iii) χρησιμοποιώντας μια διεπαφή χωρίς κώδικα (Google Blockly) ή iv) χρησιμοποιώντας μια διεπαφή χρήστη που βασίζεται σε κουμπιά που εκτελεί προκαθορισμένα σενάρια κώδικα.

Στην επόμενη ενότητα αναφέρονται παραδείγματα άλλων εκπαιδευτικών ρομπότ, ενώ στις επόμενες ενότητες, γίνεται η ανάλυση του υλικού και του λογισμικού του FOSSBot αντίστοιχα. Εν συνεχεία παρουσιάζουμε τον τρόπο σχεδίασης του FOSSBot ώστε να ταιριάζει με τα εκπαιδευτικά σενάρια σε διαφορετικά επίπεδα ηλικίας και τέλος συνοψίζουμε τα επόμενα βήματά μας για την μελλοντική βελτίωση του ρομπότ και την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του στο μέγιστο βαθμό.

ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Η εξέλιξη και η ενσωμάτωση της εκπαιδευτικής ρομποτικής είναι κάτι που έχει ξεκινήσει εδώ και μερικές δεκαετίες, για να μπορέσει να χρησιμοποιείται τόσο έντονα στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ένα από τα μεγαλύτερα βήματα που έγιναν στον τομέα αυτό είναι η από την εταιρεία Lego, η οποία συνδύασε τα τουβλάκια Lego με ηλεκτρονικά στοιχεία, με αποτέλεσμα η κατασκευή ενός ρομπότ να μοιάζει σαν μια δραστηριότητα παιχνιδιού. Βασιζόμενα στην παραπάνω λογική, δηλαδή της συναρμολόγησης ρομπότ που έχουν την δυνατότητα να προγραμματιστούν, ακολούθησαν τα ρομποτικά κιτ στον τομέα της εκπαίδευσης, όπως η σειρά Mindstorm και Wedo ή το Bee-Bot ή το ερευνητικό ρομπότ Hydra [9], που βασίζεται σε Arduino και χρησιμοποιεί Blockly μπλοκς.

Το FOSSBot έχει τις ρίζες του σε ένα άλλο ρομπότ ανοιχτού κώδικα και ανοιχτού σχεδιασμού, που

1 https://github.com/eellak/fossbot

σχεδιάστηκε το 2019, ως μέρος του έργου Google Summer of Code[2]. Αυτό ήταν επίσης ένα ρομπότ με τρισδιάστατα εκτυπώσιμα μέρη και αρθρωτό σχέδιο. Το FOSSBot χρησιμοποιεί Blockly μπλοκ όπως και το Hydra, αλλά πολύ περισσότερα σε αριθμό, και επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολύ μεγαλύτερο εύρος ηλικιών, σε σχέση με τα προαναφερθέντα ρομπότ, που το καθένα από αυτά απευθύνεται σε συγκεκριμένες ηλικίες.

ΣΥΣΤΗΜΑ

Το FOSSBot ανήκει στην κατηγορία DIY (Do It Yourself), με την λογική ότι μπορεί εύκολα να κατασκευαστεί και από άλλα άτομα πέρα από τους δημιουργούς του ή ακόμα η διαδικασία αποσυναρμολόγησης και επανασυναρμολόγησης μπορεί να αποτελέσει κομμάτι εκπαιδευτικής διαδικασίας στα πλαίσια του σχολείου. Αυτό είναι εφικτό, καθώς το FOSSBot είναι κατασκευασμένο από ηλεκτρονικά υλικά που μπορούν να βρεθούν εύκολα στο εμπόριο με χαμηλό κόστος ενώ τα πλαστικά μέρη είναι εύκολα εκτυπώσιμα.

Εικόνα 1: Πάνω όψη του FOSSBot

3D ΕΚΤΥΠΩΣΙΜΑ ΜΕΡΗ

Τα πλαστικά μέρη, πέρα από τις ρόδες, είναι εκτυπώσιμα σε τρισδιάστατο εκτυπωτή και ο συνολικός χρόνος εκτύπωσης δεν ξεπερνά τις 36 ώρες. Ταυτόχρονα, καθώς τα σχέδια είναι ανοικτά, κάθε ομάδα μπορεί να τα αναπροσαρμόσει ανάλογα με τις ανάγκες της και τα ηλεκτρονικά που θέλει να προσθέσει. Αξίζει να αναφέρουμε ότι το σώμα του ρομπότ έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνει την διαδικασία συναρμολόγησης του. Αυτό έχει επιτευχθεί αφού στο εσωτερικό του ρομπότ έχουν σχεδιαστεί θήκες, προσαρμοσμένες στα ηλεκτρονικά στοιχεία, ώστε αυτά να τοποθετούνται στις αντίστοιχες θέσεις και να μην μετακινούνται κατά την διάρκεια χρήσης του ρομπότ. Ακόμα, στην εξωτερική επιφάνεια υπάρχουν εκτυπωμένα σύμβολα που υποδεικνύουν την θέση του κάθε αισθητήρα. Τα σύμβολα βοηθούν και τους εκπαιδευτικούς για να γνωρίζουν την θέση των αισθητήρων π.χ. ηχείο, led κλπ. Ο κατακόρυφος σωλήνας που διατρέχει από πάνω προς τα κάτω το κύριο σώμα του ρομπότ επιτρέπει την προσάρτηση ενός μολυβιού ή ενός μαρκαδόρου, ώστε μετακινώντας το FOSSBot σε μια περιοχή καλυμμένη με χαρτί να μπορούν να δημιουργηθούν σχήματα.

Τα τυπωμένα πλέγματα στην μπροστινή και την επάνω πλευρά του ρομπότ βοηθούν να διατηρούνται δροσερά τα ηλεκτρικά μέρη. Η υποδοχή φόρτισης του ρομπότ, ο διακόπτης on/off και ο μοναδικός βρόχος για τη ρυμούλκηση μικρών αντικειμένων βρίσκονται όλα στο πίσω μέρος. Ο βρόχος χρησιμεύει επίσης για την προστασία του ρομπότ από μικρές συγκρούσεις. Πάνω από τους τροχούς βρίσκονται δύο τυπωμένα σπόιλερ τόσο για την προστασία των τροχών όσο και για την αισθητική σχεδίαση του ρομπότ.

2 https://github.com/eellak-gsoc2021/diyrobot

Η επάνω επιφάνεια του ρομπότ χωρίζεται σε δύο κομμάτια. Ένα κάλυμμα που στερεώνεται στο κύριο σώμα χρησιμοποιώντας μοναδικά κλιπ αποτελεί το αρχικό εξάρτημα. Το κύριο κάλυμμα μπορεί να ενωθεί με το πάνω κάλυμμα χρησιμοποιώντας μια εύκολη λειτουργία περιστροφικής κίνησης και κλειδώματος. Μπορεί εύκολα να αφαιρεθεί για να δώσει πρόσβαση στο εσωτερικό του ρομπότ και μπορεί επίσης να υποστηρίξει μια βάση από τούβλα Lego, επιτρέποντας την προσθήκη περισσότερων τούβλων στην κορυφή του ρομπότ. Αυτή η επιλογή δίνει τη δυνατότητα στους δασκάλους των χαμηλότερων τάξεων να συνδυάσουν FOSSBot με άλλα έργα Lego και μπορεί να βοηθήσει στην προσθήκη νέων δραστηριοτήτων στο FOSSBot.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ

Η επιλογή των ηλεκτρονικών στοιχείων έγινε με ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να επιλεγούν τα κατάλληλα ηλεκτρονικά που είναι εύκολα αναζητήσιμα στην αγορά και συμβατά με Raspberry Pi, έχουν μικρό κόστος αλλά προσφέρουν και τις μέγιστες δυνατότητες στο ρομπότ. Η λίστα των ηλεκτρονικών περιλαμβάνει τα ακόλουθα: γυροσκόπιο, επιταχυνσιόμετρο, δύο χιλιομετρητές, δύο κινητήρες για τους τροχούς, RGB LED, επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λιθίου και αισθητήρας μπαταρίας για τη μέτρηση της ισχύος τους, αντίσταση φωτογραφίας, αισθητήρας απόστασης υπερήχων, ηχείο και τέλος κενό/απόσταση υπέρυθρων αισθητήρας. Η χρήση των παραπάνω ηλεκτρονικών στοιχείων με χαμηλό κόστος και ευκολία εύρεσής τους δίνει τη δυνατότητα κατασκευής του FOSSBot με κόστος μικρότερο από 200 δολλάρια. Παράλληλα, μεγιστοποιεί την ικανότητα επισκευής το ρομπότ αντικαθιστώντας το ελαττωματικό μέρος ή εκτυπώνοντας το φθαρμένο πλαστικό μέρος.
Όλα τα ηλεκτρονικά στοιχεία του ρομπότ συνδέονται πάνω στην πλακέτα. Μερικές από τις πλακέτες που εξετάστηκαν ως πιθανές επιλογές ήταν οι Raspberry Pi (Zero or 4), Arduino MKR και ESP32. Εν τέλει η πλακέτα που επιλέχτηκε είναι η Raspberry Pi Zero, με πρόσβαση στο Ίντερνετ και δυνατότητα χρήσης της ολοκληρωμένης έκδοσης της γλώσσας προγραμματισμού Python και των βιβλιοθηκών της καθώς και του Docker για την συνεχή ενημέρωση του λογισμικού.

Εικόνα 2: Ηλεκτρονικά στοιχεία του FOSSBot

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΟΥ FOSSBOT

Το FOSSBot βασίζεται σε μια αρθρωτή στοίβα λογισμικού που του επιτρέπει να υλοποιεί τα διάφορες λειτουργίες προγραμματισμού, να ενορχηστρώνει τα πάντα μέσω του GUI και να ελέγχει το υλικό με εύκολο τρόπο μέσω μιας βιβλιοθήκης λογισμικού που παίζει το ρόλο του λειτουργικού συστήματος FOSSBot. Η στοίβα αυτή περιλαμβάνει το Google Blockly, το Python Jupyter, το Python Flask που φιλοξενεί το GUI του FOSSBot, την βασική βιβλιοθήκη FOSSBot γραμμένη σε Python που ελέγχει το υλικό του ρομπότ και τέλος την χειροκίνητη λειτουργία που προσφέρει στους χρήστες μέσω μιας διεπαφής χρήστη, δηλαδή έναν τρόπο ελέγχου του ρομπότ χωρίς καμία γνώση προγραμματισμού.

Το λογισμικό του FOSSBot έχει δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας τις πιο πρόσφατες εκδόσεις των παραπάνω τεχνολογιών, συμπεριλαμβάνοντας και του Docker, της συνεχούς ενοποίησης και της λογικής ενοποίησης μικροϋπηρεσιών (CI). Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, ο προγραμματισμός του ρομπότ μπορεί να γίνει με διαφορετικούς τρόπους που ακολουθούν και αναλύονται.

Εικόνα 3: Λογισμικό

ΤΡΟΠΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τρόποι χρήσης του FOSSBot, όπως απεικονίζονται και στην παραπάνω εικόνα. Η χρήση της διεπαφής του FOSSBot επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει έναν από τους πιθανούς τρόπους χρήσης:

1. της διεπαφής χρήσης του ρομπότ χωρίς τη χρήση κώδικα που είναι κατάλληλη για παιδιά προσχολικής ηλικίας και παρουσιάζει τις κύριες δυνατότητες του ρομπότ, για παράδειγμα μετακίνηση του ρομπότ προς τα μπροστά ή πίσω,
2. της διεπαφής γραφικού προγραμματισμού που βασίζεται σε μπλοκ που εστιάζει σε μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης
3. της διεπαφής συγγραφής κώδικα σε σημειωματάρια (notebooks) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία μαθητών Λυκείου Μαθητές Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και διδάσκοντας στους μαθητές τις βασικές αρχές του προγραμματισμού Python (όπως βρόχους, συνθήκες, συμβάντα κ.λπ.).
4. της διεπαφής συγγραφής κώδικα σε Python απευθείας στο κέλυφος προγραμματισμού του FOSSBot, ελέγχοντας απευθείας τα ηλεκτρονικά στοιχεία σε χαμηλό επίπεδο.

ΣΥΝΕΧΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΝΗΜΕΡΩΣΕΙΣ

Το FOSSBot αποτελείται από ένα σύστημα μοντέρνας αρχιτεκτονικής, με κάθε κομμάτι του λογισμικού να βρίσκεται σε ξεχωριστό docker image, που επιτρέπει τη διαρκή ολοκλήρωση μέσω αναβαθμίσεων του λογισμικού του. Η προσέγγιση της διαρκούς ολοκλήρωσης (Continuous Integration - CI) επιτυγχάνεται μέσω του Github, το οποίο πέρα από ότι είναι ένα αποθετήριο κώδικα, διαθέτει και εργαλεία για την σωστή οργάνωση και συνεργασία των μελών της ομάδας αλλά και την συνεχή αναβάθμιση και ενημέρωση των αρχείων του λογισμικού του ρομπότ. Πέρα από το Github, χρησιμοποιείται και το Docker Hub, στο οποίο προωθούνται οι αλλαγές που γίνονται κάθε φορά στον κώδικα στο Github, ώστε να υπάρχει διαθέσιμη η εικόνα της τελευταίας.

ΠΙΛΟΤΟΣ FOSSBOT

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες ενότητες, το FOSSBot προσφέρει ποικίλους τρόπους δημιουργίας εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων για παιδιά και μαθητές όλων των βαθμίδων. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση διαφορετικών αισθητήρων και ηλεκτρονικών στοιχείων.

Το FOSSBot υποστηρίζεται από τον Οργανισμό Ανοικτών Τεχνολογιών (ΕΕΛΛΑΚ), ενώ υπάρχει στενή συνεργασία με εξειδικευμένη ομάδα εκπαιδευτών STEAM από την ΕΕΛΛΑΚ για την προσεκτική σχεδίαση εκπαιδευτικού υλικού. Παράλληλα, συνεχώς βελτιώνεται η διεπαφή διαχείρισης και διευρύνεται η βάση των blockly blocks για την υποστήριξη των αναδυόμενων εκπαιδευτικών αναγκών και ιδεών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΟΜΕΝΑ ΒΗΜΑΤΑ

Από την πρώτη στιγμή, το FOSSBot έχει ήδη βρει υποστήριξη από ομάδες ανοιχτού λογισμικού, όπως η ΕΕΛΛΑΚ και φυσικά τους φοιτητές και καθηγητές από ελληνικά πανεπιστήμια που αγκάλιασαν την όλη προσπάθεια. Ωστόσο, υπάρχει ακόμη χώρος για βελτίωση, προκειμένου να γίνει το FOSSBot ανταγωνιστικό σε σχέση με τις υπάρχοντες εμπορικές λύσεις. Ο κύριος στόχος μας είναι να λυθούν τυχόν ζητήματα που σχετίζονται με το λογισμικό του FOSSBot καθώς και να γίνει απλοποίηση της διαδικασίας της συναρμολόγησής του, με τον σχεδιασμό ειδικής πλακέτας για την ενσωμάτωση των περισσότερων καλωδιώσεων.

Τα επόμενα βήματα αφορούν επίσης την αξιοποίηση του FOSSbot στην καθημερινή εκπαιδευτική διαδικασία, την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στη χρήση και αξιοποίηση του FOSSbot και τέλος την αξιολόγησή του από την εκπαιδευτική κοινότητα. Απαιτείται περαιτέρω εργασία για να κατανοηθεί πλήρως η συνδρομή του στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων των μαθητών, πόσο και αν επηρεάζει την συνολική απόδοσή των μαθητών σε εμπλεκόμενα με τις δραστηριότητες γνωστικά αντικείμενα και εάν οι μαθητές μέσω της ενασχόλησης με το FOSSbot αναπτύσσουν δεξιότητες Υπολογιστικής Σκέψης. Επίσης θα μπορούσε να τροφοδοτήσει περαιτέρω έρευνα για να διερευνηθεί αν η αξιοποίηση του FOSSbot βελτιώνει τις σχέσεις των παιδιών με την τεχνολογία πριν και μετά την ενασχόλησή τους με αυτό. Θα μπορούσε επίσης, να διερευνηθεί η σχέση μεταξύ των σκέψεων των μαθητών για το μελλοντικό τους επάγγελμα και των δεξιοτήτων Υπολογιστικής Σκέψης των μαθητών, καθώς και τα κίνητρα αγοριών και κοριτσιών που σχετίζονται με τις ανάγκες τους για ανάπτυξη συγκεκριμένων δεξιοτήτων. Τέλος, μια άλλη διερεύνηση αφορά στην ηλικία των μαθητών και την υποχρεωτική ή εθελοντική ενασχόληση και αξιοποίηση του FOSSbot με τα διδασκόμενα αντικείμενα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν τους φοιτητές από το Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο που υποστήριξαν την ανάπτυξη και τη συναρμολόγηση του FOSSBot μέχρι τώρα: Θανάση Αποστολίδη, Δημήτρη Χαρίτο, Γιώργο Καζάζη. Επίσης τους φοιτητές του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου που συνέβαλαν με κώδικα στο GSoC: Γιώργο Γιαννακούλια, Δανάη Μπρίλλη. Τέλος, τους ανθρώπους του Οργανισμού Ανοικτών Τεχνολογιών ΕΕΛΛΑΚ που πίστεψαν στο FOSSBot και υποστηρίζουν την προσπάθεια από την πρώτη στιγμή.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, σσ. 6, 63–71.
2. Benitti, F. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, σσ. 58, 978-988.
3. Eguchi, A., & Shen, J. (2012). Student learning experience through CoSpace educational robotics. In Proceedings of the Society for Information Technology & Teacher Education

International Conference. *Association for the Advancement of Computing in 429*.
4. Evripidou, S., Georgiou, K., Doitsidis, L., Amanatiadis, A., Zinonos, Z., & Chatzichristofis, S. (χ.χ.). Educational robotics: Platforms, competitions and expected learning outcomes. doi:10.1109/ACCESS.2020.3042555
5. Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, σσ. 7, 1–16.
6. Miglino, O., Lund, H., & Cardaci, M. (1999). Robotics as an educational tool. *Journal of Interactive Learning Research*.
7. Shen, V., Yang, C., Wang, Y., & Lin, Y. (2012). Application of high-level fuzzy Petri nets to educational grading system. *Systems with Applications*, σσ. 39, 12935–12946.
8. Stager, G. (2010). *A constructionist approach to teaching with robotics. In Proceedings of the Proceedings of Constructionism and Creativity Conference.* Paris, France.
9. Tsalmpouris, G., Tsinarakis, G., Gertsakis, N., Chatzichristofis, S. A., & Doitsidis, L. (2021). HYDRA: Introducing a Low-Cost Framework for STEM Education Using Open Tools. Electronics, 10(24), 3056.
10. Wan, Z., Jiang, Y., & Zhan, Y. (2021). STEM education in early childhood: A review of empirical studies. *Early Education and Development*, σσ. 32, 940–962.
11. OECD (2018), PISA 2018 Results (Volume I), Excellence and Equity in Education, Retrieved from https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2018-results-volume-i_5f07c754-en
12. Angelopoulos, P., Balatsoukas, A., & Nistor, A. (2022). The Use of 3D Technologies to Support Computational Thinking in STEM Education. In I. Management Association (Ed.), Research Anthology on Computational Thinking, Programming, and Robotics in the Classroom (pp. 573-608). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-6684-2411-7.ch027
13. Nemorin S., Selwyn N., (2016). Making the best of it? Exploring the realities of 3D printing in school. Research Papers in Education 32. 1-18. 10.1080/02671522.2016.1225802
14. Wing, J. (2017). Computational thinking's influence on research and education for all. Italian Journal of Educational Technology, 25(2), 7-14. Ortona, Italy
15. Balanskat A., Engelhardt K., Licht A.H., (2018). Strategies to include computational thinking in school curricula in Norway and Sweden, European Schoolnet's Study Visit. European Schoolnet, Brussels, retrieved by http://www.eun.org/documents/411753/817341/Computational_thinking_report_2018pdf/4d3d6fa0-dedd-4b62-a201-a26bf4dfd3a0

Πρόγραμμα σπουδών για την αειφόρο ανάπτυξη μέσα από τη τρισδιάστατη σχεδίαση: αποτελέσματα από την πιλοτική λειτουργία ομίλου

Μαΐδου Ανθούλα[1], Πολάτογλου Χαρίτων[2]
anthoula.maidou@gmail.com, hariton@auth.gr
[1] Αρχιτέκτονας Μηχανικός, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, 2ο Πρότυπο Γυμνάσιο Θεσσαλονίκης,
[2] Καθηγητής Τμήματος Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πολλά σύγχρονα προβλήματα, όπως η κλιματική κρίση, οι πανδημίες, πόλεμοι, η οικονομική ύφεση κλπ., αποτελούν προβλήματα της αειφόρου ανάπτυξης. Για να μπορέσουν να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα θα πρέπει οι άνθρωποι να αλλάξουν νοοτροπία σε παγκόσμιο επίπεδο και να συνεργαστούν για την προώθηση των στόχων αειφορίας. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει η εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη να εισαχθεί σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες.

Η τρισδιάστατη σχεδίαση είναι ένας αναπτυσσόμενος τομέας που χρησιμοποιείται σε όλο και περισσότερους παραγωγικούς τομείς, καθώς και στην εκπαίδευση. Το σχολικό έτος 2021-22 οργανώθηκε σε πρότυπο γυμνάσιο όμιλος τρισδιάστατης σχεδίασης με σκοπό την εξοικείωση των μαθητών/τριών με τη τρισδιάστατη σχεδίαση ως μέσο επικοινωνίας και έκφρασης για την εκπαίδευση στην αειφόρο ανάπτυξη και την καλλιέργεια των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα. Ακολουθήθηκε η μεθοδολογία της έρευνας δράσης και επιπλέον χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο πριν και στο τέλος της λειτουργίες του ομίλου για να διερευνηθούν οι γνώσεις και απόψεις των μαθητών/τριών για την τρισδιάστατη σχεδίαση. Από την ανάλυση του ερωτηματολογίου φάνηκε ότι η τρισδιάστατη σχεδίαση αποτέλεσε κατάλληλο μέσο για την εξοικείωση τους με τη σχεδιαστική σκέψη και τις έννοιες της αειφορίας, καθώς και για την ανάπτυξη των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Τρισδιάστατη σχεδίαση, Tinkercad, αειφόρος ανάπτυξη, σχεδιαστική σκέψη, δεξιότητες*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη

Πολλά από τα κρίσιμα προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα σήμερα, όπως είναι η κλιματική αλλαγή (Mochizuki & Bryan, 2015), η συσσώρευση πλαστικών απορριμμάτων (Kerscher, 2019), πλαστικά σωματίδια που εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα με πρωτόγνωρο τρόπο (Waring, Harris & Mitchell, 2018), πανδημίες, πρόσβαση σε ποιοτική εκπαίδευση για όλους (OECD netFWD, 2019), θέματα ισότητας των φύλων κλπ. αποτελούν θέματα της αειφόρου ανάπτυξης (ΑΑ). Αυτά τα προβλήματα απαιτούν υψηλή προτεραιότητα και συλλογικές προσπάθειες από όλους σε παγκόσμιο επίπεδο. Για να μπορέσουν όμως να επιτευχθούν αλλαγές θα πρέπει οι άνθρωποι να αποκτήσουν γνώσεις, καθώς και θετικές στάσεις σχετικά απέναντι στην ΑΑ, ώστε να θελήσουν να αναλάβουν δράση (Brandt et al., 2019; Edwards et al., 2020; Tomas, Girgenti & Jackson, 2017).

Ο ρόλος των εκπαιδευτικών είναι ουσιαστικός και μπορούν να συνδράμουν προς αυτή την κατεύθυνση, γιατί μέσα από τη διδασκαλία τους μπορούν να συνεισφέρουν στο να αποκτήσουν οι μαθητές τις απαραίτητες γνώσεις αλλά και θετικές στάσεις απέναντι στα προβλήματα της αειφορίας. Υπάρχει λοιπόν ανάγκη να συμπεριληφθεί η Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπυξη (ΕΑΑ) σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευση, ξεκινώντας από την προσχολική εκπαίδευση (Bascopé, Perasso & Reiss, 2019; Buil, Roger-Loppacher & Tintoré, 2019).

Τρισδιάστατη σχεδίαση

Η τρισδιάστατη σχεδίαση και εκτύπωση βρίσκουν όλο και περισσότερες εφαρμογές στη βιομηχανική παραγωγή, καθώς ανακαλύπτονται συνεχώς νέες εφαρμογές που εκμεταλλεύονται τις λειτουργίες και δυνατότητές τους. Πέρα όμως από τη βιομηχανική παραγωγή, η τρισδιάστατη σχεδίαση και εκτύπωση δίνει την ευκαιρία σε όλους να συμμετάσχουν στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση (López & Ibáñez, 2021; Maynard, 2015; Pereira Pessôa & Jauregui Becker, 2020; Philbeck & Davis, 2019; Pitsis, Beckman, Steinert, Oviedo & Meisch, 2020), δηλαδή στον εκδημοκρατισμό της κατασκευής αντικειμένων και μηχανών, επειδή με ελάχιστα έξοδα μπορεί ο

καθένας να σχεδιάσει και να εκτυπώσει εξαρτήματα μιας συσκευής ή και μια ολόκληρη συσκευή για τις ανάγκες του (Steenhuis, Fang & Ulusemre, 2020).

Η χρήση τεχνολογιών τρισδιάστατης σχεδίασης και εκτύπωσης στην εκπαίδευση υιοθετήθηκε αρχικά από αρχιτέκτονες και μηχανικούς ήδη από τη δεκαετία του 90 (Bøhn, 1997; Celani, 2012; Stamper & Dekker, 2000; Stier & Brown, 2000; Paio, Eloy, Rato, Resende & de Oliveira, 2012), ενώ θεωρούνται επίσης χρήσιμες διδακτικές προσεγγίσεις στην εκπαιδευτική διαδικασία (Canessa, Fonda, & Zennaro, 2013), επειδή μπορούν να διευκολύνουν τη μάθηση, να αναπτύξουν δεξιότητες και να αυξήσουν τη συμμετοχή των μαθητών (Berry, ed al., 2012), να εμπνέουν τη δημιουργικότητα, να βελτιώνουν τη στάση απέναντι σε θέματα STEM, καθώς και να προωθήσουν σταδιοδρομίες STEM, ενώ βρέθηκε ακόμη ότι αυξάνουν το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών (Horowitz & Schultz, 2014). Οι Ford και Minshalla (2019) πραγματοποίησαν έρευνα για τη χρήση των τεχνολογιών σχεδιασμού και εκτύπωσης στην εκπαίδευση και βρήκαν ότι χρησιμοποιείται σε σχολεία, πανεπιστήμια, βιβλιοθήκες καθώς και στην ειδική αγωγή. Επιπλέον ανέλυσαν τον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι τεχνολογίες τρισδιάστατης σχεδίασης και εκτύπωσης στην εκπαίδευση και προσδιόρισαν έξι τρόπους (Ford & Minshalla, 2019):

1. για τη διδασκαλία της τρισδιάστατης σχεδίασης και εκτύπωσης σε μαθητές
2. για τη διδασκαλία της τρισδιάστατης σχεδίασης και εκτύπωσης εκπαιδευτικούς
3. για τη διδασκαλία δεξιοτήτων σχεδιασμού και μεθόδων
4. για την παραγωγή αντικειμένων που βοηθούν τη μαθησιακή διαδικασία
5. για τη δημιουργία βοηθητικών τεχνουργημάτων για άτομα με αναπηρίες και
6. για την υποστήριξη δραστηριοτήτων εξωστρέφειας.

Τα τρισδιάστατα σχέδια μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στην εκπαίδευση και ιδιαίτερα στην εξ' αποστάσεως διδασκαλία, επειδή προσφέρουν τη δυνατότητα στους μαθητές/τριες να περιεργαστούν ένα μοντέλο από διάφορες οπτικές γωνίες, ώστε να το κατανοήσουν καλύτερα. Αν και θεωρείται συνήθως συνυφασμένη με μαθήματα STEM, η τρισδιάστατη σχεδίαση και εκτύπωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα μαθήματα, όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων (Ford & Minshalla, 2019), ενώ χρησιμεύει ακόμη στην συμπεριληπτική μάθηση ατόμων με οπτικές αναπηρίες, προσφέροντας την απτική εμπειρία στα παιδιά αυτά (Cavanaugh & Eastham, 2017; Kolitsky, 2014).

Υπάρχουν πολλά λογισμικά τρισδιάστατης σχεδίασης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με τις σχεδιαστικές ανάγκες, όπως για παράδειγμα δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων για τον σχεδιασμό κτηρίων, μηχανολογικών κατασκευών, χρήση της τρισδιάστατης σχεδίασης για την δημιουργία έργων ζωγραφικής, γλυπτικής, γραφιστικής, δημιουργία τρισδιάστατων κόσμων και χαρακτήρων, δημιουργία βιντεοπαιχνιδιών και δημιουργία animation. Για την εκπαιδευτική διαδικασία και για την εισαγωγή των μαθητών στη λογική του τρισδιάστατου σχεδιασμού κρίναμε καταλληλότερη τη χρήση της πλατφόρμας Tinkercad, επειδή προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα στην εκπαιδευτική διαδικασία όπως:

1. Δεν χρειάζεται να γίνει εγκατάσταση του λογισμικού στον υπολογιστή του χρήστη.
2. Χρειάζεται μόνο δημιουργία λογαριασμού και σύνδεση στη πλατφόρμα μέσω διαδικτύου.
3. Είναι πολύ φιλικό προς το χρήστη, προσφέροντας πολλά βασικά αντικείμενα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργηθούν σύνθετα αντικείμενα, όπως για παράδειγμα κύβοι, κύλινδροι και σφαίρες. Η λογική του Tinkercad βασίζεται σε συμπαγή και κενά σχήματα που μπορούν να συνδυαστούν για να δημιουργηθούν νέα σύνθετα σχήματα (Griffey, 2014).
4. Υπάρχει η δυνατότητα να μοιράσει κάποιος τα έργα του με τους υπόλοιπους χρήστες, οι οποίοι μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν αυτούσια ή να τα τροποποιήσουν για τις ανάγκες μιας νέας κατασκευής.
5. Ένας εκπαιδευτικός μπορεί να δημιουργήσει τάξεις, μέσα από τις οποίες οι μαθητές/τριες μπορούν να αλληλεπιδράσουν μόνο με τον εκπαιδευτικό και όχι με το εκτός τάξης περιβάλλον του Tinkercad, προσφέροντας έτσι ένα ασφαλές περιβάλλον εργασίας στους μαθητές/τριες.
6. Επειδή δεν χρειάζεται εγκατάσταση του λογισμικού σε υπολογιστές οι μαθητές μπορούν να ξεκινήσουν ένα έργο στο σχολείο και να το τελειώσουν στο σπίτι τους.
7. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να δει όλα τα έργα των μαθητών/τριών των τάξεών του και αν θέλει, μπορεί να τα προβάλλει στην τάξη για ανάδραση, σχολιασμό και δημιουργική συζήτηση.
8. Η πλατφόρμα του Tinkercad επιτρέπει επιπλέον το διαμοιρασμό έργων και την ομαδική εργασία και επεξεργασία τους.
9. Η χρήση του Tinkercad είναι ελεύθερη.

10. Τα τρισδιάστατα σχέδια που δημιουργούνται στο Tinkercad μπορούν να εκτυπωθούν από τρισδιάστατους εκτυπωτές ή μηχανές κοπής λέιζερ (Chun, 2021; Chou, 2020; Jung & Lee, 2017; Ng, 2017; Özdemir et al., 2017), ενώ υπάρχουν ακόμη προγράμματα που μπορούν να δημιουργήσουν το ανάπτυγμα των σχεδίων.

Η τρισδιάστατη σχεδίαση μπορεί να συνεισφέρει στην ανάπτυξη των ήπιων δεξιοτήτων, όπως είναι οι δεξιότητες του 21ου αιώνα, αλλά και της επίλυσης προβλημάτων, της ενσυναίσθησης, της κοινωνικής ευαισθησίας κλπ. Οι Hite και McIntosh (2020) βρήκαν ότι αναπτύσσεται η κριτική σκέψη, η δημιουργικότητα και η ενσυναίσθηση, ενώ η συνεργασία και η επικοινωνία αναπτύχθηκαν λιγότερο. Η έρευνα των Coşkun και Deniz (2022) έδειξε ότι οι μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης θεωρούν ότι η τρισδιάστατη σχεδίαση συνεισφέρει στην ανάπτυξη της σχεδιαστικής τους ικανότητας, της επικοινωνίας, της συνεργασίας, της δημιουργικότητας και των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων.

Σκοπός της μελέτης και ερευνητικά ερωτήματα

Η ερευνητική μας ομάδα ST3dM οργανώνει εδώ και τέσσερα χρόνια, από το 2018 Πανελλήνιο μαθητικό διαγωνισμό, εγκεκριμένο από το Υπουργείο Παιδείας, για την προώθηση της τρισδιάστατης σχεδίασης και εκτύπωσης στην εκπαιδευτική διαδικασία. Στα πλαίσια αυτά προωθούμε συστηματικά την τρισδιάστατη σχεδίαση και εκτύπωση σε μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης με τη διοργάνωση εργαστηρίων σε πανελλήνια συνέδρια και μαθητικά φεστιβάλ, τη δημιουργία μαθημάτων MOOC στο moodle για την εκπαίδευση εκπαιδευτικών και μαθητών/τριών στην τρισδιάστατη σχεδίαση και τη διοργάνωση 2 Πανελλήνιων συνεδρίων για την προώθηση της τρισδιάστατης σχεδίασης και εκτύπωσης. Μέσα από το moodle επιμορφώθηκαν περισσότεροι από 500 εκπαιδευτικοί στην τρισδιάστατη σχεδίαση που με τη σειρά τους δούλεψαν με ομάδες μαθητών/τριών στα σχολεία τους από διάφορα μέρη της Ελλάδας για να δημιουργήσουν σχέδια για τεχνουργήματα σύμφωνα με την εκάστοτε θεματική του διαγωνισμού για την αντίστοιχη εκπαιδευτική βαθμίδα. Όλα αυτά πραγματοποιήθηκαν σε εθελοντική βάση από το ενδιαφέρον των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών και των ομάδων των μαθητών, εκτός αναλυτικών προγραμμάτων.

Στην εργασία αυτή εξετάζουμε πώς μπορούμε να προχωρήσουμε την ερευνητική διαδικασία αυτή από την μη-τυπική εκπαίδευση και σε δυνατότητες που παρέχονται στην τυπική εκπαίδευση. Ως πρώτο βήμα χρησιμοποιήσαμε τη διαδικασία των ομίλων σε πρότυπα ή πειραματικά σχολεία. Συγκεκριμένα δημιουργήσαμε όμιλο τρισδιάστατης σχεδίασης σε πρότυπο γυμνάσιο. Στα σχολεία αυτά υπάρχει δυνατότητα να δοκιμαστούν αναλυτικά προγράμματα και να διερευνηθεί η επίδρασή τους στους μαθητές/τριες. Ο κανονισμός λειτουργίας των σχολείων αυτών προβλέπει ότι «οι όμιλοι έχουν σκοπό την ανάπτυξη των ιδιαίτερων ικανοτήτων, κλίσεων και ενδιαφερόντων των μαθητών, τόσο των μαθητών/τριών των Προτύπων και Πειραματικών Σχολείων όσο και άλλων σχολείων της δημόσιας εκπαίδευσης. Λειτουργούν μετά τη λήξη των μαθημάτων του ημερησίου ωρολογίου προγράμματος. Οι όμιλοι αφορούν γνωστικούς τομείς όπως τα μαθηματικά, τις φυσικές επιστήμες, τη γλώσσα, τη λογοτεχνία, τα νέα γνωστικά αντικείμενα όπως η αστρονομία, η ρομποτική κ.λπ. καθώς και λοιπά πεδία όπως τα εικαστικά, ο αθλητισμός κ.ά., και έχουν ως σκοπό τόσο στην ολόπλευρη ανάπτυξη των μαθητών όσο και στην ανάπτυξη της δημιουργικότητας και την προώθηση της αριστείας και της καινοτομίας» (Κανονισμός λειτουργίας ομίλων, 2020).

Η δυσκολία του εκπαιδευτικού σχεδιασμού του ομίλου βρισκόταν στην διπλή δυσκολία που διαπιστώθηκε ότι παρουσιάζει η εισαγωγή της τρισδιάστατης σχεδίασης σε μαθητές/τριες, δηλαδή ενώ τα προγράμματα σχεδίασης θα μπορούσαν να αναπτύξουν τη δημιουργικότητα και σχεδιαστική σκέψη των μαθητών/τριών, πολλές φορές αναλώνεται η εκπαιδευτική διαδικασία στην εκμάθηση του προγράμματος και έτσι δεν επιτυγχάνεται πλήρως η ανάπτυξη της δημιουργικότητας και της σχεδιαστικής σκέψης των μαθητών/τριών (Leinonen, Virnes, Hietala & Brinck, 2020). Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε να προχωρήσει σταδιακά η εκμάθηση του προγράμματος και κάθε φορά που μαθαίνουν βασικές εντολές να προχωρούν στη δημιουργία έργων όπου εφαρμόζονται αυτές οι εντολές. Από την άλλη μεριά μας ενδιέφερε να ερευνήσουμε την εισαγωγή της εκπαίδευσης στην αειφόρο ανάπτυξη στην τυπική εκπαίδευση. Ο τρόπος που επιλέξαμε είναι με την εκμάθηση των λειτουργιών του σχεδιαστικού προγράμματος να σχεδιάσουμε ένα πρόγραμμα σπουδών για την αειφόρο ανάπτυξη. Αυτό περιλαμβάνει σειρά μαθημάτων με projects και τη δημιουργία τεχνουργημάτων για όψεις τις αειφόρου ανάπτυξης.

Στην εργασία αυτή θα παρουσιαστούν τα ευρήματα από την οργάνωση και λειτουργία ομίλου τρισδιάστατης σχεδίασης σε πρότυπο γυμνάσιο. Η έρευνα αυτή βασίστηκε στα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

- Ποιες είναι οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών για τις νέες τεχνολογίες και τη τρισδιάστατη σχεδίαση;
- Συνεισέφερε η οργάνωση του ομίλου με θεματική την αειφορία στο να δημιουργήσουν αειφόρες λύσεις μέσω του τρισδιάστατου σχεδιασμού;
- Αναπτύχθηκαν ήπιες δεξιότητες μέσα από την ενασχόληση των μαθητών με την τρισδιάστατη σχεδίαση;

ΜΕΘΟΔΟΣ

Για την εισαγωγή των μαθητών/τριών στη τρισδιάστατη σχεδίαση χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Tinkercad για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Ο όμιλος λειτούργησε για πρώτη φορά τη φετινή σχολική χρονιά 2021-2022. Στον όμιλο συμμετείχαν συνολικά 14 μαθητές/τριες, 4 κορίτσια και 10 αγόρια από όλες τις τάξεις του γυμνασίου και πιο συγκεκριμένα 5 μαθητές/τριες της Α' τάξης, 5 μαθητές/τριες της Β' τάξης και 4 της Γ' τάξης. Οι 12 ήταν μαθητές του σχολείου και 2, ένα αγόρι και ένα κορίτσι από άλλα δημόσια σχολεία. Ο αριθμός των συμμετεχόντων καθορίστηκε από τη διαθεσιμότητα των υπολογιστών στο εργαστήριο Πληροφορικής. Κανείς από τους μαθητές/τριες δεν είχε προηγούμενη εμπειρία στην τρισδιάστατη σχεδίαση. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 21 δίωρες συναντήσεις μετά τη λήξη του ωρολογίου προγράμματος.

Για τις ανάγκες των μαθημάτων δημιουργήθηκαν παρουσιάσεις σχετικά με:

Τι είναι η τρισδιάστατη σχεδίαση και που βρίσκει εφαρμογές

Αρχές σύνθεσης και αισθητικής

Η σχεδιαστική σκέψη

Η 4η βιομηχανική επανάσταση – τρισδιάστατη σχεδίαση και εκτύπωση

Σύνθετες εντολές στη τρισδιάστατη σχεδίαση με το Tinkercad

Από τη διαδικασία κρατήθηκε ημερολόγιο, όπου καταγράφηκαν η ύλη που καλύφθηκε, τα έργα που έκαναν οι μαθητές/τριες και σύντομη ανάδραση για την κατανόηση των εννοιών από τους μαθητές/τριες και την ικανότητά τους να εφαρμόσουν αυτά που έμαθαν στις συνθέσεις τους.

Ως θεματική για την ανάπτυξη των έργων των μαθητών επιλέχθηκε η αειφορία. Οι μαθητές/τριες διεξήγαγαν έρευνες στο διαδίκτυο για το τι συνιστά μια αειφόρο πόλη. Στόχος της θεματικής ήταν μέσα από τα έργα των μαθητών/τριών να προωθηθεί το μήνυμα της αειφορίας. Τα έργα τους αποτελούσαν είτε αντικείμενα της καθημερινής ζωής τους, είτε σχεδιαστικές προτάσεις για τις αειφόρες πόλεις, όπως για την οργάνωση μιας πλατείας, ενός σπιτιού ή μιας γειτονιάς.

Μέσα από τον όμιλο στοχεύαμε:

- Στην ανάπτυξη της δημιουργικότητας και της επικοινωνίας μέσα από το σχεδιασμό, ενώ μέσα από την ανάλυση των έργων των μαθητών/τριών στην τάξη, της συνεργασίας, και της κριτικής σκέψης, δηλαδή των ικανοτήτων του 21ου αιώνα και των ψηφιακών ικανοτήτων του 21ου αιώνα.
- Στην ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών/τριών να μπορούν να εκφράσουν τις ιδέες τους μέσα από τη τρισδιάστατη σχεδίαση.
- Στην εξοικείωση των μαθητών/τριών με τη σχεδιαστική σκέψη.
- Στην εξοικείωση των μαθητών με τις αρχές της σύνθεσης και της αισθητικής.

Για να διαπιστωθούν οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών πάνω στη τρισδιάστατη σχεδίαση πριν και μετά τη συμμετοχή τους στον όμιλο χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο με τις εξής ομάδες ερωτήσεων: δημογραφικά στοιχεία των συμμετεχόντων, αντιλήψεις τους πάνω στην τρισδιάστατη σχεδίαση και την τρισδιάστατη εκτύπωση και τις αντιλήψεις τους για τη σημασία και χρησιμότητα της τρισδιάστατης σχεδίασης για τους ίδιους.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αντιλήψεις των μαθητών για την τρισδιάστατη σχεδίαση

Από τη σύγκριση των απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο πριν και μετά από τη διεξαγωγή του ομίλου προέκυψε ότι ήδη από την αρχή οι μαθητές/τριες δήλωσαν ότι γνωρίζουν τι είναι η τρισδιάστατη σχεδίαση σε ποσοστό 86,7% ενώ μετά απάντησαν ότι γνωρίζουν σε ποσοστό 100%. Για να διευκρινιστεί τι εννοούσαν οι μαθητές/τριες με την δήλωση «γνωρίζω τι είναι η τρισδιάστατη σχεδίαση», ρωτήθηκαν στο πρώτο μάθημα και απάντησαν ότι γνωρίζουν ότι αναφέρεται στην σχεδίαση χρησιμοποιώντας τον Η/Υ, αλλά δεν γνώριζαν περισσότερα, ενώ όλοι ανέφεραν ότι δεν είχαν χρησιμοποιήσει προηγουμένως κάποιο λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης. Όλοι οι συμμετέχοντες δήλωσαν ότι δεν έχουν τρισδιάστατο εκτυπωτή και ότι δεν έχουν εμπειρία από τη χρήση του.

Ως προς τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την τρισδιάστατη σχεδίαση, θεωρούν χρήσιμη την εκμάθηση της τρισδιάστατης σχεδίασης σε ποσοστό 86,7% πριν τα μαθήματα και 100% μετά. Όταν ρωτήθηκαν αν πιστεύουν ότι η τρισδιάστατη σχεδίαση θα τους βοηθήσει στην κατανόηση μαθημάτων STEM αρχικά είχε απαντήσει θετικά ποσοστό 86,7%, ενώ μετά 80%. Η μείωση πιθανά να οφείλεται στην αδυναμία συσχέτισης των αντικειμένων των μαθημάτων STEM με την τρισδιάστατη σχεδίαση. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι δεν χρησιμοποιήσαμε τρισδιάστατα μοντέλα για να αναδείξουμε φαινόμενα της Φυσικής, Χημείας, κλπ. Όταν ρωτήθηκαν αν πιστεύουν ότι η τρισδιάστατη σχεδίαση θα τους βοηθήσει στην επίλυση προβλημάτων της καθημερινής ζωής τους αρχικά απάντησαν θετικά 40% και το 60% δήλωσε ότι δεν ξέρει, ενώ μετά απάτησαν 80% θετικά. Ως προς την ανάπτυξη των δεξιοτήτων του 20ου αιώνα ή των 4Cs, δηλαδή της επικοινωνίας, συνεργασίας, δημιουργικότητας και κριτικής σκέψης, αρχικά απάντησε το 66,7% θετικά ενώ το 70% μετά. Πριν τον όμιλο, οι μισοί περίπου μαθητές (53,3%) θεωρούσαν ότι η 3d-σχεδίαση θα είναι λίγο δύσκολη για αυτούς και το 40% απάντησε μέτρια και μόνο 6,7% καθόλου, ενώ μετά το 80% δηλώνει καθόλου δύσκολη και 10% λίγο και 10% μέτρια.

Ακόμη, όταν ρωτήθηκαν οι μαθητές αν η εκπαίδευση στις νέες τεχνολογίες τους προκαλεί άγχος, στο αρχικό ερωτηματολόγιο απάντησαν ότι δεν τους προκαλεί καθόλου άγχος το 66,7%, λίγο, το 13,3% και έτσι κι΄ έτσι το 20%, ενώ μετά απάντησαν το 80% καθόλου και το 20% λίγο. Όταν ρωτήθηκαν αν πιστεύουν ότι η χρήση τρισδιάστατων μοντέλων βοηθάει στην κατανόηση των μαθημάτων αρχικά απάντησαν το 66,7% θετικά και οι υπόλοιποι δήλωσαν ότι δεν ξέρουν, ενώ μετά το 80% θετικά και οι υπόλοιποι ότι δεν ξέρουν.

Τα αποτελέσματα στην ερώτηση σε ποια μαθήματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τρισδιάστατη σχεδίαση παρουσιάζονται στον Πίνακα 1, από όπου προκύπτει ότι οι μαθητές συσχετίζουν την τρισδιάστατη σχεδίαση κυρίως με τα θετικά μαθήματα, τόσο πριν όσο και μετά, αναπαράγοντας τα ευρήματα των Ford και Minshalla (2019).

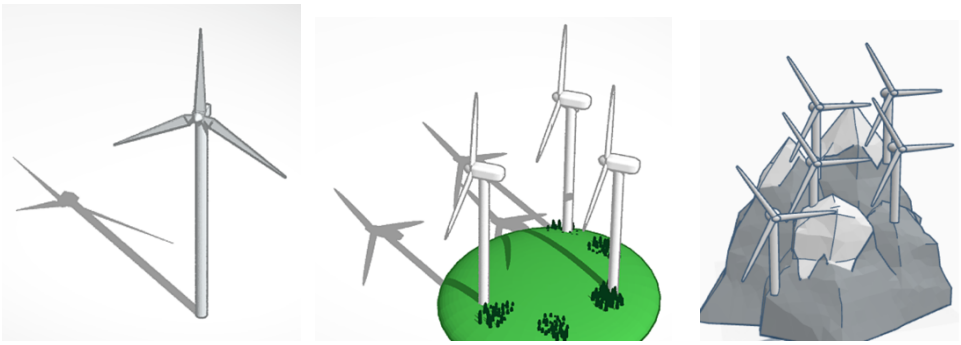
Πίνακας 1: *Απαντήσεις στην ερώτηση κατά πόσο πιστεύουν ότι η τρισδιάστατη σχεδίαση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα διάφορα μαθήματα (σε ποσοστά).*

Μαθήματα	***Θετικές απαντήσεις (πριν)***	***Θετικές απαντήσεις (μετά)***
Πληροφορική	80	80
Μαθηματικά	53,3	80
Φυσική	73,3	80
Βιολογία	46,7	80
Χημεία	53,3	60
Γεωλογία	53,3	100
Τεχνολογία	100	100
Καλλιτεχνικά	80	60
Μουσική	33,3	50
Ιστορία	13,3	50
Κοινων. & Πολ. Αγωγή	6,7	10
Νεοελληνική και Αρχαία Ελληνική Γλώσσα	0	10
Ξένες Γλώσσες	0	10

Αειφόρες σχεδιαστικές λύσεις των μαθητών

Οι μαθητές/τριες ερεύνησαν για τις αειφόρες πόλεις, και βρήκαν ότι χρειάζονται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, πράσινο, νερό, τοπική παραγωγή (στον πρωτογενή, δευτερογενή και τριτογενή τομέα), δημόσιους χώρους (πάρκα, παιδικές χαρές, κλπ.), σπίτια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, συσκευές χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.

Αφού διερεύνησαν στο διαδίκτυο για τις ανεμογεννήτριες σχεδίασαν μία ανεμογεννήτρια και την χρησιμοποίησαν για να δημιουργήσουν αιολικά πάρκα (Σχήμα 2). Εντυπωσιάστηκαν από το μέγεθος των ανεμογεννητριών σε σχέση με τον άνθρωπο και έδειξαν προβληματισμό για τις τροποποιήσεις που πρέπει να γίνουν στα βουνά για την εγκατάστασή τους και για τους πιθανούς κινδύνους που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν για τα πουλιά, αλλά κρίνοντας απαραίτητες επείγουσες δράσεις για την αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης θεώρησαν ότι οι αειφόρες πόλεις χρειάζονται και ανεμογεννήτριες που θα μπορούν τα τις τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια, σύμφωνα με τις απόψεις των ειδικών.

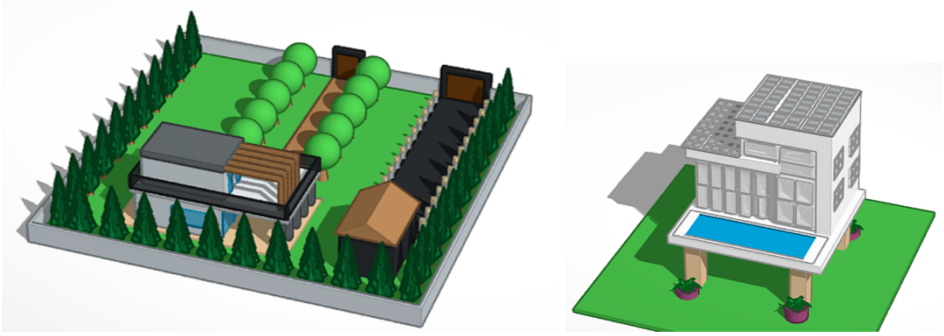


Σχήμα 2: *Παραδείγματα σχεδιασμού ανεμογεννήτριας και αιολικών πάρκων.*

Μελέτησαν ακόμη την περιβαλλοντική σημασία του πράσινου για το αστικό περιβάλλον και βρήκαν ότι τα δέντρα και τα φυτά καθαρίζουν τον αέρα που αναπνέουμε, προστατεύουν από ηχορύπανση, συντελούν στη μείωση της θερμοκρασίας τους καλοκαιρινούς μήνες, δημιουργούν σκιά, ενώ κοινωνικά συντελούν θετικά στη ψυχολογία των ανθρώπων, δημιουργούν χώρο αναψυχής και κοινωνικής επαφής. Τα πάρκα και οι παιδικές χαρές επιπλέον προσφέρουν επιπλέον έναν ασφαλή χώρο για εξάσκηση και εκγύμναση ανθρώπων κάθε ηλικίας. Σχεδίασαν λοιπόν παγκάκια και εξοπλισμό παιδικών χαρών και δημιούργησαν πάρκα και παιδικές χαρές (Σχήμα 4).

Σχήμα 4: *Παραδείγματα σχεδιασμού πάρκων και παιδικής χαράς.*

Διερεύνησαν ακόμη τη χρήση της ηλιακής ενέργειας, η οποία προσφέρεται ιδιαίτερα για μια χώρα με πολλή ηλιοφάνεια, όπως είναι η Ελλάδα και σχεδίασαν σπίτια με ηλιακούς θερμοσίφωνες ή φωτοβολταϊκά. Επιπλέον, μελέτησαν τη σημασία της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Ανέτρεξαν στην περιγραφή του σπιτιού του Σωκράτη, όπως παρουσιάζεται στα Απομνημονεύματα του Ξενοφώντα (Maidou, Plakitsi & Polatoglou, 2019; Maidou, Plakitsi & Polatoglou, 2020) και συνειδητοποίησαν τη σημασία του προσανατολισμού των σπιτιών με τα μεγάλα ανοίγματα στο Νότο, ώστε να μπαίνουν οι ακτίνες του ήλιου το καλοκαίρι και να θερμαίνουν το σπίτι και μικρά παράθυρα στο Βορρά, ώστε να χάνεται λιγότερη θερμότητα και να προστατεύεται το σπίτι από τους ψυχρούς χειμερινούς ανέμους. Αυτές οι αρχές χρησιμοποιήθηκαν για να σχεδιάσουν οι μαθητές σύγχρονα σπίτια, με ενδεικτικά παραδείγματα στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5: *Παραδείγματα σχεδιασμού βιοκλιματικών σπιτιών.*

Αν και τα έργα των μαθητών θα παρουσιαστούν αναλυτικά σε επόμενη δημοσίευση, θα μπορούσαμε ως γενική παρατήρηση να προσθέσουμε ότι αξιοποίησαν τις σχεδιαστικές δυνατότητες της πλατφόρμας Tinkercad για να παρουσιάσουν τις ιδέες τους. Δημιούργησαν πρωτότυπες κατασκευές, ακολουθώντας τις αρχές αισθητικής και σύνθεσης, χρωματικά αρμονικές και συνήθως με σωστές αναλογίες.

Ανάπτυξη ήπιων δεξιοτήτων

Ως προς την ανάπτυξη των ήπιων δεξιοτήτων, παρατηρήθηκε ότι όλοι οι μαθητές/τριες έδειξαν δημιουργικότητα στην επίτευξη των σχεδίων και χρησιμοποίησαν τη φαντασία τους για να δημιουργήσουν σύνθετα αντικείμενα και τμήματα εικονικών κόσμων. Ακόμη ανέπτυξαν την κριτική τους σκέψη σχεδιάζοντας λύσεις για τις αειφόρες πόλεις, συνεργάστηκαν για να βρουν πληροφορίες από το διαδίκτυο και επικοινώνησαν τα ευρήματά τους. Τρεις ομάδες των τεσσάρων ατόμων παρουσίασαν την έρευνα και τα ευρήματά τους στο 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη 3D Σχεδίαση και Εκτύπωση τον Μάρτιο του 2022 διαδικτυακά. Η θεματική της αειφορίας και ιδιαίτερα οι αειφόρες πόλεις τους κινητοποίησαν να έρθουν σε επαφή με ένα κρίσιμο πρόβλημα της εποχής που ζούμε και για το οποίο με τα τρισδιάστατα σχέδιά τους μπόρεσαν να εκφράσουν τις ανησυχίες τους και να προτείνουν λύσεις.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μαθητές/τριες έδειξαν μεγάλο ενδιαφέρον και συμμετείχαν με ενεργητικά όλη τη χρονιά. Δυσκολεύτηκαν λίγο στην αρχή τόσο με την εκμάθηση των σύνθετων σχεδιαστικών εντολών της πλατφόρμας του Tinkercad, όσο και με την λογική της τρισδιάστατης σχεδίασης σε σχέση με τον τρόπο σχεδιασμού με χαρτί και μολύβι, δηλαδή έπρεπε να χρησιμοποιήσουν τρισδιάστατα αντικείμενα και να προσθέτουν ή να αφαιρούν όγκους για να δημιουργήσουν το επιθυμητό αντικείμενο.

Η πλατφόρμα του Tinkercad αποδείχθηκε κατάλληλη για τη γρήγορη εξοικείωση των μαθητών με τη τρισδιάστατη σχεδίαση. Η προσαρμογή τους διευκολύνθηκε με τη σταδιακή διδασκαλία των εντολών και των δυνατοτήτων που προσφέρει η πλατφόρμα. Έτσι ξεκίνησαν από απλά τεχνουργήματα που συνδέονται με την καθημερινή τους ζωή και προχώρησαν σε πιο σύνθετα όπως μια παιδική χαρά, μια αειφόρος πλατεία ή γειτονιά. Επιπλέον, πολλοί μαθητές χρησιμοποίησαν την πλατφόρμα του Tinkercad με δική τους πρωτοβουλία είτε για να εξηγήσουν τις ιδέες τους σε άλλα μαθήματα του σχολείου, όπως έκαναν κάποιοι μαθητές/τριες στο μάθημα της Τεχνολογίας, καθώς και της Ιστορίας όπου σχεδίασαν ασπίδες. Ακόμη με δική τους πρωτοβουλία αρκετά παιδιά σχεδίασαν αντικείμενα του δικού τους ενδιαφέροντος για τη δική τους ευχαρίστηση, όπως ένας εσωτερικός χώρος σπιτιού, υπολογιστής, αυτοκίνητο, κλπ.

Η αειφόρος ανάπτυξη αποδείχθηκε κατάλληλη θεματική, αν και θα μπορούσε να επιλεγεί οποιαδήποτε άλλη θεματική που να αφορά σύγχρονα προβλήματα με τον κατάλληλο εκπαιδευτικό σχεδιασμό, ώστε να προσελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών να παράγουν λύσεις αναπτύσσοντας τη δημιουργικότητά τους και τη σχεδιαστική και κριτική τους σκέψη.

Η οργάνωση του εκπαιδευτικού υλικού, ο σχεδιασμός της ύλης και η διεξαγωγή των μαθημάτων υπήρξαν επιτυχείς, υποστηρίζοντας την εισαγωγή των μαθητών/τριών σε ένα καινούργιο σύνθετο σχεδιαστικό περιβάλλον που έπρεπε να μάθουν να το χειρίζονται για να μπορέσουν να εκφραστούν δημιουργικά και να επικοινωνήσουν τις ιδέες τους με τα υπόλοιπα του ομίλου, καθώς και σε άλλα

μαθήματα. Επίσης συμμετείχαν στο 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη 3D Σχεδίαση και Εκτύπωση όπου παρουσίασαν τρεις ενότητες των έργων τους από τον όμιλο. Μέσα από τη τρισδιάστατη σχεδίαση ανάπτυξαν συνεπώς τις δεξιότητες του 21ου αιώνα αλλά, όπως δήλωσαν κάποια παιδιά, «νιώθουμε ότι κατέχουν ένα μέσο επικοινωνίας για να εκφράσουμε τις ιδέες μας», γεγονός που αύξησε και την αυτοεκτίμησή τους.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Κανονισμός λειτουργίας ομίλων (2020). Κανονισμός λειτουργίας ομίλων αριστείας, δημιουργικότητας και καινοτομίας και τμημάτων ενισχυτικής διδασκαλίας στα Πρότυπα και Πειραματικά Σχολεία. Ανακτήθηκε από http://dide.ira.sch.gr/new/ekpedevtika-themata/ekp200910b/

Andersson, K. (2017). Starting the pluralistic tradition of teaching? Effects of education for sustainable development (ESD) on pre-service teachers' views on teaching about sustainable development. *Environmental Education Research*, *23*(3), 436-449.

Bascopé, M., Perasso, P., & Reiss, K. (2019). Systematic Review of Education for Sustainable Development at an Early Stage: Cornerstones and Pedagogical Approaches for Teacher Professional Development. *Sustainability*, *11*, 719.

Berry, R.Q., Bull, G., Browning, C., Thomas, C.D., Starkweather, G., Aylor, J. (2010). Use of digital fabrication to incorporate engineering design principles in elementary mathematics education. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, *10*(2), 167–172. http://www.editlib.org/p/35289.

Bøhn, J.H. (1997). Integrating rapid prototyping into the engineering curriculum - a case study. *Rapid Prototyping Journal*, *3*(1), 32–37, https://doi.org/10.1108/13552549710169264.

Brandt, J.-O., Bürgener, L., Barth, M., & Redman, A. (2019). Becoming a competent teacher in education for sustainable development: Learning outcomes and processes in teacher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, *20*(4), 630-653.

Brown, G. M., & Roth, W. M. (2002). Student teachers' perceptions of their paired practicum placement experiences. *Journal of Teaching and Learning*, *2*(1), 21–37.

Büssing, A. G., Schleper, M., & Menzel, S. (2019). Emotions and pre-service teachers' motivation to teach the context of returning wolves. *Environmental Education Research*, *25*(8), 1174-1189.

Buil, P., Roger-Loppacher, O. & Tintoré, M. (2019). Creating the Habit of Recycling in Early Childhood: A Sustainable Practice in Spain. *Sustainability*, *11*, 6393.

Cebrián, G., & Junyent, M. (2015). Competencies in Education for Sustainable Development: Exploring the Student Teachers' Views. *Sustainability*, *7*(3), 2768.

Celani, G. (2012) Digital fabrication laboratories: pedagogy and impacts on architectural education. *Nexus Network Journal*, *14*(3), (2012) 469–482, https://doi.org/10.1007/s00004-012-0120-x.

Canessa, E., Fonda, C., & Zennaro, M. (2013). *Low-cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development*. Trieste, Italy: ICTP—The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics.

Cavanaugh, T. & Eastham, N. (2017). The 3D Printer as Assistive Technology. In P. Resta & S. Smith (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 95-102). Retrieved from https://www.learntechlib.org/p/177280.

Chita, E., Kameas, A., Kornelaki, A. C., Plakitsi, K., Kolios, V., & Maidou, A. (2016). Identifying the gap in courses on sustainable development offered by Greek universities. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & K. Hahl (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future*, Part 9 (co-ed. M. Achiam & G. Carvalho), (pp. 1389-1400). Helsinki, Finland: University of Helsinki.

Chun, H. (2021). A Study on the Impact of 3D Printing and Artificial Intelligence on Education and Learning Process. *Scientific Programming*, 2021. https://doi.org/10.1155/2021/2247346

Cordina, M., & Mifsud, M. C. (2016). A Quantitative Study of Maltese Primary School Teachers and Their Perceptions Towards Education for Sustainable Development. *US-China Education Review B*, *6*(6), 329-349.

Coşkun, T. K., Deniz, G. F. (2022). The contribution of 3D computer modeling education to twenty-first century skills: self-assessment of secondary school students. *International Journal of Technology and Design Education*, *32*, 1553–1581 https://doi.org/10.1007/s10798-021-09660-y

Dahl, T. (2019). Prepared to Teach for Sustainable Development? Student Teachers' Beliefs in Their Ability to Teach for Sustainable Development. *Sustainability*, *11*(7), 1993.

Edwards Jr., D. B., Sustarsic, M., Chiba, M., McCormick M., Goo, M., & Perriton, S. (2020). Achieving and Monitoring Education for Sustainable Development and Global Citizenship: A Systematic Review of the Literature. *Sustainability*, *12*, 1383.

Ford, S., & Minshalla, T. (2019). Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, *25*, 131–150.

Griffey, J. (2014). The types of 3-D printing. *Library Technology Reports*, *50*(5), 8-12.

Goulgouti, A., Plakitsi, K., & Stylos, G. (2019). Environmental Literacy: Evaluating Knowledge, Affect, and Behavior of Pre-service Teachers in Greece. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, *15*(1), e02202. https://doi.org/10.29333/ijese/6287.

Hite, P., & McIntosh, A. (2020). The Affordances of 3D Mixed Reality in Cultivating Secondary Students' Non-Cognitive Skills Use and Development in the Engineering Design Process. In R. Z. Zheng (ed), *Cognitive and affective perspectives on immersive technology in education,* Hershey, Pennsylvania: IGI Global

Horowitz, S.S., & Schultz, P.H. (2014). Printing space: using 3D printing of digital terrain models in geosciences education and research. *Journal of Geoscience Education*, *62*(1) 138–145, https://doi.org/10.5408/13-031.1.

Kennelly, J. Taylor, N., & Serow, P. (2012). Early career primary teachers and education for sustainability. *International Research in Geographical and Environmental Education*, *21*(2), 139-153.

Kerscher, U. (2019). Towards a Sustainable Future? The EU Policies Concerning Plastics and Their Didactical Potential for Primary and Secondary Teaching. *Discourse and Communication for Sustainable Education*, *10*(1), 47-62.

OECD netFWD (2019). *Philanthropy and Education - Quality Education for All: Lessons and Future Priorities*. Paris: OECD Development Centre.

Tomas, L., Girgenti, S., & Jackson, C. (2017). Pre-service teachers' attitudes toward education for sustainability and its relevance to their learning: implications for pedagogical practice. *Environmental Education Research*, *23*(3), 324–347.

Waring, R. H., Harris, R. M., & Mitchell, S. C. (2018). Plastic contamination of the food chain: A threat to human health? *Maturitas*, *115*, 64-68.

Kolitsky, M. (2014). 3D printed tactile learning objects: proof of concept. *Journal of Blindness Innovation and Research*, *4*(1), 4-51.

Leinonen, T., Virnes, M., Hietala, I. & Brinck, J. (2021). 3D Printing in the Wild: Adopting Digital Fabrication in Elementary School Education. *International Journal of Art & Design Education*, *39*(3), 600-615. https://doi.org/10.1111/jade.12310

López, Á., & Ibáñez, E. (2021). Challenges of Education in the 4th Industrial Revolution. In Miller K., Wendt, K. (eds), *The Fourth Industrial Revolution and Its Impact on Ethics. Sustainable Finance*. Cham, Switzerland: Springer.

Maidou, A., Plakitsi, K., & Hariton M. Polatoglou. (2019). Socrates' house: A suitable paradigm to introduce pre-service teachers to Education for Sustainable Development. In F. Seroglou and V. Koulountzos (Eds.), *Conference Proceedings of the 15th International History, Philosophy and Science Teaching Conference: Re-introducing science Sculpting the image of science for education and media in its historical and philosophical background*, (pp 348-361). Thessaloniki, Greece: Grafima Publications. ISBN: 978-618-5271-79-4

Maidou, A., Plakitsi K., & Polatoglou, H. M. (2020). Introducing pre-service early childhood teachers to education for sustainable development using Socrates' house. In Levrini, O. & Tasquier, G. (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference. The beauty and pleasure of understanding: engaging with contemporary challenges through science education*, Part 9 (co-ed. Dillon, J. & Zeyer, A.), (pp. 1013-1022). Bologna: ALMA MATER STUDIORUM – University of Bologna. 978-88-945874-0-1978-88-945874-0-1.

Maynard, A. (2015). Navigating the fourth industrial revolution. *Nature Nanotechnology*, *10*, 1005–1006.

Paio, A., Eloy, S., Rato, V.M., Resende, R., de Oliveira, M.J. (2012). Prototyping Vitruvius, New Challenges: Digital Education, Research and Practice. *Nexus Network Journal*, *14*, 409–429, https://doi.org/10.1007/s00004-012-0124-6.

Pereira Pessôa, M. V., & Jauregui Becker, J. M. (2020). Smart design engineering: a literature review of the impact of the 4th industrial revolution on product design and development. *Research in Engineering Design*, *31*, 175–195.

Philbeck, T., & Davis, N. (2019). The Fourth Industrial Revolution: Shaping A New Era. *Journal of International Affairs*. Retrieved from https://jia.sipa.columbia.edu/fourth-industrial-revolution-shaping-new-era

Pitsis, T. S., Beckman, S. L., Steinert, M., Oviedo, L., & Meisch, B. (2020). Designing the Future: Strategy, Design, and the 4th Industrial Revolution—An Introduction to the Special Issue. *California Management Review*, *62*(2), 5-11.

Steenhuis, H.-J., Fang, X., & Ulusemre, T. (2020). Global Diffusion of Innovation during the Fourth Industrial Revolution: The Case of Additive Manufacturing or 3D Printing. *International Journal of Innovation and Technology Management*, *17*(1), 2050005.

Stamper, R.E., Dekker, D.L. (2000). Utilizing rapid prototyping to enhance undergraduate engineering education. *30th Conference Proceedings* (IEEE Cat. No.00CH37135), 2, F3C/1-F3C/4, doi: 10.1109/FIE.2000.896570.

Stier, K., Brown, R. (2000). Integrating rapid prototyping technology into the curriculum, *Journal of Industrial Technology*, *17*, 1–6 http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-3242746763&partnerID=40&md5=6ee1529a2624ddb9053d19f9f18949d2.

AR Educational Escape Room in STEM – "Newton's Kidnap"

Marinou Irene[1], Almpani Sofia[2], Sisamou Emily[3], Sissamos Costas[4]
i.marino1@yahoo.gr, salmpani@mail.ntua.gr, e.sisamou@engino.com
[1] Msc, ICT teacher, Greek Ministry of Education and Religious Affairs,
[2] PhD, School of Electrical and Computer Engineering, NTUA, Greece
[3] PhD in Education Sciences, Cyprus

ABSTRACT

STEM education involves a huge range of strategies that help students apply concepts and skills from different disciplines to solve meaningful problems. Instructors across science, technology, engineering, and mathematics (STEM) disciplines have begun to implement escape room activities as effective and engaging learning tools in their classrooms. Educational Escape Rooms (EER) epitomize the concept of problem-solving and out-of-the-box thinking. The current study examines the effects of a Mixed (Physical and Digital) Educational Escape Room ("Newton's Kidnap") on STEM principals, deeper subject comprehension, motivation and engagement using Engino robotics for students 8-15 years old. We created a STEM-based EER for kids who participated in a robotic summer camp in Cyprus. At the end of the lessons the students, in small groups using an Augmented Reality app "Newton's Kidnap", tried to escape from a hotel room that was transformed into Newton's Lab. We evaluated the whole experience through a validated questionnaire to 40 of the 56 students that played the game. Results indicated that mixed escape rooms using digital storytelling and hands-on activities (like building robotic models) can enhance the cognitive benefits and learning outcomes, motivate and help students of primary and secondary school cooperate, via an enjoyable experience.

KEYWORDS: *educational escape room, robotics, Engino, STEM.*

INTRODUCTION

Political and socioeconomic stakeholders, as well as school research, points to the lack of coherence between societal development and experienced priorities in schools (Organization for Economic Co-operation and Development [OECD], [Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2010)] [Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2012)]; [Sawyer, R. K. (2012)). In policy documents, we now see that the aim of schooling is focused on the future requirements for coming generations, as operationalized through the identification of key competencies for the future [European Commission. (2018a)] and 21st-century skills such as those needed for lifelong learning, innovation, career, life, and digital literacy [Partnership for 21st-century skills. (2014)]. This new direction calls for further development and changes in curricula. Educators continually turn to innovative methods to engage their students and, as such, several have begun to develop educational escape rooms for this purpose [Lene Hayden Taraldsen (2020)]. As regards the levels of education for which the proposals (escape rooms) are designed, most of them targeted tertiary education, so there is a great potential for development, especially in the field of secondary education (and also primary education). [Chantal Lathwesen (2021)].

The current study tried to bridge the gap in knowledge relating to mixed educational escape rooms on STEM and its effects in elementary and lower secondary schools. As far as we know, there is no other study now that could offer insights to researchers and educators on the effects of the mixed (physical and digital) escape room and its application as a learning tool aimed to STEM principles in a summer school.

EDUCATIONAL ESCAPE ROOM, ROBOTICS AND STEM

According to the research of Columbia University, any training should include education on challenges that have environmental, social-economic and political impacts so that the students can face such issues. A nation with deep knowledge not only reads, but also calculates, inquires, and innovates. Robotics confronts students in the four areas of science, technology, engineering and mathematics (S.T.E.M) through the design, creation, and programming in tangible objects for creating personal items facing real social needs.

Escape rooms are used for various educational purposes. Case studies show that most escape rooms were designed for formal education to foster domain-specific skills and knowledge, mostly in medical (Jenkin (2019)) and science disciplines (Vörös 2017); (Dietrich, N. (2018)); (Ho (2018)); (Arnab, S.(2015).), (Healy, K. (2019)). Others were implemented to recruit students, to get to know institutional services (Gilbert, (2019)), or in informal education to create interest in specific science subjects, such as robotics (Giang (2018)). Educational escape rooms are useful to teach soft and hard skills and they follow three learning theories: behaviorism, cognitivism, and constructivism. Unfortunately, very few articles related to escape room in elementary and secondary education are published.

The three proposals for primary education were published by Vidergor (2021) about the effects of digital escape room on gameful experience, collaboration, and motivation of elementary school students, Huang, (2020) that investigated 4th grade elementary students' motivation and problem-solving skills and finally Juho Kahila (2020), that explored CT Learning Activities in the Primary School. Adam Clare, a Professor of Game Design and Director of Interactive Education at George Brown College, and Web producer of experience escape rooms (LA, SCRAP Room Escape, Escape Games, Inside Out Claustrophobia), argues that the first step in designing an escape room is the choice of a topic, which creates the proper framework, helps "the metaphor of narration and justifies the challenges that players should experience" (Clare, A. 2015). In his view, the topic should not be limited to physical space, where the game takes place, but it can, and probably should be spread in the field before the game or even in the entire available space that is allowed at a time (Nicholson, S (2015)). According to Duplessie, creating an escape room as a replayable experience from the beginning, can change their player experience so that is more about having the adventure and less about doing the static puzzle. They found three things that players consistently enjoyed: being part of a spectacle, feeling heroic, and engaging with something challenging (Duplessie, M. (2013)). By creating these three things, it immerses players in a narrative where they are part of an adventure.

The dynamic of educational robotics leads young students to construct a mechanical model (for example a car model) and direct it with the help of a simple and useful programming environment. Its positive effects are recognized in both the cognitive, emotional (self-esteem, self-confidence), and social domain (socialization, demystification). Moreover, through this, educators can focus on the development of more crucial skills of the 21st century such as teamwork, problem-solving, (analysis, design, implementation, testing, experimentation, and assessment), innovation, management, programming, communication skills, valuable intellectual skills (analytical and complex thinking, creativity, critical thinking, etc.). Educational robotics creates an appropriate learning environment where learners acquire an integrated package of skills useful for their future by using tangible materials (Bradley 2012). Our goal was to create an EER combined with educational robotics, named "Newton's Kidnap", that can be easily settled and reused many times without being destroyed by enthusiastic primary and secondary students. For the development of the EER, we used Engino STEM & Robotics (https://enginoeducation.com/), which is specially designed for late Primary and Secondary school students of ages 8-15, and we implemented it in a summer school in Cyprus. It combines the core subjects of STEM together with Robotics. The activities began with the basic principles of STEM-related subjects together with robotics using easy-to-build models. Then, they moved on to more complex concepts including sensors, conditional statements, variables, functions, and operators

AIMS

This paper aims to present the design of an Augmented Reality (AR), STEM-oriented Educational Escape room for primary and secondary students that took part in Engino's Summer Camp in Cyprus. According to the STEM escape room questionnaire, we would like to investigate 5 different fields of adapting EER in STEM camps:

- Interest;
- participation, motivation;
- cooperation;

- easy to use activity; and
- content knowledge.

Thus, the research questions in this study are the following:

16. How interested are kids to learn new things through STEM-oriented EER?
17. Can we achieve mass participation and cooperation using EER among kids in a STEM workshop? (that are not friends or classmates?)
18. Is an EER an easy going, entertaining activity for kids?
19. Have the kids learned new things using STEM EERs?

The results can highlight the benefits of STEM Educational Escape Room and help teachers to implement these learning environments more effectively to help foster students' science knowledge and soft skills.

DESIGN OF THE EER "NEWTON'S KIDNAP"

For the design of the digital escape room "Newton's Kidnap", we took into consideration the following aspects:

(vii) detect and analyze the characteristics, needs and interests of the players, who were kids 8-15 years old, mostly boys who had spent together a few days in a summer camp,

(viii) formulate our STEM learning objectives in the cognitive and playful narrative that can transfer our players to a time travel journey full of surprises,

(ix) select the kidnap as an appropriate theme to inspire and keep students engaged to the story

(x) design the characters and embody facts of the real life of great scientists and their enemies (like Newton, Leibniz, Copernicus, Euclid, Galileo),

(xi) design missions, activities, hints, and puzzles aligned with robotic learning objectives of Engino using Newton's inventions,

(xii) select and create components, clues, and props that can be reused several times from each team,

(xiii) develop and program appropriate apps (in two languages, Greek and English) that can describe every mission shortly and clearly for all kids,

(xiv) test the escape room from instructors and making necessary changes,

(xv) reschedule the timeline of the flow so as the most difficult missions to get in the middle of the game,

(xvi) prepare the needed props with laser cutting, printers, and buying useful elements like boxes, padlocks, locked boxes, UVpens, etc.,

(xvii) debrief and share questionnaire after gameplay to evaluate the whole experience.

The designing process had a lot of steps and started with brainstorming among the educational team so as the appropriate **narrative** to be selected. We needed an adventure of a relevant scientist with the lessons that the kids had attended to the summer camp. We had chosen Isaac Newton because the kids at the camp had get in touch with Newton's Inventions and his 3 Laws of Motion. Deep research on Newton's personal life, studies, habits, and scientific resources as well as the social and historical background of that period was important for our story.

The next step was the choice of the **software** that could made our story interactive and playful. We selected Go Meta's earlier platform, Metaverse Studio, which is a web application that allows users to create interactive Augmented Reality experiences with QR codes, digital coins, multiple choice questions, video and GIFs.

Storyboard and riddle connection had to be simple and straightforward for the players. In his 2015 survey of escape facilities, Nicholson [Nicholson, S (2015)] makes a brief summary of how narratives, if used, can be told through escape rooms. The first example is telling a story through the use of audio or environmental storytelling, using props, to suggest a story to the player. Another method is to tie the puzzles directly into the narrative itself, thus helping it develop and move forward to the next step of the story. We combined these techniques and we started with storytelling in order to dive into the imaginary adventure and then puzzles and hidden clues moved the team to the next step of the flow until the final mission, the escape from the room.

There is a variety of **puzzles** like pattern identification, riddles, ciphers, light, physical agility or strategic thinking and many more (Nicholson, S (2015)) that can be used in an escape room. Our intention was to create an interesting, addictive experience that stimulates kids' mass participation, cooperation, motivation, problem solving, and also to help students to consolidate the knowledge taken of the summer camp of Engino. Missions were made with different difficulty levels because inclusion was a vital principle for us. The designer started with simpler puzzles and then move into more difficult puzzles as the players grow in confidence and familiarity. At the end they combined hidden clues from all the previous missions because to ensure that they didn't skip or cheat.

On the table you can see the kind of puzzles we choose for our Escape room compared with the most popular according to Nicholson (Nicholson, S (2015)).

Table 1: *Types of Puzzles in our escape rooms comparing with the most popular*

Puzzle types	***Preference***	***Used by Newton's Kidnap ER***
Searching for physical objects hidden in the room	78%	√
Team Communication	58%	√
Light	54%	√
Counting	53%	√
Noticing something "obvious" in the room	49%	√
Symbol substitution with a Key (such as looking symbols up in a book)	47%	√
Using something in an unusual way (Out-of-the-box thinking)	47%	√
Searching for objects in images	43%	√
Assembly of a Physical object (such as a jigsaw puzzle)	40%	√
Algebra and other Mathematics	39%	√
Pattern identification (such as visualizing a shape in a set of dots)	38%	-
Riddles	37%	√
Ciphers without a Key (such as letter substitution)	35%	√
Hearing	26%	-
Mirrors	26%	√
Abstract logic (such as Sudoku)	22%	-
Research using information sources	20%	-
Strategic thinking (such as Chess)	20%	√- Computational Thinking
Hand-eye Coordination (such as shooting a target)	17%	√
Rope or chains (such as undoing complex knots)	16%	√
Traditional Word Puzzles (such as crosswords or word search)	14%	-
Mazes	14%	-
Physical Agility (such as a laser maze)	13%	-
Touch	12%	-
Knowledge of facts not provided in the room	11%	√
Shape manipulation (such as a matchstick puzzle)	11%	√ -Robotic construction
Liquids	9%	-
Social engagement with actors	7%	-
Physical engagement with actors	4%	-
Smell	3%	-
Taste	1%	-

The flow was sequential and the app had eight different missions to be solved. The gamemaster was the teacher of the four days robotic summer school that the students attended. For safety reasons, the instructor was present with the kids. This was convenient for the smaller students because they could ask for help, which could cost them loss of time.

The missions were described in the AR app and a tablet was given to the gamemaster. They had to find out in an hour the name of the kidnapper, his hideout, and the final mission was to unlock the door and get out. More analytically the missions were the following:

Table 2 *. Missions of EER "Newton's Kidnap"*

Missions	***Clues***	***Props***	***Solution***
5. Newton's Year of birth	Mirrored Birth Certificate	Mirror	1643
6. Newton's Law of …	Letter to Leibniz, his enemy	Book, red letters encrypted by Newton's technique (1M1A2S= MASS)	Mass
7. Newton's favorite inventor	EUCLID, COPERNICUS, GALILEO	3 posters, one hidden key	EUCLID
8. Newton's gravity law	Coded message on an apple	Chest, apple, UVpen, key, decoder	GRAVITY
9. Newton's university	Hideout of kidnappers	Tangram of a map	CAMBRIDGE
10. Newton's inventions	Key from mission 4	Locked box	Construction of robotic model
11. Newton's kidnapper	Suspect	Riddle of computational thinking, UVpen	HOOK
12. Breakout mission	Combination of previous clues	Number locker, entrance mat	512

The escape room was developed to be implemented at two hotel rooms but can be adapted to any installation. It's worth mentioning that "Newton's Kidnap" is a mobile EER which is a serious restriction for the designing because all the hidden objects, puzzles and riddles that emulate a traditional escape room should be settled by the instructors and moved away. On the other hand, it gives it flexibility to be set in a classroom, a library, etc.

At the end, we made sure that the 2 hotel rooms that we needed can be available for us with stable internet connection for our pre-test and the final settings of the scenario. We used all the furniture and we prepared the room to look old and violated by the kidnappers.

METHODOLOGY

Students attended a well-organized innovative, interactive robotic workshop of Engino STEM camp in Cyprus for 3 days. Students used a tablet and they scanned a QR code to load the "Newton's Kidnap" app, which is a metaverse application in augmented reality that describes the missions that each team had to accomplish in an hour. They took part into small groups to an educational Escape Room that took place in two hotel rooms solving different kind of quizzes and riddles focusing on robotics and engineering.

The participants were organized into nine groups of six players according to the groups of the lessons that they attended, the age, and their spoken language (Greek or English). Each team with the help of an organizer and a tablet scanned a QR code with the "Newton's Kidnap" app, get into the room and a timer started to count backwards. The gamemaster explained the rules to the team as well as the restrictions for safety reasons. The door closed and nobody could leave the room or use his phone to ask for help. The narrative was described at the beginning of the app and was clear and simple:

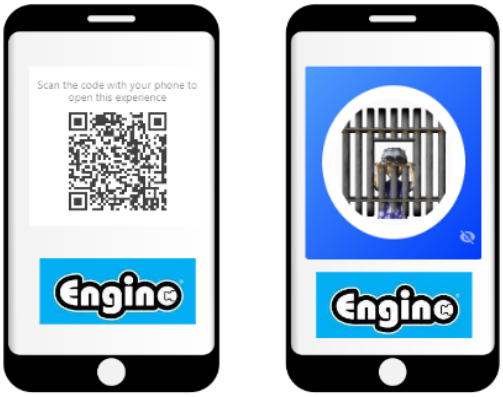


Image 1: *QR CODE of "NEWTON'S KIDNAP APP"*

"Newton is a genius scientist. But he was captured by a paranoid inventor who uses his to perfect his own intelligence. Enter the time capsule and in 1 hour find the kidnapper and his hideout to return him to his time because chain reactions in the time sequence have changed the course of the story. Hurry up before the kidnapper returns and you are in danger too."

The first four missions were established to the first room and the rest four to the second room. Whenever they had difficulties, the instructor could help them, but the punishment was loss of time. The model construction "Gravity Fan", Engino Newton's Laws was split in parts so as to finish in time. Each mission was different so as to engage and help the contribution of as many participants as possible regardless their abilities and skills. At the final escape, they could take a selfie of their accomplishment to remember their experience.

Image 2: *Newton's Laws construction models (Engino)*

RESULTS – SURVEY

At the end of the EER, 40 of 54 kids 8-15 years old took part to anonymous questionnaire about their experience. Half of the participants (52.5%) were 11-12 years old. The gender distribution was quite asymmetrical, with the girls being considerably (12.5%) less than boys. Unfortunately, this is a fairly representative picture of the Cyprus education landscape considering STEM camps. Almost half of them had a previous ER experience. An important ascertainment is that 85% of all the participants would like to participate in a similar activity in the future and only 7,5% were neutral and 7,5% negative, which highlights the importance of EER as a useful, engaging, learning tool. Even though 87,5% of the participants found the activities interesting, only 62,5% of them learned something new in escape room and 22.5% were neutral. We designed an escape room that was focused to revision and knowledge comprehension of the Engino STEM workshop regarding the content knowledge.

We divided the whole Escape room experience into four separate parts: puzzles, treasure hunt, quizzes, and model building to discover the most educational and joyful type of missions. Even though 87.5% liked treasure hunt very much, 82,5% liked puzzles, 79,5% quizzes and 67,5% model building they claimed that if they had to choose the most educational of all then they would prefer quizzes (45%) (both boys and girls), then model building (20%) and treasure hunt (20%), and at last puzzles

(15%). This needs further investigation, because the missions related with model building and puzzles were more difficult and time-consuming which seemed to be an obstacle for the time challenging experience of the escape room.

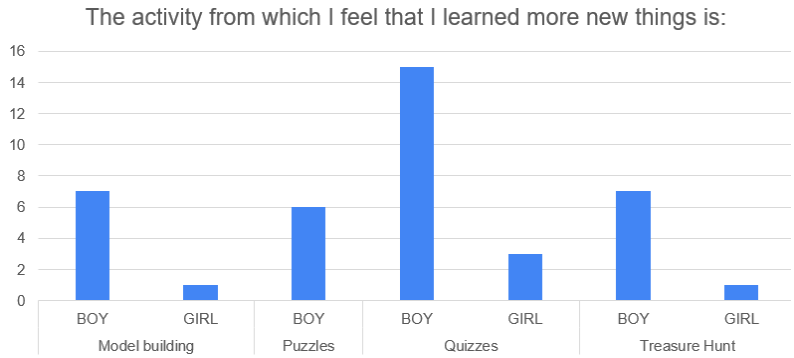


Image 3: *Graph of "The activity that I learned more new things"*

Self-esteem and team building was certainly achieved because 87,5% appreciated the contribution of the rest members as valuable and 74% of participants considered their contribution to this experience very important. This was very significant achievement for our project because we aimed to mass participation and inclusion of the participants, regardless of their personal friendships.

Collaboration and communication skills are essential skills in order to understand and solve the content-based puzzles. Another useful result is the clear belief (90%) of the players that team's cooperation plays an important role to the solution of the escape room. 83% of students wanted to collaborate with others and 80% of them managed it. It is interesting that the only one student who claimed that cooperation wasn't good had also answered that he didn't like to work with other team members, even though he found the activities very interesting.

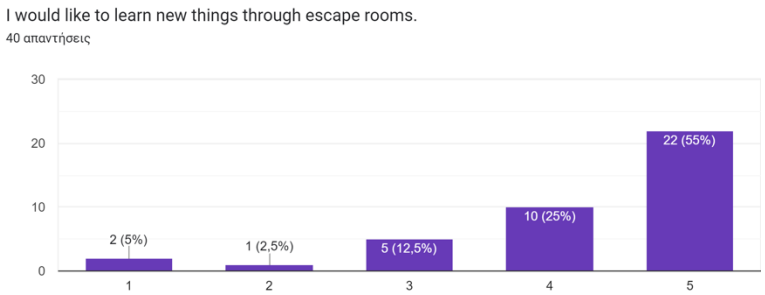


Image 4: *Graph of "I would like to learn new things through escape rooms"*

As a closure we would like to mention that, 100% of our sample would like to learn new things through escape rooms and only 7,5% claimed that they didn't learned. That result indicates that the participants had an innovative, educational experience even though we have to clarify exactly the fields of the knowledge acquired, in further research. Students found the escape room activity to be an interesting, engaging, cooperative, learning activity for application of skill, teamwork, participation, and problem solving in a high-pressure situation. This suggests that the aim of the escape room was achieved.

CONCLUSIONS

According to our research, EERs seem to be an engaging way to "gamify" STEM learning and promote motivation, collaboration and interest for primary and early secondary students. This challenging trip expands students' skills, supports the educational objectives, and stimulates curiosity on learning at the field of S.T.E.M. Kids were very interested to learn new things through STEM-oriented EER and participated massively even though the rest team members are not their close friends. Team's cooperation played an important role to the solution of the escape room for almost all the students who tried to collaborate with others for the final escape, which was the common purpose.

However, a much more systematic approach is needed to provide more evidence. First, we propose the creation of a database where available educational escape rooms can be collected and can be easily browsed and divided by subject and age. We should also take into consideration that

inclusion is necessary especially for kids with special needs. STEM activities is a great field that encourages a multidiscipline approach of everyday problems that can be a great scenario for any escape room. Second, there is a general need for larger scale studies with observation or feedback questionnaires especially in primary education. At last, since EER promotes 21st century skills (4Cs), it would be very interesting to compare the impact of a physical Escape Room with a mixed EER of virtual or augmented reality technologies as far as the motivation, collaboration, creativity, communication, and creativity.

REFERENCES

Arnab, S., Lim, T., Carvalho, M. B., Bellotti, F., De Freitas, S., Louchart, S., et al. (2015). Learning and game mechanics for serious games analysis. Br. J. Educ. Technol. 46 (2), 391–411. doi:10.1111/bjet.12113

Bradley S Barker, Gwen Nugeut , Neal Gradgenett &Viecheaslav I. Adamchut, Robots in K-12 Education. A new technology for learning IGI, Global ,2012 (p3)

Chantal Lathwesen and Nadja Belova , (2021) Escape Rooms in STEM Teaching and Learning—Prospective Field or Declining Trend? A Literature Review

Clare, A. 2015. Escape The Game: How to make puzzles and escape rooms. Wero Creative Press.

Dietrich, N. (2018). Escape classroom: the leblanc process-an educational "escape game". J. Chem. Educ. 95 (6), 996–999. doi:10.1021/acs.jchemed.7b00690

Duplessie, M. (2013). Go analogue. [video] TedXBoston. Available online at https://www.youtube.com/watch?v=tTcl5I0Wbzk

Engino LTD https://enginoeducation.com/

European Commission. (2018a). Key competences and basic skills. Brussels: Author. Retrieved frm https://ec.europa.eu/education/policies/school/key-competences-and-basic-skills_en [Google Scholar]

Giang, C., Chevalier, M., Negrini, L., Peleg, R., Bonnet, E., Piatti, A., et al. (2018). Exploring escape games as a teaching tool in educational robotics. Proc. Educ. Robot. 7, 1–12. doi:10.1007/978-3-030-18141-3_8

Gilbert, B. W., Meister, A., and Durham, C. (2019). RETRACTED: escaping the traditional interview approach: a pilot study of an alternative interview process. Hosp. Pharm. 54 (1), NP2–NP4. doi:10.1177/0018578718758970

Hava E. Vidergor, (2021). Effects of digital escape room on gameful experience, collaboration, and motivation of elementary school students

Healy, K. (2019). Using an escape-room-themed curriculum to engage and educate generation Z students about entomology. Am. Entomol. 65 (1), 24–28. doi:10. 1093/ae/tmz009

Ho, A. M. (2018). Unlocking ideas: using escape room puzzles in a cryptography classroom. Primus 28 (9), 835–847. doi:10.1080/10511970.2018.1453568

Huang, S.-Y., Kuo, Y.-H., & Chen, H.-C. (2020). Applying digital escape rooms with science teaching in elementary school: Learning performance, learning motivation, and problem-solving ability. Thinking Skills and Creativity, 37, 100681. [Crossref], [Web of Science ®], [Google Scholar]

Jenkin, I., and Fairfurst, N. (2019). Escape room to operating room: a potential training modality? Med. Teach. 1, 131. doi:10.1080/0142159X.2019.1657821

Juho Kahila, Tuomo Parkki, Anssi Gröhn (2020) Escape Room Game for CT Learning Activities in the Primary School doi:10.1145/3428029.3428063

Lene Hayden Taraldsen, Frode Olav Haara, Mari Skjerdal Lysne, Pernille Reitan Jensen & Eirik S. Jenssen (2020) A review on use of escape rooms in education – touching the void. doi: https://doi.org/10.1080/20004508.2020.1860284

Nicholson, S (2015) Peeking Behind The Locked Door:A Survey of Escape Room Facilities. http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2010). Ministerial report on the OECD innovation strategy: Key findings. Paris: OECD. Retrieved from https://www.oecd.org/sti/45326349.pdf [Google Scholar]

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2012). What should students learn in the 21st century? (By Charles Fadel). Retrieved from https://oecdedutoday.com/what-should-students-learn-in-the-21st-century/ [Google Scholar]

Partnership for 21st century skills. (2014). Framework for 21st century learning. Retrieved from www.p21.org [Google Scholar]
Sawyer, R. K. (2012). Explaining creativity – The science of human innovation (2nd ed.). New York and London: Oxford University Press. [Google Scholar]
Vörös, A. I. V., and Sárközi, Z. (2017). Physics escape room as an educational tool. AIP Conf. Proc. 13, 33–39. doi:10.1063/1.5017455

Μια Δραστηριότητα STEM με Μικροελεγκτή για το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και την Κλιματική αλλαγή

Κωνσταντίνος Σωφρονίδης[(1,*)], Λάζαρος Πελέκας[(1,)], Χρήστος Δημητρούδης[(1,***)]**

[*]ksofr@auth.gr, [**]lpelekas@auth.gr, [***]chrisdim@auth.gr

[1]ΠΜΣ Διδακτική της Φυσικής & Εκπαιδευτική Τεχνολογία, Τμήμα Φυσικής – ΑΠΘ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι καθημερινές ιδέες των μαθητών για την κλιματική αλλαγή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι δύσκολο να αλλάξουν. Η περιβαλλοντική εκπαίδευση αντιμετωπίζει την πρόκληση της ανάπτυξης εκπαιδευτικών πλαισίων που ενθαρρύνουν την εννοιολογική κατανόηση αυτών των φυσικών φαινομένων από τους μαθητές. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO2) είναι από τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου και αρκετές διατάξεις έχουν προταθεί για να μετρηθεί η επίδραση της παρουσίας του στην αύξηση της θερμοκρασίας. Σε αυτή την εργασία, πραγματοποιείται εφαρμόζοντας το μοντέλο SAMR μία πειραματική ανίχνευση της επίδρασης του διοξειδίου του άνθρακα στην θερμοκρασία με τη χρήση μικροελεγκτή Arduino για την αλλαγή της στάσης των μαθητών σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή στα πλαίσια της εκπαίδευσης STEM. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν και επιβεβαιώνουν ότι το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά αέρια του θερμοκηπίου, καθώς ο μαθητής έχει την ευκαιρία να διαπιστώσει την συμβολή του στη διατήρηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Γης.

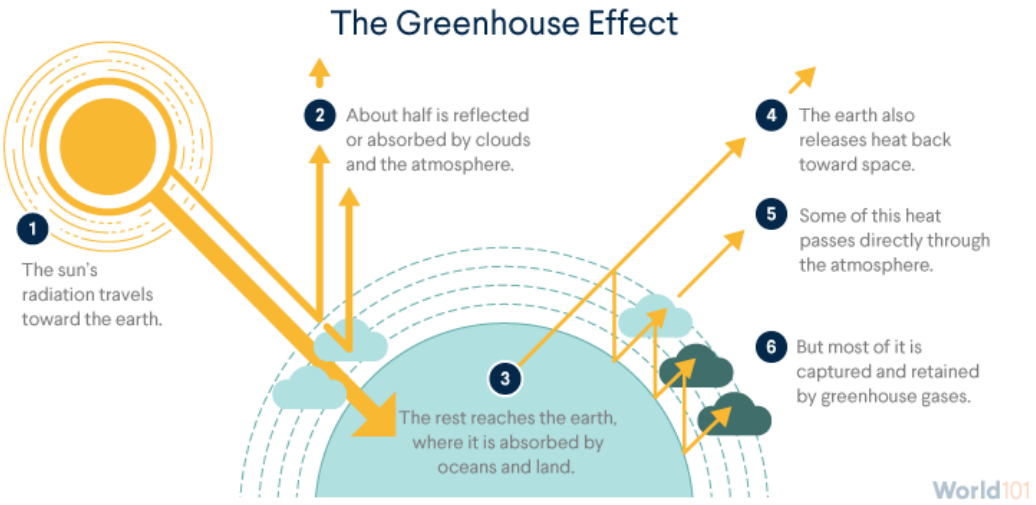
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *SAMR, STEM, φαινόμενο του θερμοκηπίου*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκπαίδευση STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) αποσκοπεί στην εκμάθηση στοιχείων από διαφορετικούς κλάδους μέσω μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης (Smith & Karr-Kidwell, 2012). Η εκπαίδευση STEM εισήχθη για πρώτη φορά στις ΗΠΑ καθώς οι μαθητές είχαν σταδιακά μειωμένο ενδιαφέρον για την τεχνολογία των επιστημών, τη μηχανική και τα μαθηματικά (Ostler, 2012). Αυτό που είναι απαραίτητο για τα προγράμματα STEM είναι να βοηθήσουν τους μαθητές να κάνουν χρήση της σχολικής γνώσης στην επίλυση προβλημάτων που συναντώνται στην καθημερινή ζωή. Στον 21ο αιώνα, οι κλάδοι STEM είναι κοινοί σε όλες τις πτυχές της σύγχρονης ζωής, παίζοντας βασικό ρόλο στην εξεύρεση λύσεων σε παρούσες και μελλοντικές καταστάσεις έκτακτης ανάγκης (Gonzalez & Kuenzi, 2012).

Σε πολλές χώρες, τα περιβαλλοντικά ζητήματα έχουν γίνει βασικό συστατικό των σχολικών προγραμμάτων. Η ενσωμάτωση περιβαλλοντικών θεμάτων στην τάξη των φυσικών επιστημών είναι ένας τρόπος για να αυξηθεί η γνώση των μαθητών και να βελτιωθούν οι στάσεις και οι συμπεριφορές τους απέναντι στην κλιματική αλλαγή (Chang & Pascua, 2015; Dewi et al., 2012). Η εκπαίδευση μπορεί να ενισχύσει τις ικανότητες των μαθητών να κατανοούν την κλιματική αλλαγή και να ενθαρρύνει την ενεργό συμμετοχή (Henderson et al., 2017; Ocal et al., 2011). Ωστόσο, η μάθηση και η διδασκαλία σχετικά με την περιβαλλοντική εκπαίδευση είναι εννοιολογικά απαιτητικές (Rif'ati D. H. & Triyanto, 2021). Οι μαθητές θα πρέπει να επιδείξουν ενδιαφέρον για το θέμα για να συμμετάσχουν στη μείωση των προβλημάτων και των επιπτώσεων των περιβαλλοντικών θεμάτων (Hansen, 2010; Smith & Leiserowitz, 2014; Stevenson, 2007). Οι μαθητές μπορούν επίσης να εισέλθουν σε μαθήματα επιστήμης με ήδη ανεπτυγμένες ιδέες και εξηγήσεις για φυσικά φαινόμενα. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό οι τάξεις των Φυσικών Επιστημών να διδάσκουν το κλιματικό σύστημα (Shepardson et al., 2009).

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι απαραίτητο για τη ζωή στη Γη. Ρυθμίζει τη θερμοκρασία επειδή τα αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα –διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υδρατμοί και άλλα αέρια– απορροφούν πρώτα την υπέρυθρη ακτινοβολία της Γης και στη συνέχεια απελευθερώνουν αυτή την απορροφούμενη ενέργεια, θερμαίνοντας τον περιβάλλοντα αέρα και το έδαφος κάτω από αυτήν (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: *Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.*

Τα αέρια του θερμοκηπίου αποτελούν στην πραγματικότητα ένα πολύ μικρό ποσοστό της ξηρής ατμόσφαιρας της Γης, η οποία είναι σε μεγάλο βαθμό άζωτο και οξυγόνο - αυτά είναι 99% κατ' όγκο. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι μόλις 0,04% κατ' όγκο. Το πιο ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου είναι οι υδρατμοί, αλλά δεν μπορούμε να ελέγξουμε τη συγκέντρωση των υδρατμών στην ατμόσφαιρα, ενώ μπορούμε να ελέγξουμε τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα που οφείλεται στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Καθώς το διοξείδιο του άνθρακα απορροφά αυτήν την υπέρυθρη ενέργεια, δονείται και την εκπέμπει ξανά προς όλες τις κατευθύνσεις. Περίπου το ήμισυ αυτής της ενέργειας πηγαίνει στο διάστημα και περίπου το ήμισυ επιστρέφει στη Γη ως θερμότητα, συμβάλλοντας στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου».

Μικρές διαταραχές στις παγκόσμιες μέσες ετήσιες ροές ενέργειας που προκαλούνται από την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα κατά 1% ανά έτος είναι περίπου γραμμικές σε σχέση με την παγκόσμια μέση μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα στην επιφάνεια (Stephens et al., 2012). Η πιο έντονη αύξηση των νυχτερινών θερμοκρασιών σε αντίθεση με τις ημερήσιες μέγιστες θερμοκρασίες είναι σχεδόν πανταχού παρούσα. Το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα τείνει να αυξάνει τη νυχτερινή θερμοκρασία παγιδεύοντας και εκ νέου ακτινοβολώντας την ενέργεια που διαφεύγει. Τα πυκνότερα σύννεφα είναι πιθανό να διατηρούν τις νυχτερινές θερμοκρασίες υψηλότερες και, επειδή προστατεύουν από το φως του ήλιου, οι μέγιστες ημερήσιες θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες (Kukla & Karl, 1993).

Η ευαισθητοποίηση και οι συμπεριφορικές δεξιότητες των μαθητών σχετικά με την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή είναι σημαντικοί παράγοντες για την οικοδόμηση ενός καλύτερου μέλλοντος για τη Γη (Lambert et al., 2012; Shepardson et al., 2009). Οι αντιλήψεις των μαθητών σχετίζονται με τον ενθουσιασμό και την ευαισθητοποίηση για μείωση και τη προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή (Sinatra et al., 2012). Οι εναλλακτικές αντιλήψεις μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένη στάση ως προς το περιβάλλον (Harrington, 2008; Monroe et al., 2019; Tibola da Rocha et al., 2020). Ο περιορισμός των εναλλακτικών αντιλήψεων και των παρανοήσεων επηρεάζει την κατανόηση, τα κίνητρα και την επίγνωση των μαθητών για το περιβαλλοντικό πρόβλημα (Christodoulou & Korfiatis, 2019; Dal et al., 2015; Tibola da Rocha et al., 2020). Οι μαθητές πρέπει να γνωρίζουν συγκεκριμένες συμπεριφορικές αλλαγές και να προωθούν ένα σκεπτικό που βασίζεται στην επίλυση προβλημάτων για να αντιμετωπίσουν την πολυπλοκότητα του μοντέλου της κλιματικής αλλαγής (Anderson, 2012; Birkmann & Welle, 2016).

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η επίτευξη της αλλαγής των στάσεων των μαθητών σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή μέσω μιας πειραματικής διάταξης για την ανίχνευση της επίδρασης του διοξειδίου του άνθρακα στην θερμοκρασία, στα πλαίσια της εκπαίδευσης μέσω STEM. Το διδακτικό σενάριο που πλαισιώνει αυτή την δραστηριότητα δημιουργήθηκε με βάση το επίπεδο του *Επαναπροσδιορισμού* του μοντέλου SAMR και είναι προσαρμοσμένο σε μορφή ασύγχρονης ομαδοσυνεργατικής μάθησης μέσω της διαδικτυακής πλατφόρμας του Graasp. Για την ανίχνευση της θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες θερμοκρασίας που συνδέονται με μία πλακέτα Arduino.

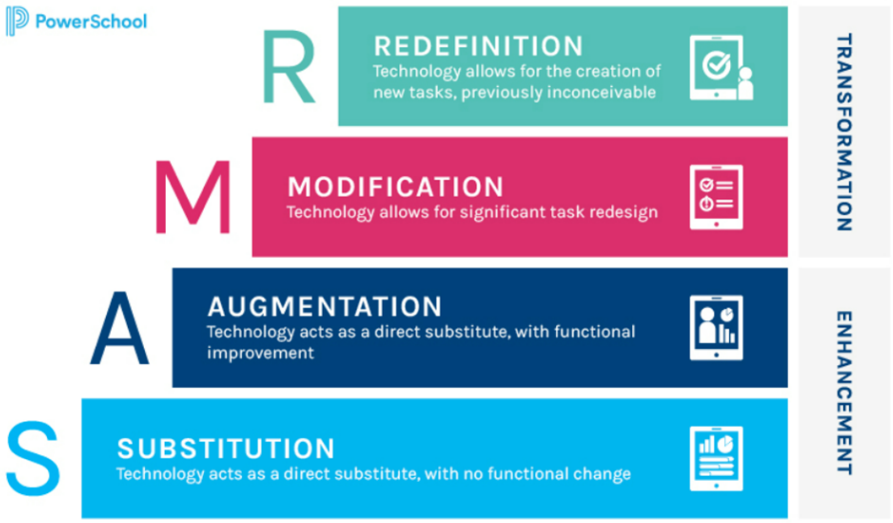
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Στόχος της εργασίας είναι να αναδειχθεί, μέσω του συγκεκριμένου σεναρίου για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου του θερμοκηπίου, μία πιθανή αλλαγή στη στάση των μαθητών σε συνάρτηση με την ένταξη της τεχνολογίας στην διδασκαλία. Για αυτό τον λόγο το υπό μελέτη θέμα που επιλέχθηκε έπρεπε να είναι σύγχρονο και επίκαιρο, ώστε με την βοήθεια καινοτόμων τεχνολογικών μέσων, ο μαθητής να ενδιαφερθεί και να ευαισθητοποιηθεί για ένα πρακτικό και παγκόσμιο ζήτημα.

Το συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο βασίζεται στη καθοδηγούμενη διερεύνηση και σχεδιάστηκε στην διαδικτυακή πλατφόρμα του Graasp, το οποίο παρέχει διάφορα τεχνολογικά μέσα ομαδοσυνεργατικής μάθησης. Ακολουθεί τα 9 βήματα μάθησης του Gagné και αντιστοιχεί στο τελευταίο στάδιο Επαναπροσδιορισμού του μοντέλου SAMR. Το σενάριο προορίζεται για την Β' Λυκείου έχει διάρκεια 6 διδακτικές ώρες.

Το μοντέλο SAMR περιλαμβάνει τέσσερα επίπεδα ενσωμάτωσης: Επίπεδο Αντικατάστασης (Substitution), Επίπεδο Επαύξησης (Augmentation), Επίπεδο Τροποποίησης (Modification) και Επίπεδο Επαναπροσδιορισμού (Redefinition) (Σχήμα 2).



Σχήμα 2: *Τα τέσσερα βήματα του μοντέλου SAMR.*

Συγκεκριμένα, στο επίπεδο του *Επαναπροσδιορισμού* που χρησιμοποιεί το σενάριό μας, η τεχνολογία χρησιμοποιείται για δραστηριότητες οι οποίες ήταν προηγουμένως αδύνατο να πραγματοποιηθούν. Για παράδειγμα, η συνεργασία των ομάδων της τάξης για τη δημιουργία ενός ντοκιμαντέρ, αξιοποιώντας πηγές έξω από το σχολικό περιβάλλον. Η ουσιαστική διαφοροποίηση αυτού του επιπέδου, είναι πως πλέον ο υπολογιστής ειδικά στην εκπαίδευση μέσω STEM έχει το ρόλο του «Συνεργάτη» της μαθητοκεντρικής εκπαίδευσης. Οι μαθητές αποκτούν τις απαραίτητες δεξιότητες και κατακτούν τους αναμενόμενους στόχους οδηγούμενοι από την πρόκληση της δημιουργίας ενός σύνθετου αποτελέσματος. Η τεχνολογία επιτρέπει και επιβάλλει τη συνεργασία και επικοινωνία των μαθητών μεταξύ τους ενώ τα ερωτήματα τα οποία εγείρονται είναι σε ένα αυθεντικό πλαίσιο και αναδεικνύονται κυρίως από τους ίδιους τους μαθητές.

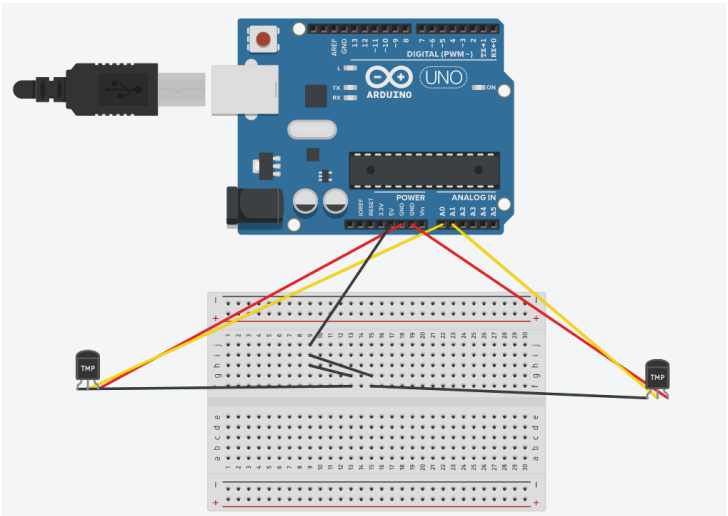
Πριν ξεκινήσει ο σχεδιασμός του διδακτικού υλικού, ο εκπαιδευτικός πρέπει να γνωρίζει κάποιες από τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών γύρω από το κεντρικό θέμα, έτσι ώστε όταν τις εντοπίσει εντός του μαθήματος μέσα από την συζήτηση να είναι κατάλληλα προετοιμασμένος για να τις «αντικρούσει». Για τον λόγο αυτό παρουσιάζονται παρακάτω κάποιες από τις βασικές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών γύρω από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου του θερμοκηπίου σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία και τις έρευνες που συγκέντρωσαν οι McCuin et al. (2014). Συγκεκριμένα:

- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μη φυσικό και επικίνδυνο.
- Τα αέρια του θερμοκηπίου είναι ένα στρώμα ρύπανσης ή σκόνης που παγιδεύει το CO2 στο εσωτερικό του (σαν θερμοκήπιο).

- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου δεν εξαρτάται από τον ανθρώπινο παράγοντα.
- Δεν μπορούμε να κάνουμε τίποτα για την υπερθέρμανση του πλανήτη.
- Το κλίμα αλλάζει από χρόνο σε χρόνο.
- Ο άνεμος και το φως του ήλιου ελέγχουν το κλίμα πολύ περισσότερο από τα ωκεάνια ρεύματα.
- Η καταστροφή του όζοντος προκαλεί υπερθέρμανση του πλανήτη.
- Η υπερθέρμανση του πλανήτη προκαλεί καταστροφή του όζοντος.
- Η τρύπα του όζοντος είναι μια πραγματική τρύπα στην ατμόσφαιρα της Γης.
- Τα αυξημένα επίπεδα της υπεριώδους ακτινοβολίας που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα της Γης από την καταστροφή του όζοντος θερμαίνουν το κλίμα της Γης.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Ως επέκταση του διδακτικού σεναρίου για το στάδιο του Επαναπροσδιορισμού, οι μαθητές καλούνται να πραγματοποιήσουν ένα επιπλέον πείραμα για την ανίχνευση της επίδρασης του διοξειδίου του άνθρακα στην θερμοκρασία με την βοήθεια μιας πλακέτας Arduino UNO. Έχουν εντοπιστεί παρόμοιες προσπάθειες στην διεθνή βιβλιογραφία (Nantsou & Tombras, 2022; D'eon et al., 2019; Kumar & Jasuja, 2017; Lapshina et al., 2019; Çilek, 2019). Το πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε αυτή την εργασία είναι εμπνευσμένο από την εργασία των Μ. Μπακάλογλου, Α. Α. Κασάπη, Ε. Δ. Αξαρίδης και Χ. Πολάτογλου με τίτλο "Σχεδιασμός και Μετρολογική Μελέτη μιας IoT Συσκευής για την Επίδειξη και Μελέτη του Φαινομένου του Θερμοκηπίου & της Κλιματικής Αλλαγής". Ωστόσο, στην δική μας παρέμβαση θα χρησιμοποιηθεί πλακέτα Arduino αντί για Raspberry Pi και η πειραματική διαδικασία θα απλοποιηθεί, ώστε να υλοποιηθεί εύκολα από τους μαθητές (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: *Συνδεσμολογία του κυκλώματος κατασκευασμένο στο Tinkercad.*

Ο απώτερος σκοπός του πειράματος είναι να διαπιστωθεί εάν δύο διαφορετικά αέρια στις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες απορροφούν διαφορετική ποσότητα ενέργειας. Τα αέρια αυτά θα πρέπει να είναι εγκλωβισμένα μέσα σε ένα δοχείο το οποίο να επιτρέπει τη διέλευση της Η/Μ ακτινοβολίας και να βρίσκονται στις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες. Μέσα σε κάθε δοχείο πρέπει να υπάρχει αισθητήρας θερμοκρασίας. Η μετρολογική διαδικασία ολοκληρώνεται με τη χρήση του Arduino UNO που αναφέρθηκε. Αυτό επιτυγχάνεται συνδέοντας τους αισθητήρες μας με το Arduino το οποίο μέσω της εφαρμογής του Arduino IDE λαμβάνει τα δεδομένα από τους αισθητήρες.

Οι μαθητές θα χωριστούν σε ομάδες των τριών ατόμων. Η κάθε ομάδα θα έχει στην διάθεσή της τα ακόλουθα όργανα και υλικά:

- Τρία πλαστικά μπουκάλια
- Ένα Arduino UNO
- Ένα breadboard
- Δύο αισθητήρες θερμοκρασίας LM35
- Μαγειρική Σόδα (όξινο ανθρακικό νάτριο)
- Ξύδι (αιθανικό οξύ)
- Καλαμάκι
- Μονωτική ταινία

Από τα τρία μπουκάλια το ένα θα χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά για την παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα ρίχνοντας μέσα σε αυτό σόδα και ξύδι σύμφωνα με την αντίδραση:

$$NaHCO3 + CH3COOH \rightarrow CH3COONa + H2O + \boldsymbol{CO2} \uparrow$$

$$NaHCO3 + CH3COOH \rightarrow CH3COONa + H2O + \boldsymbol{CO2} \uparrow$$

(1)

Σχήμα 4*: Κατασκευή της διάταξης του πειράματος.*

Το παραγόμενο CO2 μεταφέρεται στη συνέχεια σε ένα από τα μεγάλα μπουκάλια χρησιμοποιώντας ένα καλαμάκι όπως φαίνεται στο Σχήμα 4. Έχοντας πλέον δύο μπουκάλια το ένα γεμάτο με αέρα και το άλλο με CO2, οι ομάδες θα τα τοποθετήσουν σε διάφορες συνθήκες, με συννεφιά, με ήλιο και την νύχτα, έχοντας προηγουμένως τρυπήσει και μονώσει τα καπάκια τους από όπου θα εισέλθουν οι δύο αισθητήρες θερμοκρασίας.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο συγκεκριμένο σενάριο που προορίζεται για την Β' Λυκείου, ο μαθητής θα μάθει για τις επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου δουλεύοντας ομαδοσυνεργατικά και χρησιμοποιώντας την τεχνολογία για δραστηριότητες οι οποίες ήταν προηγουμένως αδύνατο να πραγματοποιηθούν. Παρακάτω, ακολουθούν τα εννέα στάδια του σεναρίου.

ΠΡΟΣΟΧΗ

Στο στάδιο της προσοχής ο μαθητής καλείται να δει ορισμένες εικόνες με τις άμεσα ορατές επιπτώσεις από την ανθρωπογενή ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, όπως για παράδειγμα το λιώσιμο των πολικών πάγων, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, τα ακραία καιρικά φαινόμενα αλλά και εικόνες από ανθρώπινες δραστηριότητες που επιδεινώνουν την κρίσιμη κατάσταση στην

οποία έχει περιέλθει το κλίμα της γης, όπως η αποψίλωση των δασών, η ανεξέλεγκτη κτηνοτροφία, η υπερκατανάλωση ορυκτών καυσίμων από τη βιομηχανία και τις μεταφορές κλπ.

ΣΤΟΧΟΙ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

Στην δεύτερη ενότητα αυτού του σεναρίου, παρουσιάζουμε στους μαθητές τους διδακτικούς στόχους που θέλουμε να πετύχουν, ώστε οι τελευταίοι μετά την λήξη του να είναι σε θέση να:

1. Να διακρίνουν και να αναγνωρίζουν τις πιθανές επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου στο περιβάλλον.
2. Να αναγνωρίσουν ότι το διοξείδιο του άνθρακα (CO2) είναι ένα από τα κύρια θερμοκηπικά αέρια που συμβάλλουν στην διατήρηση της θερμότητας στην επιφάνεια της Γης.
3. Να εξασκηθούν στην ομαδική εργασία και να αποκτήσουν πνεύμα συνεργασίας.
4. Να εξοικειωθούν με τις ηλεκτρονικές διατάξεις και συνδεσμολογίες.
5. Να εξοικειωθούν με το Arduino και το αντίστοιχο λογισμικό του.
6. Να αυξηθεί το ενδιαφέρον και η ευχαρίστησή τους για τις Φυσικές Επιστήμες.

ΑΝΑΚΛΗΣΗ ΓΝΩΣΕΩΝ

Σε αυτό το σημείο θα γίνει μία ανάκληση στις γνώσεις των μαθητών που έχουν για το μηχανισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Έτσι, η μετάβαση στην νέα γνώση, όπου στην περίπτωσή μας είναι οι επιπτώσεις και οι λύσεις, θα γίνει πιο ομαλά και με συνοχή.

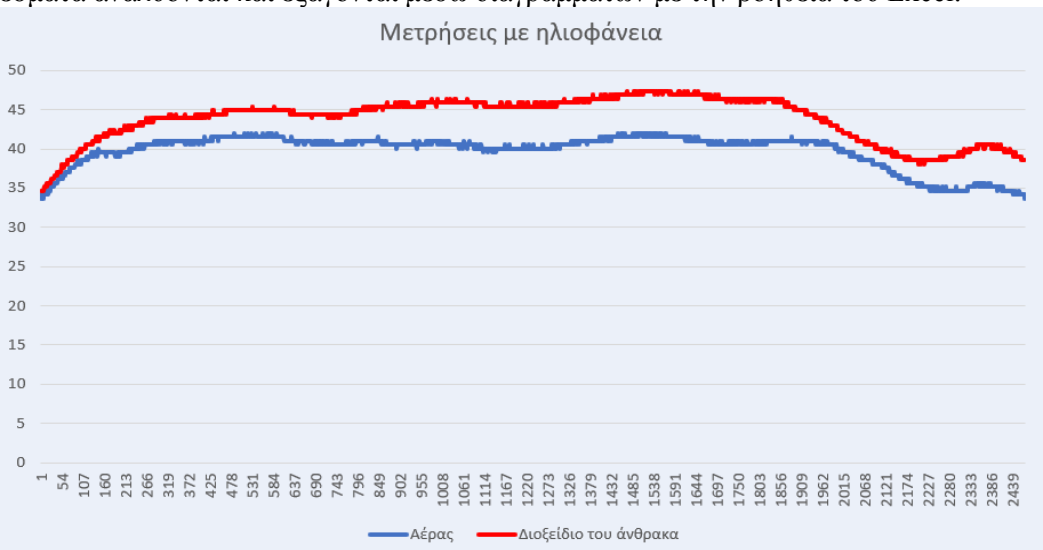
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ

Σε αυτό το βήμα οι μαθητές έρχονται "αντιμέτωποι με ένα climate debate". Οι μαθητές καλούνται να αναζητήσουν πηγές στο διαδίκτυο και γράψουν επιχειρήματα που να ανατρέπουν τους ισχυρισμούς των αρνητών του φαινομένου του θερμοκηπίου και της αλλαγής του κλίματος. Ακόμη, ζητείται από τον μαθητή να παρακολουθήσει με τη χρήση του Google Earth Timelapse τις αλλαγές που πραγματοποιούνται σε διάφορες περιοχές του πλανήτη με τη πάροδο του χρόνου και να σχολιάσει τις παρατηρήσεις του. Επίσης προτρέπεται να επικοινωνήσει με τους συμμαθητές του και να ξεκινήσει μία συζήτηση σχετικά με την δική του περιοχή στο Google Earth Timelapse ή να επικοινωνήσει και με άλλους μαθητές από το εξωτερικό και να μάθει πως επηρεάστηκε και η δική τους περιοχή από την κλιματική αλλαγή.

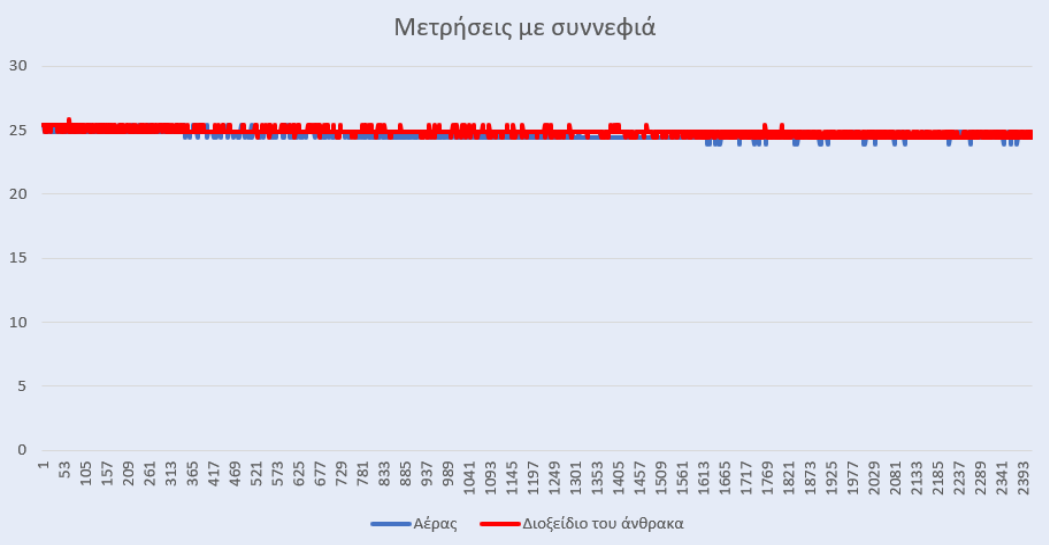
ΔΡΑΣΗ

Ο μαθητής διαβάζει και συμπληρώνει το αντίστοιχο φύλλο εργασίας για την διερεύνηση του φαινομένου του θερμοκηπίου στα πεδία που ακολουθούν. Καλείται να δημιουργήσει ένα βίντεο όπου θα δείχνει πώς υλοποιεί το πείραμα και θα το ανεβάσει στο αντίστοιχο πεδίο στην πλατφόρμα του Graasp.

Οι μαθητές πραγματοποιούν τρία σετ μετρήσεων της μίας ώρας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά την περίοδο του καλοκαιριού τον μήνα του Ιουνίου. Το πρώτο σετ αφορά μετρήσεις με ηλιοφάνεια, το δεύτερο με συννεφιά και το τρίτο κατά την διάρκεια της νύχτας. Κάθε σετ περιέχει μετρήσεις των αισθητήρων ανά δευτερόλεπτο για συνολικό χρόνο περίπου μία ώρα. Τα αποτελέσματα αναλύονται και εξάγονται μέσω διαγραμμάτων με την βοήθεια του Excel.



***Σχήμα 5**: Μετρήσεις πειράματος με ηλιοφάνεια.*



***Σχήμα 6**: Μετρήσεις πειράματος με συννεφιά.*

***Σχήμα 7**: Μετρήσεις πειράματος κατά την διάρκεια της νύχτας.*

Οι μαθητές σημειώσουν στην συνέχεια στον παρακάτω πίνακα τους μέσους όρους των θερμοκρασιών στα σετ των μετρήσεων:

***Πίνακας 1**: Μέσοι όροι θερμοκρασιών στα τρία σετ μετρήσεων.*

Περιεχόμενο μπουκαλιού	***Ηλιοφάνεια***	***Συννεφιά***	***Νύχτα***
Αέρας	39,70°C	24,64°C	23,09°C
Διοξείδιο του άνθρακα	43,82°C	24,84°C	24,03°C

Οι μαθητές παρατηρούν ότι η μεγαλύτερη διαφορά στις θερμοκρασίες παρατηρήθηκε όταν τα μπουκάλια είναι εκτεθειμένα στον Ήλιο. Κατά την διάρκεια της νύχτας η διαφορά στις θερμοκρασίες αν και πολύ μικρή, είναι αισθητή. Τέλος, σε ένα σετ μετρήσεων με συννεφιά, η διαφορά στις θερμοκρασίες ισούται με την ελάχιστη διακριτική ικανότητα των αισθητήρων (0,49°C).

ΑΝΑΔΡΑΣΗ

Σε αυτό το βήμα υπάρχει μία δραστηριότητα δημιουργίας ενός εννοιολογικού χάρτη που να αποτυπώνει τους φυσικούς μηχανισμούς που μελέτησε και την επίδραση του ανθρώπου σε αυτούς

(κύκλος διοξειδίου του άνθρακα, φαινόμενο θερμοκηπίου, θερμοκηπικά αέρια, οικοσυστήματα, βιοποικιλότητα, ανθρωπογενείς εκπομπές κλπ.).

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Εδώ, ο μαθητής καλείται να απαντήσει σε ορισμένες ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής εργαζόμενος ομαδικά σε υπολογιστή να τις συζητήσει και να τις αιτιολογήσει στην ολομέλεια της τάξης.

ΕΝΙΣΧΥΣΗ

Στο τελευταίο βήμα του σεναρίου, οι μαθητές μαθαίνουν τι είναι το αποτύπωμα άνθρακα, για ποιο λόγο τους ενδιαφέρει και τι μπορούν να κάνουν οι ίδιοι για να μειώσουν το δικό τους αποτύπωμα άνθρακα ώστε να μην επιβαρύνουν πολύ το περιβάλλον (φαγητό, ένδυση, μεταφορές, ηλεκτρική ενέργεια, σκουπίδια). Ακολουθεί μάθηση με ένα ευχάριστο παιχνίδι της WWF.

Τέλος οι μαθητές προτρέπονται να υπολογίσουν το συνολικό τους ανθρακικό αποτύπωμα χρησιμοποιώντας έναν διαδικτυακό μετρητή, να συγκρίνουν το δικό τους αποτύπωμα με αυτό ενός φίλου, μιας φίλης, ακόμα και με το αποτύπωμα του μέσου όρου στην Ελλάδα και στον κόσμο και να κρίνουν αν πρέπει τελικά να αλλάξουν συνήθειες στη ζωή τους προκειμένου να προστατέψουν το περιβάλλον και να συμβάλλουν στην ανάσχεση της κλιματικής αλλαγής.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εν κατακλείδι, η κλιματική αλλαγή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελούν δύσκολα θέματα που μπορεί να μην γίνουν πλήρως κατανοητά. Αυτό συμβαίνει επειδή δεν διδάσκονται αναλυτικά στις σχολικές τάξεις και ως εκ τούτου οι μαθητές μπορούν να μάθουν γι' αυτά από εναλλακτικά μέσα όπως το διαδίκτυο, η τηλεόραση ή άλλες πηγές. Επομένως, η αλλαγή των στάσεων των μαθητών ως προς την κλιματική αλλαγή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελεί ένα δύσκολο εγχείρημα και για να επιτευχθεί θα χρειαστούν τεχνολογικά μέσα που θα ενισχύσουν τους παραδοσιακούς τρόπους διδασκαλίας.

Αυτή η εργασία στοχεύει στο να συμπεριληφθούν νέες προσεγγίσεις μάθησης, όπως η πειραματική διδασκαλία με την χρήση μικροελεγκτή Arduino στα πλαίσια της εκπαίδευσης STEM, σε όλους τους τομείς του προγράμματος σπουδών της Φυσικής. Το προτεινόμενο πείραμα αποτελεί μία χαμηλού κόστους και εύχρηστη δραστηριότητα υποστηριζόμενη από ένα καλά δομημένο σενάριο, μέσω της οποίας ο μαθητής μπορεί να επιβεβαιώσει τον ρόλο που διαδραματίζει το διοξείδιο του άνθρακα στην διαμόρφωση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης. Τα αποτελέσματα από το πείραμα συμφωνούν με άλλες παρόμοιες προσπάθειες (D'eon et al., 2019; Çilek, 2019). Οι μαθητές μπορεί να συγκρατούν έτσι περισσότερες πληροφορίες και γνώσεις όταν ασχολούνται ενεργά με επιστημονικές διαδικασίες αντί να διαβάζουν ή να ακούν παθητικά διαλέξεις και οδηγίες.

Τέλος, σύμφωνα με το μοντέλο SAMR, ο εκπαιδευτικός μπορεί με την βοήθεια της τεχνολογίας να ενισχύσει και να επεκτείνει την διδασκαλία του και σε θέματα Φυσικής τα οποία είναι εκτός της διδακτέας ύλης, καθώς και σε καθημερινά προβλήματα όπως η κλιματική αλλαγή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Από την πλευρά του μαθητή, η εκπαίδευση μέσω εφαρμογών ασύγχρονης διδασκαλίας όπως το Graasp, τον εμπλέκει άμεσα στην διαδικασία της μάθησης, αφού ευνοούνται οι συνθήκες για να προκαλέσει ο καθηγητής το ενδιαφέρον του αλλά και να συμμετάσχει ενεργά στην διαδικασία της κατάκτησης της γνώσης.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε πολύ τον επιβλέπων καθηγητή μας Χαρίτων Πολάτογλου για την καθοδήγησή του στην συγγραφή της παρούσας εργασίας και την προτροπή του για την κατάθεση της στο 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Scientix για την εκπαίδευση STEM.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Μπακάλογλου Μ., Κασάπης Α. Α., Αξαρίδης Ε. Δ., Πολάτογλου Χ. (2018). Σχεδιασμός και μετρολογική μελέτη μιας IoT συσκευής για την επίδειξη & μελέτη του φαινομένου του θερμοκηπίου & της κλιματικής αλλαγής. 7ο Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας, Αθήνα.

Anderson, A. (2012). Climate change education for mitigation and adaptation. Journal of Education for Sustainable Development, 6(2), 191–206.

Birkmann, J., & Welle, T. (2016). The WorldRiskIndex 2016: Reveals the necessity for regional cooperation in vulnerability reduction. Journal of Extreme Events, 3(2), 1650005.

Chang, C. H., & Pascua, L. (2016). Singapore students' misconceptions of climate change. International Research in Geographical and Environmental Education, 25(1), 84–96.
Christodoulou, A., & Korfiatis, K. (2019). Children's interest in school garden projects, environmental motivation and intention to act: A case study from a primary school of Cyprus. Applied Environmental Education & Communication, 18(1), 2–12.
Çilek, E. (2019). Effect of Gases in Temperature Change in the Atmosphere: A STEM Activity. Journal of Inquiry Based Activities, 9(2), 109-131.
Dal, B., Alper, U., Özdem-Yilmaz, Y., Öztürk, N., & Sönmez, D. (2015). A model for pre-service teachers' climate change awareness and willingness to act for pro-climate change friendly behavior: Adaptation of awareness to climate change questionnaire. International Research in Geographical and Environmental Education, 24(3), 184–200.
D'eon, J. C., Faust, J. A., Browning, C. S., & Quinlan, K. B. (2019). Exploring the phases of carbon dioxide and the greenhouse effect in an introductory chemistry laboratory. Journal of chemical education, 96(2), 329-334.
Dewi, J. K., Hendarti, L., Matakupan, S., & Lisdiyanta, T. (2012). Suplemen Pembelajaran Perubahan Iklim untuk Guru (Climate Change Learning Supplements for Teachers). Kementeran Lingkungan Hidup.
Gonzalez, H., & Kunezi, J. (2012). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer. Washington, DC: Congressional Research Service.
Hansen, P. J. K. (2010). Knowledge about the greenhouse effect and the effects of the ozone layer among Norwegian pupils finishing compulsory education in 1989, 1993, and 2005-what now? International Journal of Science Education, 32(3), 397–419.
Harrington, J. (2008). Misconceptions: Barriers to improved climate literacy. Physical Geography, 29(6), 575–584.
Henderson, J., Long, D., Berger, P., Russell, C., & Drewes, A. (2017). Expanding the foundation: Climate change and opportunities for educational research. Educational Studies, 53(4), 412–425.
Jonassen D., Howland, J. L.. & Marra, R. M. (2012). Meaningful learning with technology. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
Kukla G. & Karl T. R. (1993). Nighttime warming and the greenhouse effect. Environmental Science & Technology 27 (8), 1468-1474. DOI: 10.1021/es00045a001
Kumar, S., & Jasuja, A. (2017). Air quality monitoring system based on IoT using Raspberry Pi. In 2017 International conference on computing, communication and automation (ICCCA) (pp. 1341-1346). IEEE.
Lambert, J. L., Lindgren, J., & Bleicher, R. (2012). Assessing elementary science methods students' understanding about global climate change. International Journal of Science Education, 34(8), 1167–1187.
Lapshina, P. D., Kurilova, S. P., & Belitsky, A. A. (2019). Development of an Arduino-based CO2 Monitoring Device. In 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus) (pp. 595-597). IEEE.
McCuin J. L., Hayhoe K. & Hayhoe D. (2014). Comparing the Effects of Traditional vs. Misconceptions-Based Instruction on Student Understanding of the Greenhouse Effect, Journal of Geoscience Education, 62:3, 445-459, DOI: 10.5408/13-068.1
Monroe, M. C., Plate, R. R., Oxarart, A., Bowers, A., & Chaves, W. A. (2019). Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. Environmental Education Research, 25(6), 791–812.
Nantsou, T. P., & Tombras, G. S. (2022). STEM Lab on Climate Change with Simple Hands-on Experiments. In 2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 249-256). IEEE.
Ocal, A., Kisoglu, M., Alas, A., & Gurbuz, H. (2011). Turkish prospective teachers' understanding and misunderstanding on global warming. International Research in Geographical and Environmental Education, 20(3), 215–226.
Ostler, E. (2012). 21st century STEM education: A tactical model for long-range success. International Journal of Applied Science and Technology, 2(1), 28-33.
Rif'ati Dina Handayani & Triyanto (2021) Seventh-grade students' conceptions of climate change, global warming, and the greenhouse effect, Journal of Geoscience Education, DOI:

10.1080/10899995.2021.1989941
Sharp T., Urrutia D. E. (2022). “What is the temperature of the moon?”. https://www.space.com/18175-moon-temperature.html. Προσπελάστηκε στις 18 Ιουνίου 2022
Shepardson, D. P., Niyogi, D., Choi, S., & Charusombat, U. (2009). Seventh grade students’ conceptions of global warming and climate change. Environmental Education Research, 15(5), 549–570.
Sinatra, G. M., Kardash, C. A. M., Taasoobshirazi, G., & Lombardi, D. (2012). Promoting attitude change and expressed willingness to take action toward climate change in college students. Instructional Science, 40(1), 1–17.
Smith, N., & Leiserowitz, A. (2014). The role of emotion in global warming policy support and opposition. Risk Analysis: An Official Publication of the Society for Risk Analysis, 34(5), 937–948.
Stephens, G. L., Li, J., Wild, M., Clayson, C. A., Loeb, N., Kato, S., ... & Andrews, T. (2012). An update on Earth's energy balance in light of the latest global observations. Nature Geoscience, 5(10), 691-696.
Stevenson, R. B. (2007). Schooling and environmental/sustainability education: From discourses of policy and practice to discourses of professional learning. Environmental Education Research, 13(2), 265–285.
The Greenhouse Effect. The world is getting warmer. What role do greenhouse gas emissions play, and why is this cause for concern?. (n.d.). World101.cfr.org. Global Era Issues. Retrieved from: https://world101.cfr.org/global-era-issues/climate-change/greenhouse
Tibola da Rocha, V., Brandli, L. L., & Kalil, R. M. L. (2020). Climate change education in school: Knowledge, behavior and attitude. International Journal of Sustainability in Higher Education, 21(4), 649–670.

Διατάξεις με Arduino ως μέσο μέτρησης της θερμοκρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας

Παπαναγιώτου Ζωγραφιά[1], Γκιόλμας Αριστοτέλης[2], Στούμπα Αρτεμησία[3], Κωνσταντίνος Σκορδούλης[4], Αλεξάνδρα Τριανταφυλλιά Παπαναγιώτου[5], Θεανώ Λιβιεράτου[6]

zogrpapan@gmail.com, agkiolm@primedu.uoa.gr, artemis.stoumpa@gmail.com, kskordul@primedu.uoa.gr, alextpap@gmail.com, theanoliviera@gmail.com

[1]Απόφοιτος Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

[2] Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό (ΕΔΙΠ), Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

[3]Επιστημονική Συνεργάτης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

[4]Καθηγητής Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

[5]Προπτυχιακή Φοιτήτρια, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών

[6]Απόφοιτος Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

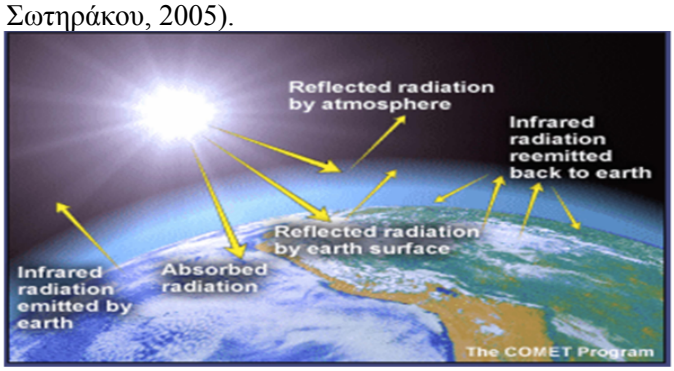
Ο πλανήτης διαρκώς αλλάζει και η κλιματική κρίση είναι φανερή, για αυτό το λόγο αναγκαία κρίνεται η διερεύνηση παραγόντων που επηρεάζουν το κλίμα. Οι μαθητές της πρωτοβάθμιας και κυρίως της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης κρίνεται απαραίτητο να μελετήσουν παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, ώστε να κατανοήσουν τους σχετικούς αυτούς με το κλίμα παράγοντες και σε μία επέκταση της δραστηριότητας να αντιληφθούν το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Στα πλαίσια αυτά υλοποιείται ένα project διαθεματικής και διερευνητικής μάθησης, με τους μαθητές να κατασκευάζουν αισθητήρες συνδεδεμένους με Arduino (Nano Ble Sense και Uno), που μέσω του κατάλληλου κώδικα μετρούν την ηλιακή ακτινοβολία και την θερμοκρασία. Οι μαθητές επιδιώκεται να εξοικειωθούν με την κατασκευαστική διαδικασία και την δημιουργία διατάξεων, αλλά και με την λήψη και ανάλυση πειραματικών δεδομένων μέσα από την συνεργασία σε ομάδες.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία, Arduino, μέτρηση*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό πως ο υπερβολικός εγκλωβισμός της επανεκπεμπόμενης ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης, οδηγεί στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη, σε ένα φαινόμενο γνωστό ως υπερθέρμανση του πλανήτη, που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τα οικοσυστήματα (Koulaidis & Christidou, 1999). Στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων που θα παρουσιαστούν μελετώνται και οι τρεις μορφές ηλιακής ακτινοβολίας που είναι γνωστές στη βιβλιογραφία: η «ολική», η «άμεση» και η «διάχυτη» (total , beam και diffuse), ειδικά η «ολική» αποτελεί μία τιμή αναφοράς, που όταν μετριέται και κατόπιν συγκρίνεται με την ανακλώμενη ακτινοβολία και την εκπεμπόμενη, μας δίνει μια σαφή ένδειξη για το ρόλο των θερμοκηπικών αερίων ως προς τις σχέσεις των τιμών αυτών των ακτινοβολιών (Trenberth & Fasullo, 2009; Pan et al., 2004). Επίσης, η «ολική», είναι το άθροισμα της «άμεσης» και της «διάχυτης» ακτινοβολίας. Η «άμεση», είναι η ακτινοβολία που κατά το ταξίδι της στην επιφάνεια της Γης υπόκειται σε είτε μικρού βαθμού σκέδαση είτε σε μηδαμινού. Η «διάχυτη» διαδίδεται στην ατμόσφαιρα και εξαιτίας της σκέδασης ή της ανάκλασης που υπόκειται, αλλάζει τελικά διεύθυνση. Στην Εικόνα 1, παρατίθενται οι διάφορες μορφές ακτινοβολίας που εμπλέκονται στην εκδήλωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, άρα και στην κλιματική αλλαγή (Φάκαλης, 2010). Επίσης σύμφωνα με την βιβλιογραφία εκλύονται στη Γη 7,5 εκατομμύρια τόνοι αερίων ανά έτος, τα οποία περιλαμβάνουν τους χλωροφθοράνθρακες, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου (Σκορδούλης & Σωτηράκου, 2005) που επηρεάζουν το κλίμα της γης,

απορροφώντας μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, ενώ συγχρόνως δεν επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να διαφύγει στο διάστημα. Μία βασική συνέπεια αυτού του φαινομένου μπορεί να αποτελέσει η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη από 1,4 έως 5,8 βαθμούς μεταξύ 1990 και 2100 (Σκορδούλης & Σωτηράκου, 2005).



Εικόνα 1: *Τα διάφορα είδη ακτινοβολίας που εμπλέκονται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (Ibeh et al., 2022)*

Με βάση τα δεδομένα αυτά, το παρόν project που απευθύνεται κυρίως σε μαθητές στο τέλος της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Στ΄Δημοτικού) αλλά και της Πρώιμης Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (Γυμνάσιο) επικεντρώνεται στην μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης σε γεωγραφικά πλάτη, σε διαφορετικά υψόμετρα αλλά και περιοχές. Επίσης ασχολείται με την αλλαγή της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Γης, σε διαφορετικές περιοχές αλλά και ώρες της ημέρας με την δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων κατά την πάροδο των ετών. Οι μαθητές στο πλαίσιο αυτής της δραστηριότητας μετρούν την ηλιακή ακτινοβολία και συγκεκριμένα την ένταση αυτής (I) σε Watt/m^2 (Pandey & Katiyar, 2013) με το πυρανόμετρο που θα κατασκευάσουν, καθώς και την θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου (C^o), με βάση τον μικροελεγκτή Arduino Nano Ble. Η συναρμολόγηση των αισθητήρων πάνω στην διάταξη φυσικού προγραμματισμού (physical computing) από τους ίδιους τους μαθητές, συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας τους, ώστε να ακολουθήσει η λήψη μετρήσεων. Επιχειρείται πριν την κατασκευή των αισθητήρων οι μαθητές να αναδείξουν τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους.

Στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων που υλοποιούν οι μαθητές, το επίκεντρο είναι οι εργαστηριακές βιωματικές πρακτικές, κατά τις οποίες όλοι οι μαθητές εργάζονται από κοινού σε ένα μικρής διάρκειας project (Frey, 2005) (τεσσάρων διδακτικών ωρών), το οποίο θα οδηγήσει σε συμπεράσματα σχετικά με ένα σημαντικό πρόβλημα, ενώ η κατασκευαστική διαδικασία σε συνδυασμό με την χρήση διαφορετικών πηγών, πλαισιώνει μία πολύ-αισθητηριακή προσέγγιση που διευκολύνει την μάθηση.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Σκοπό του παρόντος project αποτελεί το να μπορούν οι μαθητές, μέσω του Project-Based-Learning να φτιάχνουν υπό την επίβλεψη του εκπαιδευτικού και σε συνεργασία με την ομάδα τους όργανα μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας, τα οποία θα στηρίζονται σε Physical Computing και να πραγματοποιούν μετρήσεις «στο πεδίο» με τα όργανα αυτά. Οι μαθητές είναι εκ φύσεως κοινωνικά όντα και με τον δάσκαλο ως συντονιστή, μπορεί να επιτευχθεί το είδος μάθησης που συναντάμε με τον όρο ‘‘χτίσιμο χαρακτήρα’’ (Kilpatrick, 1918). Μέσω της κατάλληλης καθοδήγησης του εκπαιδευτικού επιτυγχάνεται η επίτευξη του προβλεπόμενου στόχου αλλά και η εξασφάλιση από την δραστηριότητα της μάθησης που δυνητικά αυτή περιέχει (Kilpatrick, 1918). Ακόμη, επιδιώκεται να καθίστανται ικανά να μετρούν με ακρίβεια τα δεδομένα που λαμβάνουν από τους αισθητήρες και να τα ερμηνεύουν (Krajcik et al., 1999).Επίσης στο πλαίσιο των επιμέρους στόχων, καλούνται να περιγράφουν τη λειτουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου, κατά τη διάρκεια του οποίου παρατηρείται απορρόφηση μέρους της επανεκπεμπόμενης ηλιακής ακτινοβολίας από τα αέρια του θερμοκηπίου, κοντά στην επιφάνεια της Γης (UN, 1992).

Η σύνδεση της παρούσας δραστηριότητας με την καθημερινή ζωή, ως βασικό στοιχείο του project, (Kilpatrick, 1918), αποσκοπεί στο να επιτύχει μία βιωματική προσέγγιση της μέτρησης της θερμοκρασίας αλλά και της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι μαθητές ενδεχομένως να έχουν συγκεχυμένες απόψεις για την ηλιακή ακτινοβολία και την διάκρισή της σε υπεριώδη και υπέρυθρη ακτινοβολία.

Επίσης κάποιοι μαθητές πιστεύουν ότι η επιφάνεια της Γης οδηγεί στο να γίνεται η ηλιακή ακτινοβολία πιο αδύναμη, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να επιστρέψει στο διάστημα και να παγιδεύεται (Μανδρίκας κ.α., 2006). Οι αντιλήψεις, οι απόψεις των μαθητών, καθώς και οι παρανοήσεις που δημιουργούνται μέσα από την καθημερινή γλώσσα και την χρήση επιστημονικών όρων με λανθασμένο τρόπο από το ευρύ κοινό καταγράφονται και λαμβάνονται υπόψιν, ώστε η διδασκαλία να είναι πιο αποτελεσματική (Francis et al.,1993).

Επίσης, στόχο των δραστηριοτήτων αποτελεί και η συνεργασία στο πλαίσιο ομάδων συνομηλίκων, για να κατασκευάσουν με βάση δομημένες οδηγίες δύο αισθητήρες. Οι ομάδες επιδιώκεται να είναι σε θέση να εντοπίζουν τυχόν λάθη και παραλείψεις στον κώδικα και το κύκλωμα και να το διορθώνουν. Επιπρόσθετα οι μαθητές μέσα από την λήψη δεδομένων αναπτύσσουν την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων, αλλά και την δημιουργική τους σκέψη. Βασικό κομμάτι αποτελεί ο διάλογος, η συζήτηση και η επιχειρηματολογία στην ομάδα για ένα επιστημονικό ζήτημα με κατάλληλα δομημένα επιχειρήματα.

Ερευνητικά ερωτήματα που θα διερευνηθούν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας αποτελούν οι γνώσεις των μαθητών σχετικά με το ρόλο της ηλιακής ακτινοβολίας και οι αντιλήψεις τους για την σχέση της ηλιακής ακτινοβολίας με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ακόμη μελετάται η διερεύνηση των μεθόδων που θα ακολουθήσουν οι ομάδες των μαθητών στα πλαίσια του Project-Based-Learning για να φτιάξουν όργανα μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας, στηριγμένα σε Physical Computing. Άλλο ερευνητικό ερώτημα σχετίζεται με τον προγραμματισμό των μετρητών και την συλλογή δεδομένων από την κάθε ομάδα, με αποτελέσματα και μετρήσεις που ενδεχομένως διαφοροποιούνται. Τέλος εξετάζονται τα μαθησιακά οφέλη της διαδικασίας και της συνεργατικής εργασίας των μαθητών σε ομάδες στα πλαίσια ενός project.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Στην παρούσα προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση συνδυάζονται στοιχεία της μεθόδου project (Παπαγιαννοπούλου, 2013) με στοιχεία της μάθησης στηριγμένης στη διερεύνηση (*inquiry based learning*), ώστε να διαπιστωθούν βιωματικά τα συγκεκριμένα φαινόμενα από τους μαθητές. Οι ομάδες συγκροτούνται κατά προτίμηση από τρία άτομα, ώστε να μπορέσουν να εργαστούν αποτελεσματικά και συγκροτημένα σε υποομάδες. Η συνεργασία αποτελεί την βάση της εργασίας και της εμπλοκής στην επιστημονική διερεύνηση. Η χρήση εννοιολογικής χαρτογράφησης μπορεί να συνδράμει στην καταγραφή βασικών εννοιών για το ζήτημα που μελετάται (Χαλκιά, 2012). Οι μαθητές συνδέουν τους παράγοντες της τοποθεσίας, της ώρας αλλά και της περιοχής που γίνεται η μέτρηση με τις ληφθείσες μετρήσεις. Επεξηγούνται παράλληλα τα δεδομένα με βάση τους διαφορετικούς παράγοντες.

Οι μαθητές χρησιμοποιούν ως βασικά εργαλεία τους μικροελεγκτές Arduino Nano Ble και Arduino Uno. Το Arduino Uno αξιοποιείται μαζί με κάποια αναλώσιμα υλικά για να δημιουργηθεί ένα «πυρανόμετρο», δηλαδή ένα όργανο που θα μετρά την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ το Arduino Nano Ble αξιοποιείται ώστε να δημιουργηθεί ένας μετρητής θερμοκρασίας. Το λογισμικό «Arduino IDE» αξιοποιείται και στις δύο περιπτώσεις για την εισαγωγή κώδικα στους μικροελεγκτές.

Μια κλασική πειραματική διάταξη για τη μέτρηση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι το «πυρανόμετρο» (“pyranometer”). Η λέξη προέρχεται από τις λέξεις πυρ (φωτιά), άνω (ψηλά) και μέτρο, ετυμολογία που μπορεί να διερευνηθεί και να διαπιστωθεί πιθανά και από τους ίδιους τους μαθητές. Το πυρανόμετρο αποτελείται από έναν αισθητήρα ευαίσθητο στην θερμοκρασία και τις μεταβολές της (θερμόφιλο) με μία μαύρη και μία λευκή επιφάνεια. Η μαύρη επιφάνεια απορροφά και η λευκή αντανακλά την ηλιακή ακτινοβολία που συνδέονται με κρύους και ζεστούς υποδοχείς αντίστοιχα. Με την έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία υπολογίζοντας την διαφορά θερμοκρασίας προκύπτει ένα σήμα από τον αισθητήρα ανάλογο με την ηλιακή ακτινοβολία (Δημητρέντσης κ.α., 2017). Η μορφή ενός πυρανομέτρου εικονίζεται στην Εικόνα 2. Το πυρανόμετρο είναι ένα αρκετά ακριβό εργαλείο με μεγάλο κόστος, στοιχείο που αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την απόκτησή του από σχολεία. Η δημιουργία ενός εναλλακτικού πυρανομέτρου με πολύ μικρό κόστος αποτελεί συγκριτικό πλεονέκτημα της δραστηριότητας που προτείνεται.

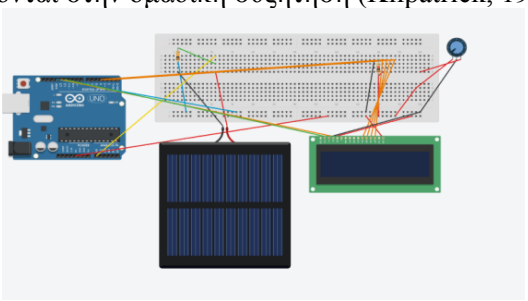
Εικόνα 2: *Μία μορφή πυρανομέτρου*

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

1η Φάση (45΄ λεπτά)

Σε πρώτη φάση οι μαθητές συγκεντρώνουν τα υλικά που θα χρειαστούν με την συνδρομή του εκπαιδευτικού, για να κατασκευάσουν τον μετρητή της θερμοκρασίας, αλλά και το πυρανόμετρο. Ειδικότερα για την κατασκευή του μετρητή ηλιακής ακτινοβολίας, αξιοποιούνται τα αντίστοιχα εξαρτήματα hardware (καλώδια, breadboard, αντιστάσεις, μπαταρία, οθόνη LCD, solar panel). Παρέχονται κάποιες βασικές οδηγίες, ενώ σε προηγούμενη φάση της δραστηριότητας, οι μαθητές έχουν εξοικειωθεί με τον τρόπο λειτουργίας και προγραμματισμού του Arduino και των σχετικών λογισμικών (Arduino IDE).

Κατόπιν, και πριν οι μαθητές πειραματιστούν με τους μικροελεγκτές μπορούν να εξετάσουν τις συνδέσεις μέσα από το λογισμικό προσομοίωσης του Arduino, που λέγεται Tinkercad (Εικόνα 3). Σε κάθε φάση παρέχεται υποστηρικτικό υλικό στους μαθητές σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας των μικροελεγκτών και των εφαρμογών. Βάση για την διαδικασία η μάθηση μέσω κατασκευών (*learning by making*). Οι ομάδες δεν διατυπώνουν απλά ιδέες αλλά συνδέουν τις ιδέες με την πρόθεση να δράσουν (Kilpatrick, 1918). Ο εκπαιδευτικός-συντονιστής των δραστηριοτήτων συνδέει τις εμπειρίες των μαθητών με όσα διατυπώνονται στην ομαδική συζήτηση (Kilpatrick, 1918).



Εικόνα 3: *Προσομοίωση του μετρητή ηλιακής ακτινοβολίας στο Tinkercad*

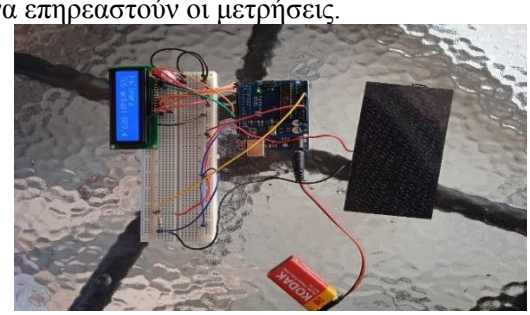
2η Φάση (90΄ λεπτά)

Στην δεύτερη φάση, οι μαθητές ξεκινούν την κατασκευή του μετρητή. Όπως ειπώθηκε και στην εισαγωγή: η ακτινοβολία που φτάνει στην Γη χωρίζεται σε ακτινοβολία που προέρχεται κατευθείαν από τον ηλιακό δίσκο (beam radiation), ενώ η ακτινοβολία που έρχεται στην Γη μέσα από την ανάκλαση σε άλλα σώματα, μόρια και σταγόνες αποτελεί την διάχυτη (diffuse radiation) ακτινοβολία. Η πυκνότητα της ενεργειακής ροής μετράται με χρήση ενός εργαλείου που μετρά τον λόγο όλων των μηκών κυμάτων της ηλιακής ακτινοβολίας (albedometer), που ανακλώνται από μία επιφάνεια, προς το ποσό ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια αυτή. Μαζί με την επαφή με το διδακτικό υλικό, οι μαθητές εξοικειώνονται και με τις μονάδες μέτρησης (Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2018). Καταρχήν μπορεί να πραγματοποιηθεί έλεγχος των τιμών τάσης που μπορεί να παράγει το solar panel, συνδέοντάς το απευθείας με πολύμετρο ακριβείας. Σκοπός είναι να αποφευχθούν τιμές τάσης που θα αποδεικνύονταν καταστροφικές για το Arduino. Η απλή αυτή διάταξη απεικονίζεται στην Εικόνα 4.

Εικόνα 4: *Μετρώντας την τάση που δίνει το solar kit με πολύμετρο*

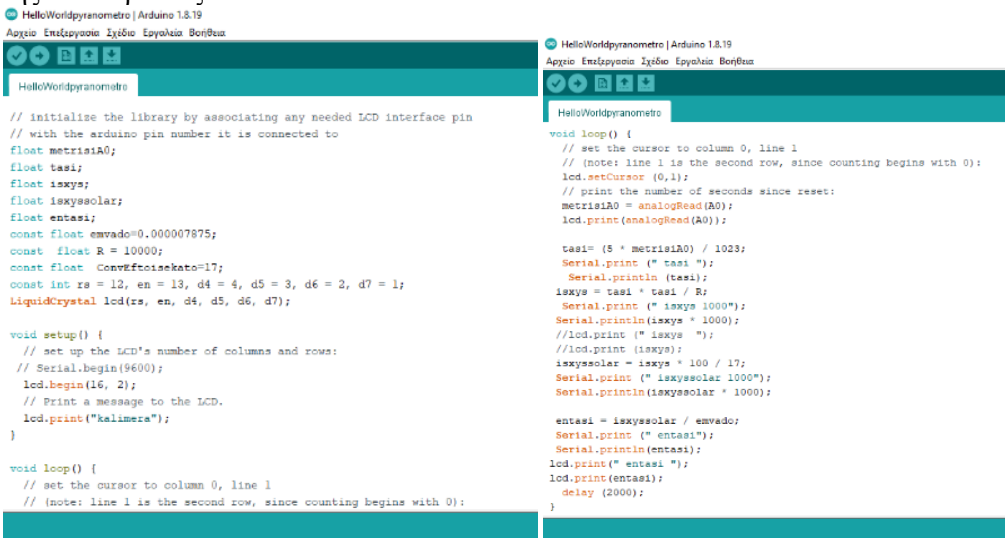
Αφού διαπιστώσουν οι μαθητές ότι η τάση δεν ξεπερνά όντως τα 2-3 V, «στήνεται» η διάταξη και οργανώνονται οι μετρήσεις. Η μέτρηση πραγματοποιείται στην ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας με μονάδα μέτρησης το W/m2. Επισημαίνεται στους μαθητές ότι οι μετρήσεις μπορούν να αλλάξουν από το υψόμετρο, το γεωγραφικό πλάτος αλλά και την ύπαρξη ή μη των νεφών στον ουρανό στην περιοχή της μέτρησης. Συνήθως με καθαρό ουρανό οι μετρήσεις κυμαίνονται σε 1000 watt/meter2. Οι μαθητές εξοικειώνονται με όρους όπως η «ηλιακή σταθερά», που υπολογίζεται περίπου σε 1367 W/m2 (1367 Watt ανά τετραγωνικό μέτρο) (Stine & Geyer, 2001).

Στη συνέχεια, γίνονται κατάλληλες συνδέσεις της μπαταρίας, του solar panel, του Arduino και του breadboard. Δημιουργείται έτσι ένα κύκλωμα παρόμοιο με αυτό της Εικόνας 5. Οι μαθητές τοποθετούν τώρα το πυρανόμετρο,την κατασκευή δηλαδή που μόλις έφτιαξαν, σε οριζόντια επιφάνεια μετρώντας την ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει (UN, 1992). Προσοχή πρέπει να δίνεται στην τοποθέτηση του πυρανομέτρου κοντά σε τοίχους με ανοιχτό χρώμα, γιατί τότε ανακλώνται οι ακτίνες του ήλιου και μπορεί να επηρεαστούν οι μετρήσεις.



Εικόνα 5: *Το πυρανόμετρο που κατασκευάζεται*

Επίσης στην Εικόνα 6, παρατίθεται ο κώδικας που οι μαθητές παίρνουν έτοιμο για τη μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας.



```
// initialize the library by associating any needed LCD interface pin
// with the arduino pin number it is connected to
float metrisiA0;
float tasi;
float isxys;
float isxyssolar;
float entasi;
const float emvado=0.000007875;
const  float R = 10000;
const float  ConvEftoiskato=17;
const int rs = 12, en = 13, d4 = 4, d5 = 3, d6 = 2, d7 = 1;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

void setup() {
  // set up the LCD's number of columns and rows:
 // Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  // Print a message to the LCD.
  lcd.print("kalimera");
}

void loop() {
  // set the cursor to column 0, line 1
  // (note: line 1 is the second row, since counting begins with 0):
```

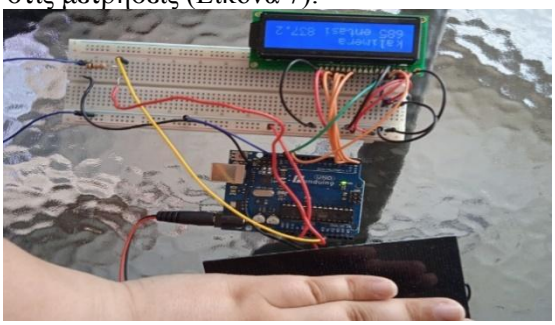
```
void loop() {
  // set the cursor to column 0, line 1
  // (note: line 1 is the second row, since counting begins with 0):
  lcd.setCursor (0,1);
  // print the number of seconds since reset:
  metrisiA0 = analogRead(A0);
  lcd.print(analogRead(A0));

  tasi= (5 * metrisiA0) / 1023;
  Serial.print (" tasi ");
   Serial.println (tasi);
 isxys = tasi * tasi / R;
  Serial.print (" isxys 1000");
 Serial.println(isxys * 1000);
 //lcd.print (" isxys  ");
 //lcd.print (isxys);
 isxyssolar = isxys * 100 / 17;
 Serial.print (" isxyssolar 1000");
 Serial.println(isxyssolar * 1000);

 entasi = isxyssolar / emvado;
 Serial.print (" entasi");
 Serial.println(entasi);
lcd.print(" entasi ");
lcd.print(entasi);
  delay (2000);
}
```

Εικόνα 6: *Τμήμα κώδικα του IDE που χρησιμοποιούμε για το πυρανόμετρο*

Ακολούθως, οι μαθητές πειραματίζονται με τον μετρητή και πραγματοποιούν απλά πειράματα, ώστε να παρατηρήσουν τις αλλαγές. Ενδεικτικά μπορούν να σκιάσουν ένα μέρος του solar panel και να παρατηρήσουν τις αλλαγές στις μετρήσεις (Εικόνα 7).



Εικόνα 7: *Σκίαση του πάνελ*

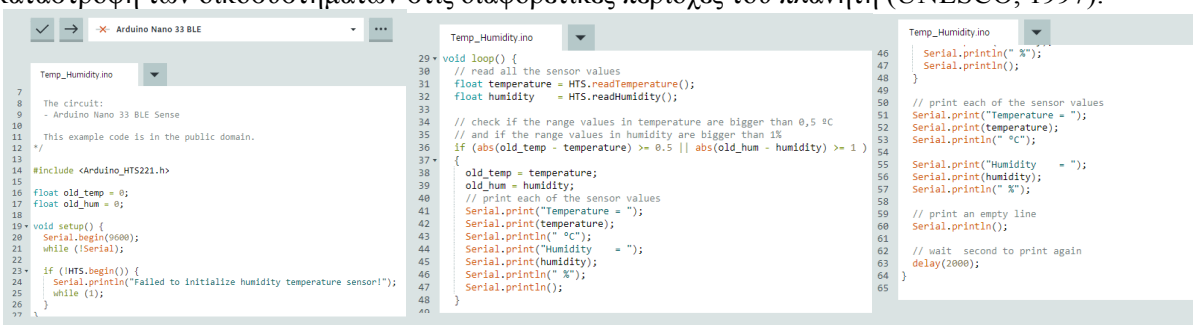
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

1η Φάση (20΄ λεπτά)

Οι ομάδες συγκεντρώνουν τα υλικά για την κατασκευή του μετρητή. Για την μέτρηση της θερμοκρασίας απαιτείται το Arduino Nano Ble, συνδεδεμένο με καλώδιο με φορητό υπολογιστή, ο οποίος να διαθέτει το λογισμικό Arduino IDE. Για να ξεκινήσει η μέτρηση της θερμοκρασίας, συνδέεται το Arduino Nano Ble με μία θύρα του υπολογιστή και γίνονται διαδικασίες σύνδεσης και αναγνώρισης της πλατφόρμας από το λογισμικό.

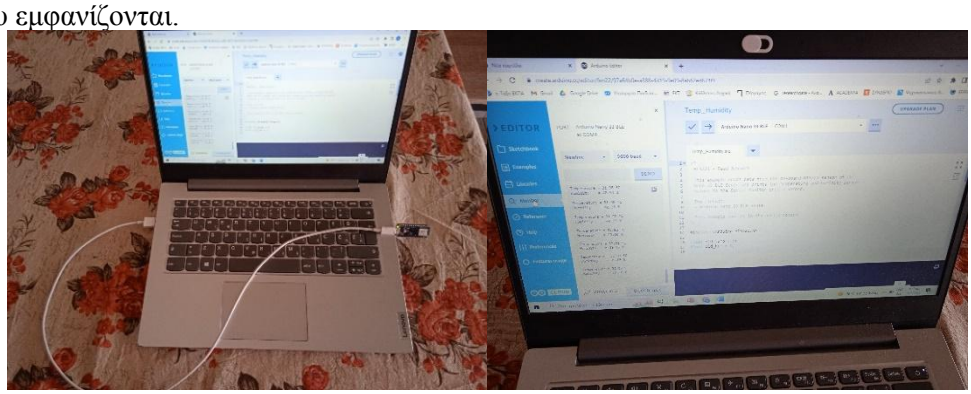
2η Φάση (90΄ λεπτά)

Στη δεύτερη φάση, παρέχεται ο κώδικας έτοιμος στους μαθητές (Εικόνα 8) και αποστέλλεται στην πλατφόρμα. Επίσης, μέσω μιας επέκτασης της δραστηριότητας θίγονται οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής γενικότερα, όπως η εξαφάνιση ειδών και αποθεμάτων πόσιμου νερού αλλά και καταστροφή των οικοσυστημάτων στις διαφορετικές περιοχές του πλανήτη (UNESCO, 1997).



Εικόνα 8: *Τμήμα κώδικα του IDE που χρησιμοποιούμε για τον μετρητή θερμοκρασίας*

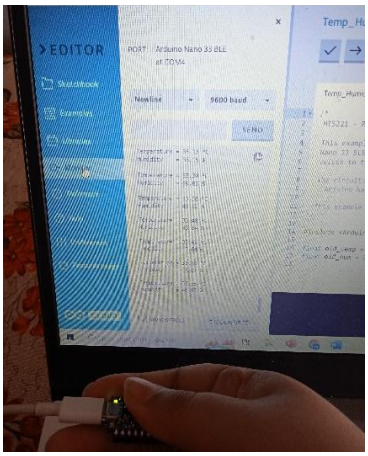
Στη συνέχεια, οι μαθητές συνδέουν το Arduino Nano Ble με το φορητό υπολογιστή στην θύρα USB, και ανοίγουν το εργαλείο «Παρακολούθηση σειριακής θύρας» (monitor). Δημιουργούν με τον τρόπο αυτό τον αισθητήρα μέτρησης της θερμοκρασίας (Εικόνα 9). Εκεί παρατηρούν τις αλλαγές στα νούμερα που εμφανίζονται.



Εικόνα 9: *Ο μετρητής θερμοκρασίας*

3η Φάση (25΄ λεπτά)

Στη 3η φάση, η ομάδα συλλέγει δεδομένα και είναι ελεύθερη να πειραματιστεί. Η εμπλοκή με την κατασκευαστική διαδικασία στα πλαίσια του project παρέχει κίνητρο στις ομάδες (Kilpatrick, 1918) για αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων για την δημιουργία ενός λειτουργικού μετρητή που συλλέγει στοιχεία και πληροφορίες από το εξωτερικό περιβάλλον. Οι μαθητές πειραματίζονται με τον αισθητήρα, αγγίζοντας το αντίστοιχο μέρος του Arduino Nano Ble, παρατηρώντας την θερμοκρασία να ανεβαίνει (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: *Αύξηση θερμοκρασίας του αισθητήρα μέσα από το κάλυψη του αισθητήρα*

4η Φάση (45΄ λεπτά)

Μετά την συλλογή δεδομένων μέσω της χρήσης των κατάλληλων εργαλείων, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην ολομέλεια και γίνεται προσπάθεια διάχυσης προς την σχολική αλλά και την ευρύτερη κοινότητα. Οι μαθητές επεξεργάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων και καταλήγουν σε συμπεράσματα με την ομάδα τους, εξετάζοντας παράλληλα τις αρχικές τους μετρήσεις. Ύστερα, συζητούν με τις υπόλοιπες ομάδες και ενδεχομένως να αναδιαμορφώσουν τα όσα προηγουμένως διαπίστωσαν. Επίσης μέσα από την παρουσίαση του έργου τους στην υπόλοιπη τάξη έχουν την δυνατότητα να λειτουργήσουν μεταγνωστικά στο πλαίσιο της ομάδας, αλλά και της ολομέλειας καθώς υπάρχει η δυνατότητα ανατροφοδότησης και ανταλλαγής απόψεων και ιδεών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσα από την κατασκευαστική και βιωματική διαδικασία οι μαθητές δομούν την γνώση συνεργατικά μέσω της εργασίας στην ομάδα. Η γνώση δεν μεταδίδεται δασκαλοκεντρικά αλλά ανακαλυπτικά μέσω της λήψης μετρήσεων από την καθημερινή ζωή. Η μελέτη, η κατανόηση αλλά και η συζήτηση για τις διαφορετικές έννοιες σχετικές με το φαινόμενο αυτό, μπορούν να αποτελέσουν την βάση για την συζήτηση αυτή. Στα πλαίσια του project αυτού, οι μαθητές μαθαίνουν με ενεργό και συνεργατικό τρόπο, οικοδομώντας στις ήδη υπάρχουσες ιδέες τους την νέα γνώση. Στα πλαίσια των τελικών δραστηριοτήτων οι ομάδες μπορούν στην ολομέλεια να συζητήσουν τους ισχυρισμούς τους για την θερμοκρασία των διαφορετικών περιοχών και την ηλιακή ακτινοβολία πριν αλλά και μετά από την λήψη των μετρήσεων. Οι μετρητές συνδράμουν στην λήψη μετρήσεων που αποτυπώνουν την αύξηση της θερμοκρασίας σε ορισμένες περιοχές και την επίδραση στην ζωή των ατόμων ανάλογα με την γεωγραφική θέση, το υψόμετρο και την εποχή αλλά και την ώρα της μέτρησης. Επομένως μέσα από το project, οι μαθητές προχωρούν στην διάχυση της γνώσης, ενημερώνονται και αναλαμβάνουν ενεργό δράση για τον περιορισμό του φαινομένου ως μελλοντικοί πολίτες, σε ένα ζήτημα που χρήζει άμεσης αντιμετώπισης και συλλογικής προσπάθειας από διαφορετικούς φορείς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δημητρέντσης, Π., Μητσιώνη Μ., Πίπης, Χ. & Χατζημπεκιάρης, Θ. (2017). *Μέτρηση της λευκαύγειας α (albedo) και του συντελεστή εκπομπής ε (emissivity) σωμάτων με χρήση ιδιοκατασκευασμένων ηλεκτρονικών οργάνων*. Can Sat Greece.

Κουκλάκη, Δ. (2019). *Εκτίμηση της ομοιογένειας της διάχυτης ακτινοβολίας από μετρήσεις στο οριζόντιο και κεκλιμένο επίπεδο,* Ανακτήθηκε στις 29 Ιουλίου 2022 από την διεύθυνση http://ikee.lib.auth.gr/record/309005/files/DIMITRA%20KOUKLAKI.pdf

Μανδρίκας, Α., Ταμπάκης, Κ., Τσιλίδης, Μ., Χαλκίδης, Α., Ψωμιάδης, Π., Χαλκιά, Κ. & Σκορδούλης, Κ. (2006). Οι αντιλήψεις των μαθητών για το όζον ως παράγοντας σχεδιασμού εκπαιδευτικού λογισμικού για την περιβαλλοντική εκπαίδευση. Στο Θ. Δ. Λέκκας (επιμ.) *Πρακτικά του 2ου Συνέδριο σχολικών προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης*, Αθήνα, σ.σ. 442-451.

Παπαγιαννοπούλου, Τ. (2013). *Η μέθοδος project σε δώδεκα βήματα*. Ανακτήθηκε στις 15 Μαΐου 2022 από την διεύθυνση http://dide.fth.sch.gr/grepr/wp-content/uploads/2013/02/PROJECT-12-steps.pdf

Σκορδούλης, Κ. & Σωτηράκου, Μ. (2005). *Περιβάλλον, Επιστήμη και Εκπαίδευση*, Αθήνα: LeaderBooks.

Φάκαλης, Δ. (2010). *Συστήματα ηλιακού κλιματισμού με χρήση κύκλου προσρόφησης*. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών. Αθήνα

Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες*, Αθήνα: ΠΑΤΑΚΗ.

Ψυχάρης, Σ. & Καλοβρέκτης, Κ. (2018). *Διδακτική και Σχεδιασμός Εκπαιδευτικών Δραστηριοτήτων STEM & ΤΠΕ,* Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

Francis, C., Boyes, E., Qualter, A. & Stanisstreet M. (1993). Ideas of Elementary Students About Reducing the «Greenhouse Effect». *Science Education*, 1993, Vol.77, No.4, pp. 375-392.

Frey, K. (2005). *Η Μέθοδος Project,* Θεσσαλονίκη: Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη.

Ibeh, F., Sombo, T., Chinedu, E., Azi, O., Ogonna, A., Ekpe, E., & Akande, I. (2022). Correlating between global solar radiation and greenhouse gases over Nigeria. *Journal of Physics: Conference Series*, 2022, Vol. 2214, No. 1, pp. 1203.

Kilpatrick, W. (1918). *The Project Method: The Use of the Purposeful Act in the Educative Process.* New York: Teachers College, Columbia University.

Koulaidis, P. & Christidou, V. (1999). Models of students thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. *Science Education*, 1999, Vol 83, pp. 559-576.

Krajcik, J. S., Czerniak, C. M., & Berger, C. (1999). *Teaching children science: A project-based approach*. Boston, MA: McGraw-Hill.

Pan, Z., Segal, M., Arritt, W., & Takle, S. (2004). On the potential change in solar radiation over the US due to increases of atmospheric greenhouse gases. *Renewable Energy*, 2004, Vol. 29, No.11, pp. 1923-1928.

Pandey, K., & Katiyar, K. (2013). Solar radiation: Models and measurement techniques. *Journal of Energy*.

Stine, B., & Geyer, M. (2001). *Power from the sun.* Power from the sun.net.

Trenberth, E., & Fasullo, T. (2009). Global warming due to increasing absorbed solar radiation. *Geophysical Research Letters*, 2009, Vol 36, No.7.

UN (1992). *Report of the United Nations conference on environment and development*. Rio de Janeiro, 3-14 June 1992.

UNESCO (1997). *Διακήρυξη Θεσσαλονίκης*, Θεσσαλονίκη: εκδ., Πανεπιστήμιο Αθηνών – MIO-ECSDE. Ανακτήθηκε στις 15 Μαΐου 2022 από την διεύθυνση https://ec.europa.eu/clima/climate-change/causes-climate-change_el

Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών στην Κλιματική Αλλαγή: Τα Έργα EDU4CLIMA και CLIMADEMY

Γκινούδη Αθηνά, Δερμιτζάκη Ειρήνη, Καλυβίτης Νίκος, Κανακίδου Μαρία
aginoudi@gmail.com, irdermitzaki@gmail.com, nkalivitis@uoc.gr, mariak@uoc.gr
Φυσικός, Συντονίστρια Εκπαιδευτικού Έργου, ΠΕ.Κ.Ε.Σ. Κρήτης
Φυσικός, Υπεύθυνη 2ου ΕΚΦΕ Ηρακλείου
Φυσικός Ερευνητής, ΕΠΕΧΗΔΙ, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Καθηγήτρια, Διευθύντρια ΕΠΕΧΗΔΙ, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Κρήτης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανάγκη για εκπαίδευση των μελλοντικών γενεών σχετικά με τις αιτίες και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής καθώς και με τις δράσεις που απαιτούνται για την προσαρμογή, είναι πλέον επιτακτική. Η κλιματική αλλαγή όμως είναι ένα σύνθετο θέμα, που προσεγγίζεται διεπιστημονικά και απαιτεί εξειδικευμένη επιστημονική γνώση. Προϋπόθεση για να διδαχθεί η κλιματική αλλαγή στα σχολεία είναι να προετοιμαστούν κατάλληλα οι εκπαιδευτικοί στο να αποκτήσουν τις απαραίτητες επιστημονικές γνώσεις και στο να τις μετασχηματίσουν κατάλληλα για την ηλικία και το γνωστικό επίπεδο των μαθητών τους. Τα έργα EDU4CLIMA και CLIMADEMY σχετίζονται με την εκπαίδευση εκπαιδευτικών των κλάδων STEM στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση γύρω από την κλιματική αλλαγή καθώς και με την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού που θα μπορέσει να αξιοποιηθεί στη σχολική τάξη. Το έργο EDU4CLIMA είναι ένα εθνικό έργο που στοχεύει στη μεταφορά επιστημονικής γνώσης που παράγεται στο σταθμό περιβαλλοντικών μετρήσεων του Πανεπιστημίου Κρήτης στο Φινοκαλιά Λασιθίου μέσω της εγκαθίδρυσης Κόμβου Έρευνας και Καινοτομίας. Το έργο CLIMADEMY είναι ένα ευρωπαϊκό έργο στο πλαίσιο του προγράμματος ERASMUS+, TEACHERS ACADEMIES που στοχεύει στο να δημιουργηθεί ένα ευρωπαϊκό δίκτυο και να αναπτυχθεί ένα ολοκληρωμένο επιμορφωτικό πρόγραμμα όπου οι εκπαιδευτικοί των ειδικοτήτων STEM στην Ευρώπη θα μάθουν πως να διδάσκουν το θέμα της κλιματικής αλλαγής στα σχολεία τους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Κλιματική αλλαγή, εκπαίδευση εκπαιδευτικών, STEM

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που απασχολούν τον πλανήτη τα τελευταία χρόνια με τα αποτελέσματά της να έχουν αρχίσει να γίνονται ορατά στο περιβάλλον και στα οικοσυστήματα, ενώ είναι ευρέως αποδεκτό ότι οφείλεται κυρίως στην ανθρώπινη παρέμβαση και ότι αυξάνεται με εξαιρετικά ταχείς ρυθμούς (IPCC, 2014). Οι δράσεις που αναλαμβάνουμε ως κοινωνικό σύνολο αλλά και ως άτομο σήμερα, πρόκειται να επηρεάσουν την πορεία των εκπομπών των θερμοκηπικών αερίων και άρα της παγκόσμιας θερμοκρασίας και του κλίματος του πλανήτη μας. Υπάρχει λοιπόν ανάγκη για επείγουσα και μετασχηματιστική δράση, τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, για την αποτελεσματική αντιμετώπιση της απειλής της κλιματικής αλλαγής.

Σύμφωνα με το ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 14ης Μαρτίου 2019 σχετικά με την κλιματική αλλαγή (EURPARL, 2019) "η εκπαίδευση των νέων αντιπροσωπεύει ένα από τα πλέον αποτελεσματικά εργαλεία για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής". Από την επιστημονική ανάλυση και την τεχνολογία έως την παγκόσμια πολιτική συζήτηση, η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής απαιτεί διεπιστημονική προσέγγιση και περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα θεμάτων με τις φυσικές επιστήμες να έχουν τον κυρίαρχο ρόλο στην εκπαίδευση των νέων για την κλιματική αλλαγή καθώς εστιάζουν στις αιτίες και στις επιπτώσεις του φαινομένου. Η κατάλληλη ενσωμάτωση της τρέχουσας επιστημονικής γνώσης μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές α) να κατανοήσουν πληρέστερα τις αρχές των φυσικών επιστημών που έχουν εφαρμογή στο κλιματικό σύστημα του πλανήτη β) να διαβάζουν τα δεδομένα που παράγουν οι επιστήμονες και αποδεικνύουν την ανθρώπινη παρέμβαση στο φυσικό σύστημα και γ) να προχωρήσουν σε προσωπική και συλλογική ενδυνάμωση και δράση μέσω μιας ολιστικής προσέγγισης της εκπαίδευσης (Cartier et.al, 2001; Smith & Stern, 2011; Kagawa & Selby, 2010). Επιπροσθέτως, οι μαθητές θα βοηθηθούν στο να μην αναπαραγάγουν εσφαλμένες αντιλήψεις που κυκλοφορούν στα μέσα μαζικής ενημέρωσης και το διαδίκτυο.

Επιπλέον, τα νέα Προγράμματα Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες (Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, 2022) είναι εναρμονισμένα με τους στόχους της Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ, με τον 13ο

στόχο να αφορά τις δράσεις για το κλίμα. (UN, 2015). Τα ερωτήματα που τίθενται αναφορικά με τη διδασκαλία της κλιματικής αλλαγής στα σχολεία είναι: Πόσο καλά προετοιμασμένοι είναι οι εκπαιδευτικοί να διδάξουν την κλιματική αλλαγή, ένα τόσο σύνθετο θέμα με πολλαπλές διαστάσεις που απαιτεί εξειδικευμένη επιστημονική γνώση; Πως θα εισάγουν θέματα κλιματικής αλλαγής στα διδακτικά τους αντικείμενα; Πως θα μετασχηματίσουν τη σύγχρονη επιστημονική γνώση για την ηλικία, το γνωστικό επίπεδο και τις ανάγκες των μαθητών τους; Πως θα υποστηρίξουν τους μαθητές τους στο να διερευνήσουν το θέμα και να αναλάβουν δράση;

Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες οι εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών εμφανίζουν παρανοήσεις για θέματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή (Ekborg & Areskoug, 2012). Οι ίδιοι, παραδέχονται ότι έχουν ηθική και επαγγελματική ευθύνη να μεταφέρουν με ακρίβεια στους μαθητές τους τον τρόπο με τον οποίο μελετάται η κλιματική αλλαγή και τα επιστημονικά δεδομένα που επιβεβαιώνουν ότι το κλίμα αλλάζει και δηλώνουν ότι επιθυμούν υποστήριξη σε σχέση με τις πρόσφατες επιστημονικές εξελίξεις. Δηλώνουν επίσης ότι χρειάζονται επαγγελματική ανάπτυξη που θα τους βοηθήσει στις προσπάθειές τους να εμπλέξουν αποτελεσματικά τους μαθητές σε αυτό το σημαντικό θέμα (Martha, 2019).

Στην εργασία αυτή θα παρουσιαστούν δύο έργα που υλοποιούνται και έχουν αυτό το στόχο, να παρέχουν γνώσεις στους εκπαιδευτικούς, στο να εμβαθύνουν στα αίτια, στις συνέπειες, στην προσαρμογή και στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, να τους δώσουν τα κατάλληλα εργαλεία και τις στρατηγικές για να τα αξιοποιήσουν στο μάθημα και να προτείνουν δημιουργικούς τρόπους για την ενσωμάτωση του θέματος αυτού στα προγράμματα σπουδών των Φυσικών Επιστημών στα ελληνικά και ευρωπαϊκά σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Πρόκειται για το εθνικό έργο EDU4CLIMA και το ευρωπαϊκό έργο CLIMADEMY.

ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΕΡΓΟ EDU4CLIMA

Το έργο EDU4Clima υλοποιείται από το Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Χημικών Διεργασιών (ΕΠΕΧΗΔΙ) του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Κρήτης (ΠΚ) σε συνεργασία με την Περιφερειακή Διεύθυνση Εκπαίδευσης Κρήτης, το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, την Περιφέρεια Κρήτης και το Δήμο Αγίου Νικολάου. Στοχεύει στο να αξιοποιηθεί ο Κόμβος Έρευνας και Καινοτομίας στο Φινοκαλιά Λασιθίου μέσω της υλοποίησης ενός εκπαιδευτικού Προγράμματος για την κλιματική αλλαγή που θα υλοποιείται σε αυτόν. Ο σταθμός στο Φινοκαλιά είναι λόγω της θέσης του αντιπροσωπευτικός για την περιοχή της ανατολικής Μεσογείου (Lelieveld et al., 2002) και συμμετέχει ενεργά στην έρευνα για την ποιότητα του αέρα και την αλλαγή του κλίματος αλλά και στην επίδρασή τους στην ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα. Οι μετρήσεις CO_2 που λαμβάνονται, συγκρίνονται άμεσα με τις συγκεντρώσεις από όλο τον κόσμο και δείχνουν την καλπάζουσα αύξηση των συγκεντρώσεων του από το 2000 και έπειτα.

Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα απευθύνεται κυρίως σε μαθητές των σχολείων Δ/θμιας Εκπ/σης αλλά το έργο περιλαμβάνει επίσης παράλληλες δράσεις και βιωματικά εργαστήρια για εκπαιδευτικούς οι οποίοι θα προετοιμάσουν τους μαθητές τους για την επίσκεψη στον κόμβο και θα αξιοποιήσουν το εκπαιδευτικό υλικό στα μαθήματά τους.

Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών

Η εκπαίδευση των εκπαιδευτικών υλοποιείται κυρίως με μορφή βιωματικών εργαστηρίων. Έμφαση δίνεται στην υιοθέτηση της επιστημονικής/εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση, που είναι και η προτεινόμενη μεθοδολογία στα νέα Προγράμματα Σπουδών για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, όπου ο μαθητής συμμετέχει ενεργητικά στη διαδικασία της μάθησης, προβληματίζεται, θέτει ερωτήματα κάνει υποθέσεις και σχεδιάζει πειράματα προκειμένου να ελέγξει την ορθότητα των υποθέσεων του και να καταλήξει σε συμπεράσματα. Η διαδικασία εμπεριέχει κοινωνική αλληλεπίδραση, δεδομένου ότι οι μαθητές κάνουν την «έρευνά» τους σε ομάδες, ανταλλάσουν ιδέες και επικοινωνούν τα αποτελέσματά τους στην ολομέλεια της τάξης. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα να οδηγηθούν οι μαθητές σε συμπεράσματα μετά από επεξεργασία πραγματικών πειραματικών αποτελεσμάτων από μετρήσεις στο σταθμό του Φινοκαλιά, έτσι ώστε να δουν από κοντά τη δουλειά του ερευνητή και να μάθουν και για άλλα νέα επαγγέλματα που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή που μπορεί να αποτελέσουν το μελλοντικό τους επάγγελμα.

Η εκπαίδευση εστιάζει επίσης στις διαδικασίες με τις οποίες αναπτύσσονται μοντέλα για τη μελέτη του κλίματος και σε δραστηριότητες STEM που προσομοιώνουν με απλό τρόπο τα βασικά φαινόμενα που σχετίζονται με το κλίμα και τη μελέτη της κλιματική αλλαγής, όπως η απορρόφηση

της υπέρυθρης ακτινοβολίας από το διοξείδιο του άνθρακα, οι πηγές και οι αποθήκες διοξειδίου του άνθρακα στον πλανήτη, το λιώσιμο των ηπειρωτικών πάγων και των παγόβουνων, την αύξηση της οξύτητας των ωκεανών, τη φωτοσύνθεση, τους μηχανισμούς μεταφοράς ενέργειας στον πλανήτη, τα ωκεάνεια ρεύματα, το φαινόμενο της λευκαύγειας, τη συλλογή περιβαλλοντικών δεδομένων από δορυφόρους κ.λ.π. Οι δραστηριότητες έχουν επιλεγεί έτσι ώστε α) να είναι κατάλληλες για την ηλικία και το γνωσιακό επίπεδο των μαθητών στους οποίους θα απευθύνονται και β) να μπορούν να ενταχθούν ως δραστηριότητες εμπέδωσης, εφαρμογής, επέκτασης στις θεματικές ενότητες που διδάσκονται οι μαθητές στο σχολείο σύμφωνα με τα προγράμματα σπουδών στα μαθήματα των Φυσικών επιστημών.

Στον Πίνακα 1 φαίνονται ενδεικτικά παραδείγματα σύνδεσης θεμάτων κλιματικής αλλαγής με τα Προγράμματα Σπουδών σε Γυμνάσιο και Λύκειο.

Πίνακας 1: *Παραδείγματα σύνδεσης θεμάτων κλιματικής αλλαγής με τα Προγράμματα Σπουδών σε Γυμνάσιο και Λύκειο.*

Μάθημα	***Ενότητες που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με το κλίμα και την κλιματική αλλαγή***
Βιολογία	Από τα μόρια στους οργανισμούς, Θρέψη στα φυτά Φωτοσύνθεση – Αναπνοή - Ο κύκλος του άνθρακα Οικοσυστήματα – ισορροπία στα οικοσυστήματα – είσοδος, έξοδος, ροή ενέργειας στο οικοσύστημα – βιοποικιλότητα – βλάστηση - Δάση – αποψίλωση δασών – πυρκαγιές βασικές αρχές αειφορικής διαχείρισης των οικοσυστημάτων Ρύπανση περιβάλλοντος και συνέπειες αυτής στην υγεία, στη βιοποικιλότητα Ανθρώπινες επεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον - Προσαρμογές των ζωντανών οργανισμών Τροφικές αλυσίδες – τροφικά πλέγματα Ένζυμα – βιομόρια, Βιοτεχνολογία – Βιοοικονομία – κοινωνικοεπιστημονικά θέματα
Χημεία	Μείγματα, Χημικές ενώσεις Μεταβολές της ύλης και της ενέργειας, χημικές αντιδράσεις – ανίχνευση ουσιών Ενδόθερμες – εξώθερμες αντιδράσεις Απορρόφηση ακτινοβολίας από τα μόρια των θερμοκηπιακών αερίων Διαλύματα – περιεκτικότητα διαλύματος – διαλυτότητα Οξέα – pH, Ιόντα – ανίχνευση ιόντων – οξείδια Φασματοσκοπία, Χημεία του άνθρακα – κύκλος του άνθρακα – Υδρογονάνθρακες – το πετρέλαιο – καύση υδρογονανθράκων – πετροχημεία Πηγές ενέργειας - Ενεργειακή πολιτική, Η σημασία της Χημείας στην τεχνολογία και στην κοινωνία.
Φυσική	Ενέργεια: μορφές ενέργειας - μετατροπές ενέργειας – διατήρηση ενέργειας – υποβάθμιση ενέργειας – αποθήκευση ενέργειας Πυκνότητα Θερμοκρασία – θερμότητα – θερμοδυναμική: μεταφορά θερμότητας – θερμική ισορροπία - αλλαγή καταστάσεων της ύλης – θερμική συστολή διαστολή, ρεύματα μεταφοράς– μηχανές εσωτερικής καύσης Δυνάμεις, βαρυτική δύναμη, κινήσεις δορυφόρων Άνωση, Ρευστά Ατμοσφαιρική πίεση Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία - Φάσμα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας Ακτινοβολία μέλανος σώματος Παραγωγή, μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας
Γεωγραφία	Χάρτες, είδη χαρτών, υπάρχουν εξαιρετικοί διαδραστικοί χάρτες με κλιματικά δεδομένα, πληροφορίες από χάρτες γεωγραφικές συντεταγμένες,

	GIS: τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών Καιρός και κλίμα η ατμόσφαιρα, σύσταση της ατμόσφαιρας – φαινόμενο θερμοκηπίου, δημιουργία ανέμων, το κλίμα, παράγοντες που το επηρεάζουν, κλιματικές ζώνες – μετεωρολογικά δεδομένα – προσαρμογή στο κλίμα Ακραία καιρικά φαινόμενα, Πλημμύρες – τα αίτια - οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες Ο κύκλος του νερού Υδρόσφαιρα - ποτάμια, ωκεανοί, πάγοι Γεωλογική ιστορία – γεωλογικοί αιώνες Ηφαίστεια Μεταβολές στο φυσικό περιβάλλον, οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες Βλάστηση – καλλιέργειες Ορυκτός πλούτος – ορυκτά καύσιμα Φυσικό περιβάλλον και άνθρωπος Μεγάλες πόλεις στον κόσμο – οργάνωση – οικονομικές δραστηριότητες - Μετανάστευση

Για την επιτυχή συμμετοχή των μαθητών στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα στον κόμβο του Φινοκαλιά είναι απαραίτητη η εξοικείωση με εργαλεία και έννοιες που χρησιμοποιούνται και παρουσιάζονται. Παρουσιάζεται λοιπόν στους εκπαιδευτικούς το υλικό που θα πρέπει να μεταφερθεί προς τους μαθητές ώστε αυτοί να ανατρέξουν στις βασικές προαπαιτούμενες γνώσεις για να μπορούν να συμμετέχουν ενεργά στις δραστηριότητες.

Ως τελικό στάδιο της επιμορφωτικής δράσης, οι εκπαιδευτικοί αξιολογούν το πρόγραμμα, εκθέτουν τις παρατηρήσεις τους και δίνουν ανατροφοδότηση, η οποία λαμβάνεται υπόψη ως διαμορφωτική αξιολόγηση. Οι παρεμβάσεις των εκπαιδευτικών αναμένεται να οδηγήσουν στη διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων, έτσι ώστε αυτές να ανταποκρίνονται στις ιδιαίτερες ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών που θα το παρακολουθήσουν.

Η επιλογή των σχολείων που θα συμμετέχουν στο πρόγραμμα γίνεται μετά από ανοικτή πρόσκληση προς όλα τα σχολεία της Περιφέρειας Κρήτης. Οι εκπαιδευτικοί των κλάδων STEM των σχολείων αυτών παρακολουθούν το επιμορφωτικό πρόγραμμα και υλοποιούν τις προπαρασκευαστικές δράσεις με τους μαθητές τους. Υπάρχει όμως και η δυνατότητα και για τους υπόλοιπους εκπαιδευτικούς των κλάδων STEM να παρακολουθήσουν το πρόγραμμα, αν ενδιαφέρονται να υλοποιήσουν σχετικές δραστηριότητες στο πλαίσιο των μαθημάτων τους. Επιπλέον, το εκπαιδευτικό πρόγραμμα στο Φοινοκαλιά Λασιθίου μπορούν να το παρακολουθήσουν και μαθητές από άλλα σχολεία της χώρας, κατόπιν συνεννόησης με τους Υπεύθυνους του Κέντρου.

Σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης των δράσεων, το δια ζώσης εκπαιδευτικό πρόγραμμα για τους μαθητές έπρεπε να ξεκινήσει στις αρχές του 2022. Όμως οι έκτακτες συνθήκες, λόγω πανδημίας ανέβαλαν τις επισκέψεις των σχολείων για την έναρξη της επόμενης σχολικής χρονιάς. Επίσης, στο πλαίσιο της δράσης EDU4CLIMA πραγματοποιήθηκε μία επιμορφωτική ημερίδα και αναπτύχθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τα σχολεία με επιλεγμένες διαθεματικές δραστηριότητες και πειράματα για την κλιματική αλλαγή που προτείνεται για τα Εργαστήρια Δεξιοτήτων στο Γυμνάσιο, στη θεματική ενότητα «Φροντίζω το περιβάλλον». Το υλικό είναι διαθέσιμο στην πλατφόρμα του ΙΕΠ στο σύνδεσμο https://elearning.iep.edu.gr/study/mod/folder/view.php?id=23790.

ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΕΡΓΟ CLIMADEMY

Η δράση Teachers Academy

Το 2020 το Συμβούλιο της Ευρώπης, αναγνωρίζοντας τη σπουδαιότητα του ρόλου του εκπαιδευτικού καθώς και την ανάγκη για αναβάθμιση του επαγγέλματος τους μέσα από τη συνεχή και υψηλής ποιότητας εκπαίδευση, προτείνει μια σειρά από δράσεις, ανάμεσα στις οποίες είναι και η έναρξη των Ακαδημιών Εκπαιδευτικών Erasmus+ Teachers Academies. Στο πλαίσιο αυτό της συνεχούς επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών, υποστηρίζεται η στενότερη συνεργασία μεταξύ των φορέων εκπαίδευσης, Ακαδημαϊκών Ιδρυμάτων και εκπαιδευτικών, ενώ επιπλέον στόχος είναι να διευκολυνθεί η δικτύωση, η ανταλλαγή γνώσεων, η κινητικότητα και να παρέχονται ευκαιρίες μάθησης σε όλες τις φάσεις της σταδιοδρομίας των εκπαιδευτικών. Οι Ακαδημίες

Εκπαιδευτικών θα αξιοποιήσουν τις καινοτομίες και τις αποτελεσματικές πρακτικές που υπάρχουν στο πλαίσιο της εθνικής εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών και της ευρωπαϊκής συνεργασίας θα τις αναπτύξουν περαιτέρω και θα συμβάλλουν στη χάραξη εθνικής και περιφερειακής πολιτικής αναφορικά με την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών και την υποστήριξη των σχολείων, ενισχύοντας την ευρωπαϊκή τους διάσταση.

Η δράση δίνει έμφαση στον ψηφιακό γραμματισμό, τη βιώσιμη ανάπτυξη, την ισότητα και την ένταξη και υποστηρίζει την αξιοποίηση καινοτόμων εκπαιδευτικών πρακτικών και την επικοινωνία/συνεργασία /εικονική κινητικότητα μέσα από τα υπάρχοντα ευρωπαϊκά δίκτυα συνεργασίας όπως είναι το SCIENTIX, το e-twinning, το School Education Gateway κ.λ.π.

Η πρώτη προκήρυξη για τα προγράμματα Teachers Academy έγινε το 2021 και τα αποτελέσματα για τις 11 προτάσεις που έγιναν δεκτές ανακοινώθηκαν το Φεβρουάριο του 2022. Μία από αυτές ήταν το έργο CLIMAte change teachers' acaDEMY, με το ακρωνύμιο CLIMADEMY.

Η Ακαδημία για το κλίμα

Στόχος του CLIMADEMY είναι να δημιουργήσει ένα ευρωπαϊκό δίκτυο και να προσφέρει ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα όπου οι εκπαιδευτικοί των ειδικοτήτων STEM θα μάθουν πως να διδάσκουν το θέμα της κλιματικής αλλαγής, έτσι ώστε στη συνέχεια να είναι σε θέση να εκπαιδεύσουν αποτελεσματικά τους μαθητές τους, την επόμενη γενιά των Ευρωπαίων πολιτών. Συντονιστής στο έργο είναι το Πανεπιστήμιο Κρήτης ενώ στην κοινοπραξία συμμετέχουν Ακαδημαϊκά Ιδρύματα, εκπαιδευτικοί φορείς, φορείς που παρέχουν επαγγελματική εκπαίδευση και σχολεία από την Γερμανία, την Ιταλία και τη Φινλανδία. Από την Ελλάδα εταίροι στο έργο είναι η Περιφερειακή Διεύθυνση Εκπαίδευσης Κρήτης και η Ελληνογερμανική Αγωγή. Τα Ακαδημαϊκά Ιδρύματα έχουν πολυετή εμπειρία στην έρευνα για το κλίμα και είναι πρωτοπόροι στον τομέα τους στην παραγωγή νέας επιστημονικής γνώσης, ενώ στο πλαίσιο του προγράμματος αναπτύσσεται το εκπαιδευτικό μοντέλο για την κατάρτιση των εκπαιδευτικών, το οποίο βασίζεται σε γνωστά θεωρητικά πλαίσια για τις εκπαιδευτικές κατευθυντήριες γραμμές, στην εμπειρία των εταίρων για τους μαθησιακούς στόχους, τις παιδαγωγικές αρχές και τα πρωτότυπα δραστηριοτήτων, καθώς και στα πλαίσια ικανοτήτων της ΕΕ και του ΟΟΣΑ.

Οι κοινότητες μάθησης

Οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί έχουν ενεργό και πολύπλευρο ρόλο σε όλα τα στάδια υλοποίησης του έργου. Καταρχάς ένας πυρήνας εκπαιδευτικών από τις συμμετέχουσες χώρες συμβάλλει στη διαμόρφωση των STEM δραστηριοτήτων και στην ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού σε συνεργασία με τους ειδικούς επιστήμονες και τους παρόχους αρχικής και συνεχιζόμενης εκπαίδευσης. Για την Ελλάδα ο πυρήνας αυτός αποτελείται από Υπευθύνους των ΕΚΦΕ Κρήτης και από εκπαιδευτικούς των Φυσικών Επιστημών που χρησιμοποιούν καινοτόμες εκπαιδευτικές πρακτικές και πρακτικές STEM και στη διδασκαλία των μαθημάτων τους.

Μέριμνα λαμβάνεται στο να προσαρμοστούν οι δραστηριότητες με τη διδακτική μεθοδολογία, αυτή της διερευνητικής μάθησης, που υποστηρίζεται από τον πειραματισμό και την ενεργό συμμετοχή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία. Είναι σημαντικό οι δραστηριότητες και τα προτεινόμενα διδακτικά μοντέλα να εφαρμοστούν πιλοτικά σε συνθήκες πραγματικής τάξης έτσι ώστε να εντοπιστούν πιθανά προβλήματα και να αναπροσαρμοστούν αν αυτό χρειαστεί. Σε αυτή τη φάση ο ρόλος του βασικού πυρήνα των εκπαιδευτικών είναι ιδιαίτερα σημαντικός καθόσον τα σχολεία στα οποία διδάσκουν είναι τα σχολεία της πιλοτικής εφαρμογής των δράσεων.

Επίσης, οι εκπαιδευτικοί αυτοί συμμετέχουν στο πρόγραμμα με διπλό ρόλο, αυτό του συνδιαμορφωτή του εκπαιδευτικού υλικού και αυτό του εκπαιδευόμενου. Αυτοί οι δύο ρόλοι δεν είναι αναγκαστικά ασύμβατοι μεταξύ τους, δεδομένου ότι οι εκπαιδευτικοί λειτουργούν μέσα στο πλαίσιο κοινοτήτων μάθησης και πρακτικής, όπου συζητούν και προβληματίζονται για την πρακτική τους, αποκτώντας τεχνογνωσία μέσω της αλληλεπίδρασής τους με τους συναδέλφους τους (Stoll et al. 2006). Η πρακτική αυτή χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα αποτελεσματική πρακτική εκπαίδευσης ενηλίκων, τόσο στη δια ζώσης όσο και στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση (Longworth, 2001).

Στη συνέχεια, οι ίδιοι εκπαιδευτικοί που επιμορφώθηκαν μέσα από τις κοινότητες πρακτικής και μάθησης, θα αναλάβουν ρόλο μέντορα για τους επόμενους εκπαιδευτικούς που ενδιαφέρονται να επιμορφωθούν και να εντάξουν θέματα κλιματικής αλλαγής στο μάθημά τους, δημιουργώντας έτσι νέες κοινότητες μάθησης κ.ο.κ., επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο έναν ολοένα και αυξανόμενο αριθμό εκπαιδευτικών να έχει πρόσβαση στην επιμορφωτική δράση και να συμμετέχει σε ένα ευρωπαϊκό

δίκτυο εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών για θέματα κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, η αξιολόγηση των δραστηριοτήτων και του παραγόμενου υλικού, η τροποποίηση ή προσθήκη νέων δραστηριοτήτων είναι μία δυναμική διαδικασία που θα συνεχίζεται.

Ένας αριθμός εκπαιδευτικών θα έχει την ευκαιρία να συμμετέχει σε επιμορφωτικές δράσεις μέσω κινητικότητας, στους εθνικούς κόμβους, έναν σε κάθε μία από τις συμμετέχουσες χώρες, που θα δημιουργηθούν από τα αντίστοιχα Ακαδημαϊκά Ιδρύματα. Η φυσική παρουσία των εκπαιδευτικών στους εθνικούς κόμβους συμβάλει στην κατανόηση των πρακτικών επιστημονικής έρευνας για την υποστήριξη της διδασκαλίας στην τάξη. Επίσης, ενδιαφέρον από εκπαιδευτικής σκοπιάς έχει ότι δύο από τους τέσσερεις κόμβους (αυτός του Φινοκαλιά και ο αντίστοιχος της Φινλανδίας) δημιουργούνται γύρω από σταθμούς παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής σε δύο διαφορετικές περιοχές της Ευρώπης που βιώνουν ραγδαίες κλιματικές αλλαγές σε σύγκριση με τις παγκόσμιες μέσες τάσεις: μια περιοχή κοντά στην Αρκτική σε ένα βόρειο δάσος και μια μεσογειακή υποτροπική περιοχή (Markkula et al., 2019 ; Cramer et al., 2018). Οι άλλοι δύο κόμβοι δημιουργούνται με επίκεντρο την ηλεκτρονική μοντελοποίηση και τις δορυφορικές παρατηρήσεις.

Η εκπαίδευση των εκπαιδευτικών εστιάζει κυρίως σε γνώσεις σχετικά με τα αίτια και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, καθώς και με τα μέτρα μετριασμού και προσαρμογής. Οι εκπαιδευτικοί θα έχουν την ευκαιρία να επεξεργαστούν πραγματικά περιβαλλοντικά δεδομένα από διάφορα ευρωπαϊκά ερευνητικά δίκτυα καθώς και από βάσεις δεδομένων που φιλοξενούνται από διεθνείς και εθνικούς οργανισμούς, (π.χ. ESA, NASA, NOAA). Το εκπαιδευτικό υλικό θα βασιστεί τόσο στο υπάρχον ανοικτά διαθέσιμο υλικό, όσο και στις εκπαιδευτικές και ερευνητικές δραστηριότητες των εταίρων, οι οποίες θα συγκεντρωθούν και θα προσαρμοστούν κατάλληλα έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στις εκπαιδευτικές ανάγκες και στους στόχους των προγραμμάτων σπουδών της κάθε χώρας. Οι σχετικές δραστηριότητες STEM που υπάρχουν διαθέσιμες ή αναπτύσσονται στο πλαίσιο του προγράμματος στοχεύουν στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο δημιουργούνται τα επιστημονικά μοντέλα και ελέγχονται ή επαναπροσδιορίζονται μέσα από το πείραμα και την ανάλυση των δεδομένων (Banks & Barlex, 2014).

Όλο το εκπαιδευτικό υλικό που παράγεται καθώς και τα μοντέλα διδασκαλίας που θα δοκιμαστούν θα είναι ανοικτά διαθέσιμα για κάθε ενδιαφερόμενο μέσα από μία κεντρική πλατφόρμα του προγράμματος CLIMADEMY, την CLAUDI. Η CLAUDI θα φιλοξενεί επίσης τα διαδικτυακά μαθήματα και τους συνδέσμους με τα ανοικτά δεδομένα, ενώ θα υποστηρίζει το φόρουμ όπου οι εκπαιδευτικοί θα μπορούν να αλληλεπιδρούν και να ανταλλάσσουν ιδέες και εμπειρίες, συμβάλλοντας έτσι στην ανάπτυξη του σχετικού δικτύου. Το υλικό θα παραχθεί στα αγγλικά, γερμανικά, ιταλικά, ελληνικά και φινλανδικά. Η πρόσβαση στο εκπαιδευτικό υλικό και στις υπόλοιπες δραστηριότητες του προγράμματος CLIMADEMY (διαδικτυακά μαθήματα, ημερίδες, συνέδρια), θα είναι δυνατή και μέσα από άλλες γνωστές ευρωπαϊκές πλατφόρμες, όπως μέσα από την πλατφόρμα του SCIENTIX που υποστηρίζει την κοινότητα εκπαιδευτικών STEM της Ευρώπης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το έργο EDU4CLIMA αφορά στην εκπαίδευση μαθητών και εκπαιδευτικών στο σταθμό περιβαλλοντικών μετρήσεων του ΠΚ στο Φινοκαλιά Λασιθίου, στον οποίο εγκαθιδρύεται ένα Κόμβος Έρευνας και Καινοτομίας για τη διάχυση των ερευνητικών αποτελεσμάτων σχετικά με την αέρια ρύπανση και την κλιματική αλλαγή. Οι εκπαιδευτικοί έχουν τη δυνατότητα να επιμορφωθούν τόσο για τις δραστηριότητες του κόμβου με δια ζώσης επισκέψεις, όσο και για STEM δραστηριότητες και πειράματα που μπορούν να υλοποιήσουν στις τάξεις τους σε αντιστοιχία με τα Προγράμματα Σπουδών. Το εκπαιδευτικό υλικό που παράγεται κατά τη διάρκεια του έργου θα είναι σύντομα ελεύθερα διαθέσιμο μέσω της ιστοσελίδας του κόμβου, https://edu4clima.gr/ και θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κάθε ενδιαφερόμενο, ώστε οι στόχοι του Κόμβου να μπορούν να περάσουν αποτελεσματικά στους εκπαιδευτικούς αλλά και στο ευρύτερο ακροατήριο.

Το εκπαιδευτικό υλικό και οι πρακτικές που αναπτύχθηκαν ήδη κατά τη διάρκεια του έργου EDU4CLIMA και σταδιακά δοκιμάζονται στην εκπαιδευτική πράξη, αποτελούν αφετηρία για την επεξεργασία και περαιτέρω ανάπτυξη δραστηριοτήτων στο πλαίσιο του έργου CLIMADEMY. Στο CLIMADEMY, η ενεργός εμπλοκή περισσοτέρων εκπαιδευτικών και η αλληλεπίδραση με φορείς της εκπαίδευσης από την Ευρώπη αναμένεται να συμβάλλει στον εμπλουτισμό των δραστηριοτήτων STEM για την κλιματική αλλαγή, στην ανάπτυξή τους σε περισσότερες θεματικές ενότητες των προγραμμάτων σπουδών και στην ενσωμάτωση των κατάλληλων παιδαγωγικών πρακτικών,

προκειμένου οι δραστηριότητες να υλοποιηθούν στα σχολεία. Οι καινοτόμες πρακτικές που συνδυάζονται στο CLIMADEMY, εστιάζουν σε μία ολιστική εικόνα της κλιματικής αλλαγής και αφορούν κυρίως στα:

- ανάπτυξη μιας κοινότητας πρακτικής μεταξύ εκπαιδευτικών των φυσικών επιστημόνων και φορέων που παρέχουν συνεχιζόμενη εκπαίδευση σε εκπαιδευτικούς.
- αξιοποίηση δεδομένων από ανοικτά προσβάσιμες βάσεις δεδομένων, ως μέσο για την εμπλοκή των εκπαιδευτικών σε επιστημονικές πρακτικές.
- αξιοποίηση της πολυετούς ερευνητικής εμπειρίας των εμπλεκόμενων Ακαδημαϊκών Ιδρυμάτων στη συλλογή και ανάλυση περιβαλλοντικών δεδομένων από ατμοσφαιρικές μετρήσεις και δορυφορικές λήψεις.
- μεικτό σύστημα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών που περιλαμβάνει βιωματικά εργαστήρια σε τοπικό επίπεδο, εκπαίδευση εξ αποστάσεως (μέσω διαδικτυακών μαθημάτων και συνεργασίας) και εκπαίδευση μέσω κινητικότητας με εκπαιδευτικές επισκέψεις στους κόμβους που δημιουργούνται από τα Πανεπιστημιακά Ιδρύματα.
- λειτουργία της πλατφόρμας CLAUDI, η οποία θα φιλοξενήσει όλο το εκπαιδευτικό υλικό και θα δώσει την ευκαιρία σε εκπαιδευτικούς από διάφορες χώρες να το χρησιμοποιήσουν ως έχει ή/και να το προσαρμόσουν ανάλογα με τις ανάγκες των μαθητών τους ή με τα προγράμματα σπουδών της χώρας τους.

Η δικτύωση εκπαιδευτικών των κλάδων STEM, επιστημόνων και φορέων διαμόρφωσης εκπαιδευτικής πολιτικής που επιδιώκεται θα ενισχυθεί και μέσα από την κοινοποίηση των δραστηριοτήτων του CLIMADEMY στην κοινότητα SCIENTIX σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Στόχος είναι η παρουσίαση του έργου, η αξιοποίηση της πλατφόρμας CLAUDI, η συμμετοχή περισσοτέρων εκπαιδευτικών στις δράσεις του προγράμματος, η ανταλλαγή εμπειριών από το έργο και η διευκόλυνση της δημιουργίας νέων συνεργασιών και συμπράξεων.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το έργο EDU4CLIMA υλοποιείται στο πλαίσιο της 3ης Προκήρυξης Δράσης «Επιστήμη και Κοινωνία», «Κόμβοι Έρευνας, Καινοτομίας και Διάχυσης» του Ελληνικού Ιδρύματος Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ.).

Το έργο CLIMADEMY (101056066) υλοποιείται στο πλαίσιο της 1ης Προκήρυξης της Δράσης «ERASMUS+, Teachers Academies» της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, ERASMUS-EDU-2021-PEX-TEACH-ACA

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (2022), Νέα Προγράμματα Σπουδών, ανάκληση από: http://iep.edu.gr/el/nea-programmata-spoudon-arxiki-selida

Banks, F., & Barlex, D. (2014). *Teaching STEM in the secondary school: Helping teachers meet the challenge*. London: Routledge.

Cartier, J., Rudolph, J., & Stewart, J. (2001). *The nature and structure of scientific models. The nature and structure of scientific models.* The National Center for Improving Student Learning and Achievement in Mathematics and Science, Working Paper

Cramer, W., Guiot, J., Fader, M. et al. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Clim Change* 8, 972–980, https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2

Ekborg, M. & Areskoug, M. (2012). How student teachers' understanding of the greenhouse effect develops during a teacher education programme, *Nordic Studies in Science Education*, Vol. 2 No. 3 (2006), https://doi.org/10.5617/nordina.411

EUROPARL (2019). https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2019-0217_EL.pdf

European Commission (2021). ERASMUS+, Teachers Academies, ανάκληση από: https://erasmus-plus.ec.europa.eu/programme-guide/part-b/key-action-2/teacher-academies.

IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Kagawa, F., & Selby, D. (2010). *Education and Climate Change Living and Learning in Interesting Times*, ISBN 9780415649155, Published July 13, 2012 by Routledge

Lelieveld, J., et al. (2002). Global air pollution crossroads over the Mediterranean. *Science. 2002* Oct 25;298(5594):794-9. doi: 10.1126/science.1075457

Longworth, N. (2001*). Learning Communities for a Learning Century*. In: Aspin, D., Chapman, J., Hatton, M., Sawano, Y. (eds) International Handbook of Lifelong Learning. Springer International Handbooks of Education, vol 6. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0916-4_30

Markkula, I., Turunen, M., & Rasmus, S. (2019). A review of climate change impacts on the ecosystem services in the Saami Homeland in Finland. Science of the Total Environment, 692, 1070-1085.

Martha C. Monroe, Richard R. Plate, Annie Oxarart, Alison Bowers, Willandia A. Chaves. (2019) Identifying effective climate change education strategies: a systematic review of the research. *Environmental Education Research* 25:6, pages 791-812.

Smith, L.A. & Stern, N. (2011). Uncertainty in science and its role in climate policy, Phil. Trans. R. Soc. A.3694818–4841, http://doi.org/10.1098/rsta.2011.0149

Stoll, L., Bolam, R., McMahon, A., Wallace, M., & Thomas, S. (2006). Professional learning communities: A review of the literature. *Journal of Educational Change, 7*(4), 221-258.

UN. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.*

Μυδοκαλλιέργειες και θαλάσσιο οικοσύστημα: Μια εκπαιδευτική προσέγγιση μέσω STEAM

Μπατσίλας Αθανάσιος, Παπαδημητρίου Ευάγγελος
thanosbats@hotmail.com, e.papadimitriou.21@abdn.ac.uk
Εκπαιδευτικός ΠΕ70 Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, Δημοτικό Σχολείο Μακρυγιάλου Πιερίας
School of Biological Sciences, University of Aberdeen, Cruickshank Building, St. Machar Drive, Aberdeen AB24 3UU, Scotland, UK

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εισήγηση αφορά εκπαιδευτικό πρόγραμμα που υλοποιήθηκε από τη Δ' Τάξη του Δ.Σ. Μακρυγιάλου Πιερίας το σχολικό έτος 2021-22. Ο Μακρύγιαλος αποτελεί περιοχή εξαρτώμενη από τις μυδοκαλλιέργειες. Με αφορμή την περσινή καταστροφή που υπέστησαν οι μυδοκαλλιεργητές λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας της θάλασσας και τον αντίκτυπο που αυτή είχε στην τοπική κοινωνία, υλοποιήθηκε μια διδακτική παρέμβαση 9 συναντήσεων και 4 διδακτικών επισκέψεων, μέσα από τις οποίες οι μαθητές/τριες ήρθαν σε επαφή με τα θαλάσσια οικοσυστήματα, τα στάδια εκτροφής και επεξεργασίας μυδιών, τη θαλάσσια ρύπανση. Η προσέγγιση βασίστηκε σε διαθεματικές προσεγγίσεις, εμπλέκοντας τα διδακτικά αντικείμενα της Μελέτης Περιβάλλοντος, Εικαστικών, των Μαθηματικών και της Θεατρικής Αγωγής, πεδία που εμπεριέχονται στη μεθοδολογία STEAM. Οι συναντήσεις με τον επιστημονικό συνεργάτη- ωκεανογράφο υλοποιήθηκαν διαδικτυακά μέσω της πλατφόρμας WebeX όπου πραγματεύονταν το θεωρητικό μέρος και ακολουθούσαν στοχευμένες δραστηριότητες μέσα στην τάξη, ανάλογα με την εκάστοτε θεματική. Τα παιδιά μέσα από τη διαδικασία και την έρευνα συνειδητοποίησαν τον κομβικό ρόλο που παίζουν οι μυδοκαλλιέργειες για την περιοχή τους και το πως η ορθή διαχείρησή τους μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της θαλάσσιας ρύπανσης και άρα στην ευημερία της ευρύτερης περιοχής. Το project συμμετείχε σε δύο ευρωπαϊκά προγράμματα, το Climate Detectives της ESA και το SALL.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Μυδοκαλλιέργειες, Σχολείο, STEAM, θαλάσσια ρύπανση*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Μεσόγειος Θάλασσα φιλοξενεί πάνω από 400 εκατομμύρια κατοίκους κατανεμημένους σε 22 χώρες, από τους οποίους τα 143 εκατομμύρια ζουν στα παράλια, ενώ περίπου άλλα 175 εκατομμύρια την επισκέπτονται κάθε χρόνο (ΕΕΑ. 1999). Η ευημερία όλου αυτού του πληθυσμού εξαρτάται από την υγεία του περιβάλλοντος της Μεσογείου. Το περιβάλλον της Μεσογείου είναι ένα από τα πλουσιότερα και συγχρόνως τα πλέον ευάλωτα στον κόσμο, δεδομένου ότι τα θαλάσσια και παράκτια συστήματα είναι εκτεθειμένα σε επιβαρυντικούς παράγοντες. Υπό την απειλή έντονων διαταραχών λόγω της κλιματικής αλλαγής στις αβιοτικές και βιοτικές συνθήκες, αλλά και των ανθρωπογενών πιέσεων, τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μία έντονη υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων (Cormaci and Furnari 1999) και των βιοκοινοτήτων που διαβιούν σε αυτά (Thibaut et al. 2015). Στον ευτροφικό Θερμαϊκό Κόλπο, η μυδοκαλλιέργεια έχει γίνει μια σημαντική τοπική οικονομική δραστηριότητα, που σήμερα αντιπροσωπεύει το 88% της εθνικής παραγωγής μυδιών (Askew C. 1987; NCRM. 2001). Γενικά, η δορυφορική τηλεπισκόπηση απαιτεί την ύπαρξη ακριβών δεδομένων πεδίου προκειμένου να βελτιωθεί η ερμηνεία των εικόνων και η εξαγωγή χαρακτηριστικών, να επικυρωθούν οι ταξινομήσεις και να καθοριστεί επακόλουθη αξιολόγηση της ακρίβειας. Οι παράκτιες περιοχές αποτελούν περιβάλλοντα πρόκλησης για τηλεπισκόπηση λόγω διαφόρων παραμέτρων που μπορούν να προκαλέσουν φασματική σύγχυση, δηλ. κλίση βάθους, πολυάριθμα ενδιαιτήματα, ποιότητα νερού. Οι ευρωπαϊκές οδηγίες και η εθνική νομοθεσία έχουν ορίσει το καθεστώς προστασίας για το σύμπλεγμα που σχηματίζεται από το δέλτα των ποταμών Αξιού, Λουδία και Αλιάκμονα, όπου συγκεντρώνεται η πλειονότητα της υδατοκαλλιέργειας και χαρακτηρίζεται ως υγρότοπος διεθνούς σημασίας σύμφωνα με τη Σύμβαση Ramsar. Στην περιοχή αυτή, υπάρχει μια σειρά σημαντικών οικοτόπων για σπάνια και απειλούμενα είδη, και ως εκ τούτου αποτελεί μέρος Ειδικής Προστατευόμενης Περιοχής που ορίζεται από την εφαρμογή της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 79/409/ΕΕC. Η τηλεπισκόπηση έχει χρησιμοποιηθεί στον σχεδιασμό και τη διαχείριση των παράκτιων ζωνών ως μέσο αξιολόγησης του επιπέδου των ανθρώπινων πιέσεων, της κατάστασης διατήρησης του φυσικού περιβάλλοντος και της αποτελεσματικότητας των εφαρμοζόμενων μέτρων διατήρησης, παρέχοντας αξιόπιστες πληροφορίες

(Alexandridis. 2008). Αφορμή για την εργασία αυτή στάθηκε η απώλεια θέσεων εργασίας στον μυδοτροφικό κλάδο στην τοπική κοινωνία του Μακρυγιάλου, ενός χωριού άμεσα εξαρτώμενου των μυδοκαλλιεργειών, που είχε ως συνέπεια τη μετεγκατάσταση και μετεγγραφή μαθητών από το Δημοτικό Σχολείο της περιοχής. Με αφορμή την υπέρμετρη αύξηση της θερμοκρασίας της θάλασσας το περασμένο καλοκαίρι, ενά πολύ μεγάλο μέρος της παραγωγής μυδιών καταστράφηκε. Το γεγονός αυτό στάθηκε αφορμή για την εφαρμογή μιας διδακτικής παρέμβασης στην τάξη. Στόχος, ήταν οι μαθητές και οι μαθήτριες να έρθουν αρχικά σε επαφή με τα χαρακτηριστικά του θαλάσσιου οικοσυστήματος, την έννοια της κλιματικής αλλαγής και στη συνέχεια με τις μυδοκαλλιέργειες που υπάρχουν στον τόπο τους. Ένα τέτοιο θέμα προκειμένου να γίνει κατανοητό, εύκολα αντιληπτό από παιδιά Δ' τάξης Δημοτικού 9 ετών και να επιτευχθούν οι επιδιωκόμενοι στόχοι, έπρεπε να προσεγγιστεί με ιδιαίτερο τρόπο. Εφαρμόζοντας τη μεθοδολογία STEAM (Science Technology Engineering Arts Mathematics) το θέμα προσεγγίστηκε πολύπλευρα, από διαφορετικά γνωστικά πεδία και αντικείμενα, με αποτέλεσμα οι μαθητές και οι μαθήτριες να δείξουν το απαιτούμενο ενδιαφέρον και όρεξη για μάθηση.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η διδακτική παρέμβαση στηρίχτηκε στην ενσωμάτωση των γνωστικών πεδίων STEAM (STEAM integration) στο υπό μελέτη θέμα των μυδοκαλλιεργειών και του θαλάσσιου οικοσυστήματος. Με την ενσωμάτωση αυτή εννοούμε την προσέγγιση της διδασκαλίας μέσα από διάφορα επιστημονικά πεδία, δηλαδή τον συνδυασμό δύο ή περισσότερων γνωστικών πεδίων στον παιδαγωγικό σχεδιασμό και τις εκπαιδευτικές παρεμβάσεις (Moore et al., 2014; Tasiopoulou et al., 2020). Όπως αναφέρει και ο Thibaut (2019) μια τέτοια προσέγγιση δίνει έμφαση στην επίλυση αυθεντικών ερωτημάτων και προκλήσεων που αναδεικνύουν τη συνθετότητα των σχετικών προβλημάτων. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία τείνει να καταλαμβάνει όλο και μεγαλύτερο μερίδιο στα εκπαιδευτικά συστήματα των χωρών, καθώς πέραν του διαφορετικού τρόπου προσέγγισης ενός θέματος που κινητοποιεί τους μαθητές, καλλιεργείται η κριτική σκέψη και δεξιότητες που αργότερα θα χρειαστούν στην αγορά εργασίας. Το πρόγραμμα έλαβε χώρα στο διάστημα Φεβρουαρίου- Μαίου 2022, κάθε Παρασκευή για ένα διδακτικό δίωρο. Κάθε δίωρο είχε ξεχωριστή θεματική, με το θεωρητικό μέρος να παρουσιάζεται με τη μορφή παρουσιάσεων Power Point. Την επιμέλεια του θεωρητικού μέρους και του οπτικοακουστικού υλικού την είχε ο επιστημονικός συνεργάτης συνδεόμενος διαδικτυακά μέσω της πλατφόρμας WebeX, ενώ παράλληλα τίθεντο ερωτήσεις και γινόντουσαν συζητήσεις. Έπειτα ακολουθούσαν δραστηριότητες κατανόησης και εμπέδωσης μέσα στην τάξη από του μαθητές και τις μαθήτριες, όπως ζωγραφιές, δημιουργίες κολλάζ, παιχνίδια εικόνων, online κουίζ, δημιουργία ερωτηματολογίου, παιχνίδια ρόλων. Τέλος, έγιναν τέσσερις διδακτικές επισκέψεις, μία σε γειτονικό λιμάνι, μία σε παρατηρητήριο, μία σε εργαστήριο επεξεργασίας μυδιών, αλλά και συμβολικός καθαρισμός τοπικής ακτής για τα οποία θα αναφερθούμε στη συνέχεια με περισσότερες λεπτομέρειες. Το πρόγραμμα ολοκληρώθηκε με την παρουσίαση θεατρικών διαλόγων στο τέλος της σχολικής χρονιάς σε ανοιχτή εκδήλωση με τη συμμετοχή γονέων, μαθητών του σχολείου και κοινωνικών φορέων που συμμετείχαν, με σκοπό οι μαθητές/τριες παρουσιάζοντας ό,τι είχαν υλοποιήσει να το εμπεδώσουν ακόμη καλύτερα, να ενημερωθούν οι συμμετέχοντες και να ενισχυθεί η αυτοπεποίθησή τους συμβάλλοντας εποικοδομητικά και στη μετέπειτα διαμόρφωση του χαρακτήρα τους.

ΣΥΝΑΝΤΗΣΕΙΣ

Για την υλοποίηση του προγράμματος πραγματοποιήθηκαν εννέα δίωρες συναντήσεις και πιο συγκεκριμένα το δεύτερο διδακτικό δίωρο κάθε Παρασκευής. Ο επιστημονικός συνεργάτης συνδεόταν διαδικτυακά μέσω WebeX και κάθε συνάντηση είχε διαφορετική θεματική, όπου αρχικά παρουσιάζονταν το θεωρητικό μέρος με πληροφορίες, οπτικοακουστικό υλικό, συζητήσεις και ακολουθούσαν δραστηριότητες μέσα στην τάξη.

1Η ΣΥΝΑΝΤΗΣΗ- ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΕΜΑ

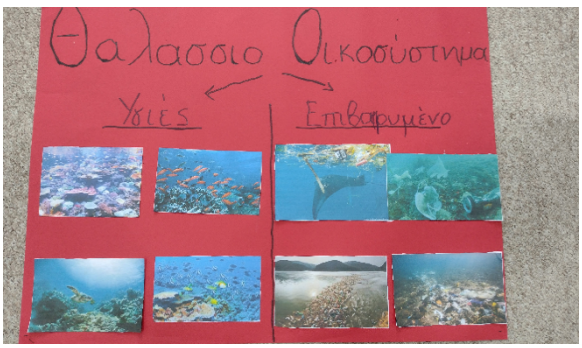
Στην πρώτη συνάντηση δόθηκαν πληροφορίες σχετικά με το πρόγραμμα και το χρονοδιάγραμμα. Οι μαθητές/τριες συμπλήρωσαν ένα εισαγωγικό ερωτηματολόγιο, ώστε να ανιχνεύσουμε ποιες ήταν οι πρότερες γνώσεις τους. Στη συνέχεια τα παιδιά επέλεξαν το όνομα της ομάδας τους, αφού σαν ομάδα θα πορεύονταν για όλο το χρονικό διάστημα, μέσα από ψηφοφορία υποψήφιων ονομάτων που πρότειναν τα ίδια και σχεδίασαν το σήμα τους.

Σχήμα 1: *Τα παιδιά επέλεξαν το όνομα και έφτιαξαν το logo της ομάδας τους.*

2Η ΣΥΝΑΝΤΗΣΗ- ΥΓΙΗ ΚΑΙ ΕΠΙΒΑΡΥΜΕΝΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στη δεύτερη συνάντηση το θέμα αφορούσε τα θαλάσσια οικοσυστήματα, το τι είναι αυτό που χαρακτηρίζει ένα οικοσύστημα ως υγιές ή επιβαρυμένο, βίντεο και παραδείγματα, ενώ έγινε ειδική αναφορά στη ρύπανση της θάλασσας από τα πλαστικά. Τα παιδιά έπειτα χωρίστηκαν σε δύο ομάδες και έφτιαξαν δύο κολλάζ με ένα υγιές και ένα επιβαρυμένο θαλάσσιο οικοσύστημα (Σχήμα 2). Αμέσως μετά τους δόθηκαν εικόνες και φωτογραφίες από τα δύο είδη θαλάσσιων οικοσυστημάτων που μελέτησαν και έπρεπε να τις κατατάξουν κατάλληλα στο καθένα (Σχήμα 3).

Σχήμα 2: *Τα παιδιά έφτιαξαν κολλάζ με το υγιές και το επιβαρυμένο θαλάσσιο οικοσύστημα.*



Σχήμα 3: *Τα παιδιά τοποθέτησαν εικόνες θαλάσσιων οικοσυστημάτων ανάλογα με το που ανήκαν.*

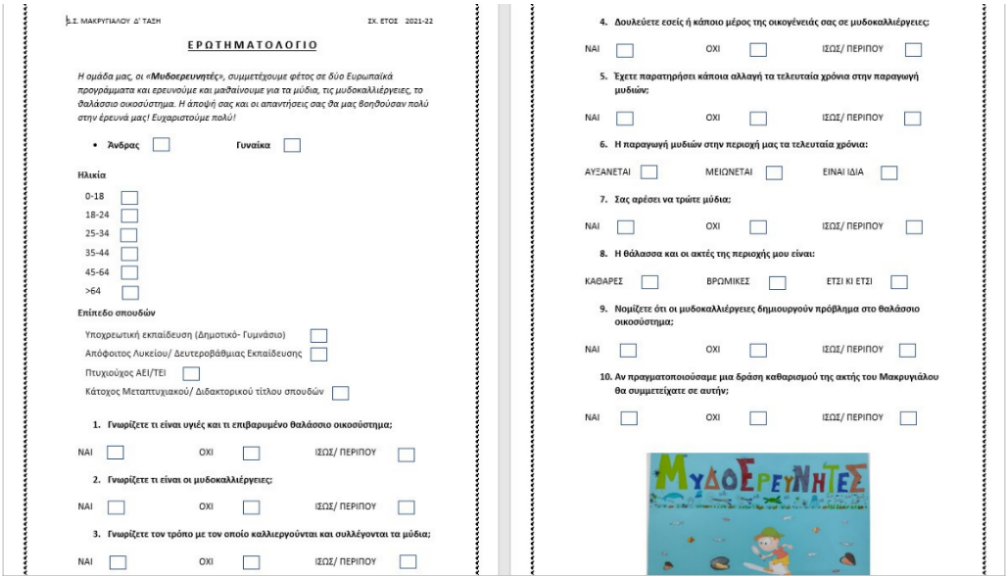
3Η ΣΥΝΑΝΤΗΣΗ- ΜΥΔΙΑ ΚΑΙ ΜΥΔΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Την τρίτη φορά έγινε εισαγωγή στα μύδια και τις μυδοκαλλιέργειες. Τα παιδιά είδαν και συζήτησαν για το πώς είναι οι μυδοκαλλιέργειες και πώς τοποθετούνται μέσα στο νερό, πώς είναι ένα μύδι και ποιες οι κατάλληλες συνθήκες για να αναπτυχθούν, ποιος ο ρόλος τους στην τροφική αλυσίδα, αλλά και το πως επηρεάζουν το τοπικό οικοσύστημα. Οι μαθητές/τριες μοιράστηκαν φωτογραφίες από τους γονείς τους που δουλεύουν στις μυδοκαλλιέργειες, ζωγράφισαν και έγινε συζήτηση για τους λόγους για τους οποίους η περιοχή αυτή συγκενρώνει μεγάλο αριθμό μυδοκαλλιεργειών. Τέλος, έπαιξαν ένα διαδικτυακό παιχνίδι σωστού - λάθους και πολλαπλής επιλογής, σχετικά με αυτά που είχαν ακούσει.

4Η ΣΥΝΑΝΤΗΣΗ- ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΜΥΔΙΩΝ

Η επόμενη συνάντηση, εμβάθυνε περισσότερο στις πιθανές αιτίες μείωσης της παραγωγής των μυδιών που οδήγησαν κάποιους σε ανεργία, ακόμα και σε αλλαγή τόπου μόνιμης κατοικίας, όπως συνέβη με έναν συμμαθητή τους. Τέθηκε στη συζήτηση η έννοια της κλιματικής αλλαγής και οι

συνέπειες αυτής, τα επόμενα χρόνια. Κατόπιν, οι μαθητές και οι μαθήτριες, είχαν την ιδέα να ρωτήσουν το οικογενειακό τους περιβάλλον και όχι μόνον, τις απόψεις τους πάνω στα ζητήματα που συζητούσαμε. Έτσι, σε συνεργασία και με καθοδήγηση, αποφασίστηκε η διεξαγωγή μιας έρευνας, κάνοντας τους μικρούς μαθητές να έρθουν σε επαφή και με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, έρευνας και εξαγωγής συμπερασμάτων. Δημιούργησαν ένα ερωτηματολόγιο δέκα ερωτήσεων, το οποίο ανέλαβαν να μοιράσουν οι ίδιοι στην τοπική κοινωνία, για να διαπιστώσουν τις απόψεις και πάνω σε θέματα που αφορούν τη θαλάσσια ρύπανση της περιοχής τους και τις μυδοκαλλιέργειες (Σχήμα 4). Το ενδιαφέρον τους και το αποτέλεσμα ήταν εντυπωσιακό, καθώς τα παιδιά κατάφεραν να συγκεντρώσουν 63 ερωτηματολόγια από τα οποία προέκυψαν ενδιαφέροντα αποτελέσματα.



Δ.Σ. ΜΑΚΡΥΓΙΑΛΟΥ Δ' ΤΑΞΗ — ΣΧ. ΕΤΟΣ 2021-22

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

*Η ομάδα μας, οι «**Μυδοερευνητές**», συμμετέχουμε φέτος σε δύο Ευρωπαϊκά προγράμματα και ερευνούμε και μαθαίνουμε για τα μύδια, τις μυδοκαλλιέργειες, το θαλάσσιο οικοσύστημα. Η άποψή σας και οι απαντήσεις σας θα μας βοηθούσαν πολύ στην έρευνά μας! Ευχαριστούμε πολύ!*

- Άνδρας ☐ Γυναίκα ☐

Ηλικία

0-18 ☐
18-24 ☐
25-34 ☐
35-44 ☐
45-64 ☐
>64 ☐

Επίπεδο σπουδών

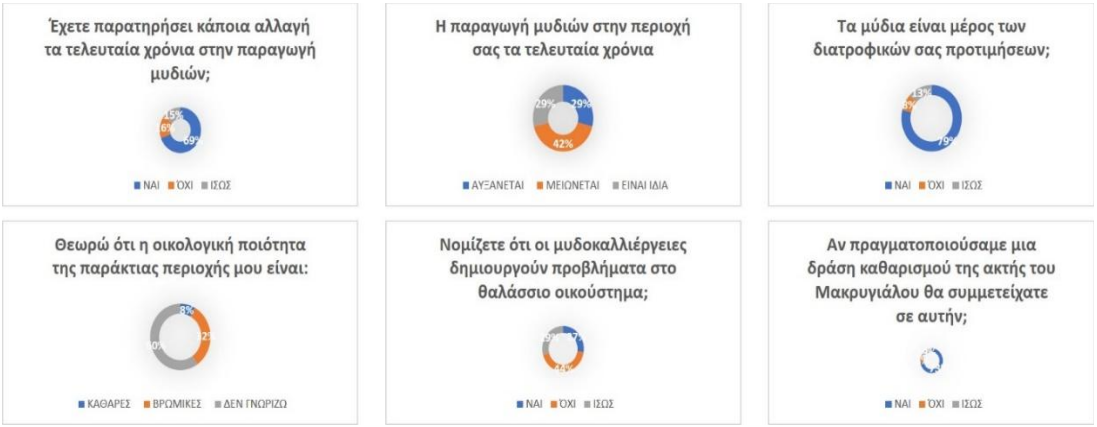
Υποχρεωτική εκπαίδευση (Δημοτικό- Γυμνάσιο) ☐
Απόφοιτος Λυκείου/ Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ☐
Πτυχιούχος ΑΕΙ/ΤΕΙ ☐
Κάτοχος Μεταπτυχιακού/ Διδακτορικού τίτλου σπουδών ☐

1. **Γνωρίζετε τι είναι υγιές και τι επιβαρυμένο θαλάσσιο οικοσύστημα;**
ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ ΙΣΩΣ/ ΠΕΡΙΠΟΥ ☐
2. **Γνωρίζετε τι είναι οι μυδοκαλλιέργειες;**
ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ ΙΣΩΣ/ ΠΕΡΙΠΟΥ ☐
3. **Γνωρίζετε τον τρόπο με τον οποίο καλλιεργούνται και συλλέγονται τα μύδια;**
ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ ΙΣΩΣ/ ΠΕΡΙΠΟΥ ☐
4. **Δουλεύετε εσείς ή κάποιο μέρος της οικογένειάς σας σε μυδοκαλλιέργειες;**
ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ ΙΣΩΣ/ ΠΕΡΙΠΟΥ ☐
5. **Έχετε παρατηρήσει κάποια αλλαγή τα τελευταία χρόνια στην παραγωγή μυδιών;**
ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ ΙΣΩΣ/ ΠΕΡΙΠΟΥ ☐
6. **Η παραγωγή μυδιών στην περιοχή μας τα τελευταία χρόνια:**
ΑΥΞΑΝΕΤΑΙ ☐ ΜΕΙΩΝΕΤΑΙ ☐ ΕΙΝΑΙ ΙΔΙΑ ☐
7. **Σας αρέσει να τρώτε μύδια:**
ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ ΙΣΩΣ/ ΠΕΡΙΠΟΥ ☐
8. **Η θάλασσα και οι ακτές της περιοχής μου είναι:**
ΚΑΘΑΡΕΣ ☐ ΒΡΩΜΙΚΕΣ ☐ ΕΤΣΙ ΚΙ ΕΤΣΙ ☐
9. **Νομίζετε ότι οι μυδοκαλλιέργειες δημιουργούν πρόβλημα στο θαλάσσιο οικοσύστημα;**
ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ ΙΣΩΣ/ ΠΕΡΙΠΟΥ ☐
10. **Αν πραγματοποιούσαμε μια δράση καθαρισμού της ακτής του Μακρυγιάλου θα συμμετείχατε σε αυτήν;**
ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ ΙΣΩΣ/ ΠΕΡΙΠΟΥ ☐

Σχήμα 4: *Το ερωτηματολόγιο όπως προέκυψε μετά από ερωτήσεις που πρότειναν οι μαθητές/τριες.*

5Η ΣΥΝΑΝΤΗΣΗ- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Μόλις βγήκαν τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της έρευνας (Σχήμα 5), τα παιδιά τα χρησιμοποίησαν για μελέτη, συνδέοντας έτσι και το αντίστοιχο κεφάλαιο των μαθηματικών για να μάθουν και να κατασκευάζουν διαγράμματα, με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία αλλά και το αντίστροφο, να αντλούν στοιχεία από διαγράμματα. Τα αποτελέσματα της έρευνας των παιδιών έδειξαν ότι το 87% των ερωτώμενων γνωρίζει τι είναι ο μυδοκαλλιέργειες, το 61% γνωρίζει τη διαδικασία εκτροφής και συλλογής μυδιών, το 79% τρώει συστηματικά μύδια, ενώ το 44% θεωρεί ότι οι μυδοκαλλιέργειες δεν βλάπτουν το θαλάσσιο οικοσύστημα σε αντίθεση με ένα 27% που πιστεύει πως σίγουρα το επιβαρύνει. Αξιοσημείωτο επίσης είναι το γεγονός ότι το 42% έχει παρατηρήσει μείωση στην παραγωγή των μυδιών τα τελευταία χρόνια, ενώ ένα 72% των ερωτιθέντων είναι διατεθιμένοι να μας υποστηρίξουν και να συνδράμουν σε μια δράση καθαρισμού της τοπικής ακτής.



Σχήμα 5: *Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου όπως προέκυψε μετά από ερωτήσεις που πρότειναν οι μαθητές/τριες.*

6Η ΣΥΝΑΝΤΗΣΗ- ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΚΑΙ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

Στην επόμενη συνάντηση, το θέμα ήταν οι δορυφόροι, τα είδη τους και οι χρήσεις τους στην καθημερινή μας ζωή. Έγινε παρουσίαση δωρεάν εφαρμογών και βάσεων δεδομένων (earthexplorer.usgs.gov, Copernicus.eu, planet.com/explorer) που επιτρέπουν τη χρησιμοποίηση δορυφορικών εικόνων για διάφορους λόγους, όπως π.χ. η καταγραφή της θερμοκρασίας της θάλασσας. Κατόπιν παρουσιάστηκε η εφαρμογή του Google Earth για να εντοπίσουν οι μαθητές/τριες την περιοχή τους, ενώ είδαν δορυφορικές εικόνες της ευρύτερης περιοχής, για τον εντοπισμό των μυδοκαλλιεργειών του Θερμαϊκού κόλπου. Μάλιστα, έγινε σύγκριση δορυφορικών εικόνων των τελευταίων πέντε ετών, της ίδιας περιοχής, ώστε τα παιδιά να παρατηρήσουν τις διαφορές στις μυδοκαλλιέργειες. Μια εμφανής διαφορά ήταν η «μετακίνηση» αρκετών από αυτές σε πιο βαθιά νερά, μακριά από τις ακτές, ενώ παρατηρήθηκε και μια μικρή μείωσή τους. Στη συνέχεια, στο κομμάτι των δραστηριοτήτων, τα παιδιά έφτιαξαν κολλάζ με διάφορα είδη δορυφόρων (Σχήμα 6).

Σχήμα 6: *Ζωγραφιές-κολάζ με δορυφόρους*

7Η ΣΥΝΑΝΤΗΣΗ- ΚΑΤΑΔΥΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΥΔΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Στην έβδομη συνάντηση η παρουσίαση αφορούσε τις καταδύσεις, τον απαραίτητο εξοπλισμό ενός δύτη και το πώς μπορεί να συνεισφέρει στις μυδοκαλλιέργειες. Ο ωκεανογράφος έδειξε ζωντανά όλα τα μέρη του εξοπλισμού του και ακολούθησαν βίντεο που είχε τραβήξει ο ίδιος από διαφορετικές τοποθεσίες και ακολούθησε συζήτηση, ενώ τα παιδιά προσπάθησαν να φτιάξουν μικρούς δύτες από ρολό χαρτιού, πλαστελίνες και σύρμα πίπας.

8Η ΣΥΝΑΝΤΗΣΗ- ΑΠΟ ΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ ΣΤΟ ΠΙΑΤΟ ΜΑΣ

Η όγδοη συνάντηση περιελάμβανε τα στάδια επεξεργασίας των μυδιών, από τη στιγμή που οι μυδοκαλλιεργητές τα βγάζουν από τη θάλασσα μέχρι που καταλήγουν στο πιάτο μας. Παρουσιάστηκε η διατροφική αξία των μυδιών και τα στάδια που περνάνε από τη μεταφορά τους έξω από τον βυθό μέχρι τα αποφλοιωτήρια, συσκευαστήρια όπου ζυγίζονται, πλένονται, ανοίγονται τα όστρακα, συσκευάζονται και διανέμονται. Μετά τη συνάντηση αυτή ακολούθησε επίσκεψη σε ένα εργαστήριο

επεξεργασίας μυδιών της περιοχής, όπου οι μαθητές/τριες είδαν την όλη διαδικασία που περιγράφεται και παρακάτω.

9Η ΣΥΝΑΝΤΗΣΗ- ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ-ΚΛΕΙΣΙΜΟ

Στην ένατη και τελευταία συνάντηση, πραγματοποιήθηκε μια σύνοψη του προγράμματος και όλων όσων συζητήθηκαν το προηγούμενο διάστημα και τα παιδιά κατέληξαν στα εξής συμπεράσματα. Αρχικά, η κλιματική αλλαγή αποτελεί πιθανό παράγοντα μείωσης του πληθυσμού των μυδιών. Η αύξηση της θερμοκρασίας της θάλασσας είναι σημαντικός παράγοντας μείωσης της παραγωγής των μυδιών. Η μη ορθή διαχείριση των μυδοκαλλιεργειών, μπορεί να οδηγήσει σε θαλάσσια ρύπανση, όπως παρατηρήθηκε και στην περιοχή, με μεγάλες ποσότητες πλαστικών απορριμάτων όπως, βαρέλια, διχτάκια και σχοινιά. Τέλος οι μαθητές και οι μαθήτριες σε κύκλο κατέθεσαν την άποψή τους για το πρόγραμμα, τι ήταν αυτό που τους άρεσε, τι θα ήθελαν να πάει καλύτερα και γιατί. Η συντριπτική πλειοψηφία εκφράστηκε με πολύ θερμά λόγια και αναγνώρισε το γεγονός ότι, παρόλο που ο τόπος τους είναι τόσο γνωστός για τα μύδια και τις μυδοκαλλιέργειές του, εκείνοι τελικά δεν ήξεραν τόσα πολλά ακόμη. Εκείνο που ξεχώρισαν ήταν φυσικά οι επισκέψεις και ο καθαρισμός της ακτής, ενώ σαν αρνητικό ανέφεραν ότι κάποιες παρουσιάσεις ήταν λίγο κουραστικές για την ηλικία τους. Με το πέρας της συνάντησης οι μαθητές/τριες κλήθηκαν να απαντήσουν σε ένα ερωτηματολόγιο (https://forms.gle/yGjWFcez8EGSPK4e9) σχετικά με το θέμα που μελετήθηκε, προκειμένου να διαπιστωθεί ο βαθμός κατάκτησης νέων γνώσεων. Τα αποτελέσματα ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά όπως φανερώνει και το γράφημα (Σχήμα 7) και οι μαθητές/τριες έδειξαν να έχουν κατακτήσει σε μεγάλο βαθμό τους στόχους που είχαν τεθεί σχετικά με τα θαλάσσια οικοσυστήματα, τη ρύπανση από πλαστικό και τις μυδοκαλλιέργειες.

Σχήμα 7: *Αποτελέσματα ερωτηματολογίου αξιολόγησης μαθητών/τριών*

ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, παρά το μικρό της ηλικίας των μαθητών/τριών, η διδακτική παρέμβαση στόχευε στην ενσωμάτωση πεδίων STEAM, με διαθεματικό χαρακτήρα και εκτείνεται στα πεδία των Επιστημών, των Μαθηματικών, των Τεχνών και της Τεχνολογίας. Πιο συγκεκριμένα μέσα από το project οι μαθητές διδάχτηκαν την 3η Ενότητα από το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος Δ' τάξης, με τίτλο «Η φύση είναι το σπίτι μας- Φυσικό Περιβάλλον και Προστασία». Στο πεδίο των Μαθηματικών, με αφορμή την έρευνα που πραγματοποίησαν τα παιδιά με τα ερωτηματολόγια και, μέσω των αποτελεσμάτων που προέκυψαν, έγινε συνδυασμός των κεφαλαίων 6 και 7 των Μαθηματικών της Δ' τάξης «Οργάνωση δεδομένων και πληροφοριών» και «Αξιολογώ και οργανώνω πληροφορίες» , ώστε οι μαθητές/τριες να μάθουν να οργανώνουν τις πληροφορίες τους σε διαγράμματα. Εξ αρχής το project ήταν σχεδιασμένο να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας τις Νέες Τεχνολογίες, καθώς ο επιστημονικός συνεργάτης και υπεύθυνος του θεωρητικού μέρους θα βρισκόταν και θα παρουσίαζε στην ομάδα μέσω της πλατφόρμας WebeX, της επίσημης πλατφόρμας του Υπουργείου Παιδείας για την εξ αποστάσεως διδασκαλία. Πέραν τούτου, οι μαθητές/τριες με την ολοκλήρωση των συναντήσεων, αλλά και από το σπίτι τους, είχαν τη δυνατότητα να συνδεθούν με εφαρμογές από το αποθετήριο μαθησιακών αντικειμένων «Φωτόδεντρο» και να παίξουν με δύο σχετικές εφαρμογές όπου ψάχνουν τις διαφορές σε εικόνες με θαλάσσια οικοσυστήματα, είτε να φτιάξουν πάζλ με θαλάσσια οικοσυστήματα (http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/10971# και http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/11016). Τέλος, μεγάλο κομμάτι του project συνδέεται με το πεδίο των Τεχνών και πιο συγκεκριμένα με τα Εικαστικά και τη Θεατρική Αγωγή. Οι περισσότερες από τις συναντήσεις, μετά το τέλος του θεωρητικού μέρους, περιλάμβαναν κατασκευή κολλάζ ή ζωγραφική σχετικά με αυτά που είχαν ακούσει. Μάλιστα, με την ολοκλήρωση των συναντήσεων η ομάδα των παιδιών εργάστηκε για την κατασκευή μιας μακέτας- προσομοίωση μυδοκαλλιέργειας, κατασκευασμένη και με υλικά που έφεραν τα ίδια τα παιδιά από τους γονείς τους και χρησιμοποιούνται στις μυδοκαλλιέργειες, όπως σχοινί, διχτάκια, σκοινάκια (Σχήμα 8).

Σχήμα 8: *Τα παιδιά κατασκευάζουν μια μακέτα μυδοκαλλιέργειας*

Προς το τέλος της σχολικής χρονιάς οι μαθητές στην ώρα της Θεατρικής Αγωγής μοιράστηκαν ρόλους παρουσιαστών και με περιεχόμενο ό,τι είχαν πραγματευτεί το προηγούμενο διάστημα, τους συνδιαμόρφωσαν, έκαναν πρόβες και τελικά παρουσίασαν το έργο τους σε ανοιχτή εκδήλωση στο σχολείο, μέσα από θεατρικούς διαλόγους.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΚΕΨΕΙΣ

Βασικό κομμάτι του project αποτέλεσαν οι τέσσερις διδακτικές επισκέψεις που πραγματοποιήθηκαν ανάμεσα στις συναντήσεις και πλαισίωσαν με τον καλύτερο τρόπο το πρόγραμμα, βοηθώντας τους μαθητές και τις μαθήτριες να κατανοήσουν το περιεχόμενο και να επιβεβαιώσουν ό,τι άκουγαν κατά τη διάρκεια των συναντήσεων, μέσα στην τάξη.

ΛΙΜΑΝΙ ΜΕΘΩΝΗΣ

Η πρώτη επίσκεψη πραγματοποιήθηκε στο γειτονικό λιμανάκι της Μεθώνης, όπου μυδοτρόφοι- μεταξύ αυτών και δύο γονείς μαθητών- ανέβασαν τα παιδιά σε μυδοτροφικό σκάφος και εξήγησαν με κάθε λεπτομέρεια τη χρήση κάθε εργαλείου και μηχανήματος που χρησιμοποιούν κατά τη συγκομιδή αλλά και στη διαδικασία αλλαγής των διχτυών καθώς τα μύδια αναπτύσσονται (Σχήμα 9).

Σχήμα 9: *Επίσκεψη σε μυδοτροφικό σκάφος στο λιμάνι της Μεθώνης*

ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΡΙΟ ΝΕΑΣ ΑΓΑΘΟΥΠΟΛΗΣ- ΕΘΝΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΔΕΛΤΑ ΑΞΙΟΥ

Την επίσκεψη στο λιμάνι της Μεθώνης ακολούθησε η επίσκεψη στο Παρατηρητήριο Νέας Αγαθούπολης που τελεί υπό τη διαχείριση του Φορέα Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών Θερμαϊκού Κόλπου. Το παρατηρητήριο χρησιμοποιείται για την παρατήρηση της πλούσιας ορνιθοπανίδας της περιοχής, ωστόσο τα παιδιά είχαν την ευκαιρία να παρατηρήσουν με κυάλια και τηλεσκόπια, εκτός από τα σπάνια είδη πουλιών, τις μυδοκαλλιέργειες της περιοχής αλλά και σημεία ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή που μάλιστα αποτελεί και μέρος του δικτύου προστατευόμενων περιοχών Natura 2000 (Σχήμα 10). Τα παιδιά επεσήμαναν ότι σχεδόν αποκλειστικά τα απορρίμματα που εντόπισαν προερχόντουσαν από τις μυδοκαλλιέργειες, καθώς ήταν πλαστικά βαρέλια και διχτάκια μυδιών. Συμπαίραναν ότι αν οι μυδοκαλλιεργητές δεν επεξεργάζονται με ορθό τρόπο τις καλλιέργειές τους, τότε εκτός από τη θάλασσα, η ρύπανση επηρεάζει άμεσα και τον υγροβιότοπο της περιοχής.

Σχήμα 10: *Τα παιδιά παρατηρούν με τηλεσκόπια και κυάλια τον υγροβιότοπο και τις μυδοκαλλιέργειες*

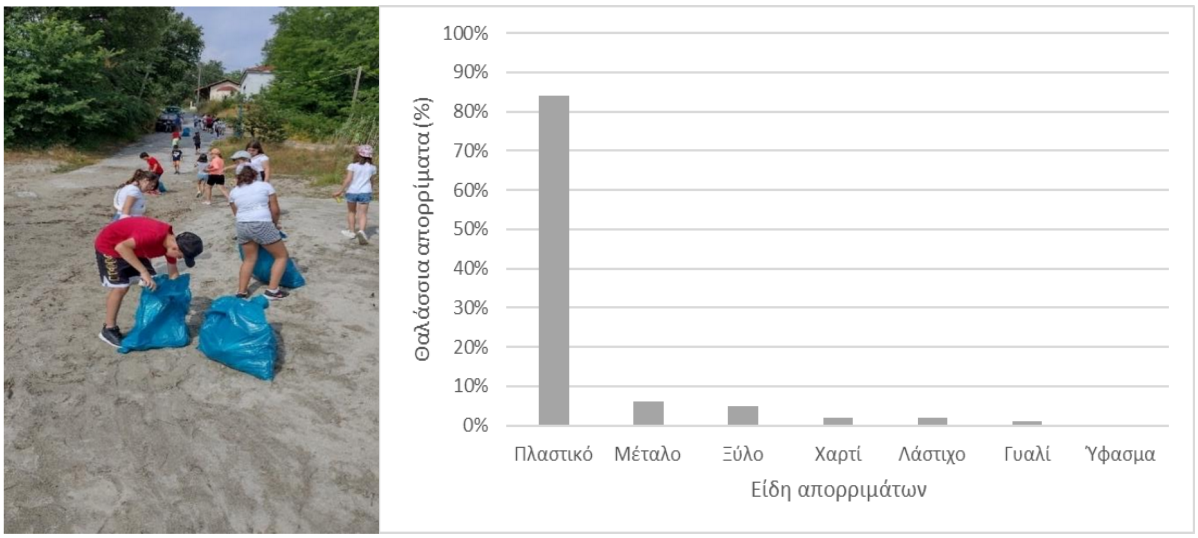
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΥΔΙΩΝ

Μετά την 8η Συνάντηση και αφού στην τάξη συζητήθηκαν τα στάδια επεξεργασίας των μυδιών μέσα από βίντεο και παρουσίαση, πραγματοποιήθηκε επίσκεψη σε ένα από τα τρία αποφλοιωτήρια-συσκευαστήρια που υπάρχουν στην περιοχή. Η ιδιοκτήτρια παρουσίασε στα παιδιά όλα τα στάδια που επεξεργάζονται τα μύδια, από τη στιγμή που τα παραλαμβάνουν από τους μυδοκαλλιεργητές μέχρι τη στιγμή που συσκευάζονται για διανομή σε ιχθυοπωλεία και εστιατόρια. Είδαν που και πως λαμβάνει χώρα το ζύγισμα, ο καθαρισμός, η αποφλοίωση, η συσκευασία και η αποφλοίωση, ενώ ενημερώθηκαν και για τις κατάλληλες συνθήκες συντήρησης (Σχήμα 11).

Σχήμα 11: *Τα παιδιά ενημερώνονται για τη διαδικασία αποφλοίωσης των μυδιών στο εργαστήριο*

ΤΟΠΙΚΗ ΑΚΤΗ- ΣΥΜΒΟΛΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Με αφορμή την Παγκόσμια ημέρα περιβάλλοντος στις 5 Ιουνίου οι μαθητές και οι μαθήτριες επισκέφτηκαν την τοπική ακτή της περιοχής και προχώρησαν σε συμβολικό καθαρισμό (Σχήμα 12). Τα παιδιά χωρίστηκαν σε ομάδες και κατέγραψαν τα είδη των απορριμμάτων που συγκέντρωσαν σε μια ειδική φόρμα καταγραφής. Σε μόλις μία ώρα συγκεντρώθηκαν περίπου 80 κιλά απορριμμάτων. Ο συνολικός αριθμός των καταγεγραμμένων τύπων απορριμμάτων ήτανε 7, σύμφωνα με το πρωτόκολλο (Πλαστικό, Λάστιχο, Ύφασμα, Μέταλλο, Χαρτί, Επεξεργασμένο Ξύλο και Γυαλί). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα (Σχήμα 12) το 84 % ήταν πλαστικά και τα περισσότερα απορρίμματα σχετιζόταν κυρίως με αλιευτικές δραστηριότητες. Πιο συγκεκριμένα, από τα πιο άφθονα είδη ήταν τα σχοινιά, τα δίχτυα αλιείας και οι πετονιές.



Σχήμα 12: *Συμβολικός καθαρισμός τοπικής ακτής και καταγεγραμμένα είδη απορριμμάτων*

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σημαντικό στοιχείο και ουσιαστικά αφορμή για την υλοποίηση του προγράμματος παρέμβασης αποτέλεσε μια πραγματική κατάσταση, ένα πρόβλημα που προέκυψε μέσα από την τάξη. Η μετεγγραφή και η αλλαγή τόπου μόνιμης κατοικίας ενός μαθητή της τάξης εξαιτίας απώλειας θέσης εργασίας του γονέα, οδήγησαν στη μελέτη και την παρέμβαση αυτή. Τα σχολεία είναι και οφείλουν να λειτουργούν σαν κομμάτι της τοπικής κοινωνίας, να αφουγκράζονται τις ανάγκες της και να παρεμβαίνουν όπου χρειάζεται και να αποτελούν μέρη της λύσης ενός προβλήματος. Οι εποχές όπου το σχολείο ήταν ένα απλά ωραίο κτίριο που κοσμούσε μια γειτονιά ή την πλατεία ενός χωριού έχουν παρέλθει. Το σχολείο πλέον πρέπει να παίζει πρωταγωνιστικό ρόλο και να ανοίγει τις πόρτες του στην κοινωνία, να συνεργάζεται με φορείς, δομές και υπηρεσίες προς όφελος πάντα των μαθητών του. Κάπως έτσι συνέβη και στην παραπάνω περίπτωση. Ένα πρόβλημα που παρουσιάστηκε στην περιοχή επηρέασε μέρος της τοπικής κοινωνίας και άρα και μαθητές του σχολείου. Το σχολείο άνοιξε την πόρτα του και τα παιδιά διερεύνησαν το θέμα με ειδικό, τα παιδιά βγήκαν από την τάξη, γνώρισαν επαγγελματίες, συζήτησαν, ρώτησαν ,έπαιξαν, έμαθαν κι ένιωσαν ενεργά κομμάτια της τοπικής κοινωνίας. Τέλος, όσον αφορά τα αποτελέσματα των δορυφορικών εικόνων, λόγω της περιορισμένης

χωρικής ανάλυσης τους, δεν μπόρεσαν να παρέχουν επαρκείς λεπτομέρειες για οποιαδήποτε μέτρηση. Τα αποτελέσματα επιβάλλουν την ανάγκη για περαιτέρω μελέτη και βελτίωση της μεθοδολογίας και χρειάζεται ασφαλώς η συλλογή περισσότερων δεδομένων, έτσι ώστε να αποκτήσουμε σαφέστερη εικόνα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η μελέτη αυτή εντάχθηκε στο ευρωπαϊκό έργο SALL (Schools As Living Labs), την ευθύνη υλοποίησης του οποίου στην Ελλάδα έχει η Ελληνογερμανική Αγωγή απ' όπου και υποστηρίχθηκε όποτε χρειάστηκε, ενώ εντάχθηκε και στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA), ονόματι "Climate Detectives" και παρουσιάστηκε στο "ESA Teach with Space Online Conference 2022" την 7η Ιουλίου 2022.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ιακώβου, Κ. (2021, December 17). *Επισκόπηση της επιστημονικής βιβλιογραφίας με επικέντρωση στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEAM*. Πανεπιστήμιο Κύπρου, Σχολή Κοινωνικών Επιστημών και Επιστημών Αγωγής / University of Cyprus, Faculty of Social Sciences and Education, Κύπρος

Askew C. Shellfish cultivation in Greece. Field Document No. 6. Food and Agriculture Organization of the United Nations; 1987.

Cormaci M, Furnari G (1999) Changes of the benthic algal flora of the Tremiti Islands (southern Adriatic) Italy. Hydrobiologia 398/399: 75-79

EEC. Council directive 79/409/EEC of 2 April 1979 on the conservation of wild birds. Official Journal L 103, p. 1–25; 25/04/1979.

Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research, 4* (1), 1-13.

Tasiopoulou, E., Myrtsioti, E., Niewint Gori, J., Xenofontos, N., Hovardas, T., Cinganotto, L., Anichini, G., Garista, P., & Gras-Velazquez, A. (2020). STE(A)M IT Integrated STEM teaching State of Play. *European Schoolnet*

Thibaut, L. K. (2019). Teachers' Attitudes toward teaching integrated STEM: The impact of personal background characteristics and school context. *International Journal of Science and Mathematics Education, 17 (5),* 987–1007.

Thibaut T, Blanfuné A, Boudouresque CF, Verlaque M (2015) Decline and Local Extinction of Fucales in the French Riviera: The Harbinger of Future Extinctions?" Mediterranean Marine Science 16(1): 206-224

T.K. Alexandridis, C.A. Topaloglou, E. Lazaridou, G.C. Zalidis The performance of satellite images in mapping aquacultures Ocean Coast Manag., 51 (2008), pp. 638-644

Η Μέθοδος STE(A)M στο Μάθημα των Αγγλικών: Μία Πρόταση Διδακτικού Σεναρίου για τη Δημιουργία Stop-motion Animation στην Τάξη των Αγγλικών

Χαραλάμπους Αγγελική

aggelikichar79@yahoo.com

Εκπαιδευτικός ΠΕ06, MA in Art and Education, 129 ΔΣ Αθηνών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σύμφωνα με σχετικές έρευνες, η διαθεματική διδασκαλία των Αγγλικών ως ξένη γλώσσα με ένα άλλο γνωστικό αντικείμενο μπορεί να επιφέρει σημαντικά οφέλη και στους δύο τομείς. Για το διδακτικό σενάριο που αναλύεται στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται η προσέγγιση STE(A)M με έμφαση στην Τεχνολογία, την Τέχνη και τις Φυσικές Επιστήμες στη διδασκαλία των Αγγλικών, προκειμένου να κινητοποιηθούν οι μαθητές και να χρησιμοποιήσουν υψηλές νοητικές διεργασίες. Το συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο επιχειρεί να αναδείξει τη σημασία της συνεργασίας μεταξύ των εκπαιδευτικών διαφορετικών κλάδων και της ενιαίας και ολιστικής αντιμετώπισης της γνώσης. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος επιλέχθηκε η πρόταση διδασκαλίας μέσω της δημιουργίας ενός βίντεο animation με την τεχνική stop-motion. Η δημιουργία ενός βίντεο animation εμπλέκει τον τομέα της Τεχνολογίας και της Τέχνης και απαιτεί πολλαπλές νοητικές διεργασίες για να υλοποιηθεί. Επίσης, με την επιλογή του θέματος της κλιματικής αλλαγής, οι μαθητές θα ασχοληθούν με τον τομέα των Φυσικών Επιστημών.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: *Αγγλικά ως Ξένη Γλώσσα, Content and Language Integrated Learning, Stop-motion animation*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Αγγλικών (English Language Teaching, ELT) δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στη διδασκαλία των Αγγλικών σε πραγματικές, αυθεντικές, βιωματικές συνθήκες με στόχο την εκμάθηση της γλώσσας μέσω της διδασκαλίας περιεχομένου, δηλαδή της ταυτόχρονης διδασκαλίας της γλώσσας και ενός άλλου μαθήματος προωθώντας και ενισχύοντας της κριτική σκέψη (Brewster, 2004; Stoller, 1997 όπως αναφέρεται στον Trabelsi, 2004). Έτσι, η ενσωμάτωση STEM περιεχομένου στη διδασκαλία ξένων γλωσσών αποτελεί έναν ιδανικό τρόπο για την απόκτηση γλωσσικών δεξιοτήτων και παράλληλα γνώσεων που κρίνονται απαραίτητες για τη μελλοντική εξέλιξη των μαθητών (NCLA). Η διδακτική προσέγγιση CLIL (Content and Language Integrated Learning, Ολοκληρωμένη Εκμάθηση Περιεχομένου και Γλώσσας) μπορεί να αποτελέσει τη βάση για την εισαγωγή του STEM περιεχομένου στην τάξη των ξένων γλωσσών (NCLA) και έχει συμβάλλει στην αύξηση της εισαγωγής της διδακτικής προσέγγισης STEM στο ELT και ιδιαίτερα στη διδασκαλία των Αγγλικών ως δεύτερης γλώσσας (English as a Second Language, ESL) τις τελευταίες δύο δεκαετίες (Sultana et al, 2021) χωρίς όμως να παρουσιάζεται ιδιαίτερος όγκος βιβλιογραφίας σχετικής με την εισαγωγή της προσέγγισης STEM στην τάξη των Αγγλικών (Schoettler, 2015).

ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ CLIL

Με τον όρο CLIL αναφερόμαστε σε μία διδακτική προσέγγιση που σκοπό έχει τη διδασκαλία περιεχομένου σχετικού με το πρόγραμμα μαθημάτων μέσω μίας ξένης γλώσσας (Dalton-Puffer, 2011), στην προκειμένη περίπτωση των Αγγλικών. Τα Αγγλικά σε αυτή την προσέγγιση δεν αποτελούν μόνο τον διδακτικό στόχο αλλά και το μέσο για την εκμάθηση ενός άλλου μαθήματος (Chionis et al, 2017). Όσον αφορά στο μάθημα των Αγγλικών, τα οφέλη της προσέγγισης αυτής συνίστανται στην προώθηση και ενίσχυση της επικοινωνίας, της διαπολιτισμικής συνείδησης και της διάδρασης σε πραγματικές συνθήκες (Chionis et al, 2017) καθώς ευνοεί ιδιαίτερα την αυθόρμητη παραγωγή προφορικού λόγου (Dalton-Puffer, 2011) και δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να δούνε τις εκφράσεις των άλλων, να κάνουν ερωτήσεις και να συνεργαστούν με όμοιους (Sultana et al, 2021). Όσον αφορά στη διδασκαλία του περιεχομένου, συνεισφέρει στην εκμάθησή του προωθώντας την ολιστική αντιμετώπιση της γνώσης και συμβάλλοντας στην επίτευξη διαθεματικής συνοχής (Chionis

et al, 2017). Επίσης, η προσέγγιση CLIL κινητοποιεί τους μαθητές και ενισχύει το κίνητρο συμμετοχής τους στα μαθήματα που περιλαμβάνονται στην προσέγγιση STEM (Schietroma, 2019). Τα οφέλη αυτά επιτυγχάνονται καθώς ακολουθείται η ίδια διαδικασία άρτιας εκμάθησης και για τα μαθήματα που διδάσκονται με την προσέγγιση STEM και για τα Αγγλικά, θέτοντας σε χρήση τόσο τη γλώσσα όσο και τη γνώση (language-in-use και knowledge-in-use) με σκοπό την προώθηση και ενίσχυση της μάθησης και στους δύο τομείς (Sultana et al, 2021). Υπάρχει, λοιπόν, αλληλοεξάρτηση με αμοιβαία οφέλη.

Τη διδασκαλία με βάση την προσέγγιση CLIL μπορούν να υλοποιήσουν είτε δάσκαλοι εξειδικευμένοι στο αντικείμενό τους, είτε δάσκαλοι της ξένης γλώσσας με τη συνδρομή του δασκάλου του αντικειμένου για τη σχεδίαση των μαθημάτων (Sultana et al, 2011; Chionis et al, 2017). Συνοψίζοντας, η διδασκαλία με την προσέγγιση STEM στο μάθημα των Αγγλικών αποτελεί μία μεγάλη πρόκληση (Sultana et al, 2021) και προκειμένου να οδηγήσει σε θετικά αποτελέσματα απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη σχεδίαση του διδακτικού σεναρίου και λεπτομερής οργάνωσή του (NCLA). Θα πρέπει να υπάρχει σαφής στοχοθεσία, λεπτομερής ανάλυση του τελικού αποτελέσματος που πρέπει να παράξουν οι μαθητές καθώς και των επιμέρους εργασιών που θα υλοποιηθούν ώστε να φτάσουν στο τελικό αποτέλεσμα, των προθεσμιών καθώς και της φύσης των εργασιών αυτών (NCLA).

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Το παρόν διδακτικό σενάριο αποτελεί το αναθεωρημένο σενάριο που προέκυψε έπειτα από την υλοποίηση ενός Project στο πλαίσιο του μαθήματος των Αγγλικών με μαθητές της Ε' τάξης κατά το σχολικό έτος 2020-21 με αφορμή τον εορτασμό της Παγκόσμιας Ημέρας Περιβάλλοντος (εικόνα 1). Σκοπός του παρόντος διδακτικού σεναρίου είναι η δημιουργία βίντεο animation έως 2 λεπτά με τη μέθοδο stop-motion, με θέμα την Παγκόσμια Ημέρα Περιβάλλοντος στην Αγγλική Γλώσσα. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της Μάθησης μέσω Έργου (Project-based Learning, PBL). Με αυτή τη μέθοδο δίνεται στους μαθητές ισχυρό κίνητρο συμμετοχής ώστε να διατηρηθεί αυξημένο το ενδιαφέρον τους, απαιτείται συνεργασία αλλά και ανεξάρτητη δράση και σκέψη τους, παρέχεται η δυνατότητα για επικέντρωση σε συγκεκριμένες πτυχές διδασκαλίας της γλώσσας και είναι προσανατολισμένη τόσο στη διαδικασία όσο και στο τελικό αποτέλεσμα αλλά και στον αναστοχασμό πάνω σε αυτά (Alan and Stoller, 2005).

Εικόνα 1: *Στιγμιότυπο από το βίντεο animation*

Η επιλογή του θέματος έγινε με βάση την ανάγκη για ευαισθητοποίηση των μαθητών για το θέμα της περιβαλλοντικής μόλυνσης και της κλιματικής αλλαγής. Επίσης, το θέμα αυτό προτείνεται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (2003) τόσο στο μάθημα των Αγγλικών όσο και της Φυσικής και της Μελέτης Περιβάλλοντος. Το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (2003) επίσης, προτείνει τη διαθεματικότητα ως διδακτική προσέγγιση στο μάθημα των Αγγλικών καθώς και την εκμάθηση της γλώσσας ως μέσο επικοινωνίας. Επιπλέον, συνέβαλε η διαπίστωση ότι η συμμετοχή σε Εργασίες-Project με θέμα το Περιβάλλον ενισχύουν θετικά τόσο τη γνώση των μαθητών για το θέμα αυτό όσο και τη στάση τους απέναντι στο μάθημα της Φυσικής (Science) (Al-Balushi and Al-Aamri, 2014).

Η χρήση του animation επιλέχθηκε καθώς αποτελεί μία ολοκληρωμένη δραστηριότητα STE(A)M, αφού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εντρυφήσει σε επιστημονικές έννοιες μέσω μεθόδων διερεύνησης και λύσης προβλημάτων που χρησιμοποιούνται κατά την εικαστική δημιουργία

(Malele & Ramaboka, 2020). Έτσι, πέρα από το γεγονός ότι σύμφωνα με διάφορες έρευνες η δημιουργία animation από τους μαθητές διευκολύνει και ενισχύει την κατάκτηση νέου περιεχομένου και ειδικά στο μάθημα της Φυσικής (Science) (Farrokhnia et al., 2020) και απαιτεί τη χρήση νέων τεχνολογιών (Technology), η παραγωγή animation συνεισφέρει στην υλοποίηση μίας δραστηριότητας μέσω μίας συνεχούς διαδικασίας υποθέσεων, πειραματισμών, ελέγχου των υποθέσεων και εξαγωγής συμπερασμάτων. Σε όλα τα στάδια της υλοποίησής του ένα animation χρειάζεται συνεχώς δοκιμές προκειμένου να βρεθεί ο τρόπος που θα υλοποιηθεί η ιδέα τους ενώ πολλές μπορεί να είναι οι φορές που η αρχική ιδέα θα πρέπει να αλλάξει ώστε να είναι υλοποιήσιμη. Επιπλέον, το animation αποτελεί μία μορφή εικαστικής δημιουργίας που μπορεί να είναι μία εξαιρετικά επωφελής διαδικασία καθώς και η τέχνη αποτελεί ένα πεδίο πειραματισμών, ανάπτυξης κριτικής και δημιουργικής σκέψης, συνεργασίας. Αυτό επιτυγχάνεται καθώς δημιουργεί μία ατμόσφαιρα ασφάλειας για τους μαθητές να πειραματιστούν αφού στην εικαστική δημιουργία δεν υπάρχει σωστή και λάθος απάντηση (McArdle and Tan, 2012).

Το διδακτικό σενάριο είναι συμβατό με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (2003) τόσο όσον αφορά στο θέμα που έχει επιλεγεί και τη διαθεματική προσέγγιση που ακολουθείται όσο και στη μεθοδολογία που προτείνεται. Δίνεται έμφαση στη χρήση της γλώσσας με σκοπό την επικοινωνία, την ανάπτυξη της κριτικής και δημιουργικής σκέψης και τη συνεργασία. Για να επιτευχθούν οι γλωσσική στόχοι είναι σαφές ότι η διδασκαλία του περιεχομένου θα πρέπει να γίνεται χρησιμοποιώντας την Αγγλική γλώσσα σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό με σκοπό την επίτευξη της επικοινωνίας μεταξύ των εμπλεκομένων και όχι απαραιτήτως τη γραμματική και συντακτική αρτιότητα.

Όσον αφορά τη διαθεματικότητα, το διδακτικό σενάριο θα μπορούσε να υλοποιηθεί με τη συνεργασία του δασκάλου της τάξης στο πλαίσιο του μαθήματος της Φυσικής, στην ενότητα «Οικοσυστήματα», των Εικαστικών στις ενότητες «Εξοικείωση με μέσα, υλικά, τεχνικές» και «Ανάλυση περιεχομένου και νοήματος με θέματα από τη φύση», καθώς και στο πλαίσιο του μαθήματος των ΤΠΕ στην ενότητα «Δημιουργώ με πολυμέσα» που περιλαμβάνει τη δημιουργία κινουμένου σχεδίου και αρχείων ήχου. Επιπλέον, το διδακτικό αυτό σενάριο θα μπορούσε να υλοποιηθεί στο πλαίσιο των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων που έχουν εισαχθεί στα Δημοτικά Σχολεία καθώς καλύπτει δύο από τους θεματικούς κύκλους που προτείνονται, "Φροντίζω το Περιβάλλον" και " Δημιουργώ και Καινοτομώ-Δημιουργική Σκέψη και Πρωτοβουλία" και ανταποκρίνεται στους διδακτικούς στόχους του μαθήματος αυτού.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Το διδακτικό σενάριο έχει ως στόχο να:

- συμβάλλει στην εκμάθηση λεξιλογίου σχετικού με το περιβάλλον στην Αγγλική γλώσσα
- δώσει το έναυσμα για χρήση της Αγγλικής γλώσσας για επικοινωνιακούς στόχους
- προωθήσει την αναζήτηση πληροφοριών σχετικά με τις αιτίες που προκαλούν τη μόλυνση του περιβάλλοντος και την κλιματική αλλαγή και λύσεων για την αντιμετώπισή τους
- αξιοποιήσει το animation ως εκπαιδευτικό εργαλείο
- ενισχύσει την ανάπτυξη της κριτικής και δημιουργικής σκέψη των μαθητών, τη συνεργασία, τη διάθεση για πειραματισμό
- εξοικειώσει τους μαθητές με τη χρήση των νέων τεχνολογιών για μαθησιακούς αλλά και για εικαστικούς σκοπούς.

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΎ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

Το διδακτικό σενάριο απευθύνεται σε μαθητές ηλικίας 11 ετών και άνω και μπορεί να υλοποιηθεί είτε στο εργαστήριο Η/Υ του σχολείου είτε και στη σχολική τάξη, εφόσον υπάρχει η δυνατότητα για ασύρματο διαδίκτυο καθώς και χρήσης κινητών τηλεφώνων ή ταμπλετών. Αν το σχολείο δεν μπορεί να διαθέσει συσκευές στους μαθητές μπορεί σε συνεργασία με τους γονείς και κηδεμόνες των μαθητών να ζητηθεί η άδεια και να προσκομίσουν στο σχολείο δικές τους συσκευές. Θα χρειαστούν 4-5 συσκευές ανάλογα με το μέγεθος της τάξης και των ομάδων που θα καταρτιστούν. Απαραίτητη είναι, επίσης, η λήψη της εφαρμογής "Stop-motion Studio" η οποία και στη δωρεάν έκδοσή της

αποτελεί μία εύχρηστη, με πολλές δυνατότητες εφαρμογή για τη δημιουργία animation ακόμη και από αρχάριους. Επίσης, οι μαθητές καλό θα είναι να διατηρούν ένα ημερολόγιο μαθητή στο οποίο θα καταγράφουν καινούριες πληροφορίες και γνώσεις που θα συναντούν, τα βήματα που θα ακολουθούν για την υλοποίηση των εργασιών, τις απορίες, τις προθεσμίες των δραστηριοτήτων καθώς και τον αναστοχασμό τους πάνω στα βήματα που ακολούθησαν.

1ο μάθημα "Συζητώντας για την κλιματική αλλαγή"

Το πρώτο μάθημα εκτείνεται σε δύο διδακτικές ώρες και σχετίζεται με την αναζήτηση πληροφοριών για την περιβαλλοντική μόλυνση και την κλιματική αλλαγή. Στόχοι αυτού του μαθήματος είναι η αναζήτηση πληροφοριών για την κλιματική αλλαγή, η εκμάθηση και χρήση νέου λεξιλογίου στα Αγγλικά σχετικού με το περιβάλλον, η διατύπωση υποθέσεων και λύσεων, η εξοικείωση με την ασφαλή χρήση διαφόρων μεθόδων αναζήτησης πληροφοριών, η συνεργασία και η σύμπραξη.

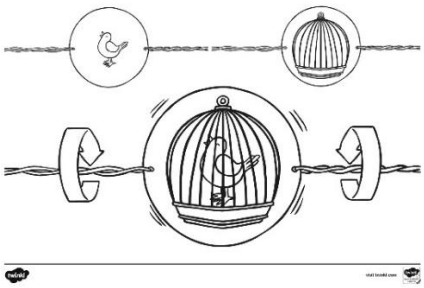
Την πρώτη διδακτική ώρα ο εκπαιδευτικός εξηγεί στους μαθητές με σαφήνεια το Project που αναμένεται να υλοποιήσουν. Στη συνέχεια παρουσιάζονται στους μαθητές εικόνες με διάφορα φαινόμενα όπως δασική πυρκαγιά, ακραία καιρικά φαινόμενα, μολυσμένη θάλασσα, παραλίες και ατμόσφαιρα, είδη ζώων υπό εξαφάνιση κλπ. και ζητείται από εκείνους να τις περιγράψουν στα Αγγλικά. Ο εκπαιδευτικός παρέχει το άγνωστο λεξιλόγιο που θα προκύψει το οποίο οι μαθητές καταγράφουν. Στη συνέχεια οι μαθητές συζητούν προκειμένου να διαπιστώσουν τη σχέση των εικόνων αυτών μεταξύ τους, καταλήγοντας έτσι σε συμπεράσματα για τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Ως εργασία για το σπίτι ανατίθεται στους μαθητές να αναζητήσουν πληροφορίες για τους λόγους που συντελούν στη μόλυνση του περιβάλλοντος και να τους καταγράψουν. Επίσης, καλούνται να αναζητήσουν και να προτείνουν λύσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Καλό είναι ο εκπαιδευτικός να προτείνει στους μαθητές τρόπους με τους οποίους μπορούν να αναζητήσουν πληροφορίες και συγκεκριμένους ιστοτόπους που μπορούν να χρησιμοποιήσουν προκειμένου να κινηθούν με ασφάλεια στο διαδίκτυο και να αντλήσουν πληροφορίες για το θέμα στα Αγγλικά.

Τη δεύτερη διδακτική ώρα οι μαθητές προσκομίζουν τις πληροφορίες που έχουν καταγράψει, τις μοιράζονται και τις διαπραγματεύονται με τα άλλα μέλη της ομάδας τους προκειμένου να καταλήξουν στα τελικά τους συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, οι μαθητές καλούνται να καταλήξουν σε 5-6 λέξεις που θεωρούν ότι είναι οι βασικές αιτίες που οδηγούν στην περιβαλλοντική μόλυνση, τις λύσεις που προτείνουν για την αντιμετώπιση του προβλήματος και να τις καταγράψουν.

2ο μάθημα «Τι είναι το animation;»

Το δεύτερο μάθημα διαρκεί τρεις διδακτικές ώρες και αφορά στην εισαγωγή στην έννοια του animation, των χαρακτηριστικών του και του πώς δημιουργείται. Στο μάθημα αυτό στόχος είναι οι μαθητές να κατανοήσουν την έννοια, τη λειτουργία και τα δομικά χαρακτηριστικά των βίντεο animation και να πειραματιστούν με τη χρήση νέων τεχνολογιών,

Την πρώτη διδακτική ώρα οι μαθητές με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού καλούνται να δημιουργήσουν ένα θαυματρόπιο, ένα μικρό οπτικό παιχνίδι (εικόνα 2). Με βάση το θαυματρόπιο ο εκπαιδευτικός μπορεί να εξηγήσει στους μαθητές την αρχή του μετεικάσματος που αποτελεί τη βάση για την κινούμενη εικόνα. Στη συνέχεια ζητείται από τους μαθητές να κάνουν υποθέσεις για το τι θα συμβεί ανάλογα με την ταχύτητα που κινείται το θαυματρόπιο. Έτσι οι μαθητές μπορούν να καταλήξουν σε συμπεράσματα για το πόσο γρήγορα πρέπει να εναλλάσσονται οι δύο εικόνες για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος. Το ίδιο μπορεί να επιτευχθεί με άλλα οπτικά παιχνίδια όπως το φυλλοσκόπιο (flipbook) και το φενακιστοσκόπιο.



Εικόνα 2: *Θαυματρόπιο, από τον εκπαιδευτικό ιστότοπο Twinkl.com.sg*

Στη συνέχεια προβάλλεται ένα σύντομο βίντεο animation για παράδειγμα ένα βίντεο από τη Lotte Reiniger, μία πρωτοπόρο του animation και δημιουργό του πρώτο βίντεο animation που έχει σωθεί (The Metropolitan Museum of Art, 2020). Οι μαθητές καλούνται να κάνουν υποθέσεις για το τι είδους ταινία είναι (κινηματογράφος ή animation) και το πώς δημιουργήθηκε. Θα πρέπει να καταλήξουν σε συμπεράσματα για το ότι το animation είναι μία σειρές από εικόνες που προβάλλονται με τέτοια ταχύτητα ώστε να δίνεται η αίσθηση της κίνησης. Τέλος, οι μαθητές απαντούν στο ερώτημα αν θα μπορούσαν κι εκείνοι να δημιουργήσουν ένα βίντεο animation και πώς. Φτάνοντας στο συμπέρασμα ότι αυτό μπορεί να γίνει κινώντας αντικείμενα, τραβώντας διαδοχικές φωτογραφίες με ένα κινητό τηλέφωνο ή μία φωτογραφική μηχανή και προβάλλοντάς τις γρήγορα, εξηγείται στους μαθητές ότι αυτή η τεχνική ονομάζεται stop-motion animation.

Η δεύτερη διδακτική ώρα είναι αφιερωμένη στα χαρακτηριστικά του stop-motion animation. Προβάλλονται βίντεο που έχουν δημιουργήθεί με τη χρήση διαφορετικών τεχνικών και μέσων, όπως με ζωγραφική, σχέδια κομμένα από χαρτί (cutouts), πλαστελίνη, αντικείμενα, ανθρώπους (pixelation) και οι μαθητές καλούνται να καταγράψουν τις διαφορετικές αυτές τεχνικές ώστε να έχουν μία ποικιλία επιλογών για το δικό τους animation. Στη συνέχεια, παρακολουθώντας ένα υπόδειγμα βίντεο stop motion, οι μαθητές προσπαθούν να καταγράψουν τα δομικά του στοιχεία: ιστορία (storyboard), χαρακτήρες, σκηνικό (background), ήχος. Ως εργασία για το σπίτι οι μαθητές έχουν να καταγράψουν τη διαδικασία που πιστεύουν ότι πρέπει να ακολουθήσουν για τη δημιουργία ενός animation.

Την τρίτη διδακτική ώρα γίνεται συζήτηση για τις υποθέσεις που έκαναν ως εργασία για το σπίτι σχετικά με τη διαδικασία και τα στάδια υλοποίησης ενός βίντεο animation. Με το πέρας της συζήτησης τόσο μεταξύ των ομάδων αλλά και στην ολομέλεια θα πρέπει να έχει γίνει αντιληπτό από τους μαθητές ότι ένα βίντεο animation στηρίζεται σε ένα πλήρες και συμπαγές σενάριο (storyboard), στο οποίο θα καταγράφονται όλα τα στάδια που θα ακολουθήσουν και θα πρέπει να περιλαμβάνονται όσο το δυνατόν περισσότερες λεπτομέρειες για τις μελλοντικές τους ενέργειες έτσι ώστε να διευκολυνθεί η υλοποίησή του και να προβλεφθούν ενδεχόμενες δυσκολίες. Τα επόμενα στάδια μετά τη δημιουργία του σεναρίου θα πρέπει να είναι: α. η δημιουργία των χαρακτήρων, β. η δημιουργία του σκηνικού, γ. η λήψη των φωτογραφιών (capture), δ. η δημιουργία και ηχογράφηση ή η λήψη αρχείων ήχου από το διαδίκτυο και ε. το τελικό μοντάζ.

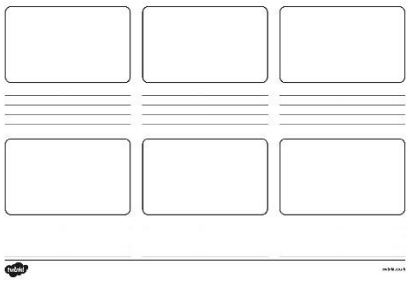
3ο Μάθημα "Δημιουργώντας το animation"

Το τρίτο μάθημα μπορεί να διαρκέσει 3 διδακτικές ώρες και αφορά στην τελική υλοποίηση του Project. Στόχος του μαθήματος αυτού είναι οι μαθητές να γνωρίσουν μία καινούρια εφαρμογή, να πειραματιστούν, να οργανώσουν τις ομάδες τους και να αναθέσουν τις εργασίες, να συνεργαστούν και να ενεργοποιήσουν την κριτική και δημιουργική σκέψη τους.

Την πρώτη διδακτική ώρα γίνεται εκμάθηση της εφαρμογής "Stop-motion studio". Οι μαθητές χρησιμοποιούν τα κινητά τηλέφωνα και αντικείμενα που έχουν μπροστά τους προκειμένου να πειραματιστούν με την εφαρμογή. Στο στάδιο αυτό είναι σημαντικό να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στο γεγονός ότι μία εικόνα δεν ισοδυναμεί με ένα δευτερόλεπτο του βίντεο. Καλούνται, λοιπόν, οι μαθητές να κάνουν υποθέσεις και να πειραματιστούν με το πόσες φωτογραφίες πρέπει να τραβηχτούν για να δημιουργηθεί ένα βίντεο για παράδειγμα 30 δευτερολέπτων και τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να κινούν τα αντικείμενα ή τους ανθρώπους έτσι ώστε η κίνηση να δείχνει όσο το δυνατόν πιο ομαλή, ανάλογα με το σενάριο. Στη διαδικασία αυτή μπορεί να τους βοηθήσει η ίδια η εφαρμογή καθώς δίνει τη δυνατότητα να πειραματιστούν με τον αριθμό εικόνων που πρέπει να χρησιμοποιήσουν ανά δευτερόλεπτο (frames per second).

Τη δεύτερη διδακτική ώρα κάθε ομάδα καλείται να αποφασίσει για το σενάριο του βίντεό τους, βασιζόμενοι στα στοιχεία που είχαν καταγράψει κατά το πρώτο μάθημα. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να υπενθυμίσει στους μαθητές εκφράσεις στα Αγγλικά με τις οποίες μπορούν να εκφράσουν τη συμφωνία, τη διαφωνία και τις προτιμήσεις τους προκειμένου να καταλήξουν στις τελικές τους αποφάσεις. Μπορούν να γράψουν μία μικρή παράγραφο, αποτελούμενη από 5-6 προτάσεις που θα είναι ο σκελετός της ιστορίας τους. Το επόμενο βήμα είναι η οπτικοποίηση του σεναρίου (storyboard). Υπενθυμίζεται στους μαθητές ότι θα πρέπει να καταγράφουν με λεπτομέρεια τις ενέργειές τους, τους ήχους, το σκηνικό, τους χαρακτήρες κλπ. που θα χρησιμοποιήσουν σε ειδικό έντυπο (Εικόνα 3) ή στο ημερολόγιο καταγραφής τους με τον τρόπο που εκείνοι θεωρούν προσφορότερο. Επιπλέον, οι μαθητές στις ομάδες τους θα πρέπει να αποφασίσουν για τον ρόλο που θα αναλάβει ο καθένας τους. Για την επόμενη φορά κάθε μέλος της ομάδας θα πρέπει να προσκομίσει τα στοιχεία (αντικείμενα, ήχους κλπ)

που χρειάζονται για την υλοποίηση του animation σύμφωνα με την κατανομή που έχουν κάνει στην ομάδα τους.



Εικόνα 3*: Πρότυπο οτπικοποίησης του σεναρίου (Storyboard), από τον εκπαιδευτικό ιστότοπο twinkl.com.sg*

Η τρίτη διδακτική ώρα είναι αφιερωμένη στην ολοκλήρωση του animation. Στο σημείο αυτό δίνεται άλλη μία ευκαιρία για πειραματισμό με τη θέση της κάμερας έτσι ώστε να γίνει η λήψη των φωτογραφιών με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Μπορούν να δοκιμάσουν να στήσουν τα κινητά τους με διάφορους τρόπους ανάλογα με το αν πρόκειται για δισδιάστατες ή τρισδιάστατες δημιουργίες χρησιμοποιώντας τρίποδο ή και δημιουργώντας αυτοσχέδιες βάσεις στήριξης του τηλεφώνου. Επίσης, ανάλογα με την κατανομή των εργασιών μπορεί να γίνεται ταυτόχρονα και η ηχογράφηση ήχων που θα χρησιμοποιηθούν, ή η λήψη ηχητικών εφέ ή μουσικών αποσπασμάτων από το διαδίκτυο. Το επόμενο στάδιο είναι η προσθήκη των ήχων και το τελικό μοντάζ του βίντεο. Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί είτε με την ίδια την εφαρμογή "Stop-motion Studio" είτε, εφόσον υπάρχει η δυνατότητα να αφιερωθούν δύο ακόμη διδακτικές ώρες για την εκμάθηση της χρήσης βασικών λειτουργιών ενός προγράμματος μοντάζ, όπως για παράδειγμα το Videopad στη μη εμπορική (non-commercial) έκδοσή του.

4ο Μάθημα "Αξιολόγηση του έργου και διάχυση των δημιουργιών"

Το στάδιο της αξιολόγησης και διάχυσης των αποτελεσμάτων θα πραγματοποιηθεί σε δύο διδακτικές ώρες. Στόχος είναι να εμπλακούν οι μαθητές σε μία διαδικασία αναστοχασμού και να εξασκηθούν στην άσκηση εποικοδομητικής κριτικής. Επίσης, είναι εξαιρετικής σημασίας η διάχυση των αποτελεσμάτων προκειμένου να ευαισθητοποιηθούν και άλλα μέλη της σχολικής κοινότητας αλλά και του ευρύτερου κοινωνικού συνόλου.

Η πρώτη διδακτική ώρα θα είναι αφιερωμένη στην παρουσίαση των εργασιών στην ολομέλεια και στη συζήτηση πάνω σε αυτά. Θα πρέπει να δοθεί η ευκαιρία τόσο στους δημιουργούς του κάθε animation να αναστοχαστούν τόσο στη διαδικασία που ακολούθησαν για την υλοποίηση του έργου τους όσο και στο τελικό αποτέλεσμα και να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους. Αλλά και τα μέλη των άλλων ομάδων μπορούν να εκφράσουν τις εντυπώσεις τους, τα θετικά στοιχεία και κάποιο σημείο που μπορεί να χρήζει βελτίωσης ή τροποποίησης. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να χρησιμοποιήσει μία ρουμπρίκα για την αξιολόγηση των βίντεο και την ίδια μπορούν να συμπληρώσουν και οι μαθητές, αν το επιθυμεί ο εμπλεκόμενος εκπαιδευτικός. Επίσης, σημαντικό μέρος της αξιολόγησης της δράσης μπορούν να αποτελέσουν οι σημειώσεις πεδίου (fieldnotes) και το ημερολόγιο καταγραφής (teacher's diary) του εκπαιδευτικού για τον τρόπο που δραστηριοποιήθηκαν οι μαθητές. Επιπλέον, μπορεί να δοθεί στους μαθητές ένα έντυπο αξιολόγησης ολόκληρου του project, τον βαθμό στον οποίο ανταποκρίθηκε στις προσδοκίες τους, τα οφέλη που αποκόμισαν κλπ. Τέλος, μπορεί να χορηγηθεί ένα φυλλάδιο με ασκήσεις ώστε να διαπιστωθεί ο βαθμός στον οποίο επετεύχθη η κατανόηση των αιτίων και των λύσεων για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και του λεξιλογίου-στόχου στα Αγγλικά (target vocabulary).

Σε επόμενη διδακτική ώρα στο πλαίσιο της ημέρας παρουσίασης των δημιουργιών των μαθητών του σχολείου ή και στο πλαίσιο του εορτασμού της Παγκόσμιας Ημέρας Περιβάλλοντος, μπορούν να παρουσιαστούν τα βίντεο της τάξης τόσο στο σχολείο όσο και στους γονείς των μαθητών. Οι εντυπώσεις τους μπορούν να αποτυπωθούν μέσω κάποιου ηλεκτρονικού ερωτηματολογίου.

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ

Καθώς το προτεινόμενο διδακτικό σενάριο απαιτεί πολλές διδακτικές ώρες για να ολοκληρωθεί αλλά και ποικίλες γνώσεις και δεξιότητες από μέρους των εκπαιδευτικών, είναι πολύ σημαντικό να επιτευχθεί η συνεργασία των εκπαιδευτικών διαφόρων ειδικοτήτων, για παράδειγμα του/της

δασκάλου/ας της τάξης, των Αγγλικών, της Πληροφορικής και των Εικαστικών. Η επίτευξη συνεργασιών μεταξύ των εκπαιδευτικών είναι εξαιρετικά σημαντική τόσο για τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς, καθώς συμβάλλει στην επαγγελματική ανάπτυξή τους, στην ενίσχυση της ικανοποίησης από την εργασία τους και της επαγγελματικής τους δέσμευσης και αφοσίωσης, όσο και το σχολείο, καθώς διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση των επιδόσεων των μαθητών και της ποιότητας τους σχολείου (Madiha, 2012). Κατά συνέπεια, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να καλλιεργηθεί στους εκπαιδευτικούς κουλτούρα συνεργασίας που εκλείπει (Christopoulou, 2020; Bradshaw, 2016). Επίσης, είναι αναγκαίο να υπάρξει πρωτοβουλία προκειμένου να αρθούν εμπόδια, όπως η έλλειψη κοινών διδακτικών ωρών μεταξύ των εκπαιδευτικών ή το γεγονός ότι πολλοί εκπαιδευτικοί αναγκάζονται να διδάσκουν σε περισσότερα από ένα σχολεία που δυσχεραίνει την ανάπτυξη δεσμών συνεργασίας με τους συναδέλφους και το σχολείο τους και έτσι αδυνατούν να συμβάλλουν ουσιαστικά στη λειτουργία του (Christopoulou, 2020).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, το παρόν διδακτικό σενάριο έχει στόχο να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες που παρέχει η διδασκαλία των Αγγλικών ως ξένης γλώσσας με το STE(A)M με βάση τη διδακτική προσέγγιση CLIL. Επιχειρεί σε μία αμφίδρομη πορεία να χρησιμοποιήσει το STE(A)M για να ενισχύσει την εκμάθηση των Αγγλικών και αντίστροφα τα Αγγλικά να αποτελέσουν το μέσο για την ανάπτυξη δεξιοτήτων για την κατανόηση επιστημονικών δεδομένων και την διατύπωση λύσεων για διάφορα προβλήματα (Sultana et al, 2021). Με την υλοποίηση του σεναρίου οι μαθητές θα πρέπει να έχουν κατακτήσει βασικές γνώσεις σχετικά με την κλιματική αλλαγή και να μπορούν να συζητήσουν για αυτή, να εκφράσουν τις απόψεις τους και να προτείνουν λύσεις στα Αγγλικά. Επίσης, θα πρέπει να γνωρίζουν τα δομικά στοιχεία και τα στάδια δημιουργίας ενός βίντεο stop-motion animation. Επιπλέον, θα πρέπει να έχουν μπει σε διαδικασία διατύπωσης υποθέσεων και πειραματισμού, συνεργασίας και εξάσκησης της κριτικής και δημιουργικής τους σκέψης. Τα αποτελέσματα αυτά θα είναι πιο εύκολο να επιτευχθούν μέσω της συνεργασίας μεταξύ εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων. Τέλος, η επιλογή του θέματος της κλιματικής αλλαγής έγινε με βάση τις ανάγκες του συγκεκριμένου τμήματος που εφαρμόστηκε αρχικά το διδακτικό σενάριο, μπορεί, όμως να υλοποιηθεί και με άλλα θέματα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (2003). *Πρόγραμμα Σπουδών (National Curriculum)*.

Alan, B. & Stoller, F.L. (2005). Maximizing the benefits of project work in foreign language classrooms. *English Teaching Forum,* 43(4), 10-21.

Al-Balushi, S.M. & Al-Aamri, S.S. (2014). The effect of environmental science projects on students' environmental knowledge and science attitudes. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 23(3), 213-227.

Bradshaw, R.D. (2016). Art Integration: A turning point in becoming. *Journal of Social Theory in Art Education,* 36 (1), 4 – 8.

Brewster, J. (2004). Content-based language teaching: A way to keep students motivated and challenged? *CATS: The IATEFL Young Learners SIG Publication*.

Chionis, M., Dertili, D., Kynigou, I. & Xanthakou, E. (2017). Implementing CLIL in a Greek secondary school setting: a suggestion for good teaching practices. *Research Papers in Language Teaching and Learning*, 8(1), 63-76.

Christopoulou, M. (2020). An analysis of collaborative lesson plans for a culturally responsive classroom. In R. Vella, Â. Saldanha, M. Maksimovic & J. Johnston (Eds.), *Art Education: Conflicts and Connections* (pp. 46 – 43). Viseu: InSEA Publications.

Dalton-Puffer, C. (2011). Content-and-language integrated learning: from practice to principles? *Annual Review of Applied Linguistics,* 31, 182-204.

Farrokhnia, M., Meulenbroeks, R. F. G. & van Joolingen, W. R. (2020). Student-generated stop-motion animation in Science classes: a systematic literature review. *Journal of Science Education and Technology,* 29, 797-812.

Madiha, S. (2012). The importance and benefits of teacher collegiality in schools-a literature review. *Procedia-Social and Behavioral Sciences,* 46, 1242-1246.

Malele, V. & Ramaboka, M. E. (2020). The design thinking approach to students STEAM projects. *Procedia CIRP*, 91, 230-236.

McArdle, F. & Tan, J. P-L., (2012). Art as language, pedagogy, and method: promoting learning engagement for young African refugee migrant students in urban Australia. In A.S. Young, F.L. Brown, and C. Lee (Eds.), *Communication and Languages: Surmounting the Barriers to Cross-Cultural Understanding* (pp. 211 – 232). Charlotte, NC: Information Age Publishing.

NCELA (National Clearinghouse for English Language Acquisition and Language Instruction Educational Programs). *Integrating STEM topics in the foreign language classroom.* Retrieved July 15, 2022, from https://ncela.ed.gov/files/uploads/promising_FL/ForeignLg_STEM.pdf

Schietroma, E. (2019). Innovative STEM lessons, CLIL and ICT in multicultural classes. *Journal of e-Learning and Knowledge, Society,* 15(1), 183-193.

Schoettler, S.D. (2015). *STEM education in the foreign language classroom with special attention to the L2 German classroom* [Unpublished Master's thesis]. Portland State University.

Sultana, N., Kahwaji, H. & Kurup, P.M. (2021). The influence of teaching in STEM education to ESL learners amidst a changing world after COVID19. *International Journal of Learning and Teaching*, 7(2), 175-180.

The Metropolitan Museum of Art. (2020, December) *The art of Lotte Reiniger, 1970*. Retrieved July 18, 2022, from https://www.metmuseum.org/perspectives/videos/2020/12/from-the-vaults-lotte-reiniger

Trabelsi, S.R. (2004). Project work: a means to realize learner's full potential. Proceedings of the 9th International Busel ELT Conference, Bittent University, Turkey.

Πρόταση για διδακτική παρέμβαση σε δραστηριότητα εκπαιδευτικής ρομποτικής με αντικείμενο την οπτική

Γιαλαβουζίδου Περιστέρα[1], Πολάτογλου Χαρίτων[2]
perigial@hotmail.com, hariton@auth.gr
[1]Υποψήφια Διδάκτορας, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκης
[2]Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η παρούσα εργασία έχει στόχο τον σχεδιασμό μιας διδακτικής παρέμβασης για την επίλυση ενός αυθεντικού προβλήματος με αντικείμενο την οπτική. Προτείνονται λοιπόν και υλοποιούνται από τους ερευνητές τρία πειράματα. Η οργάνωση των δραστηριοτήτων βασίζεται στο μοντέλο Gagné και τα φύλλα εργασίας προτείνεται να οργανωθούν βάσει του μοντέλου Predict-Observe-Explain (POE). Στο πρώτο πείραμα χρησιμοποιείται η εφαρμογή phyphox (*Physical Phone Experiments*) ώστε να μετρηθεί η ένταση του φωτός με την απόσταση από φωτεινή σημειακή πηγή. Για τα πειράματα χρησιμοποιήθηκε ο φακός του κινητού. Στο πρώτο πείραμα για την μέτρηση της έντασης του φωτός χρησιμοποιήθηκε ο ανιχνευτής εγγύτητας ενός άλλου κινητού και η εφαρμογή PhyPhox. Μέσω επεξεργασίας των πειραματικών δεδομένων επιβεβαιώνεται ο νόμος των αντίστροφων τετραγώνων. Το δεύτερο πείραμα αποτελεί επανάληψη του πρώτου αλλά το phyphox αντικαθίσταται από μία φωτοαντίσταση και παρατηρείται συσχέτιση των αποτελεσμάτων με το πρώτο. Στο τρίτο και τελευταίο πείραμα οι μετρήσεις γίνονται με τη βοήθεια ενός ρομπότ, το οποίο ταυτόχρονα καθώς πλησιάζει τη πηγή του φωτός μετράει την απόσταση με υπερήχους και την ένταση του φωτός με φωτοαντίσταση. Το ρομπότ που χρησιμοποιείται, ονομάζεται fossbot, έχει τυπωθεί με 3D εκτυπωτή και είναι ανοιχτού κώδικα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι δεν αναφέρεται στη βιβλιογραφία κάποιο άλλο ρομπότ το οποίο να χρησιμοποιείται αποκλειστικά για πειράματα φυσικής.*

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *εκπαιδευτικής ρομποτική, φωτοαντίσταση, νόμος αντίστροφων τετραγώνων*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκπαιδευτική ρομποτική αποτελεί ένα κατάλληλο μέσο για τη δημιουργία ενός καινοτόμου και με έμφαση στις δεξιότητες του 21ου αιώνα εκπαιδευτικό σύστημα (Αθανασίου, 2020). Αυτές είναι η Κριτική Σκέψη, η Δημιουργικότητα, η Συνεργασία και η Επικοινωνία. Επιτρέπουν την προσαρμογή στα υπάρχοντα χαρακτηριστικά του κόσμου προσφέροντας καινοτόμες ιδέες (Supena et al., 2021). Μέσω της εκπαιδευτική ρομποτικής προωθούνται δραστηριότητες STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics). Τα πέντε επιστημονικά πεδία που συμπεριλαμβάνονται στον όρο αυτό προσεγγίζονται ενοποιημένα μέσα από κατάλληλα εργαλεία και δραστηριότητες (Fortus et al., 2015). Πυρήνα του αποτελεί η μάθηση που επιτυγχάνεται μέσω της επίλυσης αυθεντικών προβλημάτων (προβλημάτων που έχουν νόημα για τους μαθητές, κεντρίζουν το ενδιαφέρον τους και είναι κατάλληλα προσαρμοσμένα στο νοητικό τους επίπεδο (Δημητριάδης, 2015)) (Capraro et al., 2013). Η μαθησιακή διαδικασία δε βασίζεται πλέον στην απλή μεταφορά γνώσεων, αλλά στην ενεργό μάθηση (Seymour, 2002).

Ωστόσο, το κόστος του εξοπλισμού αποτελεί συχνά εμπόδιο στην εφαρμογή της ρομποτικής στην εκπαίδευση (Castro et al., 2018). Το DIY (Do It Yourself) είναι ένας τρόπος κατασκευής και πώλησης προϊόντων, κατά τον οποίο ο αγοραστής συμμετέχει αναλαμβάνοντας κομμάτι της κατασκευής. Υπάρχουν και περιπτώσεις που ο καταναλωτής αγοράζει μόνο τα σχέδια ή την ιδέα, και κατασκευάζει το προϊόν εξ ολοκλήρου μόνος του χωρίς ωστόσο να περιορίζεται η λειτουργικότητα (Vandevelde et al., 2016). Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το Fossbot (https://github.com/eellak/fossbot), το οποίο σχεδιάστηκε για την εκπαίδευση, είναι ανοιχτού κώδικα, εκτυπώνεται με 3D εκτυπωτή και διαθέτει ικανό αριθμό αισθητήρων. Αναπτύχθηκε από εθελοντές και μια ομάδα από το Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο (https://openhardware.ellak.gr/tag/fossbot/). Στην παρούσα εργασία τροποποιήθηκε ώστε να χρησιμοποιείται αρχικά για τη διεξαγωγή πειραμάτων φυσικής.

Οι φωτοαντιστάτες χρησιμοποιούνται ευρέως ως διπολικά ηλεκτρικά στοιχεία για τον αυτόματο έλεγχο στην καθημερινότητα σε συσκευές. Ωστόσο, δεν έχει διερευνηθεί πολύ ή τουλάχιστον τεκμηριωθεί η εφαρμογή τους σε μαθησιακές δραστηριότητες που σχετίζονται με την οπτική. Σημαντικά πλεονεκτήματα των φωτοαντιστατών αποτελούν το χαμηλό κόστος, το γεγονός ότι η

βασική τους λειτουργία δεν απαιτεί υψηλές γνώσεις ηλεκτρονικής και ότι οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν απευθείας με ωμόμετρο (Marinho κ.α., 2019). Οι Adams-McNichol κ.α. (2019) αναφέρονται στην κατασκευή φωτόμετρου με φωτοαντίσταση από φοιτητές δύο διαφορετικών μεταδευτεροβάθμιων ιδρυμάτων. Αυτοί κατά τη διάρκεια εργαστηρίων προσομοίωσαν εγκληματολογική ανάλυση άγνωστων βαφών υφασμάτων για τον προσδιορισμό της ταυτότητας και της συγκέντρωσης τους βασισμένοι στο νόμο του Beer. Ο Marinho κ.α. (2019) αναφέρουν δύο πειράματα στα οποία επιβεβαιώθηκε η γωνιακή εξάρτηση με μορφή γραφημάτων. Στο πρώτο πείραμα χρησιμοποιήθηκε ένας γύψινος δίσκος και μετρήθηκε η ένταση του σκεδαζόμενου φωτός με τη γωνία. Στο δεύτερο χρησιμοποιήθηκε μια γυάλινη πλάκα ως μέσο διέλευσης μιας δέσμης laser και μια φωτοαντίσταση για να μετρηθεί το διερχόμενο φως ως συνάρτηση της γωνίας της προσπίπτουσας δέσμης. Ο Di Giacomo κ.α. (2022) αναφέρουν μια δραστηριότητα που σχεδιάστηκε από ομάδα του Εθνικού Ινστιτούτου Αστροφυσικής. Αυτή απευθύνεται σε μαθητές γυμνασίου και μέσω μιας πλακέτας Arduino και μιας φωτοαντίστασης έχει σκοπό να κατανοηθεί η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την αναγνώριση εξωπλανητών. Τα δεδομένα που λαμβάνονται αποθηκεύονται σε μία κάρτα microSD επιτρέποντας την επεξεργασίας τους οποιαδήποτε χρονική στιγμή μέσω άλλου λογισμικού όπως Excel και Matlab. Ο Kyung-Ryul Lee κ.α. (2021) σχεδίασαν ένα οπτικό σύστημα με φωτοπύλη αποτελούμενη από φωτοαντίσταση για τη μέτρηση της ταχύτητας ενός εκκρεμούς στο κατώτερο σημείο της τροχιάς ώστε να ληφθούν οι συντελεστές απόσβεσης και αντίστασης του εκκρεμούς. Για την παραγωγή του μηχανικού σώματος της φωτοπύλης και των σφαιρών διάφορων διαστάσεων που χρησιμοποιήθηκαν αξιοποιήθηκε ένας 3D εκτυπωτής. Επίσης χρησιμοποιήθηκε Arduino για την αυτοματοποίηση των μετρήσεων. Το πείραμα εκτελέστηκε από 8 μαθητές δευτέρας Λυκείου χρησιμοποιώντας φύλλα εργασίας. Ο Tavare κ.α. (2008) παρατηρούν ότι το 75% των φοιτητών στο πανεπιστήμιό τους δεν παρακολουθεί τη φυσική κατά τη διάρκεια της τεταρτοετούς φοίτησης και ότι πολλοί από αυτούς που ολοκληρώνουν τις σπουδές τους δεν έχουν καλή κατανόηση των πρακτικών και πειραματικών προβλημάτων. Ως εκ τούτου, συμπεραίνουν ότι η διδακτική αποτελεσματικότητα είναι αρκετά χαμηλή. Αυτό το αποδίδουν σε ελλιπή εργαστηριακή διδασκαλία και προτείνουν την ανάπτυξη οικονομικών διατάξεων για εφαρμογή πειραμάτων από τους φοιτητές. Προς αυτή την κατεύθυνση προετοίμασαν πειράματα φυσικής τα οποία σχεδιάστηκαν από φοιτητές και επαληθεύουν το νόμο αντίστροφου τετραγώνου και το νόμο του Malus.

Στις εφαρμογές που προαναφέρθηκαν χρησιμοποιήθηκε φωτοαντίσταση η οποία ουσιαστικά μεταφράζει την ποσότητα φωτός που πέφτει σε μια ευαίσθητη περιοχή σε ένα χρήσιμο ηλεκτρικό σήμα. Στη συνέχεια, το σήμα μπορεί να υποβληθεί σε επεξεργασία με κύκλωμα αναλογικής, ψηφιακής λογικής ή μικροελεγκτή. Κρίνεται λοιπόν σκόπιμο να γίνει αναφορά στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με τις πηγές και την ένταση του φωτός. Σύμφωνα με τη Susanti κ.α. (2021) οι μαθητές πιστεύουν ότι το φως δεν μπορεί να φτάσει σε μακρινά μέρη, αλλά οι μακρινοί παρατηρητές μπορούν να δουν την πηγή φωτός. Τα παιδιά συνήθως εντοπίζουν το φως, εκτός των πηγών, μόνο σε ισχυρά φωτισμένες επιφάνειες, όπου σχηματίζει έντονες και διακριτές περιοχές. Έτσι, δεν αναγνωρίζεται ότι φως υπάρχει και στις ασθενώς φωτισμένες περιοχές και γενικά σε συνεχή κατανομή στο χώρο μεταξύ των φωτεινών πηγών και των επιφανειών στις οποίες προβάλλεται (Χαλκιά, 2012). Οι ιδέες των μαθητών για τη διάδοση του φωτός επηρεάζονται από το γεγονός ότι δεν μπορούν να αντιληφθούν ούτε τη φύση του φωτός ούτε την τεράστια ταχύτητα διάδοσής του.

Σε όλες τις παραπάνω εφαρμογές υπάρχει βασική η χρήση της LDR (Light Dependent Resistor) αλλά, σε καμιά περίπτωση δεν έχει χρησιμοποιηθεί η εκπαιδευτική ρομποτική. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός μιας διδακτικής παρέμβασης για την επίλυση κάποιου αυθεντικού προβλήματος όπως αυτό που αναφέρεται παρακάτω. Αυτή δε θα οδηγήσει μόνο σε επιβεβαίωση και κατανόηση του νόμου των αντίστροφων τετραγώνων αλλά και σε γόνιμη συζήτηση, διατύπωση νέων υποθέσεων, δοκιμών, ερμηνειών και προβλέψεων. Ως αυθεντικό πρόβλημα στο οποίο θα μπορούσε να έχει εφαρμογή ο νόμος των αντίστροφων τετραγώνων θα μπορούσε να αναφερθεί η χρήση φακών κεφαλής. Για ποιο λόγο όταν κάποιος εργάζεται σε ένα σκοτεινό χώρο δεν τοποθετεί μία φωτεινή πηγή σε μια κατάλληλη θέση στο χώρο εργασίας αλλά επιλέγει ένα φακό κεφαλής; Το φως κατανέμεται στο χώρο, ακόμη και στις ασθενώς φωτισμένες περιοχές. Αυτό που αλλάζει είναι η έντασή του σε συνάρτηση με την απόσταση. Ως εκ τούτου, η χρήση του φακού κεφαλής αποσκοπεί στη συνεχώς μικρή απόσταση της φωτεινής πηγής από το αντικείμενο προκειμένου να εξασφαλίζεται η επιθυμητή ένταση.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Μοντέλο διδακτικού σχεδιασμού

Η διδακτική παρέμβαση που σχεδιάζεται στην παρούσα εργασία βασίζεται στο μοντέλο Gagné και τα φύλλα εργασίας προτείνεται να οργανωθούν βάσει του μοντέλου Predict-Observe-Explain (POE). Ο Robert Gagne (1992) κατέληξε στο γεγονός ότι υφίστανται πολλές μορφές και επίπεδα μάθησης και για κάθε μορφή και επίπεδο απαιτείται κατάλληλη εκπαίδευση προσαρμοσμένη στις ιδιαίτερες ανάγκες του μαθητή (Γρηγοριάδου, 2009). Για τη σχεδίαση της εκπαίδευσης ο Gagné πρότεινε ένα μοντέλο που είναι γνωστό ως «Θεωρία εννέα βημάτων για την οργάνωση της εκπαίδευσης». Τα 9 βήματα/στάδια αντιστοιχούν σε εσωτερικές νοητικές διαδικασίες απαραίτητες για τη μάθηση. Αυτά είναι:

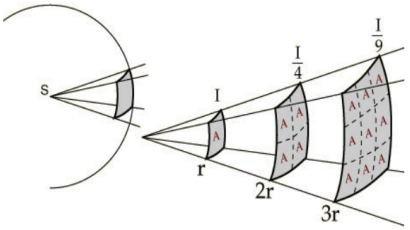
1. Η εξασφάλιση της προσοχής.
2. Η πληροφόρηση του μαθητευόμενου για τους αντικειμενικούς στόχους.
3. Η πρόκληση και ανάκλησης προηγούμενης γνώσης.
4. Η παρουσίαση του νέου περιεχομένου.
5. Η παροχή καθοδήγησης στον μαθητευόμενο.
6. Η απόσπαση απαντήσεων.
7. Η παροχή ανατροφοδότησης.
8. Η αξιολόγηση της απόδοσης.
9. Η ενίσχυση της διατήρησης και γενίκευσης των γνώσεων και η εφαρμογή τους σε νέες δραστηριότητες και πλαίσια ώστε να διατηρηθούν στη μακροχρόνια μνήμη.

Τα εννέα αυτά στάδια της διδασκαλίας δείχνουν τη μετατόπιση της θεωρίας Gagné από τη συμπεριφοριστική μάθηση προς μια γνωστική θεωρία. Η συζήτησή του συσχετισμού της παρούσας γνώσης πληροφοριών και της ήδη κατακτημένης από το παρελθόν (στάδιο 3) και ο συνυπολογισμός της γενίκευσης της γνώσης (στάδιο 9) είναι ενδεικτικά στοιχεία της μετατόπισης προς τον κονστρουκτιβισμό (Davidson, 1998). Επιπλέον, διαμορφώνουν μια ακολουθία για την υποστήριξη της μάθησης. Σ' αυτή την ακολουθία, η διδασκαλία αντιμετωπίζεται συχνά είτε ως μετάδοση γνώσης είτε ως ενίσχυση και διευκόλυνση της ανακάλυψης της γνώσης από τους σπουδαστές (Underhill,2006). Τα εννέα αυτά στάδια εφαρμόζονται και στα περιβάλλοντα εξ αποστάσεως μάθησης (Killpatrick, 2001).

Όσον αφορά το μοντέλο POE, που αποτελείται από τρία στάδια, είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς βοηθά τους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία επίλυσης επιστημονικών προβλημάτων βελτιώνοντας έτσι τις μαθησιακές τους επιδόσεις ((Hong et al., 2014)). Στο πρώτο στάδιο οι μαθητές καλούνται να προβλέψουν το αποτέλεσμα μιας πειραματικής διαδικασίας που στηρίζεται σε ένα φαινόμενο. Στο δεύτερο στάδιο, ακολουθώντας σαφείς οδηγείς για την εκτέλεση ενός πειράματος και μέσω παρατήρησης προσπαθούν να οδηγηθούν στη σωστή απάντησης της ερώτησης που τέθηκε πριν την πρόβλεψη (Bilen et al., 2016). Στο τρίτο στάδιο είναι η εξήγηση. Οι μαθητές καλούνται να εξηγήσουν αυτό που παρατήρησαν, δείχνοντας με αυτό τον τρόπο αν απέκτησαν την επιθυμητή γνώση (Fitriani et al., 2020).

Επιστημονική γνώση

Η ένταση της επίδρασης μιας σημειακής πηγής S, χωρίς όριο στην εμβέλειά της η οποία επιδρά ισοδύναμα σε όλες τις κατευθύνσεις σε κάθε δεδομένη απόσταση r είναι ίση με το πηλίκο της ισχύος της πηγής S προς την επιφάνεια νοητής σφαίρας ακτίνας r. Στην παρακάτω Εικόνα 1 είναι η ένταση της πηγής S σε απόσταση r, που αντιστοιχεί σε επιφάνεια εμβαδού Α. Σε διπλάσια απόσταση (2r) το ίδιο ποσό ενέργειας "απλώνεται" σε τετραπλάσια (4 Α) επιφάνεια , οπότε η ένταση υποτετραπλασιάζεται κ.ο.κ. είναι δηλαδή, αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης (Οικονομίδης κ.α., 2007).



Εικόνα 1: Σχηματική αναπαράσταση της έντασης της πηγής S σε απόσταση r, που αντιστοιχεί σε επιφάνεια εμβαδού Α.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην εργασία αυτή προτείνονται τόσο δραστηριότητες με απλά υλικά όσο και με τη χρήση φωτοαντίστασης. Σε μια περίπτωση αντί για τη φωτοαντίσταση χρησιμοποιείται ο αισθητήρας φωτεινότητας του κινητού τηλεφώνου μαζί με την εφαρμογή phyphox. Παρακάτω αναφέρονται τα αποτελέσματα των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν για την επιβεβαίωση του νόμου του αντίστροφου τετραγώνου.

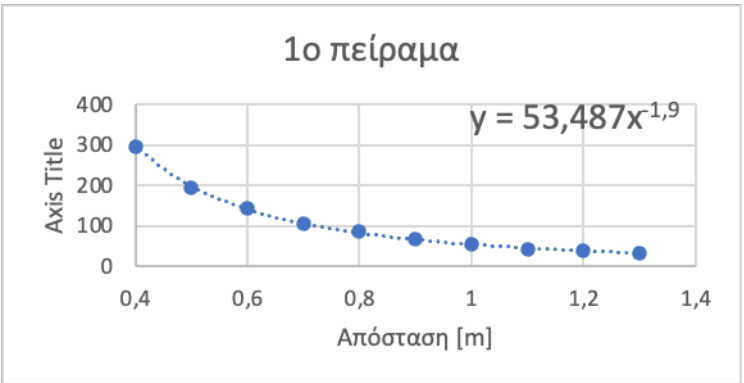
1ο πείραμα: Φακός κινητού-phyphox (Physical Phone Experiments)

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από δύο κινητά τηλέφωνα και μια μετροταινία. Το ένα από τα δύο κινητά χρησιμοποιείται ως σημειακή φωτεινή πηγή και το άλλο, στο οποίο εγκαταστάθηκε το phyphox, ως αισθητήρας. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα πειραματικά δεδομένα που προέκυψαν για τη μελέτη της εξάρτησης της έντασης του φωτός από την απόσταση. Έτσι, επιβεβαιώθηκε ο νόμος των αντίστροφων τετραγώνων (Εικόνα 2). Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε η ίδια συμπεριφορά όταν το κινητό που είχε το ρόλο του αισθητήρα τοποθετούνταν σε απόσταση μικρότερη των 0,4 m. Άρα, σε αυτές τις αποστάσεις η πηγή δε μπορεί να θεωρηθεί ως σημειακή γιατί έχει διαστάσεις μερικά χιλιοστά.

Κατά τη διεξαγωγή αυτού του πειράματος αλλά και αυτού που ακολουθεί (Πείραμα 2) η φωτεινή πηγή ήταν ακλόνητα στερεωμένη ενώ ο αισθητήρας ήταν αυτός που τοποθετούνταν στην κατάλληλη θέση. Για τη διασφάλιση της ποιότητας των πειραματικών δεδομένων ο χώρος στον οποίο διεξήχθη το πείραμα ήταν σκοτεινός.

Πίνακας 1: *Πειραματικά δεδομένα για την επιβεβαίωση του νόμου των αντίστροφων τετραγώνων.*

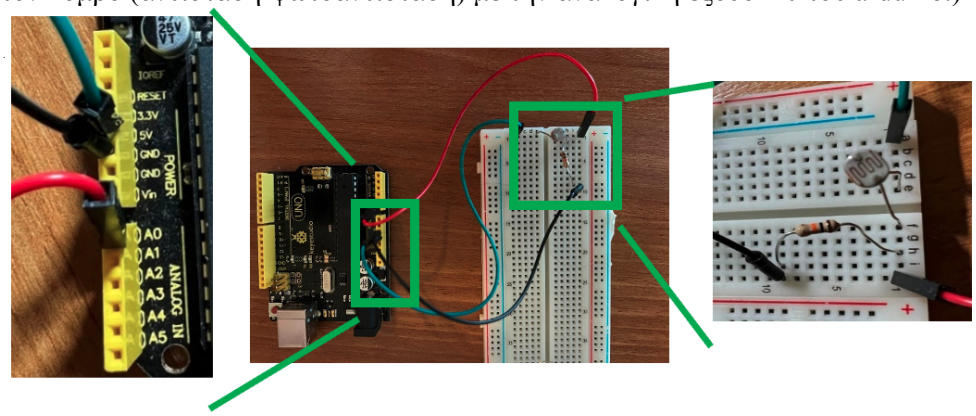
Απόσταση [m]	*Ένταση φωτός [lux]*
1,3	33
1,2	37
1,1	42
1	53
0,9	68
0,8	87
0,7	105
0,6	143
0,5	195
0,4	295



Εικόνα 2: *Γραφική παράσταση έντασης φωτός [lux]-απόστασης [m]*

2ο πείραμα: Φακός κινητού – φωτοαντίσταση

Σε αυτό το πείραμα το κινητό που λειτουργούσε ως αισθητήρας αντικαταστάθηκε από μία φωτοαντίσταση και οι πειραματικές τιμές ελήφθησαν μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή και ενός μικροελεγκτή arduino. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η συνδεσμολογία. Να σημειωθεί ότι η αντίσταση που χρησιμοποιήθηκε έχει ονομαστική τιμή 10kΩ και μετρήθηκε 9800Ω καισυνδέθηκε σε σειρά με τη φωτοαντίσταση. Το ελεύθερο άκρο της φωτοαντίστασης συνδέθηκε στο arduino στα 5V ενώ, το ελεύθερο άκρο της αντίστασης στη γείωση. Τέλος, ένα καλώδιο χρησιμοποιήθηκε για να συνδέσει τον κόμβο (αντίσταση-φωτοαντίσταση) με την αναλογική έξοδο A0 του arduino.)



Εικόνα 3: *Συνδεσμολογία.*

Στις δύο πρώτες στήλες του πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα πειραματικά δεδομένα που ελήφθησαν. Ωστόσο θα πρέπει να γίνει μετατροπή της αντίστασης σε lux.

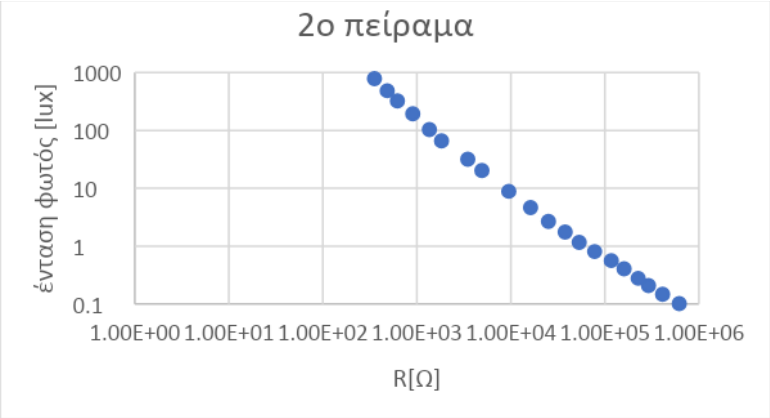
Πίνακας 2: *Επεξεργασία πειραματικών δεδομένων.*

Απόσταση [m]	***V_{out} [V]***	***R[Ω]***	***R_{LDR}[Ω]***	***Ένταση [lux]***
2,5	1,070E+00	9800	35978,08	7,4E+00
2,4	1,095E+00	9800	34956,25	7,7E+00
2,3	1,163E+00	9800	32323,53	8,4E+00
2,2	1,227E+00	9800	30141,83	9,1E+00
2,1	1,325E+00	9800	27194,1	1,0E+01
2	1,369E+00	9800	26005	1,1E+01
1,9	1,481E+00	9800	23287,13	1,2E+01
1,8	1,584E+00	9800	21142,59	1,4E+01
1,7	1,745E+00	9800	18282,35	1,7E+01
1,6	1,872E+00	9800	16375,98	1,9E+01
1,5	2,014E+00	9800	14533,5	2,2E+01
1,4	2,111E+00	9800	13406,94	2,4E+01

Ισχύει:

$$R_{LDR} = \sqrt{(R * (V_{in} - V_{out}))/V_{out}}\sqrt{(R * (V_{in} - V_{out}))/V_{out}} \quad \textbf{(1),}$$

όπου R η αντίσταση που συνδέθηκε σε σειρά με τη φωτοαντίσταση, V_{out} οι πειραματικές τιμές της πτώσης τάσης πάνω στην αντίσταση *R* που ελήφθησαν με τη βοήθεια του arduino και $V_{in} = 5$.



Εικόνα 4: *Χαρακτηριστικές καμπύλες στο adafruit.*

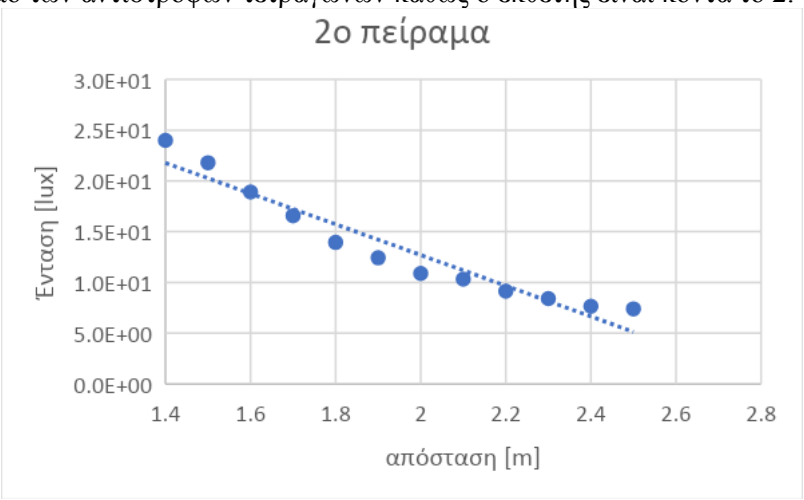
Για τη μετατροπή της R_{LDR} χρησιμοποιούμε τις χαρακτηριστικές καμπύλες της φωτοαντίστασης από την ιστοσελίδα όπως adafruit (https://www.adafruit.com/) όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.

Βρίσκουμε τη σχέση που συνδέει την αντίσταση με τα lux

$$I[lux]=AR[\Omega]^{-1,192} \quad \textbf{(2)}$$

Επειδή δε ξέρουμε την τιμή pre factor A, που είναι διαφορετικό για κάθε φωτοαντίσταση, αυτό θα το προσδιορίσουμε με τη μέτρηση του phyphox σε σύγκριση με τα Ω της φωτοαντίστασης. Στα 1,4 m με το phyphox μετρήθηκε I=24 lux ενώ η αντίσταση σύμφωνα με τον προηγούμενη πίνακα ήταν 13406,94 Ω. Επομένως A=1995208,119

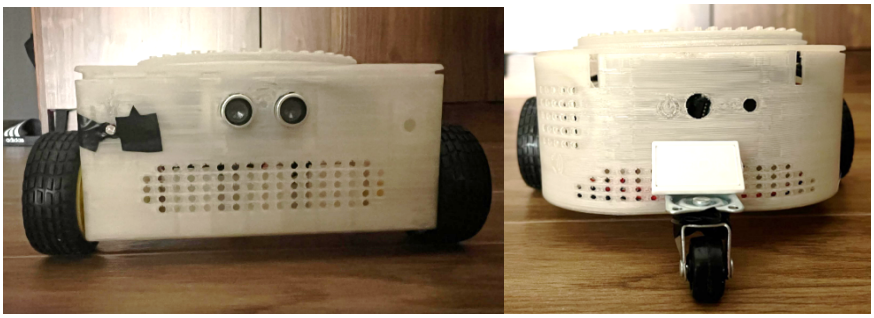
Προκύπτει λοιπόν η τελευταία στήλη του προηγούμενου πίνακα. Το διάγραμμα που ακολουθεί υπακούει στο νόμο των αντίστροφων τετραγώνων καθώς ο εκθέτης είναι κοντά το 2.



Εικόνα 5: *Γραφική παράσταση έντασης φωτός [lux]-απόστασης [m]*

3ο πείραμα: Fossbot

Στο τρίτο πείραμα χρησιμοποιήθηκε το fossbot με σκοπό την αυτοματοποίηση της διαδικασίας λήψης πειραματικών δεδομένων. Αυτό δημιουργήθηκε από τους Ηρακλή Βαρλάμη και Χρήστο Χρόνη. Μετρήθηκε η ένταση του φωτός του φακού ενός κινητού τηλεφώνου ως συνάρτηση της απόστασης. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ένα αισθητήρας υπερήχων και μια φωτοαντίσταση (Εικόνα 6 αριστερά). Επίσης, ένας μκροελεγκτής arduino και η πλακέτα επέκτασης για τον έλεγχο των κινητήρων L293D. Δεδομένου ότι το ρομπότ έπρεπε να κινείται σε ευθεία τροχιά χρησιμοποιήθηκε ένα περιστρεφόμενο ροδάκι στο πίσω μέρος του ρομπότ (Εικόνα 6 δεξιά) και το δάπεδο που επιλέχθηκε ήταν ξύλινο. Επιπλέον, το πείραμα διεξήχθη σε συνθήκες σκότους (σκοτεινό δωμάτιο) έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η καλύτερη ποιότητα των δεδομένων που ελήφθησαν.



Εικόνα 6: *μπροστινή (αριστερά) και πίσω (δεξιά) όψη του fossbot.*

Σύμφωνα με τον κώδικα που φαίνεται παρακάτω (Σχήμα 7) το fossbot προγραμματίστηκε έτσι ώστε με τη βοήθεια δύο κινητήρων να κινείται σε ευθεία τροχιά μέχρι να συναντήσει εμπόδιο σε απόσταση μικρότερη ή ίση των 10 cm. Σε αυτή την περίπτωση ακινητοποιείται και στη σειριακή οθόνη εμφανίζεται το μήνυμα «Εμπόδιο». Διαφορετικά συνεχίζει την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση και με τη βοήθεια των αισθητήρων στη σειριακή οθόνη εμφανίζονται ταυτόχρονα κάθε 100 ms η V_{out} και η απόσταση του ρομπότ από τη φωτεινή πηγή καθώς κινείται προς αυτή.

```
#include <AFMotor.h>
AF_DCMotor fmotor(2);
AF_DCMotor smotor(3);
int echoPin=13;
int trigPin=5;
int maximumRange=300;
int minimumRange=0;
long duration, distance;
void setup() {
 fmotor.setSpeed(130);
 smotor.setSpeed(130);
 pinMode(trigPin,
OUTPUT);
 pinMode(echoPin,INPUT);
 Serial.begin(9600);
int SensorValue;
}
void loop() {
 digitalWrite(trigPin,LOW);
 delayMicroseconds(2);
 digitalWrite(trigPin,HIGH);
 delayMicroseconds(10);
 digitalWrite(trigPin,LOW);
duration = pulseIn(echoPin,
HIGH);
 distance=duration/58,8;
  fmotor.run(FORWARD);
  smotor.run(FORWARD);
   int
SensorValue=analogRead(A
0);
if(distance<=10||distance>=
maximumRange){
   Serial.println("Εμπόδιο");
  fmotor.run(RELEASE);
 smotor.run(RELEASE);}
 else{

Serial.println(distance);

Serial.println(SensorValue);
    fmotor.run(FORWARD);
 smotor.run(FORWARD);
delay(100);}
    }
```

Εικόνα 7: *Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε στο τρίτο πείραμα.*

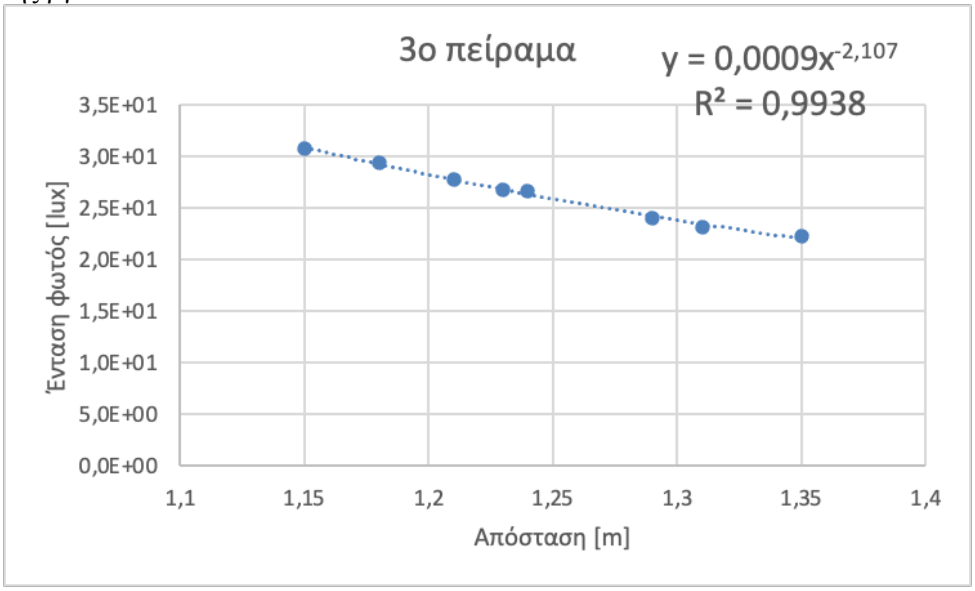
Ακολούθησε η μεταφορά των πειραματικών δεδομένων στο excel ώστε να γίνει η κατάλληλη επεξεργασία. Στην πρώτη και στην τρίτη στήλη φαίνονται τα πειραματικά δεδομένα. Οι υπόλοιπες στήλες προέκυψαν κατόπιν της διαδικασίας που ακολουθήθηκε και στο δεύτερο πείραμα.

Πίνακας 3: *Επεξεργασία πειραματικών δεδομένων.*

Απόσταση [m]	***R[Ω]***	***V_{out}[V]***	***R_{LDR}[Ω]***	***Ένταση φωτός[lux]***
1,35	9800	2,038E+00	1,424E+04	2,2E+01
1,31	9800	2,077E+00	1,379E+04	2,3E+01
1,29	9800	2,111E+00	1,341E+04	2,4E+01
1,24	9800	2,219E+00	1,228E+04	2,7E+01
1,23	9800	2,224E+00	1,223E+04	2,7E+01
1,21	9800	2,263E+00	1,185E+04	2,8E+01
1,18	9800	2,322E+00	1,131E+04	2,9E+01

1,15	9800	2,370E+00	1,087E+04	3,1E+01

Το διάγραμμα που ακολουθεί επιβεβαιώνει τη θεωρία για το νόμο των αντίστροφων τετραγώνων αφού ο εκθέτης βγαίνει πολύ κοντά στο 2.



***Εικόνα 8**: Γραφική παράσταση έντασης φωτός [lux] – απόστασης [m].*

Συμπερασματικά, όσο η απόσταση του αισθητήρα από τη φωτεινή πηγή αυξάνεται, η ένταση του φωτός μειώνεται. Αυτό διαπιστώθηκε και από τα τρία πειράματα που προαναφέρθηκαν και ο εκθέτης της συνάρτησης δύναμης επιβεβαίωσε το νόμο των αντίστροφων τετραγώνων από τη θεωρία.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αυτό που παρατηρείται στη βιβλιογραφία είναι ότι οι φωτοαντιστάτες χρησιμοποιούνται ευρέως ως συσκευές για τον αυτόματο έλεγχο στην καθημερινότητα. Ως πλεονεκτήματα αυτών αναφέρονται το χαμηλό κόστος, η άμεση διαθεσιμότητα σε καταστήματα ηλεκτρονικών ειδών. Επιπρόσθετα, η εύκολη και γρήγορη κατασκευή κυκλωμάτων και εύκολη λήψη πειραματικών δεδομένων, είτε με μικροελεγκτή είτε απλώς με ένα ωμόμετρο. Αξιοποιείται για την κατανόηση εννοιών φυσικής και επιβεβαίωση νόμων που έχουν διατυπωθεί. Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι συχνά αναφέρεται η βαθμονόμηση του φωτοαντιστάτη και η εκτέλεση των πειραμάτων σε χώρους με αμυδρό ή καθόλου φως έτσι ώστε να περιορίζονται οι εξωτερικές επιδράσεις, να επιτυγχάνεται η λήψη ποιοτικών πειραματικών δεδομένων και να είναι δυνατή ή επαλήθευση της επαναληψιμότητας ακόμη και σε μη εξοπλισμένο πειραματικό περιβάλλον. Ωστόσο, δεν υπάρχει κάποια αναφορά στην οποία ένα ρομπότ έχει σχεδιαστεί για την εκτέλεση πειραμάτων φυσικής. Στη φυσική, η εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πραγματοποίηση μετρήσεων από απόσταση, σε αφιλόξενες περιοχές, επιτρέπει την κατασκευή επαναχρησιμοποιήσιμων τεχνουργημάτων, πολυμορφική λειτουργία, μεταφορά δεδομένων μέσω IOT και μη απαίτηση δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας μέσω energy harvesting. Επιπρόσθετα μέσω ενός ρομπότ μπορούν να ληφθούν πειραματικά δεδομένα ακόμη και σε χώρους μη-κατάλληλους για ανθρώπους. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί με εξαιρετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται το DIY 3D εκτυπώσιμο fossbot. Μέσω μιας φωτοαντίστασης και ενός μικροελεγτή εκτελέστηκαν πειράματα για την επιβεβαίωση του νόμου αντίστροφου τετραγώνου. Τα πειράματα εκτελέστηκε πολλές φορές ώστε να γίνονται οι απαραίτητες διορθώσεις που βελτιώνουν την ποιότητα των πειραματικών δεδομένων. Τέλος, η χρήση του Arduino που χρησιμοποιείται στις εφαρμογές της παρούσας εργασίας, ενθαρρύνει τη δημιουργικότητα επιτρέποντας σε όλους να δίνουν ουσία στις ιδέες τους. Το μόνο όριο που μπορούμε να θέσουμε είναι η φαντασία μας. Μελλοντικά θα μπορούσαν να σχεδιαστούν και άλλες δραστηριότητες με το fossbot και για άλλα αντικείμενα φυσικής. Σημαντική βελτίωση επίσης θα είναι το ρομπότ να ελέγχεται μέσω wifi. Τα πειράματα που προτάθηκαν στην παρούσα εργασία μπορούν να υποστηρίξουν δραστηριότητες STEAM. Παραδείγματος χάρη, οι μαθητές στην προσπάθειά τους

να ελέγξουν τη χρησιμότητα του φακού κεφαλής σε έναν σκοτεινό χώρο (αυθεντικό πρόβλημα) κάνουν πειράματα και επιβεβαιώνουν το νόμο του αντίστροφου τετραγώνου. Ο νόμος αυτός και η διατήρηση της ενέργειας εμπεριέχονται στην «Επιστήμη» που ορίζεται από το STEAM. Η «Τεχνολογία» αφορά τη ρομποτική, τη μέτρηση της απόστασης με υπερήχους και την κατασκευή της φωτοαντίστασης. Η «Μηχανική» αναφέρεται στη βελτιστοποίηση με στόχο την επίτευξη μεγαλύτερης διάρκειας φωτεινής εκπομπής με τον περιορισμός της ικανοποιητικής έντασης του φωτός στην επιθυμητή απόσταση. Παράδειγμα αποτελούν οι φακοί κεφαλής που χρησιμοποιούνται και στο περπάτημα τη νύχτα όπου απαιτείται φωτισμός σε μεγάλη απόσταση. Στα «Μαθηματικά» εντάσσονται τα διαγράμματα, οι μετατροπές μονάδων μέτρησης και οι υπολογισμοί. Η «Τέχνη» αφορά το σχήμα του ρομπότ, αλλά και το γεγονός ότι μπορεί να γίνει εφαρμογή του φωτισμού στην τέχνη (θέατρο, συναυλίες κλπ). Μελλοντικά θα γίνει προσπάθεια ώστε να βελτιστοποιηθεί η διάρκεια της μπαταρίας με περιορισμό τη σωστή ένταση του φωτός στις επιφάνειες που κάνουμε τις εργασίες. Αξιοσημείωτο είναι ότι γίνεται εφαρμογή και σε ιατρικές διαδικασίες όπου ο φακός κεφαλής χρησιμοποιείται από τους ωτορινολαρυγγολόγους. Κρίνεται λοιπόν σκόπιμο να γνωρίζουμε πώς μεταβάλλεται η ένταση του φωτός σε συνάρτηση με την απόσταση. Επίσης ποια τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της έντασης του φωτός, της μπαταρίας και της ενέργειας που απαιτείται για την επίτευξη συγκεκριμένης έντασης φωτός. Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η μελέτη της απόδοσης των Led λευκού φωτός.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αθανασίου, Α. (2020). Δεξιότητες του 21ου αιώνα

Δημητριάδης Σ. (2015). Θεωρίες μάθησης και εκπαιδευτικό λογισμικό. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Οικονομίδης Σ. & Καλκάνης Γ. (2007) "Ο Νόμος του Αντιστρόφου Τετραγώνου" στο ΟΛΟκληρωμένο ΤΕΧΝΟλογικά και Μεθοδολογικά ΕκΠαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών (Πρακτικά 5ου Συνεδρίου) Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, 5 (Β) 690-698. [http://www.kodipheet.gr]

Γρηγοριάδου Μ. (2009) «Διδακτικές προσεγγίσεις και εργαλεία για τη διδακτική της Πληροφορικής» Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Χαλκιά, Κ. (2012). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες-Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

Adams-McNichol, A. L., Shiell, R. C., & Ellis, D. A. (2019). Accurate, Photoresistor-Based, Student-Built Photometer and Its Application to the Forensic Analysis of Dyes. *Journal of Chemical Education*, *96*(6), 1143-1151.

Bilen, Özel & Köse, (2016). Using Action Research Based on the Predict-ObserveExplain Strategy for Teaching Enzymes. Turkish Journal of Education, 5(2), 72- 81. doi:10.19128/turje.70576

Capraro, R. M., & Slough, S. W. (2013). Why PBL? Why STEM? Why now? An introduction to STEM project-based learning. In STEM Project-Based Learning (pp. 1-5). SensePublishers, Rotterdam

Castro, E., Cecchi, F., Salvini, P., Valente, M., Buselli, E., Menichetti, L., Calvani, A., & Dario, P. (2018). Design and Impact of a Teacher Training Course, and Attitude Change Concerning Educational Robotics. International Journal of Social Robotics, p. 1-17. https://doi.org/10.1007/s12369-018-0475-6

Davidson, K. (1998). 'Education in the internet--linking theory to reality', Retrieved on 3 Oct, 2006 from http://www.oise.on.ca/~kdavidson/cons.html

Di Giacomo, F., & Sandri, M. (2022, April). Educational activities with Arduino to learn about astronomy. In 4th Symposium on Space Educational Activities. Universitat Politècnica de Catalunya.

Fitriani, A., Zubaidah, S., Susilo, H., & Al Muhdhar, M. H. I. (2020). The effects of integrated problem-based learning, predict, observe, explain on problem-solving skills and self-efficacy. *Eurasian Journal of Educational Research*, *20*(85), 45-64.

Fortus, D., Krajcik, J., Dershimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. International Journal of Science Education, 27(7), 855-879.

Gagne, R., Briggs, L. & Wager, W. (1992). Principles of Instructional Design (4th Ed.). Fort Worth, TX: HBJ College Publishers

Hong, J. C., Hwang, M. Y., Liu, M. C., Ho, H. Y., & Chen, Y. L. (2014). Using a "Prediction-Observation-Explanation" Inquiry Model to Enhance Student Interest and Intention to Continue Science Learning Predicted by Their Internet Cognitive Failure. Computers & Education, 72, 110–120.

https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.004
Killpatrick, L. (2001). 'Gagné's Nine Events of Instruction', Retrieved on 29 October, 2006, from http://coe.sdsu.edu/eet/ Articles/Gagnésevents/start.htm
Marinho, F., Carvalho, C. M., Apolinário, F. R., & Paulucci, L. (2019). Measuring light with light-dependent resistors: an easy approach for optics experiments. European Journal of Physics, 40(3), 035801.
Seymour, E. (2002). Tracking the processes of change in US undergraduate education in science, mathematics, engineering, and technology. Science Education, 86(1), 79-105.
Supena, I., Darmuki, A., & Hariyadi, A. (2021). The Influence of 4C (Constructive, Critical, Creativity, Collaborative) Learning Model on Students' Learning Outcomes. International Journal of Instruction, 14(3), 873-892.
Susanti, N., & Effrita, A. (2021, April). Identification of students' misconception about light using a four-tier instrument. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1876, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.
Tavares, A. D., & Muramatsu, M. (2008). Some simple experiments in optics using a photo-resistor. International Journal on Hands-on Science, 1(2), 84-88.
Underhill, A.F. (2006). 'Theories of Learning and Their Implications for On-Line Assesment', Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE Jan 2006 Vol.7 Num.1 Article: 15, Retrieved on 14 Oct, 2004, from http://tojde.anadolu.edu.tr/tojde21/ articles/anthony.htm
Vandevelde, C., Wyffels, F., Ciocci, M. C., Vanderborght, B., & Saldien, J. (2016). Design and evaluation of a DIY construction system for educational robot kits. International Journal of Technology and Design Education, 26(4), 521-540.

Ηλεκτρικά σήματα στη Μηχανική Μάθηση με αξιοποίηση του App Inventor

Ξιξή Χρυσούλα[1], Βλαχοδημητροπούλου Αργυρώ[2] Σταθοπούλου Γεωργία[3], Παναγιώτου Ανδρέας[4], Παπασταθακόπουλος Παναγιώτης[5], Ψυχάρης Σαράντος[6]

chxixi@sch.gr, ar_gi_ro@yahoo.gr, gstathop@sch.gr, andpan7@gmail.com, ppapastathakopoulos@gmail.com, spsycharis@gmail.com

[1] Εκπαιδευτικός Πληροφορικής, Δημοτικό Σχολείο Δρεπάνου, Αργολίδας

[2] Εκπαιδευτικός Μαθηματικών, 1ο Γυμνάσιο Σπάρτης

[3] Εκπαιδευτικός Πληροφορικής, Μουσικό Σχολείο, Γυμνάσιο με Λυκειακές Τάξεις, Ιλίου

[4] Εκπαιδευτικός Ηλεκτρολόγος, 2ο Εσπερινό ΕΠΑΛ Πειραιά

[5] Μεταπτυχιακός φοιτητής, Παν. Θεσσαλίας – ΑΣΠΑΙΤΕ

[6] Καθηγητής, Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης (ΑΣΠΑΙΤΕ)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι πρόσφατες εξελίξεις στη τεχνητή νοημοσύνη (AI) έχουν φέρει τη μηχανική μάθηση και πολλές εφαρμογές της στην πρώτη γραμμή της καθημερινότητάς μας. Καθώς η τεχνολογία ενσωματώνεται όλο και περισσότερο στο εκπαιδευτικό μας σύστημα, οι ερευνητές επικεντρώνονται στη δημιουργία εργαλείων που επιτρέπουν στους μαθητές να αλληλοεπιδρούν με τη μηχανική μάθηση με τέτοιο τρόπο που τους υποκινεί την περιέργεια και τους διδάσκει σημαντικές έννοιες.

Η διδακτική μας πρόταση «Ηλεκτρικά σήματα στην Μηχανική Μάθηση με αξιοποίηση του App Inventor», εστιάζει στην εφαρμογή μοντέλων μάθησης, μεταφοράς και ταξινόμησης ήχου φασματογραφήματος για τη διδασκαλία βασικών εννοιών μηχανικής μάθησης στους μαθητές της Α΄ Λυκείου με τη χρήση του περιβάλλοντος οπτικού προγραμματισμού MIT App Inventor και του Arduino. Η παρέμβαση έχει ως στόχο οι μαθητές κάνοντας χρήση του ιστότοπου Personal Audio Classifier να εκπαιδεύσουν ένα μοντέλο ήχου και αξιοποιώντας το App Inventor να συνδέσουν τη γνωστική περιοχή της πληροφορικής με την μηχανική μάθηση. Επιπλέον με τη βοήθεια του μικροελεγκτή Arduino θα εμπλακούν στην οπτικοποίηση των σημάτων Morse και το Physical Computing προσφέροντας ευκαιρίες στους μαθητές να δημιουργήσουν ψηφιακές λύσεις συνδέοντάς τες με τον πραγματικό κόσμο.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Τεχνητή Νοημοσύνη, STEAM στην εκπαίδευση, Personal Audio Classifier*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μαθητές βιώνουν την τεχνητή νοημοσύνη στην καθημερινή τους ζωή. Πολλά παιδιά σήμερα έχουν πρόσβαση από μικρή ηλικία σε συσκευές με δυνατότητα τεχνητής νοημοσύνης, όπως η διαδικτυακή αναζήτηση, οι προσωπικοί ψηφιακοί βοηθοί, οι αυτόματες μεταφράσεις, τα ηλεκτρονικά παιχνίδια. Ωστόσο μελέτες (Jordan, Devasia, Hong, Williams & Breazeal, 2021) έχουν δείξει ότι τα παιδιά δεν κατανοούν πώς εργάζονται τα έξυπνα παιχνίδια τους και οι υπόλοιπες εφαρμογές με τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης. Η εκπαίδευση και η ευαισθητοποίηση είναι το κλειδί για τις παρανοήσεις και τις λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών για τις έξυπνες συσκευές. Συνοψίζοντας, υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη για εξοικείωση των μαθητών του 21ου αιώνα με βασικές γνώσεις τεχνητής νοημοσύνης (Evangelista, Blesio & Benatti, 2018).

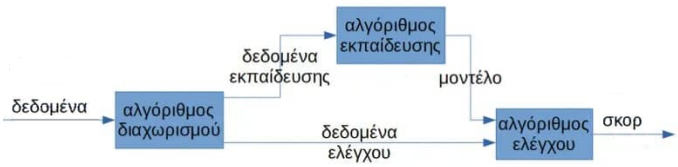
Οι πρόσφατες εξελίξεις στη μηχανική μάθηση, παρακλάδι της τεχνητής νοημοσύνης, και οι πολλές εφαρμογές της, την έχουν φέρει στο προσκήνιο της καθημερινότητάς μας. Καθώς η τεχνολογία ενσωματώνεται όλο και περισσότερο στο εκπαιδευτικό μας σύστημα, οι ερευνητές έχουν επικεντρωθεί στη δημιουργία εργαλείων μηχανικής μάθησης που επιτρέπουν στους μαθητές να αλληλοεπιδρούν με τη μηχανή με τρόπο που υποκινεί την περιέργεια, αυξάνει τη συμμετοχή των μαθητών, ενώ διδάσκει σημαντικές έννοιες (Bhatia, 2020). Η διδακτική μας πρόταση εστιάζεται στην εκπαίδευση μοντέλων μάθησης, καταγραφής ήχου και φασματικής ανάλυσης για τη διδασκαλία βασικών εννοιών μηχανικής μάθησης στους μαθητές. Τέτοια εργαλεία αναπτύχθηκαν από ερευνητικές ομάδες για το δωρεάν περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού MIT App Inventor, το οποίο δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας εφαρμογών για κινητά τηλέφωνα (Zhu, 2019). Παρουσιάζουμε το Personal

Audio Classifier (PAC), μια διαδικτυακή εφαρμογή που επιτρέπει στους χρήστες να εκπαιδεύουν και να δοκιμάζουν προσαρμοσμένα μοντέλα ταξινόμησης ήχου χρησιμοποιώντας ηχητικά αρχεία διάρκειας 1 - 2 δευτερολέπτων τα οποία καταγράφονται από τον χρήστη. Προτείνεται η δημιουργία προγράμματος στο App Inventor με χρήση της επέκτασης (extension) του PAC. Τέλος, με την χρήση της αναπτυξιακής πλατφόρμας Arduino κατασκευάζεται τεχνούργημα που οπτικοποιεί το αποτέλεσμα βάση του μοντέλου της εκπαίδευσης.

ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ

Η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί κλάδο της επιστήμης των υπολογιστών και περιλαμβάνει την ανάπτυξη προγραμμάτων σε υπολογιστικά περιβάλλοντα για την ολοκλήρωση εργασιών που σε άλλη περίπτωση θα απαιτούσαν τη βοήθεια της ανθρώπινης νοημοσύνης. Οι αλγόριθμοι της τεχνητής νοημοσύνης αντιμετωπίζουν τη μάθηση, την αντίληψη, την επίλυση προβλήματος, την κατανόηση της γλώσσας και τη λογική συλλογιστική με αρκετά μεγάλη επιτυχία σήμερα, ενώ η ίδια ως επιστήμη αποτελεί πολλά υποσχόμενο κλάδο της πληροφορικής στο προσεχές μέλλον (Tang, Kawamoto, Kato, & Liu, 2019). Το 1959, ο Άρθουρ Σάμιουελ σκέφτηκε ότι δεν έπρεπε να διδάσκουμε υπολογιστές, αλλά μάλλον, θα μπορούσαμε να τους αφήσουμε να μάθουν μόνοι τους. Επινόησε τον όρο «μηχανική μάθηση» για να περιγράψει τη θεωρία του, η οποία είναι πλέον ένας τυπικός ορισμός για την ικανότητα των υπολογιστών να μαθαίνουν αυτόνομα (Samuel, 1959). Ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης πρέπει να είναι ικανό να αποθηκεύει γνώση, να εφαρμόζει την αποθηκευμένη γνώση ώστε να αποκτά νέα γνώση μέσω της εμπειρίας. Η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση εμφανίζονται στην καθημερινότητά μας, όπως σε ιστοτόπους αγορών (cookies), σε αυτοοδηγούμενα αυτοκίνητα κ.α., βοηθώντας και βελτιώνοντας τη ζωή των ανθρώπων μέσω της τεχνολογίας.

Η μηχανική μάθηση είναι ένας κλάδος της τεχνητής νοημοσύνης που βασίζεται στην ανάπτυξη αλγορίθμων εκπαίδευσης μοντέλων δεδομένων. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης δημιουργούν μοντέλα, τα οποία λαμβάνουν αποφάσεις ή κάνουν προβλέψεις με βάση τα δεδομένα εκπαίδευσης. Με αφετηρία τα δεδομένα αυτά καθαυτά, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1, και όχι κάποιο προϋπάρχον θεωρητικό μοντέλο, χρησιμοποιώντας υπολογιστικές μεθόδους οι οποίες είναι ανέφικτο να εφαρμοστούν χωρίς την χρήση υπολογιστή παράγεται το εκπαιδευμένο μοντέλο (Μηχανική Μάθηση, 2022).



Σχήμα 1: *Διαδικασία εκπαίδευσης μηχανικής μάθησης*

Αυτή η διαδικασία χρήσης μαθηματικών μοντέλων δεδομένων βοηθάει έναν υπολογιστή να μάθει χωρίς καθοδήγηση. Χρησιμοποιεί αλγόριθμους για τον εντοπισμό μοτίβων από τα δεδομένα και στη συνέχεια τα μοτίβα αυτά χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός μοντέλου που μπορεί να κάνει προβλέψεις. Υπό αυτή την έννοια, μηχανική μάθηση ονομάζεται η ικανότητα ενός υπολογιστικού συστήματος να δημιουργεί μοντέλα ή πρότυπα από ένα σύνολο δεδομένων (Hu, Niu, Carrasco, Lennox, & Arvin, 2020).

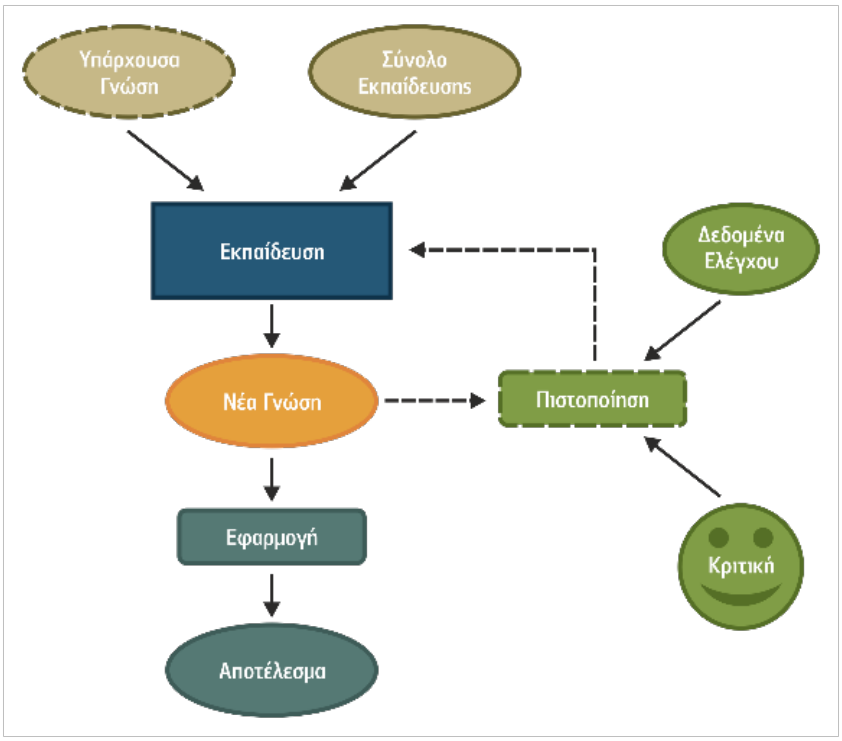
Στην πραγματικότητα, σύμφωνα με τους Sra et al. (όπως αναφέρεται στο Lao, 2020) η μηχανική μάθηση χρησιμοποιείται όταν αντιμετωπίζουμε μια περίπλοκη εργασία ή πρόβλημα που δεν μπορεί να λυθεί με συμβατικές μεθόδους ή αντιμετωπίζουμε μεγάλο όγκο δεδομένων και μεταβλητών που δεν μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία και να υπολογιστούν από ανθρώπινο δυναμικό χρησιμοποιώντας παραδοσιακές μεθόδους. Αυτό έχει οδηγήσει πολλούς ανθρώπους σε όλο τον κόσμο να θέλουν να σπουδάσουν τεχνητή νοημοσύνη και μηχανική μάθηση (El Naga & Murphy, 2015). Καθώς οι ερευνητές και οι μηχανικοί αναπτύσσουν και εφαρμόζουν αυτές τις τεχνολογίες για τη λήψη αποφάσεων στη ζωή όλων, είναι ζωτικής σημασίας οι πολίτες να κατανοούν τον κόσμο που τροφοδοτείται από την τεχνητή νοημοσύνη, να μπορούν να συζητούν για πολιτικές που αφορούν την τεχνητή νοημοσύνη και να συμμετέχουν στη διαμόρφωση αυτών των τεχνολογιών που αφορούν το μέλλον τους (Lao, 2020). Επιπρόσθετα, είναι όλο και πιο σημαντικό, οι πολίτες να γνωρίζουν τα ηθικά ζητήματα και τα ζητήματα ασφάλειας που τίθενται από τη χρήσης της. Ακόμη πιο σημαντικό είναι το γεγονός ότι η ζήτηση για επαγγελματίες που θα χρειαστεί να ασχοληθούν με την τεχνητή

νοημοσύνη θα αυξηθεί σημαντικά στα επόμενα χρόνια, σύμφωνα με έρευνα της (Deloitte, 2021) όπου διαπιστώθηκε ότι το 67% των εταιρειών χρησιμοποιούν ήδη μηχανική μάθηση και το 97% τη χρησιμοποιούν ή σχεδιάζουν να τη χρησιμοποιήσουν τον επόμενο χρόνο. Η μηχανική μάθηση αναπτύσσει τρεις τρόπους μάθησης, ακολουθώντας τους τρόπους που μαθαίνει ο άνθρωπος: μάθηση με επίβλεψη, μάθηση χωρίς επίβλεψη και ενισχυτική μάθηση.

Η Επιβλεπόμενη Μάθηση **(**Supervised Learning) είναι η διαδικασία όπου το νευρωνικό δίκτυο μαθαίνει να χαρτογραφεί δεδομένα εισόδου σε γνωστές - αναμενόμενες επιθυμητές εξόδους, με απώτερο στόχο τη γενίκευση και για εισόδους με άγνωστη έξοδο (Γεωργούλη, 2016). Υποδεικνύεται δηλαδή στο σύστημα η σωστή τιμή εξόδου για τα δεδομένα που εξετάζονται. Οι αλγόριθμοι επιβλεπόμενης μάθησης χρησιμοποιούν τα δεδομένα για να εκπαιδεύσουν το μοντέλο αναλύοντάς τα και παράγοντας ένα μοντέλο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χαρακτηρίσει νέα δεδομένα εισόδου.

Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση (Unsupervised Learning) είναι η διαδικασία όπου ο αλγόριθμος κατασκευάζει ένα μοντέλο για κάποιο σύνολο μη καθοδηγούμενων εισόδων, χωρίς να γνωρίζει τις επιθυμητές εξόδους. Ομαδοποιεί μη σαφείς πληροφορίες σύμφωνα με τις ομοιότητες, τις διαφορές και τα μοτίβα που πιθανόν υπάρχουν, χωρίς προηγούμενη εκπαίδευση των δεδομένων (Γεωργούλη, 2016).

Ενισχυτική Μάθηση (Reinforcement Learning) τέλος, είναι η διαδικασία όπου ο αλγόριθμος μαθαίνει μια στρατηγική ενεργειών μέσα από άμεση ανατροφοδότηση από το ίδιο του το περιβάλλον. Συνεπώς αναφερόμαστε στην ανάπτυξη ενός αυτοσυντηρούμενου συστήματος το οποίο, προσπαθεί να «αποτύχει», ώστε να βελτιώνεται μαθαίνοντας από τα λάθη του και αλληλεπιδρώντας με τα εισερχόμενα δεδομένα (Γεωργούλη, 2016).



Σχήμα 2: Φάσεις Μηχανικής Μάθησης

Η εκπαίδευση ακολουθείται από το στάδιο πιστοποίησης της αποκτηθείσας νέας γνώσης. Αρχικά ο ίδιος ο αλγόριθμος μέσω διαδικασιών ανάκλησης (recall) με τη βοήθεια δεδομένων ελέγχου (test data) κάνει την πιστοποίηση και στη συνέχεια μέσω κριτικών που βασίζονται στη γνώση του χρήστη για το πρόβλημα που καλείται να λύσει, παράγεται η νέα γνώση (όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 2). Τέλος, η νέα γνώση χρησιμοποιείται σε εφαρμογές για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων (Γεωργούλη, 2016).

Η ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Τα οφέλη της διδασκαλίας της μηχανικής μάθησης σε μαθητές όλων των βαθμίδων περιλαμβάνουν την εξοικείωση των μαθητών με τις έννοιες της τεχνητής νοημοσύνης ενώ τους βοηθάει στη δημιουργία θεμελιωδών δεξιοτήτων για τη ζωή και την εργασία, τη χρήση νοητικών μοντέλων και εμπνέει την επόμενη γενιά ερευνητών τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης.

Η έρευνα των Marques, Gresse von Wangenheim, & Hauck (2020) έδειξε πως η διδασκαλία των εννοιών της μηχανικής μάθησης από το Δημοτικό μέχρι το Λύκειο, μπορεί να αυξήσει την κατανόηση και να κρατήσει «ζωντανό» το ενδιαφέρον των μαθητών για τη μηχανική μάθηση, ενώ παράλληλα οι μαθητές αντιλαμβάνονται καλύτερα τις έννοιές της στην καθημερινότητά τους. Επίσης η διδασκαλία της μηχανικής μάθησης μπορεί να εντοπίσει τις αδυναμίες των μαθητών και να προτείνει τρόπους βελτίωσης της επίδοσης τους (Kučak, Juričić, & Đambić, 2018).

Η εισαγωγή μιας απλοποιημένης μορφής μηχανικής μάθησης στην εκπαίδευση χωρίς την πολυπλοκότητα του προγραμματισμού, έχει κύριο μαθησιακό αποτέλεσμα την κατανόηση του πόσο σημαντική είναι η ανάπτυξη αξιόπιστων μοντέλων μηχανικής μάθησης σε εφαρμογές και προβλήματα του πραγματικού κόσμου. Δεύτερος σημαντικός στόχος είναι οι μαθητές να διερευνήσουν και να αναστοχαστούν ανταλλάσσοντας απόψεις για πιθανές επιπτώσεις στη ζωή και την ελευθερία του ατόμου από την μη ορθή χρήση της τεχνητής νοημοσύνης (Oliveira, 2022). Οι Evangelista et al. (2018) θεωρούν ότι, επειδή η μηχανική μάθηση είναι ένα εξαιρετικά δημοφιλές θέμα, δεν υπάρχει λόγος να μην διδάσκεται από μικρή ηλικία και προσθέτουν ότι, μετά την παρέμβαση τους, οι μαθητές είχαν καλύτερη κατανόηση του τι σημαίνει να μαθαίνει ένας υπολογιστής και ποια είναι τα εργαλεία που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί μια τέτοια διαδικασία.

Οι Sakulkueakulsuk et al. (2018), με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης τους, διαπίστωσαν ότι οι μαθητές διασκέδασαν, αφοσιώθηκαν και συνεργάστηκαν με σκοπό την υλοποίηση της δραστηριότητας στο εργαστήριο περισσότερο σε σύγκριση με την κανονική τάξη, παρόλο που το θέμα της τεχνητής νοημοσύνης είναι πολύ πιο περίπλοκο και προκλητικό. Αυτό δείχνει ότι οι πολύ προηγμένες έννοιες μπορούν να γίνουν κατανοητές από τους μαθητές εάν το μαθησιακό περιβάλλον είναι καλά σχεδιασμένο και οργανωμένο. Κατά συνέπεια, όπως αναφέρεται στις κατευθυντήριες γραμμές στα περισσότερα προγράμματα σπουδών του εξωτερικού για όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, είναι απαραίτητη η ένταξη της μηχανικής μάθησης και της τεχνητής νοημοσύνης στο σχολείο (Oliveira, 2022).

STEM ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Ο όρος διεπιστημονικότητα με την ευρεία έννοια, αναφέρεται στη συμμετοχή διαφορετικών επιστημών που εμπλέκονται για τη επίλυση μιας κατάστασης. Το STEM είναι, πρώτα και κύρια, διεπιστημονικό και εμφανίζεται όταν δύο ή περισσότεροι από τους τομείς της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών συνυπάρχουν για να αντιμετωπιστεί ένα πρόβλημα. Μια STEM προσέγγιση στην εκπαίδευση δίνει έμφαση στις συνδέσεις μεταξύ των επιστημών (Gao, Li, Shen & Sun, 2020; Ntourou, Kalogiannakis & Psycharis, 2021; Psycharis, 2018; Psycharis,, Kalovrektis & Xenakis, 2020). Η διεπιστημονικότητα στο εκπαιδευτικό STEM εμφανίζεται όταν οι μαθητές χτίζουν συνδέσεις μεταξύ των διαφορετικών επιστημονικών κλάδων που ενυπάρχουν σε ένα ερώτημα που καλούνται να δώσουν λύση. Οι Sakulkueakulsuk et al. (2018), με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης τους, διαπίστωσαν ότι η τεχνητή νοημοσύνη και οι δραστηριότητες μηχανικής μάθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ισχυρά εργαλεία για την επιτυχή διεξαγωγή διεπιστημονικής εκπαίδευσης σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Επιπλέον προσθέτουν, ότι βοηθούν τους μαθητές να υιοθετήσουν τη φουτουριστική και τη διεπιστημονική σκέψη καθώς και να έχουν επίγνωση της ενσωμάτωσης νέων τεχνολογικών λύσεων στο κοινωνικό πλαίσιο.

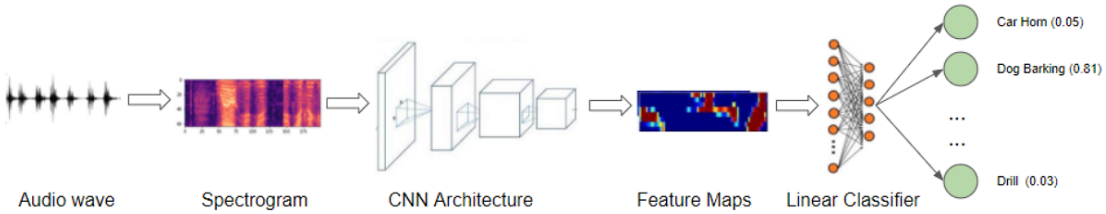
Η μελέτη του πραγματικού κόσμου είτε αναφερόμαστε σε φυσικά φαινόμενα, είτε σε κοινωνικοοικονομικά και πολιτικά ζητήματα, παρέχει ένα ισχυρό πλαίσιο για το STEM. Η επιστημολογία STEM αντιμετωπίζει προβλήματα από τον πραγματικό κόσμο, πολύπλοκα που απαιτούν διεπιστημονικές προσεγγίσεις (Mayes, 2019). Οι μαθητές όταν εμπλέκονται με αυθεντικές καταστάσεις μέσω STEM και καλούνται να λύσουν προβλήματα που αντιμετωπίζουν καθημερινά, κινητοποιούνται περισσότερο αφού αποκτούν για αυτούς νόημα οι γνώσεις που λαμβάνουν μέσα από την διδασκαλία. Επιπλέον, η επίλυση αυθεντικών καταστάσεων μέσω STEM προσφέρει συναισθηματικά αποτελέσματα όπως είναι η αυξημένη δέσμευση ή η επιμονή των μαθητών και σημαντικά μαθησιακά αποτελέσματα όπως η κριτική και λογική σκέψη αλλά και η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων.

Οι Gao et al. (2020) υποστηρίζουν για το γνωστικό πεδίο, ότι βασικός μαθησιακός στόχος της εκπαίδευσης STEM είναι να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν γνώση περιεχομένου για έναν ή περισσότερους συγκεκριμένους κλάδους εντός STEM. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, μία ή περισσότερες συγκεκριμένες γνωστικές περιοχές στο STEM έχουν προτεραιότητα ενώ οι άλλοι κλάδοι χρησιμεύουν ως όχημα για την επίτευξη της κατάκτησης της γνωστικής περιοχής. Ακόμα προσθέτουν ότι, ένας άλλος κοινός μαθησιακός στόχος της εκπαίδευσης STEM, εντός του γνωστικού πεδίου, είναι να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες που υπερβαίνουν έναν μόνο κλάδο. Δηλαδή, οι μαθητές να είναι ικανοί να εφαρμόσουν γνώσεις από πολλαπλούς κλάδους. Ενώ, η σημασία κάθε κλάδου αντιμετωπίζεται στο ίδιο επίπεδο (βοηθώντας στην κατανόηση της κατάστασης), ο βαθμός της γνώσης για κάθε κλάδο εξαρτάται από τη φύση του προβλήματος ή της κατάστασης. Όσον αφορά στον συναισθηματικό τομέα εστιάζουν στο ενδιαφέρον, στη δέσμευση, στη στάση και στο κίνητρο που αποκτούν οι μαθητές για το περιεχόμενο και τις πρακτικές STEM. Τέλος, η ενασχόληση με την STEM εκπαίδευση αναμένεται να οδηγήσει τους μαθητές σε επαγγέλματα STEM και κατ' επέκταση στην κάλυψη των αναγκών της αγοράς εργασίας.

MIT APP INVENTOR, PERSONAL AUDIO CLASSIFIER ΚΑΙ ARDUINO

Το MIT App Inventor είναι μια δωρεάν και ανοιχτού κώδικα διαδικτυακή πλατφόρμα που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν εφαρμογές για κινητά μέσω μιας γλώσσας προγραμματισμού οδηγούμενης από τα γεγονότα που βασίζεται σε μπλοκ. Επιτρέπει σε άτομα με μικρή έως καθόλου εμπειρία προγραμματισμού να δημιουργούν εφαρμογές. Ένα έργο MIT App Inventor δημιουργείται χρησιμοποιώντας μια απλή διεπαφή χρήστη (designer - blocks) μεταφοράς και απόθεσης. Η διεπαφή σχεδίασης (Designer) επιτρέπει στους χρήστες να μεταφέρουν και να αποθέτουν, να προσαρμόζουν στοιχεία όπως κουμπιά σε μια οθόνη Android. Η διεπαφή Blocks παρέχει μπλοκ κώδικα που μπορεί να τοποθετηθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθεί το πρόγραμμα (Lao, 2020). Οι επεκτάσεις του App Inventor επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργούν εφαρμογές που ενσωματώνουν ισχυρή λειτουργία μηχανικής μάθησης.

Η ταξινόμηση ήχου (Audio Classification) είναι η διαδικασία που «ακούει» και αναλύει τις ηχογραφήσεις. Αρχικά έχουμε ως είσοδο τη ροή του ήχου. Ο ήχος έχει χρονική διάρκεια επομένως μοιάζει περισσότερο με βίντεο παρά με εικόνα. Για την εκπαίδευση του μοντέλου χωρίζεται η ροή του αρχείου ήχου σε μικρά ή σχετικά μικρά παράθυρα ανάλυσης που θα υποστούν επεξεργασία. Στη συνέχεια ο ήχος μετατρέπεται σε φασματογράφημα χρησιμοποιώντας ένα συγκεκριμένο τύπο που ονομάζεται φασματόγραμμα Mel, το οποίο έχει αποδειχθεί ότι λειτουργεί καλά γιατί παρέχει αναπαράσταση πιο κοντά σε αυτή της ανθρώπινης ακοής. Ως φασματογράφημα θεωρείται μια πολύ λεπτομερής και ακριβής αναπαράσταση ακουστικών πληροφοριών. Είναι μια εικόνα - γράφημα όπου ο άξονας των x αντιπροσωπεύει το χρόνο, ο άξονας των y είναι η συχνότητα ενώ το χρώμα κάθε σημείου δείχνει το πλάτος αυτών των σημείων. Έτσι, ένα φασματογράφημα δείχνει αλλαγές πλάτους για κάθε συνιστώσα συχνότητας στο σήμα (Zeng, Mao, Peng, & Yi, 2019).



Σχήμα 3: *Αρχεία ήχου μετατρέπονται σε φασματογραφήματα και στη συνέχεια εισάγονται σε ένα μοντέλο CNN plus Linear Classifier και παράγουν προβλέψεις σχετικά με την κατηγορία στην οποία ανήκει ο ήχος.*

Η ηχητική αναπαράσταση που παρουσιάζεται στο φασματογράφημα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3, μοιάζει με εικόνα, οπότε χρησιμοποιούνται τα Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα (CNN) τα οποία παρουσιάζουν ομοιότητες με τα βιολογικά συστήματα όρασης και είναι τα καλύτερα στην κατηγορία ταξινόμησης εικόνων, ενώ έχει αποδειχθεί ότι λειτουργούν πολύ καλά και στα φασματογραφήματα. Ο όρος «Νευρωνικό Δίκτυο» αναφέρεται σε ένα δίκτυο απλών υπολογιστικών κόμβων (νευρώνες), διασυνδεδεμένων μεταξύ τους, το οποίο είναι εμπνευσμένο από το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) των ζώντων οργανισμών και ειδικότερα του ανθρώπου. Με χρήση διαφόρων μαθηματικών μοντέλων εμπνευσμένων από αντίστοιχα βιολογικά, προσπαθεί να μιμηθεί τη συμπεριφορά των νευρώνων του

ανθρώπινου εγκεφάλου (Qi, Chen, Li, Cheng, & Li, 2019). Η λειτουργία του συνδυάζει τον τρόπο σκέψης του ανθρώπινου εγκεφάλου με τον αφηρημένο μαθηματικό τρόπο σκέψης. Ο πρωταρχικός σκοπός ενός τεχνητού νευρωνικού δικτύου είναι να μπορεί να επιτελεί από μόνο του ορισμένες διεργασίες, π.χ. να αναγνωρίζει ήχους ή εικόνες, αφού προηγουμένως έχει εκπαιδευτεί.

Υπάρχουν πολλά διαδικτυακά εργαλεία για ταξινόμηση εικόνων τα οποία είναι πιο προσιτά σε μαθητές και αρχάριους στη μηχανική μάθηση, ενώ παρατηρούμε ότι είναι πολύ λιγότερα τα εργαλεία που αφορούν στην ταξινόμηση ήχου. Το Personal Audio Classifier (PAC), είναι ένα δημόσιο εργαλείο μηχανικής μάθησης που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν, να αναλύουν και να εξάγουν προσαρμοσμένα μοντέλα ταξινόμησης ήχου στον ιστό, σε προγράμματα περιήγησης, χωρίς την ανάγκη για ακριβείς γνώσεις της τεχνολογίας και του προγραμματισμού που κρύβονται πίσω από τη λειτουργία του. Κατασκευάστηκε για να προσφέρει ένα απλό και προσιτό εργαλείο ενδυνάμωσης / ενθάρρυνσης των ατόμων που δεν διαθέτουν σημαντικές γνώσεις μηχανικής μάθησης με σκοπό να μπορέσουν να κατανοήσουν και να χρησιμοποιήσουν την ταξινόμηση ήχου εκπαιδεύοντας τα δικά τους μοντέλα ταξινόμησης.

Πρόκειται για μια επέκταση του MIT App Inventor που επιτρέπει στους χρήστες να χρησιμοποιούν την ταξινόμηση ήχου και να εξάγουν μοντέλα από το PAC για τη δημιουργία προσαρμοσμένων εφαρμογών για κινητά (Bhatia, 2020). Μέσω του μικροφώνου του υπολογιστή, μετατρέπει τα δεδομένα ήχου σε αναπαραστάσεις εικόνων στο App Inventor από το οποίο μπορούν οι μαθητές να δοκιμάσουν τα δικά τους μοντέλα ταξινόμησης ήχου και να εφαρμόσουν σε αυτά εξατομικευμένα μοντέλα. Το PAC επιτρέπει στους χρήστες να εκπαιδεύουν και να ταξινομούν διαφορετικούς τύπους ήχων και φιλοξενείται στη διεύθυνση https://c1.appinventor.mit.edu/ (Lao, 2020; Finzer, Chao, Rose, & Jiang, 2022).

Το Arduino είναι μια πλατφόρμα η οποία αναπτύχθηκε το 2005 στην Ιταλία από τους καθηγητές Massimo Banzi και David Cuatrielles, στην προσπάθειά τους να δημιουργήσουν τις συνθήκες εκείνες που η εκμάθησης της ηλεκτρονικής θα γίνει πιο προσιτή σε μαθητές (Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017). Αποτελείται από μια μητρική πλακέτα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή, ψηφιακές και αναλογικές εισόδους και εξόδους. Η πλατφόρμα του Arduino εξελίχτηκε σε μία εξαιρετικά ευέλικτη μέθοδο προγραμματισμού, βασισμένη σε χαμηλού κόστους τυποποιημένο υλικό, κατάλληλη για εκπαιδευτικές εφαρμογές. Χρησιμοποιεί τη γλώσσα προγραμματισμού Wiring, παραλλαγή της C++, ενώ σήμερα έχουν αναπτυχθεί και γλώσσες οπτικού προγραμματισμού για την ενασχόληση των μαθητών.

Στην πλακέτα Arduino μπορούν να συνδεθούν τυποποιημένες - συμβατές με το υλικό - περιφερειακές μονάδες, αισθητήρες θερμοκρασίας, Bluetooth, Led, οθόνες, αισθητήρες φλόγας κ.α.. Ένα από τα πλεονέκτημά της είναι η πολυπληθής κοινότητα που την τροφοδοτεί με πληροφορίες, παραδείγματα και συμβουλές με αποτέλεσμα να συντηρεί και επεκτείνει μια ανάλογου μεγέθους διαδικτυακή γνωσιακή βάση. Έχει ανοιχτού κώδικα περιβάλλον προγραμματισμού, μεγάλη γκάμα βιβλιοθηκών οδήγησης περιφερειακών μονάδων και διαδικτυακή υποστήριξη. Επιπλέον, ένα σημαντικό πλεονέκτημα της είναι η ευκολία ως προς τη χρήση, ακόμη και για αρχάριους, ενώ παράλληλα αποτελεί ένα ευέλικτο εργαλείο για έμπειρους χρήστες. Λειτουργεί εξίσου καλά σε Mac, Windows και Linux λειτουργικά συστήματα και διευκολύνει, εκτός από τον προγραμματισμό, στη διασύνδεση των ηλεκτρονικών στοιχείων που απαιτούνται από μία εφαρμογή, γιατί παρέχει έτοιμες τις μονάδες που απαιτούνται για τη σύνδεση με το υλικό, είτε σε μορφή κάρτας, είτε με τη χρήση καλωδίων πάνω σε ένα Breadboard (Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017).

Η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΜΑΣ ΠΡΟΤΑΣΗ

Η ενσωμάτωση της μηχανικής μάθησης στο πρόγραμμα σπουδών και κυρίως της διεπιστημονικής προσέγγισης μέσω της Υπολογιστικής Παιδαγωγικής (Psycharis et al., 2020), αναμένεται να παρακινήσει τους μαθητές να ενδιαφερθούν για αυτόν τον τομέα της πληροφορικής και να ανοιχθεί ο δρόμος για ένα μέλλον όπου η μηχανική μάθηση θα είναι κατανοητή από όλους. Σύμφωνα με τους Sanusi, Oyelere, Agbo & Suhonen (2021) και Tang (2019) με απλές δραστηριότητες δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να κατανοήσουν τις βασικές έννοιές της.

Το αντικείμενο της μηχανικής μάθησης μπορεί να ενταχθεί στο πρόγραμμα σπουδών της Α΄ Λυκείου στο εργαστηριακό μάθημα «Εφαρμογές Υπολογιστών», στην ενότητα «Προγραμματιστικά Περιβάλλοντα – Δημιουργία Εφαρμογών». Σύμφωνα με το ΑΠΣ η διδακτική του μαθήματος βασίζεται στον κοινωνικό εποικοδομισμό και τις σύγχρονες θεωρίες για την «επεξεργασία των

πληροφοριών». Προτείνεται η πλαισίωση της διδασκαλίας με ενεργητικές εκπαιδευτικές τεχνικές και η χρήση αυθεντικών παραδειγμάτων από τον πραγματικό κόσμο, ώστε να ενισχύεται η διερευνητική προσέγγιση, η αυτενέργεια και η συνεργατική μάθηση. Η καινοτομία της παρέμβασης είναι ο συνδυασμός εκπαίδευσης μοντέλου, προγραμματισμού και Physical Computing.

Στα πλαίσια της ενότητας αυτής μπορούν να χρησιμοποιηθούν παραδείγματα εφαρμογών μηχανικής μάθησης όπου οι μαθητές θα κληθούν να εκπαιδεύσουν και να δουν τα αποτελέσματα στο κινητό τους. Επίσης θα μπορούσαν να «ανεβάσουν» στο Play store μια δωρεάν εφαρμογή αναγνώρισης λέξεων ή ακόμη να χρησιμοποιήσουν μια υπάρχουσα εφαρμογή και στη συνέχεια να την κατασκευάσουν. Μέσα από αυτή τη προσέγγιση θα συνειδητοποιήσουν ότι η τεχνητή νοημοσύνη είναι κάτι που το συναντάμε σε πολλές εφαρμογές της καθημερινότητάς μας και πως οι μαθητές μπορούν έως κάποιο βαθμό να την υλοποιήσουν.

Η πρόταση διδασκαλίας «Ηλεκτρικά σήματα στην Μηχανική Μάθηση με αξιοποίηση του App Inventor», αποτελεί μια δραστηριότητα που έχει ως στόχο οι μαθητές αξιοποιώντας το περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού App Inventor και το Personal Audio Classifier να συνδέσουν τη γνωστική περιοχή της πληροφορικής με τη μηχανική μάθηση. Τέλος, με τη βοήθεια του μικροελεγκτή Arduino θα εμπλακούν με την οπτικοποίηση των ειδικών σημάτων Morse και το Physical Computing που συνδέει τον πραγματικό κόσμο με τον ιδεατό του υπολογιστή.

Οι μαθητές έχουν στοιχειώδεις γνώσεις προγραμματισμού, από το Δημοτικό και το Γυμνάσιο, κυρίως μέσα από Logo - like περιβάλλοντα (MicroWorlds Pro, Scratch, Pencil Code) και γνωρίζουν βασικά στοιχεία για τη συνδεσμολογία του Arduino από τα εργαστήρια δεξιοτήτων, θεματικός κύκλος «Δημιουργώ και Καινοτομώ», κυρίως από τον τομέα «STEM / Εκπαιδευτική Ρομποτική» και από το μάθημα της Πληροφορικής. Επίσης, στην Α΄ και Β΄ Γυμνασίου μαθαίνουν να αναγνωρίζουν τις μορφές αρχείων ήχου και να κάνουν μετατροπές μεταξύ αυτών. Επιπρόσθετα, στην Α΄ Λυκείου μαθαίνουν τις βασικές προγραμματιστικές τεχνικές και εντολές του App Inventor και δημιουργούν εφαρμογές για κινητές συσκευές. Όσον αφορά στην διδακτική προσέγγιση, υιοθετούνται οι βασικές ιδέες του Vygotsky και του Papert, σύμφωνα με τις οποίες ο μαθητής, με τον εκπαιδευτικό σε ρόλο βοηθού, οικοδομεί τις γνώσεις του υιοθετώντας έναν ενεργό ρόλο αυτόν του ερευνητή που πειραματίζεται, ανταλλάσσει απόψεις με την ομάδα του και ανακαλύπτει πληροφορίες και γνώσεις, ώστε να οικοδομήσει μια ουσιαστική κατανόηση για το πρόβλημα που διερευνά. Οι γνωστικοί στόχοι της διδακτικής παρέμβασης είναι: η εξοικείωση των μαθητών με τη τεχνητή νοημοσύνη μέσα από τη χρήση εφαρμογών μηχανικής μάθησης, να είναι ικανοί να εκπαιδεύουν μοντέλα αναγνώρισης φωνής και να πειραματίζονται εξασφαλίζοντας ένα ικανοποιητικό ποσοστό αξιοπιστίας - εμπιστοσύνης. Επιπλέον, να χρησιμοποιούν τις κατάλληλες εντολές για διάφορα components καθορίζοντας την ιεραρχία τους, ιδιαίτερα το extension Personal Audio Classifier. Επίσης, τη συμπλήρωση κώδικα για την λειτουργία του Arduino, την επίτευξη της ζεύξης μεταξύ της εφαρμογής του κινητού με το Bluetooth, την εξοικείωση των μαθητών με το μικροελεγκτή, τη συνδεσμολογία με Led και αντιστάσεις. Τέλος, οι μαθητές πρέπει να είναι ικανοί να κωδικοποιούν την μακρά καθυστέρηση (παύλα) και την σύντομη (τελεία) και στη συνέχεια να ελέγχουν το αποτέλεσμα αποκωδικοποιώντας το στο μυαλό τους. Οι μαθητές εμβαθύνουν στον τμηματικό, δομημένο προγραμματισμό κατά την συγγραφή του κώδικα στο Arduino και στον οδηγούμενο από το γεγονός οπτικό και αντικειμενοστραφή προγραμματισμό του App Inventor με χρήση πολλαπλής επιλογής, λιστών και κλήση διαδικασιών. Ως προς τις δεξιότητες αναμένεται οι μαθητές να εμπλακούν στην πολυπλοκότητα και τη δημιουργία τεχνουργήματος (Arduino), να αναπτύξουν κριτική σκέψη, δημιουργικότητα, επικοινωνία, συνεργασία και να εξασκηθούν στη λεπτή κίνηση κατά την ενασχόληση με την κατασκευή. Όσον αφορά στις στάσεις - συμπεριφορές οι μαθητές μέσα από την εμπλοκή τους με την δραστηριότητα επιδιώκεται να είναι ικανοί να επιλύουν προβλήματα ομαδοσυνεργατικά (με καταμερισμό εργασίας, ανταλλαγή απόψεων και εμπειριών, βελτίωση λύσεων μέσα από αμοιβαίες ανατροφοδοτήσεις) και να προσανατολιστούν σε STEAM επαγγέλματα.

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΑΞΗΣ - ΦΑΣΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ

Η διδακτική παρέμβαση θα πραγματοποιηθεί στο σχολικό εργαστήριο πληροφορικής. Θα πραγματοποιηθεί εκπαίδευση μοντέλου με το Personal Audio Classifier για τους ειδικούς κώδικες Morse: sos, end, error, transmit και wait. Το ηχητικό αποτέλεσμα θα αναπαράγεται από το κινητό για το αντίστοιχο σήμα Morse, ενώ παράλληλα θα οπτικοποιείται μέσω ενός Led που αναβοσβήνει ακολουθώντας βασικές παραδοχές για την οπτικοποίηση. Σε όλες τις φάσεις ο εκπαιδευτικός

παρεμβαίνει και καθοδηγεί τους μαθητές όπου κρίνεται απαραίτητο. Κατά την διερεύνηση, την εκπαίδευση του μοντέλου, την φάση κατασκευής της εφαρμογής στο περιβάλλον του App Inventor αλλά και κατά την κατασκευή του Arduino θα χρησιμοποιηθεί ένας υπολογιστής ανά 2 - 3 μαθητές και ένα Arduino όπου συνεργατικά θα υλοποιούν τις δραστηριότητες.

Στην πρώτη φάση, αυτή της εννοιολόγησης γεννιούνται τα ερευνητικά ερωτήματα ή υποθέσεις που θα οδηγήσουν τους μαθητές να δομήσουν την λύση. Αφόρμιση για συζήτηση θα αποτελέσει το βίντεο «How Does Morse Code Work?». Στη συνέχεια, με καταιγισμό ιδεών, με αναζήτηση και συζήτηση συλλέγονται βασικές πληροφορίες για τον κώδικα Morse.

Στη δεύτερη φάση δίνεται το πρώτο φύλλο εργασίας που έχει σκοπό να εισάγει τους μαθητές στη εκπαίδευση του μοντέλου και τη μηχανική μάθηση μέσω διερεύνησης και πειραματισμού. Μετά την εκπαίδευση μέσω του Personal Audio Classifier παράγεται το αρχείο .mdl (επιλογή export) το οποίο θα χρειαστεί σε επόμενη δραστηριότητα. Επειδή είναι η πρώτη επαφή των μαθητών με το Personal Audio Classifier, ο εκπαιδευτικός παρεμβαίνει και βοηθά όπου κρίνεται απαραίτητο. Στη συνέχεια οι μαθητές αναζητούν και μετατρέπουν αρχεία ήχου (ηχητικά σήματα Morse) σε κατάλληλες μορφές (mp3) χρησιμοποιώντας μουσική τεχνολογία (π.χ. Audacity). Επόμενο βήμα είναι να συνδέσουν το εκπαιδευμένο μοντέλο εισάγοντας την επέκταση PersonalAudioClassifier.aix με το App Inventor. Τέλος να σχεδιάσουν την οθόνη της εφαρμογή στο περιβάλλον Designer και να εισάγουν το αρχείου model.mdl.

Στην τρίτη φάση οι μαθητές μέσω των δραστηριοτήτων οικοδομούν τις γνώσεις τους. Επισημαίνεται ότι πρέπει να δώσουν βάση στο αποτέλεσμα (result) που επιστρέφεται από το model.mdl το οποίο είναι μία λίστα με τις ταξινομήσεις (classifications) από το μοντέλο. Η λίστα αποτελείται από υπο-λίστες κάθε μια εκ των οποίων περιέχει δύο στοιχεία, την ετικέτα (label) που ο classifier θεωρεί ότι ταιριάζει (match), ακολουθούμενη από ένα επίπεδο εμπιστοσύνης (confidence level) π.χ. [[sos, 0.88527], [end, 0.34812]]. Τέλος οι μαθητές δημιουργούν την εφαρμογή στο App Inventor, γράφοντας τον αντίστοιχο κώδικα.

Στην τέταρτη φάση οι μαθητές συνεργάζονται, επικοινωνούν, σχεδιάζουν και υλοποιούν το τεχνούργημα με την χρήση της πλατφόρμας Arduino, δραστηριότητα η οποία σχεδιάστηκε μετά από παρακολούθηση διαδικτυακού σεμιναρίου (https://e-learning.ilei.sch.gr/moodle/). Οι μαθητές εξασκούνται στη λεπτή κίνηση με το Physical Computing μέσω της κατασκευής του κυκλώματος και αναπτύσσουν κριτική σκέψη προγραμματίζοντας την πλακέτα. Πιο συγκεκριμένα, η πληροφορία που προκύπτει από την εφαρμογή του App Inventor «μεταφέρεται» με τη βοήθεια του Bluetooth στην αναπτυξιακή πλατφόρμα Arduino η οποία με την σειρά της τη μετατρέπει σε οπτικό σήμα (Led) ειδικού κώδικα Morse. Παράλληλα μέσω σειριακής θήρας προβάλλεται η λέξη στην οθόνη του υπολογιστή.

Στην τελευταία φάση οι μαθητές παρουσιάζουν το τελικό αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων. Ακολουθεί συζήτηση σχετικά με τα ευρήματα, τις πληροφορίες, τα συμπεράσματα, τα σημεία εκείνα που τους εντυπωσίασαν περισσότερο καθώς και πιθανές βελτιώσεις προτάσεις για το έργο τους.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η εισαγωγή μιας απλοποιημένης μορφής μηχανικής μάθησης στην εκπαίδευση χωρίς την πολυπλοκότητα του προγραμματισμού, έχει ως κύριο μαθησιακό αποτέλεσμα την κατανόηση ότι είναι πολύ σημαντική η ανάπτυξη αξιόπιστων μοντέλων μηχανικής μάθησης σε εφαρμογές και προβλήματα του πραγματικού κόσμου. Οι Evangelista et al. (2018) θεωρούν ότι η μηχανική μάθηση είναι ένα εξαιρετικά δημοφιλές θέμα και πρέπει να διδάσκεται από μικρή ηλικία. Η μελέτη τους έδειξε πως οι μαθητές είχαν καλύτερη κατανόηση του τι σημαίνει μηχανική μάθηση και πως τα οφέλη που αποκόμισαν από την ενσωμάτωση της στην εκπαιδευτική διαδικασία ήταν πολλαπλά.

Η εξοικείωση των μαθητών με τις έννοιες της τεχνητής νοημοσύνης τους βοηθάει στη δημιουργία θεμελιωδών δεξιοτήτων για τη ζωή και την εργασία. Η εφαρμογή μοντέλων μάθησης ενθαρρύνει τους μαθητές να στραφούν προς τη τεχνητή νοημοσύνη και τη μηχανική μάθηση ώστε να γίνουν η επόμενη γενιά ερευνητών. Υποστηρίζουμε την ενσωμάτωση της μηχανικής μάθησης στο πρόγραμμα σπουδών, γιατί αρχικά αναμένουμε να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν τις βασικές έννοιες της μηχανικής μάθησης, να ανοίξει ο δρόμος για ένα μέλλον όπου η μηχανική μάθηση θα είναι κατανοητή από όλους και να παρακινήσει τους μαθητές να ενδιαφερθούν για αυτόν τον τομέα της πληροφορικής. Προτείνουμε την πλαισίωση της διδασκαλίας με ενεργητικές εκπαιδευτικές τεχνικές και χρήση αυθεντικών παραδειγμάτων από τον πραγματικό κόσμο, ώστε να ενισχύεται η διερευνητική

προσέγγιση, η αυτενέργεια και η συνεργατική μάθηση. Η διδακτική μας πρόταση έχει ως στόχο την εξοικείωση των μαθητών με τη τεχνητή νοημοσύνη μέσα από τη χρήση εφαρμογών μηχανικής μάθησης και εκπαίδευσης μοντέλων αναγνώρισης φωνής εξασφαλίζοντας ένα ικανοποιητικό ποσοστό αξιοπιστίας - εμπιστοσύνης. Για την εκπαίδευση του μοντέλου, προτάθηκε το Personal Audio Classifier (PAC), το οποίο είναι ένα δημόσιο εργαλείο μηχανικής μάθησης που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν, να αναλύουν και να εξάγουν προσαρμοσμένα μοντέλα ταξινόμησης ήχου στον ιστό. Με χρήση του μικροφώνου του υπολογιστή, οι μαθητές παράγουν τα δεδομένα ήχου τα οποία μέσω φασματογραφήματος μετατρέπονται σε αναπαραστάσεις εικόνων, εκπαιδεύονται με το PAC, ενώ με τη δημιουργία προγράμματος στο App Inventor παράγονται τα οπτικά και ηχητικά σήματα Morse. Επιπλέον, αναμένεται ως προς τις δεξιότητες οι μαθητές να εμπλακούν στην πολυπλοκότητα και στη δημιουργία τεχνουργήματος (Arduino), να αναπτύξουν κριτική σκέψη, δημιουργικότητα, επικοινωνία, συνεργασία και να εξασκηθούν στη λεπτή κίνηση κατά την ενασχόλησή τους με την κατασκευή.

Υπάρχουν και άλλες επεκτάσεις που μπορούν να εφαρμοστούν στο App Inventor όπως το Personal Image Classifier (PIC) και το Teachable Machine για την εκπαίδευση αναγνώρισης εικόνας. Μελλοντική δημοσίευση αναμένεται να παρουσιαστεί από την ομάδα μας, με ένα από τα παραπάνω διαδικτυακά εργαλεία δημιουργίας μοντέλων μηχανικής μάθησης, η οποία είναι μια γρήγορη, εύκολη και προσβάσιμη σε όλους διαδικασία για την εκπαίδευση ενός μοντέλου που προσομοιώνει το παιχνίδι πέτρα μολύβι ψαλίδι χαρτί.

Η παρούσα εργασία έγινε στα πλαίσια του Διιδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ) με τίτλο: «Εκπαιδευτικές Εφαρμογές με την Επιστημολογία STEM» υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Σαράντου Ψυχάρη, για το μάθημα «Τεχνητή Νοημοσύνη στην Εκπαίδευση».

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Γεωργούλη, Α. (2016). *Τεχνητή νοημοσύνη*. Αθήνα: Κάλλιπος Ανοιχτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. Ανακτήθηκε από: http://hdl.handle.net/11419/3381

Μηχανική Μάθηση στην Εκπαίδευση, στις Επιστήμες, στην Παραγωγή, στην Κοινωνία. (2022, Απρίλιος 5). Ανακτήθηκε από: https://m5.gs/Q01mQU

Ψυχάρης, Σ., & Καλοβρέκτης, Κ. (2017). *Διδακτική και Σχεδιασμός εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων STEM & ΤΠΕ*. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.

Bhatia, N. (2020). Using transfer learning, spectrogram audio classification, and MIT app inventor to facilitate machine learning understanding (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

Concerning Reality. (2019, August 5). *How Does Morse Code Work?* [Translated Video]. Youtube. https://drive.google.com/file/d/1z78SgHCIq1CWQJpcPeXA-TeSzX10zAol/view?usp=sharing

Deloitte . (2021). Thriving in the era of pervasive AI: Deloitte's state of AI in the enterprise (3rd ed.). Deloitte Insights. https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/cognitive-technologies/state-of-ai-and-intelligent-automation-in-business-survey.html

Evangelista, I., Blesio, G., & Benatti, E. (2018). Why are we not teaching machine learning at high school? A proposal. In *2018 World Engineering Education Forum-Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC)* (pp. 1-6). IEEE.

Finzer, W., Chao, J., Rose, C., & Jiang, S. (2022). StoryQ - an Online Environment for Machine Learning of Text Classification. *In Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 36*(11), 12860-12860.

Gao, X., Li, P., Shen, J., & Sun, H. (2020). Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education. *International Journal of STEM Education*, *7*(1), 1-14.

Gavrilova, Y. (2020, April 8). Artificial Intelligence vs. Machine Learning vs. Deep Learning: Essentials. Ανάκτηση από Serokell: https://serokell.io/blog/ai-ml-dldifference

Hu, J., Niu, H., Carrasco, J., Lennox, B., & Arvin, F. (2020). Voronoi-based multi-robot autonomous exploration in unknown environments via deep reinforcement learning. *IEEE Transactions on Vehicular Technology, 69*(12), 14413-14423.

Jordan, B., Devasia, N., Hong, J., Williams, R., & Breazeal, C. (2021). PoseBlocks: A toolkit for creating (and dancing) with AI. *In Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 35*(17), 15551-15559.

Kučak, D., Juričić, V., & Đambić, G. (2018). Machine Learning in Education-A Survey of Current Research Trends. Annals of DAAAM & Proceedings, 29.
Lao, N. (2020). Reorienting Machine Learning Education Towards Tinkerers and ML-Engaged Citizens (Doctoral dissertation). Ανακτήθηκε από: https://hdl.handle.net/1721.1/129264
Marques, L. S., Gresse von Wangenheim, C., & Hauck, J. C. (2020). Teaching machine learning in school: A systematic mapping of the state of the art. *Informatics in Education, 19*(2), 283-321.
Mayes, R. (2019). Quantitative reasoning and its rôle in interdisciplinarity. In *Interdisciplinary Mathematics Education* (pp. 113-133). Springer, Cham.
Ntourou, V., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S. (2021). A study of the impact of Arduino and Visual Programming In self-efficacy, motivation, computational thinking and 5th grade students' perceptions on Electricity. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 17*(5), em1960. https://doi.org/10.29333/ejmste/10842
Oliveira, F. P. D. (2022). TMIC-Uma extensão do App Inventor para a implantação de modelos de ML voltados a classificação de imagens treinados no Teachable Machine
Psycharis, S (2018) STEAM in Education: A Literature review on the role of Computational Thinking, Engineering Epistemology and Computational Science. Computational STEAM Pedagogy (CSP). *Scientific Culture, 4*(2), 51-72. https://doi.org/10.5281/zenodo.1214565
Psycharis, S., Kalovrektis, K., & Xenakis, A. (2020). A Conceptual Framework for Computational Pedagogy in STEAM education: Determinants and perspectives. *Hellenic Journal of STEM Education, 1*(1), 17-32. http://www.hellenicstem.com/index.php/journal - https://doi.org/10.51724/hjstemed.v1i1.4
Qi, X., Chen, G., Li, Y., Cheng, X., & Li, C. (2019). Applying neural-network-based machine learning to additive manufacturing: current applications, challenges, and future perspectives. *Engineering*, *5*(4), 721-729.
Saeed, N. M., El-Naga, R. N., El-Bakly, W. M., Abdel-Rahman, H. M., ElDin, R. A. S., & El-Demerdash, E. (2015). Epigallocatechin-3-gallate pretreatment attenuates doxorubicin-induced cardiotoxicity in rats: A mechanistic study. *Biochemical pharmacology, 95*(3), 145-155.
Sakulkueakulsuk, B., Witoon, S., Ngarmkajornwiwat, P., Pataranutaporn, P., Surareungchai, W., Pataranutaporn, P., & Subsoontorn, P. (2018, December). Kids making AI: Integrating machine learning, gamification, and social context in STEM education. In *2018 IEEE international conference on teaching, assessment, and learning for engineering (TALE)* (pp. 1005-1010). IEEE.
Samuel, AL. (1959). Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers. *IBM Journal of Research and Development, 3*(3), 210-229. doi: 10.1147/rd.33.0210
Sanusi, I. T., Oyelere, S. S., Agbo, F. J., & Suhonen, J. (2021, October). Survey of resources for introducing machine learning in K-12 context. In *2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-9). IEEE.
Tang, F., Kawamoto, Y., Kato, N., & Liu, J., 2019. Future intelligent and secure vehicular network toward 6G: Machine-learning approaches. *Proceedings of the IEEE, 108*(2), pp.292-307.
Zeng, Y., Mao, H., Peng, D., & Yi, Z. (2019). Spectrogram based multi-task audio classification. *Multimedia Tools and Applications*, *78*(3), 3705-3722.
Zhu, K. (2019). An educational approach to machine learning with mobile applications (Doctoral dissertation). Ανακτήθηκε από: https://hdl.handle.net/1721.1/122989

A teaching sequence for teaching and learning about sound, the intensities and frequencies of the notes, based on Physical Computing (Arduino) and embodying CLIL strategies

Anastasiadi Danai1, Gkiolmas Aristotelis2, Stoumpa Artemisia3, Chalkidis Anthimos4 & Skordoulis Constantine5

[1]danaianas@primedu.uoa.gr, [2]agkiolm@primedu.uoa.gr [3]artemis.stoumpa@gmail.com, [4]achalkid@gmail.com, [5]kskordul@primedu.uoa.gr

[1]Undergraduate Student, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, Greece

[2]Laboratory Teaching Staff, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, Greece.

[3]Research Associate, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, Greece.

[4]Research Associate, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, Greece.

[5]Professor, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, Greece.

ABSTRACT

This paper describes a fully structured teaching sequence, based on Problem-Based Learning (PBL) and within a Constructionist framework, which familiarizes students with one of the main characteristics of sound waves· its frequency. In order to achieve this goal, students will be working with an Arduino-based arrangement, in which they will experiment by pushing different buttons on the breadboard, producing certain frequencies of notes and reading the value of frequency on an LCD (Liquid-Crystal Display) screen, connected to the Arduino Processor.

The main aim of the sequence is to provide students with the opportunity to reinforce their understanding regarding the nature of sound as a wave and specific sound properties by building the arrangement themselves, with limited guidance by the instructor (researcher). Students will examine the relationship between the pitch of the sound and the buzzer's vibration and explore the different analogue signals produced by a circuit configuration, called a resistor ladder. Acknowledging that most technical skills and knowledge require the acquisition of the English language, the current paper suggests that a CLIL methodology will be applied in order to enhance students' content and language acquisition at the same time.

KEYWORDS: *sound, frequency, physical computing, Arduino, CLIL*

INTRODUCTION

When teaching sound as a natural phenomenon, as well as its properties, to Junior Secondary School students, the Problem-Based Learning (PBL) methodology is a very usual approach (Eshach et al.,2018; Houle & Barnett, 2008) In several cases, focus is given on a specific characteristic of sound and the effort to teach it, avoiding mathematical formalism (Leccia et al., 2015). On the other hand, *Constructionism*, as formulated by Seymour Papert and his successors or students (Papert, 1993; Papert & Harel, 1991), is a very usual framework for teaching scientific concepts, such as sound, to young learners (Luciano et al., 2019). The relative novelty of the current research is that it suggests a specific teaching sequence, which will familiarize students of the k-9 grade (third class of the Greek Junior High school, 15-yrs-old), with certain aspects of sound, by embodying PBL into Constructionism, with the use of physical computing arrangements (Arduino UNO processors) as a teaching tool. The additional novelty is that it tries to embody CLIL strategies into the instruction, by using the English Language, Physics and Physical Computing into simultaneous settings in the classroom.

STEM fields and, specifically, Physical Computing skills may add an additional challenge to students whose first language is not English, since most technical terms require English acquisition. Acquiring English is also crucial in order for students to communicate, to convey ideas, to share

content knowledge and to be able to initiate a discussion among team members from various countries and backgrounds (Apple, et al., 2020). In 2018, the European Council emphasized on raising language awareness in the multicultural classes using effective practices such as the use of digital tools (Schietroma, 2019)). CLIL (Content and Language Integrated Learning) as its name suggests, is an educational approach in which content and language are combined. Language is used as a means of communication but also to learn a specific subject (Puertas-Ramirez, 2021). CLIL proposes the use of an additional language during the teaching and learning process, aiming to encourage both content understanding and language mastery to predefined levels (Marsh et al., 2010). CLIL is recommended as a suitable approach that facilitates language learning and promotes linguistic diversity, since language becomes the medium to learn contents (Coyle et al., 2010). It relies upon the process of construction of knowledge and language at the same time, which appears to fully fall in line with Papert's Constructionism. In the present study, one major aim is to build on students' prior knowledge of the content and of the related foreign language. An English-speaking video regarding the nature of sound as a form of energy produced by vibrations will be introduced at the beginning of the teaching process, initiating a discussion. Students will then be encouraged to search for the corresponding Greek terminology in their Physics schoolbook. The procedure is further described in the following section.

One of the main problems that teachers face, regardless of the subject that they teach, is the need to increase students' motivation (Heras & Lasagabaster, 2015). The learning process depends on students' motivation as well as their self-efficacy and autonomy to create lifelong learning skills (Hayat et al., 2019). Consequently, an improvement of students' perception of learning and their autonomy could lead to further motivation to learn (Plaza-Vidal, 2020). The current paper provides a proposal for encouraging students' motivation and autonomy through the implementation of PBL and CLIL methodology. In addition, it attempts to alter their perception on Physics and Foreign Languages (English) by proposing a much-needed transformation from traditional teacher-centered teaching to student- centered learning.

THE SAMPLE - THE SETTINGS OF THE CLASSROOM

The teaching sequence is designed in such a way, so that it can be applied in the context of an interdisciplinary co-operation between the Physics' teacher and the English language teacher or in the context of the actions of a STEM club of students or even in the context of a CLIL implementation from the English language teacher, always in coordination with the Physics' teacher.

A first, pilot application of the current teaching sequence has been scheduled for the upcoming school year (during Autumn), in the context of CLIL and embodied in the teaching hours of English as a Foreign Language (EFL).The overall duration of the teaching sequence is nine (9) teaching hours, and - only for typical/suggestive reasons - it could be included in the English lesson of class C of the Junior Greek High School, thus lasting about 4 and a half weeks of lectures (2 hours per week). If the school has Beginners and Advanced Levels of students' classes in English, this teaching sequence is appropriate for both.

The learning subjects to whom the teaching sequence addresses, would be the students of the third class of a Junior High School, somewhere in Athens, Greece. The students are to be divided into 5 to 6 groups, with 4 to 5 students each, in the students' classroom. Each group shall possess an Arduino arrangement with all the necessary peripherals (breadboards, connection cables, battery supplies, buzzers, LDRs, etc.). Furthermore, each group will obtain a laptop, connected to the internet and having the Arduino programming language (IDE) installed on it.

THE AIM OF THE RESEARCH AND THE RESEARCH QUESTIONS

The central aim of the current teaching methodology is to teach students certain properties of sound, based on a Physical Computing environment. The instruction course follows a PBL structure, integrated in a Constructionist framework, where students actually build something (an *artefact,* as Papert describes it) on their own (Kafai & Resnick, 1996).

At the same time, the research aims at integrating the aforementioned strategies into CLIL, supporting the acquisition of English as a Foreign Language (EFL).

The research questions, which the suggested teaching intervention seeks to investigate, are three:

a. Can Physical Computing be used as a tool for teaching Science, and especially the concept of sound? If so, in what manner?

b. Can the aforementioned teaching be included in a Problem-Based-Learning (PBL) context and have Constructionism as the broader knowledge-theory-umbrella? If so, in what manner?

c. Can these considerations also serve as a vehicle for advancing CLIL strategies, in a "mixed" English Language and Science classroom? How?

THE TEACHING SEQUENCE

FIRST STAGE - ONE (1) TEACHING HOUR

Initially, for about five minutes, students are presented with a video about sound, in English, and the instructor initiates a conversation, in English and encourages them to share their ideas and viewpoints regarding the content of the video. A snapshot of the video is depicted in figure 1.

Figure 1: *A snapshot from the video depicted to the students, concerning sound.*
Retrieved from: https://www.youtube.com/watch?v=3-xKZKxXuu0

Then, students are asked to locate all the relative terminology regarding sound, that they possibly recognized in the video, in the Physics schoolbook of this class (third of Junior High School),

SECOND STAGE - ONE (1) TEACHING HOUR

At the second stage of the teaching intervention, students are presented with a PowerPoint presentation. In specific screens of this presentation, there are hyperlinks leading to different buttons, which produce a variety of sounds when pressed. Each sound has a different frequency.

THIRD STAGE - THREE (3) TEACHING HOURS

At the third stage, students come in touch with the Arduino Uno, as well as with the various parts and components with which they can create electric and electronic circuits. At first, students are provided with the components that they have already used, as well as some buzzers. Each group is provided with two "active" and two "passive" buzzers.

Students are prompted to use the buzzers with the battery, so that they realize that the "passive" buzzers produce a weak, instant sound, each time they are connected or disconnected to the battery, whereas the "active" buzzers produce a constant sound, when they are connected to the battery.

Students are asked to make hypotheses about the way in which a buzzer works, applying the knowledge they have acquired from the video they watched, considering how sound is produced, Afterwards, the teacher, carefully and with the help of a bobby pin, breaks the cover of one "passive" and one "active" buzzer, in order to show the vibrating disk in them, as well as the circuit beneath it. Photos of these parts (components) are depicted in Figure 2.

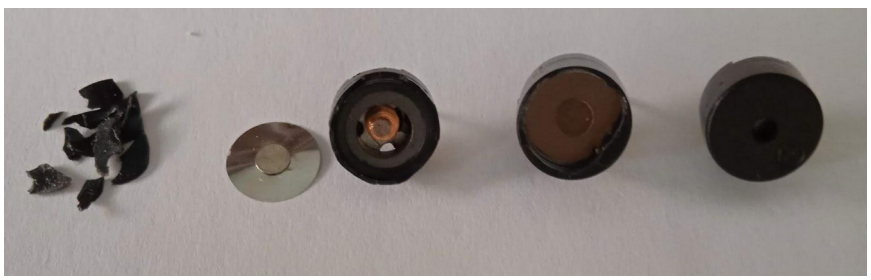


Figure 2: *The buzzers, connected to the Arduino processor, and their parts.*

In Figure 2, from right to left, the following components are depicted: (i) A buzzer with the hole in the middle, where the sound comes from. From this, one can start, by removing the plastic cover with the bobby pin. (ii) An "active" buzzer, where the upper part of the cover is gradually removed/destroyed. (iii) A passive buzzer, where the cover is further destroyed, in order to remove the vibrating disk from it and to show the magnet and the coil/electromagnet. (iv) The vibrating disk of the buzzer. And (v) Some parts of the cover of the buzzer, that are maintained, since they will prove useful later in the teaching intervention.

It is advised that students are left alone in order to experiment and discover that the vibration of the vibrating disk itself creates the sound. The instructor, can suggest - in case students are not able to see the oscillation – that they put a small piece of plastic on the disk, so that the vibration is more easily noticed. The procedure is shown, in the following videos:

https://www.youtube.com/watch?v=_wZ23kbOohg,
https://www.youtube.com/shorts/L82BA-Ffhw4

Furthermore, students can experiment by: putting the vibrating disk upside down, connecting the buzzers to the battery with the right and the wrong polarity and also by providing higher or lower voltage with batteries. In the end, after the students discuss in their groups the ways in which the two types of buzzers function, the instructor asks them to control - with the help of Arduino's digitalWrite - the "passive" buzzer. Also, the learners are asked to try and create "deeper" and "sharper" sounds, by "tinkering" a simple IDE Arduino program, that will be given to them. The program is depicted in Figure 3.

```
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
pinMode (9, OUTPUT);
}

void loop()
{
 digitalWrite (9, HIGH);
 delay (2);
  digitalWrite (9, LOW);
  delay (2);

}
```

Figure 3: *A screenshot of the simple IDE code for the Arduino, given to the students, in order to be used as a basis for tinkering "deeper" and "sharper" sounds.*

This is the first time in the teaching sequence, that Papert's Constructionism logic comes up, as well as the PBL's first stage which is referred to as "meeting the problem" (Chua, Tan, & Liu, 2014). Students create what Papert calls a "shareable artefact", referring to something that can be distributed to others (Papert & Harel, 1991). In this case the "shareable artefact" - even though simple – is a piece of IDE code. Students are given appropriate time to experiment and exchange views within their groups, concerning the frequencies to which the sounds that they are testing, do correspond. The second stage of the PBL process, also, takes place as students "analyze the problem and the learning issues" (Chua, Tan, & Liu, 2014).

Afterwards, students play musical notes using an actual musical instrument that is given to them or a "virtual" one, such as the virtual piano depicted in the webpage:

https://www.imusic-school.com/en/tools/online-piano-keyboard/

There, they try to produce simple melodies, such as: "C D E F G A B". Once more, the Greek and the English terms for the musical notes are matched and discussed. After having experimented with "higher" and "lower" musical notes, students are invited to write simple programs (pieces of code) in IDE, that produce similar melodies in the passive buzzer. This part of the teaching sequence: a. corresponds to the "discovery and reporting" model of PBL learning and also b. it includes, once more the Constructionist "learning-by-creating" sceptique.

In order to provide some scaffolding or writing the above pieces of code, the students are given a "half-baked" program which is depicted in Figure 4. After they have discussed this program, they are

asked to improve it and complete it, so that the melody that is ultimately heard is truly pleasant. Terms as: “frequency of each note”, in the buzzer, “period or frequency corresponding to this note”, “time duration of the note/the sound”, “pause between two consecutive notes” are expected, among others, to be brought up and discussed. The terms are discussed in both their English and their Greek version.

misopsimenesnotes §

```
#include <Arduino.h>
int NOTE_C4 = 262;
// οι αριθμοί αντιστοιχουν σε συχνοτητες σε Hz
int NOTE_D4 = 294;
int NOTE_E4 = 330;
int NOTE_F4 = 349;
int NOTE_G4 = 392;
int NOTE_A4 = 440;
int NOTE_B4 = 494;
int NOTE_C5 = 523;
void setup() {
 pinMode (9, OUTPUT);
}
void loop()
{  play_note (NOTE_C4);
  delay (300);
//πειραματιστειτε με τις παυσεις...
  play_note (NOTE_D4);
  delay (300);
 //συνεχίστε μόνοι σας την μελωδία...
}

void play_note (int nota)
{
  for (int i = 0; i <= 200; i++)
 // πειραματειστειτε με τον χρονο
  {
  digitalWrite (9, HIGH);
  delay (1000/nota); //σε τι αντιστοιχεί η διαίρεση;
  digitalWrite (9, LOW);
  delay (1000/nota);
  }
}
```

***Figure 4**: The “half-baked” IDE program, used as the “scaffolder”.*

After this activity, students test if their program functions properly, by using the active buzzer (usually it does not). They are prompted to discuss the reasons. Stage 4 of the PBL known as “presentation and evaluation” is now completed (Chua, Tan, & Liu, 2014). In the end, students are encouraged to think whether they could create a keyboard-type of instrument and are helped by the teacher to locate the function tone, as described below:

At this point, students come in touch with an Arduino Uno construction which produces sounds of different frequencies, with the help of buttons on the breadboard. This overall arrangement is depicted in Figure 5.

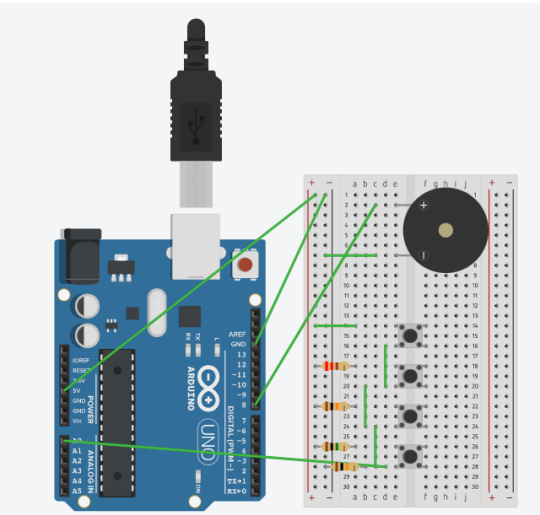


***Figure 5:** The Arduino arrangement with the buttons on the breadboard, which produces sounds of various frequencies.*

The link provided here, leads to a video of the aforementioned arrangement working and producing various sounds by pressing buttons: https://youtu.be/sw3KsyWcV-g

At a further stage of the process, students are introduced to the IDE code (program) of the Arduino which produces the sounds of the various frequencies. A screenshot of the whole IDE code is depicted in Figure 6.

Figure 6: *A screenshot of the whole Arduino IDE code (the program) that produces sounds of various frequencies.*

FOURTH STAGE - FOUR (4) TEACHING HOURS

In the next stage, students' groups produce a new arrangement - based on Arduino - that plays various musical notes. The instructor leaves the students free, and encourages them to imagine and create their own constructions, by using the components that they already know how to use. This stage has obviously the Constructionist aspect in it, and also corresponds to the "Presentation and Evaluation" stage of the PBL model.

In order to better clarify the potentials of the present intervention, some examples of the different "artefacts" that students may create, are presented below:

a. A group of learners may construct an "eight-note-piano", by using buttons on the breadboard and - possibly - by programming the control of each button independently, quite unlike the complete program that had already been given to them.

b. Another group may attempt to create a program which will play a melody once (each time that the Arduino is connected to the current supply or that it is being reset). Or - alternatively - a melody will be played each time a signal is sent, for instance a button is pressed or the melody is played continuously, as long as the Arduino receives current.

c. Another group of students may create an arrangement where a specific frequency or a certain melody is repeated in constant time intervals, as long as - with the use of an LDR - adequate lighting is detected. Then, the melody or the frequency would stop when there is darkness (insufficient light).

d. Finally, some students may create a - so called - "theremin" which is an arrangement that produces

sound in various frequencies, depending on the intensity of the light incident on it.

DISCUSSION

The English language is considered to be the most effective means of communication, especially in science contexts. However, teaching the language in science contexts becomes more challenging since the terminology is quite demanding (Bueno-Hernandez, 2012). By implementing a CLIL approach, we aim to provide a different learning experience where students will learn the content language and will use that language in order to be able to express what they have learnt when completing the code for the IDE. A study of the American Educational Research Association that was conducted in 2009, showed that using CLIL in science subjects was positively evaluated both from students and teachers (Grant, 2009).

In the present teaching intervention, by combining CLIL and PBL we aim for students to develop understanding on the nature of sound by experimenting themselves while emphasizing on the use of the target language. Acknowledging the positive outcomes when using a combination of PBL and CLIL in science subjects, we believe that students' motivation will be encouraged along with their understanding of the sound's nature and specific properties. Both approaches are constructivist and intend to increase students' higher order cognitive skills (Blanchard & Lee, 2018). Problem solving and task experimenting with different types of buzzers encourages students to seek creative solutions and activate their prior knowledge (Hung, 2015) which is why the proposed activities (experimenting with different types of buzzers and testing higher and lower frequencies) are carefully designed in order to promote critical thinking. Students hold an active role in their own learning process, develop cooperative skills, and conquer a sense of achievement and autonomy when trying to find the specific variable that they have to change, in order to produce the appropriate frequencies with the Arduino.

The suggested intervention is student-driven and focuses on enhancing students' acquisition and implementation of the constructed knowledge. Consequently, it depends on their personal involvement and provides them the freedom to organize their work in an autonomous yet collaborative way. Students must experiment, investigate, come up with ideas, communicate their findings, cooperate and build their language and content knowledge. The teacher assists and guides students when needed, facilitating the learning process. At the same time, they encourage students' autonomy and responsibility over their own learning, promoting their active involvement which is crucial in both PBL and CLIL approaches (Blanchard & Lee, 2018). Teacher and peer scaffolding provides students with the necessary support and assists both content and target language acquisition since students need to interact and communicate in a meaningful manner, asking and answering questions, proposing solutions, drawing conclusions and exchanging ideas. Additionally, through the combination of PBL and CLIL, we aim to provide students with the opportunity to evolve to critical thinkers who belong in a global science society and promote meaningful lifelong learning skills.

Humans have always been part of an evolving society where science holds a vital role. Since English is considered to be the "lingua franca" that aids the communication between scientific communities, it is, therefore, of great importance for students to be able to recognize the need of finding a common ground, in order for them to express themselves, cooperate, share ideas, seek for solutions and finally become a part of this growing, global community.

CONCLUSIONS

Having the obvious drawback that it is going to be applied in the classroom during the autumn of 2022, thus not having qualitative research results, the paper is, still, considered to provide an adequate contribution to the existing literature. Arduino and Physical Computing are - in a grounded format - used in order to teach an aspect of science (sound and its frequencies) to high-school students. The three research questions posed are answered, since the methodology is shown in detail (NOTE: the worksheets can be sent, upon request of the reviewers or any future reader), it is firmly incorporated to Problem-Based Learning strategies, and its links to Constructionism are thoroughly presented. The overall connection with CLIL is also explained in detail. Therefore, it is expected that the current research will form a basis for applying this or similar methodologies in the classroom and provide further results.

REFERENCES

Apple, M. T., Falout, J., & Hill, G. (2020). The Relationship between Future Career Self Images and English Achievment Test Scores of Japanese STEM Students. *IEEE Transactions of Professional Communication, 63*, 372-385. doi:10.1109/TPC.2020.3029662

Blanchard, M. R., & Lee, H. (2018). Why teach with PBL? Motivational factors underlying middle and high school teachers' use of problem-based learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 13*(1).

Bueno-Hernandez, Y. A. (2012). Teaching science in English through cognitive strategies. *Gist: Revista Colombiana de Education Bilingue*, 129-146.

Chua, B., Tan, O., & Liu, W. (2014). Journey into the problem-solving process: cognitive functions in a PBL environment. *Innovations in Education and Teaching International., 53*. doi:10.1080/14703297.2014.961502

Coyle, D., Hood, P., & Marsh, D. (2010). *CLIL: Content and Language Integrated Learning,*. Cambridge: CUP.

Eshach, H., Lin, T., & Tsai, C. C. (2018). Misconception of sound and conceptual change: A cross-sectional study on students' materialistic thinking of sound. *Journal of Research in Science Teaching, 55*(5), 664-684.

Grant, M. (2009). Understanding projects in project based learning: A student's perspective. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*.

Hayat, M. S., Rustaman, N. Y., Rahmat, A., & Redjeki, S. (2019). Profile of lifelong learning of prospective teacher in learning biology. *Journal of Physics: Conference Series, 1157*(22083).

Heras, A., & Lasagabaster, D. (2015). The impact of Clil on affective factors and vocabulary learning. *Language Teaching Reasearch, 19*(1), 70-88.

Houle, M. E., & Barnett, M. G. (2008). Students' conceptions of sound waves resulting from the enactment of a new technology-enhanced inquiry-based curriculum on urban bird communication. *Journal of science education and technology, 17*(3), 242-251.

Hung, W. (2015). Cultivating creative problem solvers: The PBL style. *Asia Pacific Education Review, 16*(2), 237-246.

Kafai, Y. B., & Resnick, M. (1996). *Constructionism in Practice: Designing, Thinking, and Learning in A Digital World.* New York and London: Routledge.

Leccia, S., Colantonio, A., Puddu, E., & Galano, S. (2015). Teaching about mechanical waves and sound with a tuning fork and the Sun. *Physics Education,, 50*(6), 677.

Luciano, A. G., Fusinato, P. A., Gomes, L. C., & Takai, H. (2019). The educational robotics and Arduino platform: constructionist learning strategies to the teaching of physics. *Journal of Physics: Conference Series, 1286*(1), 12-44.

Marsh, D., Mehisto, P., Wolff, D., & Frigols-Marti, M. (2010). The European framework for CLIL teacher education. *European Centre for Modern Languages (ECML)*.

Papert, S. (1993). *Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas* (2nd edition ed.). New York: Basic Books.

Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Constructionism, 36*(2), 1-11.

Plaza-Vidal, B. (2020, 19 09). *Implementing CLIL through PBL in Physics and Chemistry in 2ºESO: The Periodic Table Project*. Retrieved 07 26, 2022, from Unir: Universidad International de la Rioja: https://reunir.unir.net/handle/123456789/10221

Puertas-Ramirez, M. (2021, 4 30). *Stem Education in the CLIL Classroom*. Retrieved from Annual Syllabus for Natural Science in 3rd Grade of Primary Education: https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/52930/TFG-Puertas%20Ramirez%20Maria.pdf?sequence=1

Schietroma, E. (2019). Innovative STEM Lessons, CLIL and ICT in Multicultural Classes. *Journal of e-Learning and Knowledge Society, 15*(1), 183-193.

Πρόταση εισαγωγής στην εκπαιδευτική ρομποτική αξιοποιώντας την πλατφόρμα Arduino

Γόγουλου Αγορίτσα, Κούσης Ιορδάνης
rgog@di.uoa.gr, akiskousis@di.uoa.gr
Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών, ΕΚΠΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκπαιδευτική ρομποτική και η προσέγγιση STEM αποτελούν βασικό άξονα των νέων προγραμμάτων σπουδών προτρέποντας τους εκπαιδευτικούς να υιοθετήσουν διαθεματικές προσεγγίσεις και να αξιοποιήσουν ανοικτές τεχνολογίες προκειμένου να προσεγγίσουν θεμελιώδεις έννοιες των επιστημών. Η εργασία προτείνει την αξιοποίηση της πλατφόρμας Arduino για την εισαγωγή της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Συγκεκριμένα, προτείνεται ένα σύνολο μαθησιακών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη διερευνητική και συνεργατική προσέγγιση της γνώσης και στην εκπόνηση νοηματοδοτούμενων project, παρέχοντας κατάλληλη βοήθεια μέσω εκπαιδευτικού υλικού. Οι προτεινόμενες ομάδες δραστηριοτήτων εισάγουν σταδιακά τους μαθητές σε βασικά εξαρτήματα Arduino και αξιοποιούν εναλλακτικά προγραμματιστικά περιβάλλοντα για τον προγραμματισμό του Arduino ώστε να καλύπτονται διαφορετικές μαθησιακές ανάγκες.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Εκπαιδευτική Ρομποτική, Μαθησιακές Δραστηριότητες*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκπαιδευτική ρομποτική έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών και η εφαρμογή στην τάξη ή σε-μετά-το-σχολείο δραστηριότητες έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια (Arís & Orcos, 2019). Θεωρείται ένα χρήσιμο εργαλείο που παρακινεί τους μαθητές και συμβάλλει στην καλλιέργεια δεξιοτήτων επίλυσης προβλήματος, λογικής και αναλυτικής σκέψης, λήψης απόφασης (Alimisis, 2013· He & Liang, 2019· Arís & Orcos, 2019). Επιπλέον, οι μαθητές γίνονται δημιουργικοί και στο πλαίσιο των ομαδικών εργασιών αναπτύσσουν κοινωνικές δεξιότητες (Arís & Orcos, 2019). Η ενσωμάτωση της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαιδευτική πράξη ενισχύει την κατανόηση εννοιών STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) και συνδέει τη μάθηση (θεωρητική γνώση) με την πραγματικότητα (πρακτική εφαρμογή) (Breiner et al., 2012· Anwar et al., 2019). Αξίζει να αναφερθεί ότι μελέτες αναφέρουν τη θετική επίδραση στη διεύρυνση των συμμετεχόντων με διαφορετικά χαρακτηριστικά όπως αύξηση του αριθμού των κοριτσιών σε δράσεις και μαθήματα εκπαιδευτικής ρομποτικής (Anwar et al., 2019).

Η εκπαιδευτική ρομποτική βρίσκει εφαρμογή σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης αξιοποιώντας διαφορετικές τεχνολογίες και προγραμματιστικά περιβάλλοντα (He & Liang, 2019· Sapounidis, & Alimisis, 2020). Το μηχανικό μέρος μίας ρομποτικής διάταξης μπορεί να προγραμματιστεί είτε μέσω περιβαλλόντων οπτικού προγραμματισμού, είτε μέσω κειμενικής γλώσσας προγραμματισμού. Καθώς στην αγορά υπάρχουν ποικίλα συστήματα ρομποτικής, τα οποία διαφέρουν ως προς το κόστος, τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, τα δομικά υλικά, τον βαθμό προσυναρμολόγησης τμημάτων και τον προγραμματισμό τους, είναι προφανές ότι χρειάζεται προσοχή ώστε να επιλέγεται εκείνο το περιβάλλον υλικού και λογισμικού που ικανοποιεί τις απαιτήσεις της βαθμίδας για την οποία προορίζεται καθώς και τα επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα. Οι διαφορετικές τεχνολογίες και προσεγγίσεις μπορούν να υποστηρίξουν διαφορετικές ανάγκες σε διαφορετικές ηλικίες (Sapounidis, & Alimisis, 2020).

Ένα από τα βασικά δομικά υλικά ενός ρομποτικού συστήματος είναι ο μικροελεγκτής. Ο μικροελεγκτής είναι ένα ολοκληρωμένο υπολογιστικό σύστημα με CPU, μνήμη, ελεγκτές I/O, ο οποίος μπορεί να αλληλεπιδρά με το εξωτερικό του περιβάλλον διαβάζοντας αισθητήρες, να επεξεργάζεται δεδομένα και να ελέγχει συσκευές. Έτσι, μεταξύ άλλων, κάποιος μπορεί να δημιουργήσει πρωτότυπες ηλεκτρονικές κατασκευές, αυτόματα συστήματα, μοντέλα κ.α. Μια τέτοια πλατφόρμα είναι το Arduino η οποία αποτελεί έναν συνδυασμό μιας πλακέτας μικροελεγκτή, ενός σετ βιβλιοθηκών σε C++ και ενός ολοκληρωμένου περιβάλλοντος ανάπτυξης (IDE). Το Arduino φαίνεται να πληροί βασικά κριτήρια που τίθενται από κατασκευαστές και εκπαιδευτικούς: το χαμηλό κόστος,

την απλότητα και την ανοικτότητα (Sapounidis, & Alimisis, 2020) και επιπλέον επιτρέπει διαφορετικές προσεγγίσεις στον προγραμματισμό του.

Το θεωρητικό υπόβαθρο και οι βασικές γνώσεις που πρέπει να έχουν οι μαθητές προκειμένου να ανταπεξέλθουν σε ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα ρομποτικής ποικίλλουν καθώς εξαρτώνται από παράγοντες όπως το σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί και η ηλικία των μαθητών. Συγκεκριμένα για το Arduino απαιτούνται βασικές γνώσεις υπολογιστή, γνώσεις περιήγησης στο Διαδίκτυο, βασικές γνώσεις προγραμματισμού, και ηλεκτρολογικών/ ηλεκτρονικών. Για κατηγορίες μαθητών που δε διαθέτουν το υπόβαθρο σε προγραμματισμό C και σε θέματα βασικής ηλεκτρονικής/ηλεκτρολογίας (όπως σε μαθητές δημοτικού) μπορεί να ακολουθηθεί μια προσέγγιση με χρήση οπτικών γλωσσών (Scratch-like περιβάλλοντα, π.χ. Scratch for Arduino, Snap4Arduino, Ardublock, Mblock or Tinkercad blocks) για τον προγραμματισμό και εισαγωγικών ενοτήτων για τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα που θα χρησιμοποιούνται.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας προτείνεται ένα ολοκληρωμένο σύνολο μαθησιακών δραστηριοτήτων που καλύπτει βασικές έννοιες της εκπαιδευτικής ρομποτικής με στόχο να εισάγει σταδιακά τους μαθητές σε σχετικές έννοιες παρέχοντας ένα πλαίσιο εποικοδομητικής προσέγγισης και υποστήριξης.

ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΧΕΔΙΟΥ ΜΑΘΗΣΙΑΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Η εποικοδομητική προσέγγιση στη μάθηση στοχεύει στην απόκτηση της γνώσης μέσω του συγκερασμού της διερεύνησης, του πειραματισμού, της αλληλεπίδρασης με την κατάλληλη καθοδήγηση (Schmidt et al. 2007). Ο σχεδιασμός των προτεινόμενων μαθησιακών δραστηριοτήτων βασίζεται στους εξής άξονες: α) διερευνητική και συνεργατική προσέγγιση αξιοποιώντας το πλαίσιο σχεδιασμού μαθησιακών δραστηριοτήτων ECLiP (Gogoulou et al., 2009· Κούσης & Γόγουλου, 2021), β) νοηματοδοτούμενο πλαίσιο δραστηριοτήτων, γ) παροχή κατάλληλης βοήθειας/καθοδήγησης μέσω εκπαιδευτικού υλικού και ανατροφοδότησης από τον εκπαιδευτικό, δ) αξιοποίηση ομότιμης αξιολόγησης και αυτό-αξιολόγησης, και ε) κλιμάκωση μέσω της ανάπτυξης μικρών project και ενός ολοκληρωμένου project.

Η προτεινόμενη οργάνωση και το προτεινόμενο περιεχόμενο για την κάλυψη των βασικών εννοιών περιλαμβάνει α) Εξαρτήματα γενικού σκοπού, β) Αισθητήρες, γ) Μηχανισμοί (Πίνακας 1) ενώ για τον προγραμματισμό του Arduino προτείνεται η γλώσσα Wiring C μέσα από το περιβάλλον Arduino IDE αλλά και γλώσσες οπτικού προγραμματισμού όπως η S4A και η Ardublock.

Πίνακας 1: *Ομάδες δραστηριοτήτων για εισαγωγή στην ΕΡ με Arduino*

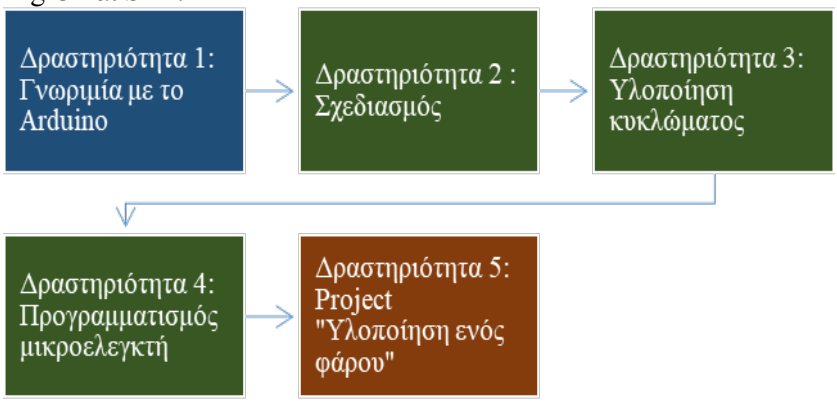
Ενότητα	***Ομάδα Δραστηριοτήτων***	***Γνωστικά πεδία – λέξεις κλειδιά***	***Υλικό***
Εξαρτήματα γενικού σκοπού	ΟΔ 1 Το Arduino ανάβει το Φως Η Δίοδος Εκπομπής Φωτός (Led)	Οπτική, ηλεκτρισμός, προγραμματισμός	Arduino, ωμική αντίσταση, φωτοδίοδος, καλώδιο
	ΟΔ 2 Το Arduino ρυθμίζει το Ηλεκτρικό Ρεύμα Η Μεταβλητή Ωμική Αντίσταση (Ποτενσιόμετρο)	Ηλεκτρισμός, προγραμματισμός, έλεγχος	Arduino, ωμική αντίσταση, φωτοδίοδος, καλώδιο, επανατακτικό κουμπί (push button), ροοστάτης (ποτενσιόμετρο)
Αισθητήρες	ΟΔ 3 Το Arduino ελέγχει τη Θερμοκρασία Ο Αισθητήρας Θερμοκρασίας	Θερμοκρασία, προγραμματισμός	Arduino, ωμική αντίσταση, αισθητήρας θερμοκρασίας

	ΟΔ 4 Το Arduino αντιλαμβάνεται τον Χώρο Ο Αισθητήρας Μέτρησης Απόστασης	Υπέρηχος, προγραμματισμός, μηχανική	Arduino, ωμική αντίσταση, αισθητήρας θερμοκρασίας, οθόνη LCD, ροοστάτης
Μηχανισμοί	ΟΔ 5 Το Arduino σε Κίνηση Ο Dc Κινητήρας και ο Σερβοκινητήρας	Μηχανική, ηλεκτρισμός προγραμματισμός	Arduino, ηλεκτρικός κινητήρας DC, σερβομηχανισμός

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

ΟΔ 1: Το Arduino ανάβει το Φως - Η Δίοδος Εκπομπής Φωτός (Led)

Στόχος: γνωριμία με το Arduino και τον βασικό τρόπο προγραμματισμού του μικροελεγκτή με τις γλώσσες Wiring C και S4A.



Δραστηριότητα 1: Οι μαθητές παρακολουθούν αρχικά ένα σύντομο βίντεο στο οποίο παρουσιάζονται έργα (projects) και ιδέες με επίκεντρο τον μικροελεγκτή Arduino που προκαλούν το ενδιαφέρον. Συζητούν και ανακαλούν τυχόν εμπειρίες από ρομποτικές εφαρμογές και διατάξεις. Η συζήτηση στην ολομέλεια βοηθά επιπλέον στην ανταλλαγή ιδεών, ανταλλαγή πληροφοριών και εμπλουτισμό των γενικών γνώσεων. Ακολούθως οι μαθητές καλούνται να παρατηρήσουν, αναγνωρίσουν και περιγράψουν εξαρτήματα Arduino.

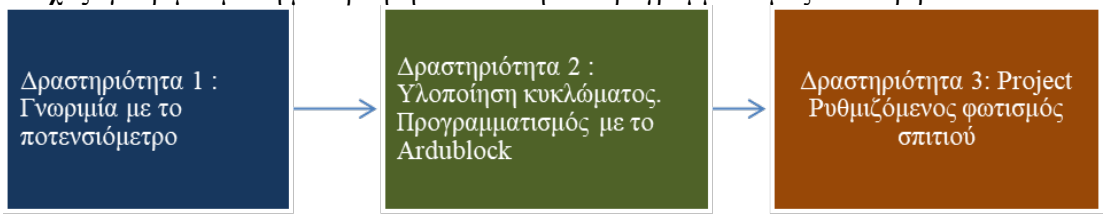
Δραστηριότητα 2 & 3: Επιδιώκεται η διερεύνηση ενός ηλεκτρονικού κυκλώματος και η αντιστοίχισή του με εξαρτήματα Arduino. Οι μαθητές παρατηρούν ένα δοθέν σχέδιο και επιχειρούν να το αντιστοιχίσουν με μία διάταξη Arduino. Στη συνέχεια ζητείται να σχεδιάσουν ένα βασικό ηλεκτρολογικό κύκλωμα. Στόχος είναι να αναγνωρίζουν την ωμική αντίσταση και τη δίοδο λυχνία (LED) και να σκεφτούν πιθανές χρήσεις αυτών.

Δραστηριότητα 4: Στόχος της δραστηριότητας είναι οι μαθητές να έρθουν σε επαφή με δύο διαφορετικά περιβάλλοντα προγραμματισμού του μικροελεγκτή (Arduino IDE και S4A). Μέσω μίας διερευνητικού τύπου δραστηριότητας οι μαθητές εισάγονται στην έννοια της μεταβλητής και της επαναληπτικής δομής και πειραματίζονται με/τροποποιούν σχετικές εντολές. Υποστηρίζονται από δύο σχετικά βίντεο για την εκτέλεση προγραμμάτων με το IDE και το S4A.

Δραστηριότητα 5: Δίνεται ένα project ώστε οι μαθητές να εφαρμόσουν τις γνώσεις που αποκόμισαν στις προηγούμενες δραστηριότητες. Το project αφορά γνωστό αντικείμενο της καθημερινής ζωής, τον φάρο, ώστε να παρουσιάζει αυξημένο ενδιαφέρον. Συγκεκριμένα καλούνται να εντοπίσουν πληροφορίες γενικά για τη σημασία και την τεχνολογία των φάρων και κατόπιν να βρουν πληροφορίες για έναν συγκεκριμένο (υπαρκτό) φάρο ώστε να καταφέρουν να τον προσομοιάσουν στη συνέχεια με τη βοήθεια του Arduino και του προγραμματισμού. Οι μαθητές, κάνοντας μικρές τροποποιήσεις στον κώδικα του προγράμματος που ήδη έχουν χρησιμοποιήσει από τις προηγούμενες δραστηριότητες και χρησιμοποιώντας το ίδιο κύκλωμα, προσπαθούν να προσομοιάσουν τη λειτουργία του φάρου. Για την επιτυχή προσομοίωση σύμφωνα με τα ζητούμενα θα πρέπει να έχουν γίνει κατανοητές οι εντολές-συναρτήσεις digitalWrite() και delay() καθώς και οι τιμές που δέχονται ως παράμετροι.

ΟΔ 2: Το Arduino ρυθμίζει το Ηλεκτρικό Ρεύμα - Η Μεταβλητή Ωμική Αντίσταση (Ποτενσιόμετρο)

Στόχος: γνωριμία με τη μεταβλητή αντίσταση και προγραμματισμός στο περιβάλλον Ardublock.



Δραστηριότητα 1: Τίθενται ερωτήσεις στους μαθητές ώστε να προκληθεί το ενδιαφέρον και να γίνει γνωριμία με το ποτενσιόμετρο και τις χρήσεις του. Με ερωτήσεις που επιχειρούν να κάνουν τους μαθητές να σκεφτούν ηλεκτρονικές-ηλεκτρολογικές συσκευές που χρησιμοποιείται το ποτενσιόμετρο (π.χ. σε εξοπλισμό ήχου, στον φωτισμό) ενισχύεται η περιέργεια και το κίνητρο των μαθητών να γνωρίσουν νέες τεχνολογίες.

Δραστηριότητα 2: Οι μαθητές έχουν στη διάθεσή τους έτοιμο το κύκλωμα αλλά και τον κώδικα αυτή τη φορά στην οπτική γλώσσα προγραμματισμού Ardublock. Εκτελώντας το πρόγραμμα στον μικροελεγκτή και παρατηρώντας τη λειτουργία του, απαντούν σε ερωτήσεις σχετικές με τη λειτουργία του. Επιπλέον, επιδιώκεται η σύνδεση με άλλα γνωστικά πεδία, φυσική-ηλεκτρισμός, μέσω σχετικών ερωτήσεων (π.χ. «Ποιο μέγεθος του ηλεκτρισμού που διαρρέει το κύκλωμα μεταβάλλεται;»). Στη συνέχεια απαντούν σε ερωτήσεις σχετικές με τον κώδικα του προγράμματος μαθαίνοντας νέες εντολές του Ardublock. Στο τέλος της δραστηριότητας ζητείται η τροποποίηση του κυκλώματος ώστε να εκτελεί μια ακόμα λειτουργία (αλλαγή στη φωτεινότητα δύο LED).

Δραστηριότητα 3: Δίνεται ένα project που αφορά τη χρήση του ποτενσιόμετρου σε μια συνηθισμένη εφαρμογή της καθημερινότητας – τον εσωτερικό φωτισμό του σπιτιού. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των δύο-τριών ατόμων αναλαμβάνοντας συγκεκριμένο ρόλο ο καθένας. Ο τρόπος που δίνεται το πρόβλημα παραπέμπει σε ένα υποθετικό επαγγελματικό περιβάλλον: «Εργάζεστε στο τμήμα σχεδιασμού μιας εταιρείας φωτιστικών σωμάτων και ζητείται ο σχεδιασμός ενός νέου προϊόντος». Το τελικό «προϊόν» που θα σχεδιαστεί και θα υλοποιηθεί είναι μια αφαιρετική προσομοίωση εσωτερικού φωτισμού με LED όπου θα πρέπει στο ίδιο κύκλωμα και πρόγραμμα να μπορούν να συμβούν διαφορετικά γεγονότα. Η πρόκληση εδώ αφορά στο πώς οι μαθητές θα προγραμματίσουν το Arduino ώστε να αλλάζει χρώματα η διάταξη και παράλληλα να εμπλέξουν και το ποτενσιόμετρο για να ρυθμίσουν τη φωτεινότητα.

ΟΔ 3: Το Arduino ελέγχει τη Θερμοκρασία - Ο Αισθητήρας Θερμοκρασίας

Στόχος: η γνωριμία με τον αισθητήρα θερμοκρασίας που αποτελεί μια ηλεκτρονική διάταξη που χρησιμοποιούν οι ηλεκτρονικές συσκευές για να αντιλαμβάνονται την εξωτερική θερμοκρασία και να λαμβάνουν αποφάσεις όπου απαιτείται.

Δραστηριότητα 1: Οι μαθητές παρακολουθούν αρχικά ένα βίντεο που αφορά σε διαφορετικούς αισθητήρες θερμοκρασίες και καλούνται να σχολιάσουν τη χρήση τους και πιθανές υλοποιήσεις με το Arduino.

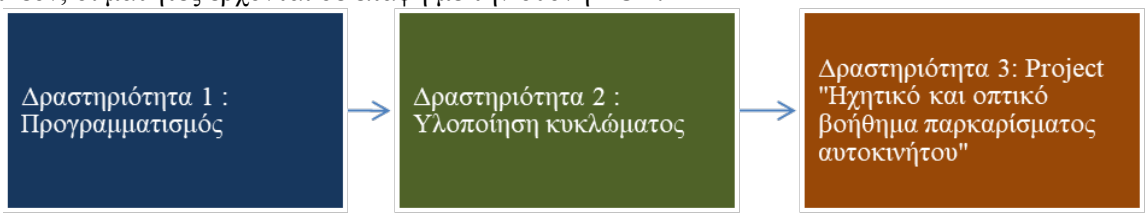
Δραστηριότητα 2: Δίνεται το σχέδιο του κυκλώματος του μικροελεγκτή και ο κώδικας σε S4A και Wiring C. Οι μαθητές απαντούν σε ερωτήσεις σχετικές με τον κώδικα με στόχο να εμβαθύνουν στην έννοια της μεταβλητή, πώς οι διάφοροι τύποι μεταβλητών συνδυάζονται με τις ψηφιακές και αναλογικές θύρες του Arduino και πώς αξιοποιείται η δομή επιλογής στους διαφορετικούς ελέγχους.

Δραστηριότητα 3: Το project αφορά στον σχεδιασμό και στην κατασκευή ενός θερμοστάτη κλιματιστικού. Η λειτουργία θα ελέγχει τη θερμοκρασία και ανάλογα θα προκαλεί τη λειτουργία ή μη του κλιματισμού και θα εμφανίζει κατάλληλη οπτική ειδοποίηση. Ζητείται να γίνει χρήση του

εργαλείου Fritzing για τον σχεδιασμό (το Fritzing είναι λογισμικό CAD ανοιχτού κώδικα για τη σχεδίαση ηλεκτρονικών κυκλωμάτων) και υλοποίηση σε περιβάλλον S4A.

ΟΔ 4: Το Arduino αντιλαμβάνεται τον Χώρο - Ο Αισθητήρας Μέτρησης Απόστασης

Στόχος: η γνωριμία με έναν ακόμα σημαντικό αισθητήρα που αξιοποιείται ιδιαίτερα στη ρομποτική, τον αισθητήρα μέτρησης απόστασης. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αρχή λειτουργίας του που στηρίζεται στη μετάδοση και λήψη υπερηχητικών σημάτων (ultrasonic). Επιπλέον, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με την οθόνη LCD.



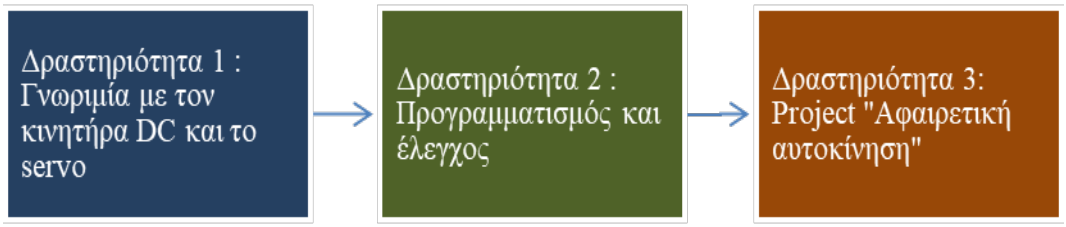
Δραστηριότητα 1: Δίνεται ένα εκτελέσιμο πρόγραμμα στη γλώσσα Wiring C το οποίο χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό του Arduino σε συνδυασμό με τον αισθητήρα μέτρησης απόστασης. Στον κώδικα γίνεται χρήση μιας βιβλιοθήκης της C, της LiquidCrystal.h σε συνδυασμό με το αντίστοιχό της ολοκληρωμένο εξάρτημα (Arduino Shield), την οθόνη υγρών κρυστάλλων LCD. Έτσι οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να γνωρίσουν παράλληλα τη χρήση βιβλιοθηκών στη γλώσσα C, μια κλασσική προγραμματιστική διαδικασία και πώς με χρήση του προθέματος 'lcd.' μπορούν να διαχειριστούν την οθόνη. Επίσης, γίνεται εκτεταμένη χρήση μεταβλητών ώστε οι μαθητές να μπορούν να αναγνωρίζουν τους διάφορους βασικούς τύπους (data types). Έχουν συμπεριληφθεί και δύο συναρτήσεις, η int ping() και long microsecondsToCentimeters() οι οποίες καλούνται για να εκτελέσουν τους απαραίτητους υπολογισμούς. Οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να γνωρίσουν τη χρησιμότητα των υποπρογραμμάτων. Μετά τη μελέτη του κώδικα που δίνεται, οι μαθητές απαντούν σε ερωτήσεις με αντικείμενο τα εν λόγω προγραμματιστικά χαρακτηριστικά. Επίσης, ζητείται η τροποποίηση του προγράμματος με τέτοιον τρόπο ώστε να μην περιέχει καθόλου συναρτήσεις με στόχο οι μαθητές να προβληματιστούν, συζητήσουν και αναγνωρίσουν τα πλεονεκτήματα των συναρτήσεων στον προγραμματισμό.

Δραστηριότητα 2: Ζητείται να υλοποιηθεί με φυσικό (πραγματικό) και με ψηφιακό τρόπο μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος Fritzing ένα κύκλωμα που δίνεται. Εδώ οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να αξιολογήσουν τη χρήση του ψηφιακού εργαλείου και να διακρίνουν τη χρησιμότητα εν γένει τέτοιων εργαλείων. Αποκτούν έτσι γνώση σε ένα νέο πεδίο σχεδιασμού και υλοποίησης. Οι μαθητές μέσα από συνδυαστικές ερωτήσεις πάνω στο υλικό και στον κώδικα καλούνται να εξηγήσουν επιπλέον λεπτομέρειες της υλοποίησης ενώ επιπλέον καλούνται να αντιληφθούν και να κατανοήσουν πώς διασυνδέεται ο κώδικας με το υλικό (Arduino). Στις ερωτήσεις που αφορούν τον κώδικα έχει δοθεί έμφαση στις συναρτήσεις και στα ορίσματα που αυτές λαμβάνουν και τις τιμές που επιστρέφουν. Συνδυαστικά ερωτήματα υλικού και λογισμικού όπως «εντοπίστε στο πρόγραμμα ποιες εντολές χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των θυρών» έχουν σκοπό να συνδέσουν το υλικό με το λογισμικό, ώστε να γίνει κατανοητό ότι ουσιαστικά ένας μικροελεγκτής είναι ένας προγραμματιζόμενος υπολογιστής.

Δραστηριότητα 3: Οι μαθητές καλούνται να εκπονήσουν ένα project με τίτλο «Ένας βοηθός στάθμευσης για αυτοκίνητα». Οι μαθητές θα αξιοποιήσουν τον κώδικα και τον σχεδιασμό της Δραστηριότητας 2 και θα επεκτείνουν τις λειτουργίες με επιπλέον βοηθητικές για τον οδηγό ενδείξεις (π.χ. διαφορετικό ηχητικό σήμα και μήνυμα για την απόσταση). Στο τέλος δίνεται και μια επιπλέον «πρόκληση» ως προέκταση της ζητούμενης υλοποίησης – να σκεφτούν και σχεδιάσουν εναλλακτικούς τρόπους ειδοποίησης του κινδύνου.

ΟΔ 5: Το Arduino σε κίνηση - Ο DC κινητήρας και ο σερβοκινητήρας

Στόχος: η γνωριμία με τον κινητήρα συνεχούς ρεύματος και τον σερβομηχανισμό που χρησιμοποιούνται σε πληθώρα εφαρμογών.



Δραστηριότητα 1: Οι μαθητές παρακολουθούν ένα βίντεο που παρουσιάζει μία ρομποτική κατασκευή με κινητήρα η οποία έχει διαφορετικές δυνατότητες κίνησης. Σκοπός είναι η κατανόηση βασικών εννοιών του ηλεκτρισμού στις οποίες βασίζεται η λειτουργία δύο εξαρτημάτων που «κινούν» το Arduino: ο ηλεκτρικός κινητήρας και ο σερβομηχανισμός.

Δραστηριότητα 2: Οι μαθητές παρατηρούν κυκλώματα και προγράμματα με στόχο να κατανοήσουν τη λειτουργία των επιπλέον εξαρτημάτων. Στο β' μέρος που εστιάζει στον σερβομηχανισμό ζητείται, αφού γίνει η ενεργοποίηση του κυκλώματος, να πειραματιστούν και να εξηγηθούν εντολές του προγράμματος και να γίνει τροποποίηση της αρχικής λειτουργίας ώστε να πραγματοποιεί διαφορετική λειτουργία - μια κίνηση δεξιά και να σταματά.

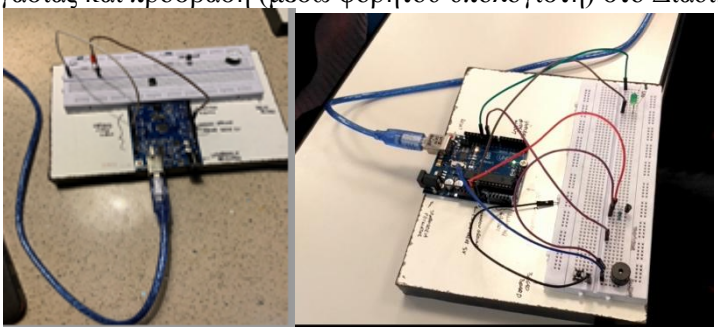
Δραστηριότητα 3: Οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν ένα όχημα στο οποίο οι ρόδες αναπαρίστανται με δύο κινητήρες DC και το τιμόνι με έναν σερβομηχανισμό και το οποίο ζητείται να εκτελεί βασικές λειτουργίες κίνησης. Εφαρμόζονται όλες οι τεχνικές και προγραμματιστικές έννοιες και τεχνικές που οι μαθητές έχουν ασχοληθεί και κατανοήσει σε προηγούμενες δραστηριότητες.

Σε όλες τις ομάδες δραστηριοτήτων, διατίθεται στοχευμένο υλικό τόσο για τα εν λόγω εξαρτήματα όσο και για το προγραμματιστικό περιβάλλον και τις προγραμματιστικές εντολές που χρησιμοποιούνται. Επίσης, προτείνεται η αξιοποίηση εναλλακτικών μορφών αξιολόγησης, της αυτό-αξιολόγησης και της ομότιμης αξιολόγησης κυρίως στην εκπόνηση των project. Στο πλαίσιο της δραστηριότητας project, προτείνεται οι μαθητές να λειτουργούν σε ομάδες ακολουθώντας ρόλους (π.χ. προγραμματιστής, κατασκευαστής του κυκλώματος).

Με την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων προτείνεται η εκπόνηση ενός project που θα εμπίπτει στα ενδιαφέροντα και στο υπόβαθρο των μαθητών και θα ολοκληρώνει σε επίπεδο υλικού και προγραμματισμού όσα έχουν προηγηθεί π.χ. η υλοποίηση ενός παιχνιδιού pacman όπου θα υπάρχει ένα μη αυτόνομο ρομποτάκι (pacman) που θα κινείται από τον χρήστη και ένα αυτόνομο (ghost) που θα το κυνηγά.

ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Οι δυο πρώτες ομάδες δραστηριοτήτων εφαρμόστηκαν κατά τη διάρκεια δύο διδακτικών ωρών σε φοιτητές του Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του ΕΚΠΑ στο πλαίσιο του μαθήματος «Διδακτική της Πληροφορικής». Η πιλοτική εφαρμογή αποφασίστηκε να γίνει στο συγκεκριμένο δείγμα καθώς κανείς από τους συμμετέχοντες δεν είχε πρότερη επαφή με Arduino και εκπαιδευτική ρομποτική και γιατί οι συγκεκριμένοι φοιτητές παρακολουθούν το Πρόγραμμα Παιδαγωγικής και Διδακτικής Επάρκειας του Τμήματος, επομένως μπορούν να σχολιάσουν και τον μαθησιακό σχεδιασμό. Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής συμπληρώθηκαν από τους φοιτητές οι απαντήσεις στα ερωτήματα των ΦΕ και χρησιμοποιήθηκαν οι πλακέτες ώστε να γίνει κατάλληλος προγραμματισμός του Arduino σύμφωνα με τα ζητούμενα. Οι συμμετέχοντες εργάστηκαν σε ομάδες των δύο ή τριών ατόμων. Οι φοιτητές είχαν στη διάθεσή τους διαμορφωμένο κύκλωμα (Σχήμα 1), εκτυπωμένα Φύλλα Εργασίας και πρόσβαση (μέσω φορητού υπολογιστή) στο Διαδίκτυο.



Σχήμα 1: *Κύκλωμα με βάση το Arduino που χρησιμοποιήθηκε και διαμορφώθηκε κατά την εφαρμογή*

Από τις απαντήσεις που δόθηκαν στις ερωτήσεις των δραστηριοτήτων εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Το ΦΕ1 (ΟΔ1) συμπληρώθηκε από όλες τις ομάδες πλήρως (πλην μιας ομάδας η οποία δεν εκτέλεσε το project) ενώ με το ΦΕ2 (ΟΔ2) ασχολήθηκαν ελάχιστα καθώς αφιερώθηκε χρόνος για την εγκατάσταση του απαιτούμενου λογισμικού στους φορητούς υπολογιστές των φοιτητών. Στην πράξη, δύο ομάδες ασχολήθηκαν σε ικανοποιητικό βαθμό με τα προγράμματα του ΦΕ2 και τελικά επιχείρησαν και κατάφεραν να περατώσουν το project του ΦΕ2 χωρίς όμως να συμπληρώσουν τα ζητούμενα στις ερωτήσεις.
- Οι απαντήσεις που δόθηκαν στο σύνολο των ερωτήσεων των δραστηριοτήτων 1 έως 4 του ΦΕ1 ήταν περιεκτικές και στη σωστή κατεύθυνση.
- Η δραστηριότητα project του ΦΕ1 δεν εκπονήθηκε σε μια περίπτωση, γεγονός το οποίο εκτιμάται ότι οφείλεται στη δυσκολία που προέκυψε λόγω της μη ενασχόλησης του συνόλου των ατόμων της ομάδας με μικροελεγκτές ή εν γένει ηλεκτρονική (όπως απαντήθηκε και στη σχετική ερώτηση). Απαντώντας στο σύνολο των ερωτήσεων του ΦΕ1 οι λοιπές ομάδες οδηγήθηκαν στο να κατανοήσουν και να ολοκληρώσουν το project - συμπληρώθηκε ορθά το σχέδιο και ο κώδικας.
- Το γνωστικό επίπεδο διαπιστώθηκε ότι ήταν υψηλό και σχεδόν κοινό στον τομέα του προγραμματισμού – αναμενόμενο καθώς πρόκειται για φοιτητές πληροφορικής. Ωστόσο στον τομέα του μικροελεγκτή οι γνώσεις διαπιστώθηκε ότι ποικίλουν από ελάχιστες (1 ομάδα) μέχρι αρκετά προχωρημένες (1 ομάδες) και πολύ προχωρημένες (2 ομάδες).

Για τη διερεύνηση θεμάτων μαθησιακού σχεδιασμού και διδακτικής προσέγγισης και προτιμήσεων/απόψεων όσον αφορά το προγραμματιστικό περιβάλλον, οι φοιτητές συμπλήρωσαν ηλεκτρονικά ένα ερωτηματολόγιο. Από τις απαντήσεις προέκυψε ότι οι αξιοποιούμενες διδακτικές προσεγγίσεις και η ακολουθία των δραστηριοτήτων ικανοποίησαν τους φοιτητές και διευκόλυναν τη μάθηση σε ικανοποιητικό βαθμό. Η δυνατότητα για πειραματισμό και διερεύνηση τόσο του υλικού (εξαρτημάτων Arduino) όσο και των προγραμματιστικών περιβαλλόντων και προγραμματιστικών δομών, θεωρούν ότι διεγείρει το ενδιαφέρον και υποστηρίζει την απόκτηση νέας γνώσης σ' ένα εποικοδομητικό πλαίσιο που ξεφεύγει από τις tutorial-like δραστηριότητες. Παρ'όλα αυτά θεωρούν χρονοβόρα τη διαδικασία συμπλήρωσης των ερωτήσεων στα ΦΕ. Τα παραρτήματα υπηρέτησαν τον στόχο τους καθώς παρείχαν στοχευμένες πληροφορίες (εικόνες, κείμενο, links) για τα εξαρτήματα του Arduino και τα προγραμματιστικά περιβάλλοντα που χρησιμοποιούνται. Όσον αφορά το project ως τελευταία δραστηριότητα σε κάθε Φύλλο Εργασίας, οι φοιτητές θεωρούν πολύ σημαντική την εκπόνησή του καθώς δίνει τη δυνατότητα για εφαρμογή και σύνδεση με πραγματικές εφαρμογές και αποτελεί και έναν τρόπο αυτό-αξιολόγησης αναφορικά με τη νέα γνώση.

Οι συμμετέχοντες στην πράξη έδειξαν μεγάλο ενδιαφέρον για την πλατφόρμα και θεωρούν ότι μπορεί να αξιοποιηθεί σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες με το μεγαλύτερο ποσοστό (85,7%) να προτείνει το Λύκειο ως την καταλληλότερη βαθμίδα. Επιπλέον, όλοι οι συμμετέχοντες θεωρούν ότι η πλατφόρμα Arduino και τα διαφορετικά προγραμματιστικά περιβάλλοντα μπορούν να υποστηρίξουν την εκμάθηση προγραμματισμού τόσο σε επίπεδο Λυκείου όσο και σε επίπεδο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Οι συγκεκριμένοι συμμετέχοντες προτιμούν τον κειμενικό προγραμματισμό στην πλειοψηφία τους, καθώς έχουν ασχοληθεί ελάχιστα ή καθόλου με τον οπτικό προγραμματισμό ο οποίος απευθύνεται κυρίως σε μικρότερες ηλικίες και εκπαιδευτικές βαθμίδες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι ανοικτές τεχνολογίες όπως είναι το Arduino παρουσιάζουν πλεονεκτήματα όπως κόστος και διαθεσιμότητα υλικού, δωρεάν διάθεση περιβαλλόντων προγραμματισμού και υποστήριξη από μία μεγάλη κοινότητα. Ο σχεδιασμός κατάλληλων μαθησιακών δραστηριοτήτων και η επιλογή κατάλληλων περιβαλλόντων προγραμματισμού, μπορεί να διευκολύνει την εισαγωγή της εκπαιδευτικής ρομποτικής με την τεχνολογία Arduino σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Η προτεινόμενη προσέγγιση μαθησιακών δραστηριοτήτων διαφοροποιείται από τις υπάρχουσες τύπου

«tutorial» γιατί έχει ως πρωταρχικό στόχο την ανάπτυξη της ενεργητικής μάθησης και την εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες διερεύνησης, υλοποίησης project και συνεργασίας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63-71.

Arís, N., & Orcos, L. (2019). Educational robotics in the stage of secondary education: Empirical study on motivation and STEM skills. *Education Sciences*, 9(2), 73.

Anwar, S., Bascou, N. A., Menekse, M., & Kardgar, A. (2019). A systematic review of studies on educational robotics. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 9(2), 2.

Breiner, J., Johnson, C., Harkness, S., & Koehler, C. (2012). What is STEM? A discussion about Conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.

Gogoulou, A., Gouli, E., & Grigoriadou, M. (2009). Teaching Programming with ECLiP Didactical Approach. *Proceedings of the IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2009)* (pp. 204-211), Rome, 20-22 November.

He, Y., & Liang, L. (2019). Application of Robotics in Higher Education in Industry 4.0 Era. *Universal Journal of Educational Research*, 7(7), 1612-1622.

Sapounidis, T., & Alimisis, D. (2020). Educational robotics for STEM: A review of technologies and some educational considerations. *In Science and Mathematics Education for 21st Century Citizens: Challenges and Ways Forward* (pp. 167–190). Nova Science Publishers: Hauppauge, NY, USA.

Schmidt, H. G., Loyens, S. M. M., van Gog, T., & Paas, F. (2007). Problem-based learning is compatible with human cognitive architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist, 42*(2), 91–97. https://doi.org/10.1080/00461520701263350

Κούσης, Ι., & Γόγουλου, Α. (2021). Αξιοποίηση της πλατφόρμας Arduino στην εκπαίδευση: Σχεδιασμός μαθησιακών δραστηριοτήτων με βάση το πλαίσιο ECLiP. Στο Θ. Μπράτιτσης (επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών 10ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Φλώρινα 14-16 Μαΐου, 2021. ISBN: 978-618-831866-6-3.

Καλλιεργώντας τη δημιουργικότητα μέσω της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στο πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Χριστοδούλου Ελένη[1], Πολάτογλου Χαρίτων[2]
lenoua22@hotmail.com, hariton@auth.gr
[1]Εκπαιδευτικός ΠΕ70, Δημοτικό Σχολείο Αγίου Αντωνίου Θεσσαλονίκης
[2]Καθηγητής Τμήματος Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μιας έρευνας δράσης που υλοποιήθηκε για τη διερεύνηση ανάπτυξης της δημιουργικότητας σε μαθητές/τριες της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης κατά την εμπλοκή τους σε STEM δραστηριότητες Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Οι STEM διδακτικές παρεμβάσεις που έλαβαν χώρα σε Δημοτικό Σχολείο βασίστηκαν στη θεωρία του κατασκευαστικού εποικοδομητισμού (Constructionism) σύμφωνα με τις αρχές που διατυπώθηκαν από τον Seymour Papert, υιοθετήθηκε το μεθοδολογικό πλαίσιο των Four P's of Creative Learning του Mitchel Resnick και αξιοποιήθηκε ως εκπαιδευτικό υλικό το πακέτο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής LEGO® Education WeDo 2.0 Core Set. Οι μαθητές/τριες συμμετείχαν ενεργά σε αυτές και δημιούργησαν πρωτότυπες κατασκευές, τις οποίες αξιολόγησαν ως προς τη δημιουργικότητά τους, μία ομάδα κριτών μέσω της Τεχνικής Συναινετικής Αξιολόγησης (Consensual Assessment Technique – CAT). Αξιοποιώντας τα αποτελέσματα από τη χρήση του συγκεκριμένου ερευνητικού εργαλείου για την αξιολόγηση της δημιουργικότητας, η επίδραση στη δημιουργικότητα που επέφερε η εμπλοκή των μαθητών/τριών σε STEM δραστηριότητες Εκπαιδευτικής Ρομποτικής ήταν εμφανής.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *STEM, Εκπαιδευτική Ρομποτική, δημιουργικότητα, CAT*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν άρθρο παρουσιάζεται η έρευνα δράσης που διεξήχθη, προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση STEM διδακτικών παρεμβάσεων που υλοποιήθηκαν μέσω της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στην εκδήλωση και στην ανάπτυξη της δημιουργικότητας μαθητών/τριών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης.

Τις τελευταίες δεκαετίες, το ενδιαφέρον για τη δημιουργικότητα στην εκπαίδευση έχει αυξηθεί. Στις μέρες μας, αποτελεί μία από τις πέντε βασικές δεξιότητες του 21ου αιώνα. Ένας τομέας στον οποίο μπορεί να ανθίσει και να εντοπιστεί η δημιουργικότητα, είναι αυτός της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Πώς μπορεί, όμως, να επιτευχθεί η αποτελεσματική ενσωμάτωση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής προκειμένου να καλλιεργηθούν ουσιαστικά οι δεξιότητες του 21ου αιώνα και συγκεκριμένα η δημιουργικότητα; Πολλές ερευνητικές μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία συσχετίζουν την Εκπαιδευτική Ρομποτική με την προαγωγή της δημιουργικότητας των μαθητών/τριών (Eteokleous, Nisiforou & Christodoulou, 2020; Gubenko, Kirsch, Smilek, Lubart, Houssemand, 2021; Katsaris & Katsios, 2021). Ωστόσο, παρόλο που ολοένα και αυξάνεται, η έρευνα για τη μελέτη της επίδρασης στη δημιουργικότητα κατά τη χρήση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο. Επίσης, αναφέρεται η αδυναμία παροχής ενός βοηθητικού εκπαιδευτικού πλαισίου για την εφαρμογή της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στις αίθουσες διδασκαλίας, ώστε να προάγεται η δημιουργικότητα των μαθητών/τριών (Eguchi, 2017; Yang, Long, Sun, Aalst & Cheng, 2020).

Πολυάριθμες έρευνες αναφέρουν τη θετική επίδραση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στη διδασκαλία των κλάδων STEM σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Μάλιστα, υποστηρίζεται πως η Εκπαιδευτική Ρομποτική αποτελεί όχημα για την εκπαίδευση STEM. Μέσα από την Εκπαιδευτική Ρομποτική παρέχονται ευκαιρίες για την ενοποίηση όλων των κλάδων του ακρωνυμίου. Η Eguchi (2014; 2021), τονίζει την παιδαγωγική αξιοποίηση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής ως ιδανικού εργαλείου μάθησης για την παροχή κινήτρων σε όλους τους μαθητές/τριες για την εισαγωγή τους στο STEM. Ταυτόχρονα, επιτυγχάνεται η μετάβαση από την παραδοσιακή και τη δασκαλοκεντρική μάθηση στη μαθητοκεντρική μάθηση (Eguchi, 2014; 2021).

Από την άλλη, στην καρδιά της εκπαίδευσης STEM βρίσκεται η δημιουργικότητα. Η Ramirez (2013) χαρακτηρίζει τη δημιουργικότητα ως το απαραίτητο συστατικό της εκπαίδευσης STEM.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα όσα προαναφέρθηκαν, ζητούμενο ήταν να εξεταστεί αν και κατά πόσο η χρήση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στο πλαίσιο της εκπαίδευση STEM μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές/τριες της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης να αναπτύξουν τη δημιουργικότητά τους.

Σύμφωνα με τον Αλιμήση (2008), η αξιοποίηση των τεχνολογικών εργαλείων για την ενίσχυση της διδασκαλίας και της μάθησης προϋποθέτει τη χρήση τους στη σχολική τάξη σύμφωνα με διδακτικές μεθόδους και αρχές που υπαγορεύονται από τις σύγχρονες θεωρίες μάθησης. Επομένως, η εργασία αυτή στηρίζεται στη θεωρία του κατασκευαστικού εποικοδομητισμού (Constructionism) σύμφωνα με τις αρχές που διατυπώθηκαν από τον Papert (1980). Επιπρόσθετα, υιοθετείται το μεθοδολογικό πλαίσιο των Four P's of Creative Learning του Mitchel Resnick (2014; 2017) και οι STEM διδακτικές παρεμβάσεις υλοποιούνται μέσω του πακέτου Εκπαιδευτικής Ρομποτικής LEGO® Education WeDo 2.0 Core Set.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM

Το STEM ήταν μια πρωτοβουλία του Εθνικού Ιδρύματος Επιστημών (National Science Foundation – NSF) των ΗΠΑ. Η ανάγκη ύπαρξης μιας διεπιστημονικής προσέγγισης των Μαθηματικών, των Επιστημών και της Τεχνολογίας, άρχισε να γίνεται επιτακτική στις αρχές αυτού του αιώνα. Στη δεκαετία του 1990, το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών επιχείρησε αυτή την προσέγγιση εισάγοντας το ακρωνύμιο SMET (Science, Mathematics, Engineering and Technology) για να το αντικαταστήσει λίγα χρόνια αργότερα με το γνωστό σήμερα STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) (Sanders, 2009). Στόχος του ήταν να παρέχει στους/στις μαθητές/τριες δεξιότητες κριτικής σκέψης που θα τους/τις καταστήσουν δημιουργικούς/ες λύτες/τριες προβλημάτων και τελικά πιο ανταγωνιστικούς/ές στην αγορά εργασίας (White, 2014).

Ο όρος STEM εμφανίστηκε πρόσφατα σε διεθνές επίπεδο στην εκπαίδευση ως ένα νέο παράδειγμα σύνδεσης που ξεπερνά τον παραδοσιακό τρόπο αξιοποίησης των ΤΠΕ. Κυρίαρχο ζήτημα της εκπαίδευσης STEM αποτελεί η παιδαγωγική αξιοποίηση των κλάδων STEM οι οποίοι είναι: η Φυσική, η Τεχνολογία, η Μηχανική, τα Μαθηματικά (Science, Technology, Engineering, Mathematics) (Ψυχάρης & Δουκάκης, 2016).

Η Morrison (2006), υπογραμμίζει κάποια από τα βασικά οφέλη μίας εκπαίδευσης στο πνεύμα του STEM. Υποστηρίζει πως γεφυρώνει το τεράστιο χάσμα ανάμεσα στην εκπαίδευση και στην αγορά εργασίας αλλά και τη συσχετίζει με τον πολιτισμό και την ιστορία. Επίσης, σύμφωνα με την ίδια οι μαθητές/τριες που θα συμμετέχουν σε μια εκπαίδευση τύπου STEM θα είναι:

- Ικανοί λύτες προβλημάτων (Problem–solvers): θα είναι σε θέση να προσεγγίζουν προβλήματα με αποτελεσματικό τρόπο, να σχεδιάζουν έρευνες, να συλλέγουν και να οργανώνουν δεδομένα, να εξαγάγουν συμπεράσματα, και στη συνέχεια να εφαρμόζουν τεκμηριωμένα την κατανόηση και τη γνώση σε νέες και καινοτόμες καταστάσεις.
- Καινοτόμοι (Innovators): θα χρησιμοποιούν τις βασικές αρχές και έννοιες της επιστημονικής έρευνας στη διαδικασία του σχεδιασμού (design process).
- Εφευρέτες (Inventors): θα αναγνωρίζουν τις ανθρώπινες ανάγκες κι έπειτα θα σχεδιάζουν και θα εφαρμόζουν λύσεις με δημιουργικό τρόπο.
- Αυτοδύναμοι (Self–reliant): θα είναι σε θέση να ορίζουν το δικό τους πρόγραμμα, να αποκτούν και να αναπτύσσουν την αυτοπεποίθησή τους αλλά και να εργάζονται μέσα σε καθορισμένα χρονικά πλαίσια.
- Λογικοί στοχαστές (Logical thinkers): θα είναι σε θέση να αξιοποιούν τη λογική και να εισέρχονται δυναμικά στην αγορά εργασίας διεκδικώντας το 60% των θέσεων εργασίας παγκοσμίως αλλά και να κάνουν τις απαραίτητες συνδέσεις για την κατανόηση των φυσικών φαινομένων.

- Τεχνολογικά εγγράμματοι (Technologically literate): θα είναι ικανοί να κατανοούν τη φύση της τεχνολογίας, να αναπτύσσουν τις απαιτούμενες δεξιότητες και να την εφαρμόζουν κατάλληλα (Morrison, 2006).

Υπό το πρίσμα μίας ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM, όλοι οι κλάδοι θα πρέπει να ενσωματώνονται στην εκπαίδευση με τέτοιο τρόπο ώστε να μην χάνουν τα μοναδικά τους χαρακτηριστικά. Δηλαδή, η εκπαίδευση STEM εστιάζει στη διεπιστημονική μελέτη των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών, προτείνοντας την ουσιαστική ενσωμάτωσή τους στην εκπαιδευτική πράξη. Παρόλα αυτά, η δημιουργία επιτυχημένων κι ενοποιημένων μαθησιακών περιβαλλόντων STEM όπου θα αναδεικνύονται όλοι οι κλάδοι, αποτελεί μία δύσκολη και σύνθετη διαδικασία.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ

Τα τελευταία χρόνια, το ενδιαφέρον για την παιδαγωγική αξιοποίηση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής έχει αυξηθεί και αρκετές προσπάθειες έχουν γίνει παγκοσμίως για την εισαγωγή της σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Alimisis & Kynigos, 2009).

Η Εκπαιδευτική Ρομποτική αναφέρεται σε μία νέα μέθοδο μάθησης που βασίζεται στον προγραμματισμό, στον σχεδιασμό και στη συναρμολόγηση ρομποτικών συσκευών μέσα από παιχνίδι και βιωματικές δραστηριότητες. Πρόκειται για ένα ισχυρό εργαλείο μάθησης και διδασκαλίας για την ανάπτυξη των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα (Romero, 2016; Blancas, Valero, Vouloutsi, Mura & Verschure, 2021; Eguchi, 2014; 2021). Αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1960, χάρη στην ενσωμάτωση εννοιών όπως ο όρος κατασκευαστικός εποικοδομητισμός (Constructionism) του Seymour Papert στις παιδαγωγικές θεωρίες μάθησης και γνωστικής ανάπτυξης κι εξελίσσεται ραγδαία (Di Lieto et al., 2019; 2020). Ο Papert πρωτοστάτησε στη χρήση των υπολογιστών και των ρομπότ για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Τα τελευταία χρόνια, ο Mitchel Resnick (2020), αναφέρεται στον Constructionism μέσω ενός πλαισίου που το ονομάζει “Four P’s of Creative Learning: Projects, Passion, Peers, and Play”. Σύμφωνα με την ερευνητική ομάδα του Lifelong Kindergarten στο MIT Media Lab με επικεφαλής τον Resnick, το συγκεκριμένο μεθοδολογικό πλαίσιο για την υποστήριξη της δημιουργικής μάθησης διέπεται από αυτές τις τέσσερις κατευθυντήριες αρχές και προάγει τη δημιουργικότητα των μαθητών/τριών.

Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM ΚΑΙ Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα, η Εκπαίδευση STEM και η Εκπαιδευτική Ρομποτική εντάχθηκαν για πρώτη φορά στο Πρόγραμμα Σπουδών του Νηπιαγωγείου, του Δημοτικού Σχολείου και του Γυμνασίου με την καθιέρωση των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων το σχολικό έτος 2021-2022. Σύμφωνα με τα ΦΕΚ για τα Εργαστήρια Δεξιοτήτων, συγκεκριμένο πρόγραμμα τηρείται υποχρεωτικά ως προς τις θεματικές που αναφέρονται σε κάθε τάξη και βαθμίδα (ΦΕΚ 3567/Β/04-08-2021 και ΦΕΚ 3791/Β/13-8-2021). Το πρόγραμμα και το εκπαιδευτικό υλικό των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων ομαδοποιείται σε τέσσερις θεματικές ενότητες που προκύπτουν από τους Παγκόσμιους Δείκτες Αειφόρου Ανάπτυξης. Σε κάθε τάξη δημιουργούνται προγράμματα καλλιέργειας δεξιοτήτων από τις υποενότητες των τεσσάρων θεματικών, με σύνδεση κατά το δυνατό και με τα γνωστικά αντικείμενα των Προγραμμάτων Σπουδών.

Όπως προαναφέρθηκε, το πρόγραμμα και το εκπαιδευτικό υλικό των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων ομαδοποιείται σε τέσσερις θεματικές ενότητες. Στην 4η θεματική ενότητα «ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ - Δημιουργική Σκέψη και Πρωτοβουλία» εντάσσεται το STEM και η Εκπαιδευτική Ρομποτική. Την υποενότητα STEM – Εκπαιδευτική Ρομποτική τη συναντάμε στο Νηπιαγωγείο και στις τάξεις Α’, Δ’ και Ε’ του Δημοτικού Σχολείου καθώς και στις Α’ και Β’ τάξεις του Γυμνασίου.

Ωστόσο, σύμφωνα με εισήγηση του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής (Απόσπασμα Πρακτικού 46/16-09-2021) και σε συνέχεια των οδηγιών του ΥΠΑΙΘ για την εφαρμογή των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων για το σχολικό έτος 2021-2022 (103235/ΓΔ4/24-08-2021/ΥΠΑΙΘ), εφαρμόστηκε μόνο η ενότητα STEM ελλείψει πόρων (υλικών – μέσων, κατάλληλης επιμόρφωσης εκπαιδευτικών). Έτσι, αποδεικνύεται πως η συμπερίληψη και η ενσωμάτωση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στο Πρόγραμμα Σπουδών και στην εκπαιδευτική διαδικασία, δεν αποτελεί μία εύκολη υπόθεση για τους/τις εκπαιδευτικούς.

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ

Η δημιουργικότητα αποτελεί μία από τις βασικές δεξιότητες του 21ου αιώνα και ταυτόχρονα μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις στον χώρο της εκπαίδευσης. Πρόκειται για μία έννοια που είναι δύσκολο να οριστεί αλλά ακόμα πιο δύσκολο είναι να μετρηθεί. Η δημιουργικότητα μπορεί να αναφέρεται σε ένα πρόσωπο, μία διαδικασία, ένα μέρος ή ένα προϊόν. Τη συναντάμε σε ευφυείς ανθρώπους αλλά και σε μικρά παιδιά. Έχει μελετηθεί από ψυχολόγους, εκπαιδευτικούς, νευροεπιστήμονες, ιστορικούς, κοινωνιολόγους, οικονομολόγους, μηχανικούς και μελετητές όλων των τύπων. Θρυλικοί στοχαστές, διαχρονικά, από τον Αριστοτέλη μέχρι τον Einstein, έχουν αναλογιστεί τι σημαίνει να είναι κανείς δημιουργικός.

Παρόλο που έχουν παρέλθει περισσότερες από έξι δεκαετίες συστηματικής επιστημονικής έρευνας, για το πώς να μετρηθεί, να αξιοποιηθεί και να βελτιωθεί, πρόκειται για έναν όρο που εγείρει ατέρμονες συζητήσεις (Glăveanu & Kaufman, 2019). Ποικίλες θεωρίες έχουν διατυπωθεί για να ορίσουν την έννοια και τον τρόπο αξιολόγησης της δημιουργικότητας (Sternberg, 2012) ενώ ένας καθολικός ορισμός φαίνεται να απουσιάζει (Glăveanu, 2015). Οι Sternberg and Karami (2021), καταλήγουν πως η δημιουργικότητα ορίζεται παραδοσιακά ως η παραγωγή ιδεών και προϊόντων που είναι και νέες/α, από τη μία, και χρήσιμες/α (Kaufman & Sternberg, 2019) ή αποτελεσματικές/ά (Runco & Jaeger, 2012) κατά κάποιον τρόπο, από την άλλη.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

Για την αξιολόγηση της δημιουργικότητας υπάρχει πληθώρα ορισμών και θεωρητικών προσεγγίσεων (Glăveanu, 2018), κάτι αναμενόμενο για μία τόσο πολύπλοκη και πολυπαραγοντική έννοια (Hui, He & Wong, 2019). Για τη μέτρησή της, κατά την πάροδο των ετών, έχουν παραχθεί πάρα πολλές μέθοδοι κι ερευνητικά εργαλεία αξιολόγησης, που εστιάζουν σε διαφορετικές όψεις της. Πρώτος ο Guilford άνοιξε τον δρόμο για την αξιολόγηση της δημιουργικότητας αναπτύσσοντας τεστ αποκλίνουσας σκέψης, την οποία θεωρούσε βασικό στοιχείο της δημιουργικότητας και αποτελούσε μέρος του μοντέλου της ανθρώπινης νοημοσύνης που ο ίδιος εφηύρε (Guilford, 1950). Οι πρωτοποριακές εργασίες του Guilford επηρέασαν σημαντικά επιτυχημένους ερευνητές της δημιουργικότητας στο να αναπτύξουν τα δικά τους τεστ με βάση τα τεστ της αποκλίνουσας σκέψης.

Τα εργαλεία για τη μέτρηση της δημιουργικότητας έχουν κατηγοριοποιηθεί με ποικίλους τρόπους. Πολλά εργαλεία αξιολόγησης ακολουθούν την κατηγοριοποίηση που βασίζεται στα 4P's της δημιουργικότητας. Σύμφωνα με το μοντέλο των 4P's (4P's Model of Creativity) (Rhodes, 1961), η δημιουργικότητα εμπλέκει και συνίσταται από τέσσερις παράγοντες: τη δημιουργική διαδικασία (process), το δημιουργικό προϊόν (product), τη δημιουργική προσωπικότητα/άτομο (person) και τις επιρροές από το περιβάλλον (place ή press) (Rhodes, 1961). Το μοντέλο των 4P's αποτελεί το πλαίσιο, εντός του οποίου κινούνται πολλές μορφές μέτρησης της δημιουργικότητας. Στους τέσσερις παράγοντες του συγκεκριμένου μοντέλου βασίζονται και τα περισσότερα τεστ αξιολόγησής της που ήδη υπάρχουν ή βρίσκονται σε εξέλιξη (The LEGO Foundation, 2020; Plucker & Makel, 2010; Plucker, Makel, & Qian, 2019).

Στα πλαίσια της έρευνας που διεξήχθη εξετάστηκε η δημιουργικότητα σε ένα συγκεκριμένο πεδίο, δηλαδή στην Εκπαιδευτική Ρομποτική. Η Τεχνική Συναινετικής Αξιολόγησης (CAT) που ανέπτυξε η Teresa Amabile (Amabile, 1982; 1983; 1996), βασίζεται στην ιδέα ότι η καλύτερη εκτίμηση ενός δημιουργικού έργου προκύπτει από την αξιολόγησή του από ειδικούς του εκάστοτε τομέα (Baer & McKool, 2009). Επομένως, μέσα από μία μεγάλη γκάμα δυνατοτήτων για την αξιολόγηση της δημιουργικότητας και σύμφωνα με τους σκοπούς της έρευνας, κρίθηκε κι επιλέχθηκε ως η καταλληλότερη.

Η Τεχνική Συναινετικής Αξιολόγησης (CAT) έχει ονομαστεί ο «χρυσός κανόνας» της αξιολόγησης της δημιουργικότητας (Carson, 2006 όπως αναφέρεται στους Baer & Kaufman, 2019) κι όχι άδικα. Δεν αποτελεί εργαλείο μέτρησης ικανοτήτων ή συμπεριφορών, αλλά αξιολογεί την ίδια την εκδήλωση της δημιουργικότητας. Σε αντίθεση με άλλους τρόπους μέτρησης της δημιουργικότητας, όπως π.χ. η αξιολόγηση της αποκλίνουσας σκέψης, η Τεχνική Συναινετικής Αξιολόγησης δε βασίζεται σε κάποια συγκεκριμένη θεωρία της δημιουργικότητας, που σημαίνει ότι η εγκυρότητά της -η οποία έχει τεκμηριωθεί πολύ καλά εμπειρικά- δε διακυβεύεται από την επιβεβαίωση ή τη διάψευση οποιασδήποτε θεωρίας περί δημιουργικότητας (Baer & McKool, 2009).

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΣ ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Η θεωρητική σύνδεση της δημιουργικότητας με την Εκπαιδευτική Ρομποτική έχει επισημανθεί

από τη διεθνή βιβλιογραφία μέσα από τις μελέτες διαφόρων ερευνητών (Eguchi, 2014; Romero, 2016). Επίσης, έρευνες στην Ελλάδα, που δείχνουν ότι κατά την Δ' τάξη υπάρχει αξιοσημείωτη κάμψη της δημιουργικότητας, βρίσκονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα αντίστοιχων ερευνών στο εξωτερικό (Παρασκευόπουλος, 2004).

Έτσι, ο σκοπός της έρευνας ήταν να διερευνηθεί η ανάπτυξη της δημιουργικότητας των μαθητών/τριών κατά την εμπλοκή τους σε STEM δραστηριότητες Εκπαιδευτικής Ρομποτικής, στα πλαίσια του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Για τον σκοπό αυτό, υλοποιήθηκαν STEM παρεμβάσεις σε γνωστικά αντικείμενα της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης μέσω του πακέτου Εκπαιδευτικής Ρομποτικής LEGO® Education WeDo 2.0 και μελετήθηκε η επίδραση στη δημιουργικότητα των μαθητών/τριών της Δ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου.

Για την ενίσχυση των μαθημάτων STEM, η LEGO® Education κυκλοφόρησε πακέτα Εκπαιδευτικής Ρομποτικής που διευκολύνουν τους μαθητές/τριες στον σχεδιασμό και στην κατασκευή των δικών τους ρομποτικών δημιουργιών. Το εκπαιδευτικό πακέτο LEGO® Education WeDo 2.0 Core Set ανήκει στα πιο δημοφιλή πακέτα Εκπαιδευτικής Ρομποτικής, βασίζεται στα αγαπημένα και πασίγνωστα τουβλάκια της LEGO® κι έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών στην εκπαίδευση.

Πρόκειται για μία από τις εκπαιδευτικές λύσεις της LEGO® Education που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εισαγωγή του STEM, του προγραμματισμού και της υπολογιστικής σκέψης στο Δημοτικό Σχολείο μέσω μηχανοκίνητων μοντέλων LEGO® προηγμένης τεχνολογίας. Το πακέτο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ευκολία στη σχολική τάξη από κάθε εκπαιδευτικό, δίνοντας αρκετές δυνατότητες για την εισαγωγή της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στο Δημοτικό Σχολείο.

Το συγκεκριμένο πακέτο συνδυάζει την εκπαίδευση STEM με την Εκπαιδευτική Ρομποτική και αναπτύσσει στους μαθητές/τριες δεξιότητες του 21ου αιώνα, απαραίτητες για την είσοδό τους στη διαρκώς μεταβαλλόμενη σύγχρονη κοινωνία. Η απλότητα και η ευελιξία του, το καθιστούν ένα εξαιρετικό πακέτο για τη διδασκαλία της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και του προγραμματισμού στα πλαίσια της σχολικής τάξης καθώς και για την ενίσχυση των μαθημάτων STEM.

Αναλυτικότερα, τέθηκαν ένα κεντρικό ερευνητικό ερώτημα και δύο υποερωτήματα ως εξής:

- Προάγει η εκπαίδευση STEM τη δημιουργικότητα των μαθητών/τριών του Δημοτικού Σχολείου όταν αξιοποιεί την Εκπαιδευτική Ρομποτική;

1. Κρίνεται κατάλληλο το πακέτο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής LEGO® WeDo 2.0 για την παραγωγή δημιουργικών προϊόντων από τους μαθητές/τριες της Δ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου;
2. Ανιχνεύονται οι ενδείξεις που πιστοποιούν την εκδήλωση της δημιουργικότητας στα παραγόμενα τεχνουργήματα των μαθητών/τριών;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Ο ερευνητικός σχεδιασμός (research design) που χρησιμοποιήθηκε για τη συγκέντρωση, την ανάλυση και την ερμηνεία των δεδομένων στην παρούσα εργασία είναι η έρευνα δράσης (action research design). Η έρευνα δράσης συνδυάζει την ποσοτική και την ποιοτική προσέγγιση, δηλαδή χρησιμοποιεί τη συγκέντρωση δεδομένων με βάση είτε ποσοτικές ή ποιοτικές μεθόδους ή και τις δύο (Creswell, 2016). Ο σχεδιασμός έρευνας δράσης είναι συστηματική διαδικασία που υιοθετείται από εκπαιδευτικούς με σκοπό τη συγκέντρωση πληροφοριών κι έπειτα τη βελτίωση των τρόπων λειτουργίας του εκπαιδευτικού τους πλαισίου, της διδασκαλία τους και της μάθησης των μαθητών/τριών τους (Mills, 2014).

Η έρευνα είχε δίμηνη διάρκεια κι απαρτίζεται από δύο μέρη κατά τα οποία συλλέχθηκαν ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα που αναλύθηκαν στη συνέχεια. Τα δεδομένα του πρώτου μέρους αναλύθηκαν ποιοτικά, ενώ τα δεδομένα του δεύτερου μέρους ποσοτικά. Το πρώτο μέρος της αφορά τις διδακτικές παρεμβάσεις θεματολογίας STEM που σχεδιάστηκαν από την εκπαιδευτικό – ερευνήτρια. Υλοποιήθηκε σε τέσσερις φάσεις και οι μαθητές/τριες ενεπλάκησαν σε STEM δραστηριότητες μέσω του πακέτου Εκπαιδευτικής Ρομποτικής LEGO® Education WeDo 2.0 Core Set. Η κάθε φάση διήρκησε περίπου δύο εβδομάδες και όλες οι δραστηριότητες των παρεμβάσεων συνδέονταν με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης αλλά και με τους 17 Παγκόσμιους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ, που προκύπτουν από την Ατζέντα 2030.

Αναλυτικότερα, στην πρώτη φάση, γνώρισαν κι εξοικειώθηκαν με τα τεχνολογικά – επιστημονικά επιτεύγματα και τα ρομπότ διαπιστώνοντας τα διαφορετικά είδη που υπάρχουν. Ταυτόχρονα, ήρθαν σε πρώτη επαφή με το πακέτο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής LEGO® Education WeDo 2.0 Core Set κατασκευάζοντας και τροποποιώντας τα δικά τους απλά μοντέλα με το LEGO® WeDo 2.0 από τα εισαγωγικά projects της LEGO® Education, αλλά και γνώρισαν τα βασικά χαρακτηριστικά του λογισμικού ή της εφαρμογής προγραμματισμού WeDo 2.0. Στη δεύτερη φάση, δημιούργησαν και προγραμμάτισαν το μοντέλα με στόχο την περαιτέρω εξοικείωση κι εμβάθυνση με το πακέτο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής LEGO® Education WeDo 2.0 Core Set. Έτσι, ασχολήθηκαν με την κατασκευή και την τροποποίηση μοντέλων από τα καθοδηγούμενα projects. Στην τρίτη φάση, χρησιμοποίησαν μοντέλα για να αναπαραστήσουν έννοιες από την πραγματική ζωή. Τέλος, στην τέταρτη φάση δημιούργησαν πρωτότυπες κατασκευές με το πακέτο LEGO® Education WeDo 2.0 Core Set ως δημιουργική επίλυση ενός αυθεντικού προβλήματος. Οι δραστηριότητες της τέταρτης φάσης σχεδιάστηκαν σύμφωνα με τη λογική των ανοικτών projects.

Κατά το δεύτερο μέρος της έρευνας, όλα τα προϊόντα των μαθητών/τριών που παρήχθησαν στο πρώτο μέρος, αξιολογήθηκαν από ανεξάρτητους κριτές ως προς τη δημιουργικότητά τους μέσω συγκεκριμένης τεχνικής που προτάθηκε από την Teresa Amabile (1982; 1983; 1996). Σύμφωνα με την Τεχνική Συναινετικής Αξιολόγησης (CAT), ένα προϊόν θεωρείται δημιουργικό, όταν αξιολογείται ως τέτοιο από μία ομάδα ειδικών στο πεδίο με το οποίο σχετίζεται (Amabile, 1982; 1983; 1996).

ΔΕΙΓΜΑ, ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ & ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Το δείγμα της συγκεκριμένης έρευνας αποτελούνταν από 15 μαθητές/τριες της Δ’ τάξης του Δημοτικού Σχολείου. Η στρατηγική δειγματοληψίας που ακολουθήθηκε ήταν η σκόπιμη δειγματοληψία (purposeful sampling). Για τη συγκέντρωση των ποσοτικών δεδομένων δια του εργαλείου της Τεχνικής Συναινετικής Αξιολόγησης (CAT), ακολουθήθηκε η βολική δειγματοληψία (convenience sampling) όπου ο/η ερευνητής/τρια επιλέγει συμμετέχοντες/ουσες επειδή είναι βολικοί/ές, πρόθυμοι/ες και διαθέσιμοι/ες για μελέτη. Το δείγμα που επιλέχθηκε ήταν δέκα απόφοιτοι/ες Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών STEM ως ειδικοί/ες στον τομέα της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Έτσι, θα μπορούσαν να δώσουν χρήσιμες πληροφορίες και να απαντήσουν ερωτήσεις σύμφωνα με το πρωτόκολλο της επιλεχθείσας τεχνικής (Creswell, 2016).

Η συγκέντρωση των δεδομένων επετεύχθη με τη συγκέντρωση πληροφοριών από πολλαπλές πηγές. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στην παρούσα έρευνα ήταν ποσοτικά και ποιοτικά εφαρμόζοντας διάφορες τεχνικές συλλογής δεδομένων και ποικιλία ερευνητικών εργαλείων που αναφέρονται στη συνέχεια. Τα ποιοτικά δεδομένα συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια STEM διδακτικών παρεμβάσεων όπου το πακέτο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής LEGO® Education WeDo 2.0 Core Set ενσωματώθηκε στην εκπαιδευτική διαδικασία. Κατά την υλοποίηση των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων, η εκπαιδευτικός της τάξης ανέλαβε ρόλο συμμετέχουσας παρατηρήτριας (participant observer). Ακολούθησε θεματική ανάλυση των ποιοτικών δεδομένων (Braun & Clarke, 2006; 2012).

Για τη συλλογή των ποσοτικών δεδομένων αξιοποιήθηκε ένα υπάρχον εργαλείο μέτρησης. Το όργανο μέτρησης που αξιοποιήθηκε στη συγκεκριμένη εργασία ήταν η Consensual Assessment Technique (CAT) της Amabile (1983; 1996) που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της δημιουργικότητας παραγόμενων προϊόντων. Στη συνέχεια, τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κωδικοποιήθηκαν, καταχωρήθηκαν κι αναλύθηκαν με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Statistics Desktop 27.0 for Windows. Για τον έλεγχο της εσωτερικής αξιοπιστίας του εργαλείου συλλογής δεδομένων εφαρμόστηκε ο συντελεστής α του Cronbach (Cronbach’s Alpha Coefficient). Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση, η αξιοπιστία του εργαλείου αξιολόγησης της δημιουργικότητας CAT ήταν υψηλή λόγω του συντελεστή Cronbach's Alpha = ,970.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην τάξη υπήρχαν τρεις ετερογενείς μαθητικές ομάδες που δούλευαν ταυτόχρονα και μία εκπαιδευτικός – ερευνήτρια. Κατά την υλοποίηση των STEM διδακτικών παρεμβάσεων, υιοθετήθηκαν από την εκπαιδευτικό η ανάθεση ρόλων και η κυκλική εναλλαγή τους. Οι πρώτες δραστηριότητες ήταν εισαγωγικές τόσο στο κομμάτι της κατασκευής όσο και του προγραμματισμού. Δόθηκε στους/στις μαθητές/τριες άφθονος χρόνος για εξερεύνηση και μαστόρεμα με τα υλικά του πακέτου LEGO® WeDo 2.0 Core Set.

Κατά τη διάρκεια των STEM διδακτικών παρεμβάσεων οι μαθητές/τριες ήταν πραγματικά ενθουσιασμένοι/ες. Τόσο τα αγόρια όσο και τα κορίτσια συμμετείχαν ενεργά, με όρεξη και διάθεση σε όλες τις STEM δραστηριότητες Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Εργάστηκαν στις ομάδες τους και πέρασαν χρόνο μαστορεύοντας με τα τουβλάκια LEGO®. Αφέθηκαν ελεύθεροι/ες να σχεδιάσουν, να δοκιμάσουν και να τροποποιήσουν τα μοντέλα τους. Κάθε φορά, στο τέλος του μαθήματος, αφιερώνονταν περίπου 10–15 λεπτά για την αποσυναρμολόγηση των μοντέλων και την τακτοποίησή των δομικών στοιχείων στα αντίστοιχα κουτιά LEGO®.

Αναλυτικότερα, στην πρώτη φάση, οι μαθητές/τριες ήρθαν σε πρώτη επαφή με το πακέτο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής LEGO® Education WeDo 2.0 Core Set κατασκευάζοντας και τροποποιώντας απλά μοντέλα με το LEGO® WeDo 2.0 από τα εισαγωγικά projects της LEGO® Education. Ταυτόχρονα, γνώρισαν τα βασικά χαρακτηριστικά του λογισμικού ή της εφαρμογής προγραμματισμού WeDo 2.0.

Στη δεύτερη φάση, δημιούργησαν και προγραμμάτισαν μοντέλα με στόχο την περαιτέρω εξοικείωση κι εμβάθυνση με το πακέτο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής LEGO® Education WeDo 2.0 Core Set. Έτσι, ασχολήθηκαν με την κατασκευή και την τροποποίηση μοντέλων από τα Guided Projects. Κάτι αντίστοιχο έγινε και στην τρίτη φάση κατά την οποία χρησιμοποίησαν μοντέλα για να αναπαραστήσουν έννοιες από την πραγματική ζωή.

Τέλος, στην τέταρτη φάση δημιούργησαν πρωτότυπες κατασκευές με το πακέτο LEGO® Education WeDo 2.0 Core Set ως δημιουργική επίλυση ενός αυθεντικού προβλήματος. Η ενσωμάτωση της επίλυσης προβλήματος στην εκπαιδευτική διαδικασία βοήθησε τους μαθητές/τριες να αναπτύξουν τη δημιουργικότητά τους και να προτείνουν λύσεις σε ένα καίριο περιβαλλοντικό ζήτημα. Ο μηχανολογικός σχεδιασμός και η επίλυση προβλήματος αποτελούν τον πυρήνα των δραστηριοτήτων της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής (Eguchi, 2014; Sullivan, 2017).

Η δημιουργικότητα των μαθητών/τριών αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας την Τεχνική Συναινετικής Αξιολόγησης της Teresa Amabile (1982; 1983; 1996). Όπως επιτάσσει η συγκεκριμένη τεχνική, τα προϊόντα που παρήχθησαν από τους μαθητές/τριες σε όλες τις φάσεις βαθμολογήθηκαν από ομάδα κριτών με βάση την προσωπική τους αίσθηση περί δημιουργικότητας χρησιμοποιώντας πεντάβαθμη κλίμακα Likert, όπου 1=καθόλου δημιουργικό και 5=εξαιρετικά δημιουργικό. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, οι αξιολογήσεις των κριτών για τη δημιουργικότητα κυμάνθηκαν σε υψηλά επίπεδα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι μαθητές/τριες, από την πρώτη κιόλας φάση που ήρθαν σε πρώτη επαφή με το συγκεκριμένο πακέτο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής κι ενεπλάκησαν σε βιωματικές δραστηριότητες, άρχισαν να πειραματίζονται με το παρεχόμενο υλικό και να κάνουν διάφορες δοκιμές και πειραματισμούς τόσο στο μαστόρεμα με τα τουβλάκια όσο και με τον προγραμματισμό. Τους δόθηκε χρόνος από την εκπαιδευτικό – ερευνήτρια αλλά και ελευθερία για ανάληψη ρίσκων και πρωτοβουλιών. Αφού έφτιαχναν το προτεινόμενο μοντέλο ακολουθώντας τις παρεχόμενες οδηγίες του λογισμικού LEGO® WeDo, η τροποποίηση του αρχικού τους μοντέλου φάνηκε να ήταν το έναυσμα για την ανάπτυξη της δημιουργικότητάς τους.

Μέσα από την τροποποίηση των μοντέλων τους, άρχισαν να πειραματίζονται όλο και περισσότερο, ενώ σιγά σιγά ξεδίπλωναν τη φαντασία και τη δημιουργικότητά τους. Κάτι αντίστοιχο προτείνεται κι έχει παρατηρηθεί από τη Veselovská και Mayerová (2018) στις ερευνητικές τις μελέτες. Οι Mayerová και Veselovská (2017), κατά την εμπλοκή των μαθητών/τριών της συγκεκριμένης ηλικιακής ομάδας (Γ'-Δ' τάξεις του Δημοτικού Σχολείου) σε δραστηριότητες Εκπαιδευτικής Ρομποτικής μέσω LEGO® WeDo 2.0, προτείνουν την τροποποίηση μοντέλων ως τεχνική προαγωγής της δημιουργικότητας των μαθητών/τριών (Veselovská & Mayerová 2018; Mayerová & Veselovská, 2017).

Αξιοποιώντας τα αποτελέσματα από τη χρήση της Τεχνικής Συναινετικής Αξιολόγησης (CAT) ως ερευνητικό εργαλείο για την αξιολόγηση της δημιουργικότητας κι εξετάζοντας τις απαντήσεις των κριτών καθώς και τον τρόπο με τον οποίο δούλεψαν οι μαθητές/τριες σε όλες τις φάσεις υλοποίησης των διδακτικών παρεμβάσεων, διακρίνεται η επίδραση στη δημιουργικότητα που επέφερε η εμπλοκή τους σε STEM δραστηριότητες Εκπαιδευτικής Ρομποτικής μέσω LEGO® WeDo 2.0 Core Set. Το πακέτο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής LEGO® WeDo 2.0 Core Set φάνηκε να αποτελεί μέσο έκφρασης κι ανάπτυξης της δημιουργικότητας των μαθητών/τριών μέσα από την καθημερινή τριβή και συνεχή

ενασχόλησή τους. Έτσι, κρίθηκε κατάλληλο.

Ζητούμενο όλων των δραστηριοτήτων της ερευνητικής διαδικασίας υπήρξε η σταδιακή και κλιμακούμενη ανάπτυξη της δημιουργικότητας από φάση σε φάση κατά τη διάρκεια υλοποίησης των διδακτικών παρεμβάσεων. Ξεκινώντας από την πρώτη φάση με εισαγωγικές δραστηριότητες και φτάνοντας μέχρι την τέταρτη φάση με δραστηριότητες ανοικτού τύπου, μέσω της κατάλληλης υποστήριξης της μάθησης (σκαλωσιά), η διαβάθμιση στη δημιουργικότητα των παραγόμενων προϊόντων ήταν εμφανής.

Συνοψίζοντας, μέσα από τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας δράσης φάνηκε πως η εκπαίδευση STEM προάγει τη δημιουργικότητα των μαθητών/τριών του Δημοτικού Σχολείου όταν αξιοποιεί την Εκπαιδευτική Ρομποτική.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο παρόν άρθρο επιχειρείται η κατανόηση της συνεισφοράς της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής ως ένα εξαιρετικό εργαλείο διδασκαλίας και μάθησης στην εκπαίδευση STEM. Μέσα από νέες μαθησιακές εμπειρίες μελετήθηκε η αξιοποίηση του πακέτου Εκπαιδευτικής Ρομποτικής LEGO® Education WeDo 2.0 Core Set και ο τρόπος που μπορεί να συμβάλει στην καλλιέργεια της δημιουργικότητας των μαθητών/τριών. Σύμφωνα με τα ευρήματα της έρευνας, η Εκπαιδευτική Ρομποτική φάνηκε να αποτελεί ένα ισχυρό, καινοτόμο, πολύτιμο αλλά κι ευέλικτο τεχνολογικό εργαλείο στις υπηρεσίες της εκπαίδευσης STEM. Πλαισιωμένη από το κατάλληλο θεωρητικό και μεθοδολογικό πλαίσιο, αποτελεί όχημα για την ανάπτυξη της δημιουργικότητας των μαθητών/τριών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, στα πλαίσια της εκπαίδευσης STEM. Έτσι, αναδεικνύεται η προστιθέμενη αξία της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στην καλλιέργεια δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, όπως η δημιουργικότητα κατά την ενσωμάτωσή της στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Στους βασικούς περιορισμούς της παρούσας μελέτης περιλαμβάνεται το μικρό μέγεθος του δείγματος των συμμετεχόντων/ουσών και το σχετικά μικρό χρονικό διάστημα των διδακτικών παρεμβάσεων. Για τον λόγο αυτό τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευθούν. Στο μέλλον προτείνεται η εμπλοκή των μαθητών/τριών σε STEM δραστηριότητες Εκπαιδευτικής Ρομποτικής για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα προκειμένου να διερευνηθεί η δημιουργικότητα τόσο σε ατομικό όσο και σε ομαδικό επίπεδο.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αλιμήσης, Δ. (2008). Το προγραμματιστικό περιβάλλον Lego Minstorms ως εργαλείο υποστήριξης εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων ρομποτικής. Στο Β. Κόμης (επιμ.), *4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής της Πληροφορικής, 28-30 Μαρτίου 2008* (σ. 273-282). Πάτρα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Παρασκευόπουλος, Ι.Ν. (2004). *Δημιουργική Σκέψη στο Σχολείο και στην Οικογένεια*. Αθήνα: Ιδιωτική έκδοση.

Ψυχάρης, Σ., Δουκάκης, Σ. (2016). Η ανάπτυξη της Τεχνολογικής Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου Εκπαιδευτικών στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος S.T.E.M. της Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε. *Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, Υπολογιστική Επιστήμη*.

Alimisis, D., & Kynigos, C. (2009). Constructionism and Robotics in education. In D. Alimisis (Eds.), *Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods* (pp. 11–26). Athens: ASPETE.

Amabile, T.M. (1982). Social psychology of creativity: A consensual assessment technique. *Journal of Personality and Social Psychology, 43*(5), 997–1013. https://doi.org/10.1037/0022-3514.43.5.997

Amabile, T.M. (1996). *Creativity in context: Update to the social psychology of creativity*. Boulder, CO: Westview Press.

Amabile, T.M. (1983). The social psychology of creativity: A componential conceptualization. *Journal of Personality and Social Psychology, 45*(2), 357–376. https://doi.org/10.1037/0022-3514.45.2.357

Baer, J., Kaufman, J.C. (2019). Assessing creativity with the Consensual Assessment Technique. In I. Lebuda, V. Glăveanu, (Eds.) The Palgrave Handbook of Social Creativity Research. Palgrave Studies in Creativity and Culture. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95498-1_3

Baer, J., & McKool, S. (2009). Assessing creativity using the consensual assessment. In C. Schreiner (Ed.), *Handbook of assessment technologies, methods, and applications in higher education*. Hershey, Pennsylvania: IGI Global.

Blancas, M., Valero, C., Vouloutsi, V., Mura, A., Verschure, P.F.M.J. (2021). Educational robotics: A journey, not a destination. In S. Papadakis & M. Kalogiannakis (Eds.), *Handbook of Research on Using Educational Robotics to Facilitate Student Learning* (pp. 41-67). USA: IGI Global.

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology, 3*(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Braun, V., & Clarke, V. (2012). Thematic Analysis. In H. Cooper, P.M. Camic, D.L. Long, A.T. Panter, D. Rindskopf, & K.J. Sher (Eds.), APA Handbook of Research Methods in Psychology, Vol. 2: *Research Designs: Quantitative, Qualitative, Neuropsychological, and Biological* (pp. 57-71). Washington DC: American Psychological Association.

Creswell, J.W. (2016). *Η έρευνα στην εκπαίδευση. Σχεδιασμός, διεξαγωγή και αξιολόγηση της ποσοτικής και ποιοτικής έρευνας*. Αθήνα: Ίων/ Έλλην.

Di Lieto, M.C., Pecini, C., Castro, E., Inguaggiato, E., Cecchi, F., Dario, P., Cioni, G., Sgandurra, G. (2020). Empowering executive functions in 5- and 6-year-old typically developing children through educational robotics: An RCT Study. *Frontiers in Psychology, 10*, https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03084

Di Lieto, M.C., Pecini, C., Castro, E., Inguaggiato, E., Cecchi, F., Dario, P., Sgandurra, G., Cioni, G. (2019). Robot programming to empower higher cognitive functions in early childhood. In L. Daniela (Ed.), *Smart Learning with Educational Robotics* (pp. 229-250). Switzerland: Springer, Cham.

Eguchi, A. (2014). Educational robotics for promoting 21st century skills. *Journal of Automation Mobile Robotics and Intelligent Systems*, *8*, 5–11.

Eguchi, A. (2017): Bringing Robotics in Classrooms. In M.S. Khine (Ed.), *Robotics in STEM Education: Redesigning the Learning Experience*, (pp. 3–31). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57786-9_1

Eguchi, A. (2021). Theories and practices behind educational robotics for all. In S. Papadakis & M. Kalogiannakis (Eds.), *Handbook of Research on Using Educational Robotics to Facilitate Student Learning* (pp. 68-106). USA: IGI Global.

Eteokleous N., Nisiforou E., & Christodoulou C. (2020). Creativity thinking skills promoted through educational robotics. In M. Moro, D. Alimisis, L. locchi (Eds.) *Educational Robotics in the Context of the Maker Movement. Edurobotics 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing* (pp. 57-68). Switzerland: Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18141-3_5

Glăveanu, V.P. (2015). Creativity as a sociocultural act. *Journal of Creative Behavior, 49*(3), 165-180. https://doi.org/10.1002/jocb.94

Glăveanu, V.P. (2018). Educating which creativity? *Thinking Skills and Creativity*, 27, 25–32. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.11.006

Glăveanu, V.P., & Kaufman, J.C. (2019). Creativity: a historical perspective. In J.C. Kaufman & R.J. Sternberg (Eds.), *The Cambridge handbook of creativity* (pp. 9–26). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316979839.003

Gubenko, A., Kirsch, C., Smilek, J.N., Lubart, T., & Houssemand, C. (2021). Educational robotics and robot creativity: An Interdisciplinary Dialogue. *Frontiers in robotics and AI*, *8*, 662030. https://doi.org/10.3389/frobt.2021.662030

Guilford, J.P. (1950). Creativity. *American Psychologist, 5*(9), 444–454. https://doi.org/10.1037/h0063487

Hui, A.N.N., He, M.W.J., & Wong, W.C. (2019). Understanding the development of creativity across the life span. In J.C. Kaufman & R.J. Sternberg (Eds.), *The Cambridge handbook of creativity* (pp. 69–87). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316979839.006

Katsaris, I., & Katsios, K. (2021). The smart "Mitato": a holistic approach to creative development through educational robotics. In S. Papadakis, M. Kalogiannakis (Eds.), *Handbook of Research on Using Educational Robotics to Facilitate Student Learning* (pp. 466-495). USA: IGI Global

Kaufman, J.C., & Sternberg, R.J. (2019). An Introduction to the Second Edition. In J.C. Kaufman & R.J. Sternberg (Eds.), *The Cambridge handbook of creativity* (pp. 1–4). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316979839.002

Mayerová K., Veselovská M. (2017). How to teach with LEGO WeDo at primary school. Στο M. Merdan, W. Lepuschitz, G. Koppensteiner, R. Balogh (Επιμ.), *Robotics in Education. Advances in Intelligent Systems and Computing* (σσ. 55-62). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42975-5_5

Mills, G.E. (2014). *Action research: A guide for the teacher researcher* (5η έκδ.). Boston, MA: Pearson.

Morrison, J. (2006). TIES STEM education monograph series, Attributes of STEM education. Retrieved

from: http://www.leadingpbl.org/f/Jans%20pdf%20Attributes_of_STEM_Education-1.pdf
Papert, S. (1980). *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas.* New York: Basic Books.
Plucker, J.A., & Makel, M.C. (2010). Assessment of creativity. In J.C. Kaufman & R.J. Sternberg (Eds.), *The Cambridge handbook of creativity* (pp. 48–73). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511763205.005
Plucker, J.A., Makel, M.C., & Qian, M. (2019). Assessment of creativity. In J.C. Kaufman & R.J. Sternberg (Eds.), *The Cambridge handbook of creativity* (pp. 44–68). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316979839.005
Ramirez, A. (2013). 'Creativity is the Secret Sauce in STEM', *Edutopia*, *George Lucas Educational Foundation*. Ανακτήθηκε από: https://www.edutopia.org/blog/creativity-secret-sauce-in-stem-ainissaramirez
Resnick, M. (2014). Give P's a chance: Projects, Peers, Passion, Play. In G. Futschek, & C. Kynigos (Eds.), *Constructionism and Creativity: Proceedings of the 3rd International Conference "Constructionism 2014",* Vienna, Austria, 19-23 August (pp. 13-20). Vienna: Österreichische Computer Gesellschaft.
Resnick, M. (2020). Constructionism and creative learning: Interview with Mitchel Resnick. In N. Holbert, M. Berland, & Y. Kafai (Eds.), *Designing Constructionist Futures*, (pp. 363-367). USA: MIT Press.
Resnick, M. (2017). *Lifelong kindergarten: Cultivating creativity through projects, passion, peers, and play*. Boston, USA: MIT Press.
Rhodes, M. (1961). An analysis of creativity. *The Phi Delta Kappan*, *42*(7), 305-310.
Romero, M. (2016). Educational robotics for sustaining the development of the 21st century skills. Retrieved from: https://margaridaromero.me/2016/07/05/educational-robotics-er-a-privileged-tool-for-the-development-of-the-21st-century-skills/
Runco, M.A., & Jaeger, G.J. (2012). The standard definition of creativity. *Creativity Research Journal, 24*(1), 92–96. https://doi.org/10.1080/10400419.2012.650092
Sanders, M. (2009) STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
Sternberg, R.J. (2012). The assessment of creativity: An investment-based approach. *Creativity Research Journal, 24*(1), 3–12. https://doi.org/10.1080/10400419.2012.652925
Sternberg, R.J., & Karami, S. (2021). An 8P theoretical framework for understanding creativity and theories of creativity. *The Journal of Creative Behavior*, 56(1), 55–78. https://doi.org/10.1002/jocb.516
Sullivan, F.R. (2017). The creative nature of robotics activity: Design and problem solving. In M.S. Khine (Ed.) *Robotics in STEM education: Redesigning the learning experience*, (213-230). Switzerland: Springer, Cham
The LEGO Foundation, (2020). Assessing creativity: A palette of possibilities.
Veselovská M., & Mayerová K. (2018). LEGO WeDo curriculum for lower secondary school. Στο M. Merdan, W. Lepuschitz, G. Koppensteiner, R. Balogh (Επιμ.), *Robotics in Education. Advances in Intelligent Systems and Computing* (σσ. 53-64). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62875-2_5
White, D.W. (2014). What is STEM education and why is it important? *Florida Association of Teacher Educators Journal*, 1(14), 1-8. Retrieved from http://www.fate1.org/journals/2014/white.pdf
Yang, Y., Long, Y., Sun, D., Aalst, J., & Cheng, S. (2020). Fostering students' creativity via educational robotics: an investigation of teachers' pedagogical practices based on teacher interviews. *British Journal Educational Technology, 51*(5), 1826–1842. https://doi.org/10.1111/bjet.12985

Μοντέλο Ανάπτυξης Επαγγελματικών Δεξιοτήτων Εκπαιδευτικών για την Κλιματική Αλλαγή

Αργύρη Παναγιώτα[1], Λυμπεροπούλου Σμαράγδα[2], Ανδρουλάκης Γεώργιος[3], Κική-Παπαδάκη Αικατερίνη[4]

panargiry@sch.gr , magda@iacm.forth.gr, giorgos@iacm.forth.gr, katerina@iacm.forth.gr

[1] Μαθηματικός Πρότυπο Γενικό Λύκειο Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης

[2]Ερευνητικό Προσωπικό (ΙΤΕ)

[3] Ειδικός Τεχνικός Επιστήμονας (ΙΤΕ)

[4] Διευθύντρια Ερευνών (ΙΤΕ)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σύμφωνα με την UNESCO, η εκπαίδευση είναι ένας βασικός άξονας της παγκόσμιας δράσης για την κλιματική αλλαγή, επειδή μπορεί να ενισχύσει τη γνώση, να επιτρέψει τη λήψη αποφάσεων με γνώμονα την ενημέρωση και να ενθαρρύνει αλλαγές συμπεριφοράς για την υιοθέτηση ενός πιο βιώσιμου τρόπου ζωής. Στην εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή, οι εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν μια σειρά από εμπόδια, μερικά από αυτά σχετίζονται με την πολυεπιστημονική φύση της κλιματικής αλλαγής ή τη μη κατανόηση της θεματικής από την πλευρά των μαθητών. Αδιαμφισβήτητα βέβαια, το πιο σημαντικό εμπόδιο προέρχεται από την έλλειψη κατάρτισης των εκπαιδευτικών σχετικά με την ανάπτυξη των απαραίτητων δεξιοτήτων και τη δημιουργία διδακτικού υλικού σχετικό με τη διδασκαλία της κλιματικής αλλαγής.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, το έργο Erasmus+ με τίτλο «Towards a new model of Teachers' Professional Competence Development on Climate Change» (Ακρωνύμιο: ClimaTePD, https://www.climatepd.eu), έχει στόχο να γεφυρώσει την εκπαίδευση για την αλλαγή του κλίματος και παράλληλα να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης να αναπτύξουν ψηφιακές δεξιότητες μέσω προγραμμάτων Επαγγελματικής Ανάπτυξης Εκπαιδευτικών ως μέσα για τη βελτίωση της διδασκαλίας τους και την ενσωμάτωση των ΤΠΕ στη δια ζώσης αλλά και στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *κλιματική αλλαγή, επαγγελματική ανάπτυξη, ψηφιακές δεξιότητες*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η στρατηγική Πράσινη Συμφωνία υποστηρίζει τη μετάβαση σε μια περιβαλλοντικά βιώσιμη και κλιματικά ουδέτερη οικονομία με σημαντικές επιπτώσεις στην απασχόληση και αλλά και στην κοινωνία γενικότερα (European Commission, 2019). Η απειλή της κλιματικής αλλαγής και η συνεχιζόμενη πανδημία υπογράμμισαν την ανάγκη για ψηφιακό μετασχηματισμό της εκπαίδευσης και περαιτέρω προσπάθειες αναβάθμισης των δεξιοτήτων των εκπαιδευτικών.

Η εκπαίδευση καθώς και η έρευνα και η καινοτομία διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο και επιδιώκουν να ενισχύσουν τη συμμετοχή των πολιτών στην κοινωνική καινοτομία (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Έρευνα και Καινοτομία για την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία). Η Μαρία Γκάμπριελ, η Ευρωπαία Επίτροπος για την Καινοτομία, την Έρευνα, τον Πολιτισμό, την Εκπαίδευση και τη Νεολαία, ανέφερε *ότι «η εκπαίδευση έχει βασικό ρόλο για να εμπνεύσει τη βιώσιμη συμπεριφορά και να βοηθήσει τους πολίτες να περάσουν από την ευαισθητοποίηση στη δράση. Τα σχολεία, τα ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, τα κέντρα κατάρτισης θα πρέπει να εξουσιοδοτηθούν και να παρέχουν ποιοτική εκπαίδευση για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα»* (European Commission, 2021).

Η κλιματική αλλαγή αντιμετωπίζεται ως μία δύσκολη θεματική από τους εκπαιδευτικούς ειδικά όταν καλούνται να σχεδιάσουν διδακτικό υλικό που σχετίζεται με επιστημονικά αποτελέσματα. Η εκπαίδευση για την αλλαγή του κλίματος δεν βασίζεται μόνο στην επιστήμη, αλλά και στην κοινωνική συμπεριφορά και τον ακτιβισμό. Συνδέεται στενά με το περιβάλλον και την οικονομία όπως και με την ισότητα και την κοινωνική οργάνωση. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι η εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή προάγει το προφίλ του πολίτη που είναι περιβαλλοντικά και κοινωνικά υπεύθυνος σε παγκόσμιο επίπεδο (Maki & Crosier, 2019).

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Το 2010, η UNESCO ξεκίνησε το πρόγραμμα για την Εκπαίδευση για την Κλιματική Αλλαγή και την Αειφόρο Ανάπτυξη (CCESD) ως εμβληματική δράση στην ολιστική προσέγγιση της Εκπαίδευσης για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη (ESD). Κύριος στόχος ήταν να συμπεριλάβει τομείς όπως το σχέδιο για τη μείωση των περιβαλλοντικών καταστροφών και τη συσχέτισή τους με την ηθική, το φύλο, την υγεία, τη μετανάστευση, τον τρόπο ζωής κ.α. Ο πρωταρχικός στόχος της UNESCO ήταν να δημιουργήσει μια σύνδεση μεταξύ της εκπαίδευσης, της κοινωνικής συμμετοχής και της δράσης σε τοπικό επίπεδο, τα οποία θεωρούνται και βασικά σημεία της βιώσιμης ανάπτυξης της CCESD (Becker, 2018).

Μέσω του προγράμματος CCESD, η UNESCO σχεδιάζει να δώσει έναν πιο κεντρικό και ουσιαστικό ρόλο στη διεθνή απάντηση για το κλίμα και την κλιματική κρίση. Ενεργώντας ως παγκόσμιος υποστηρικτής και με στόχο την ενίσχυση της δράσης των κυβερνήσεων να παρέχουν ποιοτική εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή, η UNESCO αντιμετωπίζει τις ανάγκες των πιο ευάλωτων πληθυσμών, παράγει και μοιράζεται γνώσεις, ενθαρρύνει την επανεξέταση του τρέχοντος μοντέλου προόδου και ενδυναμώνει τους ανθρώπους να ενεργούν και να βελτιώνουν την καθημερινή τους ζωή περιορίζοντας όσο είναι δυνατό τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης (π.χ. Mailumo, et al., 2018; Mochizuki & Bryan, 2015; Unesco, nd).

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), η οποία είναι το όργανο των Ηνωμένων Εθνών για την αξιολόγηση της επιστήμης που σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή (https://www.ipcc.ch/, ανακτήθηκε στις 2/7/2022), προσδιορίζει μια σειρά από εκπαιδευτικές επιλογές για την αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης, όπως τρόποι ενσωμάτωσης της εκπαίδευσης στην αλλαγή του κλίματος στα σχολικά προγράμματα, στην ισότητα των φύλων στην εκπαίδευση, στις διάφορες μορφές εκπαίδευσης ενηλίκων, στην άτυπη εκπαίδευση, στη συμμετοχική δημοκρατία και στην κοινωνική μάθηση, στην ανταλλαγή γνώσεων κτλ. (IPCC 2014, https://www.ipcc.ch/reports/, ανακτήθηκε στις 2/7/2022) (Reimers, 2021).

Η CCESD συμβάλλει στην αύξηση του γραμματισμού για την αλλαγή του κλίματος και στην ενθάρρυνση των αλλαγών συμπεριφοράς, καθώς αντιπροσωπεύει μια ολιστική και μαθητοκεντρική προσέγγιση στην εκπαίδευση, η οποία είναι συμμετοχική, προσανατολισμένη στη δράση και δυνητικά μετασχηματιστική (Robbins, et al., 2020). Η CCESD μπορεί να ακολουθήσει μια προσέγγιση που προάγει τη δημιουργικότητα και την κοινή συμμετοχή σε δραστηριότητες που επιτρέπουν τη διάδοση εξειδικευμένων γνώσεων και εμπειριών από ειδικούς, αντί να ακολουθεί την πιο παραδοσιακή μορφή εκπαίδευσης που βασίζεται στην παρουσίαση γνώσεων, πληροφοριών και θεωριών. Ο επαναπροσανατολισμός της εκπαίδευσης προς την αειφορία είναι κάτι παραπάνω από κρίσιμος, καθώς πρέπει να διευκολυνθεί και να προωθηθεί η συνεργασία μεταξύ όλων των εκπαιδευτικών φορέων, των μαθητών και της κοινωνίας στο σύνολό της, προάγοντας τη συνεργατική μάθηση και τονίζοντας παράλληλα τις διαφορετικές προοπτικές, μοντελοποιώντας έτσι μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση (Reimers, 2021).

Η διδασκαλία της κλιματικής αλλαγής συστήνεται να είναι διεπιστημονική, προσανατολισμένη στη δράση, με ενσωματωμένες βιωματικές δραστηριότητες και τέλος συμβατή με το πρόγραμμα σπουδών του σχολείου. Στο πλαίσιο ενός σχολείου «ανοιχτού» στην κοινωνία και βασισμένου στη δημοκρατική παιδεία, που πρεσβεύει και στηρίζει τον κοινωνικό μετασχηματιστικό του ρόλο, η CCESD διαμορφώνει τον προσανατολισμό και θέτει τους κύριους στόχους που καθορίζονται στη φύση και τις αρχές της. Συνοψίζοντας, η CCESD:

- θεωρεί το περιβάλλον ως σύνολο, φυσικό και ανθρωπογενές, τεχνολογικό και κοινωνικό (οικονομικό, πολιτικό, τεχνολογικό, ιστορικό-πολιτιστικό κ.λπ.)
- είναι μια συνεχής και δια βίου διαδικασία, η οποία ξεκινά από την προσχολική εκπαίδευση και συνεχίζεται σε όλες τις σχολικές βαθμίδες αλλά και την εξωσχολική εκπαίδευση
- υιοθετεί μια διεπιστημονική προσέγγιση, χρησιμοποιώντας τη γνώση κάθε επιστημονικού πεδίου για να επιτρέψει μια ολιστική και ισορροπημένη προοπτική με σκοπό να εξετάσει τα κύρια περιβαλλοντικά ζητήματα σε τοπικό, εθνικό και διεθνές επίπεδο αλλά και σε άλλες γεωγραφικές περιοχές
- επικεντρώνεται σε τρέχοντα και μελλοντικά περιβαλλοντικά ζητήματα

- επιμένει στην αναγκαιότητα τοπικής, εθνικής και διεθνούς συνεργασίας για την πρόληψη και επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων
- σχετίζεται με την περιβαλλοντική συνείδηση και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων που απευθύνονται σε όλες τις ηλικίες, με ιδιαίτερη έμφαση στους νέους
- τονίζει την πολυπλοκότητα των περιβαλλοντικών προβλημάτων και συνεπώς την ανάγκη ανάπτυξης δεξιοτήτων κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων
- χρησιμοποιεί τα διάφορα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα και μια μεγάλη ποικιλία εκπαιδευτικών προσεγγίσεων στη διδασκαλία και τη μάθηση, με έμφαση σε πρακτικές δραστηριότητες και προσωπικές εμπειρίες (Karamanou, 2018).

ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΠΕ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Στο Σχέδιο Δράσης για την Ψηφιακή Εκπαίδευση 2021-2027, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή απαρίθμησε ορισμένες κατευθυντήριες αρχές που είναι απαραίτητες για να διασφαλιστεί ότι *«η εκπαίδευση και η κατάρτιση προσαρμόζονται στον ψηφιακό μετασχηματισμό και βελτιώνουν περαιτέρω την ποιότητα της εκπαίδευσης στην Ευρώπη»*. Οι αρχές αυτές υπογραμμίζουν (1) τη σημασία της παροχής υψηλής ποιότητας και χωρίς αποκλεισμούς ψηφιακής εκπαίδευσης, η οποία σέβεται την προστασία των προσωπικών δεδομένων και τη δεοντολογία· (2) την ανάγκη για επένδυση στη συνδεσιμότητα και στον εξοπλισμό που θα διασφαλίσει ότι όλοι έχουν πρόσβαση στην ψηφιακή εκπαίδευση· (3) την ανάγκη να συμπεριληφθούν οι βασικές ψηφιακές δεξιότητες ως μέρος των βασικών δεξιοτήτων που θα πρέπει να έχει ο κάθε πολίτης σε προσωπικό επίπεδο· (4) τον κεντρικό ρόλο της ψηφιακής εκπαίδευσης στην αύξηση της ισότητας και της ένταξης· (5) την ανάγκη ενσωμάτωσης των ψηφιακών δεξιοτήτων ως βασικό στοιχείο της επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών, συμπεριλαμβανομένης της αρχικής εκπαίδευσής τους και (6) το βασικό ρόλο που έχουν οι ηγέτες της εκπαίδευσης στην ψηφιακή εκπαίδευση (European Commission, 2020).

Αυτές οι κατευθυντήριες αρχές υποστηρίζουν δύο στρατηγικές προτεραιότητες που η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αποφάσισε να ληφθούν σε επίπεδο ΕΕ: (1) την προώθηση της ανάπτυξης ενός ψηφιακού εκπαιδευτικού οικοσυστήματος υψηλής απόδοσης και (2) την ενίσχυση των ψηφιακών δεξιοτήτων και ικανοτήτων για τον ψηφιακό μετασχηματισμό. Όσον αφορά την πρώτη προτεραιότητα, η ΕΕ δέχεται ότι ο αποτελεσματικός σχεδιασμός και η ανάπτυξη ψηφιακών δεξιοτήτων είναι ζωτικής σημασίας για τα συστήματα εκπαίδευσης και κατάρτισης και επιπλέον ότι οι ψηφιακές δεξιότητες (συμπεριλαμβανομένων των ψηφιακών μεθόδων διδασκαλίας) είναι απαραίτητες στους εκπαιδευτικούς. Σε σχέση με το δεύτερο, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υποστηρίζει ότι η μετάβαση σε μια πράσινη και ψηφιακή οικονομία απαιτεί ισχυρές ψηφιακές ικανότητες. Αυτό σημαίνει ότι ο ψηφιακός γραμματισμός θα καταστεί απαραίτητος για την καθημερινή ζωή, ειδικά σε μια οικονομία που έχει υψηλές απαιτήσεις για τις προηγμένες ψηφιακές δεξιότητες (π.χ. αναλυτές δεδομένων, κυβερνοασφάλεια, προγραμματιστές λογισμικού, κ.α.). (https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/action-plan, ανακτήθηκε στις 4/7/2022)

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΕΣ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ

Οι εκπαιδευτικοί σήμερα πρέπει να αναπτύξουν μια σειρά διαφορετικών δεξιοτήτων, όπως κριτική σκέψη για την επίλυση προβλημάτων, καθώς και κοινωνικές και συναισθηματικές δεξιότητες, συμβαδίζοντας με τις τεχνολογικές αλλαγές. Επιπλέον, είναι πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς οι όλο και πιο ετερογενείς ομάδες μαθητών, η συνεργασία με συναδέλφους και άλλους επαγγελματίες, η δημιουργία συνεργασιών και η συμμετοχή σε διοικητικά καθήκοντα. Για να ανταποκριθούν σε όλες αυτές τις προσδοκίες, η επαγγελματική επάρκεια των εκπαιδευτικών πρέπει να γίνει κατανοητή ως μια σύνθετη έννοια. Η ανάπτυξη ψηφιακών δεξιοτήτων σίγουρα θα βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να αποκτήσουν επαγγελματικές δεξιότητες, όπως για παράδειγμα να αξιοποιούν τις γνώσεις και τις ικανότητές τους και να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με τις διδακτικές προσεγγίσεις και τις οδηγίες ακολουθώντας την τεχνολογική και την ψηφιακή ενσωμάτωση στην εκπαίδευση (OECD, 2019).

Τα σχήματα επαγγελματικής ανάπτυξης και η καθοδήγηση των εκπαιδευτικών αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για τον ψηφιακό μετασχηματισμό της εκπαίδευσης (Dulbecco, 2018). Η επιτυχία του μετασχηματισμού θα μπορούσε να βασιστεί σε μεγάλο βαθμό στη δυναμική που έχουν τα σχολεία να κινητοποιήσουν την εκπαιδευτική κοινότητα και να παροτρύνουν τους εκπαιδευτικούς να κάνουν χρήση ΤΠΕ στη διδασκαλία τους, με στόχο να αυξήσουν το ενδιαφέρον των μαθητών τους για τη μάθηση (Perriault, 2012). Οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές καλούνται να γίνουν ψηφιακά εγγράμματοι και να καλύψουν τη διαφορά με την ταχέως αναπτυσσόμενη ψηφιακή κοινωνία. Οι κυβερνήσεις και τα εκπαιδευτικά ιδρύματα καταβάλλουν κάθε δυνατή προσπάθεια για να παρέχουν διαδικτυακά περιβάλλοντα μάθησης με σκοπό να επιτύχουν ένα αρχικό στάδιο ψηφιακού γραμματισμού για το ευρύ κοινό και τα σχολεία (Nawaz & Kundi, 2010).

Όσον αφορά τις δεξιότητες των εκπαιδευτικών, προσδιορίζονται τρεις κύριοι τομείς: η εξειδίκευση στα ψηφιακά εργαλεία, η χρήση μεθόδων διδασκαλίας για συγκεκριμένη θεματική και η παιδεία στον ψηφιακό πολιτισμό και τα ψηφιακά μέσα (Aillerie, 2017). Η κατάρτιση είναι απαραίτητη για να παρέχει στους εκπαιδευτικούς τα εκπαιδευτικά εργαλεία να αποκτήσουν μεθοδολογική και τεχνική εξειδίκευση ενόψει των μετασχηματισμών που προκύπτουν από την ψηφιακή τεχνολογία (Djebara & Dubrac, 2015). Το 2009, στην έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, περίπου το ένα τρίτο των εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης δήλωσαν ότι δεν ήταν πεπεισμένοι για τα οφέλη της χρήσης των ΤΠΕ. Το ίδιο ποσοστό των εκπαιδευτικών είπε ότι το αντικείμενο που διδάσκουν δεν προσφέρεται για τη χρήση των ΤΠΕ. Αυτή η κατάσταση προκαλεί ιδιαίτερη έκπληξη δεδομένου ότι αυτοί οι εκπαιδευτικοί είναι όλοι χρήστες ΤΠΕ σε καθημερινή και προσωπική βάση, κάνουν χρήση ΤΠΕ για διοικητικά καθήκοντα ή για προετοιμασία μαθημάτων και αναγνωρίζουν, όπως και οι Ευρωπαίοι ομόλογοί τους, τη συνεισφορά των ΤΠΕ στα κίνητρα των μαθητών. Ενώ το 90% των δασκάλων δηλώνουν ικανοποιημένοι με τα ψηφιακά εργαλεία, μόνο τρεις στους δέκα θεωρούν ότι ο ηλεκτρονικός υπολογιστής βοηθά τους μαθητές να μάθουν κατά τη διάρκεια της σχολικής τους εκπαίδευσης (Chaptal, 2009).

Είναι αλήθεια ότι δεν προσφέρονται όλοι οι τύποι γνώσης και τεχνογνωσίας για τη χρήση ψηφιακών μέσων, και ότι ορισμένα είδη γνώσης και τεχνογνωσίας μπορούν να αποκτηθούν μόνο με ουσιαστική ανθρώπινη υποστήριξη και παρουσία (Alberto, 2011). Είναι σημαντικό όμως να δεχτούμε ότι η εκπαίδευσή και το σχολείο έχει μπει ήδη σε πορεία ψηφιακής μετάβασης. Αυτό το σημαντικό και πολύπλοκο έργο είναι ευθύνη όλων των ενδιαφερομένων και πρέπει να πραγματοποιηθεί συλλογικά (Pène, 2014).

ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΕΡΓΟ ERASMUS+ ClimaTePD ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΕΝΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Παρόλο που η κλιματική αλλαγή αποτελεί θέμα εξαιρετικά υψηλής προτεραιότητας, φαίνεται ότι δεν έχει ακόμη ενσωματωθεί στην πράξη και στα προγράμματα σπουδών των σχολείων πολλών ευρωπαϊκών χωρών. Επιπλέον, φαίνεται ότι δεν υπάρχει επαρκής αριθμός προγραμμάτων επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στις ευρωπαϊκές χώρες σχετικά με τη διδασκαλία μαθημάτων με διαθεματική προσέγγιση, τη χρήση των ΤΠΕ στην τάξη, την ενσωμάτωση θεμάτων STEMM (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική, Μαθηματικά, Ιατρική) στα προγράμματα σπουδών των σχολείων καθώς και την καθιέρωση νέων μεθόδων διδασκαλίας στις σχολικές τάξεις (European Commission, 2019).

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, ο ρόλος των εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης καθώς και η ανάπτυξη των επαγγελματικών τους ικανοτήτων που σχετίζονται με τη διάσταση της κλιματικής αλλαγής φαίνεται να είναι μείζονος σημασίας τόσο για την επίτευξη του 13ου Στόχου Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ, όσο και για την ενσωμάτωση της διάστασης για την αλλαγή του κλίματος χρησιμοποιώντας καινοτόμες εκπαιδευτικές πρακτικές διδασκαλίας.

Στο πλαίσιο των επιλεγμένων προτεραιοτήτων, το έργο Erasmus+ με τίτλο «Towards a new model of Teachers' Professional Competence Development on Climate Change» (Ακρωνύμιο: ClimaTePD) έχει στόχο να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης να αναπτύξουν δεξιότητες ψηφιακού γραμματισμού, να βελτιώσουν τις μεθόδους διδασκαλίας τους για την κλιματική αλλαγή και να μπορέσουν να ευαισθητοποιήσουν τους μαθητές τους σχετικά με την παγκόσμια απειλή της κλιματικής κρίσης. Το ClimaTePD (https://www.climatepd.eu, (συνεργασία για την καινοτομία και την ανταλλαγή καλών πρακτικών, ΚΑ226 - Συνεργασίες για την Ψηφιακή

Εκπαιδευτική Ετοιμότητα) έχει διάρκεια 24 μήνες (Απρίλιος 2021 - Μάρτιος 2023), και η κοινοπραξία αποτελείται συνολικά από πέντε εταίρους με Συντονιστή το Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΤΕ) και την Ομάδα Κοινωνικο-εκπαιδευτικής Έρευνας και Καινοτομίας.

Πιο συγκεκριμένα το έργο ClimaTePD στοχεύει να ενσωματώσει τη διάσταση της κλιματικής αλλαγής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και να υποστηρίξει τους εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης να αναπτύξουν ψηφιακές δεξιότητες μέσω προγραμμάτων Επαγγελματικής Ανάπτυξης Εκπαιδευτικών ως μέσα για τη βελτίωση της διδασκαλίας τους και την ενσωμάτωση των ΤΠΕ σε αυτή. Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, το ClimaTePD προχωρά στην ανάπτυξη συναντήσεων εργασίας σύγχρονης και ασύγχρονης εκπαίδευσης, καθώς και στο σχεδιασμό ενός ψηφιακού επιμορφωτικού προγράμματος βασισμένο σε διδακτικά σενάρια που θα καθοδηγούν τους εκπαιδευτικούς στην ανάπτυξη των δικών τους δραστηριοτήτων σε διαδικτυακά, διά ζώσης ή μικτά περιβάλλοντα μάθησης.

Οι επιμέρους στόχοι του προγράμματος είναι:

i) Η ανάπτυξη μιας διαδικτυακής πλατφόρμας ανοικτής πρόσβασης για το πρόγραμμα επιμόρφωσης αλλά και για τη συνεχή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών

Η πλατφόρμα υποστηρίζει:

- τη συμμετοχή των εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε δραστηριότητες κατάρτισης ώστε να βελτιώσουν τις ψηφιακές τους δεξιότητες και τη διδασκαλία τους,
- τις δραστηριότητες επαγγελματικής επιμόρφωσης που βασίζονται σε ψηφιακά σενάρια και άλλες εκπαιδευτικές στρατηγικές,
- τον αναστοχασμό και την ανατροφοδότηση των εκπαιδευτικών σχετικά με τη διδακτική τους πρακτική και την παρακολούθηση αυτής μέσω ενός πίνακα εργαλείων αναλυτικών στοιχείων μάθησης
- την παρακολούθηση των δραστηριοτήτων άλλων εκπαιδευτικών και παροχή εποικοδομητικού σχολιασμού, και
- την ανταλλαγή καλών πρακτικών στη ψηφιακή πύλη εκμάθησης, η οποία είναι διαθέσιμη, στην ηλεκτρονική πλατφόρμα.

ii) Η ανάπτυξη ενός Εγχειριδίου Κατευθυντήριων Γραμμών με καλές πρακτικές των εκπαιδευτικών σχετικά με την εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή. Το Εγχειρίδιο Κατευθυντήριων Γραμμών στοχεύει στην ανασκόπηση των βέλτιστων πρακτικών σε θέματα κλιματικής αλλαγής και στην παροχή υποστήριξης στους εκπαιδευτικούς για την επιτυχή ενσωμάτωσή της στις τάξεις τους. Το Εγχειρίδιο παρέχει, επίσης, κατευθυντήριες γραμμές για τη διευκόλυνση της συμμετοχής των εκπαιδευτικών στο επιμορφωτικό πρόγραμμα.

iii) Η ανάπτυξη ενός ψηφιακού αποθετηρίου για την εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή με ψηφιακά σενάρια και άλλες εκπαιδευτικές δραστηριότητες και πηγές

iv) Η ανάπτυξη ενός συνόλου προτάσεων χάραξης πολιτικής που σχετίζονται με το σχεδιασμό πολιτικών και προγραμμάτων σπουδών.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Διερεύνηση, περιγραφή και ανάλυση της τρέχουσας κατάστασης όσον αφορά την εφαρμογή της εκπαίδευσης για την κλιματική αλλαγή και την αειφορία σε όλη την Ευρώπη και με έμφαση στις πέντε χώρες της κοινοπραξίας του προγράμματος (Ελλάδα, Γερμανία, Βουλγαρία, Ισπανία, Τουρκία).

- Κλιματική αλλαγή και προκλήσεις ψηφιακής διδασκαλίας σε προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η κοινοπραξία επικοινωνεί και συνεργάζεται με εκπαιδευτικούς φορείς, φορείς χάραξης πολιτικής και επαγγελματίες προκειμένου να εντοπίσει τις προκλήσεις που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, μέσω της διερευνητικής μάθησης, της παιχνιδοποίησης και των ψηφιακών μεθόδων διδασκαλίας στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

- Ανάπτυξη ψηφιακών επιμορφωτικών σεναρίων στην εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή με μεθόδους διερευνητικής μάθησης, παιχνιδοποίησης και ψηφιακής διδασκαλίας. Με βάση τα αποτελέσματα από τις διήμερες συναντήσεις εργασίας σε κάθε χώρα-εταίρο, η κοινοπραξία αναπτύσσει ψηφιακά διδακτικά σενάρια για εκπαιδευτικούς σε θέματα κλιματικής αλλαγής. Τα σενάρια στοχεύουν στο να βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς να αναπτύξουν ικανότητες που σχετίζονται με (i) την ενσωμάτωση της διάστασης της κλιματικής αλλαγής στη διδασκαλία τους· (ii) τη χρήση μεθόδων διερευνητικής μάθησης και παιχνιδοποίησης κατά τη διδασκαλία σχετικά με την κλιματική αλλαγή και (iii) την ανάπτυξη ψηφιακών δεξιοτήτων και μεθόδων διδασκαλίας για την παροχή διδασκαλίας για την κλιματική αλλαγή σε δια ζώσης, διαδικτυακά και μικτά περιβάλλοντα μάθησης. Τα σενάρια ψηφιακής επιμόρφωσης αναπτύσσονται στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, οι οποίες πραγματοποιούνται μέσω μιας ηλεκτρονικής πλατφόρμας ανοικτής πρόσβασης για την επιμόρφωση εκπαιδευτικών εντός του πλαισίου υλοποίησης του έργου ClimaTePD. Αυτή η πλατφόρμα λειτουργεί και ως ψηφιακή βάση δεδομένων και ψηφιακό αποθετήριο, που παρέχει στους εκπαιδευτικούς χρήσιμο υλικό για τη δημιουργία και την ανάπτυξη των δικών τους σεναρίων.

- Ανάπτυξη και συντήρηση μιας διαδικτυακής πλατφόρμας ανοιχτής πρόσβασης για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στην εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή με διερευνητική μάθηση, παιχνιδοποίηση και ψηφιακές μεθόδους διδασκαλίας. Μια ανοιχτής πρόσβασης ψηφιακή και διαδραστική πλατφόρμα που υποστηρίζει τις δραστηριότητες επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης καθώς και τον αναστοχασμό και την αξιολόγηση των επιμορφούμενων εκπαιδευτικών.

- Επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για την εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή με διερευνητική μάθηση, παιχνιδοποίηση και ψηφιακές μεθόδους διδασκαλίας. Τουλάχιστον 250 εκπαιδευτικοί που υπηρετούν στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση συμμετέχουν σε δραστηριότητες κατάρτισης στις πέντε χώρες της κοινοπραξίας μέσω μιας μεθοδολογίας βασισμένης στη διερευνητική μάθηση και άλλων μεθόδων διδασκαλίας, όπως είναι η αφήγηση ιστοριών, η συζήτηση και τα διλήμματα προκειμένου να αντιμετωπιστούν κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή.

- Ανάπτυξη εγχειριδίου κατευθυντήριων γραμμών των καλών πρακτικών για την εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή με διερευνητική μάθηση, παιχνιδοποίηση και ψηφιακές μεθόδους διδασκαλίας. Το Εγχειρίδιο Οδηγιών στοχεύει στην ανασκόπηση και τη σύνθεση βέλτιστων πρακτικών για την υποστήριξη των εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τον τρόπο ενσωμάτωσης της εκπαίδευσης για την κλιματική αλλαγή, της διερευνητικής μάθησης, της παιχνιδοποίησης και των ψηφιακών μεθόδων διδασκαλίας σε διαδικτυακά, διά ζώσης ή μικτά περιβάλλοντα μάθησης.

- Ψηφιακό αποθετήριο καλών πρακτικών για την εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή με διερευνητική μάθηση, παιχνιδοποίηση και ψηφιακές μεθόδους διδασκαλίας. Η συμμετοχή των εκπαιδευτικών σε επιμορφωτικές δραστηριότητες, η διαδραστική επικοινωνία και η ανατροφοδότηση μέσω της διαδικτυακής πλατφόρμας ανοιχτής πρόσβασης οδηγούν στην ανάπτυξη και τη διατήρηση ενός ψηφιακού αποθετηρίου που αποθηκεύει τις καλές πρακτικές των εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για την εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή, τη διερευνητική μάθηση, την παιχνιδοποίηση και τις ψηφιακές μεθόδους διδασκαλίας.

- Προτάσεις πολιτικής για την ενσωμάτωση της κλιματικής αλλαγής με τη διερευνητική μάθηση, την παιχνιδοποίηση και τις ψηφιακές μεθόδους διδασκαλίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Ένα σύνολο προτάσεων πολιτικής για τους υπεύθυνους χάραξης εκπαιδευτικής

πολιτικής και τους ενδιαφερόμενους φορείς, εστιάζοντας σε μια πιο ολιστική διάσταση της ένταξης της εκπαίδευσης για την αλλαγή του κλίματος στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΣ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ClimaTePD στοχεύει στο σχεδιασμό εκπαιδευτικών πολιτικών, προγραμμάτων Επαγγελματικής Ανάπτυξης Εκπαιδευτικών και αναλυτικών προγραμμάτων σπουδών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση σχετικά με την εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή. Πιο συγκεκριμένα, το ClimaTePD αναμένεται να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα των διδακτικών προσεγγίσεων και μεθόδων για την εισαγωγή της θεματικής της κλιματικής αλλαγής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση τόσο σε τοπικό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Σε επίπεδο ΕΕ, το έργο ευθυγραμμίζεται με τις βασικές προτεραιότητες του προγράμματος Erasmus+, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών και των κλιματικών στόχων και ως εκ τούτου έχει τη δυνατότητα να συμβάλλει και στην ενίσχυση του επαγγέλματος του εκπαιδευτικού με τη διάδοση της τεχνολογικά βελτιωμένης διερευνητικής μάθησης όπως και με τη βελτίωση του ψηφιακού γραμματισμού των εκπαιδευτικών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Alberto, B. (2011). Le couplage entre pédagogie et technologies à l'université: cultures d'action et paradigmes de recherche. *Revue Internationale des Technologies en Pédagogie Universitaire*, pp. 11-21.

Aillerie, K. (2017). Le « numérique éducatif » à l'épreuve des pratiques scolaires : petits arrangements avec le marché. *Hermès*, 23-30.

Becker G. (2018). "*Lifelong Learning and Education in Healthy and Sustainable Cities*", (World Sustainability Series. Springer), Chapter: Climate Change Education for Sustainable Development in Urban Educational Landscapes and Learning Cities: Experiences Perspectives from Osnabrück, pp. 439-469, DOI: 10.1007/978-3-319-69474-0_26.

Chaptal, A. (2009). Mémoire sur la situation des TICE et quelques. *Sciences et Technologies de l' information et de la Communication pour l'Education et la Formation.*

Djebara, A., & Dubrac, D. (2015). *La pédagogie numérique : un défi pour l'enseignement supérieur.* Les éditions des journaux officiels.

European Commission, (2021). "*Education for a greener, more sustainable Europe: Share your ideas!*"

European Commission, (2021). Digital Education Action Plan 2021-2027: Resetting education and training for the digital age.

European Commission, (2020). Digital Education Action Plan 2021-2027, Resetting education and training for the digital age. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.

European Commission, (2019). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, "*The European Green Deal*", pp.1-24

Karamanou C., (2018). "Environmental education for sustainability in the modern school: teachers' perceptions and practices. The case of primary education teachers in Ioannina", BSc Thesis, Hellenic Open University, Patras, Greece

Mäki J. & Crosier D., (2019). European Commision, EACEA National Policies Platform - Eurydice, "*How can education contribute to awareness and action on climate change?*"

Mailumo D., Igbe S., MailumoP. (2018). "*Handbook of Climate Change Resilience*", (Leal Filho W. ed. - Springer), Chapter: Climate Change Education for Sustainable Development: Lessons for Nigeria, pp. 1-14, DOI: 10.1007/978-3-319-71025-9_170-1.

Mochizuki Y. & Bryan A., (2015). "*Climate Change Education in the Context of Education for Sustainable Development: Rationale and Principles*", Journal of Education for Sustainable Development, v. 9 (1), pp. 4-26, DOI: 10.1177/0973408215569109.

Nawaz, A. & Kundi, G. M. (2010). Digital literacy: An analysis of the contemporary paradigm. *Journal of Science and Technology Education Research*, 19-29.

OECD. (2019) "A Flying Start: Improving Initial Teacher Preparation Systems - Chapter 4. How can initial teacher preparation equip teachers with updated knowledge and competences?", DOI: 10.1787/cf74e549-en

Pène, S. A.-P. (2014). *Jules Ferry 3.0 : Bâtir une école créative et juste dans un monde numérique*.

Récupéré sur CNNum.
Perriault, J. (2012). *Éducation et nouvelles technologies. Théories et pratiques.* Nathan université.
Reimers F. M., (2021). Education and Climate Change:The Role of Universities, International Explorations in Outdoor and Environmental Education, Springer
Robbins D., Torney T., Brereton P., (2020). "Ireland and the Climate Crisis", Palgrave Studies in Media and Environmental Communication, Palgrave Macmillan, Springer, DOI: 10.1007/978-3-030-47587-1
Unesco, (n.d.). "*Education for climate action*", https://en.unesco.org/themes/education-sustainable-development/cce, ανακτήθηκε στις 5/7/2022

Διδασκαλία εννοιών της μηχανικής και στοιχείων της φύσης των Φυσικών Επιστημών μέσα από ένα STEM project

Κουμαρά Άννα[1], Μπακάλογλου Μιχάλης[2], Πολάτογλου Χαρίτων[3]
anniekmr@gmail.com, mimpaka@gmail.com, hariton@auth.gr
[1]Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, STEM Education
[2]Επιστημονικός Υπεύθυνος STEM Education Θεσσαλονίκης, STEM Education
[3]Καθηγητής Τμήματος Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αφορά στην ανάπτυξη ενός STEM project που εφαρμόστηκε σε STEM summer camp για μαθητές Γυμνασίου. Οι μαθητές συμμετείχαν εξαρχής στην ανάπτυξη και υλοποίηση του project, το οποίο αφορούσε τη δημιουργία ενός αλεξίπτωτου, πτώση του και καταγραφή της επιτάχυνσής του με μεθόδους physical computing. Στην άκρη του αλεξίπτωτου τοποθετήθηκε ένα micro:bit, το οποίο κατά την πτώση του μετέδιδε δεδομένα σε δεύτερο micro:bit με το οποίο ήταν συνδεδεμένο μέσω Bluetooth. Προκειμένου να γίνει ασφαλής πτώση της συγκεκριμένης μάζας, μελετήθηκε το σχήμα, το υλικό και το μέγεθος του θόλου. Για την ολοκλήρωση του αλεξίπτωτου απαιτήθηκε τρισδιάστατη σχεδίαση του θόλου και μετατροπή σε ανάπτυγμα με χρήση κατάλληλου λογισμικού και τρισδιάστατη εκτύπωση.

Στόχος ήταν η διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών, το να κατανοήσουν οι μαθητές πώς εφαρμόζονται αυτές οι έννοιες στον πραγματικό κόσμο και πώς τον επηρεάζουν. Παράλληλα, επιχειρήθηκε να ενσωματωθεί διδασκαλία με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο χαρακτηριστικών της φύσης των Φυσικών Επιστημών.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μαθητές ανταποκρίθηκαν θετικά στη δραστηριότητα, πέτυχαν τους στόχους που είχαμε θέσει και διεύρυναν τις γνώσεις τους, συμμετέχοντας στην υλοποίηση του project.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Εκπαίδευση STEM, Physical Computing, Φύση των Φ.Ε.*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η σχεδίαση και υλοποίηση ενός STEM project για μαθητές Γυμνασίου. Αφορά την κατασκευή ενός αλεξίπτωτου και μελέτη της πτώσης του με μεθόδους physical computing. Στόχος, πέρα από την εμπλοκή των μαθητών στη διαδικασία υλοποίησης ενός project και διδασκαλίας προγραμματισμού, είναι να διδαχθούν έννοιες των Φυσικών Επιστημών και να συζητηθούν χαρακτηριστικά της φύσης των Φυσικών Επιστημών.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Για την αποτελεσματική διδασκαλία των εννοιών των Φυσικών Επιστημών έχουν προταθεί πολλές μέθοδοι και εργαλεία, με χρήση της Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας. Μία από τις πιο διαχρονικές μεθόδους είναι η ανακαλυπτική – διερευνητική μέθοδος με τα τέσσερα επίπεδα διερεύνησης (Heron, 1971). Με αυτήν εναρμονίστηκε η εκπαίδευση STEM, η νέα μεγάλη τάση στην εκπαίδευση των θετικών κλάδων, στην οποία χρησιμοποιούνται έννοιες και μέθοδοι των Φυσικών Επιστημών, επιτεύγματα της τεχνολογίας, εργαλεία των μαθηματικών και η διαδικασία σχεδιασμού (design process) της μηχανικής. Διακρίνεται από υπερθματικότητα, όπου όλοι οι κλάδοι ενώνονται σε εφαρμογές του πραγματικού κόσμου. Τα θέματα που επιλέγονται προς συζήτηση - διερεύνηση είναι

γνωστά στα παιδιά, προσαρμοσμένα στις ικανότητες και τις γνώσεις της ηλικίας τους. Συνεπώς ένα σχέδιο μαθήματος STEM θα αναφέρει τι περιέχεται από κάθε κλάδο. Πρόκειται για μαθητοκεντρική μάθηση, όπου ο δάσκαλος έχει το ρόλο του μέντορα και καθοδηγητή. Ενθαρρύνεται η ανάπτυξη ήπιων δεξιοτήτων (soft skills) από τους μαθητές, όπως η δημιουργικότητα, η συνεργασία, η επικοινωνία, η κριτική σκέψη και η επίλυση προβλημάτων. Προσφέρεται για την ανάπτυξη και υλοποίηση ολοκληρωμένων έργων (projects) και η μάθηση γίνεται βιωματική (Sapounidis & Alimisis, 2020; Antonopoulos & Skoumios, 2019; Kelley & Knowles, 2016).

Κομμάτι του STEM είναι η Εκπαιδευτική Ρομποτική, στην οποία η εκπαίδευση περιλαμβάνει ρομποτικές διατάξεις, συνήθως με χρήση κάποιου κιτ, είτε ως μέσο είτε ως αντικείμενο διδασκαλίας. Τα πιο γνωστά κιτ ρομποτικής που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι το LEGO® WeDo 2.0, το LEGO® Mindstorms EV3, το Maqueen, το VEX, το Beebot, το Thames and Cosmos Kids' First Coding, κλπ. Η Εκπαιδευτική Ρομποτική αποτελείται από δύο άξονες, τον κατασκευαστικό και τον προγραμματιστικό. Το κιτ δίνει λύσεις για τον πρώτο. Ο εγκέφαλος της κατασκευής προγραμματίζεται είτε με συγκεκριμένο πρόγραμμα που παρέχεται από τον κατασκευαστή, είτε με λογισμικό ανοιχτού κώδικα. Στη βιβλιογραφία βρίσκουμε αρκετές δουλειές που γίνεται χρήση των ρομποτικών διατάξεων για τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών (π.χ. Ferrerelli & Iocchi, 2021; Glezou, 2021; Theodoropoulou, et al, 2021; D'Amico, et al, 2020).

Επίσης είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν υλικά πέρα από οργανωμένο κιτ, τα οποία προγραμματίζονται με χρήση μίας πλακέτας μικρο-ελεγκτή. Οι μικρο-ελεγκτές περιλαμβάνουν διαδραστικά συστήματα που αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον μέσω των αισθητήρων που διαθέτουν και δίνουν ένα αποτέλεσμα στην έξοδο, όπως παραγωγή φωτός, ήχου ή λειτουργία ενός κινητήρα. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται Physical Computing. Οι πιο γνωστοί μικρο-ελεγκτές είναι το Arduino και το BBC micro:bit και χρησιμοποιούνται πλέον συχνά στην εκπαίδευση (π.χ. Wahyuni, et al, 2021; Teiermayer, 2019; Kinchin, 2018). Σημαντική είναι η δυνατότητα που δίνεται για μέτρηση φυσικών μεγεθών, ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τις φυσικές έννοιες και τη σπουδαιότητα των μετρήσεων.

Στο project που περιγράφεται στην εργασία θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα αλεξίπτωτο από καθημερινά υλικά και να μετρήσουμε φυσικά μεγέθη κατά την πτώση του. Επιδιώκουμε να διδάξουμε έννοιες της μηχανικής και χαρακτηριστικά της φύσης των Φυσικών Επιστημών σε μαθητές Γυμνασίου (βλ. ενότητα περιγραφής του project).

Επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε τον μικρο-ελεγκτή BBC Micro:bit, γιατί προγραμματίζεται σε γλώσσα ανοιχτού κώδικα, είτε με προγραμματισμό πλακιδίων (block-based) ή την Python, γλώσσες γνωστές σε μαθητές Γυμνασίου, χωρίς να απαιτείται μεγάλος χρόνος και κόπος για τον προγραμματισμό, καθώς ένα μειονέκτημα που έχει παρατηρηθεί σε project με Physical Computing είναι ότι χάνεται χρόνος για τον προγραμματισμό και δεν προλαβαίνουν να εμβαθύνουν σε άλλες πτυχές του project. Χρήσιμη είναι η δυνατότητα μετάδοσης μηνυμάτων ανάμεσα σε δύο micro:bit με χρήση Bluetooth, ώστε το ένα micro:bit να συνδεθεί στο αλεξίπτωτο και το άλλο είναι συνδεδεμένο με τον υπολογιστή και να λαμβάνει τα μηνύματα. Τέλος, το χαμηλό του κόστος καθιστά δυνατό τον εξοπλισμό του στα σχολεία, οπότε το project μας θα μπορούσε να αναπαραχθεί από συναδέλφους (Wahyuni, et al, 2021; Teiermayer, 2019).

Στα σύγχρονα προγράμματα σπουδών, με την έννοια «διδασκαλία» εννοείται η συμπερίληψη α) του σώματος γνώσεων, β) των μεθόδων διερεύνησης και γ) η κατανόηση του πώς λειτουργεί η επιστήμη, δηλαδή η φύση των Φ.Ε. (Lederman et al, 2014b. Σχετικά με το τελευταίο, υπάρχει βιβλιογραφία για τη διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. μέσα από μαθήματα μηχανικής (π.χ. D'Kent-Schneider & Kruse, 2020), δεν έχουμε βρει όμως αντίστοιχη δουλειά με χρήση μικρο-ελεγκτή.

Με τον όρο «φύση των Φ.Ε.» ονομάζονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των Φυσικών Επιστημών που τη διαφοροποιούν από άλλους κλάδους. Είναι εγγενή με τον τρόπο ανάπτυξης των Φυσικών Επιστημών και σχετίζεται με τη φιλοσοφία, την ιστορία, την κοινωνιολογία και τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Εδώ υιοθετούμε την προσέγγιση της ομάδας Lederman (Lederman et al, 2014a; 2014b), που διαχωρίζει τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης και της επιστημονικής διερεύνησης, και θεωρεί ότι οι μαθητές σχολικής ηλικίας είναι ικανοί να κατανοήσουν.

Τα χαρακτηριστικά της φύσης της επιστημονικής γνώσης είναι τα εξής (Lederman et al, 2014b): 1) Η επιστημονική γνώση είναι εμπειρική, 2) η επιστημονική γνώση είναι συμπερασματικής φύσης, οι παρατηρήσεις είναι διαφορετικές από τα συμπεράσματα, 3) η επιστημονική γνώση εμπεριέχει δημιουργικότητα, 4) παρόλο που η αντικειμενικότητα είναι ο στόχος, η υποκειμενικότητα ανάμεσα

στους επιστήμονες είναι αναπόφευκτη, 5) η επιστημονική γνώση έχει διάρκεια, αλλά μπορεί να αλλάξει υπό το φως νέων δεδομένων, 6) Οι Επιστημονικοί Νόμοι και οι Επιστημονικές Θεωρίες είναι διαφορετικό είδος γνώσης, και 7) οι Φυσικές Επιστήμες είναι ενσωματωμένες στον εκάστοτε πολιτισμό. Τα χαρακτηριστικά της φύσης της επιστημονικής διερεύνησης είναι τα εξής (Lederman et al, 2014a): 1) Οι διαδικασίες της επιστημονικής έρευνας καθορίζονται από την ερώτηση, 2) τα δεδομένα δεν είναι το ίδιο με τις ενδείξεις, 3) οι επεξηγήσεις αναπτύσσονται από τα δεδομένα και όσα είναι ήδη γνωστά, 4) οι επιστημονικές έρευνες ξεκινούν με μία ερώτηση, 5) υπάρχουν πολλές επιστημονικές μέθοδοι, 6) οι ίδιες διαδικασίες μπορεί να μην οδηγήσουν στα ίδια αποτελέσματα, 7) οι διαδικασίες μπορεί να επηρεάσουν τα αποτελέσματα, και 8) τα συμπεράσματα πρέπει να είναι συμβατά με δεδομένα που έχουν συλλεχθεί

Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι για την καλύτερη κατανόηση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. είναι απαραίτητο η διδασκαλία τους να γίνεται με σαφή και αναστοχαστικό τρόπο, δηλαδή να συζητούνται διεξοδικά με τους μαθητές τα χαρακτηριστικά που ανακύπτουν σε κάθε δράση και όχι να διαχέονται μέσα στο μάθημα, αφήνοντας τους μαθητές να τα κατανοήσουν. Οι μαθητές καλούνται να μιλάνε για κάθε χαρακτηριστικό, να συζητάνε απορίες τους, ώστε να επιτυγχάνεται η αποτελεσματική μάθησή τους (Lederman et al, 2014b).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΟΥ PROJECT

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν προτάσεις για κατασκευή αλεξίπτωτου για διάφορες ηλικίες και συνδυάζεται με τη μελέτη της ελεύθερης πτώσης, της αντίστασης του αέρα και δίνεται πλήρες σχέδιο μαθήματος, με πιο αναπτυγμένα μαθηματικά (Zhibin et al, 2021; Bozzo, 2020), με μελέτη διαγραμμάτων (Gluck, 2003) ή ποιοτικά (Leavy et al, 2021). Οδηγίες και σχέδια μαθήματος παρέχουν και μεγάλοι οργανισμοί όπως η NASA (https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/parachute-design/), η IEEE (Playing with Parachutes - TryEngineering.org Powered by IEEE) και η ESA (https://www.esa.int/Education/CanSat/Design_your_parachute_A_Guide_to_Landing_Your_CanSat_Safely_Teach_with_Space_T10).

Στην παρούσα εργασία, σχεδιάζουμε μαζί με τους μαθητές εξαρχής ένα αλεξίπτωτο, γίνεται έρευνα για την επιλογή του κατάλληλου σχήματος και υλικού για το θόλο, ώστε να συνδεθεί το micro:bit και να πέσει με ασφάλεια. Προτείνουμε να μη γίνει αναλυτική διερεύνηση τύπων, να μην υπεισέρθουμε σε σύνθετους μαθηματικούς υπολογισμούς συντελεστών, αλλά να γίνει ποιοτική κατανόηση των μεγεθών και εισαγωγή των μαθητών στο physical computing. Θεωρούμε ότι η διαδικασία του σχεδιασμού είναι το σημαντικότερο κομμάτι του project, στην οποία επιθυμούμε οι μαθητές να εμπλακούν ενεργά, ώστε να αντιληφθούν τη σπουδαιότητα κάθε παραμέτρου σε κάθε στάδιο του project, να εμβαθύνουν στο μηχανικό σχεδιασμό, να αντιληφθούν βιωματικά τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών που ανακύπτουν και να αντιληφθούν πιο αποτελεσματικά τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φυσικών Επιστημών. Παράλληλα, καλλιεργούν τις ήπιες δεξιότητες, όπως η συνεργασία, η επικοινωνία, η κριτική σκέψη και η δημιουργικότητα.

Τα ερευνητικά ερωτήματα αφορούν το βαθμό που οι μαθητές μπορούν 1) να υλοποιήσουν το project, 2) να εμβαθύνουν στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών και 3) να κατανοήσουν τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. που αναδεικνύονται. Επίσης, 4) το πώς η φύση των Φυσικών Επιστημών μπορεί να συνεισφέρει σε STEM project.

Τα στάδια του project, η συμμετοχή των παιδιών σε αυτά και οι στόχοι που περιμένουμε να πετύχουμε είναι τα εξής:

- Αφόρμηση: Εισαγωγή των μαθητών στο project, ώστε να κατανοήσουν τι τους ζητείται
- Έρευνα: Μέσα από τη συζήτηση και με έρευνα από πηγές του διαδικτύου, αποφασίζεται πώς θα κατασκευαστεί ολόκληρο το project και ποια εργαλεία θα χρησιμοποιηθούν. Οι μαθητές δουλεύουν σε επιμέρους ομάδες των δύο ατόμων και ανά τακτά χρονικά διαστήματα γίνεται συζήτηση στην ολομέλεια. Στόχος η εντρύφηση στη διαδικασία του project και η εμβάθυνση στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Στο σημείο αυτό έγινε διδασκαλία των βασικών εντολών για τη χρήση του micro:bit.

- Κατασκευαστικό κομμάτι: κατασκευή όλων των μερών του αλεξίπτωτου, οι μαθητές εμβαθύνουν στο μηχανικό σχεδιασμό.
- Προγραμματιστικό κομμάτι: Οι μαθητές προγραμματίζουν τα δύο micro:bit και καλλιεργούν δεξιότητες αλγοριθμικής σκέψης.
- Εφαρμογή: οι μαθητές συμμετέχουν στη διαδικασία της πτώσης του αλεξίπτωτου και σημειώνουν τις παρατηρήσεις τους που θα συζητηθούν στη συνέχεια.
- Συζήτηση και συμπέρασμα: οι μαθητές εκθέτουν τι κατανόησαν από το όλο project και πώς επηρεάζει η κάθε παράμετρος την πτώση. Εδώ γίνεται η διεξοδική συζήτηση για τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φυσικών Επιστημών.

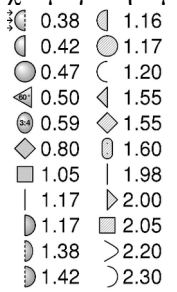
Έγινε πιλοτική εφαρμογή του project με 6 μαθητές στις αρχές Ιουλίου του 2022 στον STEM Education Θεσσαλονίκης.

ΑΦΟΡΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑ

Η αφόρμηση για το project δίνεται με ένα παιχνίδι-αλεξιπτωτιστή που μοιράζεται στους μαθητές, ώστε να το παρατηρήσουν, να το δοκιμάσουν, να περιγράψουν τον τρόπο πτώσης και να σκεφτούν ποια είναι τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα αλεξίπτωτο. Οι μαθητές, δηλαδή, έχουν να λύσουν ένα πραγματικό πρόβλημα.

Ακολουθεί έρευνα από τους μαθητές στο διαδίκτυο για να καθοριστεί πώς θα σχεδιαστεί το δικό μας αλεξίπτωτο. Πέρα από τις ιστοσελίδες που θα βρουν οι ίδιοι, δίνονται τα project της NASA, της ESA και της IEEE προς μελέτη. Προκειμένου να το λάβουν υπόψη τους, ανακοινώνουμε στους μαθητές ότι το micro:bit έχει την ιδιότητα να συνδέεται με δεύτερο micro:bit μέσω Bluetooth. Χρησιμοποιώντας αυτή τη δυνατότητα, θα «κρεμάσουμε» το ένα micro:bit στη βάση του αλεξίπτωτου, να το συνοδεύει στην πτώση και να στέλνει δεδομένα σε δεύτερο micro:bit που θα είναι συνδεδεμένο με υπολογιστή. Για να λειτουργεί το απομακρυσμένο micro:bit είναι απαραίτητο να είναι συνδεδεμένο με μπαταριοθήκη. Ακολουθεί συζήτηση, όπου κατά τις απαντήσεις των μαθητών, συζητούνται οι έννοιες της ταχύτητας, της επιτάχυνσης, του χρόνου, της απόστασης, του βάρους και της αντίστασης του αέρα. Σχετικά με τη Μηχανική, συζητείται η ανάγκη συγκεκριμένων ιδιοτήτων στα αντικείμενα που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος για να πετύχει τη βέλτιστη λύση στα προβλήματα που αντιμετωπίζει.

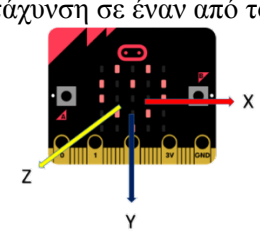
Από τη συζήτηση στο τέλος της έρευνας, αποφασίσαμε να τοποθετήσουμε το micro:bit με τη μπαταριοθήκη σε πλαστικό ποτήρι, να σχεδιάσουμε ένα δακτύλιο που θα ενώνει μέσω σπάγκου το ποτήρι με το θόλο και συζητήσαμε για το σχήμα του θόλου. Για να αποφύγουμε τους μαθηματικούς τύπους, δείξαμε στους μαθητές την εικόνα του σχήματος 1, όπου αναφέραμε ότι όσο μεγαλύτερη η τιμή του συντελεστή οπισθέλκουσας, τόσο μεγαλύτερη η οπισθέλκουσα δύναμη, άρα τόσο ομαλότερα θα πέσει το αλεξίπτωτο. Απαραίτητη ήταν η αναφορά στον αριθμό Reynolds, όπου ποιοτικά εξηγήσαμε στα παιδιά ότι σχετίζεται με τη ροή του αέρα (ο οποίος είναι ένα ρευστό). Στην περίπτωση του αλεξίπτωτου, έχουμε τυρβώδη ροή και έχει μεγάλη τιμή.



Σχήμα 1: *Πίνακας του συντελεστή οπισθέλκουσας δύναμης κατά αύξουσα σειρά για πρίσματα (δεξιά) και στρογγυλεμένα σχήματα (αριστερά) για αριθμούς Reynolds μεταξύ 10^4 και 10^6 με ροή από τα αριστερά. Πηγή https://en.wikipedia.org/wiki/Drag_coefficient*

Προγραμματιστικά, πριν από την εφαρμογή, οι μαθητές διδάσκονται τον τρόπο λειτουργίας του micro:bit και εξοικειώνονται με το περιβάλλον προγραμματισμού με μικρές ασκήσεις και ιδιαίτερα με

το επιταχυνσιόμετρο. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το έτοιμο μάθημα από το makecode.microbit.org/ (https://makecode.microbit.org/projects/guitar/accelerometer). Σημαντικό για το project είναι να γνωρίζουμε το σύστημα συντεταγμένων του micro:bit, όπως φαίνεται στο σχήμα 2. Το micro:bit μπορεί να μετράει την επιτάχυνση σε έναν από τους τρεις άξονες x, y, z.



Σχήμα 2: *Άξονες συντεταγμένων στο BBC micro:bit*

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΑΛΕΞΙΠΤΩΤΟΥ

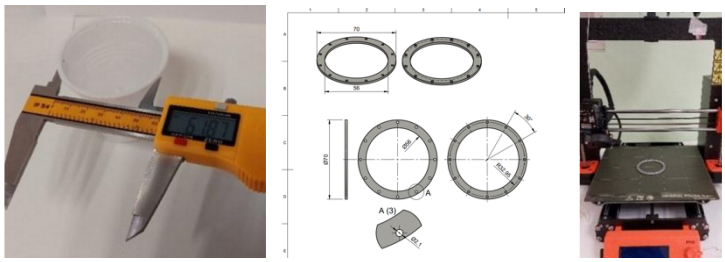
Ζυγίσαμε την μπαταριοθήκη και το micro:bit και η μάζα τους είναι περίπου 74 gr. Συγκεκριμένα, επαναλάβαμε το ζύγισμα 5 φορές με ζυγαριά εργαστηρίου με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων και ο μέσος όρος βγήκε ίσος με 73,54. Αυτό αποτέλεσε αφορμή να συζητήσουμε για τα σφάλματα στις μετρήσεις. Προκειμένου η ρίψη των ηλεκτρονικών στοιχείων να γίνει με ασφάλεια, αποφασίσαμε να τα τοποθετήσουμε σε μικρό πλαστικό ποτήρι. Η αρχική και η τελική τοποθέτηση φαίνονται στα σχήματα 3α και 3β, όπου παρατηρείται η εξέλιξη της ιδέας. Στο σχήμα 3α η πλακέτα και η μπαταριοθήκη είναι τοποθετημένα χωριστά, με βαμβάκι κολλημένο στον πάτο του ποτηριού για να περιοριστεί η δύναμη από την κρούση, ενώ στη δεύτερη έχουμε στερεώσει με χαρτοταινία την πλακέτα, σε οριζόντια θέση, με την μπαταριοθήκη, σφηνωμένα στο ποτήρι, το οποίο δρα ως αντικραδασμικό. Ο βασικός λόγος της αλλαγής ήταν ο σταθερός προσανατολισμός που απαιτείται στο micro:bit, ώστε να κρατούνται σταθεροί οι δύο άξονες και να παρακολουθούμε τις μεταβολές στον τρίτο, όπως περιγράφηκε παραπάνω.

Σχήμα 3α: *Αρχική τοποθέτηση*

Σχήμα 3β: *Τελική τοποθέτηση*

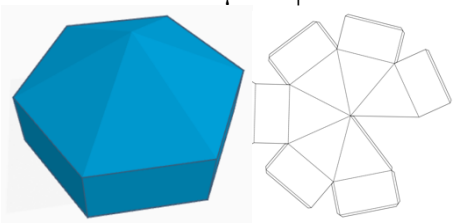
Ο θόλος με το ποτήρι ενώνονται με σπάγκο. Για τη σύνδεση με το ποτήρι, αποφασίσαμε να δημιουργήσουμε και να εκτυπώσουμε με τρισδιάστατο εκτυπωτή ένα δακτύλιο, που θα εφαρμόζει στο ποτήρι, πάνω στον οποίο είναι οι τρύπες για να περάσει ο σπάγκος. Προκειμένου να μετρήσουμε τη διάμετρο του εσωτερικού και του εξωτερικού κύκλου, χρησιμοποιήσαμε αρχικά χάρακα, ο οποίος όμως είδαμε ότι δεν μας παρέχει την απαιτούμενη ακρίβεια, συν ότι δεν μπορούσαμε να είμαστε σίγουροι για το κέντρο του κύκλου. Οι μαθητές πρότειναν να σχεδιάσουμε την προβολή του ποτηριού σε χαρτί και να μετρήσουμε ξανά με χάρακα και διαβήτη. Όμως, στην περίπτωση αυτή δεν σχεδιάζαμε τον εσωτερικό κύκλο, παρά τον εξωτερικό. Τότε, δείξαμε στους μαθητές το παχύμετρο, ένα νέο όργανο που προσφέρεται για μετρήσεις σε δέκατα του χιλιοστού. Πριν προχωρήσουμε, συζητήσαμε για την ανάγκη εισαγωγής ενός νέου οργάνου όταν τα προηγούμενα δεν επαρκούν. Σημειώνεται ότι σε όλες τις μετρήσεις που έγιναν στο project κάθε μαθητής βρήκε διαφορετικές ενδείξεις για κάθε όργανο μέτρησης (ζυγαριά, παχύμετρο), οπότε συζητήσαμε για τα σφάλματα και τη στρογγυλοποίηση, ανάλογα με την απαιτούμενη ακρίβεια.

Για τον υπολογισμό της εξωτερικής διαμέτρου, μετρήθηκε με το παχύμετρο ο σπάγκος που θα χρησιμοποιούσαμε για να δέσουμε τα σκοινιά, όπου διαπιστώθηκε ότι ακόμα και ένα τόσο ακριβές όργανο δεν μπορούσε να δώσει αξιόπιστη μέτρηση. Υπολογίστηκαν τα περιθώρια, και προχωρήσαμε στο σχεδιασμό και στη συνέχεια στην εκτύπωση, όπως φαίνεται διαδοχικά στο σχήμα 4. Ο σχεδιασμός έγινε από τους μαθητές στο Tinkercad και από εμάς στο Fusion360.



Σχήμα 4: *Μέτρηση διαμέτρου εσωτερικού δακτυλίου, σχεδίαση στο Fusion360 και εκτύπωση σε 3D printer*

Σχετικά με το θόλο, από τη συζήτηση καταλήξαμε ότι αυτός θα είναι μια μεγάλη και ελαφριά επιφάνεια, που δεν θα προσθέτει μάζα στο σύνολο, δηλαδή να έχουμε μεγάλη δύναμη αντίστασης του αέρα (οπισθέλκουσα δύναμη/drag force) και όσο το δυνατόν μικρότερο συνολικό βάρος της κατασκευής. Από τη μελέτη του σχήματος 1, επιλέξαμε το τελευταίο σχήμα της αριστερής στήλης, το οποίο δείξαμε στους μαθητές πώς θα το σχεδιάσουν στο Tinkercad. Με λίγα λόγια, έγινε προσέγγιση σχεδίασης μιας σφαίρας με έξι έδρες. Η επιλογή των έξι εδρών έγινε για ευκολία στο κόψιμο και το δίπλωμα του αναπτύγματος. Στη συνέχεια, μεταφέραμε το τρισδιάστατο σχέδιο στο pepakura που δημιουργεί το ανάπτυγμά του. Τα τελικά αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 5.



Σχήμα 5: *Σχεδίαση θόλου στο Tinkercad και αναπτύγματος στο Pepakura*

Δημιουργήσαμε τρία διαφορετικά αλεξίπτωτα, δύο ίδιου μεγέθους, διαμέτρου 25 cm, ένα με χαρτί 80 gr (αλεξίπτωτο α) και ένα με χαρτί γκοφρέ (αλεξίπτωτο β) και ένα μεγαλύτερου μεγέθους, διαμέτρου 50 cm με χαρτί 80 gr (αλεξίπτωτο γ). Με τα τρία αυτά αλεξίπτωτα θέλουμε να συγκρίνουμε το α) και β) σχετικά με την επίδραση του υλικού και τα α) και γ) σχετικά με την επίδραση του μεγέθους του θόλου. Αναφέρουμε στους μαθητές ότι για οποιαδήποτε σύγκριση αλλάζουμε μόνο μία παράμετρο και κρατάμε σταθερές όλες τις άλλες. Το ποτήρι με το micro:bit και το μήκος του σπάγκου παραμένουν σταθερά. Οι φωτογραφίες των τελικών κατασκευών φαίνονται στο σχήμα 6.

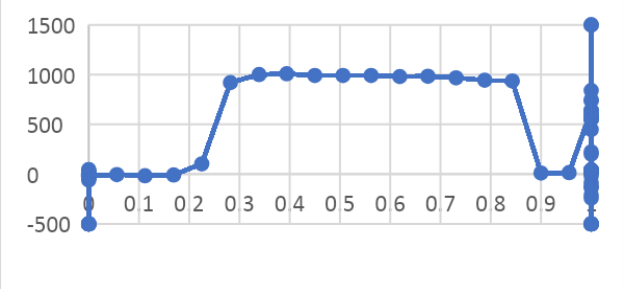
Σχήμα 6: *Αλεξίπτωτο από χαρτί 80gr διαμέτρου 25cm (α), από χαρτί γκοφρέ διαμέτρου 25 cm (β) και από χαρτί 80gr διαμέτρου 50cm (γ)*

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟ-ΕΛΕΓΚΤΗ MICRO:BIT

Στο project χρησιμοποιήθηκαν δύο micro:bit, το ένα τοποθετημένο στο αλεξίπτωτο (πομπός) και το δεύτερο συνδεδεμένο με υπολογιστή (δέκτης). Συνθέσαμε με τους μαθητές το πρόγραμμα του πομπού και του δέκτη. Προκειμένου να κατανοήσουν τι μετράει το micro:bit, ρίξαμε το micro:bit πομπό από μέτριο ύψος (περίπου 2m, ένας μαθητής είχε ανέβει σε καρέκλα) πάνω σε μαξιλάρια. Τοποθετήσαμε το micro:bit κατά τον προσανατολισμό ώστε να υπάρχει μεταβολή στην επιτάχυνση στον άξονα y (εκεί διαπιστώθηκε η ανάγκη ενός σταθερού προσανατολισμού και έγινε η αλλαγή που περιγράφηκε στο Σχήμα 3). Εμείς προγραμματίσαμε ώστε να παίρνουμε μετρήσεις και για τους άλλους δύο άξονες, (ώστε οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι πάντα υπάρχουν μικρές μεταβολές της επιτάχυνσης και σε αυτούς, οι οποίες όμως δεν θα μας απασχολήσουν στη μελέτη). Καταγράψαμε τα

δεδομένα και τα αποθηκεύσαμε σε μορφή .csv για επεξεργασία στο excel. Το διάγραμμα που προέκυψε φαίνεται στο Σχήμα 7. Στον άξονα x παριστάνεται ο χρόνος σε sec και στον άξονα y η επιτάχυνση στον άξονα y. Οι μονάδες μέτρησης της επιτάχυνσης είναι σε milligravities, δηλαδή χιλιοστά της επιτάχυνσης της βαρύτητας, που είναι η μονάδα που μετράει το επιταχυνσιόμετρο του micro:bit και συμβολίζεται με mg (milli g).

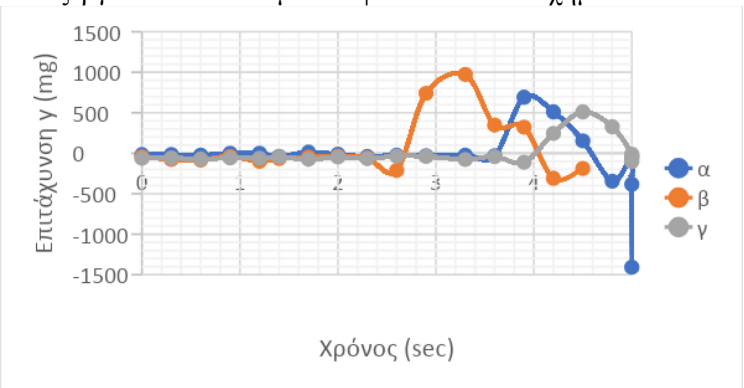
Σε αυτό παρατηρούμε ότι η πλακέτα ξεκινάει να πέφτει τη στιγμή 0.282 sec και έχει επιτάχυνση ίση με την επιτάχυνση της βαρύτητας. Τη στιγμή 0.9 sec έχει προσγειωθεί στο μαξιλάρι και σταματάει.



Σχήμα 7: Απελευθέρωση micro:bit χωρίς αλεξίπτωτο

Στη συνέχεια προχωρήσαμε στο πείραμα με τα αλεξίπτωτα. Στις πρώτες απελευθερώσεις των αλεξίπτωτων αντί για το micro:bit έγινε χρήση πλαστελίνης ίσης μάζας, για λόγους προστασίας των ηλεκτρονικών. Αφού βεβαιωθήκαμε ότι είναι ασφαλή, χρησιμοποιήσαμε την πλήρη διάταξη. Το ύψος απελευθέρωσης ήταν περίπου 6 μέτρα. Επαναλάβαμε τη μέτρηση για τα τρία είδη αλεξίπτωτων για τουλάχιστον τρεις επιτυχημένες ρίψεις. Στη συνέχεια επιστρέψαμε στην αίθουσα, και μελετήσαμε τα δεδομένα και τα γραφήματα, προσπαθώντας να εξάγουμε χρήσιμες πληροφορίες από αυτά. Το βασικό ερώτημα είναι αν μπορούμε από την επεξεργασία των δεδομένων να αποφανθούμε για το ποιο είναι το πιο ασφαλές αλεξίπτωτο, για πτώση από το συγκεκριμένο ύψος, για να μεταφέρει ευαίσθητα υλικά. Η έννοια που μελετάμε είναι η επιτάχυνση στον κατακόρυφο άξονα (μιας και χρησιμοποιούμε το επιταχυνσιόμετρο) και ο χρόνος πτώσης. Από αυτά μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για την ταχύτητα του αλεξίπτωτου (μέσω της σχέσης $a = \Delta u/\Delta t$) αλλά και για την αντίσταση του αέρα, μέσω της σχέση $\Sigma F = ma$, θεωρώντας ότι οι μοναδικές δυνάμεις που ασκούνται στο αλεξίπτωτο είναι το βάρος και η οπισθέλκουσα δύναμη. Για το λόγο αυτό, η απελευθέρωση γίνεται σε απάνεμο μέρος. Ταυτόχρονα, συζητήσαμε για την ελεύθερη πτώση και υπολογίσαμε ότι ο χρόνος πτώσης από ύψος 6m είναι περίπου 1.09sec.

Συγκεντρώσαμε τα δεδομένα για τα τρία αλεξίπτωτα σε κοινό γράφημα, επιλέγοντας για κάθε ένα την πιο χαρακτηριστική πτώση του (διαπιστώσαμε ότι οι τρεις επιτυχημένες πτώσεις, όπως τις είχαμε χαρακτηρίσει κατά τη διάρκεια του πειράματος, δεν διέφεραν αισθητά μεταξύ τους). Τα αποτελέσματα από την επεξεργασία των δεδομένων φαίνονται στο Σχήμα 8.



Σχήμα 8: *Απελευθέρωση τριών αλεξιπτώτων – Επεξεργασία δεδομένων σε κοινό άξονα*

Και τα τρία αλεξίπτωτα παρατηρούμε ότι από την αρχή της πτώσης τους έχουν επιτάχυνση περίπου ίση με το μηδέν, άρα η αντίσταση του αέρα ήταν περίπου ίση με το βάρος του κάθε αλεξίπτωτου. Άρα και τα τρία πέφτουν με σταθερή ταχύτητα, διαφορετική όμως για το καθένα, λόγω

του διαφορετικού χρόνου πτώσης. Αναφέραμε στους μαθητές ότι για να κάνουμε συγκρίσεις πρέπει να αλλάζουμε μόνο μία παράμετρο και να κρατάμε τις άλλες σταθερές, επομένως τα αλεξίπτωτα μπορούν να συγκριθούν ανά δύο.

Έτσι, συγκρίνουμε τα αλεξίπτωτα α) και γ) που ο θόλος είναι κατασκευασμένος από το ίδιο υλικό, αλλά έχουν διαφορετική διάμετρο, άρα διαφορετικό εμβαδόν θόλου. Παρατηρούμε ότι το αλεξίπτωτο α) έφτασε στο έδαφος τη στιγμή 3.6 sec, ενώ το αλεξίπτωτο γ) μετά τα 4 sec. Επίσης, η μεταβολή της επιτάχυνσης κατά την κρούση με το δάπεδο είναι μικρότερη για το αλεξίπτωτο γ) και διήρκεσε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, άρα οι δυνάμεις που αναπτύχθηκαν ήταν μικρότερες. Συνεπώς το αλεξίπτωτο γ) είναι πιο ιδανικό για μεταφορά ευαίσθητων υλικών.

Συνεχίζουμε συγκρίνοντας τα αλεξίπτωτα α) και β) που έχουν το ίδιο μέγεθος αλλά ο θόλος είναι κατασκευασμένος από διαφορετικό υλικό. Για το αλεξίπτωτο β) υπήρχε η ιδιαιτερότητα ότι ο θόλος άνοιγε κατά τη διάρκεια της πτώσης (για το οποίο όμως δεν παρατηρούμε κάτι στο διάγραμμα). Παρατηρούμε μια στιγμιαία επιβράδυνση τη στιγμή 2.5 sec και αμέσως μετά γίνεται η κρούση με το έδαφος. Σε αυτήν βλέπουμε η μεταβολή της επιτάχυνσης είναι μεγαλύτερη. Με τους μαθητές συζητήσαμε ότι τελικά πέρα από το διαφορετικό υλικό, προκύπτει μια ακόμα μεταβλητή, το διαφορετικό ύψος ανοίγματος. Επομένως, η πιο γρήγορη πτώση και η μεγαλύτερη μεταβολή της επιτάχυνσης δεν είναι σίγουρο αν μπορεί να αποδοθεί στο υλικό ή στο διαφορετικό ύψος. Με τους μαθητές αποφασίσαμε να το μελετήσουμε περαιτέρω σε πιθανή μελλοντική μας συνάντηση.

Συμπερασματικά, το αλεξίπτωτο για την ιδανικότερη πτώση από το συγκεκριμένο ύψος, είναι το γ). Άρα, το μεγαλύτερο μέγεθος θόλου και το πιο βαρύ υλικό φαίνεται ο ιδανικός συνδυασμός από το συγκεκριμένο ύψος απελευθέρωσης και για τη δεδομένη μάζα που θέλουμε να πέσει με ασφάλεια.

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ ΤΩΝ Φ.Ε.

Στο παρόν project τα στοιχεία της φύσης των Φ.Ε. που αναδεικνύονται συζητήθηκαν σε κάθε στάδιο του project και σε ειδική φάση στο τέλος, όπως περιγράφονται στους πίνακες 1 και 2.

Πίνακας 1: *Χαρακτηριστικά της φύσης της επιστημονικής γνώσης και τρόπος ανάδειξής τους στο project*

Χαρακτηριστικό της φύσης της επιστημονικής γνώσης	***Τρόπος που αναδεικνύεται στο project***
Η επιστημονική γνώση είναι εμπειρική	Παρατηρήσεις με γυμνό μάτι κατά την απελευθέρωση κάθε αλεξίπτωτου και μελέτη της επιτάχυνσης από τα δεδομένα από τις καταγραφές της πλακέτας
Η επιστημονική γνώση είναι συμπερασματικής φύσης, οι παρατηρήσεις είναι διαφορετικές από τα συμπεράσματα	Από τις παρατηρήσεις, για τις οποίες υπάρχει συμφωνία, καταλήγουμε σε συμπεράσματα, για τα οποία ενδέχεται να υπάρχουν διαφορετικές απόψεις, για παράδειγμα πόσο σημαντική είναι η επίδραση μίας παραμέτρου ή όχι
Η επιστημονική γνώση εμπεριέχει δημιουργικότητα	Η σχεδίαση και υλοποίηση του project και ο τρόπος που ξεπεράσαμε προβλήματα που δημιουργήθηκαν (π.χ. με την εισαγωγή του παχύμετρου αντί του χάρακα, η ενσφήνωση του micro:bit στο ποτήρι, η σχεδίαση του δακτυλίου, των θόλων)
Παρόλο που η αντικειμενικότητα είναι ο στόχος, η υποκειμενικότητα ανάμεσα στους επιστήμονες είναι αναπόφευκτη	Συζητείται ως αποτέλεσμα της διαφωνίας ανάμεσα στα διαφορετικά συμπεράσματα. Σκοπός να καταλήξουμε στο ότι δεν υπάρχει μία αντικειμενική παγκόσμια «αλήθεια»
Η επιστημονική γνώση έχει διάρκεια, αλλά μπορεί να αλλάξει υπό το φως νέων δεδομένων	Συζήτηση για το πόσα περισσότερα δεδομένα λαμβάνουμε μόλις συνδέσουμε το micro:bit αντί να παρατηρούμε με γυμνό μάτι.
Οι Επιστημονικοί Νόμοι και οι Επιστημονικές Θεωρίες είναι διαφορετικό είδος γνώσης	Δεν αναδείχθηκε
Οι Φυσικές Επιστήμες είναι ενσωματωμένες στον εκάστοτε πολιτισμό	Σύνδεση του project με τον πραγματικό κόσμο, ποιες ανάγκες καλύπτει, τι προσπαθούν να πετύχουν οι σχεδιαστές ενός αλεξίπτωτου, πώς από την καθαρή επιστημονική γνώση προχωρήσαμε σε εφαρμογές αυτής.

Πίνακας 2: *Χαρακτηριστικά της φύσης της επιστημονικής διερεύνησης και πώς αναδεικνύονται στο project*

Χαρακτηριστικό της φύσης της επιστημονικής διερεύνησης	*Τρόπος που αναδεικνύεται στο project*
Οι διαδικασίες της επιστημονικής έρευνας καθορίζονται από την ερώτηση	Οι παράμετροι που θέλουμε να μελετήσουμε μας οδηγούν να διαμορφώσουμε κατάλληλα το project (π.χ. πώς θα σχεδιάσουμε το αλεξίπτωτο, ποια όργανα θα χρησιμοποιήσουμε, ποιες είναι σημαντικές παράμετροι)
Τα δεδομένα δεν είναι το ίδιο με τις ενδείξεις	Κατά τη σύνδεση του micro:bit με τον υπολογιστή παίρνουμε πολλά δεδομένα, αλλά εμείς καλούμαστε να επιλέξουμε αυτά που είναι χρήσιμα (δηλαδή τις ενδείξεις) για την έρευνά μας, και να τα επεξεργαστούμε
Οι επεξηγήσεις αναπτύσσονται από τα δεδομένα και όσα είναι ήδη γνωστά	Σε συνέχεια με το πρώτο, γνωρίζουμε τις έννοιες των Φ.Ε. και προσπαθούμε να δώσουμε απαντήσεις στα ερωτήματα της έρευνας με βάση όσα γνωρίζουμε και όσα παρατηρούμε
Οι επιστημονικές έρευνες ξεκινούν με μία ερώτηση	Με μια σειρά διαδοχικών ερωτήσεων αναπτύσσεται όλο το project. Για παράδειγμα, η πρώτη ερώτηση είναι «πώς μπορώ να κατασκευάσω ένα αλεξίπτωτο που θα προσγειώνει με ασφάλεια τα αντικείμενα που επιθυμούμε, π.χ. φάρμακα σε εμπόλεμες περιοχές. Ποιες παραμέτρους πρέπει να λάβουμε υπόψη;»
Υπάρχουν πολλές επιστημονικές μέθοδοι	Πέρα από την πειραματική μέθοδο, γίνονται παρατηρήσεις και βιβλιογραφική έρευνα
Οι ίδιες διαδικασίες μπορεί να μην οδηγήσουν στα ίδια αποτελέσματα	Επαναλαμβάνοντας αρκετές φορές τις απελευθερώσεις για το ίδιο αλεξίπτωτο, δεν παίρναμε παρόμοια αποτελέσματα, γιατί ορισμένοι παράγοντες (όπως η ύπαρξη αέρα, η ρίψη με «αναπήδηση» στην αρχή) επηρέαζαν τη διαδικασία.
Οι διαδικασίες μπορεί να επηρεάσουν τα αποτελέσματα	Αναφερόμαστε στα σφάλματα των οργάνων που χρησιμοποιούνται, στο «θόρυβο» που δεν μπορούμε να μηδενίσουμε. Χαρακτηριστικά, για να διατηρήσουμε σταθερούς τους άξονες x και z αλλάξαμε τη διάταξη του micro:bit όπως φαίνεται στο σχήμα 3.
Τα συμπεράσματα πρέπει να είναι συμβατά με δεδομένα που έχουν συλλεχθεί	Αναπτύσσεται παράλληλα με το χαρακτηριστικό ότι από τις παρατηρήσεις εξάγουμε συμπεράσματα

Ποσοτική μελέτη για την κατανόηση των χαρακτηριστικών δεν έγινε, λόγω χρόνου. Σκοπεύουμε να γίνει σε επανάληψη του project.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή περιγράφηκε ένα STEM project που εφαρμόστηκε σε STEM summer camp. Η διάρκειά του ήταν μία εβδομάδα. Οι μαθητές συμμετείχαν στην έρευνα, το σχεδιασμό και την υλοποίηση του προγράμματος με επιτυχία. Συνεπώς, και απαντώντας στο πρώτο ερευνητικό μας ερώτημα, οι μαθητές είναι ικανοί να συμμετέχουν στην υλοποίηση ενός STEM project με την κατάλληλη καθοδήγηση. Από τη συζήτηση μαζί τους και τους γονείς τους κατά τη διάρκεια και το τέλος του προγράμματος, διαπιστώσαμε ότι κέρδισε την προσοχή τους. Τα επόμενα δύο ερευνητικά ερωτήματα μελετήθηκαν ποιοτικά λόγω της πιλοτικής εφαρμογής του project. Σχετικά με τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, κατά τη διάρκεια του project, τις χρησιμοποιούσαν σωστά στο λόγο τους. Μάλιστα, ένας μαθητής ανέφερε ότι θα του άρεσε η διδασκαλία της Φυσικής στο σχολείο να γινόταν με ανάλογο τρόπο, και οι συμμαθητές του συμφώνησαν. Για την κατανόηση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. έγινε διεξοδική συζήτηση με τους μαθητές, καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος, στην οποία συζητούσαν ενεργά. Σχετικά με το τέταρτο ερευνητικό ερώτημα, φαίνεται ότι ενισχύει τις μεταγνωστικές ικανότητες των μαθητών, αλλά χρειάζεται περαιτέρω μελέτη για πιο ασφαλή συμπεράσματα.

Σχετικά με το περιεχόμενο κάθε κλάδου του STEM, από τις Φυσικές Επιστήμες συζητούνται οι έννοιες της δύναμης, της αντίστασης του αέρα, του βάρους, της ταχύτητας, του χρόνου, της απόστασης και της επιτάχυνσης. Ταυτόχρονα, αναπτύσσονται τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. και η μεθοδολογία που ακολουθεί μια επιστημονική έρευνα. Από την Τεχνολογία γίνεται χρήση των λογισμικών Tinkercad και Pepakura, του 3D εκτυπωτή και του μικρο-ελεγκτή micro:bit. Από τη

Μηχανική αναλύεται η μέθοδος ανάπτυξης ενός project, ο μηχανικός σχεδιασμός και η εύρεση της βέλτιστης λύσης για το πρόβλημά μας. Τέλος, από τα Μαθηματικά γίνονται υπολογισμοί, μετρήσεις, στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων, και χρησιμοποιείται η γεωμετρία για την κατασκευή των διατάξεων.

Η διάρκεια του project ήταν περίπου 20 ώρες (1 ώρα αφόρμηση, 3 ώρες έρευνα-συζήτηση, 3 ώρες μέτρηση-σχεδίαση δακτυλίου, 2 ώρες σχεδίαση αναπτύγματος θόλου, 3 ώρες εισαγωγή στο Micro:bit, 4 ώρες κατασκευή των αλεξίπτωτων, 2 ώρες προγραμματισμός, ρίψεις micro:bit και καταγραφή, 2 ώρες συζήτηση αποτελεσμάτων και χαρακτηριστικών της φύσης των Φυσικών Επιστημών). Εκτός από summer camp, θα μπορούσε να γίνει project σε ευρωπαϊκά προγράμματα ή απογευματινούς ομίλους. Υπάρχουν πολλοί τρόποι επέκτασής του, με μελέτη και άλλων παραγόντων που επηρεάζουν την πτώση του αλεξίπτωτου, όπως η μάζα του αντικειμένου που πέφτει, ο αριθμός των σκοινιών που προσδένονται με το θόλο, η επίδραση του αέρα, άλλα υλικά ή σχήματα κατασκευής του θόλου, κλπ. Θα μπορούσε επίσης να μετρηθεί ο χρόνος πτώσης στις παραπάνω περιπτώσεις.

Σχετικά με την κατανόηση των χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. προτείνεται η χρήση κατάλληλων ερωτηματολογίων (π.χ. VNOS, VASI) στην αρχή και το τέλος του project.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Antonopoulos, P. Skoumios, M. (2019). The Effect of a STEM Teaching Intervention on the Development of Practices for Planning Investigations. *European Journal of Education Studies*, 6 (7), 270-281.

Bozzo, G. (2020). "Free-Fall Demonstrations" in the High School Laboratory, Physics Teacher 58, 23, https://doi.org/10.1119/1.5141966

D'Amico, A. Guastella, D Chella, A. (2020). A playful Experiential Learning System with Educational Robotics, *Frontiers in Robotics and AI,* https://doi.org/10.3389/frobt.2020.00033

Ferrarelli, P. Iocchi, L. (2021). Learning Newtonian Physics through Programming Robot Experiments. *Technology Knowledge and Learning* 26, p.789–824. https://doi.org/10.1007/s10758-021-09508-3

Glezou, K. (2021) Robotics as a Powerful Vehicle Towards Learning and Computational Thinking in Secondary Education of 21st century, In Papadakis, S. & Kalogiannakis, M. (Eds) Handbook of Research on Using Educational Robotics to Facilitate Student Learning, IGI Global, p. 1-40. DOI 10.4018/978-1-7998-6717-3.ch001

Gluck, P. (2003). Air Resistance on Falling Balls and Balloons, *The Physics Teacher*, 41, 178, https://doi.org/10.1119/1.1557510

Herron, M.D. 1971. The nature of scientific inquiry. School Review 79(2): 171–212

Kelley, T. Knowles, J.G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education, International Journal of STEM Education, 3(11), https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Kinchin, J. 2018, Using an Arduino in physics teaching for beginners *Phys. Educ.* 53 063007

Leavy, A. Hourigan, M. O'Dwyer, A. Carroll, C. Corry, E. Hamilton, M. (2021). How slow is your parachute?, *Science & Children*, 58(6), pp. 38-45.

Lederman, J.S., Lederman, N.G., Bartos, S. A, Bartels, S. L., Antink- Meye, A. & Schwartz, R.S. (2014a), Meaningful Assessment of Learners' Understandings About Scientific Inquiry—The Views About Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire, *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65–83, DOI 10.1002/tea.21125

Lederman, N.G., Antink, A., Bartos, S., (2014b). Nature of Science, Scientific Inquiry and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientific Literate Citizenry, *Science & Education*, Vol. 23, No. 2, pp. 285-302

Sapounidis, T., & Alimisis, D. (2020). Educational Robotics for STEM. In E. Leite, A. Oldham, A. Afonso, V. Floriano, L. Dourado, & M. Martinho (Eds.), *Science and Mathematics Education for 21st Century Citizens* (pp. 167–190). Nova Science Pub Inc.

Teiermayer, A. (2019) Improving students' skills in physics and computer science using BBC Micro:bit, Physics Education 54, 065021

Theodoropoulou, I. Lavidas, K. Komis, V. (2021). Results and prospects from the utilization of Educational Robotics in Greek Schools, Technology, Knowledge and Learning, https://doi.org/10.1007/s10758-021-09555-w

Wahyuni, Pratiwi, N. Farhan A. The application of BBC micro:bit for automatic door controller, (2021) AIP Conference Proceedings 2310, 050012, https://doi.org/10.1063/5.0037633

Zhibin, L. Wenquan, C. Yunchen, W. (2021). An estimation method for parachute parameters, *Journal of Physics: Conference Series* 1786 012012

Education for Sustainable Development. The design of a STEAM Workshop for Students' Education on Internet Safety

Vasiliki Karampa1,
bkarampa@yahoo.gr
[1]Ph.D student at Department of Digital Systems of University of Piraeus

ABSTRACT

Nowadays, the education of students and especially teenagers for the safe use of the Internet is an essential issue. Especially after the Covid19 pandemic, students were exposed to mobile devices, social networks, and digital identity from an early age without being aware of the risks and consequences. Therefore, it was considered appropriate to design an interdisciplinary workshop on the topic of "Internet Safety" and to organize it, following the educational policy for Information Literacy and Modern Greek Language, in the first grade of junior high school. The teaching model of Project-Based Learning and the STE(A)M methodology were utilized, while the 6 Thinking Hats strategy and the 5W1H problem-solving as a storytelling technique were integrated appropriately to the learning design. This article focuses on the orchestration of an integrated educational solution as a good practice for reuse by teachers when educating students on sustainable development issues, especially Internet Safety, based on innovative pedagogical approaches and methodologies for better teaching and learning.

KEYWORDS: *Internet Safety, Education for Sustainable Development, Project Based Learning, STE(A)M, 6 Thinking Hats, Information Literacy*

INTRODUCTION

We are living in the era of digital transformation, where the world is dynamically evolving with the penetration of new innovative technologies into people's daily lives and the provision of new digital services. This implies the creation of new needs and at the same time new solutions that respond to these needs. This dynamic development, however, is accompanied by situations that demand enormous attention, given that they shake the sustainability of the planet and the well-being of the humanity. One such issue of utmost importance is Internet safety. The issue is considered particularly important for children and teens, given their young age and lack of prior knowledge, which make them more vulnerable to the risks involved. Therefore, the need to protect students in the digital world is imperative. They should be trained to acquire skills/abilities of critical thinking and problem-solving, making the right decisions, which will be an important asset in their digital and real life, being members of the society, contributing to collective integrity and global sustainable development.

In the wider context of a good and quality education (UNESCO, 2022), the need can be met by creating interdisciplinary STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) educational programs, namely well-orchestrated solutions based on innovative pedagogical methodologies, which at the same time utilize Technologies of Information Technology and Communications (ICT) and enhance students' learning. Therefore, an interdisciplinary STEAM workshop was designed to promote Internet safety and by extension sustainable development by engaging students in collaborative, creative and problem-solving activities, acquiring relevant skills and learning concepts fully aligned with the curriculum. The next paragraphs present in detail the information of the workshop, including the connection with the curriculum, the educational scenario and the learning objectives, the design methodology and the learning design as well.

WORKSHOP CONNECTION WITH THE CURRICULUM

According to the instructions of the Institute of Educational Policy (IEP) of the Ministry of Education for the course of Information Technology (IT) at the 1st grade of junior high school for the school year 2021-2022, the curriculum is divided into four thematic pillars: a) "IT in the modern world", where students learn about basic IT concepts. b) "I handle and create with a text editor", where students learn to use a word processing application. c) "Search for information, communicate

and collaborate", which students are introduced to the Internet concepts d) "Explore, discover and solve problems", where students are introduced to basic programming concepts through programming environments and robotic constructions. The developed workshop holistically covers the four thematic axes. It cultivates skills in the use of modern digital technologies, with the aim of collaborative problem solving and, ultimately, the participation of students in the modern knowledge society which is the main purpose of Information Literacy.

With reference to the Modern Greek Language course at the same grade, the workshop covers the textual genres of description and narration with the aim of developing skills in understanding and producing oral and written speech, paragraph, and summary. Thus, in the workshop students are involved in activities categorized in four groups regarding subject, indicated by a code for next use, as follows:

- **IS**: activities for inquiry and reflection on **I**nternet **S**afety through audiovisual content.
- **SC**: activities for digital **S**torytelling with **C**omics, since comics are valuable "pedagogical" tools in education (Vassilakopoulou & Retalis, 2010), increase student's personal participation on a specific topic of discussion/problem, activate emotions and can easily present a complex story with just a few images by their abstractive approach.
- **TE**: **T**ext **E**diting activities. Through the story writing, students practice on activities related to creating, opening, and saving digital documents as well as deleting, cutting, copying, pasting, and formatting text and paragraphs.
- **ATP**: activities of **A**lgorithmic **T**hinking/introduction to **P**rogramming. The sequence of the events and the sequential order of the students' stories is combined with the concept of an algorithm and basic structured programming concepts such as sequence structure, creating and executing scripts.

EDUCATIONAL SCENARIO – OBJECTIVES – DURATION

To create a meaningful educational learning environment, an educational scenario was devised for a fictional city, Webcity. The scenario consisted of a set of case studies based on half-ended narrative stories, in which students were asked to investigate, study, and take action in order to continue the story and provide the best solution. The first story unfolds in an unusual grocery store, whose owner is Mrs. Wily Web. She acts illegally disturbing the calm and harmonious life of the people in Webcity, moving her store in various places, without leaving traces. A series of events follows in these places of Webcity, involving four students at the first grade of junior high school, Angelina, Alcmeni, Heraklis and Emir. These students either themselves are faced with various situations - problems or become observers of what happens. Thus, they are asked to provide solutions to the emerging problems, by bringing them to IT course and discussing them with their classmates and their teacher. Together and collectively, they decide about the best solution which will restore the well-being of all people in Webcity, thereby the safe digital life on the Internet.

The aim of the workshop is students to learn about the dangers emerging from using Internet services and how to protect themselves from them. It was designed in an interdisciplinary approach to the courses of Information Technology and Modern Greek Language, putting emphasis on Technology/Arts of the pillars of STEAM. the learning goals were formulated, based on Bloom's taxonomy, indicated by a code for next use, as follows:

For the IT course and the first thematic pillar, students would:

- **(IT1.1) recall** basic knowledge about computers, hardware, and software;
- **(IT1.2) assess** their knowledge on basic computer concepts through quizzes.
- For the IT course and the second thematic pillar, students would:
- **(IT2.1) manipulate** a text-editor application in order to **create**, **edit** (copying/moving texts and objects), **save** simple documents according to established typing rules, **format** them on

specific characteristics of font (size, color, type, etc.) and paragraph as well as effectively **use** the spelling-grammar check tool in the created documents;

- **(IT2.2) assess** their knowledge on text-processing through group-based mini-tasks.
- For the IT course and the third thematic pillar, students would:
- **(IT3.1) recognize** and **describe** Internet main services;
- **(IT3.2) recognize** and **describe** problems and issues arise from Web browsing and social sharing and **look for** prevention and confrontation methods through web-searching, critical thinking, and reflection;
- **(IT3.3) use** to an email account to communicate and exchange information;
- **(IT3.4) use** collaborative digital tools to **create** projects from distance, probably in diverse teams;
- **(IT3.5) assess** their knowledge through the creation of comics presenting the emerging problem and solution, as well as quizzes.
- For the IT course and the fourth thematic pillar, students would:
- **(IT4.1) decompose** a problem in independent parts in order to solve it;
- **(IT4.2) describe** and **analyze** a series of instructions, creating an algorithm;
- **(IT4.3) encode** an algorithm for a programming environment, as to become a script/program;
- **(IT4.4) handle** errors in their algorithms/programs;
- **(IT4.5) recognize** the necessity and the utility of the algorithmic structures of sequence, selection, and repetition.
- **(IT4.6) assess** their knowledge through unplugged algorithmic or programming tasks.
- For the Modern Greek Language course students would:
- **(MGL1) recall** grammar rules improving their spelling ability;
- **(MGL2) understand** oral and written texts by **locating** the information, **understanding** the communication context, **interpretating** the text and **understanding** it critically;
- **(MGL3) produce** oral and written texts through the textual genres of narration/description;
- **(MGL4) enrich** their vocabulary.

The workshop was designed with an estimated duration of five months. In a condensed form, it could be integrated into the “Skills labs” of the Institute of Educational Policy, in the thematic "Live better – Well-being", in the field "Mental and Emotional Health - Prevention".

DESIGN METHODOLOGY

The workshop includes six teaching units, which take place in nineteen places – stations of Webcity. Each teaching unit consists of two to five teaching subunits (nineteen teaching subunits in total). The design was based on the theory of social constructivism and specifically on the teaching model of Project Based Learning, which was enriched with collaborative problem-solving strategies,

leading to the orchestration of an educational solution, that could be developed in the form of an e-course. In particular, STE(A)M methodology, the Project Based Learning teaching model, the collaborative strategy of 6 Thinking Hats for problem-solving and emotional reinforcement and the problem-solving technique of 5W1H, as a storytelling technique were integrated.

STE(A)M METHODOLOGY

The term STE(A)M comes from the initials of the words Science, Technology, Engineering, (Arts), Mathematics and is internationally the focus of primary and secondary education, since it is an experiential approach that actively involves students in learning. According to the official description of the STEAM program (Yakman, 2013, p.1), "... Science and Technology are understood as the basis of what the world has to go forward with, to be analyzed and developed through Engineering and the Arts, with the knowledge that everything is based in elements of Mathematics." Through the combination of conflicting fields of theoretical and positive sciences, through analogies, models, constructions, techniques, methods, and knowledge, with the integration of art as a connecting link that ignites the imagination of students, the STE(A)M method creates learning everyday-oriented experiences, moving in the context of creativity and innovation (Catchen, 2013). However, it is more than a concept or method. It is an epistemology, which attempts to orchestrate holistic solutions, through the utilization of computational science, physical computing, computational thinking, and the epistemology of "engineering" (Psycharis, 2018).

PROJECT BASED LEARNING TEACHING METHODOLOGY

The Project Based Learning (PjBL) methodology is an innovative teaching model, with which students learn actively in real and meaningful work. It is based on the constructionist theory of Seymour Papert (1993), and the constructivist view of Jean Piaget (1976), where knowledge is actively constructed in the learner's mind when he engages in the process of creating artefacts through reflection and sharing work with others.

According to Hans & Battacharya, (2001) PjBL key features are: a) The student-centered approach, given that students make the decisions throughout the planning, production, and presentation of their work. b) Collaboration, where opportunities are given to strengthen soft skills such as team decision-making, interdependence, incorporating peer and reflective feedback, and working with third parties as researchers. c) The analytical content, since the project production is based on a process directed by clearly formulated objectives, support, and demonstration of learning content for the development of original projects. d) Authentic assignments, where students are asked to provide solutions to problems related to students' lives or communities and to communicate with the world outside the classroom. e) The multiple modes of expression, giving students opportunities to effectively use various technologies as tools in the design, development, or presentation of their projects. f) Time management, giving students opportunities and sufficient time to plan, review and reflect on their learning. g) The innovative form of assessment, namely the authentic assessment, where students evaluate their learning through a continuous process, in a variety of ways and means, including peer assessment, self-assessment, teacher’s assessment and the process of reflection.

SIX THINKING HATS COLLABORATIVE STRATEGY OF CREATIVITY

Edward de Bono (1995) dealt with the development of creativity. He coined the term "Lateral Thinking" to treat creativity as a behavior of information in a self-regulating information system such as the nervous system in the brain.

Table 1: *Problem-solving and Emotional Reinforcement Strategies, Ed. De Bono (1999)*

Hats - Color Order	***Procedure of Problem-Solving Strategy***	***Hats - Color Order***	***Procedure of Emotional Reinforcement***
Blue	Define the problem	Red	How do we feel about the event?
White	Look at the available information.	White	What is the real situation?
Green	Produce possible solutions.	Green	Is there another way to look at the fact?
Yellow	Check whether each solution can be achieved.	Blue	What are the conclusions?
Black	Evaluate the weakness of each solution.		
White	Match solutions with information. Can the solutions be achieved based on the current		

	information?		
Blue	Select final solution and next steps.		

Therefore, he proposed the Six Thinking Hats as a practical technique for implementing his method. Each hat represents a different perspective. The blue hat denotes procedures, control, rules. The white hat indicates the facts and data. The red hat represents the emotions, the green hat the new ideas, the yellow the advantages and the black the disadvantages. If a group of people put on the hats, one by one with a certain color sequence, not necessary all, then they can easily reach the solution of the problem. For problem-solving and emotional reinforcement de Bono (1999) suggests the sequence of hats presented respectively in the table 1.

THE 5W1H PROBLEM-SOLVING TECHNIQUE

Every story is usually a situation - a problem in which the heroes are involved. Every story begins with a cause, which triggers a series of events that evolve the story until the culmination, where solutions are given and the story ends. When the events of a story are presented in a certain order then acquires the form of a "narrative". A typical guide of narrative is the "The mountain of the narrative", which consists of six stages, is described in the figure 1.

Figure 1: *"The mountain of narrative" and the 5W1H problem-solving technique*

Each stage could be combined with the 5W1H (Who? Where? When? What? Why? How?) technique to break the story into smaller parts and lead to problem decomposition. Six basic questions drive the narrative: Who were in the story? Where did the story happen? When did it happen? What happened? Why did it happen? How was it resolved? The first three questions are asked at the first stage of introducing the students to the landscape, while the fourth refers to the stages of the progression of the events, the increase in tension and the escalation of the problem. The rest questions are asked at the stage of finding the solution of the problem and making the decision for action.

EDUCATIONAL SOLUTION ORCHESTRATION

The teaching model of PjBL consists of three phases. The first phase is the Planning Phase. It is divided into two subphases, the Overall Climate Subphase and the Inquiry Subphase. A primary focus of the design is the inquiry phase, which involves students investigating web-related problems and issues. Since this phase demands inquiry and problem-solving, the strategies of Six Thinking Hats and the 5W1H are incorporated for this purpose at this part of the design. The second phase is the Creating Phase, where students initially analyze their created content (Analyzing Data Subphase). Aiming at the construction of a board game, they propose different types of board games, and they decide which one suits their needs best. As such, at the Collaboration Subphase specific roles with tasks are assigned to the students e.g. constructors to create the game track, question cards, pawns, dice, etc. and the project development begins. At the Developing Thoughts Subphase, the board game is checked for correctness and a presentation is created for project distribution. Therefore, at the Processing Phase, the board game is presented (Presenting Knowledge Subphase) outside the classroom (i.e. school blog, social media, local media etc.). In addition, students play their game for reflection and feedback (Reflection Subphase). Table 2 presents an adaptation of the teaching units of the design to the phases and the subphases of the PjBL, accompanied with a description of the procedure. While the teaching model of PjBL and the incorporated strategies/techniques provide the workflows, the teaching units

and subunits are classified with respect to the learning subject. During the Inquiry Subphase, each teaching unit borrows a title from a Greek proverb, while each subunit assumes the name of a place-station in the city. The teaching units and the subunits are then analyzed in detail.

Table 2: *Adaptation of teaching units to the PjBL teaching model and the strategies*

PjBL phase	***PjBL subphase***	***Strategies/ Techniques***	***Structure***	***Teaching Unit -Title***	***Description***
1. Planning Phase	1.1. Overall Climate	-	Introduction	1. What happened in Webcity?	Students are introduced to the learning environment, the syllabus, tools, and the way of working in order to understand the educational scenario.
	1.2. Inquiry	6 Thinking Hats 5W1H	Central Inquiry Units	2. Keep your clothes, to have at least the half! (Greek proverb)	Students investigate problems arising from the publication or sharing of third-party information on the Internet.
				3. Bad luck on the thief's third day! (Greek proverb)	Students investigate digital device and online account protection issues.
				4. Everyone knows your secret pride! (Greek proverb)	Students investigate issues related to privacy violation and personal data publication.
				5. When you see him be afraid of! (Greek proverb)	Students investigate major problems involving personal health and integrity.
2. Creating Phase	2.1 Analyzing Data	-	Central Action Units	6. Once upon a time there was a story… and a game!	Students collect the material of all the previous units and construct an educational board game.
	2.2. Collaboration	-			
	2.3. Developing Thoughts	-			
3. Processing Phase	3.1 Presenting Knowledge	-	Summary		Students play the game in teams and reflect on their knowledge.
	3.2. Reflection	-			

TEACHING UNIT 1

The first teaching unit is an introductory unit for the students, as they get familiar with the educational scenario and the learning environment. It includes the subunit of "@Wily's (Web) grocery". Table 3 presents the design of the specific unit, including the learning goals (indicators for thematic pillars and course), the proposed activities (indicators for subject), the estimated time (1 hour = 45') and the interaction (IND for individual, GR for groups). Regarding activities, a set of worksheets is given to the students with various digital resources for inquiry and practice. A set of tools are also necessary. Firstly, a digital platform must be utilized, for learning content delivery directly to the students with the form of an integrated digital solution, namely an e-course. Secondly, a set of Web 2.0 tools are also needed for collaborative work and assessment.

Table 3: *Teaching Unit 1*

Teaching Unit 1: *"What happened in Webcity?"*	
Teaching Subunit: *"@Wily' s (Web) grocery store"* **– *Est. Time:*** *3 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT1.1), (IT2.1), (IT2.2), (IT3.1) (IT3.2), (IT3.4) (IT3.5), MGL2) (MGL3), (MGL4)	• Explore the learning environment (instructions). • Read the Educational Scenario and the first story (**IS, SC**). • Watch the introductory video "The Internet Grocery" and indicate the emerging issues (**IS**). • Study about Internet Services (**IS**) and Text-Editors (**TE**). • Create and save a new document (**TE**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a text-editor (**TE**). • Assess knowledge through quizzes (**IS, TE**).

The proposed Web 2.0 tools are the Wix Platform, for building websites, Padlet, a bulletin board for collaboration which integrates content in various formats, Pixton, a comic strip tool, Genially and Wordwall, for interactive content creation with a form of quizzes in various types, and Google Docs, an on-line collaborative text-editor. These tools are used in the rest teaching units, too.

TEACHING UNIT 2

The second teaching unit is the beginning of students' inquiry and rigorous study on Internet Safety Issues. It includes five teaching subunits, present in table 4, referring mostly to dangers arise from sharing digital information to media (e.g. fake news, copyrights, licensing etc.). From now on, students could work individually when studying and in groups (i.e. groups of two members) exploiting Padlet, when practicing new knowledge.

Table 4: *Teaching Unit 2*

Teaching Unit 2: *"Keep your clothes, to have at least the half!"*	
Teaching Subunit: *"@the school"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT1.1), (IT2.1), (IT2.2), (IT3.2) (IT3.4), (IT3.5), (IT4.1), (MGL1), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (digital footprint) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about digital footprint (**IS**), delete/backspace keys and grammar spelling (**TE**). • Explore a comic strip editor (**SC**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes (**IS, TE, SC**).
Teaching Subunit: *"@Heraklis' House"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT2.1), (IT2.2) (IT3.2), (IT3.4) (IT3.5), (IT4.1) (MGL1), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (fake news) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about fake news (**IS**), rules about comic creation **(SC**). • Study/practice in selecting text with various ways (**TE**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes (**IS, TE, SC**).
Teaching Subunit: *"@the kiosk"***– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT2.1), (IT2.2) (IT3.2), (IT3.4) (IT3.5), (IT4.1) (MGL1), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (Internet Cookies) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about Internet Cookies (**IS**). • Study/practice in creating a bitmap image and importing it in a document (**TE**). • Study good practices about describing "places" and imprint places in comics **(SC**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes (**IS, TE, SC**).
Teaching Subunit: *"@Emir's House"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT2.1), (IT2.2) (IT3.2), (IT3.4) (IT3.5), (IT4.1) (MGL1), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (Copyrights) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about Copyrights (**IS**), • Study/practice in cut/copy/paste commands (**TE**). • Study good practices about describing "time" and imprint time in comics **(SC**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes (**IS, TE, SC**).
Teaching Subunit: *"@the library"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT2.1), (IT2.2) (IT3.2), (IT3.4) (IT3.5), (IT4.1) (MGL1), (MGL2), (MGL3), (MGL4),	• Read the story and indicate the emerging issues (CC licenses, Open-Source Software) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about licensing and open repositories (**IS**). • Study/practice in formatting text (fonts, colors etc.) (**TE**). Also study good practices about "emotions" **(SC**) and imprint emotion in comics (expression of faces and gestures). • Write/type the story continuation (**SC**) in a document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes (**IS, TE, SC**).

TEACHING UNIT 3

Students learn about protection against bad content, malicious software, and external threats in third teaching unit. Table 5 presents the information for its four subunits.

Table 5: *Teaching Unit 3*

Teaching Unit 3: "Bad luck on the thief's third day!"	
Teaching Subunit: *"@the hospital"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
***Learning* Goals**	***Activities***
(IT1.1), (IT1.2), (IT2.1), (IT2.2), (IT3.2), (IT3.3), (IT3.4), (IT3.5), (IT4.1), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (Malware) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about Malware (types of viruses etc.) (**IS**). • Study/practice in formatting paragraphs (alignment, space etc.) (**TE**). • Study good practices about describing persons **(SC**) and imprint a person description in comics. • Write/type the story continuation (**SC**) in a document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes (**IS, TE, SC**).
Teaching Subunit: *"@the mall"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
***Learning* Goals**	***Activities***
(IT1.1), (IT2.1), (IT2.2), (IT3.1), (IT3.2), (IT3.4), (IT3.5), (IT4.1), (MGL1), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (Phising) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about Phising (**IS**) and emails (**TE**). • Create a web-mail account, compose an email, and sent it to distinct recipients (**TE**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes (**IS, TE, SC**).
Teaching Subunit: *"@the townhall"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT1.1), (IT2.1), (IT2.2), (IT3.2), (IT3.4), (IT3.5), (IT4.1), (MGL1), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (Malicious Attacks) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about malicious attacks and firewall (**IS**). • Compose a formal email to the mayor referring a problem/issue (**SC, TE**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes (**IS, TE, SC**).
Teaching Subunit: *"@the bank"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT1.1), (IT2.1), (IT2.2), (IT3.2), (IT3.4), (IT3.5), (IT4.1), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (Secure on-line transactions) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about secure on-line transactions (**IS**). • Practice in folder management and formatting e-mails (**TE**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes (**IS, TE, SC**).

TEACHING UNIT 4

In the fourth teaching unit students come up with issues related to digital identity, unreliable/fake profiles, and personal data protection (GDPR), as it is shown in Table 6.

Table 6: Teaching Unit 4

Teaching Unit 4: "Everyone knows your secret pride!"	
Teaching Subunit: *"@the bookstore"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT3.2), (IT3.3), (IT3.4), (IT3.5), (IT4.1), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (personal data protection - GDPR) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about personal data protection - GDPR (**IS**). • Practice in creating lists of recipients (**TE**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a new document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes (**IS, TE, SC**).
Teaching Subunit: *"@the Police Station"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT3.2), (IT3.4), (IT3.5), (IT4.1), (IT4.2), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (identity theft, unreliable/fake profiles) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about unreliable/fake profiles and social media. (**IS**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Connect the concept of algorithm with the narration (**ATP**). • Assess knowledge through quizzes (**IS, TE, SC**).
Teaching Subunit: *"@the Post Office"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***

(IT3.2), (IT3.4), (IT3.5), (IT4.1), (IT4.2), (IT4.4), (IT4.6), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (secure passwords) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about secure passwords and good practices (**IS**). • Study/practice in the criteria fulfilled by an algorithm (**TE**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes and algorithmic tasks (**IS, TE, SC**).
Teaching Subunit: *"@the Basketball Court"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT1.1), (IT3.2), (IT3.4), (IT3.5), (IT4.1), (IT4.2), (IT4.3), (IT4.4), (IT4.5), (IT4.6), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (Cyber-bullying) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about cyber-bullying and hate speech (**IS**). • Study/practice in encoding algorithm for a block-based programming environment, by using the algorithmic structure of sequence (**TE**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes and programming tasks (**IS, TE, SC**).

TEACHING UNIT 5

As with the previous teaching unit, the fifth refers to physical and mental health risks associated with on-line challenges, grooming, and addiction to online games, presented in Table 7.

Table 7: *Teaching Unit 5*

Teaching Unit 5: "When you see him be afraid of!"	
Teaching Subunit: *"@the cinema"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT1.1), (IT3.2), (IT3.4), (IT3.5), (IT4.1), (IT4.2), (IT4.3), (IT4.4), (IT4.5), (IT4.6), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (On-line challenges) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about on-line challenges. (**IS**). • Study/practice in encoding algorithm for a block-based programming environment, by using the algorithmic structure of repetition (**TE**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a new document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes and programming tasks (**IS, TE, SC**).
Teaching Subunit: *"@the park"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT1.1), (IT3.2), (IT3.4), (IT3.5), (IT4.1), (IT4.2), (IT4.3), (IT4.4), (IT4.5), (IT4.6), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (Grooming/Sexting) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about grooming and sexting (**IS**) and practice in encoding algorithm for a block-based programming environment, by using the algorithmic structure of selection (**TE**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a new document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes and programming tasks (**IS, TE, SC**).
Teaching Subunit: *"@the Chess Club"* **– *Est. Time:*** *2 h* **– *Interaction:*** *IND, GR*	
Learning Goals	***Activities***
(IT1.1), (IT3.2), (IT3.4), (IT3.5), (IT4.1), (IT4.2), (IT4.3), (IT4.4), (IT4.5), (IT4.6), (MGL2), (MGL3), (MGL4)	• Read the story and indicate the emerging issues (addiction to Internet and on-line games) (**IS, SC**). • Analyze the story/problem by using 6THs /5W1H strategies (**IS, SC**). • Study about addiction to Internet and PEGI3 specifications (**IS**). • Practice in encoding algorithm for a block-based programming environment, by using the algorithmic structure of selection (**TE**). • Write/type the story continuation (**SC**) in a new document (**TE**) and create the comic (**SC**). • Assess knowledge through quizzes and programming tasks (**IS, TE, SC**).

TEACHING UNIT 6

Finally, the sixth teaching unit refers to the decision made by students for their project, namely an educational board game. After they are assigned roles, they collaborate, by exchanging ideas discussing and suggesting ways of project development. Then, they create a presentation for their project. These activities take place in the subunit of "@the STEM lab". In addition, students reflect on their learning by playing the game and provide feedback in "@Wily's (Web) grocery store", where at last they find Wily's grocery store (table 8).

Table 8: *Teaching Unit 6*

Teaching Unit 6: "Once upon a time there was a story… and a game!"	
Teaching Subunit: *"@the STEM lab"* **– *Est. Time:*** *4 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT1.1), (IT3.4) (IT4.1), (IT4.2) (IT4.4), (IT4.6) (MGL2), (MGL3)	• Propose a project (types of board games). • Analyze students' content (deliverables) and select the best solution. • Create workgroups and undertake responsibilities of a role (coordinators, constructors, artists, digital editors, etc.). • Create a presentation of the project.
Teaching Subunit: *"@Wily's (Web) grocery store"* **– *Est. Time:*** *4 h* **– *Interaction:*** IND, GR	
Learning Goals	***Activities***
(IT4.1), (MGL2), (MGL3)	• Present and play the board game. • Reflect and give feedback.

DISCUSSION

The proposed design leaves room for adaptation to the classroom conditions and the needs of the students. For example, while it appears to work in face-to-face settings, supported by technology, it could also be delivered in the form of a purely electronic course carried out remotely, or even using the flipped teaching method. The workshop was developed according to the proposed design as an e-course and held during the 2021-2022 school year in a public junior high school, face-to-face during the Informatics class, while 26 students participated. Research data have not been analyzed yet, regarding the empowerment of students' skills, therefore the efficiency of the design has not been evaluated. However, there was a satisfactory outcome and a motivator for further refinement. Following the procedures and the workflows of the workshop, students constructed, an augmented educational board game, which on the one hand was exploited in the form of a summative assessment, with great learning performance and increased levels of satisfaction. On the other hand, for project diffusion in the society, the board game was submitted to an international student competition, where it won the first prize. Therefore, on this basis, well-designed educational programs may be reusable, especially when they are related to themes for sustainable development and human well-being.

REFERENCES

de Bono, E. (1995). Serious creativity. *The Journal for Quality and Participation*, *18*(5), 12.

de Bono, E. (1999). Six Thinking Hats, rev. Boston, New York, London Little, Brown and Company.

Han, S., & Bhattacharya, K. (2001). Constructionism, learning by design, and project based learning. *Emerging perspectives on learning, teaching, and technology*, 127-141.

Catchen, R. (2013). Reflections~ How STEM becomes STEAM. *The STEAM Journal*, *1*(1).

Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. Basic Books, Inc..

Piaget, J. (1976). Piaget's theory. In *Piaget and his school* (pp. 11-23). Springer, Berlin, Heidelberg.

Psycharis, S. (2018). STEAM in education: A literature review on the role of computational thinking, engineering epistemology and computational science. computational steam pedagogy (CSP). *Scientific Culture*, *4*(2), 51-72.

Vasilakopoulou, M. & Retalis, S. (2010). Utilization of Digital Comics in Education (Comics in Education). Retrieved from: https://www.slideshare.net/educomics/comics-in-education-3386446

Yakman, G. (2013). Steam education program description. *Retrieved August*, *15*, 2014.

UNESCO (26/7/2022). *The global goals*. Retrieved from: https://www.globalgoals.org/goals/4-quality-education/

Εφαρμογή Διδακτικού Σεναρίου STEM επικεντρωμένο στις μεγάλες ιδέες της Νανοτεχνολογίας στη Β/θμια Εκπαίδευση

Κορακάκη Ελένη

korakaki2012@gmail.com

Εκπαιδευτικός ΠΕ04.02 και ΠΕ86, MSc, Πρότυπο Γενικό Λύκειο Ηρακλείου Κρήτης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αφορά διδακτικό σενάριο STEM διδασκαλίας επικεντρωμένο σε θέματα Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας (NET), για μαθητές Β/θμιας εκπαίδευσης. Το σενάριο υλοποιήθηκε εξ' αποστάσεως, στα πλαίσια της διδακτικής ομίλου Φυσικών Επιστημών. Στόχος της συγκεκριμένης διδακτικής ήταν η καλλιέργεια των κοινωνικών δεξιοτήτων, η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και η εμβάθυνση σε βασικές έννοιες φυσικών επιστημών. Οι μαθητές μέσω καθοδηγούμενης διερεύνησης μελέτησαν διδακτικές ενότητες που περιλάμβαναν τις κλίμακες-μεγέθη (μακρόκοσμο, μικρόκοσμο, νανόκοσμο), τη δομή του ατόμου (τροχιακά, σπιν των ηλεκτρονίων), τις δυνάμεις και τις αλληλεπιδράσεις, τις ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος, τα κβαντικά φαινόμενα, την αυτό-οργάνωση- βιομιμητισμό, την κατασκευή μοντέλων, το δυαδικό σύστημα αρίθμησης, την δημιουργία κυκλωμάτων στο tinkercad και την απεικόνισή τους σε μικροελεγκτή arduino και τέλος τη σχέση της ΝΕΤ με τις τεχνολογικές εφαρμογές και την κοινωνία. Για την αξιολόγηση του εκπαιδευτικού σεναρίου συνεκτιμήθηκαν τα παραδοτέα (φύλλα εργασίας, κατασκευές) και το φύλλο αξιολόγησης. Η αποτίμηση ήταν θετική καθώς επιτεύχθηκαν οι διδακτικοί στόχοι και οι μαθητές δήλωσαν πλήρως ικανοποιημένοι από τη συμμετοχή τους στη συγκεκριμένη διδακτική διαδικασία. Ως εκ' τούτου, το παρόν διδακτικό σενάριο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο ή με την προσθήκη νέων θεματικών ενοτήτων σε σύγχρονη ή ασύγχρονη διδασκαλία STEM.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *διεπιστημονική προσέγγιση, νανοεπιστήμη, φλασάκι μνήμης*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο STEM εννοούμε τη διδακτική προσέγγιση που ενοποιεί γνώσεις και δεξιότητες που αφορούν τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά (Martín-Páez et al. 2019, Toma & Greca 2018). Είναι μια διδακτική που θεωρείται αναγκαία για να εξασφαλιστεί η επίτευξη πολύπλευρης γνώσης για τους μαθητές, καθώς με αυτήν τα τείχη που διαχωρίζουν τις εμπλεκόμενες επιστήμες γίνονται διαπερατά, δημιουργούνται συνειδητές διασυνδέσεις μεταξύ τους, όπως άλλωστε συμβαίνει και στην αυθεντική έρευνα, τη βιομηχανία και την αγορά εργασίας. Ως αποτέλεσμα, η εκπαίδευση STEM αναγνωρίζεται ευρέως ως πιεστική κατάσταση και εθνική προτεραιότητα (Honey et al. 2014). Εκπαιδευτικοί, υπεύθυνοι ανάπτυξης πολιτικών καθώς και επιχειρηματικοί και βιομηχανικοί οργανισμοί, τονίζουν την επείγουσα ανάγκη βελτίωσης των δεξιοτήτων STEM για την αντιμετώπιση των τρεχουσών και μελλοντικών κοινωνικών και οικονομικών προκλήσεων (π.χ. Caprile et al., 2015; Honey et al., 2014; Marginson et al., 2013, Prinsley and Baranyai, 2015, The Royal Society Science Policy Centre, 2014).

Ως Νανοεπιστήμη ορίζεται η επιστήμη που ασχολείται με φαινόμενα και ιδιότητες της ύλης στη νανοκλίμακα (κυμαίνεται περίπου από 1 έως 100 nm). Η ΝανοΤεχνολογία εστιάζει στην κατασκευή και τη χρήση λειτουργικών δομών με τουλάχιστον μια διάσταση να είναι από 1 έως 100 nm (Ramsden, 2009). Η ΝανοΕπιστήμη και η ΝανοΤεχνολογία (N-ET), αποτελούν διεπιστημονικά πεδία έρευνας και ανάπτυξης που έχουν παρουσιάσει ραγδαία εξέλιξη παγκοσμίως τις τελευταίες δύο δεκαετίες, αποτελούν κλάδο αιχμής για την επιστήμη και την κοινωνία, οπότε υπάρχει μεγάλη ανάγκη για νανο-ειδικευμένο εργατικό δυναμικό. Αυτή η ανάγκη μπορεί να καλυφθεί όταν οι μαθητές εκτίθενται σε έννοιες της N-ET από το σχολείο (Schönborn et al., 2016). Η καλλιέργεια του «νανο-γραμματισμού», αποσκοπεί από τη μια στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων και της γνώσης των σχετιζόμενων κοινωνικών ζητημάτων και από την άλλη ως μέσο αύξησης του ενδιαφέροντος των μαθητών για την επιστήμη (Sakhnini & Blonder, 2016). Προς αυτή την κατεύθυνση, έχουν γίνει προτάσεις ώστε η νανο-εκπαίδευση να βασίζεται στην διαπραγμάτευση βασικών εννοιών της N-ET (Hignant & Albe, 2010), τις «Μεγάλες Ιδέες» της νανοκλίμακας, θεμελιώδεις έννοιες, που επιτρέπουν στους μαθητές να αποκτήσουν το θεωρητικό υπόβαθρο έτσι ώστε στη συνέχεια να επεξεργαστούν νοητικά το αντικείμενο της N-ET.

Η παρούσα εργασία, πραγματεύεται την ένταξη περιεχομένου N–ET στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, βασιζόμενη στις Μεγάλες Ιδέες. Οι Μεγάλες Ιδέες που αποτελούν τον πυρήνα της N-ET είναι: 1) το μέγεθος και η κλίμακα, 2) η δομή της ύλης, 3) οι ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος, 4) οι δυνάμεις και οι αλληλεπιδράσεις, 5) τα κβαντικά φαινόμενα, 6) η αυτο-οργάνωση, 7) τα εργαλεία, 8) τα μοντέλα και οι προσομοιώσεις, 9) η σχέση νανοεπιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας (Stevens et al, 2009).

Κατά την εφαρμογή του προτεινόμενου διδακτικού σεναρίου μελετήθηκαν και οι εννέα ιδέες-κάποιες σε μεγαλύτερη και κάποιες σε μικρότερη έκταση- μέσω βιβλιογραφικής έρευνας, με εκτέλεση απλών δραστηριοτήτων με χρήση ΤΠΕ, με εκτέλεση πειραμάτων με απλά υλικά, προσομοιώσεων,

ψηφιακών αναπαραστάσεων, με δημιουργία μοντέλων καθώς και με ενημέρωση από ειδικούς επιστήμονες. Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε συνοπτικά την εφαρμογή της διδακτικής μεθόδου και τα αποτελέσματά της όπως κατεγράφησαν από την συντρέχουσα/διαμορφωτική αξιολόγηση, και από την αξιολόγηση που έκαναν οι μαθητές με την ολοκλήρωση του σεναρίου.

ΜΕΘΟΔΟΣ

Το παρόν εκπαιδευτικό σενάριο δημιουργήθηκε από την εκπαιδευτικό ως αποτέλεσμα της συμμετοχής της στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα «Σύγχρονα Ζητήματα Επιστήμης και Τεχνολογίας», που υλοποιήθηκε από το Εργαστήριο Διδακτικής των Θετικών Επιστημών (ΕΔΘΕ) του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης, σε συνεργασία με το Περιφερειακό Κέντρο Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού (ΠΕ.Κ.Ε.Σ.) Κρήτης, κατά το σχολικό έτος 2019-2020. Το σενάριο αφορά τις επιστήμες STEM, με επικέντρωση τα θέματα Νανοεπιστήμης/Τεχνολογίας (NET) και συγκεκριμένα την κατασκευή μνήμης αποθήκευσης USB (Flash memory).

Για τη δημιουργία των διδακτικών ενοτήτων ακολουθήθηκε το μοντέλο διεργασίας διεπιστημονικής έρευνας ώστε το πρόβλημα (δημιουργία μνήμης φλας) να μετασχηματιστεί κατάλληλα για διδασκαλία STEM. Το πρώτο βήμα του μετασχηματισμού ήταν αυτό της ανάλυσης ως προς τα εμπλεκόμενα επιστημονικά πεδία και περιλάμβανε την αναγνώριση του προβλήματος, την αναγνώριση των εμπλεκόμενων επιστημονικών πεδίων, τη βιβλιογραφική αναζήτηση, την ανάπτυξη επιστημονικής επάρκειας σε κάθε πεδίο και την ανάλυση και αξιολόγηση κάθε εμπλεκόμενης αντίληψης /θεωρίας (Πανεπιστήμιο Κρήτης, 2019).

Κατά τον μετασχηματισμό του προβλήματος καταγράφηκαν οι διδακτικές ενότητες που συνδέονται άμεσα με τη λειτουργία της συσκευής αποθήκευσης (φλασάκι μνήμης), οι οποίες είναι: ο νανόκοσμος, η κίνηση ηλεκτρονίων, η δομή της ύλης, τα τροχιακά, η ιδιοπεριστροφή, ο ηλεκτρομαγνητισμός, τα κβαντικά φαινόμενα, οι ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος, η κωδικοποίηση της πληροφορίας, το δυαδικό σύστημα αρίθμησης, η μετατροπή των λέξεων σε bit, τα ηλεκτρονικά κυκλώματα, η μεταφορά, η αποθήκευση και ο διαμοιρασμός της πληροφορίας.

Στο επόμενο στάδιο έγινε η οργάνωσης του μαθήματος σε επιμέρους ενότητες, βάση των διδακτικών ενοτήτων που είχαν καταγραφεί. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε μάθημα στο eclass. Σε κάθε διδακτική ενότητα δημιουργήθηκε σχέδιο μαθήματος το οποίο περιλάμβανε δραστηριότητες κινήτρου για το μάθημα, ανίχνευσης πρότερων γνώσεων –ιδεών αναπαραστάσεων, δραστηριότητες ψυχολογικής και γνωστικής προετοιμασίας, δραστηριότητες διδασκαλίας, αξιολόγησης και μεταγνωστικές δραστηριότητες. Στα συνοδευτικά φύλλα εργασίας υπήρχε προτεινόμενο ψηφιακό υλικό, βίντεο, εικονικά εργαστήρια, εκπαιδευτικές εφαρμογές, διαδραστικά εργαλεία καθώς και πειράματα με απλά υλικά. Η μέθοδος διδασκαλίας ήταν η καθοδηγούμενη διερεύνηση με εφαρμογή ανεστραμμένη διδασκαλίας.

Στόχοι

Οι στόχοι της συγκεκριμένης διδακτικής πρότασης ήταν:

- Η διάκριση μακρόκοσμου-μικρόκοσμου-νανόκοσμου. Η σύγκριση μεγεθών και η κατάταξή τους στο αντίστοιχο πεδίο. Ο υπολογισμός του μεγέθους των σωμάτων (όγκος – επιφάνεια) και η σύνδεση των ιδιοτήτων των υλικών με τα μεγέθη αυτά.
- Η αναγνώριση του τρόπου δόμησης της ύλης και πώς αυτή επηρεάζει τις ιδιότητες.
- Η γνωριμία με τα εργαλεία εξερεύνησης του νανόκοσμου, την μικροσκοπία.
- Ανάπτυξη ικανότητας δημιουργίας μοντέλων προσομοίωσης, και η σωστή αναπαράστασή τους.
- Η επινόηση κατασκευής μοντέλων για επίλυση προβλημάτων.
- Η εμβάθυνση σε έννοιες φυσικών επιστημών, όπως δυνάμεις συνοχής- συνάφειας- πυρηνικές κ.ά. και εμπέδωση των γνώσεων αυτών.
- Η ανάπτυξη προγραμματιστικής σκέψης.

- Η απόκτηση δεξιοτήτων πειραματισμού και αξιολόγησης των πειραματικών αποτελεσμάτων.
- Η αναγνώριση της σχέση ΝΕΤ με τις τεχνολογικές εφαρμογές και την κοινωνία.
- Η καλλιέργεια κοινωνικών δεξιοτήτων.

Περιγραφή δραστηριοτήτων

Η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε εξ' ολοκλήρου από απόσταση. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα φύλλα εργασίας-υλικό που δημιουργήθηκε για κάθε μια από τις διδακτικές ενότητες .

Πίνακας 1: *Περιεχόμενο των διδακτικών ενοτήτων*

Θεματική ενότητα	***Εργασίες***
1. Μέγεθος Κλίμακα Μοντέλα	1ο Φύλλο εργασίας (Πείραμα με θέμα τον μακρόκοσμο) Αφίσα για τα μοντέλα 2ο Φύλλο εργασίας (Μακρόκοσμος-μικρόκοσμος-νανόκοσμος) Μάθημα TED-Ed (Διαστάσεις ατόμων)
2. Δομή της ύλης	Βιβλιογραφική έρευνα
3. Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις	1ο Φύλλο εργασίας (Προσομοίωση με θέμα τη διαλυτότητα μοριακών και ιοντικών ενώσεων σε μάκρο και μίκρο κλίμακα)
4. Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος	1ο Φύλλο εργασίας (Πειράματα με θέμα την επιφανειακή τάση) 2ο Φύλλο εργασίας (Δυνάμεις συνοχής –συνάφειας) 3ο Φύλλο εργασίας (Υπολογισμός αναλογίας επιφάνειας – όγκου αντικειμένων)
5. Κβαντικά φαινόμενα Τροχιακά Κίνηση ηλεκτρονίων-ιδιοπεριστροφή Μοντέλα	Βιβλιογραφική έρευνα για φλασάκι μνήμης Φύλλο εργασίας (Προσομοίωση - Φως) Κατασκευή μοντέλων ατόμων Ηλίου
6. Αυτο-οργάνωση	Φύλλο εργασίας Βιομιμητισμός (Πειράματα με το φαινόμενο του Λωτού)
7. Όργανα και Εργαλεία Εξερεύνησης του Νανόκοσμου	Βιβλιογραφική έρευνα Φύλλο εργασίας- μικροσκοπία
8. Μετατροπή των λέξεων σε bit	1ο Φύλλο εργασίας εισαγωγή στο Tinkercad 2ο Δημιουργία κώδικα Morse
9. Ηλεκτρονικά κυκλώματα Απεικόνιση κυκλωμάτων	1ο Φύλλο εργασίας προσθήκη κουμπιού 2ο Φύλλο εργασίας χρήση αισθητήρα θερμοκρασίας 3ο Φύλλο εργασίας χρήση αισθητήρα φωτός Σύνδεση Arduino
10. Μοντέλο	Κατασκευή μνήμης φλας
Σχέση ΝΕΤ και κοινωνίας	Βιβλιογραφική αναζήτηση Συζήτηση –συνέντευξη από ειδικό επιστήμονα ΝΕΤ Παρουσίαση εργασιών σε επιστήμονα ειδικό στη διδασκαλία STEM

Σε κάθε ενότητα το σχέδιο μαθήματος περιείχε υλικό προετοιμασίας, εκτέλεση πειραμάτων και συμπλήρωση φύλλων εργασίας. Στην δια ζώσης συνάντηση γίνονταν παρουσιάσεις στην ολομέλεια, αξιολόγηση και ανατροφοδότηση. Με την ολοκλήρωση της ενότητας οι μαθητές συμπλήρωναν επαναληπτικές ασκήσεις αυτό-αξιολόγησης και διαμορφωτικής αξιολόγησης. Ως προς τη διαδικασία του πειραματισμού, οι συμμετέχοντες εκτελούσαν όλα τα πειράματα στον χώρο τους, τα κατέγραφαν σε ψηφιακή μορφή (φωτογραφίες και βίντεο) και τα παρουσίαζαν σε επόμενο χρόνο.

Η πρώτη θεματική ενότητα είχε ως αντικείμενο τα μεγέθη -τις κλίμακες και αποτελούνταν από τρεις υποενότητας, η πρώτη από τις οποίες είχε ως αντικείμενο τον μακρόκοσμο. Οι μαθητές παρακολούθησαν βίντεο, μελέτησαν άρθρο και πραγματοποίησαν πείραμα με απλά υλικά. Το πείραμα περιλάμβανε συλλογή αντικειμένων από τον περιβάλλοντα χώρο, ταξινόμησή τους κατά αυξανόμενη τάξη μεγέθους και κατασκευή μοντέλου για το μικρότερο από αυτά. Το συνοδευτικό φύλλο εργασίας περιείχε ερωτήσεις σχετικά με τον τρόπο κατασκευής μοντέλων φυσικών επιστημών και τη χρησιμότητά τους. Στην Εικόνα 1 αριστερά παρουσιάζονται δύο αντικείμενα του μακρόκοσμου και δεξιά η αναπαράστασή τους με μοντέλα.

Εικόνα 1: *Αντικείμενα του μακρόκοσμου και αναπαράστασή τους με μοντέλα*

Στην συνάντηση που ακολούθησε, πραγματοποιήθηκε παρουσίαση των εργασιών, ανατροφοδότηση και αξιολόγηση. Η ανατροφοδότηση περιλάμβανε παρακολούθηση βίντεο και συμπλήρωση ερωτηματολογίου. Για την ολοκλήρωση της υποενότητας δημιουργήθηκε ομαδοσυνεργατικά αφίσα σχετική με την έννοια και τη φύση των μοντέλων φυσικών επιστημών (ορισμός, σκοπός , ύπαρξη πολλαπλών μοντέλων κ.ά.) και για τη χρησιμότητά τους. Επίσης, έγινε συζήτηση για τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων που μοντελοποίησαν, τις αδυναμίες των μοντέλων αυτών και τις παρανοήσεις που μπορεί να εγείρουν. Στη διδασκαλία της θεματικής αυτής υπήρξε πολύ μεγάλο ενδιαφέρον από την πλευρά των εκπαιδευόμενων και αξίζει να σημειωθεί ότι όλοι οι μαθητές συμπλήρωσαν τα φύλλα αξιολόγησης. Η δυσκολία που καταγράφηκε ήταν στην κατασκευή των μοντέλων, καθώς υπήρχε η παρανόηση ότι πρέπει να αποτελούν πιστή αναπαράσταση του αντικειμένου στόχου.

Στο επόμενο μάθημα, οι μαθητές αρχικά μελέτησαν υλικό σχετικά με τον μικρόκοσμο και νανόκοσμο (βίντεο και άρθρο) και ακολούθως συμπλήρωσαν φύλλο εργασίας που περιλάμβανε την τοποθέτηση αντικειμένων διαφόρων μεγεθών σε κουτιά και παρατήρηση αυτών με τα αντίστοιχα όργανα- τα προς μελέτη αντικείμενα ήταν από το μέγεθος της μακροκλίμακας έως αυτό του ατόμου. Όπως και στις προηγούμενες ενότητες, οι μαθητές παρουσίασαν τις εργασίες τους, έγινε ανατροφοδότηση και αξιολόγηση. Στο μάθημα αυτό κάποιοι από τους συμμετέχοντες αντιμετώπισαν δυσκολία στον προσδιορισμό της τάξης μεγέθους των πολύ μικρών, μη ορατών αντικειμένων.

Ακολούθως, οι μαθητές μελέτησαν τις διαστάσεις των χημικών στοιχείων και των πυρήνων τους, εμβαθύνοντας στην έννοια της νανοκλίμακας και ατομικής κλίμακας. Για το σκοπό αυτό εργάστηκαν σύγχρονα και εξ' αποστάσεως με διαδραστικό μάθημα TED-Ed που περιλάμβανε βίντεο, ερωτήσεις κατανόησης και ερωτήσεις ανάπτυξης με στόχο τη σαφή διάκριση των διαστάσεων. Σε αυτό το στάδιο διαφάνηκε η πολύ καλή κατανόηση, από την πλειοψηφία των συμμετεχόντων, των διαστάσεων του νανόκοσμου.

Για την αξιολόγηση της επίτευξης του επιδιωκόμενου διδακτικού στόχου στην ενότητα μέγεθος–κλίμακα, οι μαθητές συμπλήρωσαν ερωτηματολόγιο wiki δύο φορές, μια στην αρχή και μια μετά την ολοκλήρωση της μελέτης. Στο ερωτηματολόγιο αυτό αποτυπώθηκε η αλλαγή στις απόψεις των

εμπλεκόμενων καθώς έγινε φανερό ότι από τις εμπειρικές απόψεις πέρασαν στην επιστημονική γνώση.

Για την μελέτη της τρίτης ενότητας που ήταν οι δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν φύλλο εργασίας που περιλάμβανε διαδραστική προσομοίωση από το PhetColorado, σχετική με τη διαλυτότητα ουσιών. Οι ουσίες προς μελέτη ήταν μοριακές και ιοντικές και η εκτέλεση της προσομοίωσης γινόταν σε μακροσκοπική και μικροσκοπική κλίμακα. Ακολούθως έγινε παρουσίαση των εργασιών και αξιολόγηση. Από την αξιολόγηση έγινε φανερό, ότι η αξιοποίηση της προσομοίωσης προσέφερε πολλαπλά οφέλη στους μαθητές. Κατανόησαν την ύπαρξη ετεροπολικών και ομοιοπολικών δεσμών και παράλληλα αναγνώρισαν ότι η παρατήρηση του φαινομένου στον μακρόκοσμο οδηγούσε σε λάθος προβλέψεις καθώς δεν έδειχνε την πραγματική εξέλιξη του φαινομένου. Ουσιαστικά μέσω του πειραματισμού αντιλήφθησαν ότι η κλασσική φυσική δεν μπορεί να ερμηνεύσει επαρκώς κάποια φαινόμενα.

Η επόμενη ενότητα ήταν αυτή των ιδιοτήτων που εξαρτώνται από το μέγεθος. Οι μαθητές αρχικά εκτέλεσαν τρία πειράματα σχετικά με την επιφανειακή τάση. Το πρώτο ήταν η τοποθέτηση βελόνας και συνδετήρα πάνω στην επιφάνεια του νερού. Το δεύτερο ήταν η προσθήκη νερού σε δοχείο μέχρι το στόμιο και η παρατήρηση της σχηματιζόμενης επιφάνειας. Στο τρίτο πείραμα πρόσθεσαν σε δοχείο που περιείχε νερό πιπέρι και σαπούνι. Στη συνέχεια συμπλήρωσαν φύλλο εργασίας με θέμα τις δυνάμεις συνοχής και συνάφειας. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης έδειξαν την απόλυτη κατανόηση της ιδιότητας της επιφανειακής τάσης αλλά και τη δυσκολία στην χρήση όρων φυσικών επιστημών για την ερμηνεία των φαινομένων.

Στο μάθημα που ακολούθησε, οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν φύλλο εργασίας το οποίο είχε ως θέμα τον υπολογισμό της αναλογίας επιφάνειας – όγκου αντικειμένων (κύβων και κυλίνδρων), καθώς και τον υπολογισμό της μεταβολής της αναλογίας αυτής καθώς οι διαστάσεις των σωμάτων μειώνονταν. Στη συνέχεια οι εκπαιδευόμενοι κλήθηκαν να ερμηνεύσουν την εξάρτηση της ταχύτητας κάποιων χημικών αντιδράσεων σε σχέση με το μέγεθος των υλικών (καύσεις, αντιδράσεις με υπεροξείδιο του υδρογόνου). Καταγράφηκε δυσκολία στους υπολογισμούς των όγκων και των επιφανειών.

Για τη μελέτη της έννοια των ατομικών τροχιακών οι μαθητές παρακολούθησαν ψηφιακό υλικό σε σχέση με την κίνηση των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα, τις τροχιές και το σπιν. Στη συνέχεια, ως εργασία δόθηκε η κατασκευή του ατόμου Ηλίου (He) και η αναπαράσταση της κίνησης των ηλεκτρονίων του. Η εργασία αυτή ήταν ατομική, χρειάστηκαν πολλαπλές προσπάθειες για την σωστή απεικόνιση της κίνησης των ηλεκτρονίων και δεν ολοκληρώθηκε από όλους τους συμμετέχοντες. Στην Εικόνα 2 παρουσιάζονται κάποιες από τις εργασίες των μαθητών.

Εικόνα 2: *Αναπαράσταση ατόμου Ηλίου*

Για την ενότητα των κβαντικών φαινομένων, οι μαθητές μελέτησαν υλικό σχετικά με τη διττή φύση του φωτός, εργάστηκαν με προσομοίωση PhetColorado και συμπλήρωσαν σχετικό φύλλο

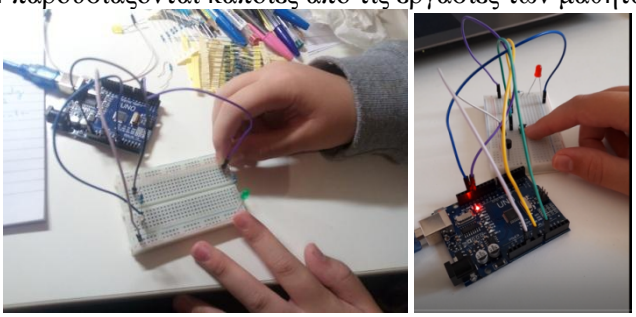
εργασίας. Στην ενότητα αυτή έγινε ξανά αναφορά στην απαγορευτική αρχή του Pauli με την οποία είχαν ήδη ασχοληθεί όταν κατασκεύαζαν το άτομο του Ηλίου. Η αξιολόγηση έδειξε την πολύ καλή κατανόηση του αντικειμένου.

Στη θεματική της αυτο-οργάνωσης- βιομιμητισμός, οι μαθητές διερεύνησαν το φαινόμενο του λωτού για να ερμηνεύσουν τις ιδιότητες των υπερ-υδρόφοβων επιφανειών. Και στην ενότητα αυτή εφαρμόστηκε ανεστραμμένη τάξη, ως υλικό προετοιμασίας δόθηκε σχετικό βίντεο και πείραμα προς εκτέλεση. Οι μαθητές συνέλλεξαν φύλλα φυτών στην επιφάνειά των οποίων έριξαν νερό και παρατήρησαν τον σχηματισμό σταγόνων. Στη συνέχεια επανέλαβαν την παραπάνω πειραματική διαδικασία αφού πρώτα στην επιφάνεια των φύλλων τοποθέτησαν χώμα. Σε κάθε περίπτωση κατέγραψαν τις παρατηρήσεις τους και τις πιθανές ερμηνείες τους. Στην αξιολόγηση φάνηκε η δυσκολία διάκρισης της υδρόφιλης ή υδρόφοβης επιφάνειας των φύλλων. Στην Εικόνα 3 παρουσιάζονται κάποιες από τα πειράματα των μαθητών.

Εικόνα 3: *Μελέτη υδρόφοβης συμπεριφοράς φύλλων*

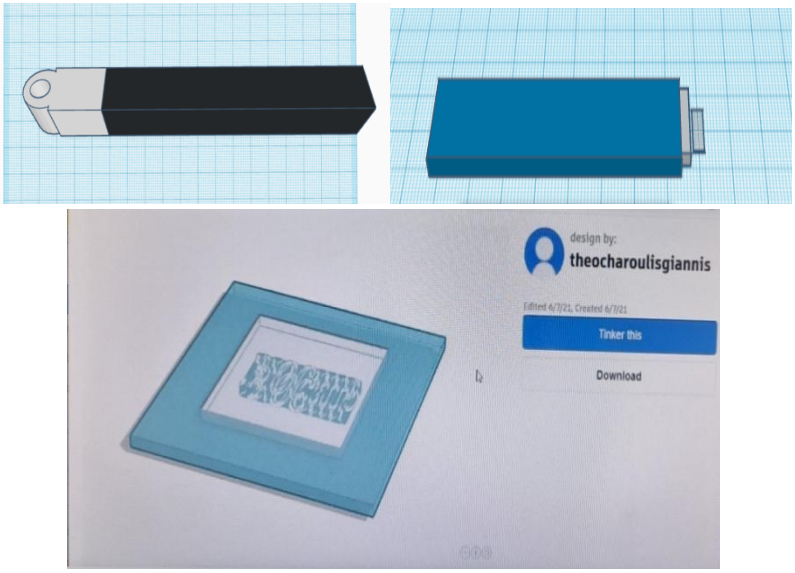
Για τις θεματικές δομή της ύλης, όργανα και εργαλεία εξερεύνησης του νανόκοσμου, σχέση νανοεπιστήμης και κοινωνίας και λειτουργία της μνήμης φλας οι μαθητές διεξήγαγαν βιβλιογραφική έρευνα, χρησιμοποιώντας ασφαλείς μηχανές αναζήτησης, και συμπλήρωσαν συνοδευτικά φύλλα εργασίας.

Ομάδα μαθητών ασχολήθηκε με την προγραμματιστική σκέψη και συγκεκριμένα με τη δημιουργία κώδικα στο tinkercad. Μετέτρεψαν τις λέξεις σε bit δημιουργώντας κώδικα Morse. Επίσης, δημιούργησαν απλά κυκλώματα με χρήση αισθητήρα θερμοκρασίας, φωτός και προσθήκη κουμπιού. Στη συνέχεια απεικόνισαν τα κυκλώματα που είχαν δημιουργήσει σε μικροελεγκτή Arduino. Στην Εικόνα 4 παρουσιάζονται κάποιες από τις εργασίες των μαθητών.



Εικόνα 4: *Κυκλώματα με χρήση Button και αισθητήρων και σύνδεση με Arduino*

Ένα ακόμα μέρος της εργασίας αποτέλεσε η αναπαράσταση της μνήμης φλας μέσω της κατασκευής μοντέλου με διαδικτυακά προγράμματα μοντελοποίησης. Οι μαθητές επέλεξαν και χρησιμοποίησαν για τον σκοπό αυτό το 3D design στο tinkercad. Από την καταγραφή των απόψεών τους διαφάνηκε ο ενθουσιασμός τους για την χρήση του συγκεκριμένου ψηφιακού μέσου αλλά και οι δυσκολίες που αντιμετώπισαν στην ολοκλήρωση της ψηφιακής κατασκευής- δυσκολία στην απεικόνιση των αναλογιών του μοντέλου. Στην Εικόνα 5 παρουσιάζονται κάποιες από τις εργασίες των μαθητών.



Εικόνα 5: *Κατασκευή τρισδιάστατου μοντέλου μνήμης φλας*

Πολύ σημαντική μέρος της διδακτικής διαδικασίας αποτέλεσε η συνεργασία με ειδικούς επιστήμονες. Η πρώτη συνάντηση – συνέντευξη με ειδικό στον τομέα των N-ET οδήγησε στην κατάρριψη την πεποίθησή των μαθητών πώς τα προϊόντα της ΝανοΤεχνολογίας αναφέρονται σε ένα μακρινό μέλλον, τους βοήθησε να κατανοήσουν την σχέση της NET με τις τεχνολογικές εφαρμογές και την κοινωνία, ενώ ταυτόχρονα ανέδειξε νέους επαγγελματικούς ορίζοντες. Η δεύτερη συνάντηση με επιστήμονα ειδικευμένο στη διδασκαλία STEM βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν την ενοποίηση των επιστημών και να αναγνωρίσουν την σύνδεση των πεδίων στα οποία είχαν εργαστεί.

Αξιολόγηση

Για την αποτίμηση του εκπαιδευτικού σεναρίου χρησιμοποιήθηκαν:

(i) ερωτηματολόγια, wiki, ασκήσεις και εργασίες που είχαν δημιουργηθεί στο eclass,

(ii) έντυπα και ηλεκτρονικά φύλλα εργασιών που είχαν δημιουργηθεί στο TEDEd, Kahoot και στο webex,

(iii) οι παρουσιάσεις των μαθητών και τα τεχνουργήματά τους,

(iv) το τελικό ερωτηματολόγιο εντυπώσεων - αξιολόγησης.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Προκειμένου να αξιολογηθεί η δομή του διδακτικού σεναρίου, η επίτευξη των διδακτικών στόχων (γνωστικών, συναισθηματικών και ψυχοκινητικών), τα διδακτικά εργαλεία και η μεθοδολογία STEM (Κασσωτάκης, 1981;Gronlund, 1985), συνεκτιμήθηκαν και αναλύθηκαν:

- Οι παρατηρήσεις του εκπαιδευτικού από την εφαρμογή των φύλλων εργασίας.
- Οι απαντήσεις των μαθητών στο φύλλο αξιολόγησης.
- Η συνεργασία μεταξύ των μελών κάθε ομάδας όπως αυτή καταγράφηκε από τους μαθητές απαντώντας σε σχετική ερώτηση που υπήρχε στο φύλλο αξιολόγησης.

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης ανέδειξαν τα πλεονεκτήματα της διδακτικής μεθοδολογίας STEM. Οι μαθητές ενεπλάκησαν ενεργά, διερεύνησαν, ανέπτυξαν κριτική σκέψη και ικανότητα επίλυσης προβλημάτων, μοντελοποίησης, επιχειρηματολογίας, ικανότητα εκτέλεσης ερευνητικής και ανεξάρτητης εργασίας. Επίσης, καλλιέργησαν τις κοινωνικές τους δεξιότητες καθώς επικοινώνησαν και εργάστηκαν ομαδοσυνεργατικά, ακόμα και εργαζόμενοι από απόσταση. Αξίζει να σημειωθεί ότι με την παρέμβαση και την καθοδήγηση του διδάσκοντος -ενισχύοντας τους σε κενά και ελλείψεις γνώσεων- η πλειοψηφία των συμμετεχόντων πραγματοποίησε τις δραστηριότητες και συμπλήρωσε τα φύλλα εργασίας.

Σημαντικές ήταν οι παρατηρήσεις των μαθητών στην αξιολόγησή του εκπαιδευτικού σεναρίου. Οι εκπαιδευόμενοι δήλωσαν ότι βρήκαν τη διδακτική πιο ενδιαφέρουσα, πιο ευχάριστη και πιο εποικοδομητική. Επίσης ανέφεραν ότι τους άρεσε ιδιαίτερα το μέρος του πειραματισμού, των κατασκευών καθώς και της επικοινωνίας με τους επιστήμονες.

Οι δυσκολίες που παρουσιάστηκαν ήταν αυτές που καταγράφονται και στη βιβλιογραφία: οι μαθητές πίστευαν ότι η κλασική μηχανική μπορεί να ερμηνεύσει τη συμπεριφορά της ύλης σε όλες τις κλίμακες (Kalkanis et al. 2003) οπότε οδηγούνταν σε λάθος συμπεράσματα και θεωρούσαν ότι τα μοντέλα πρέπει να είναι ακριβείς αναπαραστάσεις (Grosslight et al. 2001) γι΄ αυτό το λόγο δυσκολευόταν στην κατασκευή τους, Επίσης, εργαζόμενοι από απόσταση συνάντησαν δυσκολίες στην δημιουργία μοντέλων ως ομάδες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εργασία αυτή παρουσιάζει διδακτικό σενάριο που αφορά STEM προσέγγιση με επικέντρωση τα θέματα Ν-ΕΤ. Αποτελεί μια προσπάθεια ένταξης περιεχομένου Ν-ΕΤ στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, μέσω απλών δραστηριοτήτων, πειραμάτων, εικονικών εργαστηρίων, προσομοιώσεων, βασιζόμενη στις «Μεγάλες Ιδέες». Μετά το πέρας των διαδικασιών και κατά το στάδιο του αναστοχασμού της έρευνας δράσης επισημάνθηκε ότι οι μαθητές ανταπεξήλθαν πλήρως στις απαιτήσεις της διαδικασίας. Με την ολοκλήρωση της εφαρμογής του εκπαιδευτικού σεναρίου οι μαθητές ήταν σε θέση:

- να διακρίνουν μακρόκοσμο- μικρόκοσμο και νανόκοσμο,
- να συγκρίνουν μεγέθη και να τα κατατάσσουν στο αντίστοιχο πεδίο,
- να υπολογίζουν το μέγεθος των σωμάτων (όγκος – επιφάνεια) και να συνδέσουν τις ιδιότητες των υλικών με τα μεγέθη αυτά,
- να αναγνωρίζουν τον τρόπο δόμησης της ύλης,
- να αναγνωρίζουν πιο όργανο χρησιμοποιείτε για τη μελέτη των αντικειμένων με βάση το μέγεθός τους,
- να δημιουργούν μοντέλα προσομοίωσης,
- να προγραμματίζουν με blocks ή text,
- να πειραματίζονται και να αξιολογούν τα πειραματικά αποτελέσματα,
- να αναγνωρίζουν την σχέση της ΝΕΤ με τις τεχνολογικές εφαρμογές και την κοινωνία,
- να εργάζονται ομαδοσυνεργατικά.

Επίσης, οι μαθητές αξιολογώντας το εκπαιδευτικό σενάριο, αποτύπωσαν την πλήρη ικανοποίηση τους από την συμμετοχή τους στη συγκεκριμένη διδακτική διαδικασία, την ενίσχυση της αυτοπεποίθησής τους, την ανάπτυξη θετικής στάσης απέναντι στις φυσικές επιστήμες και τον προσανατολισμό τους σε STEM επαγγέλματα.

Με βάση τα παραπάνω, προτείνεται η εφαρμογή του συγκεκριμένου διδακτικού σεναρίου σε σύγχρονη ή ασύγχρονη δια ζώσης διδασκαλία ως έχει ή με συμπλήρωση δραστηριοτήτων εμβάθυνσης καθώς και με προσθήκη νέων θεματικών ενοτήτων.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Κασσωτάκης, Μ. (1981). Η αξιολόγηση της επίδοσης των μαθητών. Αθήνα: Γρηγόρης

Πανεπιστήμιο Κρήτης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εργαστήριο Διδακτικής Θετικών Επιστημών, Εκπαίδευση STEM, Ρέθυμνο, 2019-2020.

Caprile, M., Palmen, R., Sanz, & Dente, G. (2015). *Encouraging STEM studies for the labour market* (Directorate-General for Internal Policies: European Parliament).

Gronlund, N. (1985). Measurement and evaluation in teaching, 5th edition. New York: Macmillan and

Company.
Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. Journal of Research in Science teaching, 28(9), 799-822.
Hignant, B., Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: a review of literature. Studies in Science Education 46:2, 121-152.
Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, A. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington: National Academies Press.
Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G. E., Albe, V., Falvo, M., & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and nanoscale science: Educational challenges. International Journal of Science Education, 35, 1490-1512.
Kalkanis, G., Hadzidaki, P., & Stavrou, D. (2003). An instructional model for a radical conceptual change towards quantum mechanics concepts. Science education, 87(2), 257-280.
Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). *STEM: country comparisons*. Melbourne: Australian Council of Learned Academies.
Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. Science Education.
Prinsley, R., & Baranyai, K. (2015). *STEM skills in the workforce: what do employers want?* Occasional Papers Series, issue 9, March. Office of the Chief Scientist.
Ramsden J. (2009). Essentials of Nanotechnology, Ventus Publishing ApS. 2009.
Sakhnini, S., & Blonder, R. (2016). Nanotechnology applications as a context for teaching the essential concepts of NST. International Journal of Science Education, 38(3), 521–538. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1152518
Schönborn, K. J., Höst, G. E., & Palmerius, K. E. L. (2016). Nano education with interactive visualization. Nano Today, 11(5), 543–546. https://doi.org/10.1016/j.nantod.2015.10.006
Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). The big ideas of nanoscale science and engineering. NSTA press.
The Royal Society Science Policy Centre. (2014). *Vision for science and mathematics education*. London: The Royal Society.
Toma, R. B., & Greca, I. M. (2018). The effect of integrative STEM instruction on elementary students' attitudes toward science. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 14(4), 1383-1395.

Εκπαιδευτικό Υλικό: Τα Πειράματα του mr. Chem, ένα Επιστημονικό Παραμύθι, το οποίο Απευθύνεται σε Παιδιά Προσχολικής και Πρώτης Σχολικής Ηλικίας

Σαρηγιάννη Χριστίνα
pitoufer1@yahoo.gr
Εκπαιδευτικός ΠΕ70, Λεόντειος Σχολή Αθηνών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται εκπαιδευτικό υλικό μέσω ενός βιβλίου για τις φυσικές επιστήμες, το οποίο απευθύνεται σε παιδιά του νηπιαγωγείου και των πρώτων τάξεων του δημοτικού και έχει τη μορφή ενός επιστημονικού παραμυθιού. Το βιβλίο αυτό εκδόθηκε τον Μάιο του 2022 από τις εκδόσεις Κλειδάριθμος και συνδυάζει τρεις βασικούς άξονες: την ανακαλυπτική μάθηση, την πειραματική διαδικασία και το λογοτεχνικό μέσο του παραμυθιού, προκειμένου να εισαγάγει ομαλά τα παιδιά στον χώρο των φυσικών επιστημών και να τους γνωρίσει βασικές επιστημονικές έννοιες. Μέσω αυτού και πάντα στο πλαίσιο της ενεργητικής μάθησης και της ολιστικής παιδείας επιχειρείται να δοθεί υλικό για τη Φυσική και τη Χημεία, καθώς αυτό προσεγγίζεται με παιγνιώδη τρόπο, μέσω της μαγείας ενός παραμυθιού, εναρμονίζοντας στη ροή του το πείραμα, που αποτελεί θεμελιώδη διαδικασία στη μεθοδολογία των φυσικών επιστημών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *παραμύθι, πείραμα, φυσικές επιστήμες , ανακαλυπτική μάθηση*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παραμύθι πολλές φορές έχει συνδεθεί με τις Φυσικές Επιστήμες, επιχειρώντας να εξηγήσει διαφορά φυσικά φαινόμενα σε παιδιά μικρών ηλικιών. Παράλληλα, δεν είναι λίγες οι φορές που έχει αξιοποιηθεί ως εκπαιδευτικό υλικό, είτε στο νηπιαγωγείο, είτε στο δημοτικό σχολείο από εκπαιδευτικούς, ως μέρος του Αναλυτικού Προγράμματος αλλά και αυτοβούλως για διδακτικούς σκοπούς. Το παραμύθι λοιπόν συχνά πρωταγωνιστεί στις προσχολικές και πρώτες σχολικές τάξεις, καθώς αποτελεί σταθερά εκπαιδευτικό υλικό που ευνοεί τη μάθηση και την καλλιέργεια πλήθους δεξιοτήτων. Τα τελευταία χρόνια γίνεται μια μεγάλη προσπάθεια να υιοθετηθούν ανθρωποκεντρικές μέθοδοι διδασκαλίας, για αυτό και αναζητούνται πρωτότυπα εκπαιδευτικά υλικά, που θα εμπνεύσουν τον μαθητή και θα τον εμπλέξουν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία (Ματσαγγουρας, 2006). Η ανακαλυπτική μάθηση ευνοεί πολύ τις σύγχρονες τάσεις και μπορεί να καλύψει σε μεγάλο βαθμό τις σύγχρονες παιδαγωγικές ανάγκες (Μυλωνακου-Κέκε, 2007). Παρακάτω θα παρουσιαστεί πρωτότυπο εκπαιδευτικό υλικό, με τη μορφή παραμυθιού που εισάγει τα παιδιά προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας στον χώρο των Φυσικών Επιστημών και που αξιοποιεί τη δύναμη του πειράματος, εντάσσοντάς το ως μέρος της εξέλιξης του μύθου.

Η ανάπτυξη κατά την προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία

Η προσχολική ή αλλιώς νηπιακή ηλικία αφορά σε παιδιά από 3 έως 5 με 6 ετών και πλαισιώνεται εκπαιδευτικά από τους παιδικούς σταθμούς και τα νηπιαγωγεία. Κατά τη διάρκεια αυτών των ηλικιών παρατηρούνται μεγάλες αλλαγές τόσο στη σωματική, όσο και στη γνωστική ανάπτυξη των παιδιών. Συγκεκριμένα, παρατηρούνται αλλαγές στις αναλογίες του σώματος, ενώ παράλληλα καλλιεργούνται και γνωστικές δεξιότητες, όπως η προσυλλογιστική σκέψη και η ανακλητική μνήμη. Η επίδραση του σχολικού πλαισίου είναι καθοριστική σε αυτές τις ηλικίες, καθώς μέσω των δραστηριοτήτων που υλοποιούνται, οι μαθητές αναπτύσσονται νοητικά, γλωσσικά και ψυχο-κοινωνικά. Παράλληλα, τα παιδιά αυτών των ηλικιών αναπτύσσουν πρωτοβουλίες, επιδιώκουν τη δημιουργική δράση και προβληματίζονται με τα ερεθίσματα με τα οποία αλληλοεπιδρούν. Πρόκειται για το χρονικό διάστημα που μπαίνουν τα θεμέλια για την ανάπτυξη πολύ χρήσιμων δεξιοτήτων, όπως η ανάπτυξη της λεπτής κίνησης, της συνεργασίας και της ανεξαρτησίας σε έναν πρώτο βαθμό. Για αυτό και απαιτείται σωστός σχεδιασμός δραστηριοτήτων, ποικιλία ερεθισμάτων και διαμόρφωση συνθηκών που ευνοούν την πρωτοβουλία (Gottman, 2000).

Η πρώτη σχολική ηλικία αφορά σε παιδιά από 6 έως και 8 ετών και πλαισιώνεται εκπαιδευτικά από τις πρώτες τρεις τάξεις του δημοτικού σχολείου. Κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου

πραγματοποιούνται αλλαγές σωματικές, αλλά όχι τόσο έντονες, καθώς αυτές ακολουθούν πιο ήπιο ρυθμό ανάπτυξης. Παράλληλα όμως, συγκεκριμενοποιούνται νοητικές πράξεις, βελτιώνονται οι γλωσσικές ικανότητες και αναπτύσσονται σημαντικές δεξιότητες όπως η δημιουργική σκέψη, η φιλοπονία και η παραγωγικότητα (Feldman, 2009). Φυσικά, κατά τη διάρκεια των πρώτων τάξεων του δημοτικού αναδύονται σε κάποιες περιπτώσεις δυσκολίες μαθησιακές, αναπτυξιακές και κοινωνικές, όπως και αποκλίσεις που μπορεί να επηρεάσουν την πρόοδο του παιδιού, εάν το σχολείο δεν τις εντοπίσει εγκαίρως, προκειμένου να τις γνωστοποιήσει στους γονείς (Herbert, 1989).

Το σχολικό περιβάλλον ήδη από τις πρώτες τάξεις του δημοτικού είναι σημαντικό να αξιοποιεί διάφορες προσεγγίσεις, έτσι ώστε να διασφαλίζει την πρόοδο όλων των μαθητών του και να επιχειρεί την άμβλυνση της ανομοιογένειας (Στυλιάρας, 2015). Εφόσον η ανομοιογένεια μέσα σε μια σχολική τάξη είναι πλέον συνήθης και δυσκολεύει αισθητά το εκπαιδευτικό έργο των δασκάλων, η εκπαιδευτική κοινότητα έχει ανάγκη από εμπνευσμένο εκπαιδευτικό υλικό και μαθητοκεντρικές προσεγγίσεις, προκειμένου να εμπλέξει ενεργά τον μαθητή στο πεδίο της μάθησης και να πετύχει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα (Fontana, 1996). Σε κάθε περίπτωση λοιπόν το σχολικό πλαίσιο πρέπει να ευνοεί την ανάπτυξη των παιδιών, με σεβασμό στις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες της κάθε ηλικίας.

Το εκπαιδευτικό υλικό στη μαθησιακή διαδικασία

Το εκπαιδευτικό υλικό αδιαμφισβήτητα αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο της μαθησιακής διαδικασίας, καθώς υποστηρίζει τον διδάσκοντα και ευνοεί τη μάθηση και την πρόοδο των μαθητών. Έχει διάφορες μορφές, οι οποίες εξυπηρετούν ξεχωριστούς μαθησιακούς στόχους και υπηρετούν διάφορες παιδαγωγικές προσεγγίσεις (Λιοναράκης, 2001). Δύσκολα όμως περιγράφεται, καθώς τα όριά του δεν είναι πάντα διακριτά. Το εκπαιδευτικό υλικό λοιπόν, μπορεί να έχει τη μορφή κειμένου, οπτικοακουστικού υλικού, ήχου, ακόμα και διαδραστικής δραστηριότητας. Εν ολίγοις αποτελεί κάθε μέσο που θα αξιοποιήσει ο εκπαιδευτικός, προκειμένου να διεγείρει γνωστικά και συναισθηματικά τους μαθητές του, έτσι ώστε να τους οδηγήσει στην προσωπική τους ανάπτυξη. Σχεδιάζεται τόσο από τους θεσμοθετημένους φορείς εκπαίδευσης, όπως το Υπουργείο Παιδείας, αλλά και από τους εκπαιδευτικούς και τους εκπαιδευόμενους (Χαλκιά, 2010). Κατά τον σχεδιασμό του ακολουθείται μια στοχοθεσία και ένα εκπαιδευτικό μοντέλο, ενώ παράλληλα λαμβάνονται υπόψη και οι ανάγκες των εκπαιδευόμενων (Rogers, 1999).

Η αισθητική εμπειρία στη μάθηση και οι ευεργετικές ιδιότητες του παραμυθιού

Εδώ και χρόνια η τέχνη υπηρετεί εκπαιδευτικούς σκοπούς και μάλιστα με μεγάλη επιτυχία, καθώς επιτρέπει τη βιωματική μάθηση και την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης που θεωρείται ιδανικό εφόδιο για την ενήλικη ζωή (Κόκκος, 2011). Επιπρόσθετα, αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τον εκπαιδευτικό, καθώς μέσω της αισθητικής εμπειρίας ο εκπαιδευμένος αναπτύσσει την φαντασία του (Dewey, 1980), αναδύει κρυφές του ικανότητες (Gardner,1990) και τελικά, μυείται στον κόσμο της δημιουργίας (Άλκηστις, 1989). Όλα τα παραπάνω, τον βοηθούν να διαμορφώσει μια ολοκληρωμένη προσωπικότητα (Τζοβλά, 2017) και να καλλιεργήσει όλες τις δυνατότητές του με τον δικό του τρόπο, πλησιάζοντας τον βασικό στόχο της ζωής του που είναι η αυτοπραγμάτωση (Feldman, 2009).

Παράλληλα, ζούμε σε μια εποχή που οι εκπαιδευτικές συνθήκες διαρκώς μεταβάλλονται, καθώς επηρεάζονται καθημερινά από ποικίλους παράγοντες, οι οποίοι δυσχεραίνουν το εκπαιδευτικό έργο. Συνεπώς, καθίσταται απαραίτητη η ένταξη καινοτόμων εκπαιδευτικών πρακτικών που βοηθούν τη διδακτική διαδικασία και καθοδηγούν τους εκπαιδευόμενους στην ενεργητική, αλλά και τη βιωματική μάθηση (Δακοπούλου, Καύκα &Μανιάτη, 2017). Αναμφισβήτητα, η αισθητική εμπειρία μπορεί να αξιοποιηθεί εντός των σχολικών αιθουσών προς αυτή την κατεύθυνση, καθώς προσφέρει ένα ιδιαίτερα προνομιακό πεδίο που καλλιεργεί τα προσόντα των εκπαιδευόμενων και μεταλαμπαδεύει γνώσεις και διαχρονικές αξίες (Ruppin, 2019). Άλλωστε τα τελευταία χρόνια αποτελεί μια παγκόσμια τάση που συστηματικά εντάσσεται πια στα Αναλυτικά Προγράμματα των ξένων χωρών, λόγω της πολύτιμης εκπαιδευτικής της αξίας (Bowen & Kisida, 2019). Συγκεκριμένα, η Ελλάδα δεν έχει ακόμα συμπεριλάβει επίσημα την τέχνη στο Αναλυτικό της Πρόγραμμα. Ωστόσο, πολλοί εκπαιδευτικοί που παρακολουθούν και αφουγκράζονται τις σύγχρονες εκπαιδευτικές ανάγκες, την εντάσσουν στο μάθημά τους, προκειμένου να κεντρίσουν την προσοχή των μαθητών τους και τελικά να τους διαμορφώσουν σε ενεργητικό παράγοντα του πολιτισμού τους, βοηθώντας με αυτόν τον τρόπο την ολόπλευρη ανάπτυξή τους (Bigge & Shermis, 2004).

Το παραμύθι, ως αισθητική εμπειρία, αποτελεί διαχρονικά ανεκτίμητο παιδαγωγικό μέσο, καθώς εξυπηρετεί ποικίλες ψυχοπαιδαγωγικές ανάγκες (Μαλαφάντης, 2011). Πιο αναλυτικά, διευρύνει τη φαντασία και τη δημιουργικότητα, διδάσκει τις παιδικές ψυχές λεξιλόγιο, αξίες ηθικές και προβάλλει πρότυπα συμπεριφοράς. Παράλληλα, καλλιεργεί την αναγνωστική δεξιότητα και τη φιλαναγνωσία (Σιβροπούλου & Χατζησαββίδης, 2003). Ωστόσο, το πιο σπουδαίο είναι ότι το παραμύθι αποτελεί το ιδανικό μέσο εισαγωγής ενός παιδιού στον πραγματικό κόσμο, μέσα από τον δρόμο του φανταστικού. Η ιστορία ενός παραμυθιού εκπροσωπεί μια σύγχρονη κατάσταση, όμως με φανταστική απόδοση. Το παραμύθι λοιπόν επηρεάζει τον αντιληπτικό κόσμο του παιδιού και το βοηθάει να κατανοήσει καλύτερα την πραγματικότητα μέσα από τη φανταστική αφήγηση, αφού ως αναγνώστης αντλεί προσωπικά μηνύματα μέσα από αυτό (Αναγνωστόπουλος, 1999).

Σημαντική επίσης είναι η εικονογράφηση των παραμυθιών, η οποία λειτουργεί υποστηρικτικά προς το κείμενο και βοηθάει το παιδί στην καλύτερη επαφή του με το περιεχόμενο της ιστορίας (Σιβροπούλου &Χατζησαββίδης, 2003). Μέσω αυτής λοιπόν ο μικρός αναγνώστης καλλιεργεί τη δημιουργική του σκέψη, εντάσσεται ομαλά στον μαγικό κόσμο του παραμυθιού και τελικά οδηγείται σε μια απολαυστική διαδικασία που τον καθιστά συνδημιουργό του κειμένου (Αναγνωστόπουλος, 1999).

Ερευνητικά δεδομένα από πρόσφατες εγχώριες έρευνες για την αξιοποίηση του παραμυθιού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε παιδιά νηπιαγωγείου και δημοτικού σχολείου

Δεν είναι πολλές οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στη χώρα μας σχετικά με την αξιοποίηση του παραμυθιού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε παιδιά μικρών ηλικιών και όσες έχουν υλοποιηθεί δεν αφορούν σε μεγάλα δείγματα. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το 2017 διερευνήθηκε η αξιοποίηση ενός μύθου της αρχαιότητας, αυτός του Ικάρου, στη διδασκαλία της διάδοσης της θερμότητας μέσω αγωγής, σε δείγμα 20 παιδιών πρώτης δημοτικού ιδιωτικού σχολείου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η έρευνα ήταν μεικτή, πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο διπλωματικής εργασίας και χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο το ερωτηματολόγιο για τη συλλογή των πληροφοριών. Ως διδακτικό μέσο η ερευνήτρια χρησιμοποίησε την ψηφιακή αφήγηση, γεγονός που αύξησε το ενδιαφέρον των μαθητών κατά τη διάρκεια της παρέμβασης. Τα παιδιά αντιλήφθηκαν σε μεγάλο βαθμό το φυσικό φαινόμενο και τα χαρακτηριστικά του. Συνεπώς η ερευνήτρια επισήμανε ότι η σύνδεση της λογοτεχνίας με τη Φυσική βοήθησε στην ανάπτυξη θετικής στάσης των παιδιών μέσα στο μάθημα και υψηλότερης εμπέδωσης του γνωστικού αντικειμένου (Μεμένιου, 2017).

Το 2019 διερευνήθηκαν οι απόψεις 5 εκπαιδευτικών νηπιαγωγείου σχετικά με διδακτικό υλικό με τη μορφή ιστορίας-σεναρίου σχετική με τον Νανόκοσμο, που παράχθηκε από την ερευνήτρια στο πλαίσιο της διπλωματικής της εργασίας. Ως ερευνητικό εργαλείο αξιοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο, το οποίο ανίχνευσε τις απόψεις τους ως προς τις αντιδράσεις των παιδιών μπροστά στο πρωτότυπο εκπαιδευτικό υλικό, το οποίο οι ίδιες εφάρμοσαν ακολουθώντας τα βήματα που τους υπέδειξε η ερευνήτρια. Αν και οι νηπιαγωγοί αποφάνθηκαν ότι εντοπίστηκαν διάφορες δυσκολίες στην κατανόηση των εννοιών από τα παιδιά, τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν ενθαρρυντικά, καθώς το παραμύθι ως διδακτικό εργαλείο φάνηκε ότι διευρύνει την αντιληπτική ικανότητα και εντάσσει ομαλά τους εκπαιδευόμενους στον κόσμο των Φυσικών Επιστημών. Κυρίως όμως ευνόησε την ενθάρρυνση για παρατήρηση και για ανακάλυψη του Νανόκοσμου από τους μικρούς μαθητές (Τζιώλη, 2019).

Το πείραμα και η συμβολή του στη μαθησιακή διαδικασία

Ποικίλα εκπαιδευτικά εργαλεία εισάγονται καθημερινά στον αγώνα της εκπαιδευτικής κοινότητας, προκειμένου να πετύχουν καλύτερα παιδαγωγικά αποτελέσματα. Πολύ συχνά πια, αξιοποιούνται ενεργητικές τεχνικές μάθησης, οι οποίες αποτελούν ένα εξαιρετικό μέσο, γιατί ενσωματώνουν τις απόψεις των παιδιών και τις εμπειρίες τους με χρήσιμο τρόπο (Πολέμη-Τοδούλου, 2005). Διαχρονικό εκπαιδευτικό εργαλείο είναι το πείραμα στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, καθώς η αξία του είναι δεδομένη για την προώθηση της γνώσης (Ραβάνης, 1999). Πέρα του ότι προάγει την ενεργητική μάθηση, εφόσον εμπλέκει ενεργητικά τον μαθητή και τον προκαλεί να ανακαλύψει μόνος του τη γνώση, παράλληλα ευνοεί πολύ και την συνεργατικότητα, την επεξεργασία δεδομένων, την ανταλλαγή απόψεων πάνω στην παρατήρηση και τελικά την αντίληψη της κανονικότητας που διέπει κάθε φυσική διαδικασία (Κόκκοτας & Βλάχος, 2000). Για όλους τους παραπάνω λόγους το πείραμα θεωρείται αναπόσπαστο μέρος της διδασκαλίας των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών, καθώς αυτό αποτελεί οργανικό μέρος της επιστημονικής διαδικασίας (Χαλκιά, 2000).

Τα οφέλη λοιπόν του πειράματος είναι αδιαμφισβήτητα στην εκπαιδευτική πράξη. Ωστόσο, αξίζει να αναφέρουμε ότι πολλές φορές δημιουργεί μια συγκρουσιακή συνθήκη μέσα στη σχολική τάξη. Αυτό συμβαίνει διότι συχνά το αποτέλεσμα του πειράματος έρχεται σε αντίθεση με τις αντιλήψεις που είχε ο εκπαιδευόμενος μέσω των εμπειριών του και των προσωπικών του συμπερασμάτων βάσει αυτών. Ειδικά οι μαθητές των τάξεων του δημοτικού τείνουν να διαμορφώνουν δικές τους ιδέες και θεωρίες για τη φύση και τα φυσικά φαινόμενα, τις οποίες υποστηρίζουν σταθερά, εφόσον προέκυψαν κατόπιν επεξεργασίας των προσωπικών τους ερεθισμάτων. Οπότε συχνά το πείραμα κλονίζει τις υπάρχουσες αντιλήψεις και δίνει μια νέα διάσταση της πραγματικότητας που ο μαθητής μέχρι τότε αγνοούσε (Χαλκιά, 2000). Όλα τα παραπάνω καθιστούν ακόμα πιο δύσκολο το έργο του εκπαιδευτικού, ο οποίος καλείται να παρακολουθήσει τις εσωτερικές συγκρούσεις των μαθητών του, να τους κατανοήσει και τελικά να τους καθοδηγήσει προς την επιστημονική αλήθεια.

Η χρήση των πειραμάτων μέσα στη σχολική τάξη είναι απαραίτητη για όλους τους παραπάνω παιδαγωγικούς λόγους. Ειδικότερα για τους μαθητές του δημοτικού καλό είναι να τους δίνεται χρόνος να πειραματιστούν ελεύθερα, για να δοκιμάσουν όλες τις ιδέες τους. Παράλληλα, προτείνονται πειράματα με απλά υλικά καθημερινής χρήσης, γιατί δε δημιουργούν κινδύνους και είναι εύκολη η αναζήτησή τους στα καταστήματα. Τέλος, είναι αναγκαίο ο εκπαιδευτικός να συνοδεύει την εκτελεστική διαδικασία του πειράματος με τις κατάλληλες ερωτήσεις, προκειμένου να βοηθήσει τους εκπαιδευόμενους στην εξαγωγή γόνιμων συμπερασμάτων. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζει ότι οι μαθητές του θα διατυπώσουν επιστημονικές αλήθειες και δε θα μείνουν μόνο στον εντυπωσιασμό του αποτελέσματος της εκτέλεσης (Ραβάνης, 1999).

Η ανακαλυπτική μάθηση

Ο γνωστικός ψυχολόγος Bruner πριν αρκετές δεκαετίες έδωσε έμφαση στις εμπειρίες του μαθητευόμενου, φέρνοντάς τον στο επίκεντρο της μαθησιακής διαδικασίας (Bruner, 1966). Η παραδοσιακή διδασκαλία τότε ήθελε τον διδάσκοντα παντεπόπτη και αυθεντία στο αντικείμενο του, οδηγώντας τον σε μια δασκαλοκεντρική προσέγγιση της γνώσης μέσα στην τάξη. Ο Bruner όμως εισήγαγε μια νέα μέθοδο διδασκαλίας, αφήνοντας πίσω τη δασκαλοκεντρική οπτική που εξυπηρετούσε τις τότε παιδαγωγικές ανάγκες. Σε αυτήν ο εκπαιδευτικός δημιουργεί κατάλληλες συνθήκες προβληματισμού, και όχι βολικές καταστάσεις κατά τις οποίες παρέχεται η γνώση έτοιμη, προκειμένου οι μαθητές του να ενεργοποιηθούν και να ανακαλύψουν μόνοι τους το γνωστικό αντικείμενο. Για να γίνει αυτό θα πρέπει ο δάσκαλος να αφουγκράζεται τις ανάγκες της τάξης του, να σέβεται τον ρυθμό της και να καθοδηγεί την ανακαλυπτική διαδικασία, όχι μέσω οδηγιών αλλά μέσω ενεργοποίησης των κατάλληλων εσωτερικών κινήτρων για μάθηση και για προσωπική ανάπτυξη (Ράπτης & Ράπτη, 2007).

Η ανακαλυπτική μάθηση κερδίζει έδαφος σε σχέση με τις άλλες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις καθώς είναι η μέθοδος που αξιοποιεί τη δύναμη του βιώματος του εκπαιδευόμενου. Καθώς ο μαθητής εμπλέκεται ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία καταφέρνει να εμβαθύνει στο εκπαιδευτικό αντικείμενο, ανακαλύπτοντας μόνος του τις σχέσεις που διέπονται ανάμεσα στα στοιχεία του (Τριλιανός, 2004). Παράλληλα δημιουργεί θετική ατμόσφαιρα μέσα στην τάξη, γεγονός που ελκύει περισσότερο τα παιδιά και τα οδηγεί στην ενεργητικότερη συμμετοχή τους, βελτιώνοντας το παιδαγωγικό κλίμα και τη μάθηση (Τριλιανός, 2008). Πιο αναλυτικά στο πλαίσιο της ανακαλυπτικής μάθησης ο μαθητής ενθαρρύνεται να δοκιμάσει, να ελέγξει, να εμπλακεί με το αντικείμενο μάθησης, γεγονός που υποβοηθάει την αποτελεσματικότητα της τάξης και τη θετικότητά της μπροστά στη νέα γνώση (Μπάμπαλης, 2012). Ενδιαφέρον προκαλούν και οι σχέσεις που καλλιεργούνται μεταξύ των μαθητών χάρη στην ανακαλυπτική διαδρομή που ακολουθούν. Οι ανταγωνισμοί περιορίζονται, οι συνεργατική διάθεση μεταξύ τους οξύνεται, όπως και η αλληλουποστήριξη. Κατά συνέπεια, οι μαθητές βελτιώνουν τις αδυναμίες τους, δοκιμάζουν τις δυνάμεις τους, καλλιεργούν τις δεξιότητες τους αποκτώντας μια υγιή αυτοεικόνα και πλούσια εφόδια για την ενήλικη ζωή τους (Μπάμπαλης, 2012).

Ο Bruner λοιπόν εισήγαγε ένα μοντέλο μάθησης που έφερε στο επίκεντρο το παιδί και τις δυνατότητες του. Χρήσιμα εργαλεία που αξιοποίησε για την υποστήριξή του μοντέλου του ήταν οι ομαδικές δραστηριότητες και τα πειράματα. Το πείραμα αποτελεί ιδανικό μέσο για πυροδότηση του μαθητικού ενδιαφέροντος, αφού βοηθά τον μαθητή να εμπλακεί ενεργά με το διδακτικό αντικείμενο, να δοκιμάσει, να κάνει λάθος και να επιχειρήσει ξανά, να συνεργαστεί με την ομάδα του και τελικά να μάθει ανακαλύπτοντας μόνος του τη γνώση (Χαλκιά, 2000). Ιδανικά το πείραμα εντάσσεται ομαλά στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, καθώς αυτό αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι τους , ως

θεμελιώδες μέρος της ερευνητικής διαδικασίας. Συνεπώς, το μάθημα της Φυσικής, της Χημείας, της Βιολογίας, ακόμα και των Μαθηματικών μπορεί να γίνει με τη βοήθεια του μοντέλου της ανακαλυπτικής μάθησης, αφού ένα μεγάλο μέρος αυτών των αντικειμένων βασίζεται στα πειράματα, τα περισσότερα από τα οποία εκτελούνται με πολύ απλά υλικά.

Τέλος είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι το ανακαλυπτικό μοντέλο του Bruner αμβλύνει την ανομοιογένεια της σχολικής τάξης, καθώς απευθύνεται οριζόντια σε όλους τους μαθητές, ανεξάρτητα από τις αδυναμίες και τις ιδιαιτερότητές τους. Αυτό συμβαίνει διότι προσκαλεί τους εκπαιδευόμενους σε μια βιωματική εμπειρία, στην οποία μπαίνουν όλοι οι εμπλεκόμενοι και αξιοποιούν τα εφόδια τους που δε σχετίζονται με την τυπική σχολική γνώση, αλλά με δεξιότητες που ο καθένας διαθέτει και που μέσω της συμμετοχής του ενεργοποιεί και καλλιεργεί. Παράλληλα, αμβλύνεται ο φόβος της αποτυχίας καθώς όλοι δοκιμάζουν και ελέγχουν, αποτυγχάνουν και ξαναδοκιμάζουν, μετατρέποντας τη σχολική τάξη σε μια ισότιμη συνθήκη για όλους, χωρίς ανταγωνισμούς και βαθμοθηρίες. Η ανακαλυπτική μάθηση ευνοεί λοιπόν τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και συνδράμει στη διαμόρφωση θετικού κλίματος μέσα στη σχολική τάξη. Σημαντικός παράγοντας στην επιτυχία του εγχειρήματος είναι πάντα ο εκπαιδευτικός, ο οποίος οφείλει να καθοδηγεί σωστά και να διατυπώνει σωστά τα ερωτήματα, προκειμένου να ευνοήσει την πειραματική άσκηση και τη συμμετοχή όλων στο μάθημα.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Το βιβλίο "Τα πειράματα του Mr.Chem" είναι ένα επιστημονικό παραμύθι το οποίο περιλαμβάνει πειράματα Φυσικής και Χημείας. Συγκεκριμένα, αποτελείται από 12 κεφάλαια το καθένα από τα οποία περιλαμβάνει μέρος του μύθου τόσο στην αρχή, όσο και στο τέλος του, μαζί με ένα πείραμα το οποίο συνδυάζεται αρμονικά με την εξέλιξη της ιστορίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι μέσω των πειραμάτων τα παιδιά έρχονται σε επαφή με το σύνολο των Φυσικών επιστημών καθώς αυτές ναι μεν είναι διακριτές επιστήμες, αλλά η μια συνδυάζεται με την άλλη και όλες μαζί μόνο μπορούν να εξηγήσουν τα φυσικά φαινόμενα ορθά και ολικά (Χαλκιά, 2000). Συγκεκριμένα λοιπόν οι μικροί αναγνώστες γνωρίζουν με παιγνιώδη τρόπο θεμελιώδεις έννοιες της Φυσικής, της Χημείας και της Βιολογίας και μετασχηματίζουν τις αντιλήψεις τους σχετικά με αυτές. Παράλληλα, αναδομούν το γνωσιακό τους πλαίσιο ακολουθώντας τις αρχές τους κονστρουκτιβισμού, όπως αυτές αναδύονται μέσα από την ροή της εκτελεστικής διαδικασίας που υπαγορεύει ο πρωταγωνιστής της ιστορίας.

Πιο αναλυτικά, πριν την έναρξη του μύθου στο βιβλίο υπάρχει επιστολή που απευθύνεται στους γονείς ή τους εκπαιδευτικούς που θέλουν να το αξιοποιήσουν στο σπίτι ή στη σχολική τάξη. Σε αυτήν οι συγγραφείς εξηγούν πώς τους γεννήθηκε η ιδέα να συγγράψουν ένα επιστημονικό παραμύθι, όπως και τις παιδαγωγικές αρχές πάνω στις οποίες στηρίζεται η σύλληψή του. Παρακάτω, ο πρωταγωνιστής της ιστορίας αναφέρει βασικούς κανόνες εκτέλεσης ενός επιστημονικού πειράματος, δηλαδή εξηγεί στους αναγνώστες τι επιτρέπεται και τι όχι στην πειραματική διαδικασία, προκειμένου αυτή να γίνει σωστά και να οδηγήσει σε σωστά συμπεράσματα. Άλλωστε ο σκοπός του βιβλίου είναι να εντάξει ομαλά τα παιδιά στον χώρο της Φυσικής και της Χημείας, να τους γνωρίσει την ερευνητική διαδικασία μέσω του πειράματος και να μην περιοριστεί μόνο στον εντυπωσιασμό που αυτό προκαλεί με το αποτέλεσμά του, όπως άλλωστε υπαγορεύει η διδακτική των φυσικών επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση (Ραβάνης, 1999).

Προχωρώντας στο κύριο τμήμα του βιβλίου ξεκινάει το λογοτεχνικό του μέρος με την έναρξη του μύθου. Η ιστορία ακολουθεί τις βασικές αρχές του παραμυθιού, προκειμένου αυτό να αποτελέσει πολύτιμο αρωγό στη γνωστική και τη γλωσσική καλλιέργεια του αναγνώστη. Συγκεκριμένα, η αφήγηση κινείται στον χώρο του φανταστικού και του πραγματικού και αξιοποιεί την ελευθερία των μεταπτώσεων μεταξύ τους. Ένα επιστημονικό εργαστήριο πλήρως εξοπλισμένο είναι το κύριο περιβάλλον εξέλιξης του μύθου, μέσα στο οποίο ένας επιστήμονας εκτελεί διαφορά πειράματα με τη βοήθεια δύο φιαλών, οι οποίες μιλούν και αλληλεπιδρούν μαζί του. Επομένως, το υπερφυσικό πλαισιώνει το πραγματικό, καθώς αντικείμενα όπως μέρη του επιστημονικού εξοπλισμού αποκτούν ανθρώπινα και ηθογραφικά χαρακτηριστικά, με τα οποία το παιδί μπορεί να ταυτιστεί. Τέλος, η ιστορία υπηρετεί τον κεντρικό σκοπό του μέσου του παραμυθιού, εφόσον καθοδηγεί τον αναγνώστη σε μια αναπαράσταση μιας πραγματικότητας που οι πρωταγωνιστές έρχονται αντιμέτωποι με προβλήματα και χαρούμενες καταστάσεις. Αυτές τελικά βοηθούν το παιδί να αντιληφθεί μέρη της δικής του πραγματικότητας, καθώς αναγνωρίζει σχέσεις που αν και αυτές αναπτύσσονται με τα αντικείμενα, τελικά το βοηθούν να χτίσει το δικό του συμπεριφορικό σύστημα και κυρίως τις δικές του στρατηγικές επίλυσης των αληθινών προβλημάτων που αντιμετωπίζει (Μπασέτας, 2007). Η

μαγεία του παραμυθιού υπηρετεί περίτεχνα τις διαχρονικές παιδαγωγικές ανάγκες και τελικά επιτρέπει τη διεύρυνση των πνευματικών και γνωστικών οριζόντων του μικρού αναγνώστη, καλλιεργώντας τη βαθύτερη φύση του (Μαλαφάντης, 2011).

Ο μύθος εξελίσσεται σε 12 κεφάλαια, τα οποία περιλαμβάνουν ένα αφηγηματικό-λογοτεχνικό μέρος και ένα πείραμα. Αυτό προκύπτει αρμονικά μέσα από τη ροή του μύθου και παράλληλα η πραγματοποίησή του βοηθάει στην εξέλιξη του. Το επιστημονικό μέρος κάθε κεφαλαίου υπηρετεί τις διδακτικές αρχές των φυσικών επιστημών, καθώς παρουσιάζεται εμφανώς μαζί με τον τίτλο του πειράματος ο επιστημονικός στόχος, ο χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση του, μαζί με τον βαθμό δυσκολίας και επικινδυνότητας. Παρακάτω, δίνονται σε μορφή λίστας τα υλικά που απαιτούνται, μαζί με τις οδηγίες εκτέλεσης του πειράματος, οι οποίες συνοδεύονται από σκίτσα για καλύτερη κατανόηση των βημάτων. Με αυτόν τον τρόπο οι μικροί αναγνώστες όσο εκτελούν τις οδηγίες μπορούν να διαπιστώσουν αν προχωρούν ορθά τη διαδικασία και να συνεχίσουν ή σε αντίθετη περίπτωση να επανεκτέλεσουν. Άλλωστε, όταν η πειραματική διαδικασία δεν στέφεται με επιτυχία, δεν αποθαρρύνει τον επιστήμονα. Η αποτυχία είναι μέρος της γνωστικής εξέλιξης και σημαντικό εφόδιο για την εμπέδωση του φαινομένου. Στο πλαίσιο αυτό το βιβλίο μαζί με τις οδηγίες παραθέτει και μια σειρά από ερωτήσεις. Αυτές υπηρετώντας τις αρχές της ανακαλυπτικής μάθησης έρχονται να βοηθήσουν τον μικρό επιστήμονα να κατανοήσει καλύτερα όσα εκτελεί και τελικά να ανακαλύψει μόνος του την αρχή που διέπει το φυσικό φαινόμενο που εξετάζει. Στη συνέχεια, σε ξεχωριστό πλαίσιο περιλαμβάνεται η εξήγηση του πειράματος με απλό τρόπο, προκειμένου να γίνει κατανοητή από το παιδί. Σε αυτό το σημείο εισάγονται βασικές επιστημονικές έννοιες οι οποίες έρχονται να συμπληρώσουν τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την πειραματική διαδικασία. Η πλαισίωση λοιπόν του πειράματος ακολουθεί τις αρχές του Bruner μετατρέποντας τον πιο έμπειρο σε βοηθό του νεότερου, οδηγώντας τον σταδιακά στην ανεξαρτησία του και στον εμπλουτισμό των κατεκτημένων μέσω του οικονομισμού (Bruner, 1966).

Ως προς τον μύθο, πρωταγωνιστής της ιστορίας είναι ο επιστήμονας mr. Chem, ο οποίος καθημερινά εκτελεί διάφορα πειράματα, υπηρετώντας την Επιστήμη. Καθώς η ιστορία εξελίσσεται, ο αναγνώστης σε κάθε κεφάλαιο καλείται να εκτελέσει μαζί με τον πρωταγωνιστή ένα πείραμα, προκειμένου να κατανοήσει κάποιο φυσικό φαινόμενο. Η εκτέλεση του πειράματος συχνά είναι αυτή που ευνοεί την εξέλιξη του μύθου, καθώς τα πειράματα που έχουν επιλεγεί υπηρετούν απόλυτα τον μύθο, καθώς χωρίς αυτά η ροή του θα διακόπτονταν. Επομένως, ο μικρός αναγνώστης παρασύρεται από μια επιστημονική ιστορία, η οποία τον προσκαλεί να λάβει μέρος στην εξέλιξή της, να πειραματιστεί και να ανακαλύψει μόνος του τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε επιστημονικού φαινομένου.

Το πνεύμα της διερευνητικής μάθησης υπηρετεί και η εικονογράφηση του βιβλίου, καθώς αυτή αποτελεί την συμβολική αναπαράσταση, η οποία είναι εξαιρετικά βοηθητική για τα παιδιά των μικρών ηλικιών. Μέσω αυτής αντιλαμβάνονται πιο ομαλά την πραγματικότητα τους και καλλιεργούν τη δεξιότητα της φαντασίας. Ουσιαστικά οι αναπαραστάσεις βοηθούν στην επέκταση της εμπειρίας και μέσω αυτών το παιδί χτίζει τον δικό του τρόπο θεωρητικής σκέψης (Ραβάνης, 1999). Παράλληλα, η συμβολική αναπαράσταση καθώς αποτελεί μέρος του παραμυθιού ενισχύει το εν λόγω μέσο και τα οφέλη του. Ειδικά στις μικρές ηλικίες η εικονογράφηση ενεργοποιεί το ενδιαφέρον του αναγνώστη, ευνοεί την προσήλωσή του και καλλιεργεί τα εσωτερικά κίνητρα (Σιβροπούλου & Χατζησαββίδης, 2003). Συνεπώς, οι αναπαραστάσεις εξυπηρετούν διττό σκοπό στο βιβλίο και τελικά ενισχύουν τη διαδικασία μάθησης και περιορίζουν την αποθάρρυνση της αποτυχίας.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι στο τελευταίο μέρος του βιβλίου ο αναγνώστης μπορεί να βρει οκτώ δραστηριότητες κατανόησης μαζί με ένα σύντομο επιστημονικό γλωσσάρι για καλύτερη εμπέδωση των όσων ανακάλυψε κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης. Οι δραστηριότητες αφορούν τόσο στην λογοτεχνική απόδοση, όσο και στην εμβάθυνση των επιστημονικών εννοιών. Το γλωσσάρι επεξηγεί βασικές επιστημονικές λέξεις που είναι πιθανό ο αναγνώστης να συνάντησε για πρώτη φορά. Όλα τα παραπάνω ευνοούν την καλύτερη εμπέδωση του γνωστικού αντικειμένου και την ομαλότερη ένταξη του παιδιού στον χώρο των φυσικών επιστημών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το βιβλίο: " Τα πειράματα του Mr. Chem" είναι ένα επιστημονικό παραμύθι γραμμένο από Έλληνες συγγραφείς που εισάγει ομαλά τα παιδιά μικρών ηλικιών στον κόσμο των φυσικών επιστημών, αξιοποιώντας τις αρχές της διερευνητικής μάθησης και της πειραματικής διαδικασίας.

Υπηρετώντας τις αρχές του λογοτεχνικού μέσου του παραμυθιού, δημιουργεί μια συνθήκη μάθησης που ενεργοποιεί το ενδιαφέρον του παιδιού, καθώς μέσω της ιστορίας προσκαλείται να εκτελέσει ένα πείραμα, ξεδιπλώνοντας τη σκέψη του και τη στρατηγική του. Επομένως, δημιουργεί ένα πλαίσιο διδασκαλίας που επιτρέπει μεγαλύτερη εμβάθυνση στο εκάστοτε φυσικό φαινόμενο. Πιο συγκεκριμένα, αξιοποιεί τη δύναμη του πειράματος και το εντάσσει ως μέρος της εξέλιξης του μύθου. Δηλαδή το πείραμα δεν έρχεται να εξηγήσει ένα φαινόμενο, όπως έχει συμβεί σε προγενέστερες λογοτεχνικές προσεγγίσεις και έρευνες σχετικές με τη σύνδεση του παραμυθιού με τις Φυσικές Επιστήμες, αλλά πρωταγωνιστεί ως μέρος της εξέλιξης της ιστορίας, καθώς χωρίς αυτό ο μύθος δε θα μπορούσε να προχωρήσει. Το βιβλίο πλέει στο πνεύμα του ολιστικού μοντέλου μάθησης που δίνει έμφαση στη διαθεματικότητα και στη διεπιστημονικότητα, στοχεύοντας πάντα στην ολική καλλιέργεια του ανθρώπου, καθώς αυτός αποτελεί αδιαμφισβήτητα το κέντρο της μάθησης. Με γνώμονα λοιπόν το παιδί και την έμφυτη φιλοπεριέργεια του, το βιβλίο καλλιεργεί την ανάγκη του για διερεύνηση της πραγματικότητας του. Τέλος, για εμάς θα είχε ενδιαφέρον στη χώρα μας να εξεταστεί ερευνητικά περεταίρω η επίδραση του παιδικού βιβλίου στην κατανόηση βασικών επιστημονικών εννοιών σε παιδιά μικρών ηλικιών, αλλά και η επίδραση ενός διεπιστημονικού παραμυθιού που υπηρετεί τις αρχές της ανακαλυπτικής μάθησης και που εντάσσει στη ροή του την εκτέλεση διάφορων πειραμάτων.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αναγνωστόπουλος, Β. (επιμ.), (1999). *Λαϊκή Παράδοση και Παιδί*. Αθήνα: Καστανιώτης.

Άλκηστις. (1989). *Το Αυτοσχέδιο Θέατρο στο Σχολείο*. Αθήνα: Εκδόσεις Άλκηστις.

Bigge, M. & Shermis, S. (2004). *Θεωρίες Μάθησης για Εκπαιδευτικούς,* μτφρ. Φ. Αρβανίτης. Αθήνα: Πατάκης.

Bowen, D. & Kisida, B. (2019). Investigating Casual Effects of Arts Education Experiences: Experimental Evidence from Houston's Arts Access Initiative. *Rice-Herc, Houston Education Research Consortium, 7*, 1-6.

Δακοπούλου, Α., Καυκά, Δ. & Μανιάτη, Ε. (2017). Με όχημα την τέχνη: Βιωματικό εργαστήριο εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία παραγωγής λόγου, *Πρακτικά 6ο Συνέδριο της Επιστημονικής Ένωσης Εκπαίδευσης Ενηλίκων. Καλές Εκπαιδευτικές Πρακτικές: Κριτική Σκέψη και Δημιουργικότητα*, 23-25 Ιουνίου 2017 (σσ. 66-74). Αθήνα.

Dewey, J. (1934 [1980]). Art as Experience. USA: The Penguin Group.

Feldman, R. (2009). *Εξελικτική Ψυχολογία Δια Βίου Ανάπτυξη*. Αθήνα: Gutenberg.

Fontana, D. (1996). *Ο Εκπαιδευτικός στην τάξη*. Αθήνα: Σαββάλας.

Gottman, J. (2000). *Η Συναισθηματική Νοημοσύνη των Παιδιών*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Κόκκος, Α. (2011). *Εκπαίδευση Μέσα από τις Τέχνες*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Κόκκοτας, Π. & Βλάχος, Ι. (2000) *Ο Ρόλος του Πειράματος στην Επιστήμη και στη Διδασκαλία-Μάθηση, Διδακτικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες, Σύγχρονοι προβληματισμοί*. Αθήνα: Τυπωθήτω.

Λιοναράκης, Α. (2001). *Απόψεις και Προβληματισμοί για την Ανοιχτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση,* Αθήνα: Προπομπός.

Μαλαφάντης, Κ.Δ. (2011). *Το παραμύθι στην Εκπαίδευση: Ψυχοπαιδαγωγική Διάσταση και Αξιοποίηση.* Αθήνα: Διάδραση.

Ματσαγγούρας, Η. (2006). *Η Διαθεματικότητα στη Σχολική Γνώση, Εννοιοκεντρική Αναπλαισιώση και Σχέδια Εργασίας*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.

Μεμένιου, Α.Γ. (2017). *Το Ψηφιακό Παραμύθι ως Μέσο για τη Διδασκαλία της Θερμότητας στην Α΄Δημοτικού* (Αδημοσίευτη Μεταπτυχιακή Εργασία). Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος.

Μπάμπαλης, Θ. (2012). *Η Ζωή στη Σχολική Τάξη*. Αθήνα: Γρηγόρης.

Μπασέτας, Κ. (2007). *Παιδαγωγική Αλληλεπίδραση στο Σχολείο*. Αθήνα: Ατραπός

Μυλωνάκου-Κέκε, Η. (2007). *Σχολείο Οικογένεια και Κοινότητα, Αναπτύσσοντας τη Συνεργασία*. Αθήνα.

Πολέμη-Τοδούλου, Μ. (2005). *Η Αξιοποίηση της Ομάδας στην Εκπαίδευση Ενηλίκων.* Πάτρα.

Ραβάνης, Κ. (1999). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Διδακτική και Γνωστική Προσέγγιση.* Αθήνα: Τυπωθήτω-Δαρδανός.

Ράπτης, Α. & Ράπτη, Α. (2007). *Μάθηση και Διδασκαλία στην Εποχή της Πληροφορικής*. Αθήνα.

Rogers, A. (1999). *Η εκπαίδευση ενηλίκων*, μετ. Μ.Κ. Παπαδοπούλου & Μ. Τόμπρου, Αθήνα: Μεταίχμιο

Ruppin, V. (2019). De l' art que l' on dit a l' art qui se fait. Etude menee dans des classes a projet artistique a l' ecole primaire. *Erudit, 40*, 489-512.

Σιβροπούλου, Ε. & Χατζησαββίδης, Σ. (2003). Η συμβολή των εικονογραφημένων μικρών ιστοριών στον εμπλουτισμό του λεξιλογίου των νηπίων. *Ερευνώντας τον Κόσμο του Παιδιού, 5*, 184-196.

Στυλιαράς, Γ. & Δήμου, Β. (2015). Σύγχρονες θεωρίες μάθησης και συνεισφορά στον σχεδιασμό εκπαιδευτικών υπολογιστικών περιβαλλόντων. Στο Στυλιαράς, Γ., Δήμου, Β. 2015. *Διδακτική της πληροφορικής*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. κεφ 1. Διαθέσιμο στο: http://hdl.handle.net/11419/723

Τζιώλη, Μ. (2019). *Μια Αφήγηση για την Εξοικείωση των Παιδιών της Προσχολικής Ηλικίας με τον Νανόκοσμο: η Άποψη των Νηπιαγωγών* (Αδημοσίευτη Μεταπτυχιακή Εργασία). Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα.

Τζοβλά, Ε. (2017). Εξ αποστάσεως επαγγελματική ανάπτυξη εκπαιδευτικών και χρήση του παραγόμενου εκπαιδευτικού υλικού στη σχολική εκπαίδευση. *Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία, 13*, 65-75.

Τριλιανός Α. (2004). *Μεθοδολογία της Σύγχρονης Διδασκαλίας: Καινοτόμες Επιστημονικές Προσεγγίσεις στη Διδακτική Πράξη*. τ. Α΄. Αθήνα: Αυτοέκδοση

Τριλιανός, Α. (2008). *Μεθοδολογία της Σύγχρονης Διδασκαλίας*, τ. Α΄. Αθήνα: Αυτοέκδοση.

Χαλκιά, Κ. (2000). Το πείραμα στο μάθημα της Φυσικής: Σχολιασμός και επισημάνσεις για τον ρόλο και τη σημασία του. *Εκπαιδευτικές Προσεγγίσεις για της Φυσικές Επιστήμες, 6*, 12-18.

Χαλκιά, Κ. (2010). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες: Θεωρητικά Ζητήματα, Προβληματισμοί, Προτάσεις*, τ. Α΄. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

Bruner, J. S. (1966). *Toward a Theory of Instruction*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Μαθηματική και Υπολογιστική Μοντελοποίηση της εκθετικής μετάδοσης ιών: Μια διδακτική πρόταση

Βραχνός Ευριπίδης[1]
evripides@aueb.gr
[1] Διδάσκων, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η υπολογιστική επιστήμη ασχολείται με τον σχεδιασμό και την υλοποίηση αλγορίθμων για την επίλυση προβλημάτων διάφορων επιστημών, για αυτό θεωρείται πλέον ένα διεπιστημονικό πεδίο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εκπαίδευση για τον σχεδιασμό διεπιστημονικών δραστηριοτήτων. Η επιστήμη του υπολογισμού η οποία συναντάται στην ελληνική εκπαίδευση με τον όρο επιστημονικός προγραμματισμός έχει εισαχθεί από φέτος στον νέο πρόγραμμα σπουδών του μαθήματος της πληροφορικής στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο ως ξεχωριστή θεματική ενότητα. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια διδακτική πρόταση για αυτόν τον σκοπό με την μορφή ενός εκπαιδευτικού σεναρίου το οποίο συνδυάζει έννοιες από την πληροφορική τα μαθηματικά και την βιολογία. Το σενάριο αφορά ένα επίκαιρο θέμα, τον μηχανισμό μετάδοσης ενός ιού στον πληθυσμό. Ο υπολογισμός των ατόμων που έχουν μολυνθεί μπορεί να γίνει είτε με την χρήση μαθηματικού μοντέλου είτε με την χρήση υπολογιστικού μοντέλου το οποίο προσομοιώνει την μετάδοση του ιού. Η διδακτική παρέμβαση έγινε σε τέσσερα τμήματα μαθητών Γυμνασίου. Στα δυο τμήματα χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον προγραμματισμού Scratch και στα άλλα δυο η γλώσσα προγραμματισμού Python. Τα ποιοτικά συγκριτικά αποτελέσματα στα οποία καταλήξαμε παρουσιάζουν αρκετό ενδιαφέρον και μπορούν να αξιοποιηθούν για τον σχεδιασμό δραστηριοτήτων για την υπολογιστική επίλυση επιστημονικών προβλημάτων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Υπολογιστική Επιστήμη, Επιστημονικός προγραμματισμός, Πληροφορική*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το επιστημονικό πεδίο που ασχολείται με την ανάπτυξη υπολογιστικών μεθόδων για την επίλυση προβλημάτων από όλες τις επιστήμες λέγεται Υπολογιστική Επιστήμη και αποτελεί στον πυρήνα του έναν συνδυασμό πληροφορικής και μαθηματικών. Ο αγγλικός όρος που χρησιμοποιείται είναι Computational Science, αλλά ο όρος που έχει επικρατήσει σήμερα είναι το Scientific Computing. Σύμφωνα με τους Golub και Ortega (2022) η υπολογιστική επιστήμη είναι μια συλλογή από εργαλεία, τεχνικές και θεωρίες που είναι απαραίτητες για την επίλυση μαθηματικών μοντέλων διάφορων επιστημών με υπολογιστή. Πολλά από αυτά τα εργαλεία είχαν αναπτυχθεί πριν την εμφάνιση των υπολογιστών, όπως για παράδειγμα οι αριθμητικές μέθοδοι για την επίλυση διαφορικών εξισώσεων ή τον αριθμητικό υπολογισμό ολοκληρωμάτων. Στη συνέχεια με την εμφάνιση των υπολογιστών οι αλγόριθμοι αυτοί που ήταν σχεδιασμένοι για να υλοποιούνται με χαρτί και μολύβι, προσαρμόστηκαν ή επανασχεδιάστηκαν ώστε να αξιοποιούν αποτελεσματικά όλες τις δυνατότητες των υπολογιστικών συστημάτων. Αυτό το επιστημονικό πεδίο ονομαζόταν τότε Αριθμητική Ανάλυση ή Υπολογιστικά Μαθηματικά και πολλά τμήματα μαθηματικών και μηχανικών είχαν στο πρόγραμμα σπουδών τους 1 ή 2 σχετικά μαθήματα. Στη συνέχεια όμως με την ανάπτυξη της ισχύος των υπολογιστών αυτό που ήταν γνωστό ως Υπολογιστικά Μαθηματικά / Αριθμητική Ανάλυση εξελίχθηκε στην Υπολογιστική Επιστήμη η οποία χρησιμοποιεί έννοιες και εργαλεία από τα μαθηματικά και την πληροφορική για την επίλυση προβλημάτων όλων των επιστημών.

Πολλά προβλήματα τα οποία δεν μπορούσαν να επιλυθούν με αναλυτικό τρόπο λόγω του τεράστιου όγκου υπολογισμών που απαιτούσαν, σήμερα με την αξιοποίηση ειδικών αλγορίθμων έχουν λυθεί. Ο υπερυπολογιστής Fugaku που είναι αυτή την στιγμή ο 2ος ισχυρότερος υπολογιστής στον κόσμο (Top 500, June 2022) χρησιμοποιήθηκε τα τελευταία δυο χρόνια για επιστημονική έρευνα σχετικά με την πανδημία του κορονοϊού, εκτελώντας αλγορίθμους οι οποίοι δεν ήταν εφικτό να υλοποιηθούν από κάποιον άλλον υπολογιστή σε λογικά χρονικά περιθώρια. Σήμερα η επίλυση ενός προβλήματος δεν τελειώνει με τον σχεδιασμό του μαθηματικού μοντέλου που το περιγράφει αλλά συνεχίζει στον σχεδιασμό και την υλοποίηση του υπολογιστικού μοντέλου που περιγράφει τον αλγόριθμο επίλυσης ή προσομοίωσής του.

Μετά τις εξελίξεις αυτές στην επιστήμη και την τεχνολογία ήταν αναμενόμενο βασικές έννοιες

της υπολογιστικής επιστήμης να εισαχθούν στην εκπαίδευση, κυρίως σε τμήματα θετικών επιστημών αλλά και μηχανικών. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει επίσης μεγάλη ανάπτυξη του πεδίου της βιοπληροφορικής το οποίο χρησιμοποιεί υπολογιστικές μεθόδους για την επίλυση προβλημάτων της βιολογίας που δεν μπορούν να προσεγγιστούν με άλλο τρόπο. Στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση υπάρχουν πολύ λίγες αναφορές, ίσως επειδή οι μαθητές δεν έχουν έρθει ακόμα σε επαφή με τις έννοιες των μαθηματικών και της πληροφορικής οι οποίες είναι απαραίτητες για τον σχεδιασμό, την τεκμηρίωση και την υλοποίηση των υπολογιστικών μοντέλων. Ωστόσο στο νέο πρόγραμμα σπουδών της πληροφορικής (ΦΕΚ 5659/3-12-2021, ΦΕΚ 5932/16-12-2021) στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση υπάρχει η θεματική ενότητα "Επιστημονικός Προγραμματισμός" η οποία ουσιαστικά αναφέρεται σε αυτό που είναι γνωστό στη βιβλιογραφία ως Scientific Computing. Αναφορές σε υπολογιστικές μεθόδους υπάρχουν και στο νέο πρόγραμμα σπουδών των μαθηματικών του Λυκείου (ΦΕΚ 5390/19-11-2021).

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια διδακτική πρόταση με τη μορφή εκπαιδευτικού σεναρίου το οποίο συνδυάζει έννοιες από την πληροφορική τα μαθηματικά και την βιολογία, με αναφορές στα νέα προγράμματα σπουδών του Λυκείου. Στο τέλος παρουσιάζονται και κάποια προκαταρκτικά αποτελέσματα της εφαρμογής μιας απλοποιημένης έκδοσης του σεναρίου σε μαθητές Γυμνασίου.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ένα σημαντικό εμπόδιο στη διδασκαλία των επιστημονικών εννοιών αποτελούν οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές και οι μαθήτριες στην κατανόηση των εννοιών σε συνδυασμό με την έλλειψη κινήτρων για μάθηση. Δυο από τα πιο συνηθισμένα ερωτήματα που θέτουν οι μαθητές όταν έρχονται αντιμέτωποι με νέες έννοιες είναι: "Που θα μας χρησιμεύουν όλα αυτά;" και "γιατί τα μαθαίνουμε αυτά;". Τα ερωτήματα αυτά δεν είναι εύκολο να απαντηθούν με τρόπο που θα πείσουν τους μαθητές για την σημασία των μαθημάτων που διδάσκονται στο σχολείο. Ένας βασικός λόγος για αυτό είναι ο κατακερματισμός των γνωστικών αντικειμένων. Η διδασκαλία των μαθηματικών, των φυσικών επιστημών και της πληροφορικής ως ξεχωριστά και αυτόνομα γνωστικά αντικείμενα καθιστά ιδιαίτερα δύσκολη την παρουσίαση παραδειγμάτων και εφαρμογών τους στον πραγματικό κόσμο ώστε οι μαθητές να αποκτήσουν μια ενιαία και ολοκληρωμένη εικόνα (Deng, 2007).

Ο Dewey (1990) ίσως έχει εκφράσει το πρόβλημα της έλλειψης διεπιστημονικότητας στην εκπαίδευση καλύτερα: «Δεν έχουμε μια σειρά από χωριστούς κόσμους, ένας από τους οποίους είναι μαθηματικός, άλλος φυσικός, άλλος ιστορικός. Ζούμε σε έναν κόσμο, όπου όλες οι πλευρές συνδέονται, όλες οι σπουδές προέρχονται από σχέσεις του ενός μεγάλου κοινού κόσμου». Αυτό που λέει ο Dewey είναι άλλωστε προφανές. Η γνώση είναι ενιαία, δεν υπάρχει μαθηματική ή φυσική γνώση.

Για αυτό είναι σημαντικό να παρουσιάζονται οι επιστημονικές έννοιες στους μαθητές με διεπιστημονικό τρόπο. Ωστόσο χρειάζεται προσοχή ώστε τα προβλήματα που θα επιλεγούν να συνδυάζουν έννοιες και δεξιότητες που ταιριάζουν στην ηλικία των μαθητών. Ο σκοπός εδώ είναι η επίτευξη συνδυαστικών διδακτικών στόχων που αναφέρονται στη σχολική ύλη διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων, κάτι το οποίο δεν είναι καθόλου εύκολο. Η υπολογιστική επιστήμη ίσως να μπορεί να αξιοποιηθεί για την διεπιστημονική προσέγγιση μιας σειρά προβλημάτων, με το πιο κλασικό από όλα την πρόβλεψη του καιρού. Τα μαθηματικά μοντέλα για την πρόβλεψη του καιρού ήταν γνωστά πριν εμφανιστούν οι υπολογιστές, όμως λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων και υπολογισμών οι υπολογισμοί δεν ήταν εφικτοί σε εύλογο χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα αν μπορούμε να υπολογίσουμε τον καιρό για την επόμενη μέρα αλλά ο υπολογισμός χρειάζεται μια εβδομάδα προφανώς δεν έχει καμία πρακτική σημασία. Μια πιο επίκαιρη εφαρμογή της υπολογιστικής επιστήμης είναι η ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων με την χρήση αλγορίθμων εκμάθησης μηχανής και εξόρυξης γνώσης, η οποία δεν ήταν εφικτή πριν κάποιες δεκαετίες λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων των υπολογιστών.

ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μια σημαντική σύγχρονη πρακτική εφαρμογή των αλγορίθμων είναι η μελέτη φαινομένων μέσω υπολογιστικής μοντελοποίησης. Η μαθηματική μοντελοποίηση που χρησιμοποιείται για μια ασθένεια μπορεί να συμβάλλει στην πρόβλεψη της προόδου μιας νόσου και να δείξει την πιθανή έκβαση της εξάπλωσης της. Οι επιστήμονες μελετούν μαθηματικά μοντέλα μετάδοσης ιών ώστε να πάρουν τις σωστές αποφάσεις για τις παρεμβάσεις που θα γίνουν. Η πολυπλοκότητα των μοντέλων απαιτεί την

χρήση υπολογιστή για την αποτελεσματική διερεύνησή τους, μέσω της υλοποίησής τους σε κάποια γλώσσα προγραμματισμού.

Ο βασικός σκοπός του σεναρίου είναι η μαθηματική και υπολογιστική μοντελοποίηση της μετάδοσης ενός ιού. Οι μαθητές θα σχεδιάσουν, θα υλοποιήσουν και θα διερευνήσουν το μοντέλο μετάδοσης, ώστε να κατανοήσουν την έννοια της εκθετικής αύξησης που έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτατη μετάδοση διάφορων ιών στον γενικό πληθυσμό.

Το σενάριο αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί όχι μόνο στην ενότητα του επιστημονικού προγραμματισμού του νέου προγράμματος σπουδών της πληροφορικής αλλά και διεπιστημονικά με τα μαθήματα της βιολογίας και των μαθηματικών της Β' Λυκείου. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα, όπως περιγράφονται στις αντίστοιχες ενότητες των νέων προγραμμάτων σπουδών ανά μάθημα:

Πίνακας 1: *Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα ανά γνωστικό αντικείμενο*

Γνωστικό Αντικείμενο	***Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα***
Οι μαθητές αναμένεται να είναι σε θέση να :	
Πληροφορική	Δημιουργούν, να αξιολογούν και να αναθεωρούν μοντέλα προσομοίωσης επιστημονικών προβλημάτων.
	Αναπτύσσουν προγράμματα για την επίλυση διεπιστημονικών προβλημάτων.
Βιολογία	Εξηγούν τον τρόπο πολλαπλασιασμού των ιών.
Μαθηματικά	Αναγνωρίζουν ακολουθίες με σταθερό λόγο διαδοχικών όρων και ορίζουν τη γεωμετρική πρόοδο.
	Υπολογίζουν τον ν-οστό όρο και το άθροισμα των ν πρώτων όρων μιας γεωμετρικής προόδου.
	Αξιοποιούν τη γεωμετρική πρόοδο στη μοντελοποίηση και επίλυση προβλημάτων.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ / ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ

Το σενάριο εστιάζει στην ανάπτυξη των ικανοτήτων των μαθητών να κατανοούν και να προσδιορίζουν εννοιολογικά το επιδημιολογικό φαινόμενο της μετάδοσης ενός μολυσματικού ιού στον γενικό πληθυσμό, τον σχεδιασμό του μαθηματικού μοντέλου, τον μετασχηματισμό του σε υπολογιστικό και την υλοποίηση του αντίστοιχου αλγορίθμου στο περιβάλλον Scratch ή στη γλώσσα Python με χρήση των κατάλληλων προγραμματιστικών δομών. Η ανάπτυξη των σχετικών ικανοτήτων επιδιώκεται μέσα από δραστηριότητες διερεύνησης και επίλυσης προβλήματος και την υιοθέτηση υπολογιστικών πρακτικών που σχετίζονται με τον προσδιορισμό του προβλήματος, την υλοποίηση και την διερεύνηση του τελικού προγράμματος.

Τα μαθηματικά και η δυναμική της μετάδοσης ενός ιού στον γενικό πληθυσμό λόγω της πανδημίας των τελευταίων ετών αποτελεί σημαντική γνώση για τον γενικό πληθυσμό. Είναι σημαντικό να κατανοήσει κάποιος ότι η απότομη αύξηση των κρουσμάτων είναι απόλυτα φυσιολογική. Για παράδειγμα αρκετοί άνθρωποι δεν μπορούν να καταλάβουν πως γίνεται από τα 3.000 κρούσματα σε λίγες μέρες ο αριθμός να εκτοξεύεται στα 20.000, κάτι το οποίο όμως είναι απόλυτα λογικό, επειδή ο αριθμός των ατόμων που μολύνονται αυξάνεται εκθετικά. Αυτή είναι η βασική ιδέα που κρύβεται πίσω από αυτό το σενάριο και η οποία μπορεί να προσεγγιστεί από τρεις σκοπιές, της βιολογίας, των μαθηματικών και της πληροφορικής.

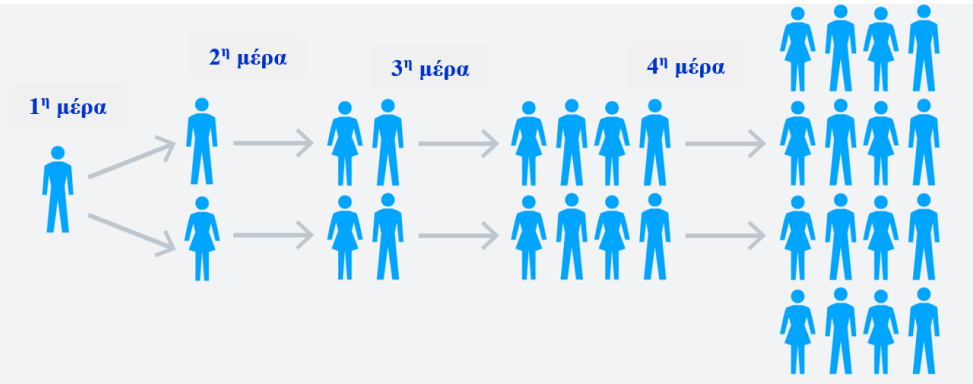
Το αρχικό μοντέλο μετάδοσης είναι αρκετά απλό. Κάθε φορέας μεταδίδει τον ιό σε δυο ανθρώπους και είναι μεταδοτικός για μια μέρα. Την επόμενη μέρα μεταδίδουν οι δυο άνθρωποι σε άλλους δυο ο καθένας κ.ο.κ., άρα την 6η μέρα θα έχουν κολλήσει συνολικά :

$$1 \quad +2 \quad +2^2 + 2^3 + 2^4 + 2^5 = 63 = 64 - 1 = 2^6 - 1$$

$$1 \quad +2 \quad +2^2 + 2^3 + 2^4 + 2^5 = 63 = 64 - 1 = 2^6 - 1$$

(1)

όπως φαίνεται στο σχήμα 1:



Σχήμα 1: *Σχηματική μετάδοση του ιού σε διάστημα 5 ημερών.*

Επίσης δεν αφαιρούνται οι ιαθέντες από το σύνολο, ώστε να μειωθεί όσο είναι δυνατόν η πολυπλοκότητα του μοντέλου.

Σε αυτό το σημείο μπορεί να επιλέξει ο διδάσκων πως θα προσεγγίσει το πρόβλημα. Ο στόχος είναι διερευνητικά να καταλήξουν οι μαθητές στον γενικό τύπο $2^N - 1$, των ανθρώπων που έχουν μολυνθεί από τον ιό μετά από N μέρες. Η δική μας προσέγγιση περνάει μέσα από την υλοποίηση του μοντέλου διάδοσης του ιού σε μια γλώσσα προγραμματισμού και στη διερεύνησή του αξιοποιώντας το περιβάλλον προγραμματισμού και τον διερμηνευτή της Python ή τα περιβάλλοντα Scratch (Resnicket. al, 2009) ή Snap! (Harvey&Mönig 2010).

Αν οι υπολογιστές δεν έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο τότε προτείνεται η παράλληλη χρήση των περιβαλλόντων προγραμματισμού Scratch 3 (offline έκδοση) και του Thonny (Annamaa, 2015) ή του IDLE για Python. Προτείνεται το Thonny λόγω της ευχρηστίας του και των δυνατοτήτων που έχει για παρακολούθηση κώδικα και οπτικοποίηση μεταβλητών, εκφράσεων και δομών. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να είναι εγκατεστημένα στους υπολογιστές τα παραπάνω περιβάλλοντα.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ

Το προτεινόμενο διδακτικό σενάριο είναι διερευνητικού τύπου και επιτρέπει στους/στις μαθητές/τριες να διαμορφώσουν τη μαθησιακή τους πορεία μέσα από την καθοδηγούμενη διερεύνηση ενός προβλήματος που επιδέχεται αλγοριθμική/προγραμματιστική λύση.

Ο ρόλος του διδάσκοντα είναι καθοδηγητικός - υποστηρικτικός της εργασίας των μαθητών. Κατά τη διάρκεια της υλοποίησης ο/η εκπαιδευτικός ελέγχει και παρακολουθεί την πορεία κάθε μαθητή και ομάδας, παρέχει διευκρινίσεις και τεχνική ή γνωστική βοήθεια, όπου είναι απαραίτητο, στέκεται διαμορφωτικά και παρέχει ανατροφοδότηση στις ενέργειες των μαθητών.

Ο σχεδιασμός του διδακτικού σεναρίου στηρίζεται στις αρχές του εποικοδομισμού και στην προσέγγιση της αυθεντικής μάθησης. Δεν χρειάζεται απαραίτητα φύλλο εργασίας ή αξιολόγησης. Ο/η εκπαιδευτικός θέτει τα προβλήματα προς επίλυση σταδιακά και η μαθησιακή διαδικασία εξελίσσεται ανάλογα με την πρόοδο των μαθητών/τριών. Το δύσκολο σημείο στο οποίο πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή αφορά την εισαγωγή της μεταβλητής και την ομαδοποίηση των εντολών ώστε να γίνει χρήση επαναληπτικής δομής.

Εκτός από την διερεύνηση το σενάριο βασίζεται στη συνεργασία, στην επίλυση προβλήματος κα στη διαθεματικότητα / διεπιστημονικότητα. Επίσης σημαντικό είναι να συνδεθεί το αποτέλεσμα της προσομοίωσης που θα αναπτυχθεί με την ερμηνεία του φαινομένου και την ταχύτητα μετάδοσης των ιών στον γενικό πληθυσμό.

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

Φάση 1η

Ο/η εκπαιδευτικός ζητάει από τους μαθητές να υπολογίσουν πόσοι άνθρωποι θα έχουν κολλήσει τον ιό μετά από 5, 7, 10 μέρες, αφού έχει περιγράψει το πρόβλημα στους μαθητές. Ο υπολογισμός αυτός είναι καλό να γίνει στο χαρτί ώστε να διακρίνουν οι μαθητές τις μεταβλητές που θα χρειαστούν. Στη συνέχεια γίνεται συζήτηση σχετικά με το μοτίβο υπολογισμών που αναδύεται και προσπάθεια να αυτοματοποιηθεί σε έναν αλγόριθμο διατυπωμένο στη γλώσσα Python ή στο Scratch ή το Snap!.

Φάση 2η

Ο/η εκπαιδευτικός ζητάει από τους μαθητές να υλοποιήσουν τον αλγόριθμο υπολογισμού για 10 ή 20 μέρες στο περιβάλλον προγραμματισμού της επιλογής τους. Τα βασικά σημεία που πρέπει να προσέξει ο/η εκπαιδευτικός κατά την σχεδίαση/υλοποίηση του αλγορίθμου είναι:

- Η μεταβλητή – αθροιστής στην οποία κάθε φορά προσθέτουμε τα κρούσματα της ημέρας
- Η μεταβλητή με τα ημερήσια κρούσματα το περιεχόμενο της οποίας την επόμενη μέρα διπλασιάζεται
- Η επαναληπτική δομή που θα χρησιμοποιηθεί

Αφού υλοποιηθεί ο αλγόριθμος για συγκεκριμένο πλήθος ημερών μπορεί να γίνει διερεύνησή του με ερωτήσεις όπως:

Σε πόσες μέρες θα κολλήσουν όλοι στη χώρα;

Εδώ οι μαθητές θα αναγκαστούν να κάνουν δοκιμές για να προσεγγίσουν το πλήθος των ημερών που χρειάζονται. Αφού καταφέρουν να το προσεγγίσουν η επόμενη ερώτηση θα μπορούσε να είναι πως μπορεί να γίνει αυτό με τις ελάχιστες δοκιμές.

Αν ο/η εκπαιδευτικός κρίνει ότι οι μαθητές θα δυσκολευτούν πολύ στον σχεδιασμό του αλγορίθμου μπορεί με ένα άλλο φύλλο εργασίας να εισάγει τις έννοιες του αθροιστή και του υπολογισμού δύναμης ως μια σκαλωσιά μάθησης για την επίτευξη των στόχων του σεναρίου.

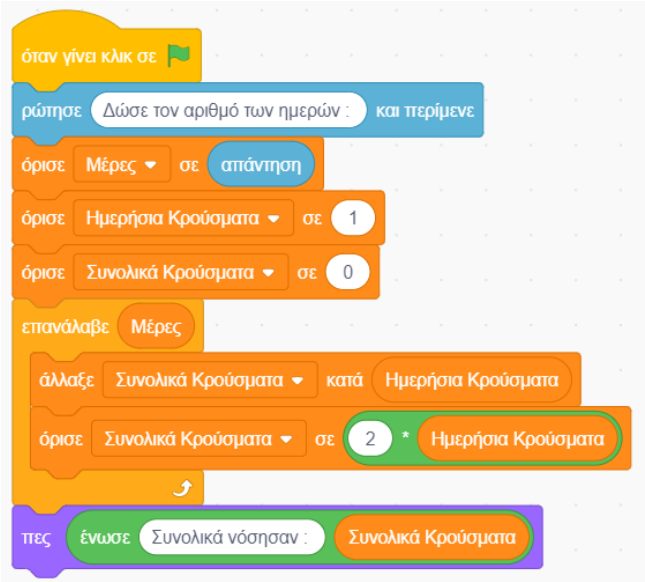
Στο σχήμα 2 φαίνονται τα αντίστοιχα προγράμματα στο περιβάλλον Scratch.

Σχήμα 2: *Προγράμματα υπολογισμού του αθροίσματος 1+2+3+…+N και της δύναμης* 2^N *σε Scratch.*

Φάση 3η

Μετά τον πειραματισμό με τον κώδικα που θα έχουν υλοποιήσει οι μαθητές στο Scratch το Snap! ή την Python γίνεται προσπάθεια γενίκευσης του κώδικα σε μια συνάρτηση η οποία θα προσομοιώνει την μετάδοση του ιού με παράμετρο το πλήθος των ημερών. Μέσα από τον πειραματισμό με διαδοχικές κλήσεις της συνάρτησης μέσα από ένα πλαίσιο φθίνουσας καθοδήγησης θα μπορούσαν οι μαθητές να καταλήξουν στον μαθηματικό τύπο των κρουσμάτων, ο οποίος μπορεί να προκύψει και από τον τύπο της γεωμετρικής προόδου.

Στα σχήματα 3 και 4 δίνονται δυο ενδεικτικές υλοποιήσεις του ίδιου αλγορίθμου σε Scratch και Python αντίστοιχα.



Σχήμα 3: *Υπολογισμός αριθμού κρουσμάτων συναρτήσει των ημερών σε Scratch.*

covid.py

```
μέρες = int(input("Δώσε τον αριθμό των ημερών: "))
Ημερήσια_κρούσματα = 1
Συνολικά_κρούσματα = 0
for i in range(μέρες):
    Συνολικά_κρούσματα += Ημερήσια_κρούσματα
    Ημερήσια_κρούσματα = 2*Ημερήσια_κρούσματα

print("Συνολικά νόσησαν = ", Συνολικά_κρούσματα)
```

Σχήμα 4: Υπολογισμός αριθμού κρουσμάτων συναρτήσει των ημερών σε Python.

ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ - ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ

Μπορούμε να επεκτείνουμε το μοντέλο εισάγοντας περισσότερες παραμέτρους. Για παράδειγμα ποια θα είναι η επίπτωση της χρήσης μασκών ή μιας καραντίνας. Θα μπορούσαμε επίσης να υπολογίζουμε το πλήθος των θετικών ατόμων ανά ημέρα. Αυτό όμως προϋποθέτει ότι κάθε μέρα θα πρέπει να αφαιρούνται οι ιαθέντες.

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που πρέπει να υπολογιστεί σε μία ασθένεια είναι το R_0, δηλαδή ο βασικός ρυθμός αναπαραγωγής. Μία ασθένεια με $R_0 = 1$ σημαίνει πως βρίσκεται σε ενδημικό στάδιο, δηλαδή ούτε εξαφανίζεται τελείως αλλά δεν είναι και αρκετά ισχυρή για να εξαπλωθεί. Αν $R_0 < 1$ συνήθως εξαλείφεται, και αν $R_0 > 1$ τότε υπάρχει κίνδυνος εξάπλωσης. Όσο πιο μεγάλο είναι το R_0 τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος αυτός. Για παράδειγμα το R_0 του SARS-CoV-2 στην Wuhan είχε φτάσει να είναι 5-6. Το R_0 δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$R_0 = p \cdot c \cdot D \qquad (2)$$

όπου **p** : πιθανότητα μετάδοσης ανά επαφή
c : ρυθμός επαφών στην μονάδα του χρόνου
D : διάρκεια μολυσματικότητας

Ως επέκταση του σεναρίου θα μπορούσε να τροποποιηθεί η συνάρτηση υπολογισμού των κρουσμάτων με τις παραπάνω παραμέτρους ώστε να υπολογίζει το R_0 και με βάση αυτό τον αριθμό των ημερήσιων κρουσμάτων.

Στο αρχικό σενάριο έχουμε $R_0 = 2$.

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μια απλή εκδοχή του παραπάνω σεναρίου υλοποιήθηκε σε 4 τμήματα μαθητών της Γ' τάξης του Γυμνασίου στο μάθημα της πληροφορικής. Στα δυο τμήματα χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον προγραμματισμού Scratch ενώ στα άλλα δυο η γλώσσα προγραμματισμού Python. Οι μαθητές ήταν εξοικειωμένοι και με τα δυο περιβάλλοντα, ωστόσο τα αποτελέσματα εφαρμογής του σεναρίου ήταν αρκετά διαφορετικά μεταξύ των δυο ομάδων. Στην περίπτωση του Scratch σχεδόν όλοι μαθητές και οι μαθήτριες ανέπτυξαν μια λύση για το πρόβλημα ενώ στα τμήματα που ζητήθηκε λύση σε Python υπήρξαν μαθητές που δεν κατάφεραν να αναπτύξουν ένα συντακτικά σωστό πρόγραμμα. Αυτό οφείλεται στις δυσκολίες των περιβαλλόντων κειμενικού προγραμματισμού σε σχέση με περιβάλλοντα με πλακίδια όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφία. Πολλές έρευνες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι αρχάριοι προγραμματιστές και ειδικά οι μαθητές δυσκολεύονται πολύ περισσότερο στη χρήση κειμενικών γλωσσών (text-based) προγραμματισμού από ότι με περιβάλλοντα με πλακίδια (block-based) (Mladenović, Boljat, & Žanko, 2018). Αυτό συμβαίνει ακόμα και στην περίπτωση της γλώσσας Logo η οποία έχει σχεδιαστεί για εκπαιδευτικό σκοπό ή της Python που θεωρείται σήμερα η καλύτερη επιλογή για εισαγωγή στον προγραμματισμό (Mladenović, Krpan, & Mladenović, 2016; Mladenović, Rosić, & Mladenović, 2016).

Ωστόσο η σημαντική δουλειά των Weintrop και Wilensky(2019) δείχνει ότι κατά την μετάβαση σε μια κειμενική γλώσσα προγραμματισμού όπως είναι η Javaοι διαφορές μεταξύ φοιτητών αμβλύνονται και σε βάθος χρόνου λίγων εβδομάδων παύουν να υφίστανται. Μάλιστα στην περίπτωση των μαθητών όσοι είχαν εμπειρία από γλώσσες όπως η Logoκαι η Python εξοικειώθηκαν πολύ πιο γρήγορα με γλώσσες όπως είναι η Javakαι η C++. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών συμφωνούν με αυτά που παρατηρήσαμε και εμείς. Μια σημαντική παρατήρηση ήταν ότι οι μαθητές που είχαν κατακτήσει το αλγοριθμικό μέρος του προβλήματος και ήξεραν πως να χρησιμοποιήσουν μεταβλητές και δομές επανάληψης κατέληξαν σε σωστές λύσεις και με το Scratch και την Python. Η μεγάλη διαφορά έγκειται στους μαθητές και στις μαθήτριες που δεν κατάφεραν χωρίς καθοδήγηση από τον διδάσκοντα να σχεδιάσουν έστω μια αρχική λύση. Στην περίπτωση της Python αρκετοί μαθητές δεν ολοκλήρωσαν το πρόγραμμα ή σταμάτησαν να προσπαθούν και χρειάστηκαν παρότρυνση, ενώ στην περίπτωση του Scratchοι μαθητές που κατέληξαν σε ένα πρώτο πρόγραμμα έστω και με λάθος αποτελέσματα ήταν πολλοί περισσότεροι. Από ότι φαίνεται το περιβάλλον Scratch είναι αρκετά πιο φιλικό και οι μαθητές διαθέτουν περισσότερο χρόνο για πειραματισμό ενώ στην περίπτωση της Python τα συντακτικά λάθη ωθούν τους μαθητές να εγκαταλείψουν την προσπάθεια πολύ πιο σύντομα. Από την άλλη οι μαθητές που ανέπτυξαν ορθά προγράμματα σε Python τέλειωσαν πολύ πιο γρήγορα από τους συμμαθητές τους που ανέπτυξαν επίσης ορθά προγράμματα σε Scratch.

Από τα παραπάνω μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η εισαγωγή του προγραμματισμού με ένα περιβάλλον με πλακίδια σε ένα μάθημα γενικής παιδείας στις χαμηλές βαθμίδες της εκπαίδευσης θα έχει καλύτερα αποτελέσματα για το σύνολο της τάξης αφού θα μειώσει πολύ το ποσοστό εγκατάλειψης των μαθητών και των μαθητριών, ενώ μια κειμενική γλώσσα προγραμματισμού θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε λίγο μεγαλύτερες ηλικίες ή σε συνδυασμό με ένα περιβάλλον με πλακίδια.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΦΕΚ 5659/3-12-2021, Αριθμός Απόφασης 152738/Δ2: Πρόγραμμα Σπουδών του μαθήματος της Πληροφορικής των Α΄, Β΄ και Γ΄ τάξεων Γυμνασίου.

ΦΕΚ 5932/16-12-2021, Αριθμός Απόφασης 160503/Δ2: Πρόγραμμα Σπουδών του μαθήματος της Πληροφορικής των Α΄, Β΄ και Γ΄ τάξεων Γενικού Λυκείου.

ΦΕΚ 5390/19-11-2021, Αριθμός Απόφασης 145377/Δ2: Πρόγραμμα Σπουδών του μαθήματος των Μαθηματικών των Α΄, Β΄ και Γ΄ τάξεων Γενικού Λυκείου.

ΦΕΚ 5341/17-11-2021, Αριθμός Απόφασης 144611/Δ2 : Πρόγραμμα Σπουδών του μαθήματος της Βιολογίας των Α΄, Β΄ και Γ΄ τάξεων Γενικού Λυκείου.

Annamaa, A. (2015). Introducing Thonny, a Python IDE for learning programming. In Proceedings of the 15th Koli Calling Conference on Computing Education Research. ACM.

Denning, P. (2007). Computing is a natural science, *ACM Communications* 50: July 2007, pp. 13-18. 14.

Denning, P. J. (2010). The great principles of computing. *American Scientist*, 98(5), 369-372.

Deng, Z. (2007) Knowing the subject matter of a secondary-school science subject, *Journal of Curriculum Studies*, 39:5, 503-535

Dewey, J. (1990). *The School and Society and the Child and the Curriculum*. Chicago: The University of Chicago Press.
Harvey, B.& Mönig, J. (2010). Bringing “no ceiling” to Scratch: Can one language serve kids and computer scientists? In J. Clayson& I. Kalas, eds. Proceedings of Constructionism 2010 Conference. 1–10.
Mladenović, M., Krpan, D., & Mladenović, S. (2016). Introducing programming to elementary students novices by usinggame development in Python and Scratch. In EDULEARN16 Proceedings (pp. 1622–1629). IATED.
Mladenović, M., Rosić, M., & Mladenović, S. (2016). Comparing Elementary Students’ Programming Success Based on Programming Environment. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 8(August), 1–10.
Mladenović, M., Boljat, I. & Žanko, Ž. (2018) Comparing loops misconceptions in block-based and text-based programming languages at the K-12 level. *Education and Information Technologie*s 23(4), 1483–1500.
Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., Kafai, Y., (2009). Scratch: Programming for All, November 2009, *Communications of the ACM*, 52(11), pp. 60-67.
TOP500 June 2022, Retrieved 23 July 2022. https://www.top500.org/lists/top500/2022/06

STEM και ρομποτική στο δημοτικό σχολείο: κινητοποιώντας τους μαθητές στην επίλυση προβλημάτων

Γκόλτσιου Αικατερίνη[1], Σοφιανοπούλου Χρύσα[2]
aikgoltsiou@gmail.com, csofian@hua.gr
[1] Υποψήφια PhD, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
[2] Αναπληρώτρια καθηγήτρια, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η προστασία του περιβάλλοντος και η βιωσιμότητά του, καθίστανται αναγκαίες στη σημερινή εποχή. Ανεκμετάλλευτοι πόροι του αστικού τοπίου μπορούν να ενσωματωθούν στην καθημερινότητα των πολιτών, βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής τους. Οι μαθητές αναλαμβάνουν ενεργό ρόλο και κάνουν προτάσεις βιωσιμότητας, εφαρμόζοντας μεθοδολογία STEM.

Στόχος της έρευνας είναι να παρουσιαστεί η επίλυση αυθεντικού προβλήματος μέσω μεικτής μάθησης, όπου η εξ αποστάσεως εκπαίδευση πραγματοποιείται online και offline σε Moodle, κατά τη διάρκεια της πανδημίας. Το ερώτημα είναι πώς οι μαθητές εφαρμόζουν τη μεθοδολογία STEM και τη ρομποτική στη μεικτή μάθηση, στο πλαίσιο της βιωσιμότητας και της αστικής προσβασιμότητας. Η δράση υλοποιήθηκε σε μαθητές Ε΄ τάξης ελληνικού αστικού δημοτικού σχολείου, στην πρωινή ζώνη. Η πρόσβαση στο υλικό ήταν δυνατή εξ αποστάσεως, αλλά και βιωματικά, όταν οι μαθητές επέστρεψαν στο σχολείο, μετά την περίοδο του «lockdown». Οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά ή ομαδικά, εφάρμοσαν έρευνα στο πεδίο, ποιοτική και ποσοτική, ημερολόγιο έργου, αξιοποίησαν τις Φυσικές Επιστήμες και τη Ρομποτική. Η αξιολόγηση της δράσης έγινε μέσω παρατήρησης και ερωτηματολογίων γνώσεων και στάσεων των μαθητών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές συνεργάστηκαν, απέκτησαν γνώσεις και εμπειρία και στη μεθοδολογία της έρευνας, χάρηκαν μέσω της δημιουργικότητας και της ρομποτικής, καλλιέργησαν την κριτική σκέψη μέσω της δραστηριοποίησης στη μεθοδολογία STEM.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *STEM, blended learning, Moodle*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Βάσει του αναλυτικού προγράμματος της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, η προσέγγιση της μάθησης διενεργείται διερευνητικά - ανακαλυπτικά, διαθεματικά, βιωματικά, συνδυάζοντας Τεχνολογίες Πληροφορίας & Επικοινωνιών, εφαρμόζοντας ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, ώστε να καλλιεργηθούν κοινωνικές και γνωστικές δεξιότητες στους μαθητές. Το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, στηρίζεται στις θεωρίες του κονστρουκτιβισμού, της ανακαλυπτικής μάθησης, στην εφαρμογή της ομαδοσυνεργαστικής μεθόδου (ΔΕΠΠΣ, 2003; ΠΣ, 2021) με προσανατολισμό στις δεξιότητες του 21ου αι και την αειφόρο ανάπτυξη, που διακρίνεται από τις αξίες της περιβαλλοντικής ακεραιότητας, της κοινωνικής δικαιοσύνης, της αλληλεγγύης με τους άλλους, με τις μέλλουσες γενιές, με τα έμβια όντα του πλανήτη, της ανεκτικότητας στην ετερότητα, της συλλογικότητας και της δημοκρατίας (Wiek et al., 2011; Brundiers et al., 2020).

Η οικοδόμηση της νέα γνώσης στηρίζεται στις πρότερες γνώσεις και δεξιότητες του μαθητή, διαδικασία που καλλιεργείται και από το σχολικό περιβάλλον. Μέσω της αξιοποίησης των Τ.Π.Ε. και της Web 2.0 επικοινωνίας διαμορφώνεται κλίμα συνεργατικής μάθησης, όπου οι μαθητές ενεργοποιούνται, αυξάνονται τα κίνητρα μάθησης και επιτυγχάνεται η συνοικοδόμηση της γνώσης. Η εποικοδομητική μάθηση μέσω Η/Υ αξιοποιεί τις γνωστικές και μεταγνωστικές λειτουργίες και οργανώνει τους τρόπους που οι μαθητές αναπαριστούν τη γνώση τους (Jonassen, 1998; Daniels, 2005). Το ψηφιακό περιβάλλον λειτουργεί υποστηρικτικά στη βιωματική μάθηση και τη δια ζώσης διδασκαλία (Basogain et al., 2018) με πολυαισθητηριακή και εξατομικευμένη προσέγγιση των διδασκόμενων εννοιών (Gardner, 1995).

Στην ηλεκτρονική μάθηση η διδασκαλία μπορεί να επιτευχθεί εξ ολοκλήρου από απόσταση ή να εφαρμοστεί το μεικτό μοντέλο μάθησης (McDonald, 2006; Τζιμογιάννης, 2017) όπου το ψηφιακό περιβάλλον λειτουργεί σε σύμπνοια με τη δια ζώσης διδασκαλία (Basogain et al, 2018). Με τη μεικτή μάθηση επιτυγχάνονται οφέλη καθώς διασφαλίζεται η συμμετοχή όλων στην εκπαίδευση και επιχειρείται ανάπτυξη εκπαιδευτικών κινήτρων των συμμετεχόντων (Makarova, 2018).

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται έντονο ενδιαφέρον για το σχεδιασμό δραστηριοτήτων διδασκαλίας προγραμματισμού στηριζόμενων στη διερευνητική μάθηση. Ο τομέας της ρομποτικής

είναι διεπιστημονικός, περιλαμβάνει θέματα μηχανικής, ηλεκτρονικών συστημάτων με αυτοματισμούς, έννοιες που εισάγονται στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση μέσω του προγράμματος σπουδών. Η εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί να συμβάλλει στην ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων ομαδικής εργασίας, κριτικής σκέψης, προγραμματισμού και παρατήρησης, επίλυσης προβλημάτων (Komis & Misirli, 2016). Η εκπαίδευση STEM αναφέρεται στις Επιστήμες (Science), την Τεχνολογία (Technology), τη Μηχανική (Engineering) και τα Μαθηματικά (Maths), όπου μέσω της διαθεματικότητας επιχειρείται η σύνδεση των επιστημονικών αυτών πεδίων και η αξιοποίηση των πρότερων γνώσεων των μαθητών, λειτουργώντας συνδετικά με την καθημερινότητά τους. Βασικός στόχος είναι η επίλυση προβλημάτων μέσω της ενεργούς συμμετοχής των μαθητών, του πειραματισμού, της αμφισβήτησης, της βιωματικής μάθησης, σε κατάλληλα διαμορφωμένο εκπαιδευτικό περιβάλλον (Hwang &Taylor, 2016).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Στο ψηφιακό εκπαιδευτικό περιβάλλον ενσωματώνονται ή εισάγονται σύνδεσμοι Web 2.0 εφαρμογών, καθιστώντας εφικτή την ομαδοσυνεργατική διδασκαλία στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στο πλαίσιο της STEM μεθοδολογίας, παρέχοντας κατάλληλο ψηφιακό περιβάλλον συνεργασίας, επικοινωνίας και παρουσίασης αποτελεσμάτων (Fragou et al., 2019).

Το ψηφιακό περιβάλλον Moodle, (https://moodle.org/) είναι ένα περιβάλλον εκπαίδευσης κυρίως ενηλίκων που τα τελευταία χρόνια αξιοποιείται στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση, για την εκπόνηση σχολικών projects, συμβάλλοντας στην καλλιέργεια των δεξιοτήτων επικοινωνίας, μεταγνώσης και ψηφιακού εγγραμματισμού (Brandl, 2005; Mpungose, 2020). Διαθέτοντας forum επικοινωνίας και συνεργασίας μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικών, επιτρέποντας την ενσωμάτωση Web 2.0 εφαρμογών, όπως το Coggle mind maps (https://coggle.it/), τα Google Doc, Presentation (https://docs.google.com/document/u/0/), σύνδεσμο εφαρμογής σύγχρονης επικοινωνίας, του δωματίου της ψηφιακής τάξης της Cisco WebEx (https://www.webex.com/), αποτελεί περιβάλλον αλληλεπίδρασης, για την ενίσχυση της συνεργατικής μάθησης και της καινοτομίας σε περιβάλλον Web 2.0 (Fragou et al., 2019).

Ο ψηφιακός εννοιολογικός χάρτης αξιοποιείται ιδιαίτερα σε κάθε βαθμίδα εκπαίδευσης, καθώς προσφέρει οπτικοποίηση του θέματος ή της έννοιας που διαπραγματεύεται, δυνατότητα παρέμβασης σε οποιοδήποτε χρόνο και συνεργασία (Arulselvi, 2017). Ο εννοιολογικός χάρτης Coggle χρησιμοποιήθηκε από τους Arulchelvan et al. (2019) σε τάξη αγγλικής γλώσσας με μαθητές Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τη βελτίωση της αγγλικής γλώσσας και την ενίσχυση της συμμετοχικής μάθησης με θετικά αποτελέσματα.

Τα συνεργατικά έγγραφα Google Doc και Presentations παρέχουν τη δυνατότητα της συνεργασίας, της αυτοδιόρθωσης και ετεροδιόρθωσης στο πλαίσιο της ομάδας. Οι Zhou et al. (2012) αξιοποίησαν τα Google Docs σε προπτυχιακούς φοιτητές στα πλαίσια της ολοκλήρωσης εργασιών εξ αποστάσεως και κατέληξαν σε θετικά αποτελέσματα όσον αφορά τη συνεργατική γραφή, τη μάθηση και τη στάση των φοιτητών για τη χρήση τους. Ομοίως στην αξιοποίηση των Google Docs από την Abdelmalak (2015) σε εξ αποστάσεως εκπαίδευση φοιτητών, οι φοιτητές δήλωσαν ότι η χρήση των εγγράφων Google τους έδωσε την αίσθηση της κοινότητας μάθησης και τα ευρήματα υπέδειξαν την ανάγκη χρήσης ποικίλων Web 2.0. εφαρμογών σε ένα συνεργατικό ψηφιακό εκπαιδευτικό περιβάλλον. Ο Μοσκοφίδης (2015) αξιοποίησε τα υπολογιστικά έγγραφα Google (Google spreadsheet) για τη διδασκαλία γραφημάτων και κατέληξε στο συμπέρασμα πως η αξιοποίηση του «νέφους» (cloud) προσφέρει το πλεονέκτημα της συνεργασίας ομάδας μαθητών μεταξύ τους αλλά και με τον διδάσκοντα.

Οι Guzmán et al.(2019) αξιοποίησαν την εφαρμογή Plotagon Studio (https://www.plotagon.com/) για την καλλιέργεια της αγγλικής γλώσσας κατά τη διάρκεια της δημιουργικής γραφής. Οι μαθητές δημιούργησαν την ψηφιακή τους ιστορία δυαδικά, με συνέπεια τη βελτίωση του λεξιλογίου και της έκφρασής τους με διασκεδαστικό και ουσιαστικό τρόπο. Η εφαρμογή παρέχει τη δυνατότητα μετατροπής ενός κειμένου σε animation.

Ο Νικολός (2018) πρότεινε τη χρήση της γλώσσας Scratch 3.0 για τον προγραμματισμό του κιτ ρομποτικής Lego Education WeDo 2.0, για την υλοποίηση εκπαιδευτικού σεναρίου διδασκαλίας Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Με τον εξοπλισμό Lego Education WeDo 1.0. και 2.0, τα οποία διαθέτουν αισθητήρες απόστασης και κλήσης, προωθείται η διερευνητική μάθηση και η κατανόηση της σχέσης αιτίας και αποτελέσματος (https://education.lego.com/en-us). Ο εξοπλισμός

προγραμματίζεται είτε με τη δική του «γλώσσα» (μόνο η έκδοση 2.0), είτε με Scratch. Με Scratch προγραμματίζονται τα Lego Education WeDo 2.0, συμβάλλοντας στην καλλιέργεια της υπολογιστικής σκέψης των παιδιών, υποστηρίζει Pinto-Llorente et al. (2016) και καταγράφει στην έρευνά της την ενεργοποίηση των μαθητών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και τη δυνατότητα να μάθουν να χτίζουν μοντέλα 3D και να τα προγραμματίζουν. Οι Veselovská et al. (2020) αξιοποίησαν τον εξοπλισμό σε μαθητές 3ης και 4ης τάξης Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, οι οποίοι επικεντρώθηκαν κυρίως στην κατασκευή ρομποτικών μοντέλων, με σκοπό να ενταχθεί η ρομποτική στο αναλυτικό πρόγραμμα και να συγκριθεί με τα αποτελέσματα χωρών διαφορετικού πολιτιστικού περιβάλλοντος. Οι Wu et al. (2018), στη συγκριτική έρευνά τους σε μαθητές από 1η μέχρι 4η δημοτικού για τα Lego Education WeDo στην Ταϊβάν και τη Σλοβακία, κατέληξαν πως η εκπαιδευτική ρομποτική συμβάλλει στην καλλιέργεια δεξιοτήτων επικοινωνίας, συνεργασίας και μηχανικής στους μαθητές, ενεργοποιώντας τους μέσω της διερευνητικής μάθησης.

Τα ερευνητικά ερωτήματα είναι:

- Πώς εφαρμόζεται η μεθοδολογία STEM και η ρομποτική με blended learning στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.
- Ποια τα αποτελέσματα της υλοποίησης στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης και της αστικής προσβασιμότητας.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η δράση διήρκησε έξι (6) μήνες με μεικτή μάθηση, τέσσερις (4) μήνες αποκλειστικά εξ αποστάσεως διδασκαλία (σύγχρονη/ασύγχρονη) και δύο (2) μήνες διά ζώσης και ασύγχρονα. Υλοποιήθηκε στο πρωινό ωρολόγιο πρόγραμμα 25 μαθητών Ε΄τάξης ελληνικού αστικού σχολείου, 12 αγόρια και 13 κορίτσια, ηλικίας 10 ετών. Η υλοποίηση της περιβαλλοντικής δράσης έγινε από τον εκπαιδευτικό της τάξης με αξιοποίηση του μοντέλου του blended learning, των περιβαλλόντων του Moodle για την ασύγχρονη διδασκαλία και της WebEx για τη σύγχρονη, με μεθοδολογία STEM.

Οι μαθητές είχαν λογαριασμό στην πλατφόρμα Moodle από την αρχή του σχολικού έτους και γνώριζαν πώς να εργάζονται ομαδοσυνεργατικά τόσο βιωματικά όσο και εξ αποστάσεως. Οι μαθητές εργάστηκαν στην ολομέλεια σύγχρονα, ατομικά ή σε ομάδες μικρού αριθμού συμμετεχόντων και σύμφωνα με τα ενδιαφέροντά τους ασύγχρονα, δυαδικά ή χωρισμένοι σε τρεις (3) μεγάλες ομάδες βιωματικά. Αποφεύχθηκε η διαμόρφωση ομάδων από τον εκπαιδευτικό, οι μαθητές επέλεγαν οι ίδιοι την ένταξή τους στην ομάδα, έχοντας ως κριτήριο επιλογής τη δραστηριότητα ενασχόλησης.

Οι δραστηριότητες υλοποιήθηκαν αρχικά αποκλειστικά εξ αποστάσεως σε σύγχρονη εκπαίδευση μέσω WebEx και ασύγχρονη μέσω Moodle, κατόπιν βιωματικά και ασύγχρονα μέσω Moodle. Στο Moodle έγινε εισαγωγή των ηλεκτρονικών διευθύνσεων των ψηφιακών πόρων. Κατά τη διάρκεια της σύγχρονης επικοινωνίας και δραστηριοποίησης στη Webex, δύο (2) ώρες την εβδομάδα, αποφασίζονταν ποια δραστηριότητα θα ακολουθούσε και δίνονταν επεξηγήσεις. Οι εργασίες εναλλάσσονταν σε σύγχρονη και ασύγχρονη, όπου οι μαθητές μέχρι την επόμενη σύγχρονη επικοινωνία είχαν ολοκληρώσει μέρος ή όλη την εργασία που είχαν αναλάβει.

Η αρχική διερεύνηση των πρότερων γνώσεων και απόψεων των μαθητών για την αειφορία και τις μεθόδους έρευνας έγινε με ερωτηματολόγιο Google. Η δραστηριοποίηση των μαθητών κατά την υλοποίηση, το υλικό (φωτογραφικό, βίντεο, παρουσιάσεις, Scratch) που συλλέχθηκε και παρουσιάστηκε, οι κατασκευές των Lego WeDo 1.0 και 2.0, η μακέτα παρουσίασης, αποτέλεσαν τη διαμορφωτική αξιολόγηση για την κατάκτηση της γνώσης. Η τελική αξιολόγηση έγινε μέσω της παρατήρησης του εκπαιδευτικού, των ομαδικών μαθητικών έργων και της συμπλήρωσης του τελικού ηλεκτρονικού ερωτηματολογίου από τους μαθητές. Η αξιολόγηση του project πραγματοποιούνταν καθ' όλη τη διάρκεια της υλοποίησής του, μέσω της δραστηριοποίησης και της συνεργασίας των μαθητών, μα και των σχολίων των γονέων κατά τη διαδικτυακή παρουσίαση της δράσης.

ΤΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΚΑΙ ΠΩΣ

Θέμα της δράσης ήταν η αειφορία. Οι μαθητές κλήθηκαν εξ αποστάσεως, λόγω του εγκλεισμού, να εντοπίσουν έναν χώρο εγκαταλειμμένο στο κοντινό εξωσχολικό τους περιβάλλον, που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί και να γίνει βιώσιμος, στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης.

Από το Moodle αξιοποιήθηκαν οι πόροι:

- URL, για εισαγωγή ηλεκτρονικών διευθύνσεων ψηφιακών πόρων
- Σελίδες, εισαγωγή υλικού
- Wikies, για συνεργατική γραφή
- Forum, συνεργατική διαμόρφωση υλικού από μαθητές

Στο περιβάλλον του Moodle έγινε εισαγωγή συνδέσμων προς τους εξής ψηφιακούς πόρους εκτός Moodle:

- Δωμάτιο τηλεκπαίδευσης WebEx,
- Εφαρμογή εννοιολογικής χαρτογράφησης Coggle,
- Google Docs με ελεύθερη πρόσβαση στους μαθητές,
- Google spreadsheet
- Ερωτηματολογίων Google,
- Scratch class
- Βίντεο μαθητικών εργασιών αναρτημένα στο You Tube

Στις βιωματικές δράσεις εφαρμόστηκε είτε το μοντέλο της ενασχόλησης με το ίδιο έργο ομαδοσυνεργατικά, όπως έγινε με τα διαγράμματα, είτε των διαφορετικών σταθμών, όπου οι μαθητές ήταν χωρισμένοι σε ετερογενείς ομάδες και εργάζονταν στους σταθμούς εργασίας, όπως εφαρμόστηκε στη μακέτα και τη ρομποτική (Cook & Friend, 1995).

Η υποστήριξη των μαθητών γινόταν κυρίως κατά τη διάρκεια της σύγχρονης διδασκαλίας. Κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας των προβληματισμών στη χρήση των ψηφιακών εφαρμογών λειτούργησε η αλληλοδιδακτική μέθοδος, όπου οι μαθητές που είχαν κατανοήσει τη χρήση αναλάμβαναν παρουσιαστές και εξηγούσαν την εφαρμογή. Στη WebEx δεν αξιοποιήθηκαν τα δωμάτια. Στηριζόμενοι στις αρχές του κοντρουκτιβισμού και τη ζώνη της «επικείμενης ανάπτυξης», προτιμήθηκε όλοι οι μαθητές να είναι παρόντες σε ολομέλεια. Η πρόσβαση στις ψηφιακές εφαρμογές ήταν δυνατή εντός και εκτός σχολείου.

Στην ψηφιακή αίθουσα WebEx σε ολομέλεια, δόθηκε στο chat ο σύνδεσμος του αρχικού ερωτηματολογίου διερεύνησης πρότερων γνώσεων και εννοιολογικής χαρτογράφησης Coggle, όπου είχαν προσκληθεί τρεις (3) μαθητές με email, έπειτα από γονική άδεια. Όλοι οι μαθητές είχαν ορατότητα και οι προσκεκλημένοι μαθητές έγραφαν στην εφαρμογή τις προτάσεις των συμμαθητών και τις δικές τους. Οι μαθητές κατέγραψαν προτάσεις αειφόρου ανάπτυξης του κοντινού ρέματος, δράσεις και τρόπους έρευνας στο πεδίο.

Σε σύγχρονη και ασύγχρονη διδασκαλία οι μαθητές:

- τήρησαν ημερολόγιο έργου σε Google Doc (τρεις (3) μαθητές), για να είναι ορατή η ροή των εργασιών και για προγραμματισμό.
- συζήτησαν τους προβληματισμούς τους
- έγραψαν ομαδικά γράμμα προς τη δημοτική αρχή, ψάχνοντας για συνέργειες υλοποίησης της πρότασής τους, όπου ένας μαθητής ανέλαβε τον ρόλο γραμματέα σε Google Doc,
- αξιοποίησαν το forum του Moodle, κατέγραψαν προτάσεις αειφόρου ανάπτυξης του ρέματος και σε ολομέλεια τις ενέταξαν σε κοινή παρουσίαση Google presentation,
- κατέγραψαν ερωτήσεις για ερωτηματολόγιο γονέων
- κατέγραψαν ερωτήσεις για συνέντευξη περιοίκων

- παρουσίασαν τις εργασίες τους.

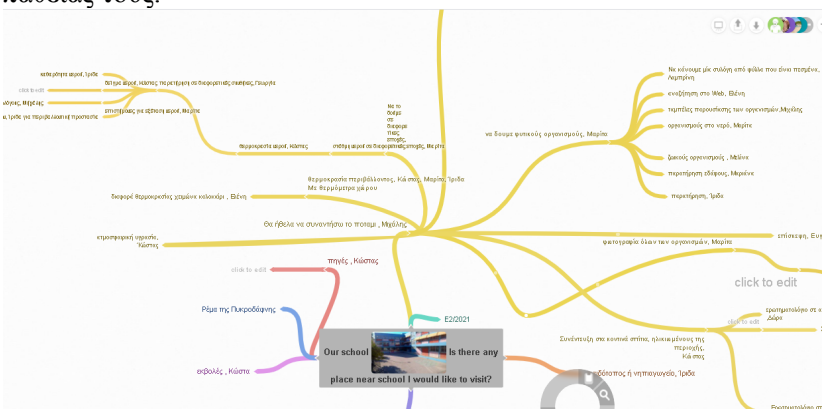
Όλοι οι μαθητές έκαναν διαδικτυακή έρευνα για τους φυτικούς οργανισμούς του ρέματος και τους ζωγράφισαν. Τα αποτελέσματα διαμοιράζονταν στο Forum. Σε wiki αναπτύχθηκε σενάριο δημιουργικής γραφής, όπου οι μαθητές ανέλαβαν τον ρόλο του φυτικού οργανισμού που είχαν διερευνήσει. Στον λογαριασμό Scratch της τάξης, δύο (2) μαθητές συνδημιούργησαν σενάριο online και το διαμοίρασαν στο Forum. Στο scratch.mit.edu οι μαθητές είχαν λογαριασμό τάξης.

Βιωματικά πριν την επιστροφή στο σχολείο, οι μαθητές φωτογράφισαν τη γειτονιά, για να τεκμηριώσουν φωτογραφικά τον περιβάλλοντα χώρο του ρέματος. Δύο (2) μαθητές κατέγραψαν σε Google spreadsheet τη θερμοκρασία του μικροπεριβάλλοντος του ρέματος και της γειτονιάς για δύο (2) εβδομάδες. Μετά την επιστροφή στο σχολείο, στην αίθουσα διδασκαλίας, όλοι οι μαθητές δυαδικά δημιούργησαν διαγράμματα των θερμοκρασιών που καταγράφηκαν και των αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων γονέων. Αξιοποίησαν ομαδικά χειραπτικό υλικό, πρώτα τουβλάκια Lego, κατόπιν πλαστικοποιημένο κάνναβο και έπειτα δραστηριοποιήθηκαν ατομικά και δημιούργησαν ψηφιακό διάγραμμα σε Excel spreadsheet, όπου ήταν καταγεγραμμένες οι παραπάνω τιμές. Ένας (1) μαθητής ανέλαβε τη μετατροπή του καταγεγραμμένου σεναρίου του Wiki σε animation, με το Plotagon Studio, εγκατεστημένο σε Η/Υ το σχολείου.

Όταν οι συνθήκες το επέτρεψαν, οι μαθητές επισκέφτηκαν τον χώρο του ρέματος, πειραματίστηκαν με το ph του νερού, κατέγραψαν τη θερμοκρασία του, παρατήρησαν την καθαρότητά του, τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς. Αποφάσισαν το σχέδιο και το περιεχόμενο της μακέτας και του σεναρίου αειφόρου ανάπτυξης που θα παρουσίαζε. Χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, των προγραμματιστών και των αρχιτεκτόνων. Οι προγραμματιστές χωρίστηκαν σε τρεις (3) υποομάδες των δύο και τριών ατόμων, τέσσερα (4) αγόρια και τρία (3) κορίτσια και ασχολήθηκαν με τις κατασκευές των Lego Education WeDo. Τα κορίτσια με το WeDo 1.0 δημιούργησαν φωτοβολταϊκά για αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας τοποθετημένα κοντά στο ρέμα, τα αγόρια με WeDo 2.0. δημιούργησαν οχήματα μετακίνησης ατόμων με κινητικά προβλήματα, για να έχουν πρόσβαση στο ρέμα. Ο προγραμματισμός έγινε σε Scratch. Στόχος των κατασκευών η αστική προσβασιμότητα και η αειφόρος ανάπτυξη. Οι αρχιτέκτονες σχεδίασαν τη μακέτα του σχολείου, το κοντινό ρέμα, τα μονοπάτια ανάπλασης και τον δρόμο μετακίνησης. Από κοινού οι ομάδες κατέγραψαν ψηφιακά το αποτέλεσμα. Στο σχολείο συμπληρώθηκε το τελικό ερωτηματολόγιο γνώσεων και απόψεων των μαθητών για το ρέμα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα του project αφορούσαν στις ψηφιακές και απτικές εργασίες των μαθητών, τη δραστηριοποίησή τους και τη συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια του project. Συγκεκριμένα αφορούσαν στον εννοιολογικό χάρτη (Σχήμα 1), στις ζωγραφιές των μαθητών, διαγράμματα με Lego τουβλάκια (Σχήμα 2) και άυλες δημιουργίες όπως παρουσιάσεις, βίντεο, Scratch, δημιουργική γραφή σε Wiki, σενάριο στο Plotagon Studio. Οι εργασίες σε Lego Education WeDo, που ενσωματώθηκαν στη μακέτα των μαθητών, αναρτήθηκαν ως βίντεο στο Forum του Moodle, στο YouTube και στο blog του σχολείου για τη διάχυση των αποτελεσμάτων της εργασίας των μαθητών και για περαιτέρω ενίσχυση της προσπάθειάς τους.



***Σχήμα 1**: Εννοιολογικός χάρτης σε Coggle. Οι προτάσεις αειφόρου ανάπτυξης του ρέματος από τους μαθητές.*

Σχήμα 2:*Μαθηματικά έργα πολλαπλής εισόδου: Διαγράμματα σε κάνναβο, με τουβλάκια Lego, ψηφιακά διαγράμματα.*

Η σύγχρονη διδασκαλία βοήθησε στη συνοικοδόμηση περιεχομένου, στην κοινή διαμόρφωση της πορείας του project. Στην ολομέλεια, οι μαθητές δημιούργησαν παρουσιάσεις σε έγγραφα Google, μια μικρότερη ομάδα τριών (3) μαθητών κατέγραφε το ημερολόγιο έργου. Οι δραστηριότητες των μαθητών επεκτάθηκαν σε ασύγχρονη εκπαίδευση με τη δημιουργία περιεχομένου στο Forum, συνοικοδόμηση σεναρίου σε Wiki, ανάληψη ρόλων και απόδοση φωνής στη χλωρίδα του ρέματος (Plotagon Studio) σε ένα παιχνίδι ρόλων μπαίνοντας οι μαθητές στη θέση του «άλλου», όπως φαίνεται στον σύνδεσμο https://www.youtube.com/watch?v=q8IAx3e8zN4 (Σχήμα 3).

Σχήμα 3: Μετατροπή σεναρίου δημιουργικής γραφής σε animation.

Οι μαθητικές ομάδες προβληματίστηκαν με το φυσικό περιβάλλον γύρω τους και δραστηριοποιήθηκαν βιωματικά. Ως ερευνητές, μέτρησαν με θερμόμετρα τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και του νερού, πειραματίστηκαν με το ph του νερού και εξήγαγαν αποτελέσματα όπως φαίνεται στον σύνδεσμο https://www.youtube.com/watch?v=bDBHuGd3bc0. Έκαναν προτάσεις βιώσιμης ανάπτυξης του ρέματος και διαμόρφωσαν μακέτα με τις προτάσεις τους στο πλαίσιο της αειφορίας, καθιστώντας τον χώρο προσβάσιμο σε όλους, προεκτείνοντας το σχολικό περιβάλλον και εντάσσοντας το φυσικό περιβάλλον σε αυτό. Στην προσπάθεια να κατανοήσουν οι μαθητές τους κώδικες προγραμματισμού και να αξιοποιήσουν επιπλέον την τεχνολογία διαμόρφωσαν κατασκευές με το Lego Education WeDo και τις προγραμμμάτισαν. Η κάθε ομάδα επέλεγε με ποια κατασκευή θα ασχοληθεί, την επεξεργαζόταν και την παρουσίαζε στις άλλες ομάδες. Η ενασχόληση συνέβαλε στην καλλιέργεια του ψηφιακού εγγραμματισμού. Ο προγραμματισμός του Lego Education WeDo με το Scratch οδήγησε στην ολοκλήρωση του στόχου, στη διαμόρφωση της μακέτας του σχολικού και φυσικού περιβάλλοντος με αυτοματισμούς ρομποτικής και με σεβασμό στο περιβάλλον (https://www.youtube.com/watch?v=5annIU3CYh0). Οι κατασκευές τοποθετήθηκαν σε κατάλληλα σημεία της μακέτας, ώστε να αποσαφηνιστεί και η σύνδεση με την πραγματικότητα (Σχήμα 4).

Σχήμα 4: *Αρχιτέκτονες και προγραμματιστές σε δράση.*

Σε αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο διερευνήθηκαν οι γνώσεις των μαθητών που αφορούσαν στον κοντινό περιβάλλοντα χώρο του σχολείου και στα εργαλεία έρευνας. Τα ερωτηματολόγια περιείχαν διχοτομικές ερωτήσεις, ερωτήσεις ανοιχτού τύπου και πολλαπλών επιλογών.

Από το αρχικό διερευνητικό ερωτηματολόγιο που συμπλήρωσαν όλοι οι μαθητές προέκυψαν τα εξής:

- 95,7% των μαθητών γνώριζαν τι είναι ρέμα,
- 100% ήξεραν ότι κοντά στο σχολείο τους υπήρχε ρέμα,
- Όλοι οι μαθητές κατέγραψαν λέξεις για το ρέμα (νερό, ποτάμι, βροχή, ποταμός, ροή).
- Κατέγραψαν φυτικούς οργανισμούς που πίστευαν πως ζούσαν στο ρέμα (νούφαρα, μαργαρίτες, δέντρα και χόρτα, τσουκνίδες, λουλούδια και νούφαρα, μικροί θάμνοι, φύκια, τριαντάφυλλα, καλαμιές).
- Κατέγραψαν ζωικούς οργανισμούς που πίστευαν πως κατοικούσαν στο ρέμα (κουνούπια, λιβελούλες, φίδια, ψάρια, έντομα, βάτραχοι, πουλιά, ψαράκια μικρά, σαύρες, πελεκάνος).
- Στο ερώτημα: «Ποιους τρόπους έρευνας γνωρίζεις», οι μαθητές απάντησαν με ποσοστά 73,9%/65,2%/13%/8,7%/4,3%, ερωτηματολόγιο /συνέντευξη /ημερολόγιο έργου /παρατήρηση /τίποτα από τα παραπάνω.
- 100% των μαθητών δήλωσαν τη χαρά τους για τη συμμετοχή στο project.

Στο τελικό ερωτηματολόγιο διερεύνησης των γνώσεων και απόψεων των μαθητών, μετά τη δράση, καταγράφηκαν τα εξής:

- 100% των μαθητών γνώριζαν τι είναι ρέμα,
- 100% ήξεραν πως κοντά στο σχολείο υπάρχει ρέμα,
- Όλοι οι μαθητές κατέγραψαν λέξεις για το ρέμα (νερό, φυτά, ζώα, φύση, φυσικό περιβάλλον, οικοσύστημα),
- Κατέγραψαν φυτικούς οργανισμούς που ζουν στο ρέμα (καλαμιές και πικροδάφνες, τσουκνίδες και χαμομήλι, όστρια και πλατάνια, ιτιές, ρετσινολαδιά, ανεμώνες),
- Κατέγραψαν ζωικούς οργανισμούς που ζουν στο ρέμα (βάτραχοι, σπουργίτια, υδρόβια αράχνη και γυρίνοι, πουλιά, σαλιγκάρια, λιβελούλες, παπαγάλοι, χελώνες, ψάρια, έντομα).

- Στο ερώτημα: «Ποιους τρόπους έρευνας γνωρίζεις», οι μαθητές απάντησαν με ποσοστά 94,7%/94,7%/63,2%/47,4%/0%, ερωτηματολόγιο /συνέντευξη /ημερολόγιο έργου /παρατήρηση /τίποτα από τα παραπάνω.
- 100% των μαθητών δήλωσαν τη χαρά της συμμετοχής στο project, καταγράφοντας «χαρά, ενθουσιασμό, ικανοποίηση, ενδιαφέρον».

Αξιολογήθηκε η επίτευξη των στόχων του project, που ήταν η εφαρμογή της μεθοδολογίας STEM, η απόκτηση γνώσεων μεθοδολογίας της έρευνας από τους μαθητές, οι προτάσεις βιώσιμης ανάπτυξης που έκαναν, η εμπλοκή τους με τη ρομποτική, αλλά και η συμμετοχή των μαθητών καθ' όλη τη διάρκεια του project. Επιπλέον, στο τελικό ερωτηματολόγιο παρατηρήθηκε καταγραφή μεγαλύτερης ποικιλίας λέξεων από τους μαθητές για το φυτικό και ζωικό περιβάλλον του ρέματος, και πιο ακριβείς, ως απόρροια της δραστηριοποίησής τους σε αυτό. Κατέγραψαν πιο γενικές έννοιες για την απόδοση της έννοιας του ρέματος, όπως «οικοσύστημα», όπου φαίνεται πως οι μαθητές κατανόησαν τους δεσμούς των στοιχείων του φυσικού περιβάλλοντος με το σύνολό του.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το περιβάλλον του Moodle ευνόησε την αλληλεπίδραση, τη συνεργασία και την επικοινωνία μεταξύ των μαθητών, την ανάρτηση των εργασιών τους, την ανατροφοδότηση από τον εκπαιδευτικό και τον σχολιασμό των αναρτήσεων στο Forum από τους μαθητές. Η προσέγγιση ήταν πολυαισθητηριακή (Gardner, 1995) και υποστηρίχτηκε η συνοικοδόμηση μέσω της αλληλεπίδρασης των μαθητών. Τα ερωτηματολόγια έδειξαν πως η προσέγγιση των προς διαπραγμάτευση εννοιών ήταν εφικτή με μεικτή μάθηση και η διαπραγμάτευση επετεύχθη με δημιουργικό τρόπο. Οι μαθητές αποκόμισαν γνώση και εμπειρία στη μεθοδολογία της ποιοτικής και ποσοτικής έρευνας, χαρά μέσω της δημιουργικότητας, της ρομποτικής, των ψηφιακών και βιωματικών δράσεων. Καλλιεργήθηκε η κριτική σκέψη των μαθητών μέσω της δραστηριοποίησης και της STEM μεθοδολογίας.

Η εργασία υποστηρίζει τις μελέτες που αφορούν στη χρήση των ψηφιακών εφαρμογών στις διάφορες βαθμίδες εκπαίδευσης και μπορούν να αξιοποιηθούν στη STEM μεθοδολογία με μεικτή μάθηση, συμβάλλοντας στη δημιουργία ευχάριστου, συνεργατικού κλίματος μεταξύ των μαθητών (Fragou et al., 2019; Arulselvi, 2017; Arulchelvan et al. , 2019; Zhou et al. 2012; Abdelmalak , 2015; Μοσκοφίδης, 2015; Guzmán et al., 2019; Pinto-Llorente et al., 2016).

Η γνώση κατακτήθηκε μέσω αλληλεπίδρασης στην ψηφιακή αίθουσα σύγχρονης διδασκαλίας Cisco WebEx, μέσω της συνεργατικής γραφής στο Forum και στα Google Docs, των ψηφιακών εφαρμογών, καθώς αξιοποιήθηκαν τα Coggle, Plotagon Studio, ερωτηματολόγια ως εργαλεία αρχικής και τελικής αξιολόγησης με απώτερο σκοπό όχι την αξιολόγηση των μαθητών από τον εκπαιδευτικό, μα την καλλιέργεια της μεταγνώσης των μαθητών. Οι μαθητές απέκτησαν και καλλιέργησαν δεξιότητες ψηφιακού εγγραμματισμού, μέσω της αξιοποίησης των πόρων του Moodle και των ψηφιακών εφαρμογών, δημιούργησαν οι ίδιοι υλικό, παρουσιάσεις, βίντεο, ρομποτικές κατασκευές, που διαμοίρασαν στην ψηφιακή αίθουσα, αποκόμισαν γνώση της μεθοδολογίας της έρευνας.

Προτείνεται περαιτέρω διερεύνηση των ερωτημάτων του άρθρου και διάθεση περισσότερου χρόνου για δραστηριοποίηση όλων των μαθητών με θέματα ρομποτικής, που λόγω της πανδημίας ήταν περιορισμένη. Επιπλέον, συστήνεται η δυνατότητα αξιοποίησης των ψηφιακών εφαρμογών στην αίθουσα διδασκαλίας με σύνδεση στο σχολικό δίκτυο και πρόσβαση σε αυτές από όλους μέσω του σχολικού εξοπλισμού.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Abdelmalak, M. M. M. (2015). Web 2.0 Technologies and Building Online Learning Communities: Students' Perspectives. *Online Learning*, *19*(2), n2. Ανάκτηση από: https://eric.ed.gov/?id=EJ1062942.

Arulchelvan, P., Veramuthu, P., Singh, P. & Yunus, M. (2019). iGen Digital Learners: Let's Collaborate via Coggle. *Creative Education*, 10, 178-189. doi: 10.4236/ce.2019.101014.

Arulselvi, E. (2017). Mind Maps in Classroom Teaching and Learning, *Excellence in Education Journal*, 6(2). Retrieved from: https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1210135.pdf.

Brandl, K. (2005). Review of are you ready to" Moodle"?. *Language Learning & Technology*, *9*(2), 16-23. Ανάκτηση από: https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/48afe624-61eb-4d07-a1cb-bc938676ae4f/content

Brundiers, K., Barth, M., Cebrián, G., Cohen, M., Diaz, L., Doucette-Remington, S., Dripps, W., Habron, G., Harré, N., Jarchow, M., Losch, K., Michel, J., Mochizuki, Y., Rieckmann, M., Parnell, R., Walker, P., & Zint, M. (2021). Key competencies in sustainability in higher education—toward an agreed-upon reference framework. *Sustainability Science*, *16*(1), 13-29, 2020. https://doi.org/10.1007/s11625-020-00838-2

Basogain, X., Olabe, M. Á., Olabe, J. C., & Rico, M. J. (2018). Computational Thinking in pre-university Blended Learning classrooms. *Computers in Human Behavior*, *80*, 412–419. doi.org/10.1016/j.chb.2017.04.058

ΔΕΠΠΣ (2003). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών*. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. Ανάκτηση από :http://www.pi-schools.gr/programs/depps.

Daniels, H. (Ed.) (2005). *An introduction to Vygotsky:* Psychology Press.

Fragou, O., Goumopoulos, C., & Tsompanos, C. (2019). STEM Oriented Online Platforms Embracing the Community of Practice Model: A Comparative Study and Design Guidelines. *Journal of Universal Computer Science*, *25*(12), 1554-1588. Ανάκτηση από: http://jucs.org/jucs_25_12/stem_oriented_online_platforms/jucs_25_12_1554_1588_fragou.pdf.

Gardner, H. (1995). Reflections on Multiple Intelligences: Myths and Messages. *Phi Delta Kappan, 77*, 200-209. Ανάκτηση από: http://www.jstor.org/stable/20405529.

Guzmán, G., Derly, Y., Moreno, C. & Johana, A. (2019). The Use of Plotagon to Enhance the English Writing Skill in Secondary School Students, PROFILE: Issues in Teachers' Professional Development, 21(1), 139-153, 2019. Ανάκτηση από: https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1203170.pdf.

Hwang, J., Taylor, J. (2016). Stemming on STEM: A STEM Education Framework for Students with Disabilities. *Journal of Science Education for Students with Disabilities,* Vol. 19, Iss. 1. Ανάκτηση από: https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1169381.pdf.

Jonassen, David H. (1998). Computers as mindtools for engaging learners in critical thinking. *TechTrends,* 43(2), 24-32. Ανάκτηση από: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.485.7583&rep=rep1&type=pdf.

Komis, V., & Misirli, A. (2016). The environments of educational robotics in Early Childhood Education: towards a didactical analysis. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair* 3(2), p. 238-246. Ανάκτηση από: http://academia.lis.upatras.gr/index.php/ejupUNESCOchair/article/view/2751/3017.

Makarova, E. A., & Makarova, E. L. (2018). Blending pedagogy and digital technology to transform educational environment. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education (IJCRSEE)*, *6*(2), 57-66. doi:10.5937/ijcrsee1802057M

McDonald, J. (2006). *Blended Learning and online tutoring, a good practice guide:* Gower.

Μοσκοφίδης, Α. (2015). Διδασκαλία γραφημάτων στο Δημοτικό σχολείο με χρήση Google Doc. Ανάκτηση από: http://synedrio.pekap.gr/praktika/9o/scenarios/E038-moskofidis-5.pdf.

Mpungose, C.B. (2020). Beyond limits: Lecturers' reflections on Moodle uptake in South African universities. *Educ Inf Technol* 25, 5033–5052. https://doi.org/10.1007/s10639-020-10190-8

Νικολός, Δ. (2018). Εισαγωγή στον προγραμματισμό του Lego WeDo 2.0 με το Scratch 3.0. Διεύθυνση Επιμόρφωσης & Πιστοποίησης: *Εκπαιδευτικά Σενάρια από το Υλικό της Εκπαίδευσης Επιμορφωτών Β' επιπέδου ΤΠΕ*. Ανάκτηση από: https://e-pimorfosi.cti.gr/yliko-epimorfosis/ypodeigmatika-ekpaideftika-senaria/42-protovathmia/410-lego

Pinto-Llorente, A. M., Casillas-Martín, S., Cabezas-Martín, M., & García-Peñalvo, F. J. (2016). Developing Computational Thinking via the Visual Programming Tool: Lego Education WeDo. In F. J. García-Peñalvo (Ed.), *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (TEEM'16), Salamanca, Spain, November 2-4 (pp. 45-50). New York, NY, USA: ACM, 2016. doi: 10.1145/3012430.3012495

ΠΣ (2021). *Προγράμματα Σπουδών*. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. Ανάκτηση από: http://iep.edu.gr/el/nea-programmata-spoudon-arxiki-selida.

Veselovská, M., Kubincová, Z., Mayerová, K. (2020). Comparison of LEGO WeDo 2.0 Robotic Models in Two Different Grades of Elementary School. In: Merdan, M., Lepuschitz, W., Koppensteiner, G., Balogh, R., Obdržálek, D. (eds*) Robotics in Education*. *RiE* 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1023. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26945-6_6

Wiek A, Withycombe L, Redman CL. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability Science* 6(2), 203–218.

https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6.
Wu, P. -J., Chiu, F. -Y., Mayerová, K. and Kubincová, Z. (2018). Educational Robotics at Primary School: Comparison of Two Research Studies*, 17th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET),* pp. 1-5*,* doi: 10.1109/ITHET.2018.8424621.
Zhou, W., Simpson, E. Domizi, D. P. (2012). Google Docs in an Out-of-Class Collaborative Writing Activity. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education, 24*(3), 359-375. Ανάκτηση από: https://eric.ed.gov/?id=EJ1000688.

Γνώσεις, απόψεις και παρανοήσεις μαθητών Γυμνασιου και Λυκείου σε θέματα Τεχνητής Νοημοσύνης

Κεχαγιάς Κωνσταντίνος[1], Ενέ Χριστίνα-Ντιάνα[2], Κασδερίδης Ευστάθιος[3], Πασχάλης Αλέξανδρος[4], Μισσελής Μιχαήλ[5], Μουμτζιδέλλης Φίλιππος[6], Κεχαγιάς Ραφαήλ-Δημήτριος[7]

kkecha@hotmail.com, christinaene@hotmail.com, kas@novocaptis.com, alexpasxalis@yahoo.gr, mmisselis@gmail.com, philipm124@live.com, radi.kechagias@gmail.com

[1]Διευθυντής, 1ο Εργαστηριακό Κέντρο Έδεσσας

[2]Διευθύντρια, 1ο Γενικό Λύκειο Έδεσσας

[3]Διαχειριστής, Novocaptis

[4]Δάσκαλος Δ.Σ. Φηρών – Αντιδήμαρχος Προγραμματισμού Δ. Έδεσσας

[5]Υπεύθυνος Τομέα Πληροφορικής και Οικονομίας, 1ο Εργαστηριακό Κέντρο Έδεσσας

[6]Φοιτητής Τμήματος Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

[7]Φοιτητής Τμήματος Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος του παρόντος άρθρου είναι να τεκμηριώσει την ανάγκη διεξαγωγής έρευνας καταγραφής των γνώσεων, απόψεων και παρανοήσεων των μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης σε σχέση με την Τεχνητή Νοημοσύνη (ΤΝ), να αναπτύξει ερωτηματολόγιο αυτοαναφοράς για τη διεξαγωγή τέτοιας έρευνας και να παρουσιάσει τα κύρια ευρήματα έρευνας που διενεργήθηκε με αυτό.

Το κύριο εύρημα είναι ότι, οι μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης που πήραν μέρος στην έρευνα, στη συντριπτική τους πλειοψηφία, δεν γνωρίζουν τα κοινωνικά, οικονομικά, τεχνικά και ηθικά θέματα που τίθενται από την εξάπλωση της χρήσης της ΤΝ. Δεδομένου του καταλυτικού ρόλου που αναμένεται η ΤΝ να παίξει σε όλες τις κοινωνικές και οικονομικές πτυχές, καταδεικνύεται η αναγκαιότητα ανάπτυξης παιδαγωγικών προσεγγίσεων και εισαγωγής σχετικών θεμάτων στην Βασική Εκπαίδευση, όσο το δυνατόν συντομότερα.

Όσο γνωρίζουμε, δεν έχει δημοσιευτεί αντίστοιχη έρευνα στην διεθνή βιβλιογραφία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ*: Τεχνητή Νοημοσύνη, Ερωτηματολόγιο, Έρευνα, Βασική Εκπαίδευση*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο Τεχνητή Νοημοσύνη (ΤΝ) αναφερόμαστε σε ένα σύνολο ετερογενών τεχνολογιών και εφαρμογών, οι οποίες έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην οικονομία, τις κοινωνικές δομές και θέτουν καινοφανή θέματα ηθικής και δεοντολογίας, τάσεις που αναμένεται να ενταθούν στο μέλλον. Συχνά η ΤΝ χαρακτηρίζεται ως "ο νέος ηλεκτρισμός", (*Andrew Ng*, n.d.).

Οι μαθητές της Βασικής Εκπαίδευσης και αυριανοί πολίτες χρησιμοποιούν ήδη συστήματα ΤΝ, (*Our Children Are Growing up with AI*, n.d.), πιθανόν χωρίς να το γνωρίζουν και χωρίς να αναπτύσσουν κριτική στάση σχετικά με τις επιπτώσεις τους.

Θέματα σχετικά με την ΤΝ απουσιάζουν παντελώς από τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, τόσο στην Ελλάδα, όσο και στις περισσότερες χώρες του κόσμου, σε αντίθεση με τις σχετικές διακηρύξεις από σχεδόν όλους τους διεθνείς οργανισμούς, π.χ. UNESCO, (*K-12 AI Curricula: A Mapping of Government-Endorsed AI Curricula - UNESCO Digital Library*, n.d.; Miao et al., 2021), UNICEF, (*AI for Children*, n.d.), ΟΟΣΑ, (Taguma et al., 2018). Η αναγκαιότητα απόκτησης δεξιοτήτων σχετικά με την ΤΝ από τον γενικό πληθυσμό αναφέρεται και στο Πλαίσιο Ψηφιακών Δεξιοτήτων για του Πολίτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (DigComp), (Vuorikari et al., 2022), όπως επίσης και στο Στρατηγικό Σχέδιο Ανάπτυξης της ΤΝ στην Ελλάδα, (*Democratising AI*, n.d.).

Αν και οι προσπάθειες για την ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών για την ΤΝ στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση είναι σχετικά λίγες, οι μαθητές, πιθανόν, αποκτούν σχετικές γνώσεις, εμπειρίες και αναπτύσσουν παρανοήσεις μέσω άτυπης εκπαίδευσης, που μπορεί να προκύπτει από την καθημερινή αλληλεπίδραση με συστήματα ΤΝ, συμμετοχή σε κοινότητες και μελέτη στο πλαίσιο προσωπικών ενδιαφερόντων.

Αυτές οι γνώσεις, εμπειρίες και παρανοήσεις πρέπει να ληφθούν υπ' όψη και να χρησιμοποιηθούν ως αφετηρία στην ανάπτυξη μελλοντικών προγραμμάτων σπουδών. Όσο όμως

γνωρίζουμε, στην παγκόσμια βιβλιογραφία δεν αναφέρονται προσπάθειες, μέθοδοι και εργαλεία που στοχεύουν στη διερεύνηση αυτών των θεμάτων σε μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

Στο άρθρο αυτό αρχικά αναλύουμε τη δομή και το περιεχόμενο ενός ερωτηματολογίου που αναπτύχθηκε για τη διερεύνηση των θεμάτων που προαναφέρθηκαν. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τα σημαντικότερα ευρήματα έρευνας που έγινε με τη χρήση του.

Η επόμενη ενότητα ασχολείται με τα θέματα που τίθενται από την ανάπτυξη της ΤΝ και στοχεύει στο να παρουσιάσει το υπόβαθρο της εργασίας στον αναγνώστη που ασχολείται πρώτη φορά με το θέμα. Στη συνέχεια, αναλύεται ο ρόλος της εκπαίδευσης για την ΤΝ, παρουσιάζονται υπάρχοντα Μαθησιακά Πλαίσια, αναλύεται η δομή και το περιεχόμενο του ερωτηματολογίου και παρουσιάζονται τα σημαντικότερα ευρήματα έρευνας που διεξήχθη με αυτό.

ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ

Δεν υπάρχει γενικά αποδεκτός ορισμός της ΤΝ. Αυτός που θεωρούμε ότι αποδίδει καλύτερα την παρούσα πραγματικότητα είναι: ”Οι εξελίξεις, που επί του παρόντος ονομάζουμε ΤΝ, αναπτύχθηκαν σε εφαρμοσμένους (engineering) τομείς που σχετίζονται με χαμηλού επιπέδου αναγνώριση προτύπων και ελέγχου της κίνησης, όπως επίσης και στον τομέα της στατιστικής. Εστιάζουν στην ανακάλυψη κανονικοτήτων σε δεδομένα (data), στις οποίες μπορούν να βασιστούν προβλέψεις, έλεγχοι υποθέσεων και αποφάσεις.”, (Jordan, 2019).

Μια από τις πλέον διαδεδομένες εφαρμογές της ΤΝ είναι η αναγνώριση προσώπου (facial recognition). Στο πλέον κοινό σενάριο, βάση της φωτογραφίας ενός προσώπου προσδιορίζεται, αυτοματοποιημένα, η ταυτότητα του ατόμου που απεικονίζεται, ή άλλα στοιχεία όπως δημογραφικά (π.χ. φύλο, φυλή, ηλικία), συναισθηματική κατάσταση κλπ. Οι “θεμιτές” εφαρμογές της τεχνολογίας περιλαμβάνουν εφαρμογές ασφάλειας, π.χ. το ξεκλείδωμα κινητών συσκευών, την ταυτοποίηση προσώπων στα σύνορα χωρών, ελέγχου πρόσβασης σε χώρους, όπως επίσης την υποβοήθηση των ερευνών σε περιπτώσεις εγκληματικών ενεργειών και τον εντοπισμό αγνοουμένων, π.χ. παιδιών που έχουν απαχθεί και πωλούνται για σεξ μέσω διαδικτυακών διαφημίσεων, (Simonite, n.d.). Οι ίδιες τεχνολογίες, όμως, παρέχουν την δυνατότητα διευρυμένης παρακολούθησης δημοσίων χώρων ή δραστηριοτήτων, όπως δρόμων, πάρκων, διαδηλώσεων κλπ, κάτι που θέτει θέματα πιθανής καταπάτησης αρκετών ανθρώπινων δικαιωμάτων, όπως το δικαίωμα στην ιδιωτικότητα (privacy), συμμετοχής στα κοινά, ελεύθερης έκφρασης και καταπίεσης επιλεγμένου μέρους του πληθυσμού, π.χ. μειονοτήτων. Επιπλέον, σημαντικά θέματα ασφάλειας και παρενόχλησης (stalking) τίθενται στην περίπτωση που η ταυτότητα ενός ατόμου μπορεί να εξαχθεί από μια τυχαία φωτογραφία, που μπορεί να ληφθεί σε δημόσιο χώρο, πιθανόν χωρίς να το αντιληφθεί.

Τα συστήματα προτεινόμενου περιεχομένου (recommendation systems) είναι μια σημαντική εφαρμογή της ΤΝ στα κοινωνικά μέσα (Social Media), τις μηχανές αναζήτησης, διαδικτυακές αγορές (online shopping) και αλλού. Προτείνουν στον χρήστη τις δημοσιεύσεις/άρθρα/προϊόντα, που θεωρούν ότι πρέπει να δει/μελετήσει. Η επιλογή γίνεται με βάση τα προηγούμενα ενδιαφέροντα του χρήστη. Βασική επιδίωξη αυτών των συστημάτων είναι να μεγιστοποιήσουν του χρόνο που ο χρήστης παραμένει συνδεδεμένος, αφού τα έσοδα των κοινωνικών δικτύων και μηχανών αναζήτησης προέρχονται από διαφημίσεις, οπότε μεγαλύτερος χρόνος παραμονής συνεπάγεται εμφάνιση μεγαλύτερου αριθμού διαφημίσεων. Αντίστοιχα, στη περίπτωση των διαδικτυακών αγορών, μεγαλύτερη παραμονή στο κατάστημα σημαίνει μεγαλύτερη πιθανότητα αγοράς. Η δυνατότητα ελέγχου του περιεχομένου που προτείνεται, κατ’ επέκταση αυτού που πιθανότατα θα μελετήσει ο χρήστης, θέτει σημαντικά θέματα ελέγχου της πληροφόρησης που λαμβάνει, προώθησης παραπληροφόρησης, ακραίων, επικίνδυνων απόψεων και βίαιου περιεχομένου. Υπάρχουν, π.χ., αναφορές για ανάμειξη των κοινωνικών δικτύων στις εκλογές των Ηνωμένων Πολιτειών, (“Facebook and Twitter Grilled over US Election Actions,” 2020; Lind, 2014). Τα θέματα που τίθενται είναι οξυμένα όταν οι χρήστες ανήκουν σε ευάλωτες ομάδες, όπως παιδιά και έφηβοι.

Η δυνατότητα προώθησης της παραπληροφόρησης ενισχύεται και από άλλες τεχνολογίες που βασίζονται στην ΤΝ, όπως τα ψευδή video (deep fakes), στα οποία μπορεί οποιοσδήποτε να εμφανιστεί σε σκηνή με την οποία δεν έχει καμιά σχέση, π.χ. σε σκηνή πορνό, να φανεί ότι υποστηρίζει απόψεις ή να παρουσιάζεται ότι συμμετέχει σε δράσεις, που μπορεί να τον/την βλάψουν, (π.χ. Channel 4, 2020).

Τα προαναφερόμενα θέματα δεν είναι τα μόνα που τίθενται, αλλά ένα μέρος από τα πλέον σημαντικά. Μπορούμε, επιπλέον, να αναφέρουμε τη νομιμοποίηση να παίρνουν οι μηχανές αποφάσεις

που σχετίζονται με την ανθρώπινη ζωή (π.χ. στα αυτόνομα όπλα), κοινωνικές προκαταλήψεις και διακρίσεις που -πιθανόν- τα συστήματα ΤΝ αναπαράγουν, καταλυτικές επιδράσεις σε όλους σχεδόν τους οικονομικούς τομείς και επαγγέλματα και αλλά πολλά, που δεν έχουμε χώρο να αναλύσουμε εδώ.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Στα πλαίσια της Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης ο τομέας της ΤΝ έχει μεγάλη ανάπτυξη, με εκατοντάδες προπτυχιακά και μεταπτυχιακά προγράμματα, αφού υπάρχει έλλειψη ειδικών, υψηλές αμοιβές και πολλές επιχειρηματικές ευκαιρίες.

Δε συμβαίνει το ίδιο, όμως, στα πλαίσια της Βασικής (Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας) Εκπαίδευσης, όπου οι απόπειρες συστηματικής προσέγγισης του θέματος είναι λίγες. Οι σημερινοί μαθητές είναι οι μελλοντικοί πολίτες, που θα κληθούν να ζήσουν σε μια κοινωνία στην οποία η ΤΝ αναμένεται να έχει δεσπόζουσα θέση. Η εκπαίδευση για την ΤΝ στη Βασική Εκπαίδευση πρέπει να προετοιμάσει τους μελλοντικούς πολίτες σε δύο κατευθύνσεις:

Την τεχνική και οικονομική. Η ΤΝ αναμένεται να είναι ένας από τους κύριους οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες ανάπτυξης των μελλοντικών κοινωνιών, που θα επηρεάσει όλα σχεδόν τα επαγγέλματα. Η Βασική Εκπαίδευση πρέπει να προετοιμάσει τους σημερινούς μαθητές, τόσο ώστε να μπορούν να ανταποκριθούν σε επαγγελματικό επίπεδο, όπως επίσης και να δημιουργήσει κίνητρα σε τεχνικό επίπεδο, ώστε να υπάρξει επαρκής αριθμός μηχανικών και επιστημόνων στο πεδίο.

Εκπαίδευση του πολίτη (civil education). Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η ΤΝ θέτει καινοφανή και καίρια ηθικά, κοινωνικά και οικονομικά θέματα. Μια δημοκρατική κοινωνία, για να συζητήσει τα θέματα αυτά και να αναπτύξει ρυθμιστικούς μηχανισμούς απαιτεί ενημερωμένους και ενεργούς πολίτες, των οποίων η ευαισθητοποίηση πρέπει να ξεκινά από τη Βασική Εκπαίδευση.

ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Σε αυτή την ενότητα αναφερόμαστε στα Μαθησιακά Πλαίσια που έχουν αναπτυχθεί για την διδασκαλία θεμάτων της ΤΝ στη Βασική Εκπαίδευση. Οι άξονες όλων των Μαθησιακών Πλαισίων είναι τρεις (Polak et al., 2022):

1. Βασικές αρχές της ΤΝ.
2. Αναμενόμενη επίδραση στα επαγγέλματα και την οικονομία.
3. Ηθικά και κοινωνικά ζητήματα.

Διαφοροποιούνται μεταξύ τους στο πώς αναλύουν και δομούν αυτούς τους άξονες, ώστε να τους συσχετίσουν με επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα και να καθοδηγήσουν την ανάπτυξη εκπαιδευτικού περιεχομένου, καθώς και στην έμφαση που δίνουν στα διάφορα θέματα.

Ένα από τα πλέον διαδεδομένα πλαίσια αναφέρεται σε πέντε (5) σημαντικές ιδέες (big ideas), που οι δημιουργοί του θεωρούν σημαντικό να γνωρίζουν οι μαθητές της Βασικής Εκπαίδευσης, (Touretzky et al., 2019). Η άποψη μας είναι ότι αυτό το Πλαίσιο είναι αρκετά τεχνικό και δεν συμβαδίζει με τη δομή και τη στοχοθεσία της Ελληνικής Βασικής Εκπαίδευσης.

Μια δεύτερη προσέγγιση, η πλέον αναλυτική επί του παρόντος, είναι αυτή του γραμματισμού για τη ΤΝ (AI literacy), που προσεγγίζει τις ανάγκες των μαθητών από χρηστική και λειτουργική σκοπιά, (Long & Magerko, 2020). Από την ανάλυση των παραπάνω θεμάτων προκύπτουν 17 δεξιότητες (Competences) που απαιτείται να αποκτήσουν οι μαθητές, καθώς και 14 οδηγίες σχετικές με τη στοχοθεσία και την οργάνωση του μαθησιακού υλικού.

Η Lao, (Lao, 2020), ανέπτυξε ένα Μαθησιακό Πλαίσιο που βασίζεται στην δομή Γνώσεις/Δεξιότητες/Στάσεις (Knowledge/Skills/Attitudes), που πρέπει να αναπτύξουν οι μαθητές. Εφόσον στόχος του ερωτηματολογίου που αναπτύχθηκε είναι να καταγράψει τις γνώσεις, δεξιότητες και στάσεις των μαθητών σχετικά με θέματα που θέτει η ΤΝ, η δομή του πλαισίου αυτού είναι βολική, ως αφετηρία.

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Παρακάτω δίνεται η δομή και το περιεχόμενο του ερωτηματολογίου:

1. Δημογραφικά Στοιχεία
    a. Ηλικία (Αριθμός)
    b. Φύλο (Αγόρι / Κορίτσι)
    c. Σχολείο (Γυμνάσιο / Γενικό Λύκειο / ΕΠΑΛ)
    d. Τάξη (Α / Β / Γ)

e. Τοποθεσία (Κείμενο)
f. Πόσες ώρες την ημέρα ασχολείσαι στο Internet; (0-2 / 2-4 / 4-6 / 6-8 / 8+)

2. Χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης
   a. Πιστεύεις ότι χρησιμοποιείς συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης στην καθημερινή σου ζωή; (Ναι / Όχι)
   b. Πιστεύεις ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη χρησιμοποιείται...: (Δε γνωρίζω / Ναι / Όχι)
      i. Στα Κοινωνικά Μέσα (Social Media), π.χ. Instagram, Facebook κλπ.
      ii. Στους υπολογιστές τσέπης, που χρησιμοποιούνται για αριθμητικές πράξεις.
      iii. Για την κατασκευή ψευδών ειδήσεων.
      iv. Στην τέχνη, π.χ. ζωγραφική, μουσική κλπ.
      v. Στις μηχανές αναζήτησης.
      vi. Στα ηλεκτρονικά παιχνίδια.
      vii. Για να βγάλεις φωτογραφίες.
      viii. Στην ιατρική.
      ix. Για να συνδεθείς στο Internet.
   c. Παρακαλούμε ανέφερε παραδείγματα συστημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης που χρησιμοποιείς. Αν δε γνωρίζεις γράψε "Δεν Γνωρίζω". (Κείμενο)
   d. Πιστεύεις ότι υπάρχουν Influencers στο Instagram που στη πραγματικότητα είναι συστήματα τεχνητής νοημοσύνης; (Δε γνωρίζω / Ναι / Όχι)
   e. Πόσο το σινεμά δίνει ρεαλιστική άποψη της Τεχνητής Νοημοσύνης; (Δε γνωρίζω / Καθόλου / Λίγο / Αρκετά / Πολύ)

3. Μέθοδοι της Τεχνητής Νοημοσύνης (Δε γνωρίζω / Καθόλου / Λίγο / Αρκετά / Πολύ)
   a. Πόσο γνωρίζεις πώς λειτουργεί ένα σύστημα Τεχνητής Νοημοσύνης;
   b. Πόσο η λειτουργία ενός συστήματος Τεχνητής Νοημοσύνης μοιάζει με τη λειτουργία του εγκεφάλου;
   c. Πόσο σημαντικά είναι τα δεδομένα (data) για να φτιαχτεί ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης;

4. Κοινωνικός Αντίκτυπος της Τεχνητής Νοημοσύνης (Δε γνωρίζω / Καθόλου / Λίγο / Αρκετά / Πολύ)
   a. Πόσο μπορείς να αντιληφθείς αν αλληλεπιδράς με πρόγραμμα Τεχνητής Νοημοσύνης ή με άνθρωπο, όταν βρίσκεσαι στο Internet;
   b. Πόσο σημασία έχει να γνωρίζεις αν αλληλεπιδράς με άνθρωπο ή σύστημα τεχνητής νοημοσύνης, όταν βρίσκεσαι στο Internet;
   c. Πιστεύεις ότι τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης αναπαράγουν κοινωνικές διακρίσεις σε σχέση με...:
      i. το φύλλο
      ii. την εθνικότητα
      iii. τον σεξουαλικό προσανατολισμό
      iv. το χρώμα
   d. Πόσο πιστεύεις ότι...:
      i. η Τεχνητή Νοημοσύνη κάνει καλό στην κοινωνία;
      ii. η Τεχνητή Νοημοσύνη κάνει κακό στην κοινωνία;
      iii. η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να βοηθήσει τους γονείς σου στο επάγγελμα τους;
      iv. το επάγγελμα των γονιών σου μπορεί να απειληθεί από την Τεχνητή Νοημοσύνη;
      v. το δικό σου επάγγελμα, στο μέλλον, θα σχετίζεται ή θα χρησιμοποιεί Τεχνητή Νοημοσύνη;
      vi. στο μέλλον θα χρησιμοποιείς συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης στην καθημερινή σου ζωή, πέρα από το επάγγελμα σου;
      vii. συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επηρεάσουν τις απόψεις ενός ανθρώπου για κάποιο θέμα;

5. Ενδιαφέρον και ικανότητες σε σχέση με την Τεχνητή Νοημοσύνη
   a. Πόσο ικανός/η αισθάνεσαι να: (Καθόλου / Λίγο / Αρκετά / Πολύ)
      i. Συζητήσεις με τον φίλο/η σου για θέματα Τεχνητής Νοημοσύνης;

ii. Παρακολουθήσεις ένα ντοκιμαντέρ ή να δεις ένα video σχετικό με τα επιτεύγματα της τεχνητής νοημοσύνης;
iii. Διαβάσεις ένα άρθρο σχετικά με τα επιτεύγματα της τεχνητής νοημοσύνης;
iv. Παρακολουθήσεις ένα ντοκιμαντέρ ή να δεις ένα video σχετικό με τον τρόπο λειτουργίας της τεχνητής νοημοσύνης;
v. Διαβάσεις ένα άρθρο σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας της τεχνητής νοημοσύνης;
vi. Να εκφράσεις άποψη για κάποιο θέμα ή χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης;

b. Πόσο ικανός/η αισθάνεσαι να ασχοληθείς με θέματα τεχνητής νοημοσύνης, συνολικά; (Καθόλου / Λίγο / Αρκετά / Πολύ)

6. Εκπαίδευση για την Τεχνητή Νοημοσύνη
   a. Θα σε ενδιέφερε να μάθεις περισσότερα για την Τεχνητή Νοημοσύνη; (Ναι / Όχι)
   b. Πόσο σημαντική θεωρείς την εκπαίδευση σε Θέματα Τεχνητής νοημοσύνης; (Καθόλου / Λίγο / Αρκετά / Πολύ)
   c. Πόσο σε προετοιμάζει το σχολείο σε θέματα Τεχνητής Νοημοσύνης; (Δε γνωρίζω / Καθόλου / Λίγο / Αρκετά / Πολύ)

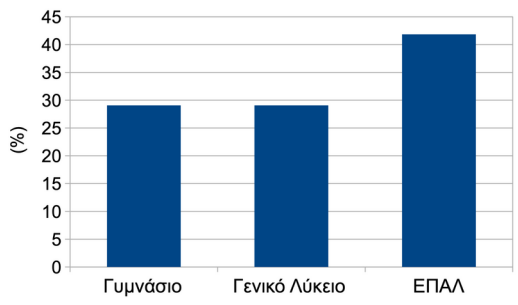
Στο τέλος της κάθε άξονα, σε παρένθεση, φαίνονται οι δυνατές απαντήσεις. Στην περίπτωση που οι απαντήσεις εμφανίζονται σε ερώτηση με υποερωτήματα, τότε οι ίδιες απαντήσεις ισχύουν για όλα τα υποερωτήματα.

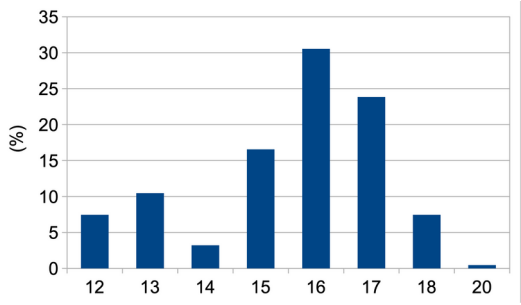
Το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει έξη (6) βασικές ενότητες, οι περισσότερες από τις οποίες αναλύονται σε υποενότητες:

1. **Δημογραφικά στοιχεία.** Σκοπός της ενότητας αυτής είναι να συλλεχθούν στοιχεία, ώστε κατά την επεξεργασία των απαντήσεων να μπορούν να εντοπιστούν πιθανές συσχετίσεις.
2. **Χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης.** Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει ερωτήσεις που σχετίζονται με την αναγνώριση συστημάτων ΤΝ στην καθημερινότητα, θέμα που θεωρείται σημαντικό στην προσέγγιση της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ανάπτυξη Αξιόπιστης (Trustworthy) ΤΝ.
3. **Μέθοδοι της Τεχνητής Νοημοσύνης.** Η ενότητα αυτή έχει τεχνικό προσανατολισμό, εκτός από την ερώτηση 3.b., που εξετάζει κατά πόσο οι μαθητές αντιλαμβάνονται την ΤΝ ανθρωπομορφικά, πράγμα που, αν συμβαίνει, αποτελεί σημαντική παρανόηση.
4. **Κοινωνικός Αντίκτυπος της Τεχνητής Νοημοσύνης.** Η θεματολογία των ερωτήσεων 4.a., και 4.b. θεωρούνται σημαντικές στο Ευρωπαϊκό Πλαίσιο. Η ερώτηση 4.d., περιλαμβάνει υποερωτήματα που σχετίζονται με τη γενική εκτίμηση της επίδρασης της ΤΝ στην κοινωνία, τις οικονομικές και επαγγελματικές επιπτώσεις της, τόσο στο παρόν όσο και στο μεσοπρόθεσμο μέλλον.
5. **Ενδιαφέρον και ικανότητες σε σχέση με την Τεχνητή Νοημοσύνη.** Η ενότητα αυτή εξετάζει πόσο οι μαθητές θεωρούν τους εαυτούς τους ικανούς να ασχοληθούν με θέματα ΤΝ. Η ερώτηση 5.a. περιλαμβάνει υποερωτήματα που αναμένεται να είναι συσχετισμένα μεταξύ τους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό μαθητών που δίνουν τυχαίες απαντήσεις.
6. **Εκπαίδευση για την Τεχνητή Νοημοσύνη.** Σκοπός της ενότητας αυτής είναι να διερευνήσει αν οι μαθητές θεωρούν ότι τα θέματα της ΤΝ διδάσκονται επαρκώς στο Σχολείο, όπως και την επιθυμία τους να ασχοληθούν περαιτέρω με αυτόν τον κλάδο.

ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Το ερωτηματολόγιο δόθηκε για συμπλήρωση μέσω φόρμας Google σε μαθητές των 1ο ΕΠΑΛ/ΕΚ Έδεσσας, 1ου ΓΕΛ Έδεσσας και 4ου Γυμνάσιου Γιαννιτσών. Η συμπλήρωση της φόρμας έγινε κατά τη διάρκεια μαθήματος Πληροφορικής, στα αντίστοιχα εργαστήρια, με την επίβλεψη των εκπαιδευτικών την άνοιξη του 2022. Δεν δόθηκε καμιά διευκρίνηση ή υπήρξε προηγούμενη ενημέρωση σε σχέση με θέματα ΤΝ. Οι μαθητές προέρχονταν τόσο από τις πόλεις της Έδεσσας και Γιαννιτσών, όσο και από χωριά των περιοχών.





Στο Σχήμα 1 δίνονται τα ποσοστά των μαθητών που συμμετείχαν, ανά τύπο Σχολείου και στο Σχήμα 2 η κατανομή των ηλικιών τους. Συνολικά συλλέξαμε 298 απαντήσεις, εκ των οποίων περίπου το 42% από μαθητές του ΕΠΑΛ/ΕΚ, 29% από μαθητές ΓΕΛ και 29% από μαθητές Γυμνασίου. Ο μέσος όρος των ηλικιών είναι 15.3 ετών, με εύρος από 12 μέχρι και 18 ετών, ενώ υπήρχε και ένας/μία που δήλωσε 20. Από αυτούς 52.1% ήταν αγόρια και 47.9% κορίτσια.

Το εύρος των ηλικιών είναι μεγάλο και πιθανόν να υπάρχουν διαφοροποιήσεις σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες. Γι αυτόν τον λόγο παρακάτω παρουσιάζουμε και διερευνούμε τα ευρήματα ξεχωριστά για τους μαθητές διαφορετικών βαθμίδων Εκπαίδευσης, των Γυμνασίων και των Λυκείων, κατηγορία που περιλαμβάνει τόσο τα Γενικά Λύκεια όσο και τα ΕΠΑΛ.

Το δείγμα δεν είναι απόλυτα αντιπροσωπευτικό όλων των μαθητών της Ελληνικής επικράτειας, γιατί προέρχεται από μια συγκεκριμένη περιοχή της χώρας, θεωρούμε ωστόσο ότι είναι επαρκές για να δώσει προκαταρκτικά αποτελέσματα αφού οι μαθητές προέρχονται τόσο από αστικό περιβάλλον (μεσαία πόλη, πρωτεύουσα νομού) όσο και από αγροτικές, παραμεθόριες περιοχές.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στόχοι της παρούσας έρευνας είναι:

1. Διερεύνηση των γνώσεων, απόψεων και παρανοήσεων των μαθητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με θέματα ΤΝ.
2. Εκτίμηση διαφορών ανάμεσα στις βαθμίδες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Γυμνάσιο και Λύκειο (κατηγορία που περιλαμβάνει Γενικό Λύκειο και ΕΠΑΛ).

Ο πρώτος στόχος προσεγγίζεται με την μελέτη των κατανομών των απαντήσεων μέσω περιγραφικής (descriptive) στατιστικής.

Για να αναλυθεί η μεθοδολογία προσέγγισης του δεύτερου στόχου απαιτείται αρχικά να αναφερθούμε στα χαρακτηριστικά των κλιμάκων των απαντήσεων. Σε όλες τις ερωτήσεις που παρουσιάζονται σε αυτή την εργασία περιλαμβάνεται η επιλογή “Δεν Γνωρίζω”. Η επιλογή αυτή συμπεριλήφθηκε γιατί θεωρήσαμε ότι πρέπει να δοθεί η δυνατότητα στους μαθητές να εκφράσουν την πιθανή άγνοια τους, αντί να εξαναγκαστούν σε επιλογή, που σε περίπτωση άγνοιας μπορεί να είναι τυχαία. Η συμπερίληψη, όμως, αυτής της επιλογής διαταράσσει τη πιθανή διάταξη των υπόλοιπων επιλογών και μετατρέπει την κλίμακα σε κατηγορική (nominal), επιβάλλοντας τη χρήση αντίστοιχων μεθόδων.

Η ερευνητική ερώτηση της ύπαρξης διαφορών στις διαφορετικές βαθμίδες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, μπορεί να διατυπωθεί ως έλεγχος υποθέσεων μεταξύ της μηδενικής (null)

Η0: Η κατανομή των απαντήσεων είναι ανεξάρτητη από τη βαθμίδα εκπαίδευσης
και της εναλλακτικής (alternative)

Η1: Η κατανομή των απαντήσεων εξαρτάται από την βαθμίδα εκπαίδευσης.

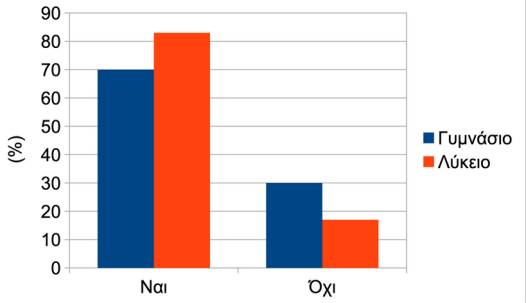
Στην παρούσα περίπτωση των κατηγορικών (nominal) μεταβλητών ο έλεγχος μπορεί να βασιστεί σε ανάλυση πινάκων συμπτώσεων (contingency tables) μέσω της μεθόδου χ^2 του Pearson.

Στην παρουσίαση που ακολουθεί θα δίνεται η στατιστική σημαντικότητα (p-value) του τεστ, που θα θεωρείται στατιστικά σημαντικό όταν η τιμή της είναι μικρότερη του επιπέδου σημαντικότητας α=0.05.

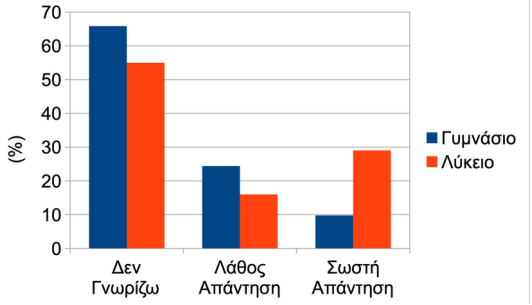
ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ

Στο Σχήμα 3 φαίνονται τα ευρήματα στην ερώτηση αν οι μαθητές πιστεύουν ότι στην καθημερινή τους ζωή χρησιμοποιούν συστήματα ΤΝ. Σχεδόν το 80% απαντά θετικά. Όταν, όμως, ζητείται να κατονομάσουν κάποια από αυτά τα συστήματα, το 80%, περίπου, είτε αναφέρει ότι δεν μπορεί, είτε απαντά λάθος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4. Για να προκύψουν τα αποτελέσματα που δίνονται στο

Σχήμα 4, κωδικοποιήθηκαν οι απαντήσεις αντίστοιχης ερώτησης ελεύθερου κειμένου. Οι διαφορές των βαθμίδων είναι στατιστικά σημαντικές, p=0.015 για το Σχήμα 3 και p=0.002 για το Σχήμα 4.

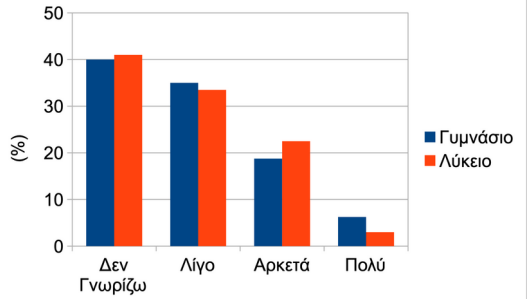


Σχήμα 3: *Πιστεύεις ότι χρησιμοποιείς συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης στην καθημερινή σου ζωή;*

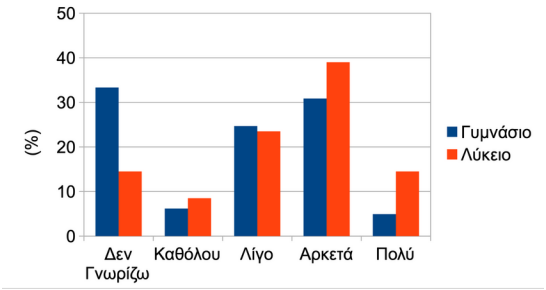


Σχήμα 4: *Κωδικοποίηση της ερώτησης: Παρακαλούμε ανέφερε παραδείγματα συστημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης που χρησιμοποιείς.*

ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ



Σχήμα 5: *Πόσο γνωρίζεις πώς λειτουργεί ένα σύστημα Τεχνητής Νοημοσύνης;*



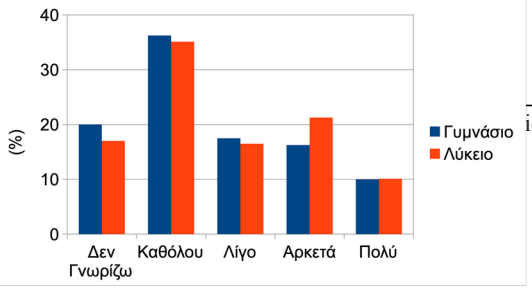
Σχήμα 6: *Πόσο η λειτουργία ενός συστήματος Τεχνητής Νοημοσύνης μοιάζει με τη λειτουργία του εγκεφάλου;*

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5, περίπου το 60% των μαθητών υποστηρίζει ότι έχει κάποια, τουλάχιστον, γνώση για το πως λειτουργεί ένα σύστημα ΤΝ, ενώ το 40%, περίπου, δηλώνει άγνοια. Όσο αφορά την ομοιότητα των συστημάτων της ΤΝ με τον εγκέφαλο, που δίνονται στο Σχήμα 6, μόνο το 8%, περίπου, δίνει την ισχύουσα απάντηση, "Καθόλου".

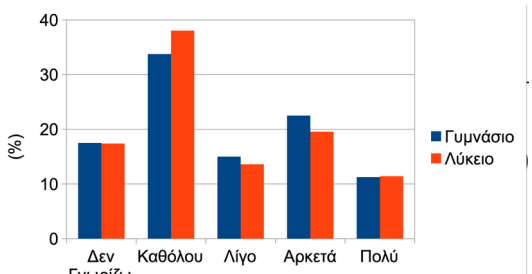
Οι διαφορές μεταξύ των βαθμίδων στο Σχήμα 5 δεν είναι στατιστικά σημαντικές, p=0.58, αλλά στο Σχήμα 6 είναι, p=0.003.

ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ

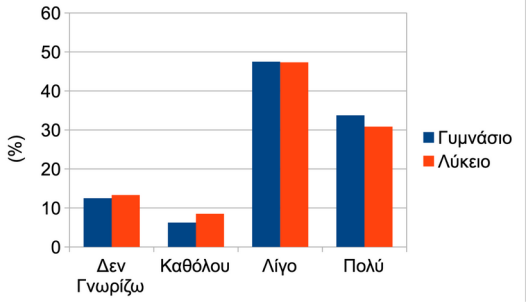
Στα Σχήματα 7 και 8 δίνονται οι απόψεις των μαθητών για την αναπαραγωγή κοινωνικών διακρίσεων από συστήματα ΤΝ σε σχέση με το φύλο και την εθνικότητα, αντίστοιχα. Αν και ένα ποσοστό, περίπου, 35% πιστεύει ότι τα συστήματα ΤΝ αναπαράγουν κοινωνικές διακρίσεις, που σύμφωνα με όλους τους διεθνείς οργανισμούς που προαναφέρθηκαν είναι η ισχύουσα απάντηση, ένα ποσοστό, περίπου, 65% είτε δεν γνωρίζει είτε δεν πιστεύει ότι συμβαίνει κάτι τέτοιο. Οι διαφορές μεταξύ των βαθμίδων δεν είναι στατιστικά σημαντικές, p=0.9 για το Σχήμα 7 και p=0.6 για το Σχήμα 8.



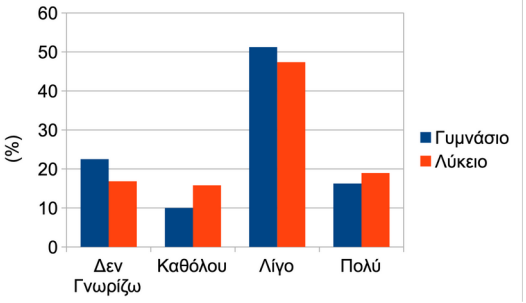
ientix για τTi



Στα Σχήματα 9 και 10 φαίνονται οι απόψεις των μαθητών για την συνολική επίδραση της ΤΝ στην κοινωνία. 47%, περίπου, το ποσοστό της επικρατούσας απάντησης, θεωρεί υπάρχει μικρή επίπτωση. Επιπλέον, φαίνεται να πιστεύουν ότι υπάρχουν τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις, με τις θετικές να επικρατούν ελαφρώς. Σε κανένα από τα δύο Σχήματα η διαφορές μεταξύ των βαθμίδων δεν είναι στατιστικά σημαντικές, p=0.91 για το Σχήμα 9 και p=0.45 για το Σχήμα 10.

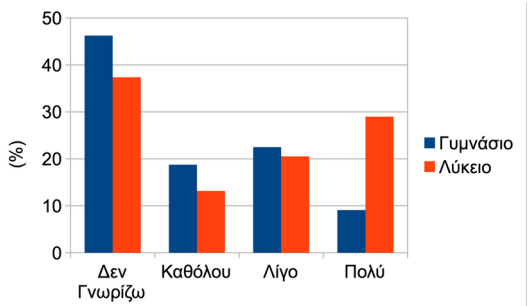


Σχήμα 9: *Πόσο πιστεύεις ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη κάνει* ***καλό*** *στην κοινωνία;*

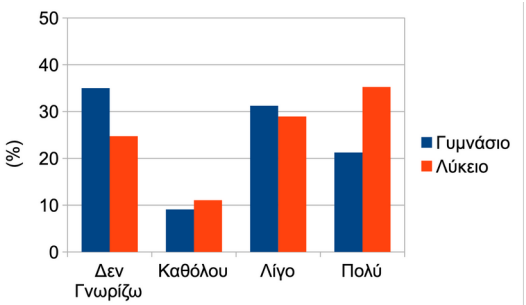


Σχήμα 10: *Πόσο πιστεύεις ότι η Τεχνητή Νοημοσύνη κάνει* ***κακό*** *στην κοινωνία;*

Το Σχήμα 11 αναφέρεται στην αναμενόμενη επίπτωση της ΤΝ στα επαγγέλματα, στο μεσοπρόθεσμο μέλλον. Μόνο το 46%, περίπου, των μαθητών, πιστεύει ότι το επάγγελμα του θα σχετίζεται ή θα χρησιμοποιεί ΤΝ. Επιπλέον, όπως φαίνεται στο Σχήμα 12, μόνο το 60%, περίπου, πιστεύουν ότι θα χρησιμοποιούν συστήματα ΤΝ σε κάποιον βαθμό στο μέλλον. Οι διαφορές ανάμεσα στις βαθμίδες είναι στατιστικά σημαντικές στο Σχήμα 11, p=0.033, αλλά όχι στο Σχήμα 12, p=0.117.



Σχήμα 11: *Πόσο πιστεύεις ότι το δικό σου επάγγελμα, στο μέλλον, θα σχετίζεται ή θα χρησιμοποιεί Τεχνητή Νοημοσύνη;*



Σχήμα 12: *Πόσο πιστεύεις ότι, στο μέλλον θα χρησιμοποιείς συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης στην καθημερινή σου ζωή, πέρα από το επάγγελμα σου;*

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα έρευνας με χρήση ερωτηματολογίου αυτοαναφοράς, που είχε στόχο την καταγραφή των γνώσεων, απόψεων και παρανοήσεων των μαθητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης για θέματα Τεχνητής Νοημοσύνης.

Από την ανάλυση των απαντήσεων προσδιορίστηκαν σημαντικά θέματα όπως:

- Οι μαθητές υποστηρίζουν ότι χρησιμοποιούν συστήματα ΤΝ στη καθημερινότητα τους, αλλά μόνο ένα μικρό ποσοστό μπορεί να αναφέρει ονόματα συγκεκριμένων συστημάτων (Σχήματα 3 και 4.)
- Πιστεύουν ότι η ΤΝ θα έχει μικρή επίδραση και μάλλον περιορισμένο αντίκτυπο σε κοινωνικό, οικονομικό και επαγγελματικό επίπεδο (Σχήματα 9, 10, 11 και 12) σε αντίθεση με τις δηλώσεις όλων των διεθνών οργανισμών.
- Σε μεγάλο ποσοστό, δεν θεωρούν ή δεν γνωρίζουν ότι συστήματα ΤΝ αναπαράγουν υπάρχουσες κοινωνικές διακρίσεις (Σχήματα 7 και 8).
- Υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δύο βαθμίδων εκπαίδευσης που φαίνεται να εστιάζονται στις γνώσεις σχετικά με την ΤΝ (Σχήματα 3, 4 και 6), αλλά όχι στις πεποιθήσεις που αφορούν στην κοινωνική επίδραση της (Σχήματα 7, 8, 9, 10 και 12).

Τα παραπάνω οδηγούν στο συνολικό συμπέρασμα ότι, στη μεγάλη τους πλειοψηφία, οι μαθητές κατανοούν ότι έχουν άγνοια ή περιορισμένες γνώσεις σε θέματα ΤΝ. Δεδομένου ότι η ΤΝ είναι ένας τομέας που, σύμφωνα με όλους τους διεθνείς οργανισμούς, αναμένεται να επηρεάσει κάθε πτυχή της κοινωνικής και οικονομικής ζωής, θεωρούμε ότι είναι κρίσιμο να αναπτυχθούν παιδαγωγικές προσεγγίσεις και να εισαχθούν αντίστοιχα θέματα στη Βασική Εκπαίδευση, όσο το δυνατόν συντομότερα.

Οι διαφορές που εντοπίζονται ανάμεσα στις βαθμίδες Εκπαίδευσης μπορεί να υποδηλώνουν ότι η μαθησιακή προσέγγιση πρέπει να είναι διαφορετική για το Γυμνάσιο από ότι για το Λύκειο.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

AI for children. (n.d.). Retrieved June 14, 2022, from https://www.unicef.org/globalinsight/featured-projects/ai-children

Andrew Ng: Why AI Is the New Electricity. (n.d.). Stanford Graduate School of Business. Retrieved June 14, 2022, from https://www.gsb.stanford.edu/insights/andrew-ng-why-ai-new-electricity

Channel 4. (2020). *Deepfake Queen: 2020 Alternative Christmas Message*. https://www.youtube.com/watch?v=IvY-Abd2FfM

Democratising AI. (n.d.). Retrieved June 14, 2022, from http://democratisingai.gr/

Facebook and Twitter grilled over US election actions. (2020, November 17). *BBC News*. https://www.bbc.com/news/education-54974819

Jordan, M. I. (2019). *Artificial intelligence—The revolution hasn't happened yet*.

K-12 AI curricula: A mapping of government-endorsed AI curricula—UNESCO Digital Library. (n.d.). Retrieved June 14, 2022, from https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602

Lao, N. (2020). *Reorienting Machine Learning Education Towards Tinkerers and ML-Engaged Citizens* [PhD Thesis]. Massachusetts Institute of Technology Cambridge, MA, USA.

Lind, D. (2014, November 4). *Facebook's "I Voted" sticker was a secret experiment on its users*. Vox. https://www.vox.com/2014/11/4/7154641/midterm-elections-2014-voted-facebook-friends-vote-polls

Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–16.

Miao, F., Holmes, W., Huang, R., & Zhang, H. (2021). *AI and education: A guidance for policymakers*. UNESCO Publishing.

Our children are growing up with AI: What you need to know. (n.d.). World Economic Forum. Retrieved June 27, 2022, from https://www.weforum.org/agenda/2022/01/artificial-intelligence-children-technology/

Polak, S., Schiavo, G., & Zancanaro, M. (2022). Teachers' Perspective on Artificial Intelligence Education: An Initial Investigation. *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts*, 1–7.

Simonite, T. (n.d.). How Facial Recognition Is Fighting Child Sex Trafficking. *Wired*. Retrieved June 15, 2022, from https://www.wired.com/story/how-facial-recognition-fighting-child-sex-trafficking/

Taguma, M., Feron, E., & Lim, M. H. (2018). Future of education and skills 2030: Conceptual learning framework. *Organization of Economic Co-Operation and Development*.

Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F., & Seehorn, D. (2019). Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI? *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, *33*(01), 9795–9799.

Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens-With new examples of knowledge, skills and attitudes*. Joint Research Centre (Seville site).

Εκπαιδευτική πρόταση για τη διδασκαλία της Αρχής της Αβεβαιότητας στο Λύκειο με διερεύνηση

Βελέντζας Αθανάσιος[1], Θεοδώνης Ιωάννης[2]
avelentz@gmail.com, ioannis.theodonis@gmail.com
[1]ΕΔΙΠ, ΣΕΜΦΕ-ΕΜΠ
[2]ΕΔΙΠ, ΣΕΜΦΕ-ΕΜΠ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια εκπαιδευτική πρόταση για τη διδασκαλία της Αρχής της Αβεβαιότητας στο Λύκειο με καθοδηγούμενη διερεύνηση. Προτείνεται οι μαθητές, πραγματοποιώντας πειράματα περίθλασης φωτός με διαφορετικά μήκη κύματος, να καταλήξουν σε μία σχέση μεταξύ των αβεβαιοτήτων προσδιορισμού της θέσης και της ορμής των φωτονίων. Η πρόταση προκειμένου να είναι εφαρμόσιμη σε όλα τα σχολεία προτείνει τρεις εκδοχές του πειραματισμού ανάλογα με τα διαθέσιμα υλικά. Οι προτεινόμενες διδασκαλίες πρόκειται να εφαρμοστούν σε μαθητές λυκείου το σχολικό έτος 2022-2023 για να αξιολογηθούν τα μαθησιακά της αποτελέσματα. Προκειμένου να ελεγχθεί κυρίως η λειτουργικότητα της πρότασης δοκιμάστηκε το εαρινό εξάμηνο 2021-2022 σε δευτεροετείς φοιτητές του ΕΜΠ. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται αναλυτικά η διδακτική πρόταση με το θεωρητικό πλαίσιο δόμησής της και τα πρώτα αποτελέσματα από την πιλοτική εφαρμογή στους φοιτητές.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Διδασκαλία με Διερεύνηση, Αρχή Αβεβαιότητας, Πειραματισμός, Φυσική Λυκείου*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα σχολικά εγχειρίδια για τη διδασκαλία της Φυσικής στο Λύκειο γράφτηκαν στο τέλος του προηγούμενου αιώνα στηριζόμενα στο αντίστοιχο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών. Την τελευταία εικοσαετία, ο σχεδιασμός για τις ώρες διδασκαλίας της Φυσικής μεταβλήθηκε κατά περιόδους χωρίς αλλαγή των σχολικών εγχειριδίων. Οι αλλαγές πραγματοποιήθηκαν μέσω οδηγιών διδασκαλίας με απλή αντιμετάθεση ή μη διδασκαλία ενός μέρους του περιεχομένου των εγχειριδίων. Σε καμία περίπτωση δεν διδάχτηκαν έννοιες από την κβαντική φυσική, όπως η ακτινοβολία του μέλανος σώματος, το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, ο κυματοσωματιδιακός δυισμός και η αρχή της αβεβαιότητας. Τα φαινόμενα αυτά προβλέπεται να διδαχθούν με βάση το νέο αναλυτικό πρόγραμμα (ΙΕΠ 2021, Προγράμματα σπουδών για το μάθημα της Φυσικής στις Α΄, Β΄, Γ΄ τάξεις Λυκείου). Ωστόσο, επειδή ο προγραμματισμός, για την συγγραφή νέων εγχειριδίων, θα απαιτήσει κάποιο εύλογο χρονικό διάστημα, εκπονήθηκε από το ΙΕΠ ένα μεταβατικό αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών για την Γ΄ Λυκείου (ΦΕΚ 1363, 23-3-2022). Σε αυτό το πρόγραμμα, που θα εφαρμοστεί από το σχολικό έτος 2022-2023, προβλέπεται η διδασκαλία βασικών εννοιών της κβαντομηχανικής. Μια θεμελιώδης αρχή της κβαντομηχανικής είναι η αρχή της αβεβαιότητας. Σύμφωνα με το Feynman η «πλήρης θεωρία της κβαντικής μηχανικής… εξαρτάται από την ορθότητα της αρχής της αβεβαιότητας» (Feynman, 1998). Με βάση τη σπουδαιότητα της αρχής αυτής και με δεδομένο ότι στο νέο αναλυτικό πρόγραμμα προωθείται η διδακτική πρόταση της μάθησης μέσω διερεύνησης, δομήθηκε μια διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία της αρχής της αβεβαιότητας, η οποία εμπλέκει ενεργά τους μαθητές σε δραστηριότητες διερεύνησης, προκειμένου να εξάγουν συμπεράσματα.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται αναλυτικά η διδακτική πρόταση και με λεπτομέρεια οι προτεινόμενες δραστηριότητες, οι οποίες δοκιμάστηκαν από τριμελείς ομάδες δευτεροετών φοιτητών του ΕΜΠ. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτών των δοκιμών από τους φοιτητές, τα οποία καταδεικνύουν την λειτουργικότητα των προτεινόμενων δραστηριοτήτων. Η πρόταση θα εφαρμοστεί σε μαθητές Γ΄ Λυκείου την σχολική χρονιά 2022-2023, ώστε να βγουν συμπεράσματα σχετικά με τα μαθησιακά της αποτελέσματα.

Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Για το σχεδιασμό της διδασκαλίας λάβαμε υπόψη

- ότι πυρηνικές ιδέες για μία εισαγωγική διδασκαλία κβαντομηχανικής αποτελούν ο κυματοσωματιδιακός δυισμός και η αρχή της αβεβαιότητας (Mengesha, et al., 2011). Για

το λόγο αυτό, η πρόταση μας επιδιώκει οι μαθητές ξεκινώντας από την κυματική φύση της ύλης (υπόθεση de Broglie) με διερεύνηση να καταλήξουν σε μια σχέση αβεβαιότητας για το «ζεύγος» των μεγεθών θέση – ορμή.

- τις ιδέες των μαθητών. Από έρευνες προκύπτει ότι κάποιοι μαθητές θεωρούν ότι τα όργανα ή οι διαδικασίες μέτρησης ή και τα δύο ευθύνονται για την αβεβαιότητα. Μπορεί με βελτίωση της τεχνολογίας στο μέλλον να έχουμε όση ακρίβεια επιθυμούμε. Επίσης, κάποιοι μαθητές το Δx το εκλαμβάνουν ως μεταβολή και όχι ως αβεβαιότητα (Bungum et al., 2015; Özdemir & Erol, 2008).
- τις προϋπάρχουσες γνώσεις. Με βάση το μεταβατικό πρόγραμμα σπουδών, οι μαθητές πριν διδαχθούν την αρχή της αβεβαιότητας, έχουν διδαχθεί την κυματική φύση της ύλης. Γνωρίζουν, επομένως, τη σχέση που συνδέει την ορμή σωματιδίου με το αντίστοιχο μήκος κύματος και ότι μια δέσμη ηλεκτρονίων περιθλάται, όπως μια δέσμη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (Σχολικό εγχειρίδιο Ιωάννου κ.α., 1999). Ωστόσο, οι μαθητές δεν έχουν διδαχθεί ποσοτικά το φαινόμενο της περίθλασης από στενή σχισμή, δηλαδή δεν γνωρίζουν την σχέση προσδιορισμού της θέσης των σκοτεινών κροσσών.

Τα επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα είναι οι μαθητές/τριες

- με διερεύνηση πραγματοποιώντας δραστηριότητες να καταλήξουν σε μια προσεγγιστική σχέση για την αρχή της αβεβαιότητας, όπως αναφέρεται στο επόμενο εδάφιο.
- να διαπιστώσουν ότι καλύτερος πειραματικός προσδιορισμός στη θέση οδηγεί αναπόφευκτα σε μεγαλύτερη απροσδιοριστία στην τιμή της ορμής ενός σωματιδίου.
- να εξηγούν με δικά τους λόγια ότι η αρχή της αβεβαιότητας δεν οφείλεται σε ατέλεια των συσκευών αλλά ότι είναι νόμος της φύσης.
- να εξάγουν το συμπέρασμα ότι η τροχιά ενός σωματιδίου δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί ως μια γεωμετρική γραμμή απείρως λεπτή.
- να κάνουν ποσοτικές εκτιμήσεις με την εφαρμογή της σχέσης που θα εξάγουν για αντικείμενα του μακρόκοσμου και του μικρόκοσμου

ΤΟ ΠΡΟΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΚΑΙ Η ΒΑΣΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Επειδή σε μια σχολική τάξη ή σε ένα σχολικό εργαστήρια δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν πειράματα περίθλασης δέσμης ηλεκτρονίων, θα γίνουν πειράματα με φωτόνια. Επίσης, για το προς διδασκαλία περιεχόμενο λαμβάνεται υπόψη το περιεχόμενο των όσων ήδη έχουν διδαχθεί οι μαθητές, όπως αυτό αναφέρθηκε στο προηγούμενο εδάφιο. Τονίζεται, ότι οι μαθητές δεν διδάσκονται αναλυτικά την θεωρία της περίθλασης των κυμάτων ώστε να γνωρίζουν τις μαθηματικές σχέσεις προσδιορισμού της θέσης των κροσσών συμβολής, αλλά έχουν διδαχθεί την κυματική φύση της ύλης.

Αν έχουμε πηγή μονοχρωματικού φωτός τότε τα φωτόνια έχουν ορμή

$$P=\frac{h}{\lambda} \quad \textbf{(1)}$$

όπου λ το μήκος κύματος και h η σταθερά του Plank με τιμή περίπου 6,6. 10^{-34} Js.

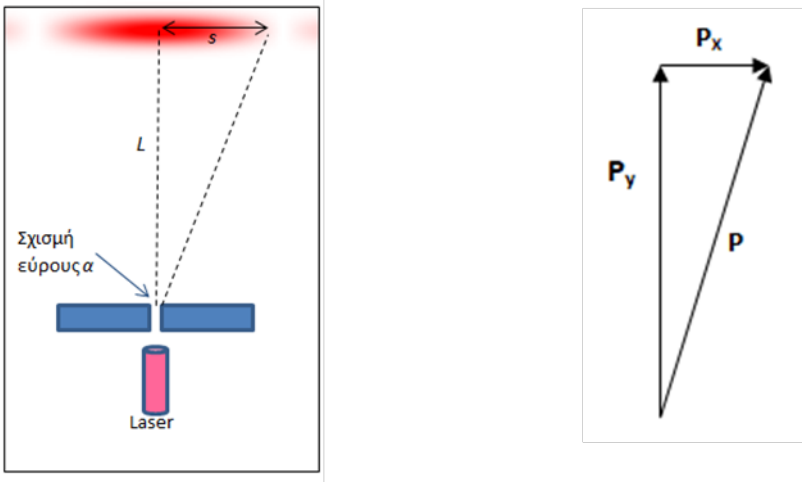
Προσπαθώντας να υπολογίσουμε την θέση των φωτονίων, περνώντας τη δέσμη από στενή σχισμή εύρους α, εμφανίζεται το φαινόμενο της περίθλασης, δηλαδή η διαπλάτυνση της δέσμης (Σχήμα 1, αριστερά) που αντιστοιχεί σε αβεβαιότητα στην ορμή τους, P_x (Σχήμα 1, δεξιά).

Οι μαθητές θα παρατηρήσουν ότι όσο πιο στενή είναι η σχισμή (μικρή αβεβαιότητα θέσης $\alpha=\Delta x$) τόσο μεγαλύτερη είναι η αβεβαιότητα της ορμής ΔP_x και αντιστρόφως και θα εξάγουν μια προσεγγιστική σχέση για την αρχή της αβεβαιότητας, συγκεκριμένα σε πρώτη προσέγγιση θα δείξουν ότι

$$\Delta P_x \times \Delta x \approx h \quad \textbf{(2)}$$

Μέσω της προτεινόμενης διαδικασίας δίνεται η δυνατότητα να συζητηθεί ότι η αρχή της αβεβαιότητας δεν οφείλεται σε ανεπάρκεια των μετρητικών οργάνων αλλά είναι εγγενές χαρακτηριστικό της φύσης. Επίσης, μπορεί να συζητηθεί το γεγονός, ότι η τροχιά ενός σωματιδίου

δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί ως μια γεωμετρική γραμμή απείρως λεπτή. Τέλος οι μαθητές θα μπορούν να κάνουν και ποσοτικές εκτιμήσεις με την εφαρμογή της σχέσης (2) για αντικείμενα του μακρόκοσμου και του μικρόκοσμου προκειμένου να βγάλουν συμπεράσματα.



Σχήμα 1: *Περίθλαση του φωτός από στενή σχισμή.*

Για την δραστηριότητα λάβαμε υπόψη την ανάλυση που γίνεται στο βιβλίο του Young (Young, 1994, σελ. 1148) και πήραμε ιδέες από διδακτική πρόταση του πανεπιστημίου του Waterloo (IQC Scientific Outreach team, 2021).

Θεωρούμε την διάταξη του σχήματος 1. Μια δέσμη μονοχρωματικό φωτός (laser) διέρχεται από την σχισμή και πέφτει σε ένα πέτασμα που απέχει απόσταση L από την σχισμή. Το μεγάλο πλήθος (85%) των φωτονίων προσπίπτουν στο «κεντρικό μέγιστο» εύρους $2s$ (κεντρικός κροσσός). Μια φωτογραφία από πείραμα που πραγματοποιήσαμε στο εργαστήριο φαίνεται στην εικόνα (Σχήμα 2).

Σχήμα 2: *Εικόνα περίθλασης κόκκινου φωτός*

Θεωρούμε ότι η αβεβαιότητα στη θέση είναι όσο το εύρος της σχισμής, δηλαδή

$$\Delta x=\alpha \quad \textbf{(3)}$$

Επίσης, τα φωτόνια της δέσμης έχουν ορμή

$$P_y=\mathrm{h}/\lambda \quad \textbf{(4)}$$

και ότι η αβεβαιότητα της ορμής στον άξονα x είναι τουλάχιστον

$$\Delta P_x=P_x \quad \textbf{(5)}$$

Από τα δύο τρίγωνα του σχήματος 1 (αριστερά και δεξιά) έχουμε ότι

$$\frac{P_x}{P_y}=\frac{s}{L} \quad \textbf{(6)}$$

Η (6) λόγω (4) και (5) δίνει

$$\Delta P_x=\frac{sh}{\lambda L} \quad \textbf{(7)}$$

Για διάφορα γνωστά εύρη σχισμών (γνωστή η τιμή του Δx) επαναλαμβάνεται το πείραμα για φωτόνια γνωστού μήκους κύματος. Η τιμή των L και s προσδιορίζεται με μέτρηση και επομένως είναι δυνατός από την σχέση (7) ο υπολογισμός του ΔP_x για κάθε Δx. Κατασκευάζοντας τη γραφική παράσταση του Δx συναρτήσει του $(1/\Delta P_x)$ προκύπτει ευθεία που δείχνει ότι τα μεγέθη ΔP_x και Δx είναι αντιστρόφως ανάλογα και μάλιστα κλίση της ευθείας είναι h. Τονίζεται ότι το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο με βάση την μελέτη της περίθλασης του φωτός από λεπτή σχισμή, όπως αναφέρεται στις θεωρητικές επισημάνσεις (βλέπε το σύνδεσμο στο τέλος της εργασίας). Το πείραμα επαναλαμβάνεται

για τρία διαφορετικά μήκη κύματος φωτός (κόκκινο - πράσινο - μπλε) με τα ίδια αποτελέσματα.

Συγκεκριμένα, προτείνονται τρεις εκδοχές για την δραστηριότητα ανάλογα με την διαθεσιμότητα χρόνου και υλικών.

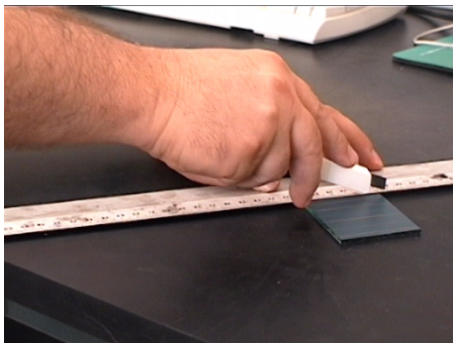
1η εκδοχή: Η πραγματοποίηση στο εργαστήριο.

Τα απαραίτητα υλικά είναι 4-5 σχισμές με διαφορετικό εύρος, 2-3 laser pointers με διαφορετικά χρώματα, χαρτί μιλιμετρέ, στηρίγματα και σκοτεινό σχετικά δωμάτιο.

Η δική μας δοκιμή έγινε με 4 διαφορετικές σχισμές εύρους αντίστοιχα 20μm, 40μm, 80μm, 160μm. Χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά laser, συγκεκριμένα κόκκινο 633nm, πράσινο 530nm και μπλε 405nm. Στην εικόνα (Σχήμα 2) φαίνεται ο σχηματισμός των κροσσών περίθλασης από το κόκκινο laser πάνω στο μιλιμετρέ. Δημιουργήσαμε τρία διαγράμματα (Δx συναρτήσει του $1/\Delta P_x$), ένα για κάθε χρώμα.

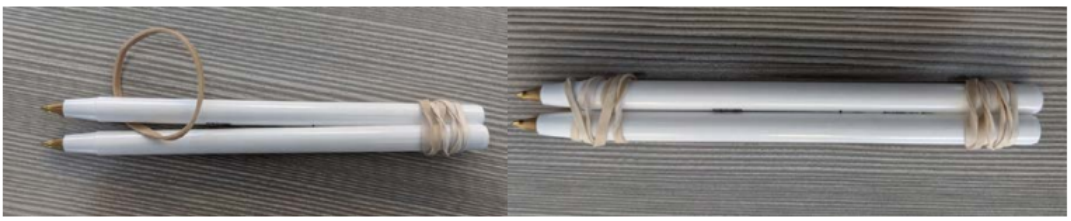
2η εκδοχή: Χρήση προσομοίωσης

Αυτή η εκδοχή προτείνεται στην περίπτωση που δεν υπάρχουν σχισμές γνωστού εύρους. Πριν από την χρήση της προσομοίωσης οι μαθητές/τριες ωφέλιμο θα ήταν, να παρατηρήσουν ποιοτικά το φαινόμενο, ώστε να είναι κατανοητό αυτό που θα διαχειριστούν στην προσομοίωση. Για την παρατήρηση αρκεί ένα απλό laser pointer και μια αυτοσχέδια σχισμή. Η σχισμή μπορεί να δημιουργηθεί με πολλούς τρόπους. Ένας από αυτούς είναι να χαραχθεί ένα τζάμι καθρέφτη με ένα χαρτοκόπτη ευθύγραμμα, με τη βοήθεια ενός χάρακα, από τη πλευρά της επαργύρωσης ώστε να δημιουργηθεί πάνω στην επαργύρωση μια λεπτή σχισμή (Σχήμα 3). Αν πέσει η δέσμη του laser πάνω στη σχισμή στον τοίχο απέναντι από τη σχισμή θα δημιουργηθεί η εικόνα της περίθλασης (Velentzas, 2014).



Σχήμα 3: *Η κατασκευή σχισμής σε καθρέφτη*

Ένας άλλος τρόπος δημιουργίας λεπτής σχισμής είναι με τη χρήση δύο κυλινδρικών μολυβιών ή πλαστικών στυλό, τα οποία τα δένουμε παράλληλα μεταξύ τους με λάστιχα. Όπως φαίνεται στην αριστερή εικόνα (Σχήμα 4), προσέχουμε ώστε στη μία πλευρά να έχουμε περάσει ανάμεσά στα στυλό το λάστιχο τουλάχιστον μία φορά, δημιουργώντας έτσι κάποια απόσταση (σχισμή). Έτσι έχουμε διαφορετικού εύρους σχισμή, ανάλογα με την απόσταση από το σημείο στο οποίο έχουμε περάσει ανάμεσα στα στυλό το λάστιχο (Σχήμα 3).

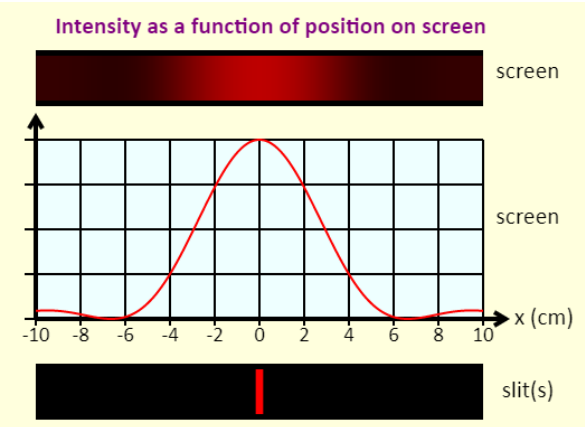


Σχήμα 4: Η δημιουργία σχισμής όπως προτείνεται από το IQC Scientific Outreach team.

Η προσομοίωση την οποία χρησιμοποιήσαμε βρίσκεται στην διεύθυνση http://physics.bu.edu/~duffy/HTML5/double_slit.html. Δίνει τη δυνατότητα να επιλέξει ο χρήστης εύρος σχισμής από 8 έως 16 μm απόσταση της σχισμής από τον οθόνη 1 έως 2m και επίσης υπάρχει η επιλογή του χρώματος RED – GREEN – VIOLET (δώσαμε μήκη κύματος αντίστοιχα 660nm, 530nm και 430nm).

Μπορεί για κάθε χρώμα, για συγκεκριμένη απόσταση μεταξύ σχισμής και οθόνης (εμείς επιλέξαμε 1m), να επαναληφθεί το πείραμα για 5 διαφορετικές τιμές του εύρους της σχισμής. Σε κάθε περίπτωση είναι δυνατή η μέτρηση του εύρους του κροσσού, από το διάγραμμα (Σχήμα 5).

Το εφαρμόσαμε και για τα 3 χρώματα λαμβάνοντας για καθένα για 5 διαφορετικές τιμές του a (8,10,12,14 και 16 μm) της μέτρηση του s και δημιουργήσαμε τρία διαγράμματα (Δx συναρτήσει του $1/\Delta P_x$), ένα για κάθε χρώμα.

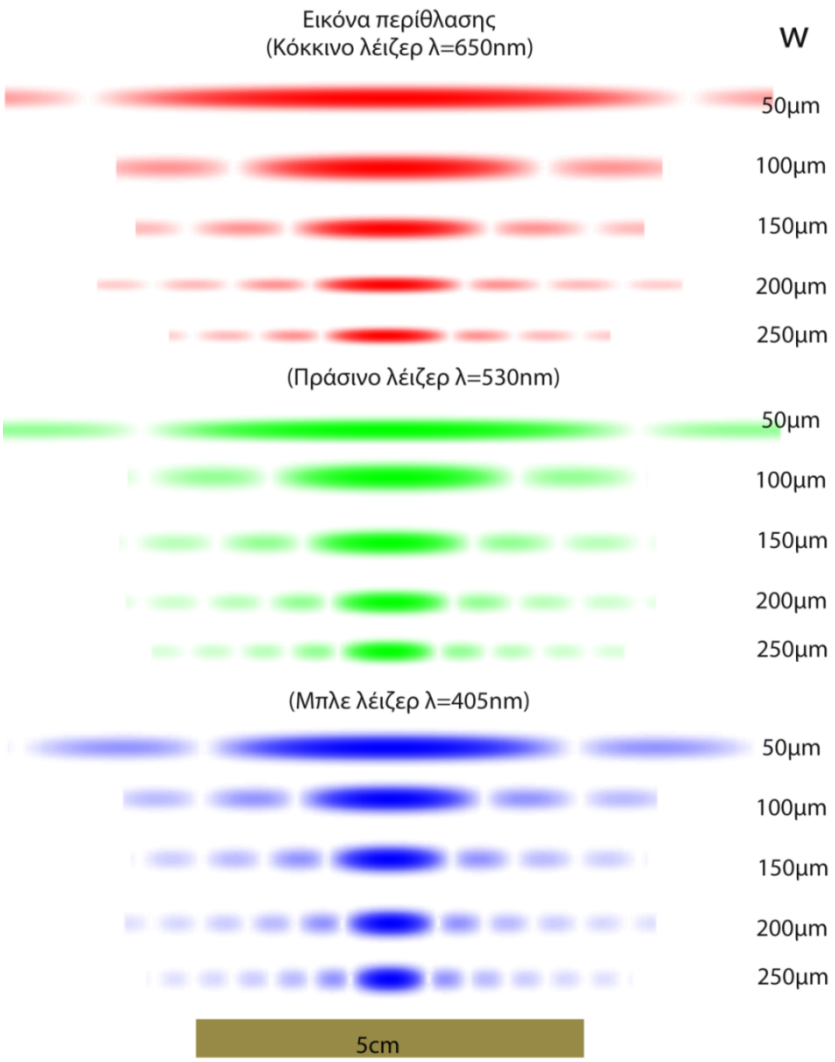


Σχήμα 5: *Εικόνα από την προσομοίωση που χρησιμοποιήθηκε*

3η εκδοχή: Χρήση έτοιμων εικόνων

Στην περίπτωση που δεν είναι δυνατή ούτε η χρήση της προσομοίωσης προτείνεται, αφού αρχικά γίνει ποιοτική παρατήρηση του φαινομένου, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, προτείνεται να χρησιμοποιηθούν οι εικόνες του Σχήματος 6.

Οι μαθητές, έχοντας ως μήκος αναφοράς την μεγαλύτερη πλευρά του δοσμένου παραλληλόγραμμου, θα μετρούν το s για κάθε εύρος σχισμής και θα δημιουργήσουν τρία διαγράμματα (Δx συναρτήσει του $1/\Delta P_x$), ένα για κάθε χρώμα.



Σχήμα 6: *Οι δοσμένες εικόνες περίθλασης.*

Η ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η εφαρμογή της πρότασης θα γίνει σε μαθητές της Γ΄ Λυκείου το σχολικό έτος 2022-2023, δηλαδή όταν η Αρχή της Αβεβαιότητας θα περιλαμβάνεται στη διδακτέα ύλη. Στο εαρινό εξάμηνο φοιτητές του 4ου εξαμήνου της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών του ΕΜΠ ασκούνται στο εργαστήριο της ΣΕΜΦΕ σε πειράματα συμβολής/περίθλασης του φωτός. Προκειμένου να γίνει μια πιλοτική εφαρμογή της πρότασης, τουλάχιστον ως προς τη λειτουργικότητα της δραστηριότητας, αποφασίστηκε να ενσωματωθεί η δραστηριότητα στο πλαίσιο του προαναφερόμενου εργαστηρίου την άνοιξη του 2022. Το εργαστήριο διαρκεί 8 εβδομάδες και κάθε εβδομάδα ασκούνται 4 τριμελείς ομάδες φοιτητών/τριών. Όταν ολοκληρώθηκε η πρόταση, είχε ήδη ξεκινήσει το εργαστήριο και η εφαρμογή έγινε για 5 εβδομάδες. Όλες οι ομάδες πραγματοποίησαν τις μετρήσεις της 1ης εκδοχής της δραστηριότητας, μιας και αυτές περιλαμβάνονταν στο εργαστήριο της περίθλασης. Ωστόσο, έγινε συζήτηση σχετικά με την εισαγωγή των εννοιών της κβαντομηχανικής και ιδιαίτερα στην Αρχή της Αβεβαιότητας, όπως αυτές περιγράφονται στις θεωρητικές επισημάνσεις (βλέπε το σύνδεσμο στο τέλος της εργασίας). Από τους τρείς φοιτητές/τριες μιας ομάδας, για κάθε μία από τις 5 εβδομάδες, ζητήθηκε να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας, προκειμένου να ελεγχθούν τα αποτελέσματα των προτεινόμενων μετρήσεων και άλλες πιθανές τεχνικές δυσκολίες που δεν είχαν προβλεφθεί. Συνεπώς, συλλέξαμε 15 φύλλα εργασίας με πέντε διαφορετικά σετ μετρήσεων. Δεν ζητήσαμε απαντήσεις στις εννοιολογικές ερωτήσεις του φύλλου εργασίας καθότι το δείγμα των φοιτητών έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά από αυτά των μαθητών για τους οποίος σχεδιάστηκε η πρόταση και επίσης οι φοιτητές είχαν ήδη προετοιμαστεί με τη μελέτη της αντίστοιχης θεωρίας. Το μόνο που αξίζει με σιγουριά να επισημανθεί είναι ότι η

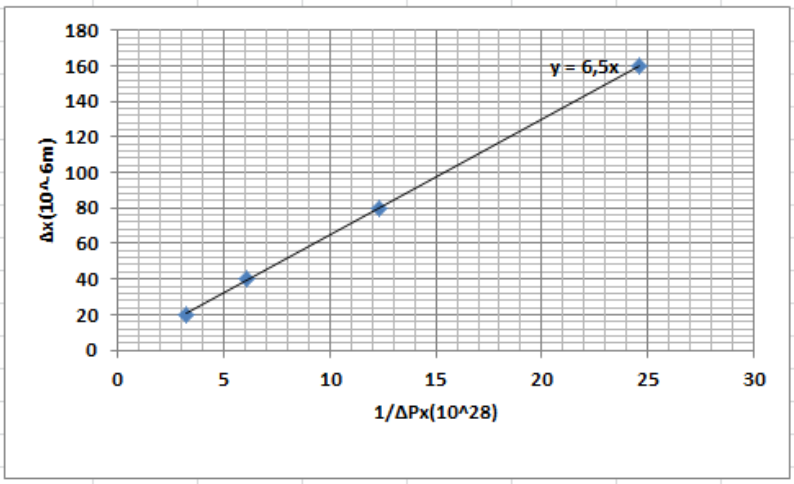
συζήτηση στο εργαστήριο γύρω από την Αρχή της Αβεβαιότητας προκαλούσε έντονο ενδιαφέρον στους φοιτητές και μεγάλη συμμετοχή σχετικά με τη συζήτηση γύρω από τα υπόλοιπα θέματα της εργαστηριακής άσκησης. Σχετικά με τις μετρήσεις και την επεξεργασία τους, που αποτέλεσε και το βασικό στόχο της πιλοτικής έρευνας, μπορούμε να επισημάνουμε δύο σημεία.

Πρώτον, η λήψη των μετρήσεων δεν δυσκόλεψε τους φοιτητές. Χάραζαν με μολύβι στο μιλιμετρέ τη θέση των δύο σκοτεινών κροσσών συμβολής εκατέρωθεν του κεντρικού φωτεινού και μετά εύκολα έβρισκαν την απόσταση. Χρειάστηκε να γίνει συζήτηση για το αν θα χαράξουν τα άκρα του φωτεινού κροσσού στα ορατά όρια ή λίγο δίπλα στο κέντρο του σκοτεινού κροσσού, όπως και αποφασίστηκε.

Δεύτερον, οι τιμές του γινομένου ($\Delta P_x \times \Delta x$) ήταν στα αναμενόμενα όρια για τις 12 από τις 15 περιπτώσεις. Η δυσκολία των τριών φοιτητών οφειλόταν σε δυσκολία τοποθέτησης κατάλληλων δυνάμεων του δέκα στους άξονες. Αυτό είναι ένα σημείο που λογικά θα δυσκολέψει και τους μαθητές του λυκείου γι' αυτό στο φύλλο εργασίας, μετά την ανακάλυψη αυτού του εμποδίου, τοποθετήσαμε εμείς τις κατάλληλες δυνάμεις του δέκα στον πίνακα μετρήσεων (10^{-28} για ΔP_x και 10^{-6} για το Δx) ώστε το γινόμενο σε μονάδες SI να είναι της τάξης μεγέθους της σταθεράς του Plank, δηλαδή 10^{-34}. Στην εικόνα (Σχήμα 7) φαίνονται τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις ενός φοιτητή.

GREEN	λ=530nm	L=153cm
s(cm)	1/ΔPx(10^28)	Δx(10^-6)
3,8	3,2	20
2	6,1	40
1	12,3	80
0,5	24,6	160

Δx*ΔPx = 6,5*10^-34 Js



Σχήμα 7: *Εικόνα από το φύλλο excel των απαντήσεων φοιτητή*

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε μια διδακτική πρόταση για την Αρχή της Αβεβαιότητας σε μαθητές Λυκείου. Τα χαρακτηριστικά της πρότασης που την κάνουν κατά τη γνώμη μας να έχει εκπαιδευτική αξία είναι:

(i) Οι μαθητές/τριες με διαδικασίες μάθησης μέσω διερεύνησης θα καταλήξουν σε μια Αρχή της Φυσικής και σε συνέπειές της.

(ii) Οι δραστηριότητες προτείνονται με τρεις παραλλαγές, ώστε να είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν από όλους, ανεξάρτητα από την υλικοτεχνική υποδομή. Μπορεί να γίνει η διερεύνηση και στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμες σχισμές με διαφορετικό εύρος.

(iii) Οι μετρήσεις είναι εύκολα πραγματοποιήσιμες, όχι μόνο από μικρές ομάδες μαθητών αλλά και από ένα μεμονωμένο μαθητή αν χρειαστεί.

Οι προτεινόμενες δραστηριότητες ελέγχθηκαν ως προς την λειτουργικότητά τους και τα αποτελέσματα είναι θετικά. Φυσικά, η εφαρμογή της εκπαιδευτικής αυτής πρότασης σε μαθητές για τους οποίους σχεδιάστηκε θα πραγματοποιηθεί το σχολικό έτος 2022-2023 και η αξιολόγησή της οδηγήσει σε τελικά συμπεράσματα σχετικά με την εκπαιδευτική της αξία.

Κάποιες θεωρητικές επισημάνσεις και το φύλλο εργασίας με τις τρεις εκδοχές της βασικής δραστηριότητας είναι προσβάσιμα σε εκπαιδευτικούς που θα ήθελαν να εφαρμόσουν την πρόταση στους παρακάτω συνδέσμους:

Θεωρητικές επισημάνσεις - https://bit.ly/3J8C88o

Φύλλο εργασίας - https://bit.ly/3OBlqQq

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ., Πήττας, Α., Ράπτης, Σ. (1999). *Φυσική Γ΄ Τάξης Γενικού Λυκείου*. Διόφαντος.
Bungum, B., Henriksen, K. E., Angell, C., Tellefsen W. C. & Vetleseter B∅e M. (2015). ReleQuant – Improving teaching and learning in quantum physics through educational design research. *NorDiNa*, 11(2).
Feynman P. R. (1998). *Έξι εύκολα κομμάτια*. (Μετάφραση: Τσαγκογέωργα Α.). Εκδ. Κάτοπτρο.
IQC Scientific Outreach team (2021) The Uncertainty Principle. University of Waterloo. https://uwaterloo.ca/institute-for-quantum-computing/
Mengesha, A., Jeanne, K. & Baylie, D. (2011). Wave-particle duality and uncertainty principle: Phenomenographic categories of description of tertiary physics students' depictions. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* 7, 020113.
Özdemir E., Erol M. (2008). Student Misconceptions Relating Wave Packet and Uncertainty Principle in Quantum Physics. 24th International Physics Congress. pp. 635-641.
Velentzas A., (2014). Teaching Diffraction of Light and Electrons: Classroom Analogies to Classic Experiments. *The Physics Teacher* **52**, 493.
Young, H. (1994). *Πανεπιστημιακή Φυσική, τόμος Β*. Εκδ. Παπαζήση.

The microplastic detectives

Stavroula Skiada, Ioannis Makris
sskiada@yahoo.gr, iomakris@hotmail.com

ABSTRACT

In recent decades global concern about microplastics has grown considerably. Marine pollution by plastic litter has become a major global environmental issue because it affects, through the food chain, the wildlife, the natural habitats, and the human health. The project "The microplastic detectives" aimed to raise awareness of the adverse effects of the widespread presence of microplastics in the oceans and in the food chain. Through the interdisciplinary project of the STEAM methodology "The microplastic detectives" and the inquiry-based learning educational approach, students gained a basic understanding of the plastic life cycle, the term "plastic soup" on the ocean surface, the fragmentation of plastic to microplastics, and the variety of sources that plastic particles can be originated from. Moreover, they became citizen scientists by participating in meaningful scientific research about microplastics (microbeads) in cosmetic products. In addition, they did experiments to discover hidden microplastics not only in the chemistry lab but also as an outdoor activity to the water of a nearby lake. This article presents the educational goals and the contemporary teaching approaches that were followed, the web tools that were used and the expected educational results of the project.

KEYWORDS: *microplastics, food chain, plastic soup, citizen science*

INTRODUCTION

Microplastic pollution is widespread across the globe and is one of the emerging threats that becomes a topic of intense study for environmental researchers. Microplastics are a persistent and potentially harmful pollutant that pervade land, water, and air. Having knowledge of the sources and the transport of the microplastics within the environment, we can better determine the likely long-term ecological and human health implications of microplastic pollution (Horton & Dixon, 2017). These small plastic pieces, fragments or particles 5.0 mm in size or less, act as vectors for other harmful pollutants adsorbed onto their surface and they are ingested by the marine organisms. Hence, there is a concerning issue of transfer of these toxic microplastics to higher trophic levels (Chatterjee and Sharma, 2019).

Throughout the entire "The microplastic detectives" project, the students were introduced to unfamiliar terms such as microplastic, fragmentation, plastic soup, pollutants, etc. and experiential learning, through research-based teaching, was implemented. Students used a citizen science app to develop connections between their everyday life and science to have tangible reasons for continuing with the lifelong learning of science (Jenkins, 2011). Additionally, classroom and outdoor experiments were used to enhance achievement of female students and to cultivate the cooperation between all the students to solve problems, devise strategies or understand class concepts (Ball et al., 2006). Also, through experimentation the students' interest for the study of basic sciences is revitalized and ecological education is promoted.

The project was implemented in the ICT and chemistry lab during the ICT and Natural Science lessons with the students of the 6th grade. Four disciplines of STEAM methodology were included (Science, Technology, Art, and Mathematics). In addition, the teachers that participated in this project played the critical role of the facilitators providing the necessary scaffolding and teaching of skills when necessary. Moreover, the equipment of the chemistry lab was used (conical flask, stirring rod, filter funnel, and mass balance) in parallel with the technical equipment of the ICT lab (workstations, internet access, projector, interactive whiteboard). In the final phase of the project, an active learning and experimentation in the outdoors took place to boost motivation, physical skills, and the ability of students to work cooperatively in the nature. Most importantly, outdoor learning develops personal values like freedom, ownership and autonomy, authenticity, love of rich sensory environment and physicality for pedagogical practice (Waite, 2010).

Stages of implementation

The project was implemented in five phases, starting with the introduction to terminology. The

study of the specialized concepts and terms of a specific scientific area helps students to communicate more efficiently while ambiguity is being reduced and clarity is being increased (Sager, 1997). At the second phase, the students got involved in citizen science by collecting and analysing data and information about microplastics using a citizen science application on their mobile devices. The engagement in the process of science with the opportunity to co-create knowledge with others is thought to have profound effects to the students and to the citizens (Kobori et al., 2016). In the next two stages, the students became chemists and did an experiment, in the Chemistry lab, to discover microbeads in a facial cleaning product and outdoor, to a nearby lake, to discover microplastics in the water. The use of experiments in teaching process is fully related to the student's cognitive development by forming concepts, creating hypothesis, and establishing logical relationships (Soares et al., 2017). Finally, the dissemination phase where students created posters, by hand or digitally, to raise awareness to the school community about a plastic-free life.

Let's meet plastic

In the beginning of the project, the students were introduced to the notions of plastic, plastic waste and plastic soup using the interactive lessons of Life Terra – "Terra Mission Waste" and "Terra Mission Water" (Life Terra: Terra Mission, 2021). To deepen their knowledge of further issues relating to the plastic problem, the students watched the interactive video "The story of plastic" (https://content.e-me.edu.gr/wp-admin/admin-ajax.php?action=h5p_embed&id=1165564). At their own pace in the ICT lab, they answered questions regarding the plastic's life cycle and the true causes and consequences of the global plastics crisis. After that, to have a complete knowledge of the harmful effects of plastic, the students studied and analyzed given infographics and wrote in a google doc their thoughts and concerns about the global impact of plastic pollution.

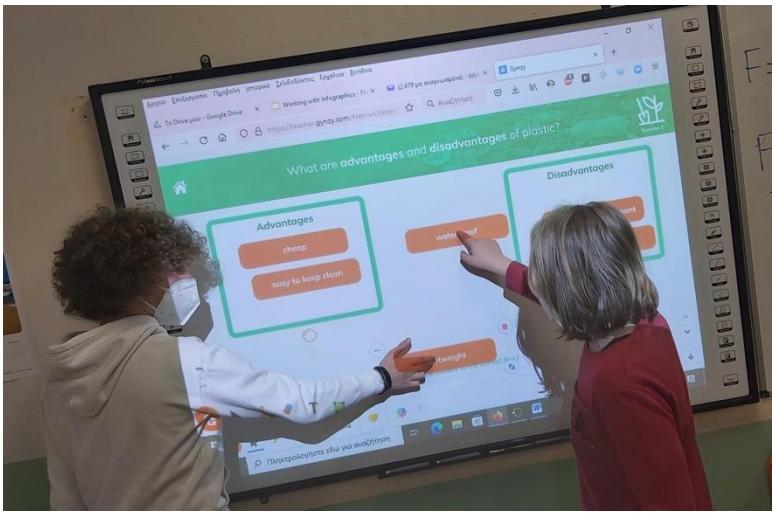


Image 1: *The interactive lesson of Life Terra – "Terra Mission Waste"*

Let's meet microplastics

At this phase, the students acquired new knowledge about the microplastics and their categories. Firstly, based on the Scientix resource of Futurum: «Detecting Microplastics in a great lakes watershed» by Julie Peller, students studied the vocabulary of "microplastics" (https://futurumcareers.com/detecting-microplastics-in-a-great-lakes-watershed-with-undergraduate-students) and the interview of Dr Peller about chemistry. Thus, the students learned how to talk like a chemist, how a plastic is fragmented to microplastics and how research is conducted. Secondly, in groups, they searched the web to find information about the hidden microplastics in everyday life, the categories of them (microbeads, microfibres, nurdles, foam, and fragments) and their harmful effects in people's health through the "trophic transfer" of microplastics. Students realised that since one animal eats another, microplastics can move through the food chain. Further, the teams created a digital wall (Padlet) and "hung" on it all the images and their browsing-related information.

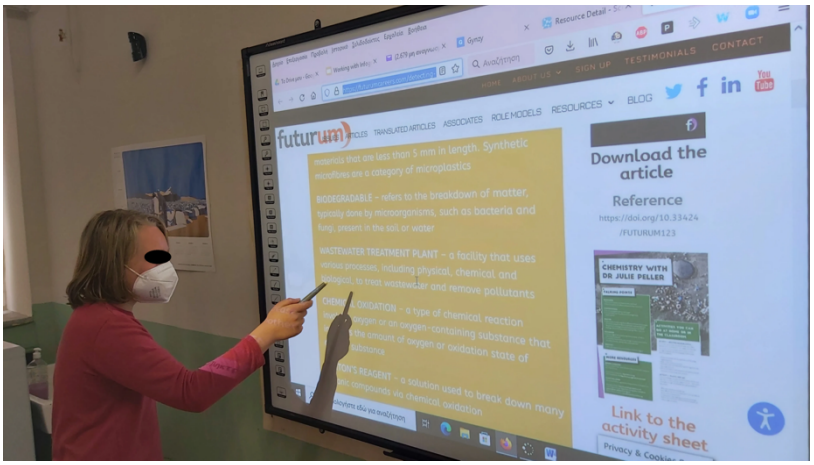


Image 2: *Studying Dr Julie Peller's article from the Scientix resource repository*

The discovery of the hidden microplastics

The students were familiarized with Citizen Science by watching the relevant video "What is Citizen Science?" (https://youtu.be/vKNwfF9H9-M) and installing the citizen science application "Beat the microbead" (Plastic Soup Foundation, 2022) to the ICT lab's mobile devices. Subsequently, in groups, they scanned the ingredients on packaging of school's cleaning products using the app and recorded the microbead findings to the team's class worksheet.

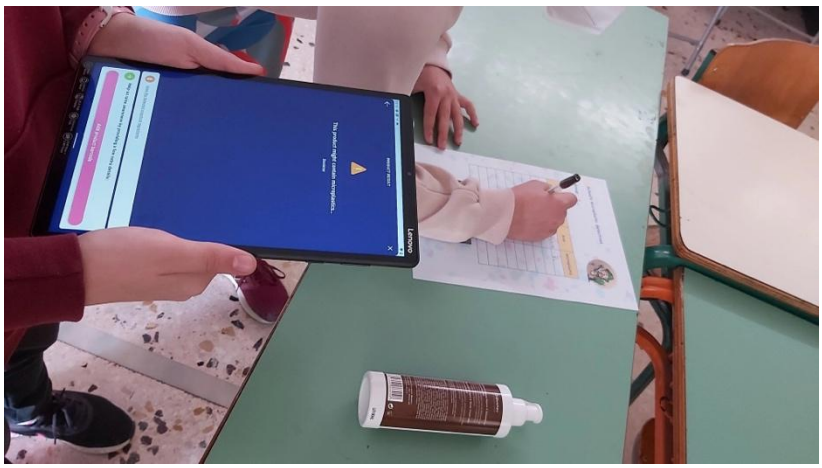


Image 3: *The young Citizen scientists collect and share data through the "Beat the Microbead" application*

As a homework, the students used the same app, with the assistance of their parents, scanned the ingredients of their personal care products and kept records of their research results to a similar worksheet (the brand of the cleaning product and the microbead findings).

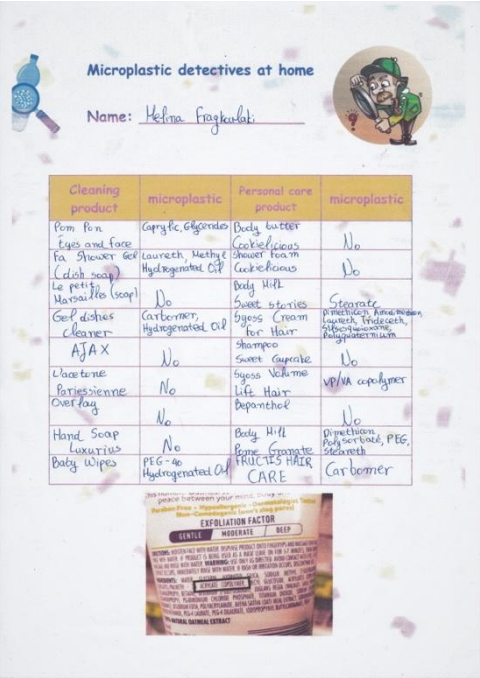


Image 4: *A sample of a homework worksheet*

The young girl chemists and their experiment

At the chemistry lab of the school, the "Discover the microbeads" experiment (Annex 1) took place by the girl students to excite and empower them with knowledge and confidence in STEM. For this purpose, the young girl scientists calculated the mass of microplastics (gr) in a certain volume of water mixed with the cosmetic product. In the next step, with data given by the teachers and information obtained from the experiment, the students calculated the mass of microplastics (gr) a person generates in a year while using the specific product. Finally, they calculated the percentage of microplastic in the whole mass of the product (Annex 2).

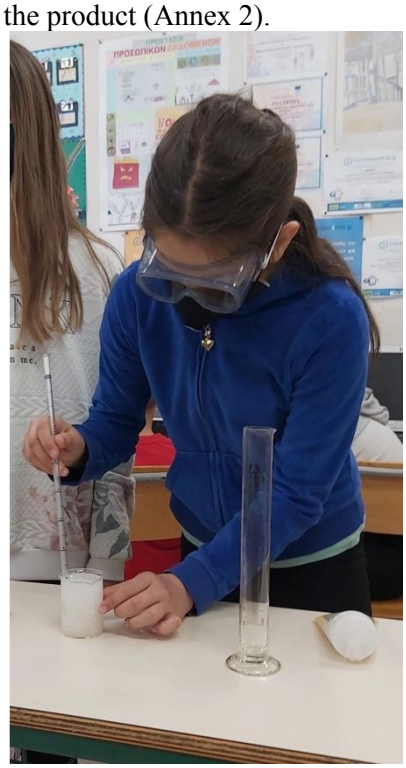


Image 4: *"Discover the Microbeads" experiment*

The Lake experiment

During this outdoor activity, the students visited the artificial lake of Nea Filadelfeia's park. The students were inspired by the experiment that Dr Julie Peller's team did. Specifically, the team of Dr Peller tested for the presence of microplastics and microfibres in surface waters flowing into Lake Michigan. In like manner, the little scientists repeated the experiment using the lake's water. At the beginning, with the chemistry lab's equipment, they collected an amount of water (ml) from the lake and filtered it through cotton pads. In the aftermath, the mass of microplastics (gr) found into the water was calculated and the measurements were recorded to the experiment's worksheet.

Image 5: *Filtering the lake water*

At the same time, another group of students collected the plastic waste around the lake and weighed the mass of it. As a result, the data gathered were used for the calculation of the total mass of plastic around and in the lake. Most importantly, the students recycled the plastic waste to the appropriate bins.

Dissemination through Art

To underline the importance of "A" (Art) in STE(A)M education, the final part of the project consisted of creating infographics and designing. In other words, using web 2.0 tools, like Canva and PosterMyWall, the students visualized their proposals for a plastic-free life with engaging imagery and information data. They also painted, by hand or digitally, the life cycle of microplastics in the food chain. The creations of the students were used to decorate the school's classrooms and corridors as a means of raising awareness to the school community. The STEM education is reinforced and supported by the incorporation of the arts and creativity, visual learning and higher decision-making skills are boosted (Tramonti, 2017).

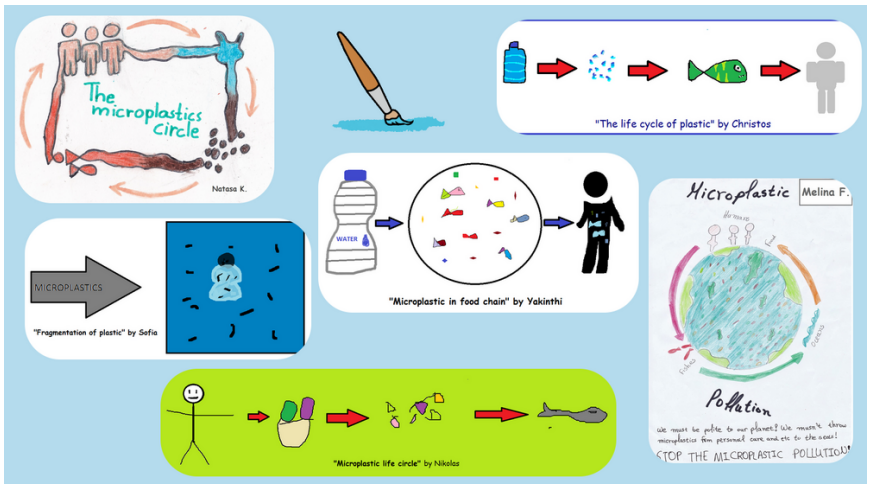


Image 6: *"Micoplastic in food chain" designs*

Furthermore, a content curation Wakelet platform (https://wakelet.com/wake/QrF79MDv-MyMtTZjyJOdi) was used to organize the educational material of the project, to post and share content, videos, photos, results of the experiments and learning outcomes. A video (https://vimeo.com/703460056) with all the sequential activities was made as well and was communicated through social media, school's website, and e-magazine.

RESULTS

Through the implementation of the engaging activities of "The microplastic detectives" project, the educational goals were achieved. The students possessed 21st century skills, core competencies and qualities upon the completion of the project. Specifically, they were sensitized to the harmful effects of the excessive use of plastics to our planet and then they imparted their newly acquired knowledge to their schoolmates and to the school community. Additionally, they developed their digital skills and creativity by creating original works using web 2.0 tools. They learned to cooperate with their classmates during the implementation of an experiment in a Chemistry lab but also in nature. Moreover, they improved their environmental consciousness by acting for the sake of nature and by adopting eco-friendly habits as a part of their daily routine to reduce the plastic consumption. By integrating citizen science in the project, the students developed the confidence to make observations, collect data, analyze results, and solve problems. Finally, the involvement of female students to the experimentation and their exposition to STEM enhanced their confidence and narrowed the gender gap in STEM fields.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ball, B., Eckel, C. & Rojas, C. (2006) "Technology Improves Learning in Large Principles of Economics Classes: Using Our WITS." American Economic Review Papers and Proceedings, 96(2): 442-446.

Chatterjee, S. & Sharma, S. (2019) *Microplastics in our oceans and marine health*. Field Actions Science Reports. J. Field Actions 2019, 54–61.

Horton, A. & Dixon, S. (2017) *Microplastics: An introduction to environmental transport processes*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water. 5. e1268. 10.1002/wat2.1268.

Jenkins, L. (2011) Using citizen science beyond teaching science content: a strategy for making science relevant to students' lives. Cult. Stud. Sci. Educ. 6, 501–508. doi: 10.1007/s11422-010-9304-4

Kobori, H., Dickinson, J.L. & Washitani, I. (2016) Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation. Ecol Res 31, 1–19. https://doi.org/10.1007/s11284-015-1314-y

Life Terra: Terra Mission (2021) Ανακτήθηκε από: https://teacher.gynzy.com/#/en-us/docent/index/library?lang=en-us&q=life%20terra

Plastic Soup Foundation: BeatTheMicrobead (2022) Ανακτήθηκε από: https://www.beatthemicrobead.org/download-btmb-app/

Sager, Juan. 1997. "Term Formation." In *Handbook of Terminology Management*, edited by S. E. Wright and G. Budin, 25–41. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins.

Soares, B., Campos, M., Thomaz, J., Pereira, G. & Roehrs, R. (2017) The importance of experimentation

in the teaching of sciences to elementary school. Revista Monografias Ambientais. 15. 1. 10.5902/2236130827003.
Tramonti, L. & Tramonti, M. (2017) Enhancing STEM Skills Through the Art. Conference: The Future of Education, 7th edition, Florence.
Waite, S. (2011) Teaching and learning outside the classroom: personal values, alternative pedagogies and standards, Education 3-13, 39:1, 65-82, DOI: 10.1080/03004270903206141

ANNEX 1

"Discover the microbeads" experiment

In this activity, students will try to estimate how much microplastic is in the bottle of a cosmetic product.

Each group of student needs:

- A beaker containing 100ml of water with a generous quantity of exfoliating shower gel mixed in
- Conical flask (205ml)
- Stirring rod
- Filter funnel
- Filter paper or cotton pad
- Tap water
- Mass balance (can be shared between groups)

Time 20 minutes

Running the activity

1. Collect your water sample from your teacher. Record the volume in your book.
2. Wet your filter paper or cotton pad and wring it out.
3. Find the mass of your wet paper using the mass balance. Record this in your book.
4. Set up your filtering equipment.
5. Carefully pour your sample through the filter paper. Make sure none goes over the edge.
6. Rinse the paper with cold tap water while it's still in the funnel. This is to remove any foam.
7. Carefully fold the paper keeping the microplastic beads on the inside.
8. Squeeze the water out.
9. Use the mass balance to find the mass of the filter paper with the microplastic folded inside it.
10. Calculate the mass of microplastics.
11. Collect results from two other groups and calculate an average.

ANNEX 2

How much microplastic did I wash with? **Group**

Earlier today, your teacher washed their face using an exfoliating shower gel with microplastic beads.
Your job is to work out the amount of plastic that was used.

Amount of gel used

Amount of gel in the bottle

Table

Group	Volume of water (cm^3)	Mass A: Mass of the wet muslin square (g)	Mass B: Mass of the wet muslin & plastic (g)	Mass of microplastic (g)
			Average	

Mass of microplastic = Mass B – Mass A

Questions

1. If your teacher washed his/her face with this every day, how much microplastic would he/she generate in a year?

So

Building student awareness of the Sustainable Development Goal 11 targets: A data-based and design-centered approach in alignment with the Education 4.0 framework

Antonios Karampelas
antonioskarampelas@gmail.com

ABSTRACT

The World Economic Forum's Education 4.0 initiative has identified critical characteristics of high-quality learning in the Fourth Industrial Revolution, including content that fosters global citizenship, innovation, creativity, and technology skills, as well as experiences that incorporate, among others, problem-based and student-driven learning. The Living City project for high school students is presented as a demonstration of the integration of Education 4.0 characteristics into the classroom in a data-based and design-centered fashion that allows for student choice and creativity and considers the United Nations' Sustainable Development Goal 11 (SDG 11: Sustainable Cities and Societies). The students' perceptions about their awareness of SDG 11, their progress in obtaining or enhancing 3D design skills, their employment of imagination and creativity, the level of choice they utilized, and their enjoyment working on the project, were investigated. Data collection included questionnaire responses of 143 students, assessment of data understanding regarding SDG 11, and 3D designs. Overall, students reported awareness, growth, and enjoyment. The project's outcomes are discussed in detail.

KEYWORDS: *Education 4.0 Framework, Sustainable Development Goals, Computer-Aided Design*

INTRODUCTION

The first three industrial revolutions were based on steam power to mechanize production, electricity to achieve massive production, and computers to automate the production process, respectively. Advancements in, indicatively, artificial intelligence, the internet of things, and nanotechnology, have initiated the cyber-physical Fourth Industrial Revolution. As Schwab (2016) argues*, "We stand on the brink of a technological revolution that will fundamentally alter the way we live, work, and relate to one another. In its scale, scope, and complexity, the transformation will be unlike anything humankind has experienced before"*. Apart from the opportunities for a better quality of life the Fourth Industrial Revolution brings, this disruption will be challenging for societies. Hawksworth et al. (2018) analyzed OECD data regarding the tasks involved in the jobs of over 200,000 workers across 29 countries (27 from the OECD) to estimate that 30% of jobs and 44% of workers with low education are at risk of automation by mid-2030s.

Industrial revolutions are disruptive. Therefore, novel, and purposeful educational approaches and practices are required for a successful navigation through the promising yet challenging future of opportunity. Equipping students with knowledge and skills that will be essential for the cyber-physical near future is necessary for them to thrive in this uncharted environment, with a relevant initiative being the Education 4.0 Framework (World Economic Forum, 2020a). The Education 4.0 framework identifies an urgent need to update primary and secondary education school systems to deliver on children's future needs in context of the Fourth Industrial Revolution: *"This transformation calls for shifts in learning content to include both the technical and human-centric skills needed to build growing and inclusive economies and societies and shifts in learning experiences that more closely mirror the future of work."*. Eight critical characteristics of high-quality learning in the Fourth Industrial Revolution are identified in the same report, categorized as "Content" and "Experiences". Content consists of a) global citizenship skills, b) innovation and creativity skills, c) technology skills, and d) interpersonal skills, while Experiences consist of a) personalized and self-paced learning, b) accessible and inclusive learning, c) problem-based and collaborative learning, and d) lifelong and student-driven learning (Table 1).

Table 1: *The key characteristics of the Education 4.0 framework (World Economic Forum, 2020a).*

Education 4.0 Content	*Education 4.0 Experiences*
Global citizenship skills	Personalized and self-paced learning
Innovation and creativity skills	Accessible and inclusive learning
Technology skills	Problem-based and collaborative learning
Interpersonal skills	Lifelong and student-driven learning

The World Economic Forum's Education 4.0 framework is a purposeful initiative to address and harness the Fourth Industrial Revolution and it could become a significant transformative tool for educational institutions, together with the consideration of other, skill-rich frameworks like the 21st Century skills. Essentially, any student-centered and problem-based learning experience that requires the use of technology to design a solution for a global issue might fit into the Education 4.0 framework. STEM and STEAM education is naturally found relevant and important in the context of the Fourth Industrial Revolution (Kamsi et al., 2019; Shatunova et al., 2019; Idin, 2018). Integrated STEM projects and learning experiences in general are suitable by design, as well as because of the connections with the scientific, technological, and engineering breakthroughs and big data solutions that drive the Fourth Industrial Revolution. Moreover, STEAM projects could meaningfully adjust to the Education 4.0 guidelines, because of the opportunities for curiosity, imagination, creativity, and innovation they provide students with. In fact, the framework's key characteristics are inclusive of non-STEM implementations as well, or of further synergies between STEM and non-STEM fields.

As the students prepare for a technology-heavy future, it is important for them to focus on the use of technology for a sustainable future. The United Nations' Sustainable Development Goals (SDG) could provide such a purposeful, real-life context in the classroom. There is a total of 17 global goals developed by the United Nations to achieve by 2030 (United Nations, 2015), including "no poverty" (Goal 1), "quality education" (Goal 4), "gender equality" (Goal 5), and "climate action" (Goal 13). Each goal consists of several targets to be met, with targets being linked to specific metrics (indicators). One of the goals, Goal 11 (Sustainable Cities and Communities), aims in making cities inclusive, safe, resilient, and sustainable (United Nations). SDG 11 includes targets 11.1-11.7 and 11.a-11.c addressing, among others, safe and affordable housing, inclusive and sustainable urbanization, the protection of the world's cultural and natural heritage, and the access to green and public spaces.

This article demonstrates the building of student awareness about SDG 11 in alignment with the Education 4.0 Framework in a five-week project (the "*Living City*" project), as part of the American Community Schools of Athens STEAM course. This project-based course is offered for high school technology credits and has been designed and delivered to contribute into preparing secondary education students for the Fourth Industrial Revolution (Karampelas, 2021). Most of the students taking the course are 9th graders. The STEAM course is designed-centered to promote, among others, the purposeful use of imagination and creativity for problem-solving through Computer-Aided Design (CAD) and the Design Thinking methodology. At the same time, it has been designed as a student-centered and blended-learning course that encourages and facilitates the student voice and choice.

It needs to be noted that, even though the Education 4.0 characteristics can serve as guidelines for the transformation of entire educational systems at the national level, their integration is possible at lower scale as well. This article demonstrates such an integration at the sub-course, sub-school year level.

PROJECT DESCRIPTION

The goals of the *Living City* project are for the students to a) become aware of the effects of urbanization and the Sustainable Development Goal 11 (Sustainable Cities and Communities) targets in a data-driven fashion, and b) create a model of a sustainable city. Further information is provided in the corresponding subsections below.

BECOMING AWARE ABOUT URBANIZATION AND SDG 11 TARGETS

The students were introduced to the effects of urbanization and the Sustainable Development Goal 11 targets through the understanding of relevant graphs illustrating, indicatively, historical, and projected data of urban population per geographical region, countries' income levels, and city sizes (United Nations, 2018), and the mean level of fine particulate matter per geographical region. The two online interactive tools that were used are Gapminder and SDG Tracker, both showing official UN and

other international organizations' data. Gapminder provides users with numerous options of official data metrics to select from and graph (Figure 1, "Bubbles" graph). Each country appears as a bubble. The color of the bubble corresponds to the geographic region the country belongs to. The size of the bubble corresponds to another metric among those users can select from. In Figure 1, the size of the bubbles corresponds to country population. A "play" button allows users to watch an animation of the evolution of the selected graph over time (depending on the metric, up to about a couple of centuries). SDG Tracker provides users with visualized data categorized per the SDG's targets. Usually found in the form of a map, data are visualized based on a color bar that links color intensities to the numerical value of the pre-selected metric (Figure 2). Apart from the world or regional map, users can overview the data in a chart or table form. Like in Gapminder, users can initiate an animation of the evolution of the metric at hand. The understanding of students was assessed during class: They are asked to interact with and explain an SDG 11-related graph provided by the teacher on the smartboard (in either Gapminder or SDG Tracker).

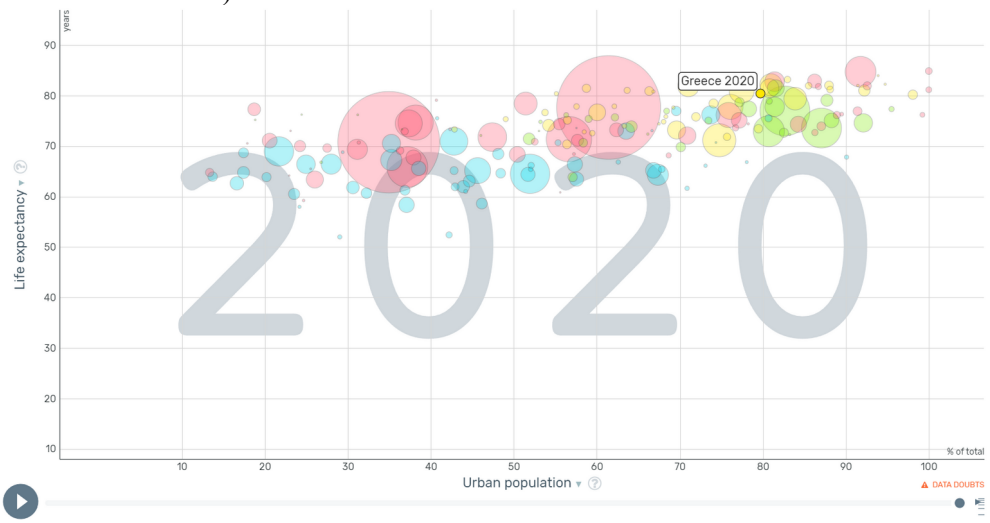


Figure 1: *A screenshot of the interface of Gapminder's "Bubbles" graph (https://www.gapminder.org/tools/).*

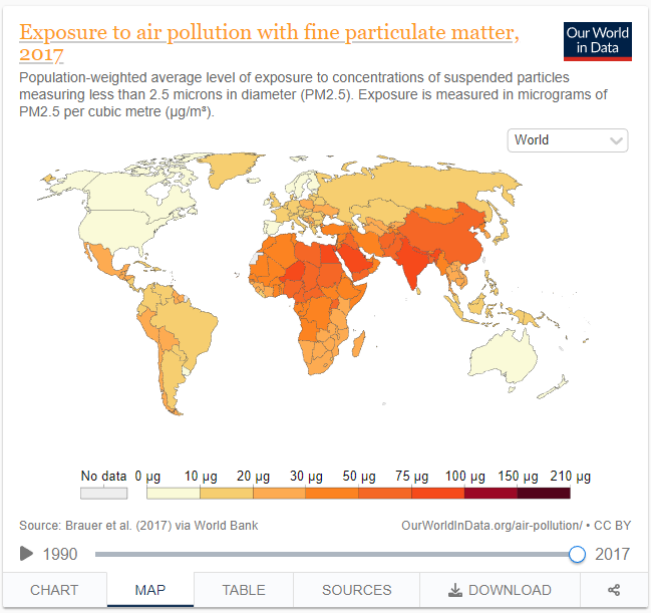


Figure 2: *A screenshot of the interface of the SDG Tracker regarding SDG 11 (https://sdg-tracker.org/cities).*

CREATING A MODEL OF A SUSTAINABLE CITY

By having empathized with the necessity of sustainable cities that could reduce the negative effects of urbanization towards meeting UN Goal 11, students were able to intentionally brainstorm, prototype, and finalize a 3D model of a city that would simulate sustainability. The requirements

included the creation of a) residential buildings, b) non-residential buildings and facilities, and c) landscape elements, with sustainability provisions per the SDG 11 targets. Regarding sustainability, students were asked to suggest the creation of three SDG 11-relevant design elements and categorize the elements under the SDG 11 targets. Indicative student ideas included recycling centers, fire stations, nature preservation centers, underground bunkers, parks, museums, archaeological sites, solar panels, and wind turbines. Targets 11.A-C (strong national and regional development planning; implement policies for inclusion, resource efficiency and disaster risk reduction; support least developed countries in sustainable and resilient building) were excluded from the selection process as challenging to visualize in 3D.

To design their cities, students were asked to use the free online version of the SketchUp software, or any computer-aided design software that would enable them to create a virtual city per requirements – Minecraft been the most popular alternative. After prototyping their designs, students gave each other feedback to improve their cities, as well as they received feedback from the teacher. Peer to peer feedback was facilitated through collaborations in small groups where students shared screenshots of their prototypes and documented their warm feedback about each other's designs as well as their suggestions for improvement. Students were then instructed to implement any modifications of their designs they deemed suitable based on the feedback received, as well as based on their own independent views. The final city models were assessed through video presentations. The video presentations needed to include a guided visual and oral tour inside the city that would effectively demonstrate a creative, realistic, aesthetically pleasing, and balanced design with the appropriate descriptions of buildings, landscapes, functionalities, purposes, and SDG 11 interventions. Eventually, students watched each other's video presentations, and completed a reflection questionnaire on the project in terms of perceived accomplishments, challenges faced, and lessons learned. Most of the data presented in the next section comes from that questionnaire.

RESEARCH DESIGN AND DATA

The first objective of this study was to know the students' perceptions about their awareness of SDG 11, their progress in obtaining or enhancing 3D design skills, their employment of imagination and creativity, and their overall enjoyment working on the project. For this purpose, 74 students were surveyed during the 2021-22 school year's implementation of the project. Table 2 summarizes the reported agreement of the students with relevant statements. The second objective of this study was to quantify the level of choice they were allowed to have during the project, with 143 students been surveyed during the 2020-21 and 2021-22 school years. Figure 3 illustrates the distribution of students' choice of software. Typically, about half the students choose Minecraft to design their city in as they are confident users of this software already, while the rest use the recommended software, with a few students selecting another tool like SIMS, Blender, or Fusion 360. Figure 4 showcases the frequency of selected SDG 11 target to act upon by the students.

Additional student assessments and artifacts (data understanding, video presentations, formative assessments, design screenshots, reflections) have also been considered. Table 3 lists a sample of students' reflection quotes about the project, while screenshots of students' 3D designs are included in the Appendix (Figures 5-6).

Table 2: *The reported agreement of the students with the listed statements. Numbers may not add up to 100% due to rounding.*

Statement	***Percentage of students per reported level of agreement with the statement***				
	Strongly Agree	***Agree***	***Neutral***	***Disagree***	***Strongly Disagree***
I became more knowledgeable about urbanization and the sustainability of cities through graph understanding and class discussions.	52.7	44.6	2.7	0.0	0.0
I was already skillful in 3D design before this project.	13.5	21.6	33.8	17.6	13.5

I improved my 3D design skills through this project.	44.6	48.6	5.4	1.4	0.0
I am proud of my 3D design.	45.9	36.5	17.6	0.0	0.0
I used imagination and creativity.	55.4	37.8	6.8	0.0	0.0
I enjoyed working on the project.	56.8	32.4	9.5	1.4	0.0

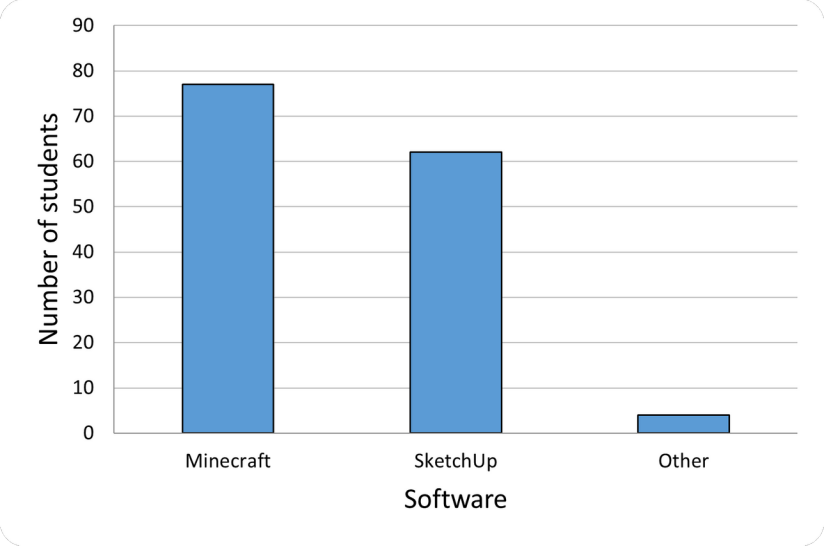


Figure 3: *The software used by students to design their city in.*

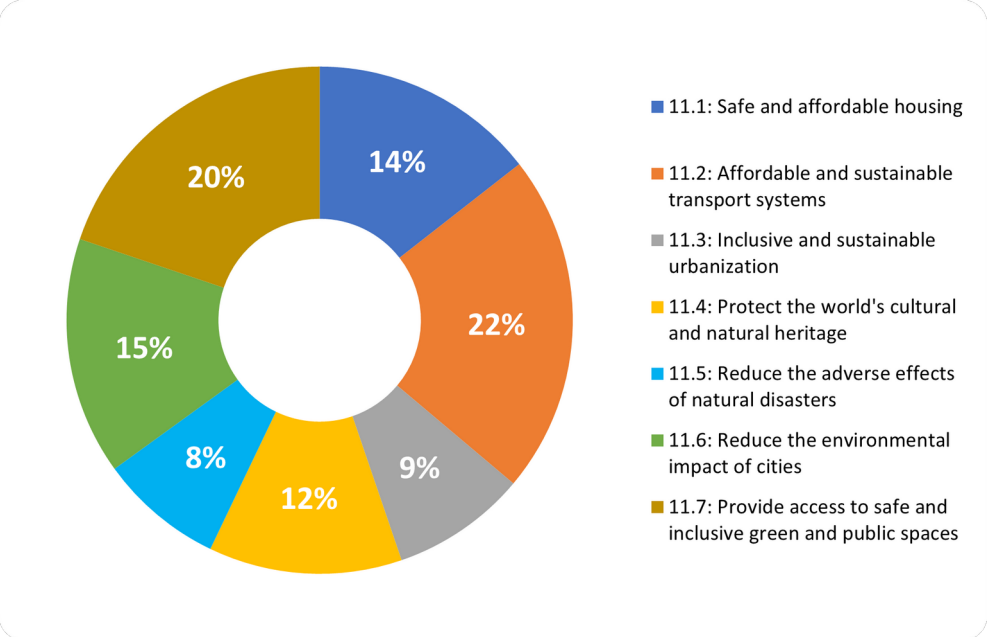


Figure 4: *The students' choice of the 11.1-11.7 SDG 11 targets to integrate into their design*

Table 3: *A sample of unedited students' reflection quotes regarding the project.*

Students' reflection quotes
"I enjoyed the entire process because we were free to use our creativity and talents. I learned a lot about design as well as the sustainable development goals."
"I think the fact that we had guidelines but still full creative freedom was really nice. I enjoyed being able to make decisions about my city independently."
"Well I've been playing minecraft for almost 5-6 years now, and creating a project in the game that I love so much was really great."

"I enjoyed being able to capture my imagination and being able to see it come alive."
"I learned how to make insightful choices considering the SDG factors."
"I can use my imagination to design my own city, that's the most enjoyed part of this project."
"I really enjoyed designing and I am considering following an engineering career after doing this project."

DISCUSSION

The following paragraphs discuss the research findings in the context of the Education 4.0 framework's content and experiences (World Economic Forum, 2020a). Even though a few of their elements are included in the project, the "accessible and inclusive learning" and "lifelong and student-driven learning" experiences are not discussed because of their long-scale nature.

GLOBAL CITIZENSHIP SKILLS

Despite enabling an inter-connected world of growth and opportunity, globalization and technology might link to pushing planetary boundaries, income inequality, and overall unfairness. It is therefore critical for primary and secondary education students to develop awareness about global issues and realize everyone's importance into acting toward a better future for all. In a report by Deloitte (2019) about success in the Fourth Industrial Revolution, 2,000 executives across 19 countries ranked societal impact as the most important factor to evaluate their annual performance. In the project, students became aware of the global nature of urbanization and its specifics and impact through the understanding of real-data graphs and the specific targets of SDG 11. Almost all students (97%) reported agreement or strong agreement with the statement *"I became more knowledgeable about urbanization and the sustainability of cities through graph understanding and class discussions"* (Table 3). Moreover, they realized that the need for sustainable cities and communities is only one of several United Nations goals in the context of the SDGs, they designed solutions and interventions under a sustainability lens, and informed other students' effort toward sustainability through peer-to-peer feedback. It was not intended for the students to just design an aesthetically pleasing 3D city (albeit desirable), but to enrich the design process with a sustainability purpose and a global sense of belonging or, in reverse, approach sustainability through imagination and creativity.

INNOVATION, CREATIVITY, AND TECHNOLOGY SKILLS

It is only natural for an industrial revolution to be driven by technological breakthroughs, bringing innovation into the spotlight, together with accompanying skills of, indicatively, imagination, creativity, originality, critical thinking, complex problem-solving, and technology. All these skills score very high in the top 15 skills for 2025 by the World Economic Forum (2020b) in the context of the Fourth Industrial Revolution. In the project, the students tapped into their curiosity and imagination to generate ideas, create solutions, and learn through trial and error in the playful environment provided by CAD software like Minecraft or SketchUp. They designed buildings, facilities, and landscapes with considerable creative freedom, and added value to their city by implementing modifications to simulate sustainability. The majority of the students (93%) reported the use of imagination and creativity (Table 2). Regarding using CAD software to shape their ideas into a digital product, the students familiarized themselves with the interface and the functionalities of the selected software and trained themselves quickly to the level where they could satisfactorily design what they intended to. A percentage of 35% of the students reported that they were already skillful in 3D design (about 34% reported "neutral" perception), while 93% improved their 3D design skills through the project. Overall, 82% of the students agreed with the statement *"I am proud of my 3D design",* and 89% of them enjoyed working on the project. Apart from the technical aspect of technology skills, the students realized the importance of designing solutions with the help of computers for a greater purpose. Additionally, they understood that a digital design can be modified and improved at will before implementation, thus highlighting the efficiency aspect of technology. Finally, the students used technology to communicate their work to their peers and their teacher through creating video presentations in online or offline screen recording software. It is worth noted that the entire STEAM course is design-centered to promote, among others, creative thinking (Karampelas, 2021).

INTERPERSONAL SKILLS

"As technology continues to automate routine tasks, human-centric skills will provide a distinct advantage over machines in the workplace." (World Economic Forum 2020a). Leadership, emotional intelligence, and social awareness, among other interpersonal skills, are expected to be significant in the cyber-physical landscape of the Fourth Industrial Revolution. In the project, students worked in groups to provide each other feedback to improve their designs. Empathetical, kind, and constructive feedback was strongly encouraged. A few examples of student feedback that represent effort toward enhanced interpersonal skills are the following: *"I can see how much effort you put and I love the detail."; "I like the dark aesthetic of the city and the contrast of black and blue. It has a futuristic look. I like how everything is laid out."; "One thing I suggest is that maybe you can add some windows to certain buildings, but it all depends on your choice."; "To improve, I would say adding more detail to the residential buildings such as windows to take it to the next level".* The importance of the Sustainable Development Goal 11 in this project also empowered students to consider different points of view and empathize with global issues to then work toward inclusive solutions. Finally, the requirement for a video presentation could have also enhanced interpersonal skills, as the students prepared videos to explain their designs, the need for sustainability, and the actions taken, to the entire class.

PERSONALIZED AND SELF-PACED LEARNING

The Fourth Industrial Revolution promises personalized industrial products, while technology in general allows for users' choice. Education is not an exception since artificial intelligence, a key technology of the Fourth Industrial Revolution, can enable the creation of personalized learning paths (OECD, 2020). Student voice and choice were of utmost importance in the project. Even though the process was guided, the students were encouraged to make important decisions on their own, including the choice of the design software, the design of the required buildings, facilities, and landscapes, what SDG 11 targets to focus on to model sustainability and what design modifications to complete in this direction, what feedback from their peers to consider for implementation, and how to present their city through video. The many choices led to a diversity of final designs and video presentations – and, together with the playfulness of the design software used, could justify the students' engagement with the project and the frequently enormous effort put beyond expectations. Several students also reported (in writing during the reflection session and/or orally during class) searching for and using online tutorials to overcome challenges related to designing complex shapes, which is evidence of self-paced and student-driven learning. The project-based nature of the STEAM course (Karampelas 2020; 2021), as well as the purposeful school-wide implementation of blended learning (Avgerinou & Gialamas, 2016; Sidiropoulou et al., 2021), could have created optimal conditions for personalized and self-paced learning as well.

PROBLEM-BASED AND COLLABORATIVE LEARNING

Transitioning from process-based to problem-based learning could benefit primary and secondary education students as they prepare for innovation-driven economies. The open-ended nature of the project allows for multiple solutions for the same problem in contrast to unrealistic single-answer learning scenarios, as well as for students to take ownership of their learning. Small group peer-to-peer feedback collaborations promote team-working, yet the *Living City* project has not been delivered with extensive collaborations in mind, mainly because of the CAD software limitations regarding the simultaneous use of the same digital space by many students.

CONCLUDING REMARKS

This article presented a design-centered school project of students creating 3D models of sustainable cities per the provisions of the Sustainable Development Goal 11 – Sustainable Cities and Communities. The students reported awareness about urbanization and city sustainability, improvement of their 3D design skills, the use of imagination and creativity, and positive feelings about their 3D designs and working on the project in general. Student choice was fostered, resulting in a variety of 3D designs, SDG 11 targets to focus on, and CAD software used. Regarding the instructional design of the project that intended to align with the Education 4.0 Framework, the students enhanced their technology, creativity, interpersonal, and global citizenship skills, as well as engaged with personalized, self-paced, problem-based, and collaborative earning experiences.

Considering the United Nations Sustainable Development Goals aligning with the Education 4.0 guidelines, and staying informed about the Fourth Industrial Revolution, could meaningfully and holistically enrich the educators' toolkit and impact.

REFERENCES

Avgerinou, M. D., & Gialamas, S. P. (2016). The i2Flex Methodology: Definition, Praxis, and Conditions for Success. In Revolutionizing K-12 Blended learning through the i2Flex Classroom Model (pp. 135–159). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0267-8.ch010

Deloitte (2019). Success personified in the Fourth Industrial Revolution. Four leadership personas for an era of change and uncertainty

Hawksworth, J., Berriman, R., & Goel, S. (2018). Will robots really steal our jobs? An international analysis of the potential long-term impact of automation. PricewaterhouseCoopers, London.

Idin, S. (2018). An overview of STEM Education and Industry 4.0. Research Highlights in STEM Education (pp. 194-208). International Society for Research in Education and Science.

Kamsi, N. S., Firdaus, R. B. R., Razak, F. D. A., & Siregar, M. R., (2019). Realizing Industry 4.0 through STEM education: But why STEM is not preferred? IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Volume 506).

Karampelas, A. (2020). Developing and delivering a high school Artificial Intelligence course in blended and online learning environments. In European Distance and E-Learning Network (EDEN) Proceedings, European Distance and E-Learning Network (pp. 255-261). Academic Press.

Karampelas, A. (2021). Building a design-centered STEAM course. In Avgerinou, M.D., & Pelonis, P. (Eds.), Handbook of research on K-12 blended and virtual learning through the i²Flex classroom model. IGI Global.

OECD (2020). Trustworthy artificial intelligence (AI) in education: promises and challenges.

Schwab, S. (2016). The Fourth Industrial Revolution: what it means and how to respond. Retrieved on July 25, 2022, from: https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/

Shatunova, O., Anisimova, T., Fairuza, S., & Kalimullina, O. (2019). STEAM as an innovative educational technology. Journal of Social Studies Education Research, 10 (2), 131-144.

Sidiropoulou, M., Bakoyiannis, C., & Karampelas, A. (2021). Middle and High School Implementations of Moodle-Facilitated Blended Instructional Designs. In M. D. Avgerinou & P. Pelonis (Eds.), Handbook of research on K-12 blended and virtual learning through the i2Flex classroom model. IGI Global.

United Nations (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. Retrieved on July 25, 2022, from: https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication

United Nations (2018). World Urbanization Prospects. The 2018 Revision. ST/ESA/SER.A/420

United Nations. United Nations Sustainable Development Action 2015. https://www.un.org/sustainabledevelopment/cities/

World Economic Forum (2020a). Schools of the Future: Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution

World Economic Forum (2020b). Future of job survey.

APPENDIX

This Appendix contains two indicative screenshots of students' 3D designs (Figures 5 and 6).

Figure 5: *A screenshot of a student's city, designed in Minecraft.*

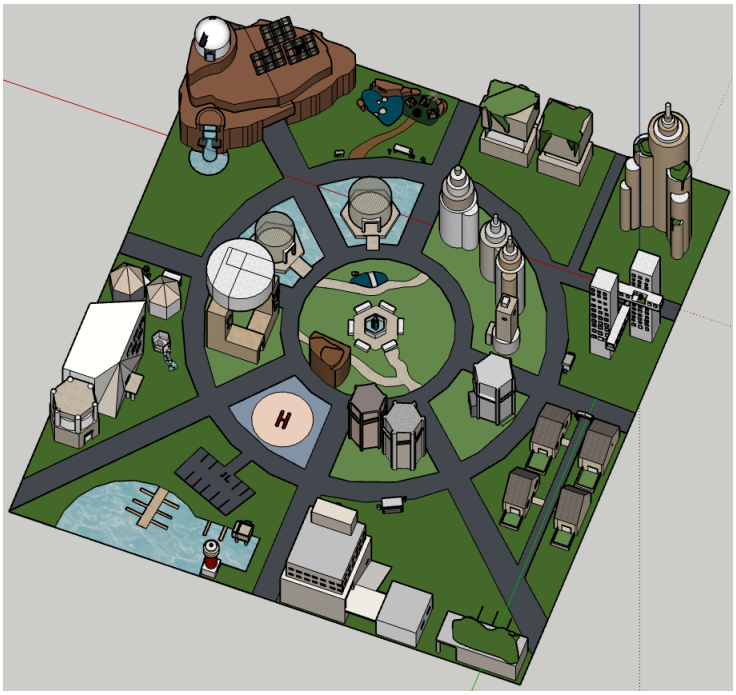


Figure 6: *A screenshot of a student's city, designed in SketchUp.*

Διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την πρακτική εφαρμογή του STEAM στην τάξη μέσα στα πλαίσια των Εργαστηρίων Δεξιοτήτων.

Ντούρου Βασιλική[1], Ψυχάρης Σαράντος[2]
vassiliki_dourou@hotmail.com, spsycharis@gmail.com
1Εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, Msc
2Καθηγητής ΑΣΠΑΙΤΕ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο άρθρο αυτό παρουσιάζεται μία ερευνητική εργασία, μέσω της οποίας έγινε προσπάθεια να διερευνηθούν οι απόψεις των εκπαιδευτικών που εφάρμοσαν το STEAM στα Εργαστήρια Δεξιοτήτων κατά τη σχολική χρονιά 2021-2022. Για τις ανάγκες της έρευνας δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο με κλειστές ερωτήσεις. Από την επεξεργασία των δεδομένων που προέκυψαν διεφάνη η διστακτικότητα των εκπαιδευτικών όσον αφορά στη γενίκευση της εκπαίδευσης STEAM αλλά και η επιθυμία τους για περαιτέρω σχετική επιμόρφωση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Εργαστήρια Δεξιοτήτων, STEAM, Υπολογιστική Σκέψη, Εκπαιδευτική Ρομποτική*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με ερευνητές διανύουμε την 4η Βιομηχανική Επανάσταση η οποία επηρεάζει την καθημερινότητά μας και χαρακτηρίζεται από "ικανότητες STEM" και δεξιότητες του 21ου αιώνα (Καλοβρέκτης, 2021; Ψυχάρης, 2021). Η εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας είναι ραγδαία, γεγονός που βρίσκει την κοινωνία απροετοίμαστη και για αυτόν τον λόγο είναι επιτακτική η ανάγκη η νέα γενιά να είναι επαρκώς καταρτισμένη (Κατσαβού, 2017; Τσακλάνος, 2019). Εκτός αυτού, οι επόμενες γενιές θα κληθούν να δώσουν λύση σε κρίσιμα προβλήματα που απαιτούν κατάρτιση σε ποικίλους επιστημονικούς τομείς, γεγονός που καθιστά τη σωστή εκπαίδευση της νέας γενιάς μεγάλη πρόκληση (Κατσαβού, 2017; Τούντας, 2020). Άλλωστε η τυπική εκπαίδευση οφείλει να δημιουργεί ολοκληρωμένους πολίτες· πλέον όμως δεν είναι αρκετή η απόκτηση γνώσεων γραφής, ανάγνωσης, θετικών επιστημών και ξένων γλωσσών αλλά χρειάζονται και εγκάρσιες δεξιότητες, όπως οι ψηφιακές ικανότητες, η κριτική σκέψη, η ικανότητα επίλυσης προβλήματος και η ικανότητα για μάθηση (ΦΕΚ 3567/Β/04-08-2021). Εφόσον τα προβλήματα της σύγχρονης κοινωνίας οδηγούν στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, είναι απαραίτητο το Αναλυτικό Πρόγραμμα των σχολείων να συνδέεται με τις ανάγκες αυτές και μάλιστα να αποτελεί "θερμοκήπιο" ανάπτυξης των απαραίτητων δεξιοτήτων (Ψυχάρης, 2021, σ.5). Είναι λοιπόν εύλογο από τα παραπάνω το συμπέρασμα ότι είναι επιβεβλημένη η αναμόρφωση των αναλυτικών προγραμμάτων, έτσι ώστε να υιοθετηθούν νέες διδακτικές μέθοδοι και εργαλεία προκειμένου οι μαθητές να αποκτήσουν τις δεξιότητες εκείνες που θα τους ωφελήσουν στην επαγγελματική και προσωπική ζωή τους (Κατσαβού, 2017; Τσακλάνος, 2019; Ψυχάρης, 2021).

Εργαστήρια Δεξιοτήτων

Τα Εργαστήρια Δεξιοτήτων (ΕΔ) αποτελούν νέες θεματικές ενότητες, οι οποίες αντικατέστησαν την Ευέλικτη Ζώνη και οι οποίες μέσω της αξιοποίησης σύγχρονων και καινοτόμων μεθόδων μάθησης, εστιάζουν στην απόκτηση δεξιοτήτων από τους μαθητές, έτσι ώστε να τους καταστήσουν ελεύθερους και υπεύθυνους πολίτες (ΦΕΚ 3567/Β/04-08-2021). Στα ΕΔ οι δεξιότητες κατηγοριοποιήθηκαν σε 4 ομάδες/κύκλους (Δεξιότητες 21ου αιώνα, Δεξιότητες ζωής, Δεξιότητες της τεχνολογίας, της μηχανικής και της επιστήμης, Δεξιότητες του νου).

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 3567/Β/04-08-2021 το πρόγραμμα των ΕΔ ομαδοποιήθηκε σε τέσσερις θεματικές ενότητες:

a) Φροντίζω το περιβάλλον
b) Δημιουργώ και καινοτομώ, Δημιουργική Σκέψη & Πρωτοβουλία
c) Ενδιαφέρομαι και Ενεργώ – Κοινωνική Συναίσθηση & Ευθύνη
d) Ζω καλύτερα – Ευ Ζην

Είναι σημαντικό οι μαθητές μέχρι το τέλος της υποχρεωτικής εκπαίδευσης να έχουν διδαχθεί στα ΕΔ έννοιες και δεξιότητες από όλες τις θεματικές ενότητες· ως εκ τούτου υπάρχει υποχρεωτικό πρόγραμμα ως προς τις θεματικές που αντιστοιχούν σε κάθε τάξη (ΦΕΚ 3567/Β/04-08-2021).

Εκπαίδευση STEM

Ο άνθρωπος προσπαθώντας να κατανοήσει τον φυσικό κόσμο δημιούργησε διάφορους επιστημονικούς τομείς, το περιεχόμενο των οποίων εντάχθηκε στα διδακτικά αντικείμενα του σχολείου (Κατσαβού,2017). Ωστόσο, για να μπορούν να αντιλαμβάνονται τον κόσμο ως ολότητα είναι πολύ σημαντική η διεπιστημονικότητα στη μαθησιακή διαδικασία (Κατσαβού, 2017). Το ακρωνύμιο STEM χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τη βιολόγο Ramaley το 2001 σε μια προσπάθεια ένταξης της Τεχνολογίας και της Μηχανικής στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών (Αντωνίου, 2020; Γαβρίλας, 2018; Κατσαβού, 2017;Τούντας, 2020; Τσακλάνος, 2019). Ο απώτερος στόχος είναι η σύνδεση της γνώσης με την καθημερινότητα των μαθητών, μέσα από ομαδικές δραστηριότητες όπου προωθείται η συνεργατικότητα και η αξιοποίηση προϋπαρχουσών εμπειριών και γνώσεων, έτσι ώστε να εφοδιαστούν οι μαθητές, από πολύ μικρές ηλικίες, με όλες τις γνώσεις και δεξιότητες που απαιτούνται από τους πολίτες του 21ου αιώνα. (Αντωνίου, 2020; Γαβρίλας, 2018; Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2018).

Η εκπαίδευση STEM προωθεί τη βελτίωση των επιστημονικών αντικειμένων στα οποία αντιστοιχεί το ακρωνύμιό του. Στο επίκεντρο βρίσκονται οι μαθητές, ενώ ο δάσκαλος έχει ρόλο διευκολυντικό και για αυτόν τον λόγο ιδανικές μέθοδοι διδασκαλίας είναι η μέθοδος project, η επίλυση προβλήματος και η ανακαλυπτική μάθηση (Αντωνίου, 2020; Γαβρίλας, 2018; Erdogan & Stuessy, 2015). Καθώς η εκπαίδευση STEM απαιτεί διεπιστημονική προσέγγιση, οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να εγκαταλείψουν τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας και να εφαρμόζουν καινοτόμες μεθόδους, προκειμένου να υποστηρίξουν ενεργά τον μαθητή στην ανακάλυψη της νέας γνώσης που θα τους ωφελήσει τόσο στην επαγγελματική όσο και στην προσωπική ζωή τους (Αντωνίου, 2020; Γαβρίλας, 2018; Κατσαβού, 2017).

Από το STEM στο STEAM

Πλέον στο STEM έχει προστεθεί το Α έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνει την Τέχνη, γεγονός που προωθεί τη δημιουργική, την κριτική και την αποκλίνουσα σκέψη (Αντωνίου, 2020; Γαβρίλας, 2018; Κατσαβού, 2017). Μέσω της εκπαίδευσης STEAM χρησιμοποιούνται και τα δύο ημισφαίρια του εγκεφάλου με συνέπεια το άτομο να σκέφτεται ολοκληρωμένα καθώς χρησιμοποιεί τόσο τη συγκλίνουσα όσο και την αποκλίνουσα σκέψη, γεγονός που ενισχύει τη δημιουργικότητα και, κατά συνέπεια, συνεισφέρει στην προώθηση της καινοτομίας (Τζιουβάρα, 2012). Καθώς η Τέχνη βασίζεται στην καλλιτεχνική έμπνευση και αξιοποιεί τη φαντασία και την ελεύθερη σκέψη, οι οποίες είναι ιδιότητες που μπορούν να οδηγήσουν σε έναν τρόπο σκέψης που παράγει καινοτόμες ιδέες και δράσεις, δρα συμπληρωματικά στους υπόλοιπους τομείς (Κατσαβού, 2017; Σουλιώτου, 2016). Δεν είναι τυχαίο που ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι και ο Μιχαήλ Άγγελος θεωρούνται ως εκπρόσωποι της λογικής του STEAM καθώς, μπορεί μεν να ήταν ζωγράφοι και γλύπτες, ωστόσο οι δημιουργίες τους θεωρούνται πρωτοποριακές στην Αρχιτεκτονική και τη Μηχανική (Αντωνίου, 2020; Γαβρίλας, 2018). Μπορούμε λοιπόν να ισχυριστούμε ότι η συμπερίληψη της Τέχνης εξασφαλίζει το ότι τα παιδιά θα λαμβάνουν σφαιρική εκπαίδευση (Τζιουβάρα, 2012).

Εκπαιδευτική Ρομποτική

Στο σημείο αυτό κρίνεται απαραίτητο να γίνει μία σύντομη αναφορά σε ένα σημαντικό κομμάτι της εκπαίδευσης STEAM, την Εκπαιδευτική Ρομποτική. Πρόκειται για μία καινοτόμο μαθησιακή μέθοδο που στηρίζεται επιστημονικά στις αρχές της Φυσικής, της Μηχανικής, της Τεχνολογίας και των Μαθηματικών και αξιοποιεί την αλγοριθμική λογική και τον προγραμματισμό της Πληροφορικής, γεγονός που πιστεύεται ότι συμβάλλει στη μαθησιακή διαδικασία, καθώς ενισχύει την αυτοπεποίθηση των μαθητών σε μαθήματα όπως η Φυσική (Αντωνίου, 2020; Γαβρίλας, 2018; Κατσαβού, 2017).

Υπολογιστική Σκέψη

Η Υπολογιστική Σκέψη (ΥΣ) θεωρείται δεξιότητα απαραίτητη για τη διαβίωση στον 21ο αιώνα και έχει συνδεθεί ερευνητικά με όλα τα γνωστικά αντικείμενα που εντάσσονται στο πεδίο του STEM (Πραντζούδη, 2018). Η επιστημονική κοινότητα την αντιμετωπίζει ως έννοια με πολλές διαστάσεις, όπως αφαιρετική σκέψη, κατάτμιση προβλήματος, αποσφαλμάτωση, αλγοριθμική σκέψη, γενίκευση,

αυτοματισμός, προσομοίωση, μοντελοποίηση, συλλογή, αναπαράσταση και ανάλυση δεδομένων, τις οποίες αξιοποιούν οι επιστήμονες της Πληροφορικής για να λύσουν προβλήματα από διάφορα πεδία (Fesakis et al., 2018; Psycharis & Kallia, 2017; Psycharis & Kotzampasaki, 2017; Weese, 2017; Weese & Feldhausen, 2017; Wing, 2006; Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2018). Ωστόσο, ακόμα και σήμερα ο ορισμός της ΥΣ βρίσκεται σε διαρκή εξέλιξη, γεγονός που υποδεικνύει ότι η έννοια βρίσκεται ακόμα υπό συζήτηση και αφήνει περιθώριο για διαφορετική κάθε φορά προσέγγιση στην τάξη (Mannila et al., 2014; Πραντζούδη, 2018; Weese & Feldhausen, 2017).

Αντιλήψεις εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για το STEM

Ένας κρίσιμος παράγοντας για την ένταξη του STEAM στο Αναλυτικό Πρόγραμμα των σχολείων είναι το κατά πόσο θεωρούν οι εκπαιδευτικοί έτοιμοι να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις του και να το εφαρμόσουν με επιτυχία στη σχολική πραγματικότητα, υιοθετώντας τις ανάλογες στρατηγικές, αλλά και να συμμετέχουν σε σχετικές επιμορφωτικές δράσεις (Αντωνίου 2020; Γαβρίλας, 2018; Τούντας, 2020; Τσακλάνος, 2019). Ωστόσο, οι σχετικές έρευνες στην Ελλάδα είναι πολύ περιορισμένες (Αντωνίου, 2020). Σε γενικές γραμμές οι στάση των εκπαιδευτικών απέναντι στο STEAM είναι θετική, καθώς η πλειονότητα αναγνωρίζει τη συμβολή του στη μαθησιακή διαδικασία και τη θετική του επίδραση στους μαθητές (Αντωνίου, 2020; Γαβρίλας, 2018; Τούντας, 2020). Ωστόσο, στο κατά πόσο μπορεί η πρακτική να εφαρμοστεί στο ελληνικό σχολείο οι απόψεις διίστανται· άλλοι νιώθουν έτοιμοι να την εντάξουν στο σχολικό πρόγραμμα και άλλοι- ιδιαίτερα όσοι δεν έχουν σχετική κατάρτιση- δεν πιστεύουν ότι είναι ικανοί να την εφαρμόσουν στην τάξη (Αντωνίου, 2020; Γαβρίλας, 2018; Τούντας, 2020). Η έλλειψη υλικοτεχνικής υποδομής και κατάρτισης θεωρούνται ως ανασταλτικοί παράγοντες και είναι μέσα στις επιθυμίες των εκπαιδευτικών η σχετική επιμόρφωση προκειμένου να εφαρμόσουν την πρακτική STEAM στο μέλλον (Γαβρίλας, 2018).

Μεθοδολογία της έρευνας

Η παρούσα έρευνα επικεντρώθηκε στη διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με την πρακτική εφαρμογή του STEAM ως κομμάτι των ΕΔ, καθώς αυτή ήταν η πρώτη χρονιά εφαρμογής τους σε εθνικό επίπεδο. Η διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών κρίνεται πολύ σημαντική καθώς οι εκπαιδευτικοί είναι αυτοί που καλούνται να εφαρμόσουν την οποιαδήποτε αλλαγή/καινοτομία στη σχολική τάξη. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο επιχειρήσαμε να δώσουμε απάντηση στα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

1. Έχουν οι εκπαιδευτικοί πρότερες γνώσεις σχετικά με το STEAM και την Υπολογιστική Σκέψη; Τις έχουν εφαρμόσει στη διδασκαλία πριν την εισαγωγή των ΕΔ;
2. Τι υλικό αξιοποίησαν και πώς αντιμετώπισαν τις όποιες δυσκολίες συνάντησαν;
3. Ποια είναι η συνολική εικόνα που σχημάτισαν μετά την ολοκλήρωση της ενότητας ως προς (α) την επίδρασή της στους μαθητές και στη μαθησιακή διαδικασία; (β) την ευκολία στην επιλογή και την εφαρμογή του κατάλληλου προγράμματος; (γ) τη βοήθεια που παρείχε το σχολείο ως προς την υλικοτεχνική υποδομή; (δ) το αν σκοπεύουν να εφαρμόσουν το STEAM και εκτός του πλαισίου των ΕΔ και επιθυμούν περαιτέρω σχετική επιμόρφωση;

Δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν 24 εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης από σχολεία της Ελλάδας. Συγκεκριμένα, απάντησαν 21 γυναίκες και 3 άνδρες. Πρόκειται για εκπαιδευτικούς, οι οποίοι κατά το σχολικό έτος 2021-2022 είχαν Α, Δ ή Ε τάξεις στις οποίες προβλέπεται η διδασκαλία του STEAM στα ΕΔ. Από τη στατιστική επεξεργασία των ερωτηματολογίων προέκυψε ότι οι μισοί ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα των 31-40 και έχουν 11-20 χρόνια υπηρεσίας. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι το συγκεκριμένο δείγμα προέκυψε από την εφαρμογή δειγματοληψίας χωρίς πιθανότητα και πιο συγκεκριμένα από δειγματοληψία-χιονοστιβάδα, καθώς το ερωτηματολόγιο εστάλη σε ορισμένους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι με τη σειρά τους το προώθησαν σε άλλους (Creswell, 2011).

Εργαλείο

Για τη συλλογή των δεδομένων της έρευνας δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο με 14 ερωτήσεις κλειστού τύπου. Οι τρεις πρώτες αφορούν σε δημογραφικά στοιχεία. Οι ερωτήσεις 4 έως 10 αφορούν στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα. Οι ερωτήσεις 11 έως 13 αφορούν στο δεύτερο ερευνητικό ερώτημα. Τέλος, η ερώτηση 14, που αποτελείται από 8 υποερωτήματα και στην οποία

εφαρμόστηκε η πεντάβαθμη κλίμακα Likert: 1-διαφωνώ απόλυτα, 2-διαφωνώ, 3-ουδέτερος-η, 4-συμφωνώ, 5-συμφωνώ απόλυτα, αφορά στο τρίτο ερευνητικό ερώτημα.

Εγκυρότητα και αξιοπιστία

Το ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας, καθώς τα ΕΔ εφαρμόστηκαν φέτος για πρώτη χρονιά σε εθνικό επίπεδο και δεν υπάρχει προηγούμενη έρευνα. Θεωρήθηκε λοιπόν απαραίτητος ο στατιστικός έλεγχος του εργαλείου με τον συντελεστή αξιοπιστίας άλφα (Creswell, 2011). Η τιμή που προέκυψε ήταν 0,707 που θεωρήθηκε ικανοποιητική.

Ερευνητική διαδικασία

Η παρούσα έρευνα αποτελεί έναν δειγματοληπτικό ερευνητικό σχεδιασμό αντιπροσωπευτικού δείγματος, καθώς προσπαθήσαμε να συγκεντρώσουμε δεδομένα από ένα δείγμα εκπαιδευτικών, προκειμένου να περιγράψουμε τις τρέχουσες απόψεις και στάσεις τους για το STEAM σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, η οποία στην προκειμένη περίπτωση ήταν το τέλος της σχολικής χρονιάς (Creswell, 2011).

Αποτελέσματα

Τα δεδομένα που προέκυψαν από τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια, κωδικοποιήθηκαν και καταχωρήθηκαν στις αντίστοιχες μεταβλητές που είχαν δημιουργηθεί στο στατιστικό πρόγραμμα jamovi. Καθώς από τα ερευνητικά ερωτήματα προκύπτει η ανάγκη να περιγραφούν οι τάσεις στα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν, αποφασίστηκε η εφαρμογή περιγραφικής στατιστικής (Creswell, 2011). Στην παρούσα έρευνα ως επίπεδο σημαντικότητας (p-value) ορίστηκε το 0,05 (Creswell, 2011). Επιπλέον, εφόσον ο αριθμός των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν μικρός, αποφασίστηκε να διενεργηθεί ο έλεγχος κανονικότητας του δείγματος με το στατιστικό τεστ Shapiro-Wilk και καθώς οι τιμές που προέκυψαν ήταν >0,05 μπορούμε να υποθέσουμε ότι η κατανομή του πληθυσμού από τον οποίο προέρχεται το δείγμα μας είναι, προσεγγιστικά, κανονική.

Ποσοτικά δεδομένα

Τα δεδομένα που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία θα παρουσιαστούν συγκεντρωτικά ανά ερευνητικό ερώτημα. Όσον αφορά στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα, παρουσιάζονται οι απαντήσεις που δόθηκαν σε μεγαλύτερο ποσοστό ανά ερώτηση στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: *Συνοπτική παρουσίαση ερωτήσεων 4-9.*

Ερώτηση	***Απάντηση***	***Απόλυτος αριθμός***	***Ποσοστό %***
Έχω ολοκληρώσει το σεμινάριο για τα ΕΔ του ΙΕΠ.	Ναι	18	75.0 %
Έχω ολοκληρώσει άλλο σεμινάριο σχετικά με το STEAM.	Όχι	17	70.8 %
Γνωρίζω τι σημαίνει STEAM.	Ναι	16	66.7 %
STEAM & Ρομποτική είναι διαφορετικά	Διαφωνώ	19	79.2 %
Γνωρίζω τι είναι η ΥΣ	Ναι	17	70.8 %
Έχω εφαρμόσει και στο παρελθόν πρόγραμμα STEAM.	Όχι	19	79.2 %

Όσον αφορά στο δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, παρουσιάζονται οι απαντήσεις που δόθηκαν σε μεγαλύτερο ποσοστό ανά ερώτηση στον πίνακα 2.

Πίνακας 2: *Συγκεντρωτικά στοιχεία ερωτήσεων 11-13.*

Ερώτηση	***Απάντηση***	***Απόλυτος αριθμός***	***Ποσοστό %***
Σε περίπτωση που χρειάστηκα βοήθεια	Αναζήτηση στο διαδίκτυο	16	66.7 %
Για την εφαρμογή του	Χρήση υλικού του	11	

προγράμματος	ΙΕΠ με τροποποιήσεις		45.8 %
Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε στα ΕΔ	Unplugged δραστηριότητες	13	54.2 %

Τέλος, στον πίνακα 3 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι απαντήσεις που δόθηκαν σε υψηλότερο ποσοστό στην ερώτηση 14.

Πίνακας 3*: Συγκεντρωτικά στοιχεία ερώτησης 14.*

Ερώτηση	***Απάντηση***	***Απόλυτος αριθμός***	***Ποσοστό %***
Η εφαρμογή του STEAM έχει θετική επίδραση στη μαθησιακή διαδικασία.	Συμφωνώ & συμφωνώ απόλυτα	18	75 %
Ήταν εύκολη η επιλογή του κατάλληλου υλικού.	Διαφωνώ & διαφωνώ απόλυτα	11	45.9 %
Ήταν εύκολη η εφαρμογή του προγράμματος.	Διαφωνώ & διαφωνώ απόλυτα	15	62.5 %
Θεωρώ ότι πέτυχα τους στόχους του εργαστηρίου.	Συμφωνώ	12	50 %
Το σχολείο μου παρείχε την κατάλληλη υλικοτεχνική υποδομή.	Διαφωνώ & διαφωνώ απόλυτα	15	62.5 %
Θεωρώ ότι η εφαρμογή του προγράμματος ωφέλησε ουσιαστικά τους μαθητές.	Συμφωνώ	12	50 %
Σκοπεύω να εφαρμόσω τεχνικές STEAM και εκτός του πλαισίου των ΕΔ.	Συμφωνώ	9	37.5 %
Επιθυμώ τη διεξαγωγή περαιτέρω επιμορφώσεων σχετικά με το STEAM.	Συμφωνώ & συμφωνώ απόλυτα	20	83.3 %

Συμπεράσματα

Από την επεξεργασία των δεδομένων διαφαίνεται ότι οι εκπαιδευτικοί στην πλειοψηφία τους είναι ενημερωμένοι σχετικά με το STEAM, παρόλα αυτά έχουν την τάση να το ταυτίζουν με την Εκπαιδευτική Ρομποτική. Επίσης, παρόλο που έχουν σχετικές γνώσεις, η μεγάλη πλειοψηφία δεν είχε αποπειραθεί να τις εφαρμόσει στην τάξη πριν την έναρξη των ΕΔ. Επιπλέον, είναι εμφανής η προτίμηση στην τροποποίηση του υπάρχοντος υλικού αλλά και στην εφαρμογή δραστηριοτήτων χωρίς υπολογιστή, γεγονός που καταδεικνύει ότι οι εκπαιδευτικοί δεν είναι εξοικειωμένοι με τις σχετικές διαδικασίες. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το ότι η συντριπτική πλειοψηφία επιθυμεί τη διεξαγωγή περαιτέρω επιμόρφωσης. Παρατηρούμε ότι, παρόλο που η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών θεωρεί το STEAM ωφέλιμο για τη μαθησιακή διαδικασία, δυσκολεύτηκε στην εφαρμογή του στην πράξη και δεν προχώρησε στην γενίκευση της εφαρμογής του, γεγονός που συμφωνεί με προηγούμενες έρευνες (Αντωνίου, 2020; Γαβρίλας, 2018; Τούντας, 2020). Μπορούμε να υποθέσουμε ότι υπάρχει η ανάγκη για συγκεκριμένα παραδείγματα διεπιστημονικών σεναρίων.

Περιορισμοί και προτάσεις

Κατά την ερμηνεία και την γενίκευση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη ορισμένοι περιορισμοί. Όσον αφορά στο δείγμα της έρευνας είναι δύσκολο να προβούμε σε γενικεύσεις των ευρημάτων στον ευρύτερο πληθυσμό καθώς είναι αρκετά μικρό. Εκτός αυτού, όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της δειγματοληψίας-χιονοστιβάδας, γεγονός που, σύμφωνα με τον Creswell (2011), δε μας επιτρέπει να γνωρίζουμε ποια είναι τα άτομα που συμμετείχαν και αν είναι αντιπροσωπευτικά του πληθυσμού.

Αν επιθυμούμε να μιλάμε με μεγαλύτερη σιγουριά για την αντιμετώπιση του STEAM από τους εκπαιδευτικούς, θα πρέπει να γίνει επέκταση της έρευνας σε πολύ μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η διεξαγωγή μιας δειγματοληπτικής έρευνας κατά προτίμηση σε εθνικό επίπεδο.

Βιβλιογραφία

Αντωνίου, Α. (2020). *Η χρήση της Ρομποτικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*. (Μεταπτυχιακή Εργασία). Ανακτήθηκε από Ιδρυματικό Αποθετήριο ΨΗΦΙΔΑ http://dspace.lib.uom.gr/handle/2159/24219 (20/6/2022)

Γαβρίλας, Λ. (2019). *Αντιλήψεις μελλοντικών εκπαιδευτικών προσχολικής και πρωτοσχολικής εκπαίδευσης για την εκπαιδευτική ρομποτική και το STEM*. (Μεταπτυχιακή Εργασία). Ανακτήθηκε από https://olympias.lib.uoi.gr/jspui/bitstream/123456789/29494/1/%ce%9c.%ce%95.%20%ce%93%ce%91%ce%92%ce%a1%ce%99%ce%9b%ce%91%ce%a3%20%ce%9b%ce%95%ce%a9%ce%9d%ce%99%ce%94%ce%91%ce%a3%202019.pdf (20/6/2022)

Καλοβρέκτης, Κ (2021). *Μεθοδολογία εμψύχωσης Δεξιοτήτων της τεχνολογίας, της μηχανικής και της επιστήμης: Ρομποτική με ανακυκλώσιμα υλικά*. Ανακτήθηκε από http://users.sch.gr/hgoutsos/files/dejiotites/2-2b.pdf (15/6/2022)

Κατσαβού, Ν. (2017). *Η προώθηση της STEM εκπαίδευσης και των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα μέσα από τους διαγωνισμούς, τα φεστιβάλ και τις εκθέσεις ρομποτικής*. (Μεταπτυχιακή Εργασία). Ανακτήθηκε από Ιδρυματικό Αποθετήριο ΨΗΦΙΔΑ http://dspace.lib.uom.gr/handle/2159/20609 (15/6/2022)

Ν. 94236/ΓΔ4. *Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών για τα Εργαστήρια Δεξιοτήτων όλων των τύπων σχολικών μονάδων, Νηπιαγωγείων, Δημοτικών και των Γυμνασίων*. (ΦΕΚ 3567/Β/04.08.2021)

Πραντσούδη, Σ. (2018). *Υπολογιστική σκέψη και εκπαιδευτικοί: απόψεις, αντιλήψεις και πρόγραμμα σπουδών στην τάξη*. (Μεταπτυχιακή Εργασία). Ανακτήθηκε από Ιδρυματικό Αποθετήριο HELLANICUS http://hdl.handle.net/11610/19308 (10/6/2022)

Σουλιώτου, Α.Ζ. (2016, Δεκέμβριος). Η σημασία της προσθήκης των τεχνών στην εκπαίδευση STEM. Στο: Πανελλήνιο Συνέδριο «Innovating STEM Education» [HiSTEM 2016], Αθήνα. Διαθέσιμο στο https://stemeducation.upatras.gr/histem2016/ (10/6/2022)

Τζιουβάρα. Μ.Ρ. (2012). Η Εκπαίδευση και το Αναλυτικό Πρόγραμμα STEM. Διαθέσιμο από http://users.sch.gr/dorab/wp-content/uploads/2017/12/2.-%CE%97-%CE%95%CE%BA%CF%80%CE%B1%CE%AF%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%BF-%CE%A0%CF%81%CF%8C%CE%B3%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BC%CE%B1-STEM-1.pdf (21/6/2022)

Τούντας, Ι. (2020). *Οι στάσεις, οι αντιλήψεις και οι πρακτικές των εκπαιδευτικών για την εκπαίδευση STEAM*. (Μεταπτυχιακή Εργασία). Ανακτήθηκε από Ιδρυματικό Αποθετήριο HELLANICUS http://hdl.handle.net/11610/21635 (25/6/2022)

Τσακλάνος, Σ. (2019). *Η σχέση αλληλεπίδρασης της σχολικής μονάδας με τις κατευθύνσεις STEM: διερεύνηση με την μέθοδο της εκπαιδευτικής μηχανικής*. (Μεταπτυχιακή Εργασία). Ανακτήθηκε από Ιδρυματικό Αποθετήριο HELLANICUS http://hdl.handle.net/11610/19771 (20/6/2022)

Φιλιόγλου, Μ. (2021). *Μεθοδολογία εμψύχωσης δεξιοτήτων: Βασικές δεξιότητες για τους πολίτες του 21ου αιώνα*. Ανακτήθηκε από http://users.sch.gr/hgoutsos/files/dejiotites/2-6a.pdf (1/6/2022)

Ψυχάρης, Σ. (2021). Μεθοδολογία εμψύχωσης Δεξιοτήτων της τεχνολογίας, της μηχανικής και της επιστήμης: Φροντίζω τους φυτικούς οργανισμούς. Ανακτήθηκε από http://users.sch.gr/hgoutsos/files/dejiotites/2-1b.pdf (1/6/2022)

Creswell, J. W. (2011). Η έρευνα στην εκπαίδευση. Σχεδιασμός, διεξαγωγή και αξιολόγηση της ποσοτικής και ποιοτικής έρευνας (μτφ. Ν. Κουβαράκου). Αθήνα: ίων/Εκδόσεις "ΕΛΛΗΝ" Γ. Παρίκος & ΣΙΑ Ε.Ε. (έτος έκδοσης πρωτοτύπου 2008

Erdogan, N., & Stuessy, C. L. (2015). Modeling successful STEM high schools in the United States: An ecology framework. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 3(1), 77-92. Διαθέσιμο στο https://ijemst.org/index.php/ijemst/article/viewFile/54/55 (15/6/2022)

Fessakis, G., Komis, V., Mavroudi, E., Prantsoudi, S. (2018). Exploring the scope and the conceptualization of Computational Thinking at the K-12 classroom level curriculum, In M.S. Khine (Ed.) Computational Thinking in the STEM Disciplines: Foundations and Research Highlights. Switzerland: Springer.

Kanaki, K., & Kalogiannakis, M. (2018). Introducing fundamental object-oriented programming concepts

in preschool education within the context of physical science courses, Education and Information Technologies, 23(6), 2673-2698. https://doi.org/10.1007/s10639-018-9736-0 (16/6/2022)
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. https://doi.org/10.29333/ejmste/103071 (1/6/2022)
Weese, J. L. (2017). Bringing computational thinking to K-12 and higher education. (Διδακτορική διατριβή). Kansas State University. Διαθέσιμο από http://hdl.handle.net/2097/35430 (1/6/2022)
Weese, J. L., & Feldhausen, R. (2017, Ιούνιος). STEM Outreach: Assessing Computational Thinking and Problem Solving. Ανακοίνωση στο 2017 ASEE Annual Conference & Exposition. ASEE Conferences, Columbus, Ohio. Ανακτήθηκε από https://peer.asee.org/28845 (1/6/2022)

Δυαδικός calculator: Μία διδακτική πρόταση διερευνητικής μάθησης βασισμένη στη μεθοδολογία STEM

Ρέτσας Χρήστος[1], Τσιάμη Στυλιανή[2]
chris.retsas@gmail.com, stellatsiami@gmail.com
[1]Εκπαιδευτικός Πληροφορικής Β/θμιας Εκπαίδευσης, Επαγγελματικό Λύκειο Άμφισσας
[2]Εκπαιδευτικός Οικονομολόγος Β/θμιας Εκπαίδευσης, Γενικό Λύκειο Άμφισσας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκεκριμένη εργασία αφορά σε ένα εκπαιδευτικό σενάριο που έχει ως σκοπό τη βιωματική γνωριμία των μαθητών/τριών με τον ψηφιακό τρόπο λειτουργίας του Η/Υ. Η στόχευση αυτή επιτυγχάνεται μέσα από μία διαδικασία δραστηριοτήτων στο πλαίσιο της μεθοδολογίας STEM για την κατασκευή ενός «δυαδικού calculator». Πρόκειται για έναν υπολογιστή (calculator) μετατροπής αριθμών από το δυαδικό στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης, η κατασκευή του οποίου πραγματοποιείται με χρήση της πλακέτας Arduino.

Το εκπαιδευτικό σενάριο στο σύνολό του επιδιώκει να παρέχει στους μαθητές και στις μαθήτριες ένα περιβάλλον διερευνητικής μάθησης (inquiry-based learning) και να προκαλέσει την ενεργή συμμετοχή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία (μάθηση προσανατολισμένη στο μαθητή), καθιστώντας την παρουσία του/της εκπαιδευτικού υποστηρικτική και καθοδηγητική αυτής. Παράλληλα, είναι συμβατό με τις αρχές του (επ)οικοδομισμού (constructivism), όπου η υπό διαπραγμάτευση γνώση οικοδομείται από τους ίδιους τους μαθητές/τρίες μέσα από την ενεργοποίησή τους και την αξιοποίηση γνώσεων που ήδη διαθέτουν. Το εκπαιδευτικό σενάριο απευθύνεται σε μαθητές/τριες με εξοικείωση με την πλατφόρμα Arduino και πρότερη εμπειρία στον προγραμματισμό.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *εκπαιδευτικό σενάριο, μεθοδολογία STEM, Arduino*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους εκπαίδευσης και στα γνωστικά αντικείμενα των μαθημάτων Πληροφορικής είναι αναμφισβήτητα αυτός που υλοποιείται μέσω της εκτέλεσης δραστηριοτήτων **διερεύνησης και πειραματισμού** που οδηγούν στην ανακάλυψη και κατ' επέκταση οικοδόμηση της γνώσης από τον ίδιο το/τη μαθητή/τρια (Ben-Ari., 1998; Yee-King et al., 2017). Στο πλαίσιο αυτό, ο/η εκπαιδευτικός εγκαταλείπει το δασκαλοκεντρικό μοντέλο της μετωπικής διδασκαλίας, όπου η γνώση παρέχεται έτοιμη στο/στη μαθητή/τρια, και υιοθετεί ρόλο καθοδηγητή και υποστηρικτή. Ο/Η μαθητής/τρια, ως ενεργών/ούσα, καθίσταται πρωταγωνιστής/τρια της εκπαιδευτικής διαδικασίας για την κατάκτηση της νέας γνώσης και γενικότερα την επίτευξη των εκπαιδευτικών στόχων που έχουν τεθεί.

Η ***μεθοδολογία STEM*** (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) μπορεί να αξιοποιηθεί ως όχημα για να προσδώσει έναν περισσότερο **βιωματικό** χαρακτήρα στην εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς μπορεί να εξασφαλίσει ένα πλαίσιο όπου οι μαθητές/τριες εμπλέκονται σε δραστηριότητες, στις οποίες αξιοποιούν γνώσεις τους από διάφορες επιστήμες (διεπιστημονικότητα) σε ένα ρεαλιστικό πλαίσιο (Wang et al., 2011). Παράλληλα, μπορεί να υποστηρίξει αποτελεσματικά συνθήκες **διερευνητικής μάθησης** (inquiry-based learning), όπου οι μαθητές/τριες δε λειτουργούν ως παθητικοί δέκτες, αλλά καθοδηγούμενοι κατάλληλα αυτενεργούν προκειμένου να προσεγγίσουν-ανακαλύψουν τη γνώση (Yee-King et al., 2017; Edelson et al., 1999).

Το εκπαιδευτικό σενάριο που περιγράφεται στη συγκεκριμένη εργασία, πραγματεύεται σε ένα διαμορφούμενο περιβάλλον διερευνητικής μάθησης τη γενικότερη έννοια της λειτουργίας του Η/Υ ως ψηφιακή συσκευή. Η εκπαιδευτική διαδικασία εξελίσσεται μέσα από μία σειρά διερευνητικών δραστηριοτήτων στο πλαίσιο της μεθοδολογίας STEM, ώστε οι μαθητές/τριες με βιωματικό τρόπο να εμπεδώσουν τον ψηφιακό χαρακτήρα της συσκευής του Η/Υ. Οι δραστηριότητες αυτές καταλήγουν στην κατασκευή με χρήση της πλακέτας Arduino ενός «δυαδικού calculator». Πρόκειται για έναν υπολογιστή (calculator) μετατροπής αριθμών από το δυαδικό στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης με βασικό υλικό εργασίας την πλακέτα **Arduino** και περιφερειακά εξαρτήματα (components) αυτής.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ: ΤΙΤΛΟΣ – ΕΝΤΑΞΗ ΣΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ – ΔΙΑΡΚΕΙΑ

Το διδακτικό σενάριο έχει τίτλο «*Δυαδικός calculator – Πώς αναπαριστά τους αριθμούς ο υπολογιστής;*». Εντάσσεται στο Πρόγραμμα Σπουδών για τη **Β΄ Τάξη του Τομέα Πληροφορικής του Επαγγελματικού Λυκείου (ΕΠΑ.Λ.)**. Συγκεκριμένα, μπορεί να αξιοποιηθεί στο πλαίσιο του μαθήματος «*Βασικά Θέματα Πληροφορικής*» και ειδικότερα στο Κεφαλαίο 2 «*Αναπαράσταση δεδομένων σε ψηφιακή μορφή*», το οποίο πραγματεύεται τα συστήματα αρίθμησης (Υ.ΠΑΙ.Θ., 2021; Λιάχνη κ.ά., 2016). Επίσης, είναι εναρμονισμένο με το **Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα της Πληροφορικής στο Λύκειο**, όπως αυτό ορίστηκε στο ΦΕΚ 5932/τ.Β΄/2021. Συγκεκριμένα, μπορεί να ενταχθεί στη θεματική ενότητα «*Προγραμματισμός ρομπότ και υλικών διατάξεων*» του θεματικού πεδίου «*Αλγοριθμική – Προγραμματισμός Υπολογιστικών Συστημάτων*» για την **Α΄ και Β΄ Τάξη του Λυκείου**, όπου επιδιώκεται οι μαθητές/τριες να υλοποιούν έργα υλικού και αυτοματισμών αξιοποιώντας διαθέσιμες τεχνολογίες (Ι.Ε.Π., 2021).

Η διάρκεια του εκπαιδευτικό σεναρίου εκτιμάται σε **4 διδακτικές ώρες (180 λεπτά)**. Ο χρόνος αυτός κρίνεται επαρκής στην περίπτωση που οι μαθητές/τριες κατέχουν σε ικανοποιητικό επίπεδο τις προαπαιτούμενες για το σενάριο γνώσεις. Εναλλακτικά, ο χρόνος αυτός μπορεί να διαμορφωθεί ανάλογα με το μαθησιακό κλίμα, τις επιδόσεις των μαθητών/τριών και τα αποτελέσματα της ενδιάμεσης αξιολόγησης της προόδου της τάξης που θα πραγματοποιεί ο/η εκπαιδευτικός κατά την εκτέλεση των δραστηριοτήτων.

ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

Το εκπαιδευτικό σενάριο προϋποθέτει οι μαθητές/τριες να έχουν μία εξοικείωση με το περιβάλλον προσομοίωσης *Tinkercad* (Autodesk, 2022) για τη σχεδίαση ενός κυκλώματος με χρήση πλακέτας Arduino. Επίσης, απαιτεί να γνωρίζουν τη δομή του κώδικα ενός προγράμματος για την πλακέτα Arduino (π.χ. λειτουργικότητα συναρτήσεων *setup()* και *loop()*) και να έχουν εμπεδώσει τις βασικές προγραμματιστικές έννοιες της μεταβλητής, της σταθεράς, της δομής επιλογής και της συνάρτησης (υποπρόγραμμα) για τη σύνταξη ενός προγράμματος. Τέλος, χρήσιμη είναι η εξοικείωσή τους με την διαγραμματική περιγραφή αλγορίθμου με χρήση διαγράμματος ροής (flow chart).

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Ο γενικός σκοπός του εκπαιδευτικού σεναρίου είναι ο/η μαθητής/τρια να γνωρίσει βιωματικά τον τρόπο λειτουργίας του υπολογιστή ως ψηφιακή συσκευή κατασκευάζοντας έναν «δυαδικό calculator». Η ανάπτυξη του calculator γίνεται μέσα από μία σειρά δραστηριοτήτων STEM με χρήση της πλακέτας Arduino, ακολουθώντας μία διερευνητική πορεία ενεργούς οικοδόμησης της γνώσης του υπό διαπραγμάτευση θέματος (διερευνητική μάθηση) (Pedaste et al., 2015). Ειδικότερα, μετά το τέλος της εκπαιδευτικής διαδικασίας που περιγράφει το σενάριο, οι μαθητές/τριες θα πρέπει

1) να έχουν συνειδητοποιήσει τον ψηφιακό τρόπο λειτουργίας του Η/Υ και
2) να έχουν κατακτήσει την προγραμματιστική υλοποίηση επίλυσης του προβλήματος της μετατροπής ενός αριθμού από το δυαδικό στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης.

Σε επίπεδο **γνώσεων**, οι διδακτικοί στόχοι του εκπαιδευτικού σεναρίου είναι οι μαθητές/τριες μετά το πέρας του

i) να εξηγούν τον ψηφιακό τρόπο λειτουργίας του υπολογιστή,
ii) να ερμηνεύουν την υιοθέτηση από τον υπολογιστή του δυαδικού συστήματος αρίθμησης για την αναπαράσταση αριθμητικών δεδομένων,
iii) να περιγράφουν με αλγοριθμικό τρόπο τη μετατροπή ενός αριθμού από το δυαδικό στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης, και
iv) να αναγνωρίζουν τη χρησιμότητα της αλγοριθμικής δομής της διπλής επιλογής στην επίλυση ενός μαθηματικού προβλήματος.

Σε επίπεδο **δεξιοτήτων**, οι διδακτικοί στόχοι του σεναρίου είναι οι μαθητές/τριες μετά την ολοκλήρωσή του

i) να κατασκευάζουν ένα κύκλωμα με την πλακέτα Arduino, είτε στο περιβάλλον του προσομοιωτή Tinkercad, είτε με πραγματικές συσκευές,
ii) να πειραματίζονται με τη χρήση εξαρτημάτων (components) του Arduino, όπως LEDs και buttons,
iii) να κατανοούν τον τρόπο λειτουργίας ενός έτοιμου κώδικα προγράμματος,
iv) να δοκιμάζουν, τροποποιούν και επεκτείνουν τον κώδικα ενός προγράμματος,
v) να εφαρμόζουν προγραμματιστικά την εντολή διπλής επιλογής (*if…else*), και

vi) να προγραμματίζουν στη γλώσσα προγραμματισμού *Wiring* ένα κύκλωμα Arduino.

Τέλος, σε επίπεδο **στάσεων** και **συμπεριφορών**, οι διδακτικοί στόχοι του σεναρίου είναι οι μαθητές/τριες

i) να εκτιμήσουν την αξία της αλγοριθμικής σκέψης στην επίλυση ενός μαθηματικού προβλήματος,
ii) να ενθαρρυνθούν στη διερεύνηση, τον πειραματισμό και τη δοκιμή,
iii) να αιτιολογούν και να υποστηρίζουν τις απόψεις τους,
iv) να λειτουργούν συνεργατικά στο περιβάλλον μίας ομάδας εργασίας, και
v) να συμπεριφέρονται δημοκρατικά στο πλαίσιο μίας συλλογικότητας (ομάδα εργασίας, τάξη κλπ.).

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΤΑΞΗΣ – ΕΦΙΚΤΟΤΗΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ

Το διδακτικό σενάριο εκτελείται στο σχολικό εργαστήριο Πληροφορικής, είτε σε οποιαδήποτε άλλη αίθουσα διδασκαλίας με πρόσβαση στο Διαδίκτυο με τη χρήση φορητών υπολογιστών (laptops).

Οι μαθητές/τριες εργάζονται ομαδοσυνεργατικά με την κάθε ομάδα τοποθετημένη σε μία θέση εργασίας (Η/Υ). Κάθε ομάδα αποτελείται από 2-3 άτομα, τα οποία μοιράζονται τους ρόλους του «*χειριστής Η/Υ*», του «*γραμματέα*» και του «*εκπροσώπου-εισηγητή*». Κατόπιν σχετικής προτροπής και καθοδήγησης από τον/την εκπαιδευτικό οι ρόλοι αυτοί πρέπει να εναλλάσσονται διαδοχικά στα μέλη της κάθε ομάδας, στο πλαίσιο της ισότιμης συμμετοχής όλων στη λειτουργία της ομάδας.

Οι μαθητές/τριες καθοδηγούνται στην εργασία τους από κατάλληλα δομημένα *Φύλλα Εργασίας* (Ρέτσας & Τσιάμη, 2022). Μετά την ολοκλήρωση κάθε φύλλου εργασίας, οι ομάδες μέσω του εκπροσώπου τους παρουσιάζουν στην ολομέλεια τις θέσεις-απαντήσεις τους στα ερωτήματα-ζητούμενα του φύλλου εργασίας.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Το εκπαιδευτικό σενάριο υλοποιείται σε 6 φάσεις, οι οποίες περιγράφονται στον Πίνακα 1. Σε κάθε φάση οι μαθητές/τριες εργάζονται καθοδηγούμενοι από κατάλληλα δομημένα *Φύλλα Εργασίας*. Τα Φύλλα Εργασίας αυτά είναι διαθέσιμα στην ηλεκτρονική διεύθυνση http://tiny.cc/retsas-tsiami-scientix22.

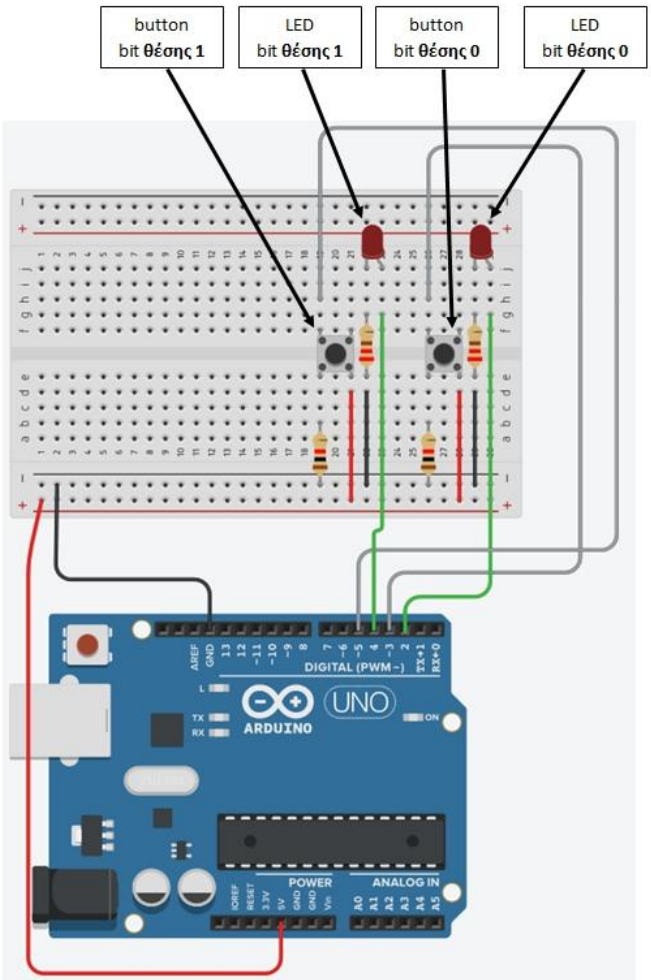
Πίνακας 1: *Φάσεις εκπαιδευτικού σεναρίου.*

Φάση 1η	**Συγκρότηση ομάδων**
Περιγραφή	Ζητείται από τους/τις μαθητές/τριες να συγκροτήσουν ομάδες των 2-3 ατόμων και κάθε μία από αυτές να τοποθετηθεί σε μία θέση εργασίας (Η/Υ). Ο/Η εκπαιδευτικός με διακριτικό τρόπο προτρέπει τους/τις μαθητές/τριες σε σύνθεση ομάδων με ανομοιογενή στοιχεία ως προς το φύλο, τις ακαδημαϊκές και κοινωνικές δεξιότητες και την προσωπικότητα τους (Ματσαγγούρας, 2008). Μετά τη συγκρότηση των ομάδων, η κάθε ομάδα επιλέγει ένα όνομα, ορίζει έναν/μία αντιπρόσωπο και ανακοινώνει στην ολομέλεια την επωνυμία και τα μέλη της.
Διάρκεια	5 λεπτά
Εκπαιδευτικές Τεχνικές	-
Εποπτικά Μέσα	-
Φάση 2η	**Έναυσμα ενδιαφέροντος - Ανάκληση προγενέστερων γνώσεων**
Περιγραφή	Οι μαθητές/τριες καθοδηγούμενοι από το *Φύλλο Εργασίας 1* (*Δραστηριότητα 1*) (Ρέτσας & Τσιάμη, 2022) καλούνται να πειραματιστούν με τη λειτουργία ενός αναλογικού και ενός ψηφιακού διακόπτη ρύθμισης της φωτεινότητας ενός λαμπτήρα, ώστε να ανακαλέσουν την προγενέστερη γνώση των εννοιών «αναλογικός» και «ψηφιακός». Αυτό γίνεται με την αξιοποίηση on-line τεχνήματος λογισμικού από το Φωτόδεντρο (Μαυρατζάς, 2022). Στη συνέχεια παρακολουθούν μέρος του βίντεο "*The Digital Computer (Bits and Bytes, Episode 1)*" (Bits and Bytes TVO, 2012), το οποίο παρουσιάζει τον τρόπο με τον οποίο ο υπολογιστής αντιλαμβάνεται σε επίπεδο υλικού (hardware) κάθε μορφής πληροφορία (αριθμούς, γράμματα, σύμβολα κλπ.). Βασιζόμενοι στο βίντεο αυτό, οι μαθητές/τριες απαντώντας σε σχετικά ερωτήματα (*Φύλλο Εργασίας 1 - Δραστηριότητα 2*) διατυπώνουν τις απόψεις τους για τον τρόπο αναπαράστασης των δεδομένων εσωτερικά από τον Η/Υ και το είδος της συσκευής (αναλογική ή ψηφιακή) που πιστεύουν ότι είναι ο Η/Υ. Ακολουθεί συζήτηση με την έκθεση των συμπερασμάτων κάθε ομάδας στην

	ολομέλεια.
Διάρκεια	20 λεπτά
Εκπαιδευτικές Τεχνικές	● Εργασία σε ομάδες ● Διερεύνηση ● Συζήτηση
Εποπτικά Μέσα	● Η/Υ εργαστηρίου ● On-line τέχνημα λογισμικού από το Φωτόδεντρο (Μαυρατζάς, 2022) ● Βίντεο (Bits and Bytes TVO, 2012) ● Φύλλο Εργασίας 1 (Ρέτσας & Τσιάμη, 2022)
Φάση 3η	**Απόκτηση θεωρητικού υποβάθρου – Γνωστική προετοιμασία**
Περιγραφή	Στη φάση αυτή, οι μαθητές/τριες εργάζονται πάνω στο *Φύλλο Εργασίας 2* (Ρέτσας & Τσιάμη, 2022). Αρχικά τους ζητείται να μελετήσουν το άρθρο (λήμμα) από τη Βικιπαίδεια «*Δυαδικό σύστημα*» (Δυαδικό σύστημα, 2021) και να καταγράψουν τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος αρίθμησης αυτού απαντώντας σε σχετικά ερωτήματα (*Φύλλο Εργασίας 2 - Δραστηριότητα 1*). Στη συνέχεια καλούνται να αναστοχαστούν την ύπαρξη ή μη σχέσης του δυαδικού συστήματος αρίθμησης με τους Η/Υ και να διατυπώσουν αιτιολογημένη την άποψή τους (*Φύλλο Εργασίας 2 - Δραστηριότητα 2*). Ακολουθεί συζήτηση με την έκθεση των απόψεών τους στην ολομέλεια.
Διάρκεια	20 λεπτά
Εκπαιδευτικές Τεχνικές	● Εργασία σε ομάδες ● Αυτοκατευθυνόμενη μάθηση ● Συζήτηση
Εποπτικά Μέσα	● Η/Υ εργαστηρίου ● Ιστοσελίδα από το Διαδίκτυο (λήμμα Βικιπαίδειας) (Δυαδικό σύστημα, 2021) ● Φύλλο Εργασίας 2 (Ρέτσας & Τσιάμη, 2022)
Φάση 4η	**Πραγματοποίηση κατασκευής STEM**
Περιγραφή	Οι μαθητές/τριες βασιζόμενοι στα αποτελέσματα της εργασίας τους από την εκτέλεση του *Φύλλου Εργασίας 1 και 2* κατά τις προηγούμενες Φάσεις 2 και 3 αντίστοιχα, καλούνται να κατασκευάσουν ένα «*δυαδικό calculator*» χρησιμοποιώντας ως υλικά εργασίας τους μία πλακέτα Arduino και κατάλληλα περιφερειακά εξαρτήματα (components) αυτής. Πρόκειται για έναν υπολογιστή (calculator) μετατροπής αριθμών από το δυαδικό στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης,. Ο calculator που κατασκευάζεται αρχικά υλοποιεί την μετατροπή δυαδικών αριθμών μήκους 2 bits και στη συνέχεια μπορεί να επεκταθεί για τη μετατροπή δυαδικών αριθμών περισσότερων ψηφίων. Η φάση της κατασκευής του calculator πραγματοποιείται στα ακόλουθα στάδια: **<u>Στάδιο 1ο</u>: Κατασκευή κυκλώματος.** (45 λεπτά) Οι μαθητές/τριες στο στάδιο αυτό εργάζονται στο πλαίσιο της ομάδας τους σύμφωνα με το *Φύλλο Εργασίας 3* (Ρέτσας & Τσιάμη, 2022), προκειμένου να κατασκευάσουν το κύκλωμα του calculator. Αρχικά καλούνται να εξετάσουν τα περιφερειακά εξαρτήματα (components) του Arduino που έχουν στη διάθεσή τους και να επιλέξουν αυτά που θα χρειαστούν για την κατασκευή τους (*Φύλλο Εργασίας 3 - Δραστηριότητα 1*). Στη συνέχεια, βασιζόμενοι σε σχετική απεικόνιση που τους δίνεται (Σχήμα 1), προβαίνουν στην κατασκευή του κυκλώματος Arduino που θα υλοποιεί τον «δυαδικό calculator» (*Φύλλο Εργασίας 3 - Δραστηριότητα 2*). Για την κατασκευή που θα πραγματοποιήσουν ισχύουν τα εξής:

	1) Ο calculator αρχικά θα λειτουργεί για δυαδικούς αριθμούς 2 ψηφίων (bits). Σε επόμενο στάδιο (Στάδιο 3ο) ζητείται η επέκτασή του για μετατροπή δυαδικών αριθμών μήκους 4 bits. 2) Για την απεικόνιση της τιμής του κάθε bit του δυαδικού αριθμού χρησιμοποιείται ένα LED (Σχήμα 1). Κατάσταση "on" στο LED (αναμμένο) ισοδυναμεί με τιμή 1 στο bit και κατάσταση "off" στο LED (σβηστό) ισοδυναμεί με τιμή 0 στο bit. 3) Η αλλαγή της τιμής οποιουδήποτε bit του δυαδικού αριθμού γίνεται με χρήση ενός button που ανάβει ή σβήνει το αντίστοιχο LED (Σχήμα 1). 4) Το αποτέλεσμα της μετατροπής στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης του δυαδικού αριθμού που έχει οριστεί κάθε στιγμή από το άναμμα/σβήσιμο των LEDs, γίνεται με την εμφάνιση σχετικού μηνύματος στην σειριακή οθόνη (serial monitor) του Arduino. Η κατασκευή του κυκλώματος γίνεται στον προσομοιωτή *Tinkercad* (Autodesk, 2022) ή/και με τη χρήση πραγματικής πλακέτας και περιφερειακών εξαρτημάτων. Αν η εμπειρία των μαθητών/τριων στην κατασκευή κυκλωμάτων με Arduino είναι μεγάλη, η κατασκευή του κυκλώματος μπορεί να γίνει χωρίς να δίνεται σε αυτούς/ες έτοιμη η εικόνα του κυκλώματος του calculator. Σε συνέχεια της κατασκευής του κυκλώματος ζητείται από τους/τις μαθητές/τριες να κάνουν κάποιες παρατηρήσεις που αφορούν στο κύκλωμα που κατασκεύασαν (*Φύλλο Εργασίας 3 - Δραστηριότητα 3*). **<u>Στάδιο 2ο</u>: Προγραμματισμός κυκλώματος**. (45 λεπτά) Οι μαθητές/τριες στο στάδιο αυτό συνεργάζονται με τα άλλα μέλη της ομάδας τους καθοδηγούμενοι από το *Φύλλο Εργασίας 4* (Ρέτσας & Τσιάμη, 2022) για τον προγραμματισμό του κυκλώματος που κατασκεύασαν. Αρχικά μελετούν ένα συγκεκριμένο παράδειγμα μετατροπής ενός δυαδικού αριθμού στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης και στη συνέχεια διατυπώνουν σε διάγραμμα ροής (flow chart) πρότασή τους για τον αλγόριθμο ελέγχου του κυκλώματος του calculator (*Φύλλο Εργασίας 4 - Δραστηριότητα 1*). Η κατασκευή του διαγράμματος ροής γίνεται με χρήση της Web 2.0 εφαρμογής σχεδίασης διαγραμμάτων *draw.io* (JGraph, 2022). Στη συνέχεια δίνεται στους μαθητές/τριες ημιτελής («μισοψημένος») κώδικας (half-baked code), ο οποίος αφορά τη λειτουργία του κυκλώματος για μετατροπή δυαδικών αριθμών μήκους 1 bit (*Φύλλο Εργασίας 4 - Δραστηριότητα 2*). Οι μαθητές/τριες πειραματίζονται με την εκτέλεση του κώδικα αυτού στο κύκλωμά τους (*Φύλλο Εργασίας 4 - Δραστηριότητα 3*). Παράλληλα, τους ζητείται να τον μελετήσουν και να απαντήσουν σε ερωτήματα που αφορούν σε συγκεκριμένα σημεία του (*Φύλλο Εργασίας 4 - Δραστηριότητες 4 και 5*). Τέλος, βασιζόμενοι σε αυτή τους τη μελέτη καλούνται να τον επεκτείνουν κατάλληλα, ώστε να ολοκληρωθεί η λειτουργία του calculator για την μετατροπή δυαδικών αριθμών μήκους 2 bits (*Φύλλο Εργασίας 4 - Δραστηριότητα 6*). **<u>Στάδιο 3ο</u> (προαιρετικό): Επέκταση κατασκευής**. Αφού οι μαθητές/τριες έχουν ολοκληρώσει την κατασκευή του calculator για δυαδικούς αριθμούς μήκους 2 bits, προτρέπονται να τον επεκτείνουν για μετατροπή 4ψήφιων δυαδικών αριθμών (*Φύλλο Εργασίας 4 - Δραστηριότητα 7*). Στην περίπτωσή που δεν υπάρχει επαρκής χρόνος στην τάξη για την πραγματοποίηση των επεκτάσεων αυτών, αυτό τους ανατίθενται ως εργασία για το σπίτι.
Διάρκεια	90 λεπτά
Εκπαιδευτικές Τεχνικές	● Εργασία σε ομάδες ● Πρακτική άσκηση (σε επίπεδο ομάδας)
Εποπτικά Μέσα	● Η/Υ εργαστηρίου ● Εξομοιωτής Tinkercad/πλακέτα Arduino με εξαρτήματα (LEDs, buttons) ● Φύλλο Εργασίας 3 (στάδιο 1ο) ● Φύλλο Εργασίας 4 (στάδια 2ο-3ο)

Φάση 5η	Παρουσίαση αποτελεσμάτων
Περιγραφή	Με την ολοκλήρωση της κατασκευής του calculator, οι ομάδες, παρουσιάζουν μέσω αντιπροσώπου στην ολομέλεια τις θέσεις-απαντήσεις τους στις δραστηριότητες των Φύλλων Εργασίας 3 και 4. Επίσης κάνουν επίδειξη της κατασκευής τους.
Διάρκεια	30 λεπτά
Εκπαιδευτικές Τεχνικές	● Παρουσίαση (από ομάδες) ● Συζήτηση
Εποπτικά Μέσα	● Η/Υ εργαστηρίου ● Διαδραστικός πίνακας ή μηχανή προβολής (projector) ● Προσομοιωτής Tinkercad/πλακέτα Arduino με εξαρτήματα (LEDs, buttons)
Φάση 6η	**Ανακεφαλαίωση και Αναστοχασμός**
Περιγραφή	Ο/Η εκπαιδευτικός μέσω της τεχνικής της συζήτησης κάνει μία ανακεφαλαίωση του διδαχθέντος αντικειμένου. Παράλληλα ζητάει από τους/τις μαθητές/τριες να αναστοχαστούν την εκπαιδευτική διαδικασία και να εκφράσουν τις εντυπώσεις τους για το σχεδιασμό, την οργάνωση, τη μεθοδολογική πορεία και το περιεχόμενο του εκπαιδευτικού σεναρίου, ώστε να διαπιστώσει πιθανές αδυναμίες της εκπαιδευτικής διαδικασίας.
Διάρκεια	15 λεπτά
Εκπαιδευτικές Τεχνικές	Συζήτηση
Εποπτικά Μέσα	-



Σχήμα 1: *Κύκλωμα Arduino «δυαδικού calculator» 2bit.*

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΣΥΜΒΟΛΑΙΟ – ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ

Στο συγκεκριμένο εκπαιδευτικό σενάριο το διδακτικό συμβόλαιο θα αφορά στη σωστή λειτουργία των ομάδων, στη διαχείριση του χρόνου της αυτενέργειας των ομάδων, στη σωστή χρήση των εποπτικών μέσων, ώστε να υποστηριχθούν οι στόχοι της εκπαιδευτικής διαδικασίας, και στην αξιολόγηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας από τους/τις μαθητές/τριες. Ο/Η εκπαιδευτικός λειτουργεί ως παράγοντας στήριξης και καθοδήγησης των μαθητών/τριών με παρεμβάσεις όπου αυτό κρίνεται αναγκαίο, για τη βέλτιστη εξέλιξη της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Παράλληλα, διασφαλίζει τη δημοκρατική λειτουργία των ομάδων υποστηρίζοντας την ισοτιμία των μελών και την εναλλαγή των ρόλων μέσα σε αυτή (π.χ. χειριστής Η/Υ, γραμματέας). Το διδακτικό συμβόλαιο αυτό μπορεί να επαναδιαμορφώνεται κάθε φορά που παρατηρείται παρέκκλιση από αυτό.

ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΗ ΘΕΩΡΙΑ ΜΑΘΗΣΗΣ – ΥΙΟΘΕΤΟΥΜΕΝΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Το παρόν διδακτικό σενάριο, μέσω της εκτέλεσης μία σειράς δραστηριοτήτων **πειραματισμού** και **διερεύνησης** που περιέχονται στα χρησιμοποιούμενα φύλλα εργασίας, επιδιώκει να παρέχει ένα περιβάλλον ***διερευνητικής μάθησης*** (*inquiry-based learning*), (Yee-King et al., 2017; Edelson et al., 1999), υπό την υποστηρικτική και καθοδηγητική παρουσία του/της εκπαιδευτικού. Παράλληλα είναι συμβατό με τις αρχές του ***(επ)οικοδομισμού*** (*constructivism*), όπου οι μαθητές/τριες οικοδομούν τη νέα αυτή γνώση μέσα από μία διεργασία **ενεργούς συμμετοχής** τους στην εκπαιδευτική διαδικασία, αξιοποιώντας γνώσεις που ήδη διαθέτουν (Papert, 1990; Steffe & Gale, 1995; Wadsworth, 1996).

Μέσα στο περιβάλλον αυτό ο/η μαθητής/τρια καθίσταται πρωταγωνιστής της μαθησιακής διαδικασίας. Δε λειτουργεί ως παθητικός δέκτης της νέας γνώσης η οποία παρέχεται έτοιμη από τον/την εκπαιδευτικό (μετωπική διδασκαλία), αλλά ως **ενεργών/ούσα**, μέσω κατάλληλων δραστηριοτήτων και την υποστήριξη και καθοδήγηση του/της εκπαιδευτικού, κινείται ο/η ίδιος/ίδια προς την ανακάλυψη της υπό διαπραγμάτευση νέας γνώσης. Ως εκ τούτου το εκπαιδευτικό σενάριο είναι συμβατό και με τις αρχές της ***προσανατολισμένης στο/στη μαθητή/τρια μάθησης*** (*student-centered learning*) (O'Neill & McMahon, 2005).

Τέλος, το εκπαιδευτικό σενάριο μέσα από την υιοθέτηση της εργασίας των μαθητών/τριών σε ομάδες, ακολουθεί τις αρχές της ***συνεργατικής μάθηση*** (*collaborative learning*) (Dillenbourg, 1999).

Το εκπαιδευτικό σενάριο υιοθετεί τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις και στρατηγικές μάθησης που καλούνται να εφαρμόσουν οι εκπαιδευτικοί σύμφωνα με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα της Πληροφορικής στο Λύκειο (Υ.ΠΑΙ.Θ., 2021). Το πρόγραμμα σπουδών αυτό ορίστηκε στο ΦΕΚ 5932/τ.Β΄/2021 και πρόκειται να εφαρμοστεί από το σχολικό έτος 2021-2022 αρχικά πιλοτικά και στη συνέχεια πλήρως στα Γενικά Λύκεια της χώρας.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Η αξιολόγηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας του σεναρίου πραγματοποιείται τόσο από τον/την εκπαιδευτικό, όσο και από τους/τις μαθητές/τριες. Συγκεκριμένα, κατά την τελευταία φάση του σεναρίου (Φάση 6) μέσα από μια αναστοχαστική διεργασία με τη μορφή συζήτησης, οι μαθητές/τριες εκφράζουν την άποψή τους για το σχεδιασμό, την οργάνωση και τη μεθοδολογική πορεία του σεναρίου. Στη συνέχεια ο/η εκπαιδευτικός συμπληρώνει τελική αξιολογική φόρμα για κάθε ομάδα εργασίας μαθητών/τριών (Πίνακες 2, 3 και 4), όπου εξετάζει συγκεκριμένα on/off κριτήρια για την αποτελεσματικότητα της εκπαιδευτικής διαδικασία ως προς την επίτευξη από τα μέλη τους των στόχων που είχαν τεθεί.

Πίνακας 2: *Κριτήρια αξιολόγησης μαθητών/τριών ως προς την επίτευξη στόχων γνώσεων.*

	Κριτήριο Αξιολόγησης	**ON/ OFF**	**Κριτήριο Αξιολόγησης**	**ON/ OFF**	**Κριτήριο Αξιολόγησης**	**ON/ OFF**
Οικοδό-μηση γνώσης	Η ομάδα **δεν κατανόησε** το δυαδικό σύστημα αρίθμησης		Η ομάδα **κατανόησε μερικώς** το δυαδικό σύστημα αρίθμησης		Η ομάδα **κατανόησε πλήρως** το δυαδικό σύστημα αρίθμησης	

	Η ομάδα **δεν κατανόησε** τη μετατροπή αριθμού από το δυαδικό στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης		Η ομάδα **κατανόησε μερικώς** τη μετατροπή αριθμού από το δυαδικό στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης		Η ομάδα **κατανόησε πλήρως** τη μετατροπή αριθμού από το δυαδικό στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης	
Εφαρμογή γνώσης σε ρεαλιστικά πλαίσια	Η ομάδα **δεν εφάρμοσε** τη δομή επιλογής (*if…else*) στην επίλυση προβλήματος		Η ομάδα **εφάρμοσε μερικώς** τη δομή επιλογής (*if…else*) στην επίλυση προβλήματος		Η ομάδα **εφάρμοσε επιτυχημένα** τη δομή επιλογής (*if…else*) στην επίλυση προβλήματος	

Πίνακας 3: *Κριτήρια αξιολόγησης μαθητών/τριών ως προς την επίτευξη στόχων δεξιοτήτων.*

	Κριτήριο Αξιολόγησης	**ON/ OFF**	**Κριτήριο Αξιολόγησης**	**ON/ OFF**	**Κριτήριο Αξιολόγησης**	**ON/ OFF**
Δεξιότητα κατασκευής	Η ομάδα **δεν** πειραματίστηκε **καθόλου** με τα εξαρτήματα του κυκλώματος		Η ομάδα πειραματίστηκε **μερικώς** με τα εξαρτήματα του κυκλώματος		Η ομάδα πειραματίστηκε **με άνεση** με τα εξαρτήματα του κυκλώματος	
Δεξιότητα κατανόησης κώδικα	Η ομάδα **δεν κατανόησε καθόλου** τον κώδικα		Η ομάδα **κατανόησε μερικώς** τον κώδικα		Η ομάδα **κατανόησε πλήρως τον** κώδικα	
Δεξιότητα προγραμ-ματισμού	Η ομάδα **δεν ανάπτυξε καθόλου** τον κώδικα		Η ομάδα **ολοκλήρωσε με λάθη** την ανάπτυξη του κώδικα		Η ομάδα **ολοκλήρωσε σωστά** την ανάπτυξη του κώδικα	

Πίνακας 4: *Κριτήρια αξιολόγησης μαθητών/τριών ως προς την επίτευξη στόχων στάσεων και συμπεριφορών.*

	Κριτήριο Αξιολόγησης	**ON/ OFF**	**Κριτήριο Αξιολόγησης**	**ON/ OFF**	**Κριτήριο Αξιολόγησης**	**ON/ OFF**
Δεξιότητες αποτίμησης	Η ομάδα **δεν εκτιμάει καθόλου** την αξία της αλγοριθμικής σκέψης στην επίλυση ενός μαθηματικού προβλήματος		Η ομάδα **εκτιμάει μερικώς** την αξία της αλγοριθμικής σκέψης στην επίλυση ενός μαθηματικού προβλήματος		Η ομάδα **εκτιμάει πλήρως** την αξία της αλγοριθμικής σκέψης στην επίλυση ενός μαθηματικού προβλήματος	
Πειραμα-τισμός και δοκιμή	Η ομάδα **δεν** επιδόθηκε σε πειραματισμό και δοκιμή		Η ομάδα **επιδόθηκε μερικώς** σε πειραματισμό και δοκιμή		Η ομάδα **επιδόθηκε πλήρως** σε πειραματισμό και δοκιμή	
Δεξιότητες αιτιολόγησης απόψεων	Η ομάδα **δεν αιτιολόγησε** τις απόψεις της		Η ομάδα **αιτιολόγησε μερικώς** τις απόψεις της		Η ομάδα **αιτιολόγησε πλήρως** τις απόψεις της	
Δεξιότητες συνεργασίας	Η ομάδα **δεν συνεργάστηκε** σε **κανένα στάδιο** της εκπ/κης		Η ομάδα **συνεργάστηκε** σε **μερικά στάδια** της εκπ/κης		Η ομάδα **συνεργάστηκε** σε **όλα τα στάδια** της εκπ/κης	

	διαδικασίας		διαδικασίας		διαδικασίας	
	Η ομάδα **δεν λειτούργησε** δημοκρατικά		Η ομάδα **λειτούργησε** δημοκρατικά **κατά διαστήματα**		Η ομάδα **λειτούργησε** δημοκρατικά σε όλη την διάρκεια	

ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗ ΑΞΙΑ

ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗ ΑΞΙΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Το παρόν εκπαιδευτικό σενάριο αποσκοπεί στη συνειδητοποίηση από την πλευρά των μαθητών/τριών του ψηφιακού τρόπου λειτουργίας του Η/Υ. Ο σκοπός αυτός επιδιώκεται να επιτευχθεί μέσα από την ανάπτυξη μίας εφαρμογής στο πλαίσιο της μεθοδολογίας STEM. Πρόκειται για την κατασκευή ενός «δυαδικού calculator» με χρήση της πλακέτας Arduino. Η εφαρμογή αυτή αποτελεί έναν **«πρακτικό»-βιωματικό** τρόπο για το μαθητή/τρια να προσεγγίσει περισσότερο τη θεωρητική γνώση της λειτουργίας του Η/Υ ως μίας ψηφιακής συσκευής. Παράλληλα, μέσω της συγκεκριμένης εφαρμογής STEM, οι μαθητές/τριες ασκούνται στην προγραμματιστική επίλυση ενός μαθηματικού προβλήματος, αυτού της μετατροπής ενός αριθμού από το δυαδικό στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης.

Ο δρόμος που προτείνεται από το εκπαιδευτικό σενάριο διαφοροποιείται από το παραδοσιακό μοντέλο της δασκαλοκεντρικής τεχνικής της εισήγησης και κατ' επέκταση της διατήρησης μίας παθητικής στάσης από την πλευρά των μαθητών/τριών (μετωπική διδασκαλία). Στο συγκεκριμένο σενάριο υιοθετείται η τακτική της **αυτενέργειας** των μαθητών/μαθητριών και οικοδόμησης της νέας γνώσης από τους/τις ίδιους/ίδιες μέσω δραστηριοτήτων **πειραματισμού** και **διερεύνησης**. Εφαρμόζεται δηλ. μία **(επ)οικοδομιστική** διδακτική στρατηγική διερεύνησης που εξασφαλίζει την «κίνηση» του μαθητή προς τη νέα γνώση (μαθητής «ενεργών») και όχι της γνώσης προς αυτόν (μαθητής «παθητικός δέκτης») (Papert, 1990; Fosnot & Perry, 2005). Η διερευνητική και εποικοδομηστική αυτή προσέγγιση έχει ιδιαίτερα θετικά μαθησιακά αποτελέσματα στην επίτευξη των στόχων που σχετίζονται με την ανάπτυξη δεξιοτήτων στον προγραμματισμό (Yee-King et al., 2017).

Τέλος, όλα τα παραπάνω συνδυαζόμενα με τα θετικά στοιχεία της μεθοδολογίας STEM που αφορά το παραγόμενο τέχνημα της κατασκευής Arduino, πολλαπλασιάζει τα εκπαιδευτικά οφέλη σε επίπεδο γνωστικού αντικειμένου.

ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗ ΑΞΙΑ ΣΕ ΜΕΤΑΓΝΩΣΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Οι μαθητές/τριες εργάζονται σε ένα ομαδοσυνεργατικό πλαίσιο (Dillenbourg, 1999), το οποίο ευνοεί την ανάπτυξη τόσο γνωστικών, όσο και μεταγνωστικών ικανοτήτων και δεξιοτήτων, όπως ο περιορισμός της ατομικότητας και η ανάπτυξη πνεύματος συνεργασίας και δημοκρατικότητας. Η συγκρότηση των ομάδων (Φάση 3) γίνεται με δημοκρατικό τρόπο, επιδιώκεται όμως με διακριτικές παρεμβάσεις από τον/την εκπαιδευτικό η σύνθεση των ομάδων να περιλαμβάνει ανομοιογενή χαρακτηριστικά ως προς το φύλο, τις ακαδημαϊκές και κοινωνικές δεξιότητες και την προσωπικότητα των μελών τους (Ματσαγγούρας, 2008). Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές/τριες εκπαιδεύονται βιωματικά στην ετερότητα και την επίτευξη συνεργασίας σε ένα περιβάλλον διαφορετικότητας.

ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ

Το εκπαιδευτικό σενάριο εφαρμόστηκε κατά το σχολικό έτος 2018-2019 στη Β΄ Τάξη του Τομέα Πληροφορικής του ΕΠΑ.Λ. Άμφισσας (14 μαθητές και μαθήτριες) με θετικά αποτελέσματα ως προς την επίτευξη των επιδιωκόμενων στόχων. Οι μαθητές/τριες ανταποκρίθηκαν στο διερευνητικό χαρακτήρα του σεναρίου, ενεργοποιήθηκαν, πειραματίστηκαν με την κατασκευή STEM και μέσα από την δοκιμή και το λάθος προσέγγισαν τη γνώση με σημαντική επιτυχία. Στα ενθαρρυντικά στοιχεία από την εφαρμογή του σεναρίου σημειώνεται η πολύ θετική ανταπόκριση μαθητών/τριών που εμφανίζονται αδύναμοι σε μαθήματα που διενεργούνται με το παραδοσιακό δασκαλοκεντρικό μοντέλο. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στον ανακαλυπτικό-διερευνητικό χαρακτήρα του εκπαιδευτικού σεναρίου που έδωσε τη δυνατότητα στους/στις μαθητές/τριες αυτούς να δραστηριοποιηθούν και να βιώσουν την πρόκληση της δοκιμής, του πειραματισμού και τελικά να προσεγγίσουν τη ζητούμενη γνώση.

Επειδή οι μαθητές/τριες της Β΄ Τάξης του Λυκείου από τις προηγούμενες τάξεις της σχολικής τους ζωής δε διαθέτουν εμπειρία στην ανάπτυξη προγραμμάτων σε μία πραγματική γλώσσα

προγραμματισμού, όπως η Wiring για Arduino, η υλοποίηση του σεναρίου προγραμματίστηκε σε χρονική στιγμή προς το τέλος της σχολικής χρονιάς. Αυτό έγινε προκειμένου οι μαθητές/τριες να έχουν αποκτήσει κάποιο σχετικό γνωσιακό υπόβαθρο στην προγραμματιστική επίλυση προβλημάτων μέσω του μαθήματος «*Αρχές Προγραμματισμού Υπολογιστών*» της Β΄ Τάξης του Τομέα Πληροφορικής του ΕΠΑ.Λ. Μολονότι το μάθημα αυτό αφορά προγραμματισμό στη γλώσσα προγραμματισμού Python, η αποκτηθείσα προγραμματιστική εμπειρία κρίνεται πολύ σημαντική για την εκτέλεση του *Φύλλου Εργασίας 4* (Ρέτσας & Τσιάμη, 2022) που αφορά τον προγραμματισμό του κατασκευασμένου κυκλώματος Arduino στη γλώσσα προγραμματισμού Wiring. Επίσης, της εφαρμογής του σεναρίου είχαν προηγηθεί σχετικές δραστηριότητες εξοικείωσης δημιουργίας κυκλωμάτων με την πλακέτα Arduino μέσω του προσομοιωτή Tinkercad.

Η βασική δυσκολία που παρουσιάστηκε κατά την υλοποίησή του αφορούσε στη μετάβαση των μαθητών/τριών από το συντακτικό της Python στο συντακτικό της Wiring. Οι δυσκολίες αυτές μπορούν να αντιμετωπιστούν με την παροχή από τον/την εκπαιδευτικό σχετικού συνοπτικού υποβοηθητικού φύλλου (cheat sheet) για τη γλώσσα Wiring.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Δυαδικό σύστημα (7/9/2021). Στη *Βικιπαίδεια*. https://bit.ly/wikipedia-binary-system.

Ι.Ε.Π. (2021). *Πρόγραμμα Σπουδών για το Μάθημα της Πληροφορικής στις Α΄, Β΄ και Γ΄ Τάξεις Λυκείου*. (Πρώτη Έκδοση). Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (Εκδ.), Αθήνα. Διαθέσιμο στις 18 Ιουλίου από την διεύθυνση https://iep.edu.gr/services/eduguide/iframes/education-guide/view-file?fid=07083e88b6c84fe25191fa06220bfc92ed66af87db6e21b24f135dad65a03944.

Λιάχνη, Ά., Μαντά, Στ., Νικολού, Α., & Παπαδάκης, Σπ. (2016). *Βασικά Θέματα Πληροφορικής Β΄ Τάξης ΕΠΑΛ*, *Σημειώσεις Μαθητή*. ΙΤΥΕ «Διόφαντος» (Εκδ.). Διαθέσιμο στις 18 Ιουλίου από τη διεύθυνση http://iep.edu.gr/images/IEP/EPISTIMONIKI_YPIRESIA/Epist_Monades/B_Kyklos/Tee/2016/BEpal/2016_BEpal_Basica_ThPl.pdf.

Ματσαγγούρας, Η. (2008). *Ομαδοσυνεργατική διδασκαλία και μάθηση*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.

Μαυραντζάς, Ν. (2022). *Αναλογικό και Ψηφιακό – Το παράδειγμα του λαμπτήρα*. Φωτόδεντρο Μαθησιακά Αντικείμενα, Έκδοση 2.0 (τελική). Ανακτήθηκε στις 18 Ιουλίου 2022 από τη διεύθυνση http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/976.

Ρέτσας, Χρ., & Τσιάμη, Στ. (2022). *Εκπαιδευτικό Σεναρίο STEM «Δυαδικός calculator – Πώς αναπαριστά τους αριθμούς ο υπολογιστής;»*. http://tiny.cc/retsas-tsiami-scientix22.

Υ.ΠΑΙ.Θ. (2021) *Ύλη και οδηγίες διδασκαλίας των Τεχνολογικών-Επαγγελματικών μαθημάτων του ΤομέαΠληροφορικής της Β΄ τάξης ΕΠΑ.Λ. και των μαθημάτων ειδικότητας των Ειδικοτήτων του Τομέα Πληροφορικής της Γ΄ τάξης ΕΠΑ.Λ. για το σχολικό έτος 2021-22*. Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, Έγγραφο αρ. πρωτ. Φ3/113248/Δ4/13-09-2021. Ανακτήθηκε στις 18 Ιουλίου 2022 από τη διεύθυνση https://bit.ly/minedu-epalOdhgies2122.

Autodesk, Inc. (2022). *Tinkercad*. https://www.tinkercad.com.

Ben-Ari, M. (1998). *Constructivism in computer science education*. In: J. A. Editor, E. Coeditor, & A. G. Thirdeditor (Eds.), SIGCSE '98 Proceedings of the twenty-ninth SIGCSE technical symposium on Computer science education (pp. 257-261). Atlanta, Georgia, USA, February 26-March 01, 1998. New York, USA: ACM. Ανακτήθηκε στις 18 Ιουλίου 2022 από τη διεύθυνση http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.330.1099&rep=rep1&type=pdf.

Bits and Bytes TVO. (10/5/2012). *The Digital Computer (Bits and Bytes, Episode 1)* [Video]. YouTube. Ανακτήθηκε στις 18 Ιουλίου 2022 από τη διεύθυνση https://youtu.be/AdF2uk-EscE.

Dillenbourg, P. (1999). *What do you mean by collaborative learning?*. In P. Dillenbourg, *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*. Oxford: Elsevier, pp.1-19, 1999. Ανακτήθηκε στις 18 Ιουλίου 2022 από τη διεύθυνση https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190240/document.

Fosnot, C., & Perry, R. (2005*). Constructivism: A psychological theory of learning*. In C. Fosnot (Ed.), Constructivism: Theory, Perspectives, and Practice. Second Edition. New York: Teachers College Press, , Columbia University. Ανακτήθηκε στις 18 Ιουλίου 2022 από τη διεύθυνση http://beyondbitsandatoms.org/readings/fosnot_constructivism_1996.pdf.

JGraph, Ltd. (2022). *diagrams.net/draw.io*. https://app.diagrams.net.

Edelson, D., Gordin, D., & Pea, R. (1999) Addressing the Challenges of Inquiry-Based Learning Through Technology and Curriculum Design, *Journal of the Learning Sciences, 8 (3-4)*, 391-450. Ανακτήθηκε

στις 18 Ιουλίου 2022 από τη διεύθυνση https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190609/document.
O'Neill, G., & McMahon, T. (2005). *Student-centered learning: What does it mean for students and lecturers?*. In G. O'Neill, S. Moore, & B. McMullin (Eds.), Emerging issues in the practice of university learning and teaching. Dublin: All Ireland Society for Higher Education. Ανακτήθηκε στις 18 Ιουλίου 2022 από τη διεύθυνση https://www.researchgate.net/publication/241465214_Student-centred_learning_What_does_it_mean_for_students_and_lecturers.
Papert, S. (1990). *Constructionist learning*. In Idit Harel (Ed.), Cambridge, MA: MIT Media Laboratory.
Steffe, L. P., & Gale, J. (1995). *Constructivism in Education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
Yee-King, M-J., Grierson, M., & D' Inverno M. (2017). Evidencing the Value of Inquiry Based, Constructionist Learning for Student Coders. *International Journal of Engineering Pedagogy, 7(3)*, 109-129. Ανακτήθηκε στις 18 Ιουλίου 2018 από τη διεύθυνση http://online-journals.org/index.php/i-jep/article/view/7385.
Wadsworth, B. J. (1996). *Piaget's theory of cognitive and affective development: Foundations of constructivism* (5th ed.). White Plains, NY, England: Longman Publishing.
Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 1(2)*, Article 2, 1-13. Ανακτήθηκε στις 18 Ιουλίου από τη διεύθυνση https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1036&context=jpeer.

Πρόταση κατηγοριοποίησης των γραναζιών στο πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM

Λαδιάς Τάσος[1], Καρβουνίδης Θόδωρος[2], Γεωργόπουλος Κώστας[3]
ladiastas@gmail.com, tkarv@unipi.gr, kgeorgop@gmail.com
[1]Δρ. Πληροφορικής, Φυσικός, πρώην Σχολικός Σύμβουλος
[2]Δρ. Εκπαιδευτικός Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πειραιά
[3]Δρ. Φυσικών Επιστημών, ΕΔΙΠ ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά την ενασχόληση με τα Μηχανικά Συστήματα διαπιστώθηκε ότι αφενός υπήρχαν διαφορετικές ονομασίες για το ιδίου τύπου γρανάζι και αφετέρου ότι γινόταν χρήση του ιδίου ονόματος για διαφορετικά γρανάζια. Αυτά δημιούργησαν την ανάγκη να υπάρξει ένα σαφές λεξιλόγιο, που να εδράζεται σε μια κατηγοριοποίηση των γραναζιών. Η πρώτη διαίρεση των γραναζιών σε κατηγορίες έγινε εξετάζοντας αφενός την ανατομία τους και αφετέρου τους τρόπους που συνδυάζονταν. Όσον αφορά την ανατομία αυτή υποδιαιρείται σε υποκατηγορίες που ασχολούνται με το είδος της κίνησης του γραναζιού (περιστρεφόμενα-συρόμενα, κυρτά-κοίλα, κυκλικής ή μη διατομής, κεντρικός ή έκκεντρος άξονας) και με τη διάταξη της οδοντοστοιχίας τους στην περιφέρειά τους (γρανάζια σπιρούνια, κορώνες, ευθύγραμμο ή λοξό σπείρωμα, κάλυψη της περιφέρειας με δόντια). Η κατηγοριοποίηση με βάση τους τρόπους που αυτά συνδυάζονται για τη μεταφορά της κίνησης εξετάζεται αφενός σε σχέση με τους άξονες περιστροφής δύο συνδυαζόμενων γραναζιών (γρανάζια με κοινό άξονα ή παράλληλους / κάθετους άξονες ή πλάγιους άξονες όπως σπιράλ, υποειδή, σπειροειδή, ατέρμων κοχλίας) και αφετέρου με τον τρόπο μεταφοράς της κίνησης μέσω μιας συνδεσμολογίας τους. Το τελευταίο αποδίδει δύο υποκατηγορίες με τη μεταφορά της κίνησης να γίνεται με συμπλεκόμενα ή μη γρανάζια. Εδώ αναφέρονται οι ρόλοι που παίζουν τα γρανάζια όπως οδηγοί, ακόλουθοι, μεσογρανάζια, μικρογρανάζια, τα είδη των γραναζοσειρών (γραμμικές και επικυκλικές) και των εξόδων της κίνησης που περιλαμβάνει και το διαφορικό. Τέλος η μεταφορά της κίνησης χωρίς εμπλεκόμενα γρανάζια επιτυγχάνεται με χρήση βραχίονα, αλυσίδας κ.ά.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Γρανάζια, STEM*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εμπλοκή των συγγραφέων την περίοδο της καραντίνας στη μετάφραση-απόδοση και επιμέλεια τεσσάρων τευχών για την εισαγωγή στα Μηχανικά Συστήματα για μικρούς μαθητές αποτέλεσε την ανάγκη και το έναυσμα για τη βαθύτερη ενασχόληση με τα γρανάζια. Επιπλέον κίνητρο ήταν οι εν υπνώσει στο μυαλό μας αναφορές του Papert (1992) για "Τα γρανάζια των παιδικών μου χρόνων" με το οποίο ξεκινάει το βιβλίο του "Νοητικές Θύελλες".

Κατά την ενασχόληση με τα Μηχανικά Συστήματα διαπιστώθηκε ότι αφενός υπήρχαν διαφορετικές ονομασίες για το ιδίου τύπου γρανάζι και αφετέρου ότι γινόταν χρήση του ιδίου ονόματος για διαφορετικά γρανάζια. Αυτά δημιούργησαν την ανάγκη να υπάρξει ένα σαφές λεξιλόγιο που να εδράζεται σε μια κατηγοριοποίηση των γραναζιών. Η κατηγοριοποίηση αυτή βασίστηκε αρχικά αφενός στην κατασκευαστική **ανατομία** των διαφόρων γραναζιών και αφετέρου στους διάφορους τρόπους λειτουργίας τους και στις **συνδεσμολογίες** που αυτά χρησιμοποιούνταν για τη μετάδοση της κίνησης.

(Α) ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΩΝ ΓΡΑΝΑΖΙΩΝ

Σε αυτό το πλαίσιο μια περαιτέρω κατηγοριοποίηση των γραναζιών με βάση την ανατομία στηρίχτηκε αφενός στο είδος της κίνησής τους και αφετέρου στη διάταξη της οδοντοστοιχίας τους.

(Α.1) Γρανάζια με βάση το είδος της κίνησής τους μπορούν να διακριθούν σε (περι)στρεφόμενα και σε συρόμενα.

(Α.1.Ι) Τα (περι)στρεφόμενα γρανάζια θεωρούνται ότι είναι η απόλυτη πλειοψηφία. Η ανατομία τους καθορίζεται από παράγοντες όπως (α) σε ποια θέση βρίσκεται η οδοντοστοιχία, (β) το σχήμα της διατομής του που είναι κάθετη ως προς τον άξονα περιστροφής και (γ) τη θέση αυτού του άξονα στο επίπεδο της διατομής.

(Α.1.Ι.α) Η θέση της οδοντοστοιχίας μπορεί να είναι στην εξωτερική περίμετρο του γραναζιού (κυρτό γρανάζι), στην εσωτερική πλευρά της περιμέτρου (κοίλο γρανάζι) ή και στα δύο (Σχήμα 1).

Σχήμα 1: *Κατηγοριοποίηση γραναζιών ανάλογα με τη θέση της οδοντοστοιχίας.*

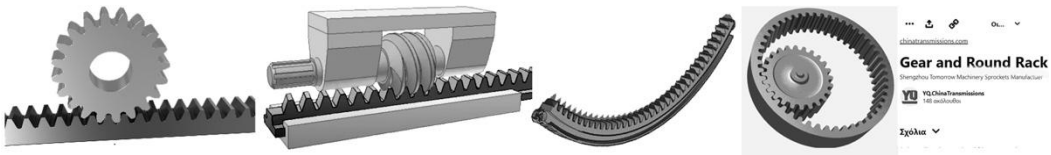
(Α.1.Ι.β) Όσον αφορά το σχήμα της διατομής του γραναζιού που είναι κάθετη ως προς τον άξονα περιστροφής του αυτή μπορεί να είναι είτε κυκλική (δίσκος, κύλινδρος και κώνος) είτε μη κυκλική (Σχήμα 2). Στην ομάδα των κυλινδρικών γραναζιών ανήκουν επιπλέον το γρανάζι-κλουβί (cage gear) και ο ατέρμων κοχλίας (screw gear) ή γρανάζι-σκουλήκι (worm gear).

Σχήμα 2: *Ταξινόμηση γραναζιών ανάλογα με το σχήμα της διατομής τους.*

(Α.1.Ι.γ) Όσον αφορά τη θέση του άξονα περιστροφής στο επίπεδο της διατομής του γραναζιού αυτή μπορεί να περνά είτε από το κέντρο της είτε εκτός κέντρου (έκκεντρο γρανάζι) (Σχήμα 3).

Σχήμα 3: *Ο άξονας περιστροφής μπορεί να περνά από το κέντρο ή να είναι έκκεντρο γρανάζι.*

(Α.1.ΙΙ) Εκτός από τα (περι)στρεφόμενα γρανάζια, ως γρανάζι μπορεί να θεωρηθεί και η συρόμενη οδοντωτή (ευθύγραμμη) δοκός (rack) θεωρώντας ως δεδομένο αφενός ότι "το γρανάζι είναι ένας τροχός με δόντια στην περιφέρειά του" (Hutcheson & Haas, 2021) και αφετέρου ότι το ευθύγραμμα τμήμα είναι ένα τόξο κύκλου με άπειρη ακτίνα (Σχήμα 4).



Σχήμα 4: *Παραδείγματα οδοντωτής δοκού σε ρόλο συρόμενου γραναζιού.*

(Α.2) Γρανάζια με βάση τη διάταξη της οδοντοστοιχίας τους. Οι παράγοντες που χαρακτηρίζουν την οδοντοστοιχία των γραναζιών είναι (α) η γωνία του άξονα των δοντιών, (β) η

γωνία ράβδωσης ως προς τον άξονα του φορέα περιστροφής και (γ) ο βαθμός κάλυψης της περιφέρειας με δόντια.

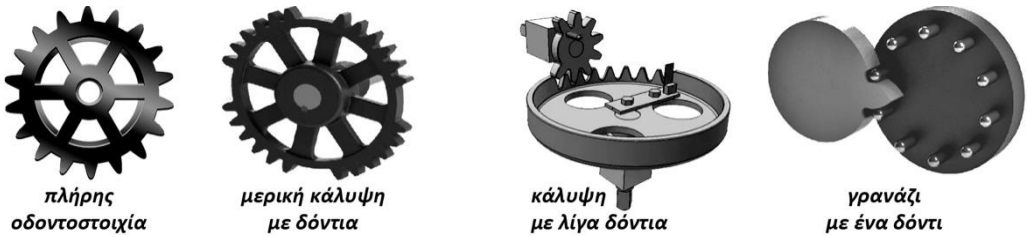
(Α.2.Ι) Η γωνία του άξονα των δοντιών μπορεί να αναφέρεται είτε ως προς την ακτίνα και να είναι συνευθειακή ή πλάγια (Σχήμα 5 αριστερά), είτε ως προς το επίπεδο της διατομής και να είναι επί του επιπέδου όπως το γρανάζι-σπιρούνι ή κάθετα στο επίπεδο (γρανάζι-κορώνα) όπως φαίνεται στο Σχήμα 5 δεξιά.

Σχήμα 5: *Παραδείγματα γραναζιών με διάφορες γωνίες του άξονα των δοντιών τους.*

(Α.2.ΙΙ) Με βάση τη γωνία του σπειρώματος ως προς τον άξονα του φορέα περιστροφής μπορεί να έχουμε ευθύ γρανάζι (straight) ή ελικοειδές / λοξό (skewed), όπως φαίνεται στο Σχήμα 6. Τα λοξά μπορεί να είναι μονού σπειρώματος ή διπλού σπειρώματος (herringbone) Επίσης η φορά των λοξών γραναζιών προσδιορίζεται με τον κανόνα του δεξιού χεριού ή του αριστερού χεριού.

Σχήμα 6: *Παραδείγματα γραναζιών με διάφορα σπειρώματα.*

(Α.2.ΙΙΙ) Όσον αφορά το βαθμό κάλυψης της περιφέρειας με δόντια μπορεί να υπάρχει πλήρης κάλυψη ή μερική κάλυψη (Σχήμα 7). Η μερική κάλυψη μπορεί να έχει πολλά ή λίγα δόντια, ένα δόντι ή και κανένα δόντι που το γρανάζι θεωρείται ότι εκφυλίζεται σε τροχό / τροχαλία.

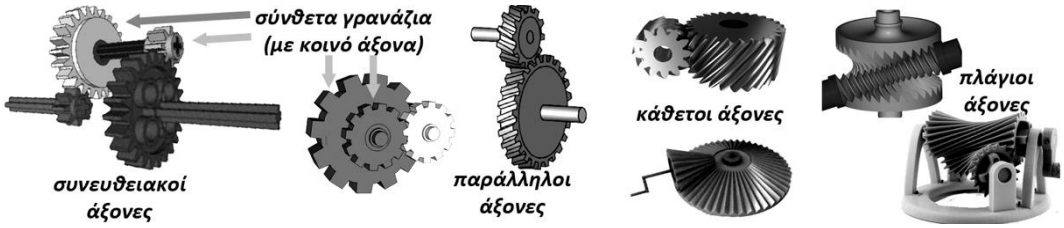


Σχήμα 7: *Παραδείγματα γραναζιών με διαφορετικό βαθμό κάλυψης της περιφέρειάς τους με δόντια.*

(Β) ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ ΤΩΝ ΓΡΑΝΑΖΙΩΝ

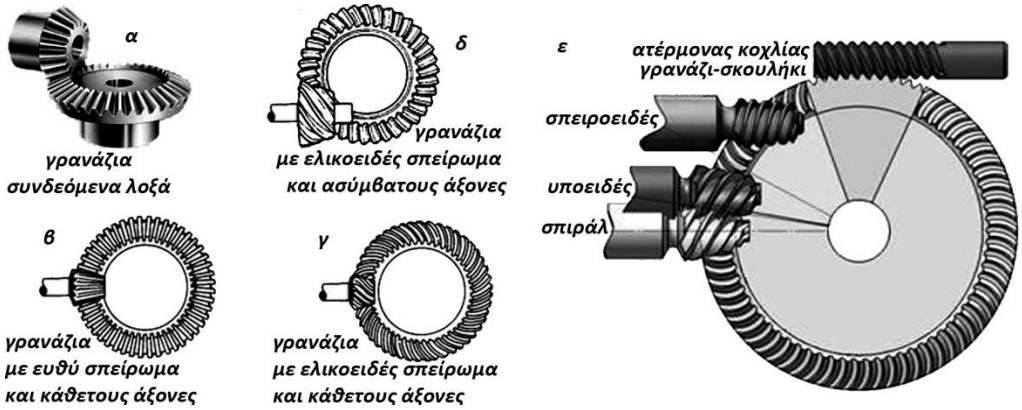
Η κατηγοριοποίηση των γραναζιών με βάση τους τρόπους που αυτά συνδυάζονται για τη μεταφορά της κίνησης θα εξεταστεί αφενός σε σχέση με τους άξονες περιστροφής δύο συνδυαζόμενων (γειτονικών) γραναζιών και αφετέρου με τον τρόπο μεταφοράς της κίνησης μέσω μιας συνδεσμολογίας τους.

(Β.1) Όσον αφορά τη θέση των αξόνων περιστροφής, δύο γρανάζια μπορεί να έχουν είτε ένα κοινό άξονα περιστροφής είτε διαφορετικούς άξονες περιστροφής οι οποίοι μπορεί να είναι παράλληλοι, κάθετοι ή πλάγιοι (Σχήμα 8). Όταν οι άξονες είναι παράλληλοι αυτοί μπορεί να είναι συνευθειακοί ή να υπάρχει ένας κοινός άξονας δημιουργώντας σύνθετα γρανάζια (compound). Οι κάθετοι άξονες μπορεί να ανήκουν είτε στο ίδιο επίπεδο είτε να είναι ασύμβατοι.



Σχήμα 8: *Διαφορετικές θέσεις των αξόνων περιστροφής γραναζιών.*

Μια αξιομνημόνευτη περίπτωση γραναζιών με κάθετους άξονες (συνεπίπεδους και ασύμβατους) είναι τα γρανάζια που συνδέονται λοξά (bevel) όπως φαίνεται στο Σχήμα 9α. Τα γρανάζια αυτά μπορεί να έχουν σπείρωμα ευθύ (Σχήμα 9β) ή ελικοειδές (Σχήματα 9γ και 9δ) και οι άξονές τους να είναι ομοεπίπεδοι (Σχήματα 9β και 9γ) ή ασύμβατοι (Σχήμα 9δ). Αναλυτικότερα τα γρανάζια που έχουν ελικοειδές σπείρωμα και συνδέονται λοξά ανάλογα με τη θέση τους (Eitel, 2020) ονομάζονται spiral, υποειδή (hypoid), σπειροειδή (spiroid) ενώ ως εφαπτόμενα είναι οι ατέρμονες κοχλίες όπως φαίνεται στο Σχήμα 9ε.



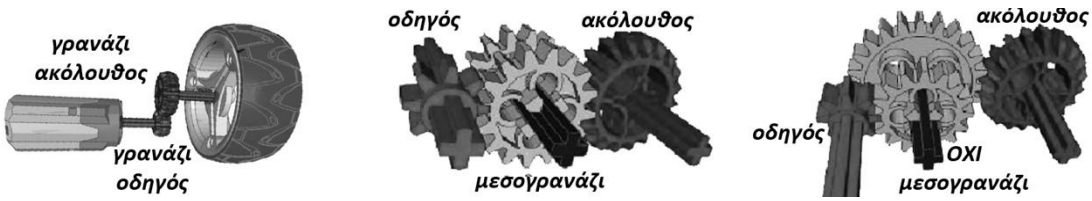
Σχήμα 9: *Παραδείγματα γραναζιών που συνδέονται λοξά.*

(Β.2) Για τη μεταφορά της κίνησης μέσω γραναζιών χρησιμοποιούνται συνδεσμολογίες στις οποίες τα γρανάζια μπορεί να συμπλέκονται ή όχι. Παραδείγματα μεταφοράς κίνησης με τέτοιες συνδεσμολογίες φαίνονται στο Σχήμα 10.

Σχήμα 10: *Μεταφοράς κίνησης με συνδεσμολογίες εμπλεκόμενων και μη γραναζιών.*

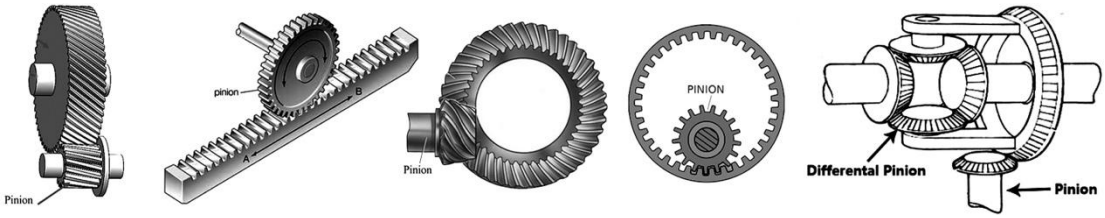
(Β.2.Ι) Τα συμπλεκόμενα γρανάζια σε συνδεσμολογίες (συστήματα γραναζιών) μπορεί να τα κατατάξουμε σε τρεις κατηγορίες ανάλογα (α) με το ρόλο που παίζουν τα γρανάζια στη συνδεσμολογία (β) με το είδος της συνδεσμολογίας και (γ) με το πλήθος των εξόδων της κίνησης της συνδεσμολογίας.

(Β.2.Ι.α) Ανάλογα με το ρόλο που παίζει ένα γρανάζι στη συνδεσμολογία αυτό θεωρείται ως *γρανάζι-οδηγός*, *γρανάζι-ακόλουθος* ή *μεσογρανάζι* / idler (Σχήμα 11).



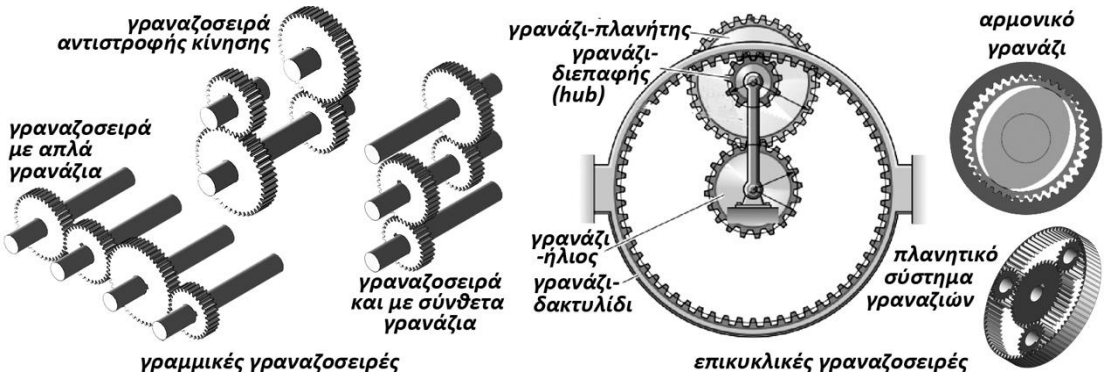
Σχήμα 11: *Ονομασίες γραναζιών ανάλογα με το ρόλο τους στις συνδεσμολογίες.*

Επίσης με τον όρο (κινητήριο) *μικρογρανάζι* / pinion χαρακτηρίζεται το γρανάζι εισόδου της κίνησης σε μια συνδεσμολογία ή σε ένα υποσύστημα της συνδεσμολογίας (Σχήμα 12).



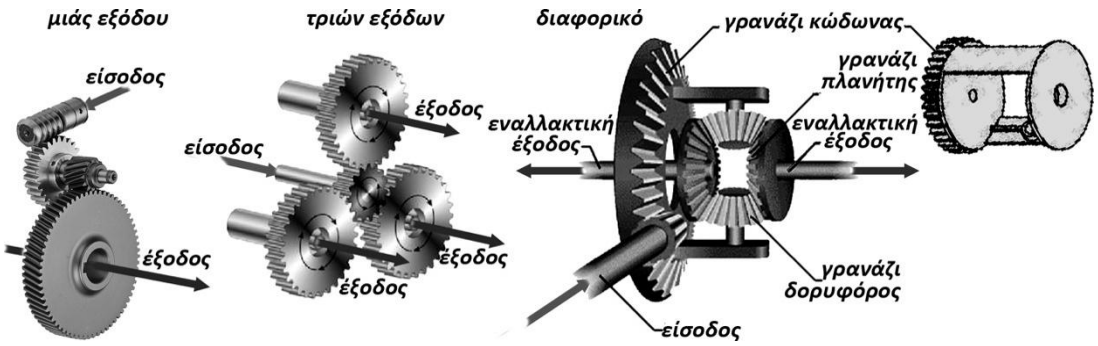
Σχήμα 12: *Παραδείγματα από μικρογρανάζια (pinion) που παίζουν το ρόλο του κινητήριου γραναζιού.*

(Β.2.Ι.β) Οι συνδεσμολογίες με γρανάζια (συστήματα γραναζιών) μπορεί να είναι γραμμικές ή επικυκλικές γραναζοσειρές (gear train) όπως φαίνονται στο Σχήμα 13. Οι γραμμικές γραναζοσειρές μπορεί να είναι απλές (όταν αποτελούνται από απλά γρανάζια) ή να σύνθετες (όταν συμπεριλαμβάνουν και σύνθετα γρανάζια) ή να έχουν τέτοια διάταξη ώστε να αντιστρέφουν τη φορά της κίνησης. Παραδείγματα επικυκλικών γραναζοσειρών είναι το αρμονικό γρανάζι και τα διάφορα είδη πλανητικών συστημάτων.



Σχήμα 13: *Παραδείγματα γραμμικών και επικυκλικών γραναζοσειρών.*

(Β.2.Ι.γ) Ανάλογα με το πλήθος των εξόδων της κίνησης οι συνδεσμολογίες γραναζιών μπορεί να διακριθούν σε εκείνες που έχουν μια έξοδο, περισσότερες εξόδους ή εναλλακτικές εξόδους (διαφορικά) όπως φαίνεται στα παραδείγματα του Σχήματος 14.



Σχήμα 14: *Παραδείγματα συνδεσμολογιών γραναζιών με μία έξοδο, με τρεις εξόδους και διαφορικού με εναλλακτικές εξόδους.*

(Β.2.ΙΙ) Για τη μεταφορά της κίνησης εκτός των συμπλεκομένων γραναζιών μπορούν αυτά να συνδεθούν με βραχίονες, αλυσίδες, οδοντωτούς ιμάντες και ερπύστριες (Σχήμα 15)**.**

Σχήμα 15: *Παραδείγματα συνδεσμολογιών με μη συμπλεκόμενα γρανάζια.*

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Με βάση την κατηγοριοποίηση των γραναζιών που προτάθηκε θεωρούμε ότι οι μαθητές μπορούν να έχουν ένα οδηγό ο οποίος θα τους επιτρέπει να αναγνωρίσουν αφενός την ανατομία ενός γραναζιού και αφετέρου το ρόλο τον οποίο παίζει αυτό σε μια συνδεσμολογία (σύστημα γραναζιών) για τη μεταφορά της κίνησης. Η αναγνώριση αυτή θα επιτρέψει στους μαθητές να κατανοήσουν τις υπάρχουσες ονομασίες των γραναζιών.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που αναφύεται κατά την απόδοση στην ελληνική γλώσσα της ονοματολογίας των γραναζιών είναι η συνύπαρξη ονομάτων με εντελώς διαφορετικό ύφος όπως οι όροι ατέρμων κοχλίας και γρανάζι σκουλήκι που αναφέρονται στο ίδιο τύπο γραναζιού. Επίσης η προτεινόμενη απόδοση καθιερωμένων αγγλικών όρων στα ελληνικά (pinion ως μικρογρανάζι, idler ως μεσογρανάζι, hub ως γρανάζι διεπαφής) αφήνεται να επιβεβαιωθεί στην πράξη μέσω της διαδικασίας της φυσικής επιλογής των σχετικών μιμιδίων.

Μια μελλοντική προοπτική για την έρευνα είναι η παρούσα κατηγοριοποίηση να εξελιχθεί σε μια ταξινόμηση προσανατολισμένη στη διδασκαλία των γραναζιών στα πλαίσια της εκπαίδευσης STEM που να βασίζεται στην ταξινομία SOLO.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Eitel Lisa (October 7, 2011 - updated February 2020). *What are gears for power transmission? Technical summary for design engineers.* Ανακτήθηκε στις 4 Ιουλίου 2022 από τη διεύθυνση https://www.motioncontroltips.com/what-is-a-gear/.

Hutcheson, B. & Haas, P. (2021). *Μηχανικά Συστήματα 3 / Βιβλίο μαθητή*, Αθήνα: Εκδόσεις STEM Education (ISBN: 978-618-85470-0-1).

Papert, S. (1991). *Νοητικές Θύελλες*, Εκδόσεις Οδυσσέας.

STEAM, το «Α» μεταξύ του «Ε» και του «Μ» Ζωγραφίζοντας τους αρρήτους

Θεοδωρακοπούλου Ευσταθία
efitheodora@gmail.com
Μαθηματικός, 2ο Γυμνάσιο Γέρακα, Πρότυπο Γυμνάσιο Αναβρύτων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το διαθεματικό project που παρουσιάζεται παρακάτω, αποτελεί μία καινοτόμα πρόταση για ένα δημιουργικό τρόπο διδασκαλίας επιστημονικών θεμάτων στη Β/θμια εκπαίδευση.

Το εκπαιδευτικό σενάριο, βασίστηκε στο πλαίσιο της επιμόρφωσης Β΄ επιπέδου των Τ.Π.Ε., αλλά εμπνεύστηκε από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα «Erasmus+ ΚΑ2-Στρατηγηκές Σύμπραξης στη Σχολική Εκπαίδευση, Creative STEAM project», στόχος του οποίου είναι να προσελκύσει περισσότερο τους μαθητές στα μαθήματα των θετικών επιστημών, ένας στόχος ιδιαίτερα σημαντικός στην εκπαιδευτική διαδικασία, παντρεύοντας την Τέχνη με την Επιστήμη. Και λέγοντας Τέχνη εννοούμε οποιαδήποτε μορφή με την οποία αυτή μπορεί να εκφραστεί, από πίνακα ζωγραφικής, φωτογραφία, βίντεο, μουσική, animation, θέατρο, γλυπτική έως διάφορες κατασκευές. Μέσα από αυτή την τεχνοτροπία αναδεικνύεται ο σημαντικός ρόλος που παίζει το «Α» ανάμεσα στο «Ε» και στο «Μ», του «STEAM».

Στο συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο γίνεται μια προσπάθεια «οπτικοποίησης» των άρρητων αριθμών, ώστε οι μαθητές να αντιληφθούν με τη βοήθεια των Τ.Π.Ε. το μήκος του ευθυγράμμου τμήματος που αντιστοιχεί στον αριθμό ρίζα 2, στον αριθμό ρίζα 3 κ.τ.λ. , να προσδιορίσουν την ακριβή θέση των αρρήτων πάνω στον άξονα των πραγματικών αριθμών, να κατασκευάσουν τη σπείρα του Πυθαγόρα αρχικά στον υπολογιστή με χρήση του GeoGebra και κατόπιν στο τετράδιό τους με το γνώμονα, και στο τέλος να την ενσωματώσουν δημιουργικά στις ζωγραφιές τους.

Η όλη διαδικασία, ο καινοτόμος τρόπος εμπλοκής των μαθητών στο μάθημα και η διαφορετική προσέγγιση της ενότητας, προσέλκυσε το ενδιαφέρον όλων των μαθητών της τάξης, ακόμα και των πιο ακαδημαϊκά αδυνάτων, και άφησε θετικό αποτύπωμα, βελτιώνοντας παράλληλα τις στάσεις και τις πεποιθήσεις που είχαν οι μαθητές για τα Μαθηματικά.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Σπείρα Πυθαγόρα, άρρητοι αριθμοί.*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρουσίαση του εκπαιδευτικού σεναρίου που ακολουθεί , πραγματοποιήθηκε με την υποστήριξη του ΙΚΥ, την Πέμπτη 2 Δεκεμβρίου 2021, στο πλαίσιο της τρίτης ημέρας της δεύτερης διακρατικής συνάντησης εταίρων στην Αθήνα του ευρωπαϊκού προγράμματος ERASMUS+ ΚΑ227 "Creative STEAM" στο 2ο Γυμνάσιο Γέρακα, με την παρουσία των εταίρων μας: του συντονιστή μας, τον κ. Καμτσή Ν. από το «Κέντρο Σπουδών Λαϊκού Θεάτρου, "Τόπος Αλλού"», την «Action Synergy», τους καθηγητές από Πανεπιστήμιο της Girona και τους εκπαιδευτικούς από σχολεία της Girona της Ισπανίας, τον εκπρόσωπο από τη «Mobilizing expertise» από την Σουηδία και τους καθηγητές από τη Σουηδία, το «CEIPES» και τους καθηγητές από την Ιταλία.

Το STEAM είναι μια εκπαιδευτική προσέγγιση της μάθησης που χρησιμοποιεί την επιστήμη, την τεχνολογία, τη μηχανική, τις τέχνες και τα μαθηματικά ως μοχλούς για να καθοδηγήσουν τους μαθητές στην έρευνα, τον διάλογο και την κριτική σκέψη. Είναι ένας τρόπος να διδαχθούν οι μαθητές πώς όλα σχετίζονται μεταξύ τους, στο σχολείο και στη ζωή. Είναι σαφώς πιο διασκεδαστικό από τις παραδοσιακές μορφές μάθησης και δίνει μεγαλύτερη σημασία σε όλους τους τύπους μαθητών, διότι βασίζεται στους φυσικούς τρόπους με τους οποίους οι άνθρωποι μαθαίνουν και ενδιαφέρονται για τα πράγματα. Δεν είναι απλά μια «προσθήκη» ή μια «προέκταση» του STEM. Είναι μια διεπιστημονική μεθοδολογία μάθησης που παρέχει έναν τρόπο διδασκαλίας με θέματα που αφορούν την πραγματική ζωή. Πιο συγκεκριμένα επιδιώκει να κάνει πιο ελκυστικά τα μαθήματα θετικών επιστημών στους μαθητές και να βελτιώσει τις βασικές δεξιότητές τους σ' αυτά (Καμτσής, 2021).

Είναι πολλαπλώς διαπιστωμένο ότι οι τέχνες αξιοποιούν και διευρύνουν τη φαντασία, την εφευρετικότητα, τη δημιουργικότητα και την αντίληψη των μαθητών, καλλιεργούν τη γλωσσική επικοινωνία και ανάπτυξη και βοηθούν στην απόκτηση νέων γνώσεων (Γεωργαντά, 2015) . Οι μαθητές μέσα από τη συνεργασία καλλιεργούν κοινωνικές δεξιότητες επικοινωνίας και συνεργασίας.

Έρευνες έχουν καταδείξει τη συμβολή των τεχνών στην απόκτηση θετικής στάσης των μαθητών προς το σχολείο. Όταν μάλιστα αξιοποιούνται μέσα στα πλαίσια διαθεματικών σχεδίων, συμβάλλουν στην προσφορά υψηλής ποιότητας μάθησης (Bamford, 2006) και μάλιστα δημιουργικής καθώς η γνώση που επιτυγχάνεται είναι ολόπλευρη και σφαιρική (αισθητική, δημιουργική, γνωστική, νοητική, συναισθηματική, κοινωνική). Έτσι, οι μαθητές αναπτύσσουν την προσωπικότητά τους και αποδίδουν νόημα στον κόσμο γύρω τους (Βάος, 2008). Είναι λοιπόν φανερό ότι οι τέχνες αποτελούν αναπόσπαστο και σημαντικό κομμάτι της εκπαίδευσης και απαιτείται αναγνώριση και αξιοποίησή τους λόγω της μεγάλης παιδαγωγική τους προσφοράς.

Τα τελευταία χρόνια η Εκπαίδευση μέσω της Τέχνης αλλά και η αξιοποίηση της Τέχνης στην Εκπαίδευση γίνεται ολοένα και πιο συστηματική. Η συμβολή όλων των μορφών Τέχνης είναι σημαντική για την προσωπική ανάπτυξη των ατόμων, τη διαμόρφωση αξιών και στάσεων, την απόκτηση πολυεπίπεδης γνώσης διαπίστωση που έχει γίνει από τις αρχές κιόλας του 20ου αιώνα (Βρεττός, 1999).

Ο John Dewey (1980) ισχυρίστηκε ότι η αισθητική εμπειρία που αποκτούμε με την επαφή με τις τέχνες, αποτελεί το κατεξοχήν μέσο για την ανάπτυξη της φαντασίας, την οποία θεωρεί θεμελιώδες στοιχείο της διεργασίας της μάθησης. Η γνώση που προσφέρει είναι ευρύτερη και βαθύτερη από τους συνήθεις τρόπους μάθησης και αποτελεί σημαντική πρόκληση για σκέψη.

Θεμελιώδης υπήρξε επίσης η συνεισφορά του Howard Gardner (1990) που υποστήριξε ότι η αισθητική εμπειρία είναι σημαντική για τη γνωστική ανάπτυξη του ατόμου και ότι αν θέλουμε να μιλάμε για άτομα με ολοκληρωμένη προσωπικότητα, το εκπαιδευτικό σύστημα οφείλει να καλλιεργεί όσο το δυνατόν περισσότερα από τα είδη νοημοσύνης που διαθέτει ο άνθρωπος. Για να μπορέσουμε επομένως να πετύχουμε την πολύπλευρη ενδυνάμωση της νοημοσύνης, απαιτείται διευρυμένη χρήση της τέχνης.

Κατά τον Eisner (2002), κάποια από τα «μαθήματα» που η τέχνη διδάσκει είναι τα εξής :

- μαθαίνει στα παιδιά να κρίνουν, αντίθετα από την υπόλοιπη διδακτέα ύλη όπου υπάρχουν μόνο σωστές και λάθος απαντήσεις,
- διδάσκει τους μαθητές ότι τα προβλήματα δεν έχουν πάντα μόνο μία λύση,
- δείχνει ότι υπάρχουν πολλοί τρόποι να ερμηνεύσει κανείς τον κόσμο,
- εξοικειώνει τα παιδιά με τη ρευστότητα των πραγμάτων, τους μαθαίνουν να παραδίνονται στις απροσδόκητες πιθανότητες του έργου καθώς αυτό ξεδιπλώνεται,
- διδάσκει στους μαθητές ότι μικρές διαφορές μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες επιπτώσεις.
- μαθαίνει στα παιδιά να σκέφτονται μέσω των υλικών για να κάνουν τις εικόνες πραγματικότητα,
- τους βοηθά να αποκτήσουν μοναδικές εμπειρίες και μέσα από αυτές να ανακαλύψουν το εύρος και την ποικιλία των πραγμάτων που είναι ικανοί να κάνουν (Γεωργαντά, 2015).

Στο project αυτό συμμετείχαν καθηγητές μαθηματικών, φυσικών επιστημών, τεχνολογίας και όσοι είναι εξοικειωμένοι με την τεχνική του θεάτρου, και μέσω των δράσεων τους στην τάξη απευθύνθηκαν σε όλους τους μαθητές του σχολείου (περίπου τετρακόσιοι μαθητές).

Στόχος του ήταν η ενσωμάτωση της χρήσης των τεχνικών θεάτρου καθώς και όλων των μορφών της τέχνης στα μαθήματα θετικών επιστημών και στις τρεις σχολικές τάξεις του Γυμνασίου. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία που ήταν πρακτική και κάλυπτε όλο το πρόγραμμα σπουδών STEAM (Μαθηματικά, Φυσική, Χημεία, Πληροφορική) του σχολείου με σενάρια, παραδείγματα, βέλτιστες πρακτικές σε συνεργασία με άλλες μορφές τέχνης. Πιο συγκεκριμένα, ο εκπαιδευτικός σε συνεργασία με τους μαθητές του κατά τη διάρκεια του μαθήματος στην τάξη και ξεκινώντας από το χώρο της τέχνης, :

- μίλησαν για ένα έργο τέχνης,
- ανέλυσαν τις λεπτομέρειές του,

- συγκεντρώθηκαν στα επιμέρους στοιχεία του,
- συμπέραναν και υπέθεσαν πράγματα που είναι πέρα από την απεικόνιση του καλλιτέχνη,
- δημιούργησαν δράσεις και παιχνίδια με κίνηση και δραματική φόρτιση,
- και τελικά κατέληξαν σε επιστημονικά συμπεράσματα εγκαταλείποντας το καλλιτεχνικό περιβάλλον και ατμόσφαιρα (Καμτσής, 2021).

Σπουδαία είναι και η συνεισφορά των ΤΠΕ στη μαθησιακή διαδικασία. Σημαντικοί παράγοντες για την παιδαγωγική αξιοποίηση των ΤΠΕ θεωρούνται:

- το ενδιαφέρον των μαθητών για τον υπολογιστή, που λειτουργεί ως κίνητρο μάθησης,
- η ενεργός συμμετοχή των μαθητών μέσω αλληλεπιδραστικών δραστηριοτήτων, και
- η επιλογή της κατάλληλης εφαρμογής λογισμικού για τη δημιουργία ή ενίσχυση των νοητικών μοντέλων τους (Γεωργαντά, 2015).

Η παιδαγωγική αξιοποίηση των ΤΠΕ επιτυγχάνεται σε ένα ολοκληρωμένο μαθησιακό πλαίσιο, το οποίο περιλαμβάνει διδακτικά σενάρια διδασκαλίας, όπως το παρακάτω.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

Οι συγκεκριμένες διαθεματικές διδακτικές διδασκαλίες και παρεμβάσεις , πραγματοποιήθηκαν στους μαθητές τριών τμημάτων (78 μαθητές) της Β΄τάξης του 2ου Γυμνασίου Γέρακα, το σχολικό έτος 2021-2022, στο μάθημα των Μαθηματικών και διήρκησαν τρείς διδακτικές ώρες. Προαπαιτούμενες γνώσεις ήταν η κατασκευή ορθογωνίου τριγώνου με γνώμονα και η γνώση του Πυθαγορείου Θεωρήματος.

Βασικός στόχος ήταν οι μαθητές μέσα από βιωματικές δραστηριότητες, με οπτικοακουστικά μέσα, με κατασκευές και χρήση των Τ.Π.Ε. , να ενεργοποιηθούν, να εμπλακούν και να πειραματιστούν στο μάθημα των Μαθηματικών, ειδικότερα γνωρίζοντας:

- να συσχετίσουν τους άρρητους αριθμούς με συγκεκριμένο μήκος το οποίο και να το προσδιορίζουν
- να εντοπίζουν την ακριβή θέση των άρρητων αριθμών πάνω στον άξονα των πραγματικών αριθμών.

Με αφορμή τις διάφορες σπείρες που συναντάμε στη φύση, έγινε προσπάθεια να προσεγγιστεί η κατασκευή τους από κάποιο μαθηματικό μοντέλο. Στους μαθητές παρουσιάστηκαν διάφορες εικόνες από σπείρες που συναντάμε στη φύση ή οπουδήποτε γύρω μας (σχήματα 1, 2, 3 και 4).

Σχήμα 1. *Robert Smithson:Spiral Jetty, ο σπυροειδής κυματοθραύστης, είναι φτιαγμένος μέσα στο νερό της αλμυρής λίμνης της Γιούτα των Η.Π.Α. με υλικά της περιοχής (Land Art), (λήψη από internet).*

Σχήμα 2: *Μουσείο Βατικανού, (λήψη από internet).*

Σχήμα 3: *Σπείρα, Αρχαιοελληνικό Σύμβολο Ζωής, (λήψη από internet).*

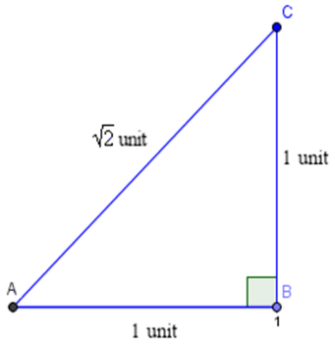
Σχήμα 4: *Piazza del Campo, Σιένα, Ιταλία, (λήψη από internet).*

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΛΛΙΤΕΧΝΙΚΗ ΔΡΑΣΗ

Οι μαθητές χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή φωτόδεντρου, με τη βοήθεια της GeoGebra, αφού κατασκεύασαν την ρίζα 2 με χρήση του Πυθαγορείου θεωρήματος, συνέχισαν διαδοχικά με την κατασκευή και των επόμενων ριζών, https://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/1779 , δημιουργώντας

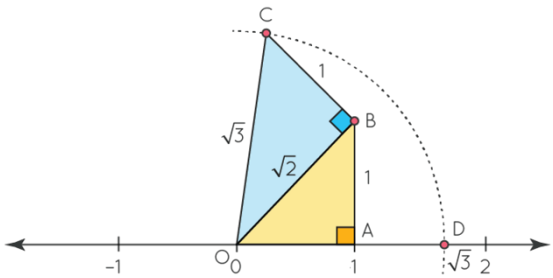
έτσι μία σπείρα, την οποία σε δεύτερη φάση αφού τη συμπλήρωσαν μέχρι το ρίζα 17, την ενέταξαν σε κάποιο θέμα που εμπνεύστηκαν και την αποτύπωσαν σε πίνακες ζωγραφικής.

Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές κατασκεύασαν τον αριθμό ρίζα 2, υπολογίζοντας την υποτείνουσα ενός ορθογωνίου και ισοσκελούς τριγώνου με κάθετες πλευρές μήκους 1, με χρήση του Πυθαγορείου θεωρήματος (σχήμα 5).



Σχήμα 5: *Κατασκευή της ρίζας 2.*

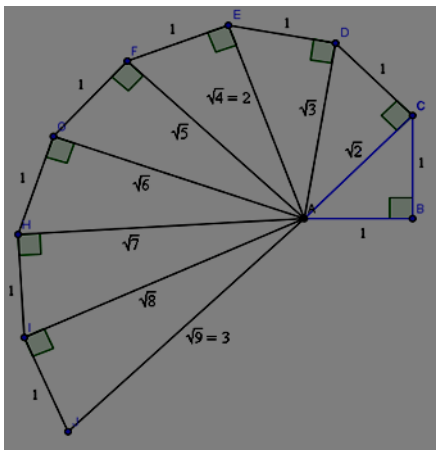
Ομοίως, παίρνοντας για κάθετες πλευρές το ρίζα 2 και το 1, έφτιαξαν το επόμενο τρίγωνο με υποτείνουσα το ρίζα 3, (σχήμα 6).



Σχήμα 6: *Κατασκευή του αριθμού ρίζα 3.*

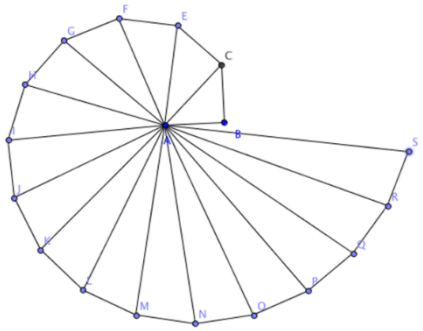
Με κέντρο το Ο και ακτίνα την τελευταία υποτείνουσα το ρίζα 3 , έφτιαξαν κύκλο. Εκεί που ο κύκλος έτεμνε τον άξονα των πραγματικών, τοποθέτησαν τον άρρητο αριθμό ρίζα 3, προσδιορίζοντας έτσι την ακριβή του θέση πάνω σε αυτόν, (σχήμα 6).

Συνεχίζοντας την ίδια διαδικασία, δηλαδή σχηματίζοντας το επόμενο ορθογώνιο τρίγωνο παίρνοντας κάθε φορά για κάθετες πλευρές την τελευταία υποτείνουσα και το 1,σχημάτισαν μια σπείρα, (σχήμα 7),



Σχήμα 7: *Κατασκευή της σπείρας..*

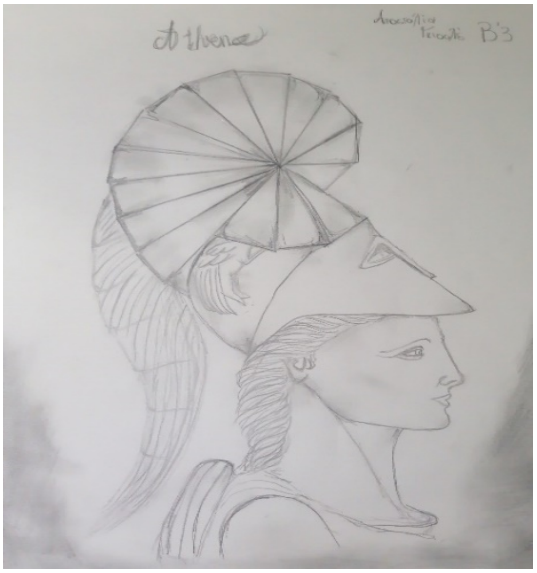
η οποία έκλεισε στο ρίζα 17, όπως αυτή φαίνεται στο σχήμα 8.

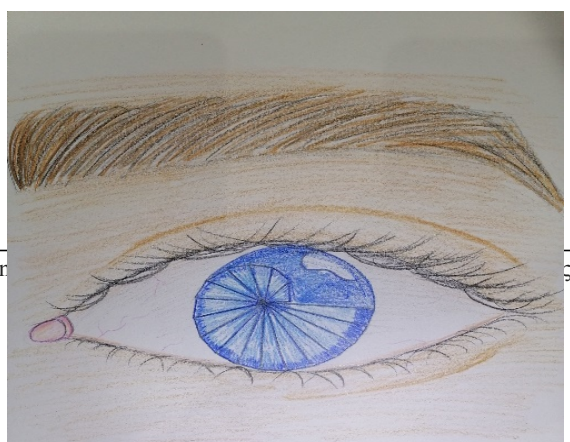


Σχήμα 8: *Κλειστή σπείρα, https://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/1779*

Κατόπιν κατασκεύασαν την ίδια σπείρα με το χέρι, χρησιμοποιώντας το γνώμονα. Διατηρώντας τον ίδιο αλγόριθμο και αλλάζοντας τις αρχικές διαστάσεις των καθέτων πλευρών του αρχικού ισοσκελούς ορθογωνίου τριγώνου, διαπίστωσαν ότι κατ΄ αυτόν τον τρόπο μπορούσαν να αλλάζουν το μέγεθος της σπείρας και να την αυξομειώνουν αναλόγως.

Αφού οι μαθητές έμαθαν να κατασκευάζουν τη σπείρα, να τη μεγεθύνουν ή να τη μικραίνουν, τη φαντάστηκαν και την ενέταξαν σε ένα πίνακα ζωγραφικής με διάφορα θέματα. Στο παρακάτω σχήμα 9, παρουσιάζονται μερικά από τα έργα που υλοποίησαν οι μαθητές:


Athena



Σχήμα 9: *Μερικά από τα έργα των μαθητών.*

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Σε όλες τις διδακτικές παρεμβάσεις υπήρξε ανατροπή του διδακτικού συμβολαίου. Από το συνηθισμένο δασκαλοκεντρικό μάθημα, περάσαμε σε ένα διαφορετικό μάθημα με χρήση Τ.Π.Ε, τόσο για την παρουσίαση του μαθήματος και την επίδειξη των απαραίτητων φωτογραφιών, όσο και για τις εφαρμογές του φωτόδεντρου, το οποίο ολοκληρώθηκε με την καλλιτεχνική δράση.

Οι μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες των τεσσάρων ατόμων, προκειμένου στα πλαίσια της ανεστραμμένης τάξης να παρουσιάσουν τις εργασίες τους για την ύπαρξη σπειρών στη φύση και οπουδήποτε γύρω μας.

Κατ' αυτόν τον τρόπο οι μαθητές:

- κατανόησαν ότι οι άρρητοι αριθμοί αντιστοιχούν σε συγκεκριμένο μήκος, το οποίο έμαθαν να το προσδιορίζουν και να το απεικονίζουν πάνω στον άξονα των πραγματικών αριθμών,
- έμαθαν να αναγνωρίζουν την ύπαρξη των αρρήτων αριθμών μέσα από τις σπείρες που συναντάμε γύρω μας.

Μετά το πέρας του παραπάνω διδακτικού σεναρίου, μοιράστηκαν στους μαθητές ερωτηματολόγια, προκειμένου να αξιολογήσουν τον καινούριο τρόπο διδασκαλίας και το όλο project.

Οι μαθητές μέσα από την παραπάνω διαθεματική διαδικασία προσέγγισης του μαθήματος, γνώρισαν έναν τρόπο διδασκαλίας που σύμφωνα με τα λεγόμενά τους, τους ενέπλεξε στη διαδικασία της μάθησης κρατώντας αμείωτο το ενδιαφέρον τους, άρχισαν να κατανοούν μερικούς από τους βασικούς λόγους ύπαρξης των Μαθηματικών και συνέδεσαν τα Μαθηματικά με τη συμβολή τους στην καθημερινότητα.

Επιπροσθέτως η συνεργασία τους, το μοίρασμα και ο ομαδοκεντρικός χαρακτήρας του μαθήματος, εμπλουτισμένος με τις νέες τεχνολογίες και τα οπτικοακουστικά μέσα με τα οποία οι σύγχρονοι μαθητές έχουν εξοικείωση, έκανε το μάθημα ενδιαφέρον, αφήνοντας θετικό αποτύπωμα. Ήταν χαρούμενοι και περίμεναν με αγωνία την επόμενη ώρα διδασκαλίας, με την προϋπόθεση ότι αυτή θα τελούνταν με τον ίδιο καινοτόμο τρόπο διδασκαλίας. Κερδήθηκε λοιπόν το ενδιαφέρον των μαθητών, που είχε σαν αποτέλεσμα την ενεργή συμμετοχή τους στο μάθημα. Όλη η παραπάνω διάδραση μπόρεσε μέσα από τις συζητήσεις που έγιναν με τους μαθητές, να αλλάξει επί το βέλτιστο τις στάσεις και τις πεποιθήσεις τους για τα Μαθηματικά και τον τρόπο που αυτά διδάσκονται στην ελληνική σχολική τάξη. Απόρροια αυτής της θετικής αντιμετώπισης, είναι το γεγονός ότι με το μάθημα ασχολήθηκαν όλοι οι μαθητές, ακόμα και οι πιο ακαδημαϊκά αδύνατοι. Όλα τα παραπάνω αφορούν τους 79 από τους 80 μαθητές στους οποίους εφαρμόστηκε το διδακτικό σενάριο. Μόνο ένας μαθητής αντιμετώπισε επιφυλακτικά τη διαδικασία. Συγκεκριμένα έγραψε στις απαντήσεις του ερωτηματολογίου: «Η κυρία μας προσπαθεί να συνδυάσει τα Μαθηματικά με την τέχνη, αλλά αυτό δεν γίνεται γιατί αυτά τα δύο είναι άσχετα».

Επιπλέον, αρκετοί μαθητές (70% του συνόλου της τάξης) μέτριας γενικά επίδοσης, μετά το συγκεκριμένο καινοτόμο σενάριο διδασκαλίας και τα επόμενα που ακολούθησαν, παρουσίασαν μεγάλη άνοδο στις μαθησιακές τους επιδόσεις στα Μαθηματικά, 10% των οποίων επισφραγίστηκε με άριστα γραπτά στις ενδοσχολικές Προαγωγικές και Απολυτήριες Εξετάσεις του Ιουνίου 2022.

Επιβεβαιώνεται κατ΄ αυτόν τον τρόπο, αυτό που έχει προκύψει από έρευνες στο παρελθόν και τώρα (Θεοδωρακοπούλου, 2005), ότι οι στάσεις και οι πεποιθήσεις (beliefs) που έχουν οι μαθητές για το αντικείμενο που τους διδάσκεται και η γνώμη που έχουν σχηματίσει για τον καθηγητή τους και το μοντέλο διδασκαλίας που αυτός εφαρμόζει στη σχολική τάξη, επηρεάζουν άμεσα την ενασχόλησή τους με το μάθημα και τις επιδόσεις τους σε αυτό.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ ιδιαιτέρως:

- τη Διευθύντρια του 2ου Γυμνασίου Γέρακα, κα Περτσινίδου Κυριακή, η οποία με τους ανοιχτούς ορίζοντες, τη δημιουργικότητά της, την αστείρευτη προσπάθειά της και το όραμά της για ένα σύγχρονο σχολείο, με παρότρυνε, με υποστήριξε και με ενθάρρυνε να εμπλακώ σε αυτό το τόσο δημιουργικό και καινοτόμο project,
- το συντονιστή του προγράμματος ERASMUS+KA227 "Creative STEAM", κ. Καμτσή Νικόλαο, διευθυντή του «Κέντρου Σπουδών Λαϊκού Θεάτρου, "Τόπος Αλλού"», ο οποίος με το δημιουργικό πολυτάλαντο πνεύμα του, το ευρύ πεδίο γνώσεων που διαθέτει σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα, τις καινοτόμες ιδέες του, τα πρωτοπόρα διδακτικά σενάρια που μας παρουσίασε και την αστείρευτη έμπνευσή του, με μύησε σε καινούρια κανάλια διδασκαλίας, που σημάδεψαν οριστικά τον μετέπειτα τρόπο διδασκαλίας μου.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Βάος, Α., (2008) *Μαθήματα διδακτικής εικαστικών Τεχνών*, Αθήνα: Εκδόσεις Τόπος.

Βρεττός, Ι.Ε. (1999). *Εικόνα & Σχολικό Εγχειρίδιο. Επιλογή, Μεθοδολογική Προσέγγιση*, Αθήνα Ανάγνωση.

Γεωργαντά, Β. (2015), Προσεγγίζοντας τα γεωμετρικά σχήματα στη Α' Δημοτικού μέσα από τους πίνακες του Βασίλι Καντίνσκυ, *Πρακτικά συνεδρίου* του *Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ), της Ανωτάτης Σχολής Καλών Τεχνών (ΑΣΚΤ) και της Στέγης Γραμμάτων & Τεχνών του Ιδρύματος Ωνάση με θέμα «Τέχνη & Εκπαίδευση: Διδακτικές και Παιδαγωγικές προσεγγίσεις στο Σχολείο του 21ου αιώνα»,* Αθήνα, σσ. 45-53.

Θεοδωρακοπούλου, Ε. (2005). Στάσεις και πεποιθήσεις των μαθητών Για τα Μαθηματικά Τον Καθηγητή των Μαθηματικών Το Μοντέλο διδασκαλίας που εφαρμόζεται*, Πρακτικά 22ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας*, σσ. 779. Λαμία.

Καμτσής Ν. (2021), *The important role of A between E and M, Suggestions for a creative way of teaching science in secondary education.* Ανακτήθηκε στις 21 Ιουλίου 2022 από τη διεύθυνση https://stemproject.eu/ , https://stemproject.eu/entering-the-territory-of-steam/

Φωτογραφίες από internet. Ανακτήθηκαν στις 22 Σεπτεμβρίου 2022 από τις διευθύνσεις: https://pbs.twimg.com/media/Ebz-zXhXkAEsTG4?format=jpg&name=small Κυματοθραύστης Spiral Jetty
https://i0.hippopx.com/photos/412/753/111/sixtus-chapel-vatican-rome-italy-thumb.jpg Μουσείο Βατικανού
https://anthoslotou.gr/wp-content/uploads/2018/04/spira-ionic-820x450.webp Σπείρα
https://ucarecdn.com/655aa19b-2463-47dd-9e86-974deb57f648/-/resize/x400//-/sharp/10//-/quality/smart/-/format/auto/-/progressive/yes/ Piazza del Campo

Φωτόδεντρο, *Ο άξονας των πραγματικών αριθμών και οι άρρητοι αριθμοί*. Ανακτήθηκε στις 20 Ιουλίου 2022 από τη διεύθυνση https://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/1779 .

Φωτόδεντρο, *Η σπείρα των άρρητων αριθμών.* Ανακτήθηκε στις 20 Ιουλίου 2022 από τη διεύθυνση http://photodentro.edu.gr/v/item/ds/8521/2353 .

Bamford, A. (2006) *The wow factor: global research compendium on the impact of the arts in education* , New York: Waxmann.

Dewey J., (1980), *Art as experience*. USA: The Penguine Group.

Eisner, E. (2002). *The arts and the creation of mind*. USA: Yale University Press.

Gardner H. (1990), *Art Education and Human Development*, Los Angeles: The Getty Center for Education in the Arts.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ:

1. Περιγράψτε κάποια από τα πράγματα που κάνατε στην δραστηριότητα. Τι ευχαριστηθήκατε περισσότερο ; Γιατί;

   ……..

   ……..

2. Παρακαλώ, γράψτε κάποια από τα πράγματα ή τις έννοιες που μάθατε στην δραστηριότητα. Πιστεύετε ότι έχουν ενδιαφέρον;
   ……..
   ……..
3. Πιστεύετε ότι το μάθημα, μέσα από αυτή τη δραστηριότητα ήταν διαφορετικό από ένα συνηθισμένο μάθημα; Τι ήταν διαφορετικό;
   ……..
   ……..
4. Πιστεύετε ότι αυτού του είδους τα μαθήματα σας βοηθούν να μαθαίνετε;
   ……..
   ……..
5. Βρήκατε εύκολο να συνεργαστείτε με άλλους; Είχατε προβλήματα; Αν ναι, τι κάνατε για να βελτιώσετε την κατάσταση;
   ……..
   ……..…
6. Θέλετε να κάνετε περισσότερα μαθήματα με αυτόν τον τρόπο; Γιατί ναι; Γιατί όχι;
   ……..
   ……..……

Υπολογιστική Σκέψη μαθητών/τριών της Γ Λυκείου και επιδόσεις στα μαθήματα STEM και στο μάθημα της Γλώσσας

Αικατερίνη Μπούνου[1], Κωνσταντίνος Λαβίδας[2], Βασίλης Κόμης[3]
aikabounou@sch.gr, lavidas@upatras.gr, komis@upatras.gr
[1]Φυσικός, Εκπαιδευτικός στο 1ο ΓΕΛ Υμηττού
[2]Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών
[3]Καθηγητής, ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ερευνητική εργασία αυτή αποτελεί μια προσπάθεια αξιολόγησης του λανθάνοντος χαρακτηριστικού της Υπολογιστικής Σκέψης 80 μαθητών της τελευταίας τάξης ενός αθηναϊκού Λυκείου και της σχέσης που έχει αυτό το χαρακτηριστικό με τις επιδόσεις των μαθητών στα μαθήματα STEM και στην Γλώσσα. Για το σκοπό αυτό δόθηκε ένα τεστ αξιολόγησης βασικών συνιστωσών της ΥΣ χρησιμοποιώντας ως πηγές άντλησης ερωτήσεων, διεθνείς διαγωνισμούς πληροφορικής. Συγκεκριμένα διενεργήθηκε διαχρονική έρευνα και τα συλλεχθέντα δεδομένα αναλύθηκαν στατιστικά προκειμένου να γίνει αξιολόγηση των ερωτήσεων του τεστ με στόχο την επαλήθευση της διακριτικής τους ικανότητας σε σχέση με το μετρούμενο λανθάνον χαρακτηριστικό και την περαιτέρω βελτίωση του τεστ. Επιπρόσθετα ελέγχθηκε η συσχέτιση του λανθάνοντος χαρακτηριστικού της ΥΣ με τις γραπτές επιδόσεις αυτών των μαθητών στα μαθήματα STEM και στο μάθημα της Γλώσσας, όπου διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση. Επίσης διερευνήθηκε κατά πόσο τα επίπεδα του λανθάνοντος χαρακτηριστικού της ΥΣ των μαθητών παρουσιάζουν κάποια συσχέτιση με την κατεύθυνση σπουδών των μαθητών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Αξιολόγηση ΥΣ, λανθάνον χαρακτηριστικό ΥΣ, μαθήματα STEM, μάθημα Γλώσσας, Item Response Theory.*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υπολογιστική σκέψη (ΥΣ) απασχολεί την τελευταία δεκαπενταετία όλο και περισσότερους ερευνητές και αποτελεί ένα θέμα ευρείας αναζήτησης. Ο όρος εισάγεται από τον Seymour Papert το 1980 υποδηλώνοντας τις αλλαγές που θα μπορούσε να προκαλέσει η χρήση των υπολογιστών στις διεργασίες σκέψης κατά τη διάρκεια της μαθηματικής εκπαίδευσης. Το 2006 η Jeannete Wing μας επανασυστήνει τον όρο προσπαθώντας να δώσει τον πρώτο σύγχρονο ορισμό του όρου ως: «οι διαδικασίες της ανθρώπινης σκέψης που περιλαμβάνουν την επίλυση προβλημάτων, τον σχεδιασμό συστημάτων και την κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, βασιζόμενες σε έννοιες που είναι θεμελιώδεις για την Επιστήμη των Υπολογιστών» (Wing, 2006, σ. 33). Από τότε και έως σήμερα έχουν γίνει πολλές προσπάθειες από πάρα πολλούς ερευνητές για να οριστεί σαφώς η ΥΣ, πράγμα που δεν έχει ακόμα καταστεί εφικτό.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Πληθώρα ερευνητών συσχετίζουν άμεσα την ΥΣ με τη επιστήμη των υπολογιστών (ΕτΥ) προσδίδοντας στην ΥΣ χαρακτηριστικά προερχόμενα απευθείας από αυτή την επιστήμη, όπως χειρισμός δεδομένων, πρακτικές μοντελοποίησης και προσομοίωσης, πρακτικές επίλυσης υπολογιστικών προβλημάτων, προγραμματισμός και συγκεκριμένες δεξιότητες όπως αφαίρεση, γενίκευση, αλγοριθμική σκέψη, αποσύνθεση και σύνθεση προβλήματος, συλλογή, ανάλυση και αναπαράστασή δεδομένων, αποσφαλμάτωση κ.λπ. (Tang et al., 2020; Bar & Stephenson, 2011; Grover & Pea, 2013)

Το 2015 η Google εισάγει έναν ορισμό της ΥΣ στην ιστοσελίδα της, σύμφωνα με τον οποίο η ΥΣ αποτελεί μια διαδικασία επίλυσης προβλήματος που εμπεριέχει ένα πλήθος χαρακτηριστικών και διευθετήσεων. Στον ορισμό αυτό δηλώνεται ότι η ΥΣ είναι θεμελιώδες συστατικό στην εξέλιξη της Επιστήμης των Υπολογιστών. Το 2016 η CSTA (Computer Science Teachers Association) στα επικαιροποιημένα πρότυπα για την Επιστήμη των Υπολογιστών που δημοσιεύει αναφέρει: «Πιστεύουμε ότι η ΥΣ είναι μια μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων η οποία εστιάζοντας στην αφαίρεση, στους αυτοματισμούς και στην ανάλυση αποτελεί ένα στοιχείο κορμού για την ΕτΥ». Τον

Ιανουάριο του 2021 η British Computer Society επικαιροποιεί τον ορισμό της ΥΣ ως την διαδικασία σκέψης που σχετίζεται με τον προσδιορισμό ενός προβλήματος και της λύσης του κατά τρόπο ώστε αυτή να μπορεί να επιτευχθεί από ένα υπολογιστικό σύστημα.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ STEM

Από την άλλη, πληθώρα ερευνητών συσχετίζει την ΥΣ με ικανότητες που απαιτούνται στο πεδίο της επίλυσης προβλημάτων όπως αφαίρεση αποσύνθεση, λογική, αλγοριθμική σκέψη, αυτοματοποίηση, γενίκευση, αξιολόγηση, αποσφαλμάτωση (Tang et al., 2020; Πουλάκης & Πολίτης, 2019). Ο αντίλογος αυτών των ερευνητών υποστηρίζει ότι η ΥΣ δεν προϋποθέτει την χρήση υπολογιστών. Αντιθέτως, πολλές από τις πρακτικές της ΥΣ συναντώνται τόσο στα Μαθηματικά όσο και στις Φυσικές Επιστήμες. Στη Ρεαλιστική Μαθηματική Εκπαίδευση (RME) η διαδικασία της μοντελοποίησης και της ταυτόχρονης μαθηματικοποίησης ενός προβλήματος που αφορά τον πραγματικό κόσμο, είναι μία από τις πλέον συνήθεις εκπαιδευτικές πρακτικές και αποτελεί αντικείμενο ευρείας συζήτησης στα πλαίσια της διδακτικής των μαθηματικών τα τελευταία πενήντα χρόνια (Blum & Ferri, 2009; Gravemeijer & Doorman, 1999; Hiebert et al., 1996; Hu, 2011). Ταυτόχρονα οι πρακτικές της μοντελοποίησης, της αφαιρετικής σκέψης, της προσομοίωσης και της επίλυσης προβλήματος αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα της εξέλιξης των Φυσικών Επιστημών, της πειραματικής διεργασίας στα πλαίσια αυτών των Επιστημών αλλά και της διδακτικής τους (Reif & Heller, 1982; 1984; Larkin et al., 1980; Orban & Teeling-Smith, 2020).

Οι προηγούμενες παρατηρήσεις ήταν αυτές που οδήγησαν στην ανάδυση μιας νέας οπτικής σε ότι αφορά την ίδια την φύση της ΥΣ και το κατά πόσο αυτή είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ΕτΥ. Μέσω των εκθέσεων του NRC (National Research Council) το 2010 και το 2011 εισάγεται η νέα οπτική για την ΥΣ σύμφωνα με την οποία η Επιστήμη των Υπολογιστών δεν έχει το μονοπώλιο στην ΥΣ. Άλλωστε η αφαιρετική σκέψη και η μοντελοποίηση είναι εργαλεία που χρησιμοποιεί η Φυσική εδώ και αιώνες. «Η ΥΣ είναι ένα σύνολο δεξιοτήτων που μεταφέρονται μεταξύ διαφόρων επιστημονικών κλάδων» (NRC 2011 σελ. 54). Σύμφωνα με τους R. Tinker (Αμερικανός Φυσικός, συνιδρυτής του National Geographic Society, πρόεδρος του Concord Consortium) και R. Edelson (διευθυντής του προγράμματος Geo Literacy Program του National Geographic Society), στην ίδια έκθεση, η ΥΣ αφορά τον τρόπο σκέψης που εστιάζει στις διαδικασίες που πρέπει να γίνουν, την ικανότητα να φανταστεί κανείς τα λειτουργικά μέρη αυτών των διαδικασιών, να αναγνωρίσει ποια μέρη έχουν χρησιμοποιηθεί στην επίλυση προβλήματος και ποια μέρη μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε επόμενες επιλύσεις προβλημάτων. Μια αντίληψη που συνάδει με την διαδικασία επίλυσης προβλήματος, με τις πρακτικές σκέψης που σχετίζονται με τα συστήματα και την τεκμηρίωση μέσω μοντελοποίησης. Τέλος στην ίδια έκθεση αναφέρεται: «Στον πυρήνα της η ΥΣ είναι ανεξάρτητη από την τεχνολογία….το να είναι κανείς ικανός χρήστης της ΥΣ δεν σχετίζεται απαραίτητα με την ικανότητα του να μπορεί να χρησιμοποιεί τη σύγχρονη τεχνολογία πληροφοριών» (σελ. 61).

Το 2016 οι Weintrop και άλλοι εισάγουν μια ταξινόμηση των συνιστωσών της ΥΣ για τα επιστημονικά πεδία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Σύμφωνα με αυτή την ταξινόμηση οι κυρίαρχες πρακτικές της ΥΣ στα μαθήματα STEM είναι: πρακτικές διαχείρισης δεδομένων, πρακτικές μοντελοποίησης και προσομοίωσης, πρακτικές υπολογιστικής επίλυσης προβλήματος και πρακτικές σκέψης για σύνθετα συστήματα. Η αναγκαιότητα για την εισαγωγή ενός νέου ορισμού της ΥΣ και την ανάπτυξη μιας ταξινομίας των συνιστωσών της ΥΣ στα πλαίσια των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών προήλθε από το γεγονός ότι η ΥΣ, όπως έχει εξελιχθεί ο ορισμός της, αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα των πρακτικών που αναπτύσσονται στην εξέλιξη αυτών των επιστημών αλλά και στη διδασκαλία και εκμάθηση αυτών των μαθημάτων στη Μέση Εκπαίδευση. Αυτό συμβαίνει γιατί, όπως αναφέρουν οι Weintrop και άλλοι (2016), η χρήση της ΥΣ βαθαίνει την κατανόηση των μαθητών σε σχέση με αυτά τα επιστημονικά αντικείμενα αλλά κυρίως, σε σχέση με τον κόσμο γύρω τους, αλλά και αντίστροφα, τα Μαθηματικά και οι Φυσικές Επιστήμες παρέχουν ένα σαφές πλαίσιο εντός του οποίου μπορεί να εφαρμοστεί και να κατακτηθεί η ΥΣ.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ

Οι τρόποι αξιολόγησης της ΥΣ που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς από διάφορους ερευνητές ποικίλουν. Είναι εμφανής η σύγχυση που υπάρχει σχετικά με την δόμηση διαδικασιών ελέγχου της ΥΣ, μια σύγχυση που οφείλεται κατά κύριο λόγο στην έλλειψη συναίνεσης σε ότι αφορά

τα δομικά χαρακτηριστικά και τον σαφή ορισμό της ΥΣ (Πουλάκης & Πολίτης, 2019; Tang et al., 2020; Wang et al., 2021).

Σημαντικό μερίδιο των διαδικασιών αξιολόγησης της ΥΣ, είτε εντός είτε εκτός του πλαισίου των μαθημάτων STEM, αφορά προγραμματιστικά περιβάλλοντα, όπου όμως, υπάρχει ο προβληματισμός ότι προϋποθέτουν εξοικείωση κι έτσι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα ώστε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα. (Werner et al., 2012; Gouws et al., 2013a; González, 2015; López & García-Peñalvo, 2016; Çoban & Korkmaz, 2021; Korkmaz & Xuemei, 2019; Πουλάκης & Πολίτης, 2019; Wang et al., 2021). Άλλος τρόπος αξιολόγησης είναι οι σφυγμομετρήσεις/έρευνες γνώμης. Αποτελεί όμως σημαντικό μειονέκτημα η αυτοαναφορικότητα αυτών των ερευνών που οδηγεί σε ποδηγέτηση των αυθόρμητων αντιλήψεων και στάσεων των μαθητών (Tang et al., 2020). Ένας ακόμα τρόπος αξιολόγησης είναι οι ατομικές συνεντεύξεις μαθητών ή φοιτητών με στόχο την εξερεύνηση της κατανόησης τους σε ότι αφορά την ΥΣ και την κωδικοποίηση των συμπεριφορών τους και της λεκτικής τους επικοινωνίας. Το πρόβλημα σε αυτή τη μέθοδο αξιολόγησης είναι το υψηλό της κόστος, η μακρά της διάρκεια και το χαμηλό ποσοστό υποκειμένων που μπορούν να ελεγχθούν με αυτό τον τρόπο (Tang et al., 2020). Πολλοί ερευνητές επίσης χρησιμοποιούν τις πολλαπλές μεθόδους αξιολόγησης που περιλαμβάνουν τη δημιουργία φακέλου για κάθε ένα υπό διερεύνηση υποκείμενο που περιέχει κατασκευές, εργασίες και δοκιμασίες του υποκειμένου όπως και την διενέργεια συνέντευξης (Tang et al., 2020; Πουλάκης & Πολίτης, 2019). Μεγάλο ποσοστό των διαδικασιών αξιολόγησης της ΥΣ αφορά κριτήρια αξιολόγησης της ΥΣ (Gouws et al., 2013b; Arastoopour et al., 2020) που συχνά αξιοποιούνται σε συνδυασμό με ψυχομετρικά εργαλεία. Πρόκειται για δοκιμασίες που αποτελούνται από ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής ή ερωτήσεις ανοιχτού τύπου με στόχο την αρχική μέτρηση συνιστωσών της ΥΣ. Η κριτική εδώ εστιάζεται στο γεγονός ότι αυτού του τύπου οι δοκιμασίες μετρούν αντιλήψεις και στάσεις ενώ η ΥΣ είναι μια δεξιότητα (Çoban & Korkmaz, 2021). Βεβαίως οι συγκεκριμένες δοκιμασίες ίσως είναι οι μόνες που δεν συνδέουν άμεσα την ΥΣ με την ΕτΥ. Ζητούμενο των ερευνητών άλλωστε είναι η δημιουργία δοκιμασιών αξιολόγησης της ΥΣ σε μη προγραμματιστικό περιβάλλον (Tang et al., 2020) κάτι που εν μέρει τουλάχιστον, ισχύει γι' αυτού του τύπου τις αξιολογήσεις. Πολλές από αυτές τις αξιολογήσεις (Gouws et al., 2013b; Rojas-Lopez & Garcia-Penalvo, 2016) αντλούν τμήμα του υλικού τους από τον διαγωνισμό Bebras (http://www.bebras.org/) που αποτελεί μια διεθνή πρωτοβουλία με στόχο τη διάδοση της ΕτΥ του Προγραμματισμού και της ΥΣ σε μαθητές όλων των ηλικιών. Μια ακόμα πηγή άντλησης υλικού αποτελούν οι δοκιμασίες του "Talent search" της Ολυμπιάδας Πληροφορικής στην Νότια Αφρική (Computer Olympiad 'Talent Search' papers, http://www.olympiad.org.za/talent-search/). Και οι δύο διαγωνισμοί στοχεύουν στην διάδοση της ΥΣ, απαιτούν την χρήση ΥΣ και συμμετέχουν σε αυτούς μαθητές και φοιτητές προερχόμενοι από πάνω από 40 χώρες σε ετήσια βάση.

Σύμφωνα με τους Πουλάκης και Πολίτης (2019) η απάντηση στην απουσία κοινού τόπου σε ότι αφορά την διερεύνηση της ΥΣ είναι η μετάθεση της έρευνας σε ερωτήματα που αφορούν την μεταφορά γνώσης δηλαδή στο κατά πόσο μπορούν τα υποκείμενα να μεταφέρουν τις αποκτηθείσες γνώσεις και δεξιότητες ΥΣ και να τις εφαρμόσουν σε άλλους τομείς όπως επί παραδείγματι σε προβλήματα της καθημερινότητας. Σύμφωνα με ερευνητές (Dagienė & Futschek, 2008; López & García-Peñalvo, 2016; Calcagni et al., 2017; Roman-Gonzales et al., 2019) ο διαγωνισμός Bebras αλλά και η Ολυμπιάδα Πληροφορικής ανήκουν σε αυτή την κατηγορία και αυτός είναι και ένας από τους λόγους που επιλέξαμε να διαμορφώσουμε μια δοκιμασία με χρήση στοιχείων τόσο από το διαγωνισμό Bebras όσο και από την συγγενική Ολυμπιάδα Πληροφορικής "Talent Search" της Νοτίου Αφρικής.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΘΕΜΑ

Τα νέα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών του ΙΕΠ (http://iep.edu.gr/el/nea-programmata-spoudon-arxiki-selida) θεωρούν τις δεξιότητες της ΥΣ θεμελιώδους σημασίας για την παραγωγή νέας επιστήμης και τονίζουν την κεντρική θέση της ΥΣ στο πλαίσιο της διεπιστημονικής εκπαίδευσης και της εκπαίδευσης STEM. Επιπρόσθετα, με βάση όσα έχουν ήδη αναφερθεί στο θεωρητικό πλαίσιο, προκύπτει ότι η ΥΣ είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τα μαθήματα STEM. Γεννάται λοιπόν το ερώτημα κατά πόσο ισχύουν τα προαναφερόμενα. Συγκεκριμένα, οι επιδόσεις των μαθητών στα μαθήματα STEM παρουσιάζουν κάποια συνάφεια με το επίπεδο ανάπτυξης της Υπολογιστικής τους Σκέψης; Επίσης, έχει κάποια συνάφεια η επίδοση των μαθητών στο μάθημα της Γλώσσας στο επίπεδο ανάπτυξης της Υπολογιστικής τους Σκέψης, δεδομένου ότι η ορθή κατανόηση και ο σωστός χειρισμός

της Γλώσσας είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για την διδασκαλία και την εκμάθηση των μαθημάτων STEM;

Στόχος της παρούσας ερευνητικής διαδικασίας είναι να διερευνήσουμε κατά πόσο τα επίπεδα Υπολογιστικής Σκέψης των μαθητών, που προκύπτουν από την μέτρηση, συσχετίζονται με τις επιδόσεις τους στα μαθήματα STEM (Μαθηματική, Φυσικές Επιστήμες, Πληροφορική), στο μάθημα της Γλώσσας και με την κατεύθυνση σπουδών που έχουν επιλέξει να παρακολουθήσουν οι μαθητές στην Γ Λυκείου.

ΜΕΘΟΔΟΣ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η δοκιμασία για την μέτρηση της ΥΣ διενεργήθηκε σε 80 μαθητές/τριες της Γ Λυκείου ενός αθηναϊκού Λυκείου κατά το σχολικό έτος 2021-2022. Η δοκιμασία δόθηκε στους μαθητές/τριες τον Νοέμβριο του 2021 και έγινε από αυτούς κατά τη διάρκεια της δεύτερης διδακτικής ώρας του ωρολογίου προγράμματος μέσα στα πλαίσια ενός από τα μαθήματα STEM που διδάσκονται. Οι εκπαιδευτικοί της τάξης, την αντίστοιχη ώρα, επέβλεπαν τους μαθητές κατά τη διάρκεια απάντησης της δοκιμασίας και εξασφάλισαν τις κατάλληλες συνθήκες για τη διενέργεια της δοκιμασίας, μετά από σχετική συνεννόηση με την εκπαιδευτικό – ερευνήτρια. Η διάρκεια της δοκιμασίας ήταν μία διδακτική ώρα δηλαδή 50 λεπτά. Στους συμμετέχοντες δόθηκε η δοκιμασία τυπωμένη σε χαρτί μαζί με ένα απαντητικό φύλλο με ικανό χώρο για πρόχειρη εργασία που πιθανόν θα χρειαζόταν προκειμένου να απαντήσουν στις ερωτήσεις της δοκιμασίας. Οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν κατανέμονταν σε 5 διαφορετικά τμήματα και η κατανομή τους σε σχέση με την κατεύθυνση σπουδών που είχαν επιλέξει είχε ως εξής: 15 μαθητές/τριες Ανθρωπιστικής Κατεύθυνσης Σπουδών, 33 μαθητές/τριες Θετικής Κατεύθυνσης Σπουδών και 32 μαθητές/τριες με Κατεύθυνση Σπουδών Οικονομία – Πληροφορική. Τα αποτελέσματα της δοκιμασίας χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά για ερευνητικούς σκοπούς, για τους οποίους οι συμμετέχοντες είχαν ενημερωθεί από την εκπαιδευτικό – ερευνήτρια και βεβαίως, δεν είχαν καμία συνεισφορά στη βαθμολογία των μαθητών/τριών.

Μέχρι το τέλος του Ιανουαρίου 2022, οπότε και έληγε το 1ο τετράμηνο της φοίτησης στο σχολικό έτος στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, όλοι οι μαθητές/τριες είχαν συμμετάσχει στις υποχρεωτικές ανακεφαλαιωτικές γραπτές δοκιμασίες σε όλα τα μαθήματα που διδάσκονται, σύμφωνα με το άρθρο 86 του ν. 4823/2021. Οι βαθμοί αυτών των γραπτών ανακεφαλαιωτικών δοκιμασιών στα μαθήματα των Μαθηματικών, της Φυσικής, της Βιολογίας, της Πληροφορικής και της Γλώσσας συγκεντρώθηκαν από την εκπαιδευτικό – ερευνήτρια, με την σύμφωνη γνώμη των διδασκόντων εκπαιδευτικών, ώστε να τύχουν της κατάλληλης στατιστικής επεξεργασίας προκειμένου να απαντηθούν κατά το δυνατόν τα ερευνητικά ερωτήματα που είχαν τεθεί. Αν και υπήρχε η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν οι βαθμοί του 1ου τετράμηνου στα αντίστοιχα μαθήματα για κάθε μαθητή/τρια, δεν τους επιλέξαμε δεδομένου ότι σε αυτούς τους βαθμούς υπεισέρχεται, σε εντονότερο βαθμό, η υποκειμενικότητα του εκάστοτε διδάσκοντα εκπαιδευτικού συγκριτικά με τους βαθμούς των γραπτών δοκιμασιών.

Η έρευνά μας χαρακτηρίζεται διαχρονική στο μέτρο που παρακολούθησε τις επιδόσεις στη δοκιμασία υπολογιστικής σκέψης και στις ανακεφαλαιωτικές γραπτές δοκιμασίες των 80 μαθητών της Γ Λυκείου ενός αθηναϊκού Λυκείου κατά τη διάρκεια του 1ου τετράμηνου του σχολικού έτους 2021-2022.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ

Τα ερευνητικά εργαλεία που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς για την μέτρηση της ΥΣ από διάφορους ερευνητές είναι ποικίλα, με την πλειονότητα αυτών να αφορά δραστηριότητες σε προγραμματιστικό περιβάλλον και έναν μικρότερο αριθμό, δραστηριότητες που στόχο έχουν την αρχική μέτρηση συνιστωσών της ΥΣ χωρίς άμεση σύνδεση της ΥΣ με την ΕτΥ. Ζητούμενο, σε ότι αφορά τη σύνθεση της δοκιμασίας μέτρησης της ΥΣ, ήταν να δομήσουμε μια δοκιμασία που να μην συνδέεται άμεσα με κανένα από τα διδακτικά αντικείμενα του προγράμματος σπουδών του Λυκείου. Θα έπρεπε λοιπόν αυτή η δοκιμασία να περιέχει ερωτήματα που αφορούν την μεταφορά γνώσης δηλαδή το κατά πόσο μπορούν τα υποκείμενα να μεταφέρουν τις αποκτηθείσες γνώσεις και δεξιότητες ΥΣ και να τις εφαρμόσουν σε άλλους τομείς όπως επί παραδείγματι σε προβλήματα της καθημερινότητας. Σύμφωνα με ερευνητές (Dagienė & Futschek, 2008; López & García-Peñalvo, 2016; Calcagni et al., 2017; Roman-Gonzales et al., 2019) ο διαγωνισμός Bebras αλλά και η

Ολυμπιάδα Πληροφορικής ανήκουν σε αυτή την κατηγορία και αυτός είναι και ένας από τους σημαντικότερους λόγους που επιλέξαμε να διαμορφώσουμε μια δοκιμασία με χρήση στοιχείων τόσο από το διαγωνισμό Bebras όσο και από την συγγενική Ολυμπιάδα Πληροφορικής "Talent Search" της Νοτίου Αφρικής. Άλλωστε κάποια από τα κριτήρια που πληρούν οι ερωτήσεις αυτών των διαγωνισμών είναι να είναι ανεξάρτητες από οποιοδήποτε πρόγραμμα σπουδών, να μην έχουν μοναδική λύση, να απαντώνται σε 3 με 4 λεπτά με μολύβι και χαρτί ή υπολογιστή κ.λπ. (Dagienė & Futschek, 2008; Calcagni et al., 2017).

Έτσι προσπαθήσαμε να κατασκευάσουμε μια δοκιμασία που να εκπληρώνει τις ακόλουθες προϋποθέσεις: α. Να μην στηρίζεται σε προηγούμενα αποκτηθείσες γνώσεις. β. Να ανταποκρίνεται στο επίπεδο των μαθητών της τελευταίας τάξης της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα, ανεξάρτητα από την κατεύθυνση σπουδών που έχουν επιλέξει. γ. Να έχει ικανό μέγεθος ώστε να είναι δυνατό να επιλυθεί με μολύβι και χαρτί σε διάρκεια 50 λεπτών (μία διδακτική ώρα). δ. Να αποτελείται από ερωτήσεις προερχόμενες από αξιόπιστη πηγή ελέγχου της ΥΣ.

Σε πρώτο στάδιο η δοκιμασία που συνθέσαμε αποτελούνταν από 18 ερωτήσεις που εξέταζαν διάφορες συνιστώσες της ΥΣ όπως αφαίρεση, λογική σκέψη, αποσύνθεση, αξιολόγηση, ιεράρχηση, αλγοριθμική σκέψη, επίλυση προβλήματος, μοντελοποίηση και προσομοίωση. Η δοκιμασία αυτή έγινε σε πιλοτικό επίπεδο, με τη βοήθεια συναδέλφων καθηγητών πληροφορικής, σε δύο 25μελή τμήματα μαθητών Γ Λυκείου δύο διαφορετικών Λυκείων από αυτό στο οποίο θα γινόταν η μέτρηση. Η διαδικασία αυτή κρίθηκε απαραίτητη προκειμένου να δούμε τις αντιδράσεις των μαθητών σε πραγματικό χρόνο, να εκτιμήσουμε το επίπεδο δυσκολίας των ερωτήσεων σε πραγματικές συνθήκες, να εκτιμήσουμε τη σαφήνεια στη διατύπωση των ερωτήσεων και να αντιμετωπίσουμε τυχόν προβλήματα που θα εμφανίζονταν. Ως αποτέλεσμα της πιλοτικής εφαρμογής της δοκιμασίας είχαμε την αναδιατύπωση κάποιων ερωτήσεων, ώστε να είναι κατανοητές στους μαθητές και την αφαίρεση τεσσάρων ερωτήσεων που κρίθηκε ότι δεν ικανοποιούσαν το ζητούμενο επίπεδο δυσκολίας, δηλαδή δεν είχαν σαφή διακριτική ικανότητα, είτε γιατί ήταν πολύ εύκολες και τις απαντούσαν όλοι, είτε γιατί ήταν πολύ δύσκολες και δεν μπορούσε να τις απαντήσει κανένας από τους μαθητές της πιλοτικής εφαρμογής.

Τέλος θα θέλαμε να σημειώσουμε ότι η διαδικασία ήταν ιδιαίτερα ευχάριστη για τους μαθητές, κάτι που μας δήλωσαν και οι μαθητές της πιλοτικής εφαρμογής, και μάλιστα δεδομένης της πολύ δύσκολης και απαιτητικής χρονιάς που αυτοί διένυαν. Όλοι οι μαθητές που συμμετείχαν στην διαδικασία προετοιμάζονταν για την συμμετοχή τους στις Πανελλήνιες Εξετάσεις του τρέχοντος σχολικού έτους και θεώρησαν την διαδικασία μέτρησης της ΥΣ ως ένα ιδιαίτερα ευχάριστο και ενδιαφέρον διάλειμμα. Ένα διάλειμμα που αποτέλεσε αφορμή για πολλές συζητήσεις πάνω στις ερωτήσεις της δοκιμασίας για αρκετές εβδομάδες μετά το πέρας της.

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για να ελέγξουμε την ποιότητα μέτρησης του τεστ και συγκεκριμένα πόσο καλά αυτό μετρά την λανθάνουσα μεταβλητή Υπολογιστική Σκέψη (ΥΣ) των μαθητών θα χρησιμοποιήσουμε την προσέγγιση Item Response Theory ή Θεωρία Απόκρισης Στοιχείου (ΘΑΣ) (Baker & Kim, 2017). Η ΘΑΣ περιλαμβάνει μια συλλογή τεχνικών μοντελοποίησης για την ανάλυση στοιχείων μιας κλίμακας ή ενός τεστ τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση ενός ή περισσοτέρων λανθανουσών μεταβλητών (De Ayala, 2013). Με τη χρήση μοντέλων ΘΑΣ, μπορούμε όχι μόνο να βελτιώσουμε την ακρίβεια βαθμολόγησης ενός λανθάνοντος χαρακτηριστικού αλλά και να βελτιώσουμε τη μελλοντική διεξαγωγή του ελέγχου εντοπίζοντας ποια στοιχεία (items) του τεστ μετρούν βέλτιστα το λανθάνον χαρακτηριστικό και επομένως θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν στην όποια επαναεφαρμογή του τεστ (Baker & Kim, 2017).

Υπάρχουν διάφορα παραμετρικά μονοδιάστατα μοντέλα που μπορεί να προσαρμόζονται ικανοποιητικά στα δεδομένα. Για διχοτομικά στοιχεία, όπως στην περίπτωση της συγκεκριμένης έρευνας τα παραμετρικά λογαριθμικά μοντέλα (PL) 1(Rasch model), 2 και 3 παραμέτρων είναι τα πιο κοινά (Baker & Kim, 2017; Tsigilis, 2019). Στο πρώτο μοντέλο η παράμετρος των στοιχείων που διαφοροποιείται είναι η δυσκολία (difficulty or location) του στοιχείου. Στο δεύτερο μοντέλο, δύο παράμετροι για το κάθε στοιχείο διαφοροποιούνται, η δυσκολία και η διάκριση (discrimination). Τέλος, στο μοντέλο τριών παραμέτρων προστίθεται και η διαφοροποίηση της παραμέτρου τυχαίας απόκρισης ή εικασίας (guessing) της σωστής απάντησης (Baker & Kim, 2017). Σε κάθε περίπτωση ο ερευνητής θα πρέπει να επιλέξει το μοντέλο εκείνο που έχει καλύτερη προσαρμογή στα δεδομένα. Για τον προσδιορισμό του μοντέλου που ταιριάζει καλύτερα με τα δεδομένα ο έλεγχος προσαρμογής θα

πρέπει να γίνεται αφενός για όλα τα στοιχεία συνολικά και αφετέρου για το κάθε στοιχείο ξεχωριστά (Tsigilis, 2019). Στην κατεύθυνση αυτή αξιοποιήθηκε ο δείκτης -2 log likelihood που ακολουθεί την χ^2 κατανομή καθώς επίσης και η διαφορά των χ^2. Για τον έλεγχο της ικανότητας των στοιχείων να παρέχουν επαρκής πληροφόρηση (αξιοπιστία των στοιχείων) για το λανθάνον χαρακτηριστικό των μαθητών, εξετάσαμε τις καμπύλες πληροφορίας των στοιχείων (Item Information Curve). Τέλος, για τον υπολογισμό του λανθάνοντος χαρακτηριστικού χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο εκ των υστέρων αναμενόμενης πιθανότητας (EAP) (Tsigilis, 2019).

Ο έλεγχος της ποιότητας μέτρησης του τεστ σύμφωνα με την ΘΑΣ πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον της R (R Core Team, 2018) με το πακέτο "ltm" (Rizopoulos, 2006). Επίσης, η παράλληλη ανάλυση χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο του μονοδιάστατου του τεστ στο περιβάλλον της R με το πακέτο "psych" (Revelle, 2018). Τέλος, η διερεύνηση της σχέσης του λανθάνοντος χαρακτηριστικού ΥΣ, που αποκτήθηκε για τον κάθε μαθητή μέσω της ανάλυσης ΘΑΣ, και των άλλων μεταβλητών όπως: βαθμοί των μαθητών στα μαθήματα STEM και δημογραφικά χαρακτηριστικά των μαθητών, πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον του SPSS (Γιαλαμάς, 2015).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αρχικά και αναφορικά με το μονοδιάστατο του τεστ, η παράλληλη ανάλυση που εκτελέσαμε αποκάλυψε μόνο έναν παράγοντα με ιδιοτιμή (eigenvalue) 3,52 μεγαλύτερη από τη 95η ποσοστιαία τιμή (1,97) των ιδιοτιμών που παρήχθησαν από 2000 τυχαία δείγματα τα οποία επελέγησαν από το αρχικό δείγμα. Συνεπώς το τεστ μετρά μία διάσταση δηλαδή ένα λανθάνον χαρακτηριστικό των μαθητών.

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν τα μοντέλα μιας, δύο και τριών παραμέτρων και ελέγχθηκε η προσαρμογή των με τα δεδομένα. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι δείκτες προσαρμογής x^2 καθώς επίσης και η σύγκριση διαδοχικών μοντέλων με το δείκτη Δx^2. Η σύγκριση του πρώτου μοντέλου με το δεύτερο υποστηρίζει ως βέλτιστο μοντέλο το δεύτερο. Στη συνέχεια η σύγκριση του δεύτερου με το τρίτο μοντέλο επιβεβαιώνει την επικράτηση του δεύτερου μοντέλου ως εκείνο που περιγράψει πολύ ικανοποιητικά τα δεδομένα. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από τους δείκτες προσαρμογής του κάθε στοιχείου του τεστ. Στον πίνακα 2, στην τελευταία στήλη φαίνεται ξεκάθαρα ότι όλα τα στοιχεία προσαρμόζονται ικανοποιητικά στα δεδομένα, αφού σε κανένα από αυτά η τιμή x^2 δεν είναι στατιστικώς σημαντική.

Πίνακας 1. *Δείκτες προσαρμογής των τριών μοντέλων*

	log likelihood	x^2	Δx^2	Δdf	***p-value***
1PL	-622,48	1244,96			
2PL	-605,35	1210,70	34,26	14	0.002
3PL	-598,02	1196,04	14,66	14	0.402

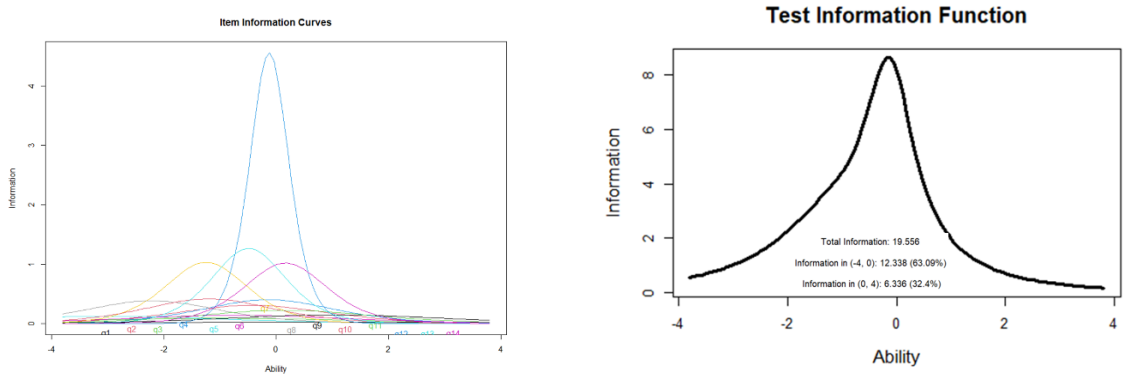
Στον πίνακα 2 φαίνονται επίσης οι τιμές δυσκολίας και διάκρισης του κάθε στοιχείου σύμφωνα με το επικρατέστερο μοντέλο των δύο παραμέτρων. Πιο συγκεκριμένα λαμβάνοντας υπόψη την παράμετρο δυσκολίας των στοιχείων παρατηρούμε ότι το τεστ αυτό αποτελείται κυρίως από εύκολες ερωτήσεις, αφού 10 από τα 14 στοιχεία έχουν αρνητική δυσκολία. Μόνο τα τέσσερα στοιχεία και κυρίως τα 9 και 1 χαρακτηρίζονται ως δύσκολα. Αυτό σημαίνει ότι στο τεστ αυτό τα περισσότερα στοιχεία αξιολογούν κάτω του μέσου επιπέδου το λανθάνον χαρακτηριστικό των μαθητών (μαθητές με χαμηλή και μέτρια επίδοση). Όσον αφορά τις τιμές διάκρισης παρατηρούμε ότι οι περισσότερες από αυτές είναι μεγαλύτερες της μονάδας και επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία αυτά για τη διάκριση μαθητών με παραπλήσια επίπεδα του λανθάνοντος χαρακτηριστικού.

Πίνακας 2. *Τιμές των δύο παραμέτρων του κάθε στοιχείου και δείκτες προσαρμογής του κάθε στοιχείου με τα δεδομένα*

	Παράμετροι		***Δείκτες προσαρμογής του κάθε στοιχείου***	
Στοιχεία	***Δυσκολία***	***Διάκριση***	x^2	$Pr(>x^2)$
q1	1,266	0,324	4,0136	0,9208
q2	-0,426	1,114	6,4867	0,6337

q3	-1,030	0,605	6,0765	0,6436
q4	-0,136	1,269	5,5186	0,8515
q5	-3,020	0,705	9,9105	0,2772
q6	-0,707	0,750	5,6962	0,7426
q7	-1,245	2,033	8,0635	0,3168
q8	-2,208	1,238	7,3209	0,4653
q9	1,047	0,773	7,2294	0,6436
q10	-1,200	1,290	8,1537	0,5149
q11	0,162	0,952	9,5822	0,3663
q12	-0,122	4,272	5,3639	0,495
q13	-0,486	2,250	9,2992	0,2673
q14	0,166	2,018	10,1331	0,3564

Τέλος, στα διαγράμματα που ακολουθούν φαίνεται η καμπύλη πληροφορίας που παρέχει για το λανθάνον χαρακτηριστικό το κάθε στοιχείο χωριστά (αριστερά στο σχήμα 1) καθώς επίσης και όλα τα στοιχεία αθροιστικά (δεξιά στο σχήμα 1). Αξίζει να τονίσουμε ότι συνολικά το τεστ φαίνεται να αξιολογεί κυρίως (63,06%) το λανθάνον χαρακτηριστικό σε μαθητές έως και μέτριο επίπεδο.



Σχήμα 1. *Καμπύλες πληροφορίας του κάθε στοιχείου ξεχωριστά και αθροιστικά όλα τα στοιχεία*

Συνολικά επομένως στο τεστ αυτό θα πρέπει να αφαιρεθούν δηλώσεις με παρόμοια δυσκολία που αξιολογούν μαθητές με χαμηλή επίδοση και ταυτόχρονα να προστεθούν στοιχεία με μεγαλύτερη δυσκολία τα οποία θα αξιολογούν μαθητές με υψηλή επίδοση. Έτσι στην επόμενη αξιοποίηση του τεστ για την καλύτερη και πληρέστερη αξιολόγηση του λανθάνοντος χαρακτηριστικού των μαθητών ΥΣ προτείνουμε να αποκλειστούν τα επόμενα στοιχεία όπως q2 και q4 αφού το q12 (με μεγαλύτερη τιμή διάκρισης και επομένως μεγαλύτερη πληροφορία) καλύπτει ικανοποιητικότερα αυτή την περιοχή του λανθάνοντος χαρακτηριστικού. Επίσης τα στοιχεία q3, q5, και q6 αφού η τιμή διάκρισης μικρότερη της μονάδας δεν υποδεικνύει ότι μπορεί να παρέχουν ικανοποιητική πληροφορία και ταυτόχρονα η τιμή της δυσκολίας φαίνεται να καλύπτεται από τα στοιχεία q7 και q8.

Στον πίνακα 3 φαίνονται οι συσχετίσεις του λανθάνοντας χαρακτηριστικού ΥΣ των μαθητών με τους γραπτούς βαθμούς που είχαν οι μαθητές στα μαθήματα STEM. Αξίζει να τονίσουμε ότι μόνο με την πληροφορική δεν διαφαίνεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση. Τέλος, το μη παραμετρικό τεστ Kruskal – Wallis που πραγματοποιήσαμε για να ελέγξουμε κατά πόσο διαφοροποιείται η ΥΣ στις τρεις κατευθύνσεις σπουδών, αποκάλυψε στατιστικώς σημαντική διαφορά ($x^2(2)=9,174$, $p=0,010$) στις κατευθύνσεις θετικών σπουδών και ανθρωπιστικών σπουδών, υπέρ των μαθητών της θετικής κατεύθυνσης.

Πίνακας 3. *Συσχετίσεις λανθάνοντος χαρακτηριστικού ΥΣ με τους βαθμούς των μαθημάτων STEM και του μαθήματος της Γλώσσας*

				95% Διάστημα εμπιστοσύνης	
		N	***r***	***Lower C.I.***	***Upper C.I.***

2PL_scores	Μαθηματικά	51	0,270	0,045	0,500
	Φυσική	33	0,514	0,208	0,729
	Πληροφορική	32	-0,046	-0,389	0,307
	Βιολογία	13	0,806	0,459	0,940
	Γλώσσα	80	0,272	0,056	0,464

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως προέκυψε από την διαδικασία αξιολόγησης των ερωτήσεων του ερευνητικού μας εργαλείου είναι εμφανές ότι οι 14 ερωτήσεις που αυτό περιείχε μπορούν να μειωθούν σε 9 ερωτήσεις χωρίς να έχουμε απώλεια της πληροφορίας που μας παρέχει το ερευνητικό εργαλείο. Επίσης σκόπιμο θα ήταν το ερευνητικό εργαλείο να εμπλουτιστεί με ερωτήσεις που να μας δίνουν τη δυνατότητα να διακρίνουμε με μεγαλύτερη σαφήνεια μαθητές/τριες που έχουν κατακτήσει υψηλότερα επίπεδα του λανθάνοντος χαρακτηριστικού της ΥΣ.

Σε ότι αφορά την συσχέτιση του λανθάνοντος χαρακτηριστικού της ΥΣ των μαθητών/τριών και των γραπτών επιδόσεών τους στα μαθήματα STEM και στο μάθημα της Γλώσσας διαπιστώσαμε ισχυρή συσχέτιση σε ότι αφορά τα μαθήματα της Φυσικής και της Βιολογίας και αρκετά σημαντική συσχέτιση με τα μαθήματα των Μαθηματικών και της Γλώσσας, κάτι που δεν παρατηρήσαμε για το μάθημα της Πληροφορικής. Σύμφωνα με τους Orban και Teeling-Smith (2020) σε ότι αφορά την Φυσική, αυτό είναι αναμενόμενο δεδομένου ότι οι περισσότερες πρακτικές της ΥΣ αποτελούν ταυτόχρονα και πρακτικές της διδασκαλίας και εκμάθησης της Φυσικής. Επιπρόσθετα τα αποτελέσματά μας συμφωνούν με την αναφορά των Beheshti, Weintrop και άλλων (2017; Απρίλιος) που διαπίστωσαν ότι στα πεδία STEM έχουμε υψηλά ποσοστά χρήσης των πρακτικών της ΥΣ, ακόμα και στη μέση εκπαίδευση, κάτι που υποστηρίζεται και για τα Μαθηματικά από τον C. Hu (2011). Η τελευταία παρατήρηση, σχετικά με το μάθημα της Πληροφορικής, πιθανόν να οφείλεται στο εγγενές πλαίσιο της διδακτικής προσέγγισης του συγκεκριμένου μαθήματος που κυρίως προσανατολίζεται στην δόμηση αλγορίθμων μέσω μιας ή περισσοτέρων γλωσσών προγραμματισμού καθώς επίσης και στο μαθησιακό υπόβαθρο των μαθητών/τριών που επέλεξαν τη δεδομένη σχολική χρονιά την κατεύθυνση Οικονομίας Πληροφορικής, όπου διδάσκεται το εν λόγω μάθημα.

Τέλος κατά τη διερεύνηση της συσχέτισης του λανθάνοντος χαρακτηριστικού της ΥΣ με την κατεύθυνση σπουδών διαπιστώσαμε ότι οι μαθητές/τριες της θετικής κατεύθυνσης εμφανίζουν στατιστικά σημαντικότερα επίπεδα του λανθάνοντος χαρακτηριστικού έναντι των μαθητών/τριών της ανθρωπιστικής κατεύθυνσης. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα ήταν, σε ένα βαθμό, αναμενόμενο δεδομένου ότι το μαθησιακό υπόβαθρο των μαθητών/τριών που επιλέγουν την θετική κατεύθυνση σπουδών προϋποθέτει την εντρύφηση στα Μαθηματικά και στη Φυσική καθ' όλη τη διάρκεια του Λυκείου. Όπως έχει εκτεθεί στο θεωρητικό πλαίσιο, πρόκειται για δύο επιστημονικά αντικείμενα που η διδασκαλία και η εκμάθησή τους προϋποθέτουν και προάγουν διαδικασίες σκέψης που προσομοιάζουν σε, αν δεν είναι κιόλας, πρακτικές της ΥΣ.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Γιαλαμάς, Β. (2005). *Στατιστικές Τεχνικές και Εφαρμογές στις Επιστήμες της Αγωγής,* Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκης.

ΙΕΠ (Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής). Νέα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών. Ανακτήθηκε στις 25 Ιουνίου 2022 από τη διεύθυνση http://iep.edu.gr/el/nea-programmata-spoudon-arxiki-selida

Πουλάκης, Ε., & Πολίτης, Π. (2020). Συστήματα αξιολόγησης της Υπολογιστικής Σκέψης στην εκπαίδευση: Βιβλιογραφική επισκόπηση. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, *12*(2), σσ. 99-119.

Arastoopour Irgens, G., Dabholkar, S., Bain, C., Woods, P., Hall, K., Swanson, H., Horn, M. & Wilensky, U. (2020). Modeling and measuring high school students' computational thinking practices in science. *Journal of Science Education and Technology*, *29*(1), pp. 137-161.

Baker, F. B., & Kim, S. H. (2017). *The basics of item response theory using R* (pp. 17-34). New York: Springer.

Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: What is Involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads, 2*(1), pp. 48–54.

Beheshti, E. (2017, April). Computational thinking in practice: How STEM professionals use CT in their work. In *American Education Research Association Annual Meeting 2017*.
Blum, W., & Ferri, R. B. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of mathematical modelling and application*, *1*(1), pp. 45-58.
Calcagni, A., Lonati, V., Malchiodi, D., Monga, M., & Morpurgo, A. (2017, November). Promoting computational thinking skills: would you use this Bebras task? In *International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives* (pp. 102-113). Springer, Cham.
CSTA Standards Task Force. (2016) *[Interim] CSTA K-12 Computer Science Standards*. New York: CSTA.
Çoban, E., & Korkmaz, Ö. (2021). An alternative approach for measuring computational thinking: Performance-based platform. *Thinking Skills and Creativity*, *42*, 100929.
Dagienė, V., & Futschek, G. (2008, July). Bebras international contest on informatics and computer literacy: Criteria for good tasks. In *International conference on informatics in secondary schools-evolution and perspectives* (pp. 19-30). Springer, Berlin, Heidelberg.
De Ayala, R. J. (2013). *The theory and practice of item response theory*. Guilford Publications.
González, M. R. (2015, July). Computational thinking test: Design guidelines and content validation. In *Proceedings of EDULEARN15 conference* (pp. 2436-2444).
Google (n.d). Exploring computational thinking. Ανακτήθηκε στις 30 Ιουνίου 2022 από τη διεύθυνση https://edu.google.com/resources/programs/exploring-computational-thinking/
Gouws, L.A., Bradshaw, K., & Wentworth, P. (2013a, July). Computational thinking in educational activities: an evaluation of the educational game light-bot. In *Proceedings of the 18th ACM conference on Innovation and technology in computer science education* (pp. 10-15).
Gouws, L.A., Bradshaw, K., & Wentworth, P. (2013b, October). First year student performance in a test for computational thinking. In *Proceedings of the South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists Conference* (pp. 271-277).
Gravemeijer, K., & Doorman, M. (1999). Context problems in realistic mathematics education: A calculus course as an example. *Educational studies in mathematics*, *39*(1), pp. 111-129.
Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational Researcher, 42*(1), pp. 38–43.
Heller, J. I., & Reif, F. (1984). Prescribing effective human problem-solving processes: Problem description in physics. *Cognition and instruction*, *1*(2), 177-216Korkmaz Ö., & Xuemei B. A. İ. (2019). Adapting computational thinking scale (CTS) for Chinese high school students and their thinking scale skills level. *Participatory Educational Research*, *6*(1), pp. 10-26.
Hiebert, J., Carpenter, T. P., Fennema, E., Fuson, K., Human, P., Murray, H., Olivier, A. & Wearne, D. (1996). Problem solving as a basis for reform in curriculum and instruction: The case of mathematics. *Educational researcher*, *25*(4), pp. 12-21.
Hu, C. (2011, June). Computational thinking: what it might mean and what we might do about it. In *Proceedings of the 16th annual joint conference on Innovation and technology in computer science education* (pp. 223-227).
Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P. & Simon, H. A. (1980). Models of competence in solving physics problems. *Cognitive science*, *4*(4), pp. 317-345.
López, A. R., & García-Peñalvo, F. J. (2016, November). Relationship of knowledge to learn in programming methodology and evaluation of computational thinking. In *Proceedings of the fourth international conference on technological ecosystems for enhancing multiculturality* (pp. 73-77).
National Research Council (U.S.). (2010). *Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking*. Washington, D.C: National Academies Press.
National Research Council (U.S.). (2011). *Report of a workshop on the pedagogical aspects of computational thinking*. Washington, D.C: National Academies Press
Orban, C. M., & Teeling-Smith, R. M. (2020). Computational thinking in introductory physics. *The Physics Teacher*, *58*(4), pp. 247-251.
Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. Ανακτήθηκε στις 10 Μαΐου 2022 από τη διεύθυνση https://www.R-project.org/
Reif, F., & Heller, J. I. (1982). Knowledge structure and problem solving in physics. *Educational*

psychologist, *17*(2), pp. 102-127.
Revelle, W. (2018). psych: Procedures for personality and psychological research (version 1.8. 4) (Computer software). Northwestern University, Evanston, Illinois, USA.
Rizopoulos, D. (2006). ltm: An R package for latent variable modeling and item response analysis. *Journal of Statistical Software*, 17(5), pp. 1 - 25.
Tsigilis, N. (2019). EXAMINING INSTRUMENTS'PSYCHOMETRIC PROPERTIES WITHIN THE ITEM RESPONSE THEORY FRAMEWORK: FROM THEORY TO PRACTICE. Hellenic Journal of Psychology, 16(3), pp. 335-376.
Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R. & Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Computers & Education*, *148*, 103798.
Wang, C., Shen, J., & Chao, J. (2021). Integrating computational thinking in stem education: A literature review. *International Journal of Science and Mathematics Education*, pp. 1-24.
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), pp. 127-147.
Werne,r L., Denner, J., Campe, S., & Kawamoto, D. C. (2012, February). The fairy performance assessment: Measuring computational thinking in middle school. In *Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education* (pp. 215-220).
Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM, 49*(3), pp. 33–35.

Τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα ως πρόσφορα εργαλεία για διεξαγωγή έρευνας από μαθητές: Η περίπτωση της διερεύνησης διαδοχικών κρούσεων μιας σφαίρας με το δάπεδο.

Τζαμαλής Παύλος[1], Κατέρης Αλέξανδρος[2], Λάζος Παναγιώτης[3], Τσούκος Σεραφείμ[4], Βελέντζας Αθανάσιος[5]

ptzamalis@aua.gr, akateris@yahoo.com, taklazos@gmail.com, stsoukos@gmail.com, avelentz@gmail.com

[1] ΕΔΙΠ, Εργαστήριο Φυσικής, Τμήμα Βιοτεχνολογίας, ΓΠΑ

[2] 2ο Πρότυπο Γενικό Λύκειο Αθηνών

[3] Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ηλιούπολης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης

[4] 2ο Πρότυπο Γυμνάσιο Αθηνών

[5] ΕΔΙΠ, Τομέας Φυσικής, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μία εκπαιδευτική πρόταση για την διεξαγωγή έρευνας από μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με απλά υλικά και με χρήση του έξυπνου κινητού τους τηλεφώνου ως βασική συσκευή για την συλλογή και την επεξεργασία δεδομένων. Με βάση το σκεπτικό αυτής της πρότασης εκπονήθηκε ένα παράδειγμα εφαρμογής της. Συγκεκριμένα, προτείνεται μία έρευνα κατά την οποία οι μαθητές του γυμνασίου μπορούν να διερευνήσουν τη μεταβολή της χρονικής διάρκειας μεταξύ των διαδοχικών κρούσεων μιας ελαστικής μπάλας, μικρών διαστάσεων, με το δάπεδο ενώ οι μαθητές του λυκείου μπορούν επιπλέον να μελετήσουν την απώλεια της μηχανικής ενέργειας σε κάθε κρούση. Πραγματοποιήθηκε πιλοτική εφαρμογή σε ένα δείγμα μαθητών με σκοπό να εντοπιστούν πιθανές δυσκολίες, αστοχίες ή ασάφειες, ώστε να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες βελτιώσεις και στην συνέχεια να γίνει συστηματική έρευνα το σχολικό έτος 2022-23. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η πρόταση και τα αποτελέσματα της πιλοτικής εφαρμογής.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Διερεύνηση, επιστημονικές διαδικασίες, πειραματισμός, κινητά τηλέφωνα*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σύγχρονη διδασκαλία των φυσικών επιστημών προωθεί την ανάπτυξη μεθόδων βασισμένων στη διερεύνηση και γενικότερα στην εξοικείωση των μαθητών με τις επιστημονικές διαδικασίες. Αυτό αποτελεί κεντρική παρότρυνση της Ευρωπαϊκής Ένωσης προς τα μέλη της καθώς θεωρείται ότι με εκπαιδευτικές μεθόδους που βασίζονται στην διερεύνηση αυξάνεται σημαντικά το ενδιαφέρον για την επιστήμη (Rocard et al., 2007). Από εκπαιδευτική σκοπιά η διερεύνηση θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως αποτελεσματικό εργαλείο για τη διδασκαλία της επιστήμης. Μέσω αυτής γίνεται προσπάθεια να κατανοήσουν οι εκπαιδευόμενοι την επιστήμη, ως έναν τρόπο γνώσης και εξήγησης του φυσικού κόσμου, και να αναπτύξουν γνωστικές ικανότητες αλλά και γενικότερες δεξιότητες που σχετίζονται με την επιστημονική έρευνα (Bybee, 2004 p. 5). Ακολουθώντας την διερευνητική μέθοδο οι εκπαιδευόμενοι μαθαίνουν μέσω της επίλυσης ρεαλιστικών προβλημάτων, χρησιμοποιώντας πολλές φορές περισσότερα του ενός επιστημονικά πεδία μέσω συνεκτικών διαδραστικών διδακτικών προσεγγίσεων, γεγονός που είναι και επιδιωκόμενο της STEM εκπαίδευσης (Force U.S.T., 2014).

Οι μαθητές προκειμένου να διεξάγουν μικρής έκτασης έρευνες, στο πλαίσιο των μαθημάτων των φυσικών επιστημών, θα χρειαστεί να πειραματιστούν. Κατά τη διάρκεια μιας τέτοιας πρακτικής εργασίας οι μαθητές θα πρέπει να διαχειριστούν ιδέες αλλά και υλικά (Millar, 2002). Για να πετύχει τους στόχους της μία έρευνα των μαθητών, θα πρέπει τόσο στο επίπεδο των ιδεών όσο και του χειρισμού των υλικών να είναι διαχειρίσιμη από αυτούς (Χαλκιά, 2012). Συνεπώς, τα απαιτούμενα υλικά θα πρέπει να είναι απλά, καθημερινής χρήσης, ενώ και οι συσκευές λήψης μετρήσεων να είναι εύκολα προσβάσιμες. Σε αυτή την κατεύθυνση μπορεί να αποδεχτεί πολύτιμο εργαλείο το έξυπνο κινητό τηλέφωνο (ΕΚΤ). Πράγματι, στις μέρες μας τα ΕΚΤ διαθέτουν αρκετούς αισθητήρες και με τις κατάλληλες εφαρμογές μπορούν να λαμβάνουν μετρήσεις οι οποίες μπορούν εύκολα να υποβληθούν σε επεξεργασία, αποθήκευση και κοινή χρήση (Tsoukos et al. 2021, Kateris et al. 2020). Τα ΕΚΤ διαθέτουν επιπλέον και αριθμομηχανή για την εκτέλεση πράξεων. Οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με τα ΕΚΤ και όπως δείχνει η έρευνα (Tzamalis et al. 2021), είναι σε θέση να χρησιμοποιούν με σχετική

ευχέρεια το ΕΚΤ προκειμένου να εκτελούν μετρήσεις, να τις αποθηκεύουν και να τις αποστέλλουν στους εκπαιδευτικούς ή στους συμμαθητές τους

Θεωρούμε, με βάση τα προαναφερθέντα, ότι η διενέργεια μικρής έκτασης ερευνών από τους μαθητές με απλά υλικά και το κινητό τηλέφωνο ως αποκλειστική συσκευή για τη λήψη μετρήσεων θα μπορούσε να αποδειχθεί εκπαιδευτικά επωφελής στην άσκηση των μαθητών στις επιστημονικές διαδικασίες και κατ' επέκταση στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, των δεξιοτήτων και των στάσεων. Για το λόγο αυτό αναπτύξαμε μία πρόταση για το σχεδιασμό διερευνητικών δραστηριοτήτων από τους μαθητές και την εξειδικεύσαμε με ένα παράδειγμα εφαρμογής. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μία πιλοτική εφαρμογή σε ένα μικρό δείγμα μαθητών με σκοπό να εντοπιστούν πιθανές δυσκολίες, αστοχίες ή ασάφειες, ώστε να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες βελτιώσεις για να γίνει συστηματική έρευνα το σχολικό έτος 2022-23. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η πρόταση, το σκεπτικό της και τα αποτελέσματα της πιλοτικής εφαρμογής.

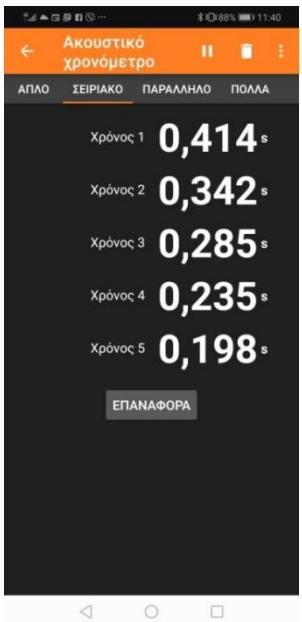
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ

Μια ερευνητική δραστηριότητα που ανατίθεται σε μαθητές θεωρούμε ότι πρέπει να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- να είναι απλή, κατανοητή και διαχειρίσιμη από τους μαθητές,
- να απαιτεί τη χρήση απλών καθημερινών υλικών για την υλοποίηση της και ευρέως διαθέσιμων συσκευών λήψης μετρήσεων (όπως τα ΕΚΤ),
- να μπορεί να πραγματοποιηθεί ατομικά, αλλά και ομαδικά,
- να έχει, σε αδρές γραμμές, τη δομή μιας επιστημονικής έρευνας.

Η ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Με βάση τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά σχεδιάστηκε μία δραστηριότητα η οποία αξιοποιεί τη λειτουργία «Ακουστικό χρονόμετρο» της ελεύθερα διαθέσιμης εφαρμογής phyphox. Το ακουστικό χρονόμετρο έχει τη δυνατότητα μέτρησης χρονικών διαστημάτων που μεσολαβούν μεταξύ δύο ήχων. Για παράδειγμα, μπορεί να μετρηθεί το χρονικό διάστημα μεταξύ των δύο ήχων που παράγονται από δύο διαδοχικές κρούσεις μιας μπάλας ποδοσφαίρου που θα αφεθεί να πέσει πάνω σε ένα δάπεδο. Με την επιλογή «ΣΕΙΡΙΑΚΟ», του ακουστικού χρονομέτρου, είναι δυνατόν να μετρηθούν τα χρονικά διαστήματα μεταξύ περισσότερων των δύο διαδοχικών ήχων.



Σχήμα 1: *Η λειτουργία του σειριακού ακουστικού χρονομέτρου του phyphox.*

Στο Σχήμα 1 φαίνονται οι χρόνοι μεταξύ των ήχων που παράγονται από τις διαδοχικές κρούσεις μίας μπάλας στο δάπεδο, όταν αυτή αφεθεί να πέσει από κάποιο ύψος και αναπηδήσει αρκετές φορές. Το χρονόμετρο μπορεί να καταγράψει έως πέντε διαδοχικούς χρόνους αναπηδήσεων. Λέγοντας χρόνο αναπήδησης εννοούμε το χρονικό διάστημα που η μπάλα βρίσκεται στον αέρα μεταξύ δύο διαδοχικών κρούσεων. Στην δραστηριότητα που προτείνουμε οι μαθητές του γυμνασίου μελετούν τους χρόνους αναπήδησης, και βγάζουν συμπεράσματα για τη σχέση αυτών των χρόνων, ενώ για τους μαθητές λυκείου η έρευνα επεκτείνεται στην σύγκριση της απώλειας μηχανικής ενέργειας για διαδοχικές κρούσεις.

ΤΟ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ

Αν αφεθεί μία, μικρών διαστάσεων, (αρκετά) ελαστική μπάλα από κάποιο ύψος να πέσει πάνω σε μια επιφάνεια αφού συγκρουστεί με αυτή, αναπηδά και στη συνέχεια συγκρούεται ξανά με την επιφάνεια. Με αυτό τον τρόπο ακολουθεί μια σειρά από κρούσεις και αναπηδήσεις. Έστω ότι V_1 είναι το μέτρο της ταχύτητας με την οποία αναπηδά η μπάλα μετά την 1η κρούση. Θεωρώντας αμελητέες τις απώλειες μηχανικής ενέργειας λόγω αντίστασης του αέρα, η μπάλα συγκρούεται για 2η φορά προσπίπτοντας στην επιφάνεια με ταχύτητα μέτρου V_1, αλλά αναπηδά με ταχύτητα μέτρου V_2. Συνεπώς, θα κάνει πάλι μία αναπήδηση θα επιστρέψει και θα συγκρουστεί ξανά με την επιφάνεια με ταχύτητα μέτρου V_2, θα αναπηδήσει με ταχύτητα μέτρου V_3 κοκ. Έστω T_1 ο χρόνος μεταξύ 1ης και 2ης κρούσης (χρόνος 1ης αναπήδησης) και T_2 ο χρόνος μεταξύ 2ης και 3ης κρούσης (χρόνος 2ης αναπήδησης). Για τη μείωση $|\Delta T|$ του χρόνου αναπήδησης μεταξύ των διαδοχικών αναπηδήσεων θα ισχύει: $|\Delta T| = T_1 - T_2$. Τέλος ο λόγος λ των διαδοχικών χρόνων αναπήδησης θα είναι $\lambda = T_1/T_2$. Προφανώς, λόγω απώλειας μηχανικής ενέργειας της μπάλας κατά την κρούση, είναι $V_1 > V_2$, άρα $T_1 > T_2$ και $\lambda > 1$.

Σύμφωνα με τα παραπάνω θα έχουμε

$$|\Delta T| = T_1 - \frac{T_1}{\lambda} = T_1\left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) \quad \textbf{(1)}$$

Το % ποσοστό μείωσης του χρόνου αναπήδησης θα είναι:

$$x_t\% = \frac{|\Delta T|}{T_1}100\% = \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right)100\% \quad \textbf{(2)}$$

Θεωρώντας κατακόρυφη βολή την κίνηση σε κάθε αναπήδηση θα έχουμε:

$$T_1 = \frac{2V_1}{g} \text{ή } V_1 = \frac{gT_1}{2}$$

Όμοια

$$V_2 = \frac{gT_2}{2}$$

Συμβολίζοντας K_1 την κινητική ενέργεια της μπάλας πριν τη δεύτερη κρούση με την επιφάνεια και K_2 την κινητική ενέργειά της μετά τη δεύτερη κρούση, θα ισχύει:

$$K_1 = \frac{1}{2}mV_1^2 = \frac{1}{8}mg^2T_1^2$$

Όμοια

$$K_2 = \frac{1}{2}mV_2^2 = \frac{1}{8}mg^2T_2^2 = \frac{1}{8}mg^2\frac{T_1^2}{\lambda^2} = K_1\frac{1}{\lambda^2}$$

Συνεπώς η απώλεια μηχανικής ενέργειας της μπάλας κατά τη 2η κρούση είναι:

$$|\Delta K| = K_1 - K_2 = K_1\left(1 - \frac{1}{\lambda^2}\right) \quad \textbf{(3)}$$

Τέλος το ποσοστό απώλειας της μηχανικής ενέργειας της μπάλας κατά τη 2η κρούση είναι:

$$x_E\% = \frac{|\Delta K|}{K_1}100\% = \left(1 - \frac{1}{\lambda^2}\right)100\% \quad \textbf{(4)}$$

Προφανώς οι σχέσεις (1),(2),(3),(4) ισχύουν με κατάλληλη αλλαγή των δεικτών των μεγεθών για δυο οποιεσδήποτε διαδοχικές αναπηδήσεις της μπάλας.

Η παραπάνω παρουσίαση του θεωρητικού υπόβαθρου με χρήση του λόγου λ αφορά τον

αναγνώστη της εργασίας και διευκολύνει τη σχετική συζήτηση. Οι μαθητές του γυμνασίου χρησιμοποιούν μόνο τις σχέσεις:

$$|\Delta T| = T_1 - T_2 \text{ και } x_t\% = \frac{|\Delta T|}{T_1} 100\%$$

ενώ οι μαθητές του Λυκείου χρησιμοποιούν τη σχέση $T = \frac{2V}{g}$ για τον υπολογισμό της ταχύτητας και τις σχέσεις:

$$K = \frac{1}{2} m V^2, \ |\Delta K| = K_1 - K_2 \text{ και } x_E\% = \frac{|\Delta K|}{K_1} 100\%$$

ΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Οι μαθητές του γυμνασίου προτείνεται να ερευνήσουν μόνο τη μείωση του χρόνου αναπήδησης της μπάλας από κρούση σε κρούση. Συγκεκριμένα, τους ζητείται να διερευνήσουν:

- αν υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ των διαδοχικών μειώσεων του χρόνου αναπήδησης,
- αν υπάρχει σχέση μεταξύ των διαδοχικών ποσοστών μείωσης του χρόνου αναπήδησης
- και τέλος, αν οι σχέσεις στις οποίες θα καταλήξουν εξαρτώνται από το αρχικό ύψος που αφέθηκε η μπάλα καθώς και από το υλικό κατασκευής της.

Οι μαθητές του λυκείου προτείνεται να ερευνήσουν τη μείωση της μηχανικής ενέργειας της μπάλας κατά τις διαδοχικές κρούσεις. Συγκεκριμένα, προτείνεται να διερευνήσουν:

- αν υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ της μείωσης μηχανικής ενέργειας από κρούση σε κρούση,
- αν υπάρχει σχέση μεταξύ των ποσοστών μείωσης της μηχανικής ενέργειας από κρούση σε κρούση
- και τέλος, αν οι σχέσεις στις οποίες θα καταλήξουν εξαρτώνται από το αρχικό ύψος που αφέθηκε η μπάλα καθώς και από το υλικό κατασκευής της.

Η ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τα φύλλα εργασίας, σύμφωνα με την πρότασή μας, έχουν τη δομή μίας μικρής έκτασης ερευνητικής εργασίας προκειμένου οι μαθητές να εξοικειωθούν με τα βασικά σημεία της ερευνητικής μεθοδολογίας. Τα βήματα που θα ακολουθηθούν δηλώνονται ρητά πάνω στο φύλλο εργασίας. Συγκεκριμένα, αυτά τα βήματα είναι:

(1) Εισαγωγή

Στην εισαγωγή αναφέρονται τα υλικά που θα απαιτηθούν για τον πειραματισμό, οι εφαρμογές του ΕΚΤ που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και οι προαπαιτούμενες γνώσεις. Για παράδειγμα, στους μαθητές του γυμνασίου παρουσιάζεται η έννοια του ποσοστού μείωσης μιας ποσότητας και από τους μαθητές του λυκείου ζητείται να γράψουν την μαθηματική σχέση του ποσοστού απώλειας της μηχανικής (ουσιαστικά της κινητικής ενέργειας καθώς κατά την κρούση η δυναμική ενέργεια της μπάλας ως προς την επιφάνεια δεν αλλάζει) ενέργειας σε μία κρούση.

(2) Ερευνητικά ερωτήματα

Διατυπώνονται τα ερευνητικά ερωτήματα που προαναφέρθηκαν. Θα πρέπει να τονιστεί ότι σε πρώτη φάση η διερεύνηση είναι καθοδηγούμενη, καθώς θεωρούμε ότι αν οι μαθητές εξοικειωθούν με την μεθοδολογία της διερεύνησης σταδιακά θα καταφέρουν να θέτουν οι ίδιοι τα ερωτήματα.

(3) Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων

Οι μαθητές πειραματίζονται και καταγράφουν τις μετρήσεις. Συγκεκριμένα, αφήνουν μία μικρή μπάλα να πέσει πάνω σε ένα θρανίο, διαδοχικά από διαφορετικά ύψη, και καταγράφουν με το κινητό τους τηλέφωνο τους χρόνους πέντε αναπηδήσεων σε κάθε περίπτωση, όπως στο Σχήμα 1. Στη συνέχεια επαναλαμβάνουν τη διαδικασία με μπάλα διαφορετικής σκληρότητας/ελαστικότητας. Επίσης, κάνουν κατάλληλους υπολογισμούς προκειμένου να συμπληρώσουν πίνακες τιμών. Οι μεν μαθητές του γυμνασίου υπολογίζουν τη μείωση του χρόνου αναπήδησης για διαδοχικές κρούσεις, καθώς και το αντίστοιχο ποσοστό μείωσης. Οι μαθητές του λυκείου υπολογίζουν την απώλεια

μηχανικής ενέργειας της μπάλας σε κάθε κρούση και το αντίστοιχο ποσοστό μείωσης.

(4) Αποτελέσματα -Συμπεράσματα

Με βάση τους υπολογισμούς και την παρατήρηση των πινάκων τιμών οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν στα ερευνητικά ερωτήματα και να διατυπώσουν τα αντίστοιχα συμπεράσματα.

Η ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ - ΕΥΡΗΜΑΤΑ

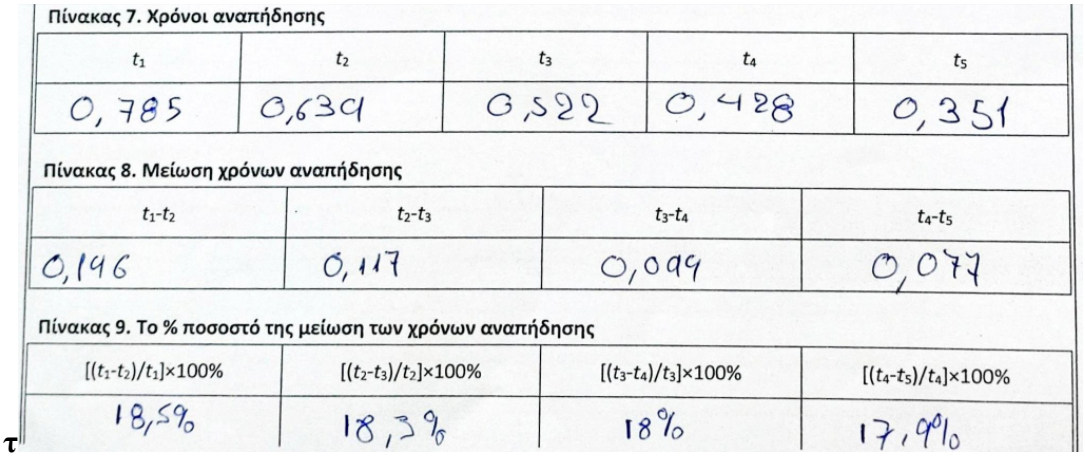
Η πιλοτική εφαρμογή της πρότασης πραγματοποιήθηκε με μία ομάδα 8 μαθητών ενός ομίλου προτύπου πειραματικού γυμνασίου. Η πιλοτική εφαρμογή ξεκίνησε από το γυμνάσιο, γιατί, όπως ήδη αναφέρθηκε, είχε σκοπό τον εντοπισμό πιθανών δυσκολιών, αστοχιών ή ασαφειών προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες βελτιώσεις. Θεωρήθηκε ότι τα σημεία της πρότασης που δεν παρουσίαζαν δυσκολία στους μαθητές του γυμνασίου θα ήταν επίσης εύκολα διαχειρίσιμα και για τα παιδιά του λυκείου.

Οι μαθητές χωρίστηκαν σε 4 διμελείς ομάδες και δούλεψαν σύμφωνα με το φύλλο εργασίας υπό την επίβλεψη δυο εκπαιδευτικών. Οι μαθητές εργάστηκαν με τα δικά τους έξυπνα κινητά τηλέφωνα (μία συσκευή για κάθε ομάδα), ενώ είχε προηγηθεί σχετική ενημέρωσή τους για την έγκαιρη εγκατάσταση της εφαρμογής phyphox.

Όπως απαιτούσε το φύλλο εργασίας, δόθηκαν και στις 4 ομάδες μαθητών δύο μικρές συμπαγείς ελαστικές μπάλες διαφορετικής σκληρότητας/ελαστικότητας για να πραγματοποιήσουν τα πειράματα αναπήδησης. Οι μαθητές άφησαν την πρώτη μπάλα να πέσει στην επιφάνεια του θρανίου, από ένα σημείο που απείχε 40 cm, και κατέγραψαν τους πέντε πρώτους διαδοχικούς χρόνους αναπήδησης της σφαίρας, χρησιμοποιώντας την λειτουργία «Ακουστικό χρονόμετρο» της εφαρμογής Phyphox. Στην συνέχεια επανέλαβαν την διαδικασία αφήνοντας την ίδια μικρή μπάλα από άλλο σημείο διπλάσιας υψομετρικής διαφοράς από την επιφάνεια του θρανίου (80 cm) και τέλος από το ίδιο περίπου σημείο άφησαν την δεύτερη μπάλα να πέσει στο θρανίο. Η επεξεργασία των δεδομένων και οι απαραίτητοι υπολογισμοί γινόταν με την αριθμομηχανή των ΕΚΤ. Τονίζεται ότι υπήρχε οδηγία οι ομάδες να πραγματοποιούν διαδοχικά τις μετρήσεις ώστε να μην επηρεάζονται οι μετρήσεις της μιας ομάδας από θορύβους της άλλης.

Από τις παρατηρήσεις των εκπαιδευτικών κατά τη διαδικασία, αλλά και από την ανάλυση των φύλλων εργασίας προέκυψαν τα παρακάτω ευρήματα.

- Το προτεινόμενο πείραμα πραγματοποιείται εύκολα από τους μαθητές και οι μετρήσεις καταγράφονται αυτόματα.
- Παρατηρήθηκε, σε κάποιες περιπτώσεις, ότι οι χρόνοι αναπήδησης είτε δεν ακολουθούσαν την αναμενόμενη φθίνουσα πορεία, είτε δεν καταγράφηκαν σωστά στις συσκευές. Αυτό συνέβαινε όταν η σφαίρα προσέκρουε σε σχετικά πιο λεπτή και ελαστική επιφάνεια, όπως η ξύλινη επιφάνεια ενός σχολικού θρανίου, ενώ οι μετρήσεις ήταν καλύτερες όταν η επιφάνεια ήταν πιο σταθερή και άκαμπτη, όπως η επιφάνεια μιας σχολικής έδρας ή ενός εργαστηριακού πάγκου. Επίσης, σε λίγες περιπτώσεις προέκυψε πρόβλημα από εξωτερικούς θορύβους ή από θορύβους παιδιών διπλανής ομάδας.
- Οι υπολογισμοί της μείωσης $|\Delta T|$ και των ποσοστών μείωσης $x_t\%$του χρόνου αναπήδησης έγιναν χωρίς δυσκολία από τους μαθητές. Η παρέμβαση των εκπαιδευτικών απαιτήθηκε προκειμένου οι μαθητές να στρογγυλοποιήσουν κατάλληλα τα αποτελέσματα ώστε να εξαχθούν σωστά συμπεράσματα. Συγκεκριμένα κάποιοι μαθητές υπολόγιζαν το λόγο λ και αφού μετά την στρογγυλοποίηση ακόμη και στο δεύτερο δεκαδικό ψηφίο έβρισκαν ίδιες τιμές, έβγαζαν το συμπέρασμα ότι είναι σταθερός. Αντίθετα στο ποσοστό μείωσης του χρόνου δυσκολεύτηκαν να πουν το ίδιο, διότι στρογγυλοποιούσαν σε ένα δεκαδικό ψηφίο και προέκυπταν κάποιες μικρές διαφορές. Στο Σχήμα 2 φαίνεται ο πίνακας αποτελεσμάτων μιας ομάδας.



Πίνακας 7. Χρόνοι αναπήδησης

t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
0,785	0,639	0,522	0,428	0,351

Πίνακας 8. Μείωση χρόνων αναπήδησης

t_1-t_2	t_2-t_3	t_3-t_4	t_4-t_5
0,146	0,117	0,094	0,077

Πίνακας 9. Το % ποσοστό της μείωση των χρόνων αναπήδησης

$[(t_1-t_2)/t_1]\times100\%$	$[(t_2-t_3)/t_2]\times100\%$	$[(t_3-t_4)/t_3]\times100\%$	$[(t_4-t_5)/t_4]\times100\%$
18,5%	18,3%	18%	17,9%

τ

Σχήμα 2: *Τμήμα συμπληρωμένου φύλλου εργασίας.*

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε μία περίπτωση της εκπαιδευτικής μας πρότασης για άσκηση των μαθητών σε διαδικασίες διερεύνησης με απλά υλικά και τη χρήση του ΕΚΤ ως βασική συσκευή λήψης και επεξεργασίας μετρήσεων. Από την πιλοτική εφαρμογή για την συγκεκριμένη δραστηριότητα μπορούν να αναφερθούν τα παρακάτω σημεία που, κατά τη γνώμη μας, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη από εκπαιδευτικούς που επιθυμούν να την εφαρμόσουν.

Παρόλο που οι μετρήσεις πραγματοποιούνται εύκολα, λόγω της ευαισθησίας της καταγραφής των ήχων, θα πρέπει να δοθεί προσοχή στην επιφάνεια που συγκρούεται η μπάλα, ώστε αυτή να είναι «σκληρή» και να παράγεται από τις κρούσεις ένας «κοφτός ήχος» έτσι ώστε να είναι ευκρινής η αλληλουχία των ήχων. Επίσης, για την καταγραφή των χρόνων αναπήδησης απαιτείται ησυχία ώστε να μην ενεργοποιείται το ακουστικό χρονόμετρο από άλλους ήχους. Το γεγονός αυτό αποτελεί μία δυσκολία στην πραγματοποίηση του πειράματος σε σχολική αίθουσα ή εργαστήριο. Θα αποτελούσε καλή ιδέα η πραγματοποίηση του πειράματος από τους μαθητές στο σπίτι τους, όπου θα μπορούν να εξασφαλίσουν ένα περιβάλλον χωρίς ανεπιθύμητους θορύβους.

Ένα άλλο σημείο που απαιτεί τη διαμεσολάβηση των εκπαιδευτικών είναι το να συζητηθεί εκ των προτέρων η απαιτούμενη στρογγυλοποίηση των αποτελεσμάτων, ώστε να γίνεται αντιληπτή από τους μαθητές η «σταθερότητα» των ποσοστών.

Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε στο επίπεδο του γυμνασίου οδηγεί σε έναν εύκολα αντιληπτό εμπειρικό νόμο. Στο επίπεδο του λυκείου, η σύνδεση που επιχειρείται με την απώλεια μηχανικής ενέργειας, θεωρούμε ότι αποτελεί μία πολύ ενδιαφέρουσα προέκταση της μελέτης, που αναδεικνύει κάποιες πτυχές του φαινομένου των κρούσεων.

Η συγκεκριμένη πρόταση θα δοκιμαστεί το σχολικό έτος 2022-2023 τόσο στο γυμνάσιο όσο και στο λύκειο προκειμένου να εξαχθούν ακριβέστερα συμπεράσματα σχετικά με την εκπαιδευτική της αξία. Φυσικά η άσκηση των μαθητών σε διαδικασίες διερεύνησης δεν μπορεί να επιτευχθεί μόνο με μία δραστηριότητα, όπως αυτή που αναφέρθηκε στην παρούσα εργασία. Όμως, αυτή μπορεί να αποτελέσει ένα οδηγό για την ανάθεση στους μαθητές και άλλων μικρής έκτασης ερευνών με απλά υλικά και με την δυνατότητα που τους παρέχει το έξυπνο κινητό τους τηλέφωνο για τη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων. Πάρα πολλές δραστηριότητες έχουν προταθεί σε εκπαιδευτικά περιοδικά (Staacks, et al., 2018; Carroll & Lincoln, 2020) για πειράματα με τη χρήση του ΕΚΤ από όπου μπορούν να αντλήσουν ιδέες οι ενδιαφερόμενοι εκπαιδευτικοί.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Χαλκιά, Κ.,(2012). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί.* Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκης.

Bybee, R. W. (2004). Scientific inquiry and science teaching. In L. B. F lick, & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education* (Chap. 1, pp. 1-14). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Carroll, R., & Lincoln, J. (2020). Phyphox app in the physics classroom. *The Physics Teacher*, Volume 58, Issue 8, 606-607.

Force, US STEM Task. (2014). *Innovate: A Blueprint for Science, Technology, Engineering, and Mathematics in California Public Education.* Dublin, CA: Californians Dedicated to Education Foundation.

Millar, R., Tiberghien, A., & Le Maréchal, J.-F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 9-20). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Kateris, A., Lazos, P., Tsoukos, S., Tzamalis, P. & Velentzas, A. (2020). Possible Technical Problems Encountered by the Teachers in the Incorporation of Mobile Phone Sensors in the Physics Lab. *European Journal of Physics Education*, Volume 11, Issue 2, 5-23.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Walberg-Henriksson, H., Hemmo, V., (2007). *Rocard report: "Science Education Now: A New Pedagogy for the Future of Europe"*. European Communities.

Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone based experiments: phyphox. *Physics Education*, Volume 53, Issue 4, 045009.

Tsoukos, S., Lazos, P., Tzamalis, P., Kateris, A., Velentzas, A. (2021). How Effectively Can Students' Personal Smartphones be Used as Tools in Physics Labs? *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*. Volume 15, No. 14, 55-71.

Tzamalis, P., Kateris, A., Lazos, P., Tsoukos, S., Velentzas, A. (2021). An educational proposal for students' experimentation in a distance learning environment. *Physics Education,* Volume 56**,** Issue 6, 065010.

Θερμικές μηχανές, μια STEM διδακτική προσέγγιση στο νέο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών

Ελευθερίου Μαρία[1]
maria.d.eleftheriou@gmail.com
[1] Φυσικός, Πρότυπο Γυμνάσιο Ηρακλείου
Ι. Κορνάρου 17, Ηράκλειο Κρήτης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε τη γενική μεθοδολογία που διέπει τα νέα προγράμματα σπουδών της Φυσικής του Γυμνασίου, ένα συγκεκριμένο σενάριο το οποίο εφαρμόστηκε σε Πρότυπο Γυμνάσιο της χώρας μας καθώς και τα πρώτα ποιοτικά αποτελέσματα και συμπεράσματα από την πραγματοποίηση αυτής της νέας διδασκαλίας.

Η μεθοδολογία των νέων προγραμμάτων σπουδών βασίζεται στην επιστημονική/εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση όπου οι μαθητές/τριες περνάνε διαδοχικά από τα βήματα του εναύσματος, της διατύπωσης ερωτημάτων, του πειραματισμού, των συμπερασμάτων και της γενίκευσης.

Το σενάριο το οποίο εφαρμόστηκε έχει τον τίτλο Θερμικές μηχανές και οι μαθητές/τριες έρχονται σε επαφή με αυτό αφού έχουν γνωρίσει τις μορφές της ενέργειας στη φύση, τη θερμοκρασία, τη θερμότητα και τη θερμική ισορροπία.

Οι μαθητές/τριες ερευνούν, κατασκευάζουν τη δική τους θερμική μηχανή και πειραματίζονται. Υλοποιούν μια STEM κατασκευή για την οποία σκέφτονται τι υλικά θα χρησιμοποιήσουν ώστε η θερμική μηχανή τους να καταστεί λειτουργική. Μέσα από τον πειραματισμό τους ανακαλύπτουν ποια μετατροπή ενέργειας πραγματοποιείται και ταυτόχρονα έρχονται σε επαφή με τα βήματα της επιστημονικής έρευνας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *θερμικές μηχανές, ιδιοκατασκευή, πειραματισμός*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τη σχολική χρονιά 2021-22 οι εκπαιδευτικοί των Πειραματικών και Προτύπων σχολείων της Ελλάδας παρακολούθησαν το επιμορφωτικό πρόγραμμα του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής: Επιμορφωτικό Πρόγραμμα -Π.Σ. για τους διάφορους κλάδους στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο. Το εν λόγω επιμορφωτικό πρόγραμμα έχει σκοπό να εισάγει τους/τις εκπαιδευτικούς στη μεθοδολογία των νέων αναλυτικών προγραμμάτων, στη συνέχεια οι εκπαιδευτικοί να δημιουργήσουν σενάρια και έπειτα να τα εφαρμόσουν στην τάξη.

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με τη Φυσική της πρώτης Γυμνασίου και ειδικότερα με την ενότητα «Από τη θερμότητα στη μηχανική ενέργεια - Θερμικές μηχανές». Το μάθημα της Φυσικής της πρώτης Γυμνασίου διαρκεί μία διδακτική ώρα κάθε εβδομάδα και οι μαθητές/τριες ασχολούνται με φυσικά μεγέθη όπως το μήκος, ο χρόνος, η θερμοκρασία και άλλα φυσικά μεγέθη με τα οποία ήδη έχουν έρθει σε επαφή από τη βαθμίδα του Δημοτικού σχολείου. Οι μαθητές/τριες στη βαθμίδα του Γυμνασίου μετρούν με διάφορα όργανα το μήκος, το χρόνο, τη θερμοκρασία, καταλήγουν σε συμπεράσματα και έχουν εμβαθύνει στην ακρίβεια των μετρήσεων, των πειραματικών διαδικασιών και της μαθηματικής σκέψης όπου χρειάζεται σε σχέση με τη βαθμίδα του Δημοτικού σχολείου.

Το νέο αναλυτικό πρόγραμμα της Φυσικής του Γυμνασίου βασίζεται στην εκπαιδευτική/επιστημονική μέθοδο με διερεύνηση η οποία ουσιαστικά εισάγει τους μαθητές/τριες στην εκπαιδευτική μέθοδο έρευνας των φυσικών επιστημών με διερευνητικό τρόπο. Τα σενάρια που υλοποιήθηκαν από τους εκπαιδευτικούς ακολουθούν αυτό το σχήμα και κατ' επέκταση και η διδασκαλία που ακολουθήθηκε στην τάξη. Το συγκεκριμένο σενάριο και αντίστοιχη ενότητα αντιστοιχεί σε καινούρια ύλη στη Φυσική της πρώτης Γυμνασίου.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Σε αυτήν την παράγραφο αναλύουμε τα τέσσερα βήματα ή φάσεις της διερευνητικής μεθόδου που ακολουθείται. Η διερευνητική μέθοδος βασίζεται κυρίως στην εποικοδομητική διδασκαλία η οποία είναι μαθητοκεντρική και κατευθυνόμενη από τον εκπαιδευτικό. (Driver et al., 2000). Στην εποικοδομητική διδασκαλία διακρίνουμε πέντε κυρίως στάδια, αυτά του α) προσανατολισμού, β) της ανάδειξης ιδεών των μαθητών, γ) της αναδόμησης των ιδεών των μαθητών, δ) της εφαρμογής των

νέων ιδεών και ε) της ανασκόπησης. Κατ' επέκταση στη διερευνητική μέθοδο έχουμε τα στάδια α) εναύσματος, β) υποθέσεων, γ) πειραματισμού και δ) συμπερασμάτων, γενικεύσεων. Τα στάδια της αναδόμησης ιδεών καθώς και μέρος της εφαρμογής τους βρίσκονται στο στάδιο πειραματισμού αντίστοιχα της διερευνητικής μεθόδου.

Αρχικά δίνεται το έναυσμα το οποίο προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών/τριων είτε προκαλεί τον προβληματισμό τους πάνω σε ένα καθημερινό φαινόμενο ή σε τεχνολογικές εφαρμογές. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια ενός βίντεο ή κάποιων εικόνων ή φωτογραφιών. Σε αυτή τη φάση οι μαθητές/τριες συζητούν και προβληματίζονται.

Το δεύτερο στάδιο της μεθόδου είναι να δημιουργηθούν ερωτήματα ώστε οι μαθητές/τριες να αρχίσουν να σχηματίζουν υποθέσεις πάνω στο συγκεκριμένο θέμα. Μέσα από τις ομάδες που δημιουργούνται οι εμπλεκόμενοι καλλιεργούν την επικοινωνία, την ομαδικότητα και την αναλυτική τους σκέψη.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο πειραματισμός ο οποίος μπορεί να γίνει είτε με απλά υλικά που διαθέτει ο κάθε μαθητής/τρια είτε με προσομοίωση στον ηλεκτρονικό υπολογιστή/κινητή συσκευή. Ο πειραματισμός είναι αποδεικτικός, επιβεβαιωτικός ή απορριπτικός. Οι υποθέσεις που έχουν αναπτύξει οι μαθητές/τριες στην προηγούμενη φάση θα ελεγχθούν και θα επιβεβαιωθούν ή θα απορριφθούν. Με τα απλά υλικά που διαθέτουν μπορούν να φτιάξουν την ιδιοκατασκευή τους την οποία μπορούν να πάρουν στο σπίτι τους και να τη μελετήσουν περαιτέρω. Ουσιαστικά θα εφαρμόσουν τις υποθέσεις της προηγούμενης φάσης της διερευνητικής μεθόδου. Οι μαθητές/τριες αποκτούν τις δεξιότητες της επικοινωνίας, της συνεργασίας, της δημιουργικότητας, της κριτικής σκέψης και της πρωτοβουλίας.

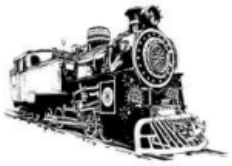
Στην αμέσως επόμενη φάση οι μαθητές/τριες εξάγουν τα συμπεράσματά τους μέσω των παρατηρήσεών τους και των μετρήσεών τους, Αναλύουν κατάλληλα τα ευρήματά τους και τα κατηγοριοποιούν. Στην τελική φάση της γενίκευσης οι μαθητές/τριες συνδέουν την νέα γνώση με άλλες θεματικές όπως επίσης συνδέουν τη καινούρια γνώση με τον μικρόκοσμο με τη βοήθεια κατάλληλων απεικονίσεων και μοντέλων.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Το διδακτικό σενάριο αποτελείται από τέσσερα φύλλα εργασίας τα οποία αρχικά έχουν σχεδιαστεί ώστε να πραγματοποιηθούν μέσα σε δύο διδακτικές ώρες.

Οι μαθητές/τριες χωρίζονται σε ομάδες των τεσσάρων ατόμων. Αν ο/η εκπαιδευτικός δεν έχει δουλέψει ξανά ομαδοσυνεργατικά ή λόγω συνθηκών covid-19 μπορούν οι ομάδες να αποτελούνται από δύο μαθητές του ίδιου θρανίου. Στην περίπτωση που έχουμε σχηματίσει ομάδες των τεσσάρων μαθητών/τριων μπορούμε να ορίσουμε ρόλους ώστε όλοι οι μαθητές/τριες να εργαστούν σύμφωνα με αυτούς. Μπορούμε πχ να ορίσουμε έναν/μια μαθητή/τρια ο/η οποίος/α θα κρατάει τις μετρήσεις ή ότι γραπτό χρειαστεί, ο/η μαθητής/τρια ο/η οποίος/α θα κάνει τις μετρήσεις, ο/η μαθητής/τρια που θα χειρίζεται κάποιο όργανο, ο/η εκπρόσωπος της ομάδας. Επίσης μπορούμε να δημιουργήσουμε τις ομάδες τυχαία ώστε να εξασφαλίσουμε ότι π.χ. δεν θα έχουμε μια ομάδα με πολύ καλούς μόνο μαθητές/τριες κτλ. Επίσης ιδανικό θα είναι οι ομάδες τις οποίες σχηματίζουμε κάθε φορά στο μάθημα της Φυσικής της Α Γυμνασίου να απαρτίζονται από διαφορετικούς κάθε φορά μαθητές/τριες.

Η πρώτη φάση του εναύσματος ξεκινάει με το πρώτο φύλλο εργασίας στο οποίο οι μαθητές/τριες παρατηρούν εικόνες από διάφορες μηχανές (πχ ανεμογεννήτρια, αυτοκίνητο, μηχανή του Ήρωνα κ.α.). Οι μαθητές/τριες πρέπει να βάλουν τις εικόνες σε χρονολογική σειρά όπως οι μηχανές εφευρέθηκαν (Σχήμα 1). Οι μαθητές/τριες προβληματίζονται για το πότε εφευρέθηκαν οι διαφορετικές μηχανές και εδώ μπορούμε να αναφέρουμε και άλλα παραδείγματα τα οποία ίσως οι μαθητές/τριες γνωρίζουν από την τοπική τους ιστορία πχ για ανεμόμυλους (Οροπέδιο Λασιθίου) κτλ. Επίσης οι μαθητές/τριες ενημερώνονται για τα πυρηνικά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτή τη φάση επίσης προβληματίζονται για το ποιες αποκαλούμε θερμικές μηχανές και ποιες όχι. Η συζήτηση γίνεται αρχικά στις υποομάδες της τάξης (2-4 μαθητές/τριες) και έπειτα συζητούν οι εκπρόσωποι των ομάδων στην ολομέλεια της τάξης.



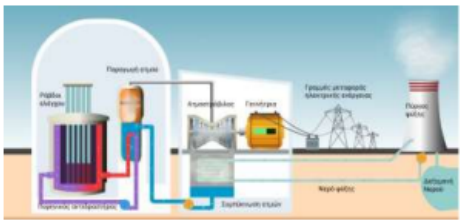
Εικόνα 1: Ατμομηχανή

Εικόνα 2: Αυτοκίνητο

Εικόνα 3: Υδροηλεκτρικό φράγμα

Εικόνα 4: Μηχανή του Ήρωνα

Εικόνα 5: Ανεμογεννήτρια ηλεκτρ. ενέργειας



Εικόνα 6: Πυρηνικό εργοστάσιο παραγωγής

Σχήμα 1: *Αρχικό έναυσμα: διαφορετικές μηχανές (θερμικές ή μη) τις οποίες οι μαθητές/τριες καλούνται να τις βάλουν σε χρονολογική σειρά.*

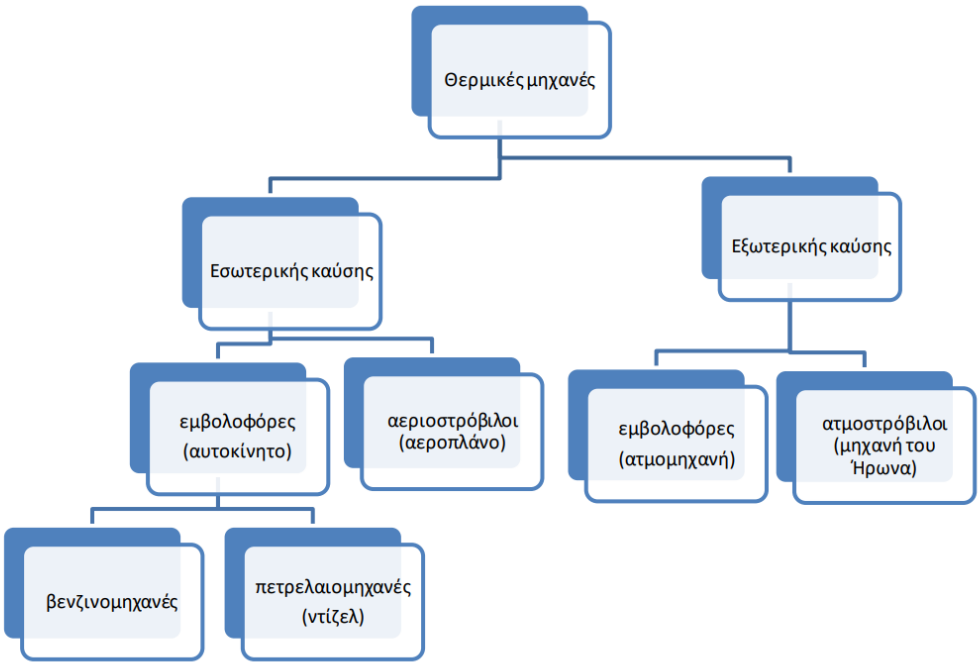
Η δεύτερη φάση είναι αυτή των υποθέσεων και στο παρόν σενάριο ενυπάρχει στην αρχή του φύλλου εργασίας του πειραματισμού. Οι μαθητές/τριες για αυτόν τον λόγο συμπληρώνουν το δεύτερο φύλλο εργασίας. Πολύτιμη βοήθεια σε αυτό το σημείο μας παρέχουν τα βίντεο από το ΕΚΦΕ Ηλιούπολης (Λάζος, 2002α; 2002β) και το βίντεο από το ΕΚΦΕ Κέρκυρας (Μουρούζης, 2015). Ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να δείξει τα τρία εν λόγω βίντεο στην τάξη είτε να έχει επισημάνει στο προηγούμενο μάθημα (τους υπερσυνδέσμους) ώστε οι μαθητές/τριες να τα έχουν δει σε δικό τους χρόνο. Σε αυτό το βήμα ο/η εκπαιδευτικός παρέχει απλά υλικά στους μαθητές/τριες (είτε έχουν τα δικά τους απλά υλικά) όπως είναι ένα τενεκεδάκι αναψυκτικού, δύο καλαμάκια, κλωστή, αλουμινόχαρτο και νερό. Οι μαθητές/τριες έχουν τελικό στόχο να φτιάξουν μια αυτοσχέδια κατασκευή μηχανή του Ήρωνα όπως επίσης θα πρέπει να σκεφτούν και να πειραματιστούν ώστε να είναι λειτουργική. Για αυτόν τον λόγο ο/η εκπαιδευτικός έχει στη διάθεσή του/της γκαζάκι και έναν ορθοστάτη στον οποίον θα κρεμάσουν την αυτοσχέδια θερμική τους μηχανή ώστε να δοκιμάσουν όλες οι ομάδες αν η κατασκευή τους θα μπορεί να περιστραφεί (Σχήμα 2). Οι μαθητές/τριες συμπληρώνουν στο φύλλο εργασίας ακόμα και τα προβλήματα ή τα εμπόδια τα οποία συνάντησαν που ίσως δεν τους οδήγησαν στην επιθυμητή τους κατασκευή. Επίσης υπάρχει περίπτωση κατά τον πειραματισμό τους κάποια από τα απλά υλικά να χαλάσουν (πχ τα καλαμάκια) οπότε θα πρέπει ο/η εκπαιδευτικός να έχει προνοήσει για επιπλέον υλικά. Στο τέλος του φύλλου εργασίας οι μαθητές/τριες μέσα από κατάλληλο ερώτημα έρχονται σε μια πρώτη επαφή με την έννοια της απόδοσης μιας θερμικής μηχανής χωρίς να χρειαστούν μαθηματικό τύπο παρά μόνο τις έννοιες της προσφερόμενης ενέργειας και της ενέργειας που χρειάζεται η μηχανή ώστε να κινηθεί (περιστραφεί).

Σχήμα 2: *Υποθέσεις και πειραματισμός με απλά υλικά.*

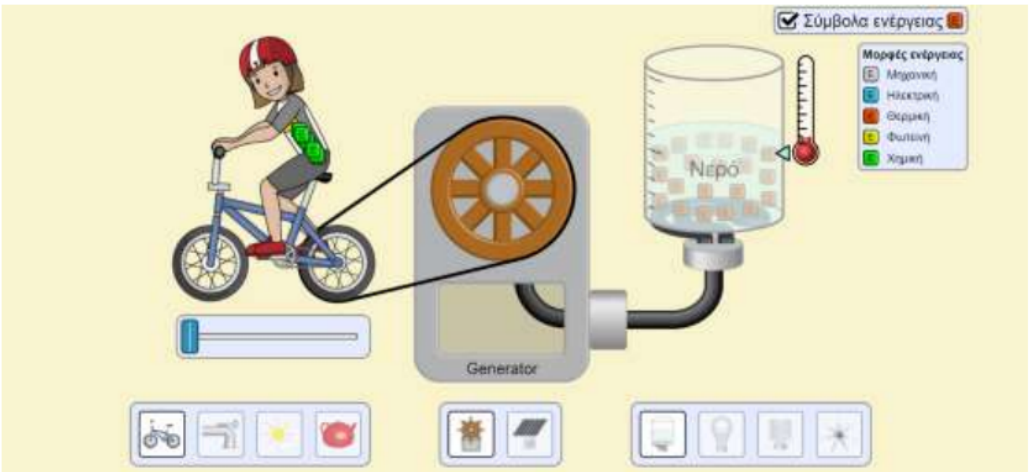
Σε αυτό το στάδιο πολύ σημαντικό είναι οι μαθητές/τριες να εργαστούν όπως οι επιστήμονες, να έρθουν σε επαφή με τις δυσκολίες και ίσως και τις αποτυχίες της κατασκευής και να τις καταγράψουν. Ο/η εκπαιδευτικός έχει τέτοιο ρόλο ώστε να διευκολύνει τις ομάδες και όχι να παρεμβαίνει (Τσαγγάρη, 2011). Επίσης ο/η εκπαιδευτικός γνωρίζοντας τη δυναμική της τάξης του μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές/τριες σε μια πιο ανοιχτή διερευνητική διδακτική προσέγγιση ή σε πιο καθοδηγούμενη. Για αυτόν τον λόγο θα πρέπει από την αρχή της σχολικής χρονιάς το μάθημα της Φυσικής της Α Γυμνασίου να πραγματοποιείται με διερευνητικό τρόπο ώστε οι μαθητές/τριες να εκπαιδευτούν για να μπορούν να ανταπεξέλθουν και σε πιο δύσκολα θέματα του αναλυτικού προγράμματος. Στο συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο θα μπορούσαν οι μαθητές/τριες να μην έχουν οδηγίες για την κατασκευή ώστε ο πειραματισμός τους να είναι μεγαλύτερος και φυσικά δίνοντάς τους περισσότερο χρόνο για τη συγκεκριμένη φάση.

Στην τελευταία φάση οι μαθητές/τριες είναι σε θέση να βγάλουν τα συμπεράσματά τους. Αφού έχει τελειώσει η πρώτη διδακτική ώρα τους έχει ανατεθεί να δουν μερικά βίντεο στον δικό τους χρόνο. Όταν επιστρέφουν στην τάξη και αφού έχουν δει τα βίντεο μπορούν να κατατάξουν τις θερμικές μηχανές σύμφωνα με το Σχήμα 3 αφού έχουν συζητήσει στην τάξη τι είναι καύση. Συζητούν στην ολομέλεια για το αν πιστεύουν ότι η βιομηχανική επανάσταση έχει παίξει ρόλο στην εξέλιξη των θερμικών μηχανών. Σε αυτό το σημείο του σεναρίου πραγματοποιείται γενίκευση του συγκεκριμένου θέματος. Οι μαθητές/τριες ενημερώνονται για όλα τα είδη των θερμικών μηχανών εξωτερικής και εσωτερικής καύσης. Πολύ σημαντική είναι η συζήτηση η οποία μπορεί να γίνει πάνω στις διαφορετικές αποδόσεις τις οποίες έχουν οι βενζινομηχανές έναντι των μηχανών ντίζελ. Επίσης πολύ σημαντικό είναι να συζητήσουμε με τους/τις μαθητές/τριες μας για το ενεργειακό πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίζουμε ήδη με τις συμβατικές μορφές ενέργειας και τα αποθέματά τους καθώς και για την απαραίτητη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Τέλος μέσω της εφαρμογής Phet, Ενέργεια: μορφές και μετατροπές (Phet) οι μαθητές ολοκληρώνουν το διδακτικό σενάριο απαντώντας σε συγκεκριμένα ερωτήματα όπως ποιους συνδυασμούς πρέπει να κάνουν ώστε ζεσταθεί το νερό κτλ. (Σχήμα 4). Με αυτόν τον τρόπο μπορεί ο/η εκπαιδευτικός να αξιολογήσει τους μαθητές με κατάλληλο φύλλο εργασίας. Εάν το σχολείο δεν διαθέτει tablets ή το μάθημα δεν γίνεται στην αίθουσα υπολογιστών του σχολείου μπορεί αυτή η αξιολόγηση να ανατεθεί για το σπίτι ως εργασία.



Σχήμα 3: *Κατάταξη θερμικών μηχανών ανάλογα με το αν γίνεται η καύση εσωτερικά ή εξωτερικά.*



Σχήμα 4: *Εφαρμογή* phet, Ενέργεια: μορφές και μετατροπές, Συστήματα.

ΠΡΩΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η διδακτική παρέμβαση υλοποιήθηκε όπως είχε αρχικά προγραμματιστεί σε δύο διδακτικές ώρες. Από την πρώτη εφαρμογή φάνηκε ότι οι μαθητές/τριες αποκτούν θετική στάση και ενδιαφέρον για τις θετικές επιστήμες. Οι μαθητές/τριες συνεργάστηκαν ικανοποιητικά μέσα στις ομάδες τους και πολλές ομάδες μαθητών/τριων κατάφεραν να κάνουν την κατασκευή τους λειτουργική. Οι μαθητές/τριες έδειξαν ενδιαφέρον και για την εφαρμογή του Phet, και απάντησαν σωστά στα περισσότερα ερωτήματα. Ο χρόνος για τον πειραματισμό αποδείχτηκε λίγος και σε επόμενη εφαρμογή του διδακτικού αυτού σεναρίου θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος, τουλάχιστον μία διδακτική ώρα. Επίσης οι μαθητές/τριες είδαν τα βίντεο μόνοι τους μετά το τέλος της πρώτης διδακτικής ώρας όπως επίσης απάντησαν στο τελευταίο φύλλο εργασίας το οποίο περιείχε την εφαρμογή Phet ως εργασία στο σπίτι τους μετά το τέλος της δεύτερης διδακτικής ώρας. Θεωρούμε ότι το εν λόγω σενάριο χρειάζεται τουλάχιστον τρεις διδακτικές ώρες ώστε να γίνουν όλες οι φάσεις μέσα στην τάξη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το παρόν διδακτικό σενάριο πραγματεύεται μια καινούρια ενότητα στη Φυσική της Α Γυμνασίου η οποία ακολουθεί την επιστημονική μέθοδο με διερεύνηση. Αφού οι μαθητές/τριες έχουν διδαχθεί τις ενότητες της θερμοκρασίας, της θερμότητας και της θερμικής ισορροπίας, έρχονται σε επαφή με τις τεχνολογικές εφαρμογές της μετατροπής θερμότητας σε άλλες μορφές ενέργειας. Οι μαθητές/τριες προσπαθούν με πειραματισμό να καταστήσουν λειτουργική τη θερμική τους μηχανή και μέσα από όλες τις δραστηριότητες αποκτούν θετική στάση για το μάθημα της Φυσικής. Ένα συμπέρασμα το οποίο προκύπτει από τα νέα αναλυτικά προγράμματα είναι ότι για το μάθημα της Φυσικής της Α Γυμνασίου θα πρέπει να αφιερώνονται δύο διδακτικές ώρες την εβδομάδα από ότι μία διδακτική ώρα στο παρόν αναλυτικό πρόγραμμα. Η μεθοδολογία της επιστημονικής μεθόδου με διερεύνηση είναι πολύ σημαντική και χρειάζονται επιπλέον ώρες ώστε να κατακτηθεί από τους/τις μαθητές/τριες. Εάν αυτό υλοποιηθεί, οι μαθητές/τριες στις επόμενες τάξεις θα έχουν μάθει να εργάζονται κατ' αυτόν τον τρόπο και θα τους βοηθήσει σε όλη τους την πορεία στο σχολείο όσον αφορά τις θετικές επιστήμες και όχι μόνον. Το ζητούμενο στο σχολείο του μέλλοντος είναι να παρέχει τα εφόδια ώστε οι μαθητές να ενδιαφέρονται για τα πραγματικά προβλήματα της ζωής τους. Οι μαθητές/τριες μας αποκτούν τα εφόδια ώστε να αναρωτιούνται, να υποθέτουν λογικούς πειραματισμούς και λύσεις και να προσπαθούν να τους εφαρμόσουν ώστε να καταλήξουν σε κάποιο αποτέλεσμα. Μπορεί οι υποθέσεις τους και ο πειραματισμός τους να μην φτάσει στο αποτέλεσμα που περιμένουν, αλλά εκεί ακριβώς έγκειται η αλλαγή η οποία προτείνεται. Οι ίδιοι οι μαθητές/τριες θα έχουν στα χέρια τους τη μέθοδο με την οποία θα αμφιβάλλουν, θα εφαρμόζουν και θα καταλήγουν στο σωστό συμπέρασμα. Αυτή η μέθοδος θα τους ακολουθήσει σε όλη τους τη ζωή καθιστώντας τους επιστημονικά εγγράμματους πολίτες.

Το εν λόγω σενάριο έχει κατατεθεί στην πλατφόρμα Αίσωπος.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

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

Λάζος, Π. (20/2/22) *Ατμοστρόβιλος του Ήρωνα, (1ο βίντεο);* Ανακτήθηκε στις 27 Ιουνίου 2022 από τη διεύθυνση http://youtube.com/watch?v=FHKoAtLbbds.

Λάζος, Π. (20/2/22) *Ατμοστρόβιλος του Ήρωνα, (2ο βίντεο);* Ανακτήθηκε στις 27 Ιουνίου 2022 από τη διεύθυνση http://youtube.com/watch?v=E6B79Tsu2zk.

Μουρούζης, Π. (10/4/15) *Μηχανή του Ήρωνα;* Ανακτήθηκε στις 27 Ιουνίου 2022 από τη διεύθυνση http://youtube.com/watch?v=z7t7XX7g8Tk.

Τσαγγάρη, Χ. (2011) Ο δάσκαλος ως οργανωτής και διευκολυντής της μαθησιακής διαδικασίας: αντιλήψεις των Ελλήνων εκπαιδευτικών για τη νέα διάσταση του ρόλου τους, Διδακτορική Διατριβή, ΕΚΠΑ.

Phet: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_el.html

Δράσεις επιχειρηματικότητας στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση ως μοντέλο προσομοιωμένης μάθησης με βάση την εργασία

Αργύρη Παναγιώτα[1], Σμυρναίου Ζαχαρούλα[1]
panargiry@eds.uoa.gr, zsmyrnaiou@eds.uoa.gr
[1] Μαθηματικός Πρότυπο Γενικό Λύκειο Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης, Υποψήγια Διδάκτωρ και Ερευνήτρια στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
[2]Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Ερευνήτρια του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Φιλοσοφική Σχολή (http://www.eds.uoa.gr/), Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αντιπρόεδρος του Δ.Σ. του ΙΤΥΕ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ (σύμφωνα με το υπ' αρ. 204 / 16.02.2021 ΦΕΚ).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η προσομοιωμένη μάθηση με βάση την εργασία (simulated worked based learning) περιλαμβάνει παιδαγωγικές μεθοδολογίες που συνδέουν την σχολική κοινότητα με τις πρακτικές των χώρων εργασίας, με στόχο την ομαλή και ασφαλή μετάβαση από την δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε επιτυχημένα πεδία επαγγελματικής σταδιοδρομίας. Σε κάθε πεδίο επαγγελματικής σταδιοδρομίας η ικανότητα επιχειρηματικότητας δίνει στους νέους τη δυνατότητα να αναζητούν καινοτόμες λύσεις και ευκαιρίες, να προσαρμόζονται σε αλλαγές και να αναπτύσσουν πρωτοβουλίες για την επαγγελματική τους εξέλιξη. Οι δράσεις δημιουργίας εικονικών επιχειρήσεων είναι μία εκπαιδευτική στρατηγική προσωμοίωσης του χώρου εργασίας, που συνδέεται με την ανάπτυξη επιχειρηματικής νοοτροπίας και κουλτούρας, ώστε οι μαθητές ως μελλοντικοί πολίτες μιας παραγωγικής κοινωνίας να αναλάβουν ενεργό ρόλο στην λήψη αποφάσεων, που θα έχουν θετικό αντίκτυπο στην προσωπική, κοινωνική και επαγγελματική τους ζωή. Στην παρούσα ερευνητική εργασία, μετά από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας για τα ενσωμάτωση της επιχειρηματικότητας στις σχολικές τάξεις δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αναλύεται η μεθοδολογία και τα αποτελέσματα εφαρμογής του εκπαιδευτικού προγράμματος του Σωματείου Επιχειρηματικότητας Νέων/Junior Achievement Greece, (ΣΕΝ/JA Greece) για την δημιουργία εικονικών επιχειρήσεων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ *επιχειρηματικότητα, εγκάρσιες δεξιότητες, προσομοιωμένη μαθηση με βαση την εργασία*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ταχέως εξελισσόμενη σύγχρονη κοινωνία καθιστά τον ρόλο του σχολείου κρίσιμο, ώστε να προετοιμάσει τους νέους για την μετάβαση στην αγορά εργασίας και κυρίως να τους εξοπλίσει με γνώσεις, στάσεις και δεξιότητες, για να διαδραματίσουν ενεργό ρόλο ως μελλοντικοί πολίτες, σε δράσεις και αποφάσεις, που θα έχουν θετικό αντίκτυπο στη μελλοντική τους επαγγελματική εξέλιξη (Argyri & Smyrnaiou, 2021). Για την βελτίωση της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας στην Ευρωπαϊκή Ένωση τονίζεται η ανάγκη, η μελλοντική γενιά του εργατικού δυναμικού να είναι εξοπλισμένοι με εγκάρσιες δεξιότητες (Lippman et.al,2015), όπως είναι η επιχειρηματικότητα. Οι νέοι χρειάζονται τις εγκάρσιες δεξιότητες, όπως η ικανότητα να επιλύουν προβλήματα, να επικοινωνούν αποτελεσματικά ιδέες και πληροφορίες, να είναι δημιουργικοί, να επιδεικνύουν ηγεσία και ευσυνειδησία και να επιδεικνύουν επιχειρηματικές ικανότητες προκειμένου να μπορούν να προσαρμοστούν σε διαφορετικά εργασιακά περιβάλλοντα, ώστε να βελτιώσουν τις πιθανότητές τους για επικερδή απασχόληση (Unesco, 2015 αναφέρεται σε Argyri, 2019).

Στην Ανακοίνωση της Ευρωπαϊκή Επιτροπής (2012) για την επανεξέταση της Εκπαίδευσης τονίζεται ότι *«Τα κράτη μέλη πρέπει να προωθήσουν τις επιχειρηματικές δεξιότητες μέσω νέων και δημιουργικών τρόπων διδασκαλίας και μάθησης από το δημοτικό σχολείο και μετά, εστιάζοντας παράλληλα στις ευκαιρίες δημιουργίας επιχειρήσεων ως προορισμού σταδιοδρομίας, από τη δευτεροβάθμια εως και την ανώτερη εκπαίδευση. Εμπειρίες από τον κόσμο της εργασίας, μάθηση βασισμένη σε προβλήματα και οι επιχειρηματικές συνδέσεις, θα πρέπει να ενσωματωθούν σε όλους τους κλάδους και τομείς, σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης. Όλοι οι νέοι θα πρέπει να επωφελούνται τουλάχιστον από μία πρακτική επιχειρηματική εμπειρία πριν εγκαταλείψουν την υποχρεωτική εκπαίδευση» (European Commission, 2012).* Όμως και η ατζέντα του Όσλο (OECD/Eurostat (2018), για την επιχειρηματική εκπαίδευση προσπάθησε να προωθήσει την επιχειρηματική νοοτροπία στην κοινωνία, μέσω της εκπαίδευσης και της μάθησης, ιδίως με την προώθηση του επιχειρηματικού

πνεύματος στους νέους. Η επιχειρηματικότητα ως εγκάρσια δεξιότητα, που ισχύει σε όλους τους τομείς της ζωής, δίνει τη δυνατότητα στους πολίτες, να συμβάλουν ενεργά στην κοινωνική ανάπτυξη, να εισέλθουν στην αγορά εργασίας ως μισθωτοί ή ως αυτοαπασχολούμενοι και ως νεοσύστατες επιχειρήσεις .

Στο πλαίσιο των μεγάλων οικονομικών και κοινωνικών προκλήσεων που αντιμετώπιζε η Ευρώπη και της ικανοποίησης της ανάγκης για ανάπτυξη της επιχειρηματικότητας, η σύνδεση της εκπαίδευσης με την εργασία, αποτελεί μια στρατηγική, που θα οδηγήσει σε καλύτερες προοπτικές απασχόλησης, ώστε οι νέοι να είναι ικανοί να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της αγορά εργασίας (European Commission, 2010a; 2010b αναφέρεται σε Αργύρη & Σμυρναίου, 2019). Η μάθηση με βάση την εργασία (worked based learning), συμπεριλαμβανόμενης της προσομοιωμένης μάθησης με βάση την εργασία (simulated worked based learning) (Aebersold, 2018), της «εναλλασσόμενης εκπαίδευσης και κατάρτισης» (εναλλαγή σχολείου και χώρου εργασίας, διττό μοντέλο μάθησης, πρακτική άσκηση σε χώρους εργασίας, μαθητεία) (Cedefop, 2008; Cedefop, 2014; ICF, 2014) είναι ζωτικής σημασίας υπό το πρίσμα των μεταρυθμίσεων για την ευθυγράμμιση με τις ποιοτικές προτεραιότητες που ορίζονται στη στρατηγική «Ευρώπη 2020» και «Εκπαίδευση και κατάρτιση 2020» (European Commission, 2012) στοχεύει :

- Να συμβάλει στη μείωση της αναντιστοιχίας μεταξύ της εκπαίδευσης και της αγοράς εργασίας
- Να προωθήσει μια διαρθρωτική σύνδεση μεταξύ των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, της αγοράς εργασίας και της κοινωνίας των πολιτών
- Να συσχετίσει την εκπαιδευτική προσφορά με την πολιτιστική, κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη της επικράτειας
- Διεύρυνση του εύρους των μαθησιακών πλαισίων , μετατροπή των επιχειρήσεων σε χώρους κατάρτισης και επενδύσεις σε ανθρώπινο δυναμικό

Στην παρούσα ερευνητική μελέτη αναλύονται τα αποτελέσματα από την υλοποίηση του εκπαιδευτικού προγράμματος του Σωματείου Επιχειρηματικότητας Νέων/Junior Achievement Greece, (ΣΕΝ/JA Greece) για την δημιουργία εικονικής επιχείρησης (δηλ. μη νομικά συσταθείσας επιχείρησης) https://jagreece.org/programs/virtual_business/, που αποτελεί μία εκπαιδευτική στρατηγική προσομοιωμένης μάθησης με βάση την εργασία, για την ανάπτυξη της επιχειρηματικότητας, που δίνει στους νέους τη δυνατότητα να αναζητούν καινοτόμες λύσεις και ευκαιρίες, να προσαρμόζονται σε αλλαγές και να αναπτύσσουν πρωτοβουλίες για την επαγγελματική τους εξέλιξη. Η ικανότητα επεξεργασίας επαγγελματικών γνώσεων και πληροφοριών, που αξιοποιούνται στη λήψη αποφάσεων συνδέονται με την ανάπτυξη επιχειρηματικής νοοτροπίας και συμπεριφοράς. Οι δεξιότητες της ευελιξίας, της οργανωτικότητας και της υπευθυνότητας σε συνδυασμό με τη δημιουργική και καινοτόμο σκέψη, που αναπτύσσεται παράλληλα με την επιχειρηματική ικανότητα, αποτελούν σήμερα προϋπόθεση εξασφάλισης θέσης εργασίας, αύξησης της παραγωγικότητας και δημιουργίας προοπτικών επαγγελματικής σταδιοδρομίας και ανέλιξης.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Ο Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD, 2000) στη σύνδεση μάθησης και εργασίας, ως ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των επιτυχημένων συστημάτων μετάβασης. Υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ του συνδυασμού εργασίας και μάθησης, σε οποιαδήποτε μορφή, και της ανάπτυξης δεξιοτήτων με την πιθανότητα εύρεσης εργασίας μετά την αποχώρηση από την εκπαίδευση (Argyri & Smyrnaiou, 2019).

Η εννοιολογική χαρτογράφηση του όρου ‘μάθηση με βάση την εργασία’ (worked based learning, WBL) περιλαμβάνει μια πληθώρα όρων όπως μάθηση που σχετίζεται με την εργασία (worked related working, WRL), ολοκληρωμένη μάθηση στην εργασία (worked integrated learning, WIL), προσομοιωμένη μάθηση με βάση την εργασία (simulated worked based learning, SWBL) κ.ά (Fergusson & van der Laan, 2021). Ειδικότερα, η προσομοιωμένη μάθηση με βάση την εργασία αναπαράγει εμπειρίες μάθησης από το χώρο εργασίας επιτρέποντας στους μαθητές να εμπλακούν σε

δραστηριότητες μέσα στο χώρο της σχολικής τάξης μέσα από τρεις μεθοδολογικές προσεγγίσεις : α) προσομοιωμένα εργαλεία και σενάρια β) προσομοιωμένοι χώροι εργασίας γ) σχολικές επιχειρήσεις (Moyer, et. al, 2017). Οι εμπειρίες παιχνιδιών σε εικονικά περιβάλλοντα (όπως το Second Life και το Active Worlds), καθώς και τα διαδικτυακά μαζικά παιχνίδια (όπως το World of Warcraft) αποτελούν προσομοιωμένα εργαλεία με χρήση της τεχνολογίας για την ανάπτυξη της καινοτόμου και δημιουργικής σκέψης (Smyrnaiou & Kynigos, 2012). Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και τα παιχνίδια επιχειρηματικότητας, που στοχεύουν να εκπαιδεύσουν και να καθοδηγήσουν μαθητές, φοιτητές και νέους ανέργους για την απόκτηση επιχειρηματικών, οικονομικών και μαθηματικών δεξιοτήτων, ενισχύοντας τις διοικητικές, επιχειρηματικές, ψηφιακές και συνεργατικές ικανότητες, προάγοντας την κριτική σκέψη, την επίλυση προβλημάτων και το ηγετικό πνεύμα (Smyrnaiou, 2015). Η αντικατάσταση κλινικών εργαστηρίων με προσομοιωμένους χώρους εργασίας θεωρείται αποτελεσματική μέθοδος για την ανάπτυξη επαγγελματικών γνώσεων, της κριτικής σκέψης, την αυτοπεποίθησης και της αυτοεκτίμησης στο τομέα της νοσηλευτικής (Hayden et al. 2014).

Όλες οι παιδαγωγικές μέθοδοι που είναι προσανατολισμένες στην σύνδεση της εκπαίδευσης με την εργασία ενθαρρύνουν τον μαθητή να αναπτύξει μια διαδικασία στοχαστικής δράσης και ανακλαστικής πρακτικής και περιλαμβάνουν την μάθηση βάσει ικανοτήτων (competence based learning) (http://www.ibe.unesco.org/en/topics/competency-based-approaches) και τη μάθηση με βάση προβλήματα (problem based learning) (https://educationaltechnology.net/problem-based-learning-pbl/) με κύρια συστατικά την μαθητοκεντρική προσέγγιση, την βιωματική μάθηση και την μάθηση μέσα από την πράξη. Υπάρχει σύνδεση με τις εκπαιδευτικές τεχνικές της επιχειρηματικής μάθησης, οι οποίες χαρακτηρίζονται από διαδραστικές και βιωματικές μεθόδους και απαιτούν από τους σπουδαστές να αναλάβουν ενεργό ρόλο στη μαθησιακή διαδικασία, με τις καταστάσεις της πραγματικής ζωής και τις προσομοιώσεις. Αυτές περιλαμβάνουν: ομαδικές και συνεργατικές δραστηριότητες, αλληλεπίδραση με επιχειρήσεις και επιχειρηματίες, συμπεριλαμβανομένων των επισκέψεων σε επιχειρήσεις, επιχειρηματικές προσομοιώσεις και παιχνίδια, δημιουργία εικονικών επιχειρήσεων (Onstenk, 2003).

Οι Devins & Jones (2017) αναλύουν εκτενώς τις συνδέσεις της επιχειρηματικής εκπαίδευσης, η οποία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και στάσεων και της μάθηση με βάση την εργασία. Τα ερευνητικά αποτελέσματα από την συμμετοχή μαθητών σε δράσεις σύνδεσης εκπαίδευσης με την εργασία παρουσιάζουν βελτίωση της προσαρμοστικότητας, το οποίο αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό για την ανάπτυξη της επιχειρηματικότητας (Pretti, et.al, 2020).

Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας τονίζει την πρόκληση για την ενσωμάτωση της επιχειρηματικότητας στις σχολικές τάξεις δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μέσα από το μοντέλο προσομοιωμένης μάθησης με βάση την εργασία. Υποστηρίζεται ότι η ανταγωνιστικότητα, η καινοτομία και η οικονομική ανάπτυξη της Ευρώπης εξαρτάται από τη δυνατότητα ανάπτυξης ηγετικών ικανοτήτων, στάσεων και συμπεριφορών, που βοηθά τους μαθητές να αλλάξουν ή να αναπτύξουν κριτικές ικανότητες, να ανακαλύψουν νέους τρόπους, να βλέπουν τον κόσμο γύρω τους και να βιώνουν τον εαυτό τους (Harrison & Leitch, 2005), να δρουν με επιχειρηματικό και ταυτόχρονα κοινωνικά υπεύθυνο τρόπο (Wilson et al., 2009, p. 42).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Κατά το σχολικό έτος 2019-20 υλοποιήθηκε σε δύο τμήματα της Α τάξης (54 μαθητές) του Πρότυπου Γενικού Λυκείου Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης το εκπαιδευτικό πρόγραμμα του Σωματείου Επιχειρηματικότητας Νέων/Junior Achievement Greece, (ΣΕΝ/JA Greece) για την δημιουργία εικονικών επιχειρήσεων στα πλαίσια των ερευνητικών δημιουργικών εργασιών. Ως αφετηρία τέθηκε η αναζήτηση επιχειρηματικής ιδέας, με γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος. Στο Α3 τμήμα η έρευνα αγοράς μας οδήγησε στο κυκλικό μοντέλο παραγωγής, όπου η προμήθεια μη ανακυκλώσιμων υλικών, η επανακατασκευή τους σε νέα πρωτότυπα και καινοτόμα είδη οικιακής χρήσης και διακόσμησης και τελικά η πώληση τους, είχε πολύ μεγάλο αντίκτυπο και στο καταναλωτικό κοινό (κέρδη από πωλήσεις σε πολύ σύντομο χρόνο), αλλά και στον επιχειρηματικό χώρο (αξιολόγηση μέσω ηλεκτρονικής φόρμας και προσωπική επαφή για καταγραφή συμβουλών). Το ενεργειακό ζήτημα συνδέεται με μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις του πλανήτη, την κλιματική αλλαγή. Πως μπορούμε να συμβάλουμε ουσιαστικά στην μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής; Πως μπορούμε να εκπαιδεύσουμε την νέα γενιά να λαμβάνει αποφάσεις για την βιώσιμη ανάπτυξη της κοινωνίας; Το επιχειρηματικό σχέδιο του Α1 τμήματος απαντά σε αυτά τα σημαντικά

ερωτήματα, καθώς αποφάσισαν να ακολουθήσουν την αύξηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με την έναρξη της επιχείρησης «Easy Solar Cooking-ESC», που κατασκευάζει και πουλάει ηλιακούς φούρνους, σε αντικατάσταση του ηλεκτρικού φούρνου. Η ανάληψη ρόλων και καθηκόντων από τους μαθητές, ακολούθησε την διαδικασία αξιολόγησης των ενδιαφερόντων τους, των κλίσεων τους και κυρίως των δεξιοτήτων, όπου οι ίδιοι θεωρούσαν ότι κατέχουν, ώστε να μπορούν να επιτελέσουν τα καθήκοντα τους στο αντίστοιχο τμήμα της επιχείρησης.

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της ικανότητας της επιχειρηματικότητας χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο της μελέτης EntreComp (Bacigalupo, et. al, 2016, p.11-12). Η μελέτη αυτή αποτελεί σημείο αναφοράς για την αξιολόγηση της επιχειρηματική μάθησης, καθώς παρέχει ένα δομημένο πλαίσιο για τον ορισμό της επιχειρηματικής ικανότητας, που περιγράφει τα στοιχεία που την αποτελούν όσον αφορά τη γνώση, τις δεξιότητες και τη συμπεριφορά. Για την αξιολόγηση των εγκάρσιων δεξιοτήτων που αναπτύχθηκαν κατά την διάρκεια του προγράμματος αξιοποιήθηκε ο πίνακας αξιολόγησης του μοντέλου του Ευρωπαϊκού έργου Play4Guidance (Pawlowski & West, 2015; Pawlowski & Fries, 2015). Βασική τεχνική συλλογής δεδομένων και πληροφοριών στην ποιοτική έρευνα είναι οι παρατηρήσεις του εκπαιδευτικού/ερευνητή, ο οποίος συμμετείχε πλήρως στις δραστηριότητες των δύο τμημάτων, καθώς είχε και τον ρόλο του συντονιστή. Οι άξονες προβληματισμού και τα ερευνητικά ερωτήματα, που καταγράφηκαν στις παρατηρήσεις, παρέχονται από τους περιγραφικούς δείκτες των 15 ικανοτήτων των 3 περιοχών του μοντέλου της μελέτης EntreComp, αλλά και από τους περιγραφικού δείκτες των εγκάρσιων δεξιοτήτων του μοντέλου του Ευρωπαϊκού έργου Erasmus+ ΚΑ2 Play4Guidance. Για την αύξηση του βαθμού αξιοπιστίας της ανάλυσης των δεδομένων των παρατηρήσεων, ο εκπαιδευτικός χρησιμοποίησε ατομικές συνεντεύξεις και συλλογή τεκμηρίων (φωτογραφιών, ημερολογίων, καταγραφών και διαλόγων) (Ισαρη & Πουρκός, 2015; Παρασκευοπούλου, 2008).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Από την παρατήρηση του ερευνητή/εκπαιδευτικού στις θεματικές ενότητες της ικανότητας του «επιχειρήν» τα ακόλουθα αποτελέσματα :

Εντοπισμός Ευκαιριών :Υλοποίηθηκε εκτενής έρευνα αγοράς και διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν οργανωμένες προσπάθειες επιχειρηματικών μοντέλων κυκλικής οικονομίας στον ευρωπαϊκό χώρο και γενικότερα υπάρχει μια στροφή προς αυτού του είδους τις επιχειρήσεις. Η κυκλική οικονομία στην Ελλάδα εφαρμόζεται, ήδη, αλλά μπορεί να επεκταθεί στα δομικά υλικά, στα ανακυκλώσιμα υλικά συσκευασίας, στα απόβλητα τροφίμων, στα ρούχα, αλλά και στον τουρισμό (τμήμα Α3). Παρότι οι ηλιακές κουζίνες πολλών τύπων και σχεδίων είναι διαθέσιμες για αγορά στις περισσότερες περιοχές του κόσμου η χρήση τους δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη (τμήμα Α1)

Δημιουργικότητα : Με το σύνθημα «Μην το πετάς, φέρ το σε εμάς», δημιουργήσαμε ένα δίκτυο συλλογής μη ανακυκλώσιμων υλικών, με οικονομική ανταμοιβή ως κίνητρο, που πωλούνται από την επιχείρηση μας σε προσιτές τιμές (τμήμα Α3)

Ο ηλιακός φούρνος αποτελείται από δύο ξύλινα κουτιά μεγέθους, που είναι τοποθετημένα το ένα μέσα στο άλλο μεγέθους 50Χ50 (το εξωτερικό) και 40Χ40 (το εσωτερικό). Στο μικρό κενό μεταξύ των δύο κουτιών υπάρχει μονωτικό υλικό (υαλοβάμβακας) για να συγκρατείται η θερμότητα του ήλιου και να υπάρχει η καλύτερη δυνατή απόδοση θερμοκρασίας. Ο απλός μηχανισμός του, στηρίζεται στους νόμους της Φυσικής: Μέσω της αντανάκλασης του φωτός από το πάνω σκέπαστρο του κουτιού (που υπάρχει επένδυση αλουμινόχαρτου) και της πρόσπτωσης στο γυάλινο τζάμι. Ο μηχανισμός που κλείνει το κουτί έχει ρυθμιστεί να τοποθετείται σε διαφορετικές θέσεις για να καλύπτει όλες τις ώρες την σύλληψη των ακτίνων του ήλιου. Ο ηλιακός φούρνος κατόπιν παραγγελίας διατίθεται σε διάφορα μεγέθη. Επίσης εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και γυαλί διαφορετικής ποιότητας και απορροφητικότητας, πάντα με γνώμονα την ζήτηση και ικανοποίηση των πελατών (τμήμα Α1).

Όραμα: Αποτελεί ένα πρότυπο παράδειγμα επιχειρηματικού μοντέλου, το οποίο μπορεί ξεπεράσει τα γραμμικά μοντέλα παραγωγής (αντλώ-παράγω-αποβάλλω) και να λειτουργήσει σαν έναυσμα, προκειμένου να αναδειχθεί η στρατηγική προσέγγιση της κυκλικής οικονομίας, η οποία εστιάζει στην επαναχρησιμοποίηση, επισκευή, ανανέωση και ανακύκλωση υφιστάμενων υλικών και προϊόντων (τμήμα Α3). Υιοθέτηση μιας νέας κουλτούρας οικολογικής συμπεριφοράς και καλλιέργειας περιβαλλοντικής συνείδησης στα άτομα όλων των ηλικιών για την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (τμήμα Α1)

Αξιολόγηση των ιδεών: Για την καταγραφή του αντίκτυπου της δημιουργίας αυτής της επιχείρησης, της αξιολόγησης της επιχειρηματικής ιδέας, των προοπτικών ανάπτυξης και την λήψη συμβουλών δόθηκε ερωτηματολόγιο στον επιχειρηματικό χώρο https://forms.gle/wMJXmUio9C8Y9E1UA , όπου απάντησαν 12 επιχειρηματίες.

Στο τμήμα Α1 οι συμβουλές που καταγράφηκαν στην αξιολόγηση είναι:

- Η προώθηση και ανάδειξη του προϊόντος να γίνει με φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους
- Να παρουσιάσετε συνταγές που μπορούν να γίνουν με τον solar oven, ίσως με videos ή περιγραφή με κείμενο και εικόνες ώστε να πείσετε τον κόσμο ότι είναι χρήσιμο και αξιόπιστο προϊόν.
- Πριν την πώληση, να εξηγείτε στους πελάτες σας ξεκάθαρα τι να περιμένουν και τι να μην περιμένουν από το προϊόν. Μετά την πώληση να είστε εκεί να υποστηρίζετε τους πελάτες σας.
- Να γίνει σωστή καμπάνια η οποία θα εξηγεί το ενεργειακό όφελος των προϊόντων σε όλο τον κόσμο για να το καταλάβει.

Βιώσιμη και ηθική συλλογιστική : Η επιχείρηση ικανοποιεί πλήρως τις απαιτήσεις και τις προκλήσεις δημιουργίας νέων επιχειρηματικών μοντέλων με το χαρακτηριστικό στοιχείο της οικολογικής διάστασης της κυκλικής οικονομίας (τμήμα Α3). Προσφέρει τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών)(τμήμα Α1).

Αυτογνωσία και αυτοπεοίθηση: Οι μαθητές εφάρμοσαν εκτενή ανάλυση με το προσδιορισμό των δυνατών και αδύνατων σημείων, των ευκαιριών και των απειλών (ανάλυση swot).

Κίνητρα και επιμονή: Για την ομαλή λειτουργία και των δύο επιχειρήσεων, αλλά κυρίως για την επίτευξη των βραχυπρόθεσμων στόχων, διαπιστώθηκε ότι έχει πολύ μεγάλη σημασία η πιστή τήρηση των καθηκόντων και των αρμοδιοτήτων των τμημάτων του ανθρώπινου δυναμικού της επιχείρησης. Λειτουργούσαν σαν μία αλυσίδα αλληλένδετων κρίκων που κάθε χρονική στιγμή είναι στενά συνδεδεμένα μεταξύ τους , που ανατροφοδοτούνται και συνεργάζονται στενά μεταξύ τους.

Κινητοποίηση πόρων: Οι μαθητές αναζήτησαν χορηγίες σε τοπικό επίπεδο μέσω επιστολών και μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Χρηματοπιστωτικός και οικονομικός γραμματισμός: Κάθε τμήμα είχε συντάξει τον ετήσιο προϋπολογισμό.

Κινητοποίηση άλλων: α) Προβολή της λειτουργίας της επιχείρησης και των προϊόντων της από την ιστοσελίδα https://blogs.sch.gr/norede/ ; https://solaroven239632247.wordpress.com/ β) Διαφημιστική εκστρατεία στα κοινωνικά μέσα δικτύωσης https://twitter.com/NoReDe1 ; https://www.instagram.com/noredeofficial/?hl=el ; https://twitter.com/SolarovenG

Ανάληψη πρωτοβουλιών: Προώθηση επιχειρηματικών λύσεων και προτάσεων για την δημιουργία επιχειρήσεων σε τοπικό επίπεδο (που δεν απαιτούν μεγάλα χρηματικά ποσά κεφαλαιοποίησης ή μετοχικού κεφαλαίου), με απόλυτο σεβασμό απέναντι στο περιβάλλον (τμήμα Α3). Προώθηση της σημασία της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και ανάδειξη των πρακτικών εφαρμογών που βρίσκουν αυτές στην καθημερινότητα του ανθρώπου (τμήμα Α1).

Σχεδιασμός και διαχείριση: Η μη κάλυψη της μεγάλης ζήτησης, καθώς η κατασκευή των προϊόντων απαιτεί χρόνο, μπορεί να καλυφθεί με επιπλέον προσωπικό βραχυπρόθεσμης απασχόλησης (τμήμα Α3). Διαπιστώθηκε η αποδοτικότητα του ηλιακού φούρνου παρουσιάζει συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους, λόγω έλλειψης ηλιοφάνειας, που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας, απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών (τμήμα Α1).

Διαχείριση αβεβαιότητας, ασάφειας και κινδύνου: Τα προϊόντα χρειάζεται να πωλούνται σε πολύ προσιτές τιμές, καθώς ενδεχόμενα ο μέσος καταναλωτής να προτιμήσει αγορές προϊόντων διακόσμησης από τα εμπορικά καταστήματα, όπου τα προϊόντα φέρουν σε συγκεκριμένες μάρκες (τμήμα Α3). Ο ηλιακός φούρνος χρειάζεται να συνοδεύεται από δώρα (π.χ θερμόμετρο, είδη μαγειρέματος), καθώς πολλές άλλες ανταγωνιστικές εταιρείες που πουλούν ηλιακούς φούρνους, προσφέρουν επιπλέον εξαρτήματα δωρεάν (τμήμα Α1).

Συνεργασία : Από τις συνεντεύξεις των μαθητών αναφέρθηκε ότι *«..έμαθαν τι μπορούν να κάνουν οι ίδιοι, αλλά και όλοι μαζί…»*. Το κλειδί για την επιτυχία διαδρομής παραγωγής-πώλησης ήταν ο συντονισμός, η επικοινωνία και η στενή συνεργασία των τομέων της επιχείρησης: α) η διεύθυνση και υποδιεύθυνση παρείχαν πλάνα οδηγιών και μεθοδολογικής στρατηγικής για κάθε τμήμα χωριστά, β) η διεύθυνση παραγωγής εξασφάλιζε την προμήθεια των πρώτων υλών, γ) το οικονομικό τμήμα τηρούσε ειδικά ημερολόγια για την πλήρη καταγραφή των δαπανών και των εσόδων, δ) το τμήμα μάρκετιγκ και το τμήμα πωλήσεων εξασφάλιζαν τις προϋποθέσεις για την πώληση των νέων προϊόντων.

Μάθηση μέσω της εμπειρίας: Η υλοποίηση των δραστηριοτήτων και στα δύο τμήματα βασιζόταν στην προσομοίωση του χώρου εργασίας με βασικό χαρακτηριστικό την ενεργή εμπλοκή των μαθητών για την εκμάθηση των λειτουργιών της επιχείρησης μέσα από την ανάληψη ρόλων.

Για την αξιολόγηση των εγκάρσιων δεξιοτήτων των μαθητών, αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα των συνεντεύξεων των μαθητών/τριών, τα οποία στην συνέχεια κωδικοποιήθηκαν. Η ενεργός εμπλοκή των μαθητών στην διαδικασία υλοποίησης του επιχειρηματικού σχεδίου ενδυνάμωσε δεξιότητες, όπως η υπευθυνότητα, η επίλυση προβλημάτων και η λήψη αποφάσεων. Μέσα από την συνεργασία και την ομαδική εργασία είναι πολύ σημαντικό οτι καταγράφεται από τους μαθητές : *«..το ταξίδι στον χώρο της επιχειρηματικότητας είναι συναρπαστικό..», «νιώθουμε δυνατοί να αναλάβουμε τον ρόλο του επιχειρηματία».* Από τις εγκάρσιες δεξιότητες αποδίδεται επίσης μεγάλη στην οργανωτική ικανότητα, στη δημιουργικότητα και στη συνεργασία καθώς αναφέρθηκαν: Μ1 «.. χρειάζεται σεβασμός των συνεργατών και των συνανθρώπων μας..» . Μ2: «*….Έχω κατανοήσει σε μεγάλο βαθμό τους τομείς λειτουργίας μίας επιχείρησης, και την σημασία που έχει η σωστή εκτέλεση καθηκόντων με τήρηση χρονοδιαγράμματος…».* Μ3: «*…Μπορώ πλέον να συνεργαστώ πιο εύκολα σε ομάδες και να συμμετάσχω ενεργά σε συζητήσεις και συνελεύσεις που πραγματεύονται πράγματα που με αφορούν. Επίσης πλέον γνωρίζω ότι δεν είναι δύσκολη η επίτευξη των στόχων σου εάν έχεις κάποιο σταθερό κίνητρο και λειτουργείς σε ομάδα….».* Μ4: *«…Πλέον μπορώ και συνεργάζομαι καλύτερα, είμαι πιο συνεπής στις υποχρεώσεις μου και έχω μάθει να συζητώ για τυχόν προβλήματα που προκύπτουν…».*

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το σημερινό πολύπλοκο και ανασφαλές οικονομικό περιβάλλον απαιτεί άτομα με ικανότητα επίλυσης νέων προβλημάτων μέσω ανεξάρτητης και υπεύθυνης δράσης. Δράσεις προσομοίωσης του χώρου εργασίας στην σχολική τάξη, όπως η δημιουργία εικονικών επιχειρήσεων βοηθούν τους μαθητές να επεξεργαστούν εκπαιδευτικές και επαγγελματικές πληροφορίες και να τις εφαρμόσουν σε αποφάσεις, επιλογές, μεταβάσεις που σχετίζονται με τη σταδιοδρομία τους. Οι δεξιότητες αυτές είναι χρήσιμες προκειμένου να κατανοήσουν και να εκτιμήσουν τις δυνατότητές τους ως επιχειρηματίες και να εξοικειωθούν περισσότερο με το πώς οι επιχειρηματίες δικτυώνονται, σκέπτονται, μαθαίνουν. Στα κυριότερα μαθησιακά αποτελέσματα εκτός από τις γνώσεις επιχειρηματικότητας περιλαμβάνονται και περιβαλλοντική και οικολογική συνείδηση, η υπεύθυνη καταναλωτική συμπεριφορά, αλλά και δεξιότητες όπως η ηπευθυνότητα, ομαδικότητα, συνεργασία, δημιουργικότητα, επίλυση προβλήματος, καινοτομία και η λήψη αποφάσεων.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο Σωματείο Επιχειρηματικότητας Νέων/Junior Achievement Greece, (ΣΕΝ/JA Greece) https://jagreece.org/programs/virtual_business/ για την υποστήριξη και το εκπαιδευτικό υλικό του προγράμματος που παρείχε στους μαθητές, στον εκπαιδευτικό και στον σύμβουλο-εθελοντή. Τα προγράμματα του οργανισμού Junior Achievement – Young Enterprise έχουν αναγνωριστεί από το Γραφείο Επιχειρηματικότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως η «Καλύτερη Εφαρμογή Πρακτικής στην εκπαίδευση που αφορά στην επιχειρηματικότητα».

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αργυρη, Π., Σμυρναίου, Ζ. (2019). Εναλλασσόμενη κατάρτιση στα Ευρωπαϊκά Εκπαιδευτικά Συστήματα. *Πρακτικά 5ου Διεθμούς Επιστημονικού Συνεδρίου: Η διεπιστημονικότητα ως γνωστική, εκπαιδευτική και κοινωνική πρόκληση*, Τόμος Α, σελ. 302-318, ISBN: 978-618-84507-2-1.

Ίσαρη, Φ., & Πουρκός, Μ. (2015). *Ποιοτική μεθοδολογία έρευνας*. Αθήνα, Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Διαθέσιμο http://hdl. handle. net/11419/5826

Παρασκευοπούλου-Κόλλια, Ε. Ά. (2008). Μεθοδολογία ποιοτικής έρευνας στις κοινωνικές επιστήμες και συνεντεύξεις. *Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και*

την Εκπαιδευτική Τεχνολογία, 4(1), 72-81.
Aebersold, M., (2018). Simulation-Based Learning: No Longer a Novelty in Undergraduate Education. *OJIN: The Online Journal of Issues in Nursing* Vol. 23, No. 2.
Argyri P. (2019) Collaborative Problem Solving as a Critical Transversal Skill for the Transition from the School Environment to the Workplace. *In: Kavoura A., Kefallonitis E., Giovanis A. (eds) Strategic Innovative Marketing and Tourism. Springer Proceedings in Business and Economics. Springer,* Cham. ISSN 2198-7246 , ISSN 2198-7254 (electronic), ISBN 978-3-030-12452-6, ISBN 978-3-030-12453-3 (eBook), pp. 433-490, https://doi.org/10.1007/978-3-030-12453-3_49
Argyri, P., Smyrnaiou, Z., (2019). The role of education in employability in terms of skills development. *Proceedings of the European Triple Helix Congress (ETHAC2019) Responsible Innovation & Entrepreneurship,* pp. 42-55, ISBN: 978-960-9416-24-5, ISSN: 2654-024X, published by SEERC (South East European Research Centre.
Argyri, P. & Smyrnaiou, Z. (2021). Case Studies of Educational Systems Focus on Empowerment of Young People's Skills. In Vana Chiou, Lotte Geunis, Oliver Holz, Nesrin Oruç Ertürk, Fiona Shelton (ed.). *Voices from the Classroom: A Celebration of Learning, vol. 1, ISBN 978-3-8309-4378-5.*
Bacigalupo, M., Kampylis, P., Punie, Y., Van den Brande, G. (2016). EntreComp: *The Entrepreneur-ship Competence Framework.* Luxembourg: Publication Office of the European Union; EUR 27939 EN; doi:10.2791/593884
Cedefop (2008). *Terminology of European education and training policy – A selection of 100 key terms.* Luxembourg: Publications office. Access (27-4-2016) από: http://www.cedefop.europa.eu/en/files/4064_en.pdf
Cedefop (2014a). *Terminology of European education and training policy.* Second Edition. A terminology of 130 Key Terms. Luxembourg: Publications Office. Access (27-4-2016) από: http://www.cedefop.europa.eu/el/publications-and-resources/publications/4117
Devins, DM and Jones, B (2017). *Work Based Learning, Enterprise Education and small family business. In: Institute for Small Business and Entrepreneurship*, 8th- 9th November 2017, Belfast. Link to Leeds Beckett Repository record: https://eprints.leedsbeckett.ac.uk/id/eprint/5109/
European Commission (2010a). *Communication from the Commision to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. An agenda for new skills and jobs: a European contribution towards full employment.* COM/2010/682 final. Access (01-08-2022):http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2010/EN/1-2010-682-EN-F2-1.Pdf
European Commission (2010b). *Communication from the Commision to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. A new impetus for European cooperation in Vocational Education and Training to support the Europe 2020 strategy.* COM/2010)/296 final. Access (01-04-2018): https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0296&from=FI
European Commission, 2012. *Commission Staff Working Document. Assessment of Key Competences in initial education and training:* Policy Guidance. Accompanying the document Communication from the Commission Rethinking Education: Investing in skills for better socio-economic outcomes.
Fergusson, L. and van der Laan, L. (2021), "Work + learning: unpacking the agglomerated use of pedagogical Terms", *Journal of Work-Applied Management,* Vol. 13 No. 2, σελ. 302-314. https://doi.org/10.1108/JWAM-12-2020-0053
ICF (2014). *Dual Education: A Bridge over troubled waters?* Directorate-General for Internal Policies. Policy Department B: Structural and Cohesion Policies. Culture and Education.
Harrison, R. T., & Leitch, C. M. (2005). Entrepreneurial Learning: Researching the Interface between Learning and the Entrepreneurial Context. *Entrepreneurship Theory and Practice*, *29*(4), 351–371. https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2005.00089.x
Hayden, J. K., Smiley, R. A., Alexander, M., Kardong-Edgren, S., & Jeffries, P. R. (2014). The NCSBN national simulation study: A longitudinal, randomized, controlled study replacing clinical hours with simulation in prelicensure nursing education. *Journal of Nursing Regulation*, *5*(2), S3-S40.
Lippman L H, Ryberg R, Carney R. and Moore K. A (2015). *Key "Soft Skills" that Foster Youth Workforce Success: Toward a Consensus across Fields.* Workforce Connections. Child Trends.
Moyer, R., Snodgrass, J., Klein, S., & Tebben, C. (2017). *Simulated Work-Based Learning: Instructional Approaches and Noteworthy Practices.* Office of Career, Technical, and Adult Education, US Department of Education.

OECD (2010), *Learning for Jobs*, OECD Reviews of Vocational Education and Training, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264087460-en.

OECD/Eurostat (2018), Oslo Manual 2018*: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation,* 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, https://doi.org/10.1787/9789264304604-en

Onstenk, J. (2003). Entrepreneurship and vocational education. *European educational research journal,* 2(1), 74-89.

Pawlowski, J.M & Hochschule Ruhr West (HRW) (2015*). Assessment Matrix of Play4Giuidance* (funded within the framework of the European Union Erasmus+ program) A European Business Game to train and guide students and young unemployed on entrepreneurial, transversal and mathematical skills. Access (01-08-2022): http://play4guidance.eu/wp/wp-content/uploads/2017/09/Matrix-toolkit_GR.pdf

Pawlowski, J.M & Fries, T. (2015). *Model - Content. of Play4Giuidance* (funded within the framework of the European Union Erasmus+ program) A European Business Game to train and guide students and young unemployed on entrepreneurial, transversal and mathematical skills. Access: (01-08-2022) http://play4guidance.eu/wp/wp-content/uploads/2017/08/05_Model-Content_GR.pdf

Pretti, T. J., Parrott, P. A. W., Hoskyn, K., Fannon, A. M., Church, D., & Arsenault, C. (2020). The role of work-integrated learning in the development of entrepreneurs. *International Journal of Work-Integrated Learning*, *21*(4), 451-466.

Smyrnaiou, Z., Kynigos, C. (2012). Interactive Movement and Talk in Generating Meanings from Science, *IEEE Technical Committee on Learning Technology,* Special Theme "Technology-Augmented Physical Educational Spaces" Hernández Leo, D. (Ed). Bulletin of the Technical Committee on Learning Technology, pp. 17-20, Volume 14, Issue 4, October 2012, available online at http://www.ieeetclt.org/content/bulletin-14-4

Smyrnaiou, Z. (2015). A *European Business Game to train and guide students and young unemployed on entrepreneurial, transversal and mathematical skills* (Output 3 - Pedagogical Framework, Play4Guidance – project funded by ERASMUS+ EU Programme). http://play4guidance.eu/wp/wp-content/uploads/2016/01/P4G_Pedagogical_Framework.pdf

UNESCO (2015) *Transversal Competencies in Education Policy and Practice (Phase I).* Asia-Pacific Education Research Institutes Network (ERI-NET). Paris and Bangkok, UNESCO.

Wilson, K. E., Vyakarnam, S., Volkmann, C., Mariotti, S., & Rabuzzi, D. (2009). Educating the next wave of entrepreneurs: Unlocking entrepreneurial capabilities to meet the global challenges of the 21st century. In *World Economic Forum: A Report of the Global Education Initiative*.

Διερευνητικού τύπου διδακτική παρέμβαση STEM με αξιοποίηση ψηφιακών φορητών συσκευών, για την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης από τους μαθητές. Μελέτη περίπτωσης της κατακόρυφης ταλάντωσης ελατηρίου.

Κουσλόγλου Εμμανουήλ[1], Αναστάσιος Μολοχίδης[2], Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης[3]

kusmangr@gmail.com, tasosmol@physics.auth.gr, evris@physics.auth.gr,

[1] Υποψ. Δρ., Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ

[2]Επίκ. Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ

[3]Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας (inquiry-based learning) αποτελεί τον διδακτικό μετασχηματισμό της επιστημονικής μεθόδου, δηλαδή της μεθόδου που εφαρμόζουν τα μέλη της επιστημονικής κοινότητας. Τα πρόσφατα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών επικεντρώνονται στη μέθοδο αυτήν, κυρίως όσον αφορά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, καθώς φαίνεται ότι βοηθούν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων του νου υψηλής τάξης, αλλά και δεξιοτήτων διερεύνησης. Η αξιοποίηση των ψηφιακών φορητών συσκευών συνεπικουροούν στην ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων προσφέροντας χρήσιμα ψηφιακά εργαλεία, φιλικά προς τους μαθητές και αξιοποιήσιμα οπουδήποτε και οποτεδήποτε.

Τη σχολική χρονιά 2021-22, μαθητές της Γ' Γυμνασίου μετείχαν σε μία σειρά από παρεμβάσεις διερευνητικού τύπου με αξιοποίηση τόσο παραδοσιακού εργαστηριακού εξοπλισμού του σχολείου τους, όσο και ψηφιακών φορητών συσκευών (tablets, κινητά, ασύρματοι αισθητήρες PASCO και σχετικά λογισμικά). Στην παρούσα εργασία περιγράφεται ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και εφαρμογή της πρώτης παρέμβασης, που αφορούσε τη μελέτη του νόμου του Hooke και την κατακόρυφη ταλάντωση ελατηρίου, ενώ παρουσιάζονται και τα ευρήματα σχετικά με την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης από τους συμμετέχοντες μαθητές

.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Mobile learning, Inquiry-based learning, διερεύνηση, ILD*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διερευνητική μάθηση (Inquiry-based learning - IBL) αποτελεί μια εποικοδομηστική προσέγγιση όπου οι μαθητές μπαίνουν στη θέση των επιστημόνων, αναπτύσσοντας τα δικά τους ερωτήματα, διατυπώνοντας κατάλληλες υποθέσεις, σχεδιάζοντας δραστηριότητες και πειράματα για να τις ελέγξουν, αναλύοντας, κατανοώντας και εξηγώντας τα αποτελέσματα από τα πειράματά τους, εξάγοντας συμπεράσματα και, τέλος, προχωρώντας σε αναστοχασμό και κοινοποίηση των πορισμάτων τους. Έτσι, διεξάγουν έρευνες οικοδομώντας νέα γνώση με βάση τα τεκμήρια (Liu et al., 2021; Tijani at al., 2021; Yuliati et al, 2018).

Οι φυσικές επιστήμες, από τη φύση τους βασίζονται στη διερεύνηση του φυσικού κόσμου και οι ψηφιακές φορητές συσκευές θεωρούνται κατάλληλες να την υποστηρίξουν (Suarez et al., 2017), αφού προσφέρουν τα εργαλεία που κάνουν αυτή τη διερεύνηση πιο προσβάσιμη, αλλά και πανταχού παρούσα (Crompton et al., 2017). Η αξιοποίηση των συσκευών αυτών ως πειραματικές διατάξεις (αισθητήρες) προφέρει ακόμη περισσότερα πλεονεκτήματα, αφού σύμφωνα με τους Lefkos et al. (2002), η κατανόηση της επιστήμης που αναπτύσσεται στο εργαστήριο δεν περιλαμβάνει μόνο την εκμάθηση εννοιών και μοντέλων της επιστήμης, αλλά και την ανάπτυξη δεξιοτήτων σχετικά με την επιστημονική έρευνα του υπό μελέτη πεδίου. Μάλιστα, η διερεύνηση με τη χρήση φορητών ψηφιακών συσκευών (mobile Inquiry-based Learning) φαίνεται πως βοηθάει στην αποσαφήνιση των εννοιών και στην πυροδότηση σκέψης υψηλότερης τάξης (Leelamma & Indira, 2017).

Το MBL (Microcomputer based learning) είναι μία εργαστηριακή διαδικασία όπου συνδέονται αισθητήρες (μετατροπείς αναλογικού προς ψηφιακό σήμα) και υπολογιστικές συσκευές προκειμένου να γίνουν μετρήσεις, καταγραφές και αναλύσεις δεδομένων. Αυτά τα εργαστήρια εφαρμόζονται για περισσότερο από τρεις δεκαετίες (Chen et al., 2014). Τα πλεονεκτήματα είναι πολλά (real-time συλλογή δεδομένων που προσφέρει πάρα πολλά άλλα πλεονεκτήματα, πολλαπλές αναπαραστάσεις δεδομένων, αξιοποίηση υπολογιστικών συστημάτων κ.α.) (Linn, 1988; Rane, 2018). Η πρόκληση

είναι ότι τα δεδομένα που συλλέγονται από έναν υπολογιστή ενδέχεται να μην αμφισβητηθούν και να γίνουν αποδεκτά όπως παρουσιάζονται (Papert, 1980).

Η εκπαίδευση STEM αναφέρεται στη διδασκαλία και μάθηση στα πεδία των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής (Engineering) και των Μαθηματικών με σκοπό τη βελτίωση της ικανότητας και των δεξιοτήτων των μαθητών να εφαρμόζουν διαθεματική γνώση για την επίλυση αυθεντικών προβλημάτων (Tantu, 2017). Η εκπαίδευση STEM οδηγεί τους μαθητές να αποκτήσουν εύκολα γνώση των εννοιών σε αυθεντικά προβλήματα, με τη χρήση της τεχνολογίας, την αξιοποίηση επιστημονικής γνώσης, τη διαχείριση δεδομένων με τη μαθηματική λογική και κάνοντας πρακτική στη Μηχανική (Prasongsap et al., 2020). Στην εκπαίδευση STEM, οι διερευνητικές μέθοδοι έχουν τεράστια δυναμική στην εμβάθυνση της γνώσης και των δεξιοτήτων των μαθητών, καθώς οι δραστηριότητες μπορούν να υποστηριχθούν από τεχνολογίες που παρέχουν νέες μορφές διερεύνησης και έρευνας (Yeung & Sun, 2019). Επίσης, οι δημοσιεύσεις σχετικά με τον συνδυασμό της φορητής τεχνολογίας και της εκπαίδευσης STEM αυξάνονται τις τελευταίες δεκαετίες, καθώς αυτή η τεχνολογία μπορεί να υποστηρίξει τη μάθηση των μαθητών οποτεδήποτε και οπουδήποτε και μπορεί να οδηγήσει σε μια παιδαγωγική προσέγγιση που υποστηρίζει τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών (Prasongsap et al., 2020). Οι Daher & Shahbari (2020) αναφέρουν τέσσερα επίπεδα ολοκλήρωσης των θεμάτων STEM, ανάλογα με το πόσα από αυτά είναι επικρατούντα και αν και πόσα υποστηρικτικά των πρώτων.

level 1 (2 subjects)	level 2 (3 or more subjects)	Level 3 (2 subjects)	level L (3 or more subjects)
1 dominant 1 supportive	**1 dominant** 2 or more, supportive	**2 equivalent**	**2 dominat** 1 or more, supportive

Σχήμα 1: *Τα τέσσερα επίπεδα STEM, σύμφωνα με τους Daher & Shahbari .*

Όσον αφορά τη διαδραστική επίδειξη (Interactive Learning Demonstrations-ILD), αποτελεί μία μέθοδο που σύμφωνα με τους Sokoloff και Thornton (2004), αποτελείται από 3 φάσεις: (α) την πρόβλεψη, όπου αφού ο εκπαιδευτικός περιγράψει το πρόβλημα, οι μαθητές καλούνται να προβλέψουν το αποτέλεσμα και συζητούν την επιλογή τους στην τάξη με τους συμμαθητές τους. (β) Το πείραμα, το οποίο διεξάγεται από τον εκπαιδευτικό μπροστά στην τάξη. (γ) Η τρίτη φάση είναι ο αναστοχασμός, όπου οι μαθητές αναφέρουν στην τάξη τα αποτελέσματα της ανάλυσης και εντοπίζουν-συζητούν τις διαφορές της αρχικής πρόβλεψης και του αποτελέσματος από το πείραμα.

Τέλος, αξίζει αν αναφερθεί ότι είναι σημαντικό για τους μαθητές να συμμετέχουν στη συνεργατική μάθηση (collaborative learning), π.χ., σε δραστηριότητες όπου οι μαθητές εργάζονται μαζί σε μικρές ομάδες των 2-5 ατόμων, όπου όλοι συμμετέχουν σε μια σαφώς καθορισμένη ομαδική εργασία/δραστηριότητα (Cohen, 1994).

Στην εργασία αυτή περιγράφεται ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και εφαρμογή μιας παρέμβασης διάρκειας δώδεκα ωρών, που αφορούσε τη μελέτη του νόμου του Hooke και την κατακόρυφη ταλάντωση ελατηρίου, ενώ παρουσιάζονται και τα ευρήματά της σχετικά με την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης από τους μαθητές.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

Τη σχολική χρονιά. 2021–22, συστάθηκε μια μαθητική ομάδα (science club) με εθελοντική συμμετοχή, αποτελούμενη από δέκα μαθητές Γυμνασίου της Καβάλας. Η ομάδα απαρτίζονταν από 4 κορίτσια και 6 αγόρια, με υψηλές επιδόσεις στο μάθημα της Φυσικής (εύρος βαθμολογίας Α' τετραμήνου: 17-20). Οι δραστηριότητες της ομάδας εντάχθηκαν σε πρόγραμμα μαθητικών δραστηριοτήτων, καθώς και σε εθνικό πρόγραμμα e-twinning. Οι συναντήσεις πραγματοποιούνταν σε τακτική βάση, ένα δίωρο ανά εβδομάδα, αμέσως μετά τη λήξη του σχολικού ωραρίου (Πέμπτες, 14:00 – 15:30). Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν 6 συναντήσεις συνολικής διάρκειας 12 διδακτικών ωρών. Ερευνητικός σκοπός ήταν η μελέτη της ανάπτυξης/βελτίωσης δεξιοτήτων διερεύνησης από τους μαθητές. Οι παρεμβάσεις ήταν mIBL με βασικό εξοπλισμό: tablets, κινητά, ασύρματους αισθητήρες smart cart και το λογισμικό SPARKVue.

Ερευνητικό εργαλείο

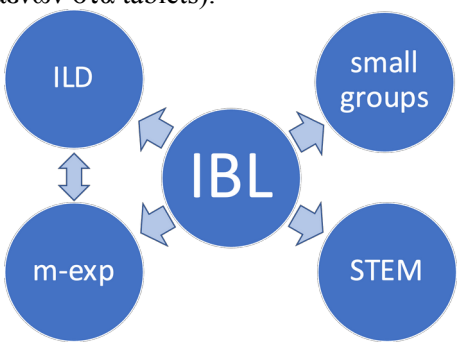
Για τις ανάγκες της έρευνας σχετικά με την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης από τους μαθητές, σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ένα δοκίμιο/ερωτηματολόγιο που διαμοιράζονταν πριν και μετά από κάθε παρέμβαση, ως διαγνωστικό και ως αναστοχαστικό ερευνητικό εργαλείο αντίστοιχα. Το δοκίμιο/ερωτηματολόγιο ξεκινούσε με μια φανταστική ιστορία, πάνω στην οποία δομούνταν οι σχετικές ερωτήσεις, που ήταν κοινές σε όλες τις παρεμβάσεις και οι οποίες αντιστοιχούν στα βήματα της επιστημονικής μεθόδου (πίνακας 1). Η βαθμολογία κάθε ερώτησης βασιζόταν σε τριβάθμια κλίμακα: Λανθασμένη απάντηση: 1, Ελλιπής απάντηση 2, Πλήρης απάντηση: 3.

***Πίνακας 1**: Ερωτήσεις δοκιμίου και αντιστοίχιση με τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου*

Ερωτήσεις δοκιμίου	***Βήματα επιστημονικής μεθόδου***
Τι πρόκειται να ερευνήσει ο πρωταγωνιστής της ιστορίας;	ΕΡΩΤΗΣΗ
Από τι πιστεύεις ότι εξαρτάται το φυσικό μέγεθος που εξετάζουμε;	ΠΡΟΒΛΕΨΗ/ΥΠΟΘΕΣΗ
Γιατί το πιστεύεις αυτό;	
Τι θα έκανες για να το ερευνήσεις; Α) Τι θα αλλάζεις; Β) Τι θα κρατάς ίδιο; Γ) Τι θα ελέγχεις;	ΠΕΙΡΑΜΑ (Σχεδίαση)
Τι υλικά θα χρειαστείς;	
Τι θα παρατηρείς / μετράς;	ΠΕΙΡΑΜΑ (Υλοποίηση)
Πώς θα συμπεράνεις αν έκανες σωστή πρόβλεψη;	ΑΝΑΛΥΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Σχεδίαση της παρέμβασης

Το πλαίσιο της εργασίας περιλαμβάνει τη Διερευνητική Μάθηση (IBL) ως κεντρικό στοιχείο. Όπως φαίνεται στο σχήμα 2, οι βασικές συνιστώσες της παρέμβασης ήταν οι Διαδραστικές Επιδείξεις (ILD), ο Πειραματισμός με φορητές συσκευές (m-exp), η εργασία σε ομάδες (small groups) και το STEM, αφού η παρέμβαση συνδυάζει Science (ταλάντωση), Technology (εξωτερικοί ασύρματοι αισθητήρες και tablets), Engineering (σύνθεση της πειραματικής διάταξης, αλλά και προγραμματισμός σε blockly για εμφάνιση επιπλέον πληροφορίας) και Μαθηματικά (ανάλυση γραφικών παραστάσεων και δεδομένων στα tablets).



***Σχήμα 2**: Στοιχεία της παρέμβασης*

Κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να γνωρίσουν την απλή αρμονική ταλάντωση, με διερευνητική μάθηση και αξιοποιώντας τεχνικές mobile learning μέσα σε ένα πλαίσιο STEM. Το ερευνητικό ερώτημα ήταν αν οι μαθητές θα αναπτύξουν/βελτιώσουν τις δεξιότητες διερεύνησης, δηλαδή της εφαρμογής του επιστημονικού τρόπου σκέψης, μέσα από την παρέμβαση.

Για τις ανάγκες της παρέμβασης αναπτύχθηκαν συνολικά τέσσερα Φύλλα Εργασίας (ΦΕ). Τα τρία από αυτά (1ο, 2ο & 3ο Φ.Ε.) ήταν δομημένα κατά το πρότυπο του βιβλίου φυσικής της Α' Γυμνασίου «Η φυσική με πειράματα» (Καλκάνης κ.ά., 2013) και βασίζονται στα βήματα της διερευνητικής αλληλουχίας: Συζητώ-Αναρωτιέμαι-Υποθέτω, Ενεργώ-πειραματίζομαι, Συμπεραίνω-Καταγράφω. Το 1ο Φ.Ε. στόχευε στην εξοικείωση των μαθητών τόσο με τον νόμο του Hooke, όσο και με την πειραματική διάταξη και το λογισμικό SARKvue (SPARKvue, 2014). Το 2ο Φ.Ε. είχε ως σκοπό να γνωρίσουν οι μαθητές τα μεγέθη που περιγράφουν την απλή αρμονική ταλάντωση (περίοδος, πλάτος, συχνότητα) αξιοποιώντας πάλι το λογισμικό και την πειραματική διάταξη. Τέλος, το 3ο Φ.Ε. έδινε την δυνατότητα στους ίδιους τους μαθητές να διερευνήσουν την εξάρτηση της περιόδου μίας απλής αρμονικής ταλάντωσης από διάφορους παράγοντες, όπως η μάζα του βαριδίου, η σκληρότητα του ελατηρίου και η αρχική απομάκρυνση του βαριδίου από τη θέση ισορροπίας του, αξιοποιώντας πάλι την ίδια πειραματική διάταξη αλλά και το λογισμικό SPARKvue.

Από την άποψη της ενσωμάτωσης της παρέμβασης στην εκπαίδευση STEM (Daher & Shahbari, 2020), οι μαθητές συμμετείχαν σε μια δραστηριότητα STEM δεύτερου επιπέδου, καθώς αυτή συμπεριέλαβε τέσσερα θέματα, από τα οποία το ένα (Φυσική) ήταν κυρίαρχο, ενώ τα υπόλοιπα (τεχνολογία, μηχανική, μαθηματικά) υποστήριξαν την ανάπτυξη των εννοιών του. Ως μέρος της εκπαίδευσης STEM, οι μαθητές κλήθηκαν να συμμετάσχουν σε διαδικασίες και εργασίες παρόμοιες με αυτές που αντιμετωπίζουν οι μηχανικοί, σε δύο άξονες:

1ος άξονας STEM: Σχεδίαση και αξιοποίηση της πειραματικής διάταξης και λήψη και αξιοποίηση δεδομένων από αυτήν.

Κατά τη διάρκεια του δεύτερου πειράματος (κατακόρυφη ταλάντωση ελατηρίου), οι μαθητές έπρεπε καταρχάς να καταλήξουν σε μία πειραματική διάταξη, προσδιορίζοντας πρώτα τον στόχο, αναζητώντας στη συνέχεια πιθανές λύσεις και θέτοντας κριτήρια για το ποια διάταξη θα θεωρηθεί ως η πιο επιτυχημένη. Επίσης, οι μαθητές έπρεπε να προσδιορίσουν τις σχετικές μεταβλητές, να αποφασίσουν πώς να τις μετρήσουν, να συλλέξουν και να αναλύσουν δεδομένα. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι παραπάνω διαδικασίες είναι ταυτόσημες με αυτές που εφαρμόζονται κατά τη διαδικασία των διαδραστικών επιδείξεων (ILD), όπου ο καθηγητής πρώτα επιδεικνύει τον διαθέσιμο εξοπλισμό και στη συνέχεια καλεί τους μαθητές να σχεδιάσουν την πειραματική διαδικασία (και αφού την εκτελέσουν να καταλήξουν σε συμπεράσματα). Οι διαδικασίες του 1ου άξονα STEM είχαν ενταχθεί λοιπόν στο 3ο Φ.Ε. που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε, προκειμένου να εφαρμοστεί με τη μέθοδο ILD.

2ος άξονας STEM: Προγραμματισμός σε blockly του SPARKvue.

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών της τελικής πειραματικής διάταξης, προτάθηκε να εμφανίζεται στην οθόνη των tablets ένα επιπλέον μήνυμα σε πραγματικό χρόνο που να ενημερώνει για τη θέση του βαριδίου σε σχέση με τη θέση ισορροπίας του («πάνω» ή «κάτω»), ώστε να γίνεται αντιστοίχιση με το διάγραμμα της ταλάντωσης. Για τις ανάγκες του 2ου άξονα, σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε το 4ο Φ.Ε., του οποίου η δομή ήταν:

(α) Η γλώσσα Blockly (Εισαγωγή στη γλώσσα προγραμματισμού και στο περιβάλλον της. Συζήτηση πάνω στις ομοιότητες/διαφορές με την Scratch, που ήδη γνώριζαν οι μαθητές)

(β) Προσδιορισμός προβλήματος (η ανάπτυξη κώδικα για την εμφάνιση του σχετικού μηνύματος προσδιορισμού της θέσης του βαριδίου, ως προς τη θέση ισορροπίας του).

(γ) Προσδιορισμός κριτηρίων για να θεωρηθεί επιτυχημένη μία λύση (Συζήτηση σε ομάδες και στη συνέχεια στην ολομέλεια και κατάληξη στο πλαίσιο ότι το μήνυμα θα πρέπει να εμφανίζεται χωρίς χρονοκαθυστέρηση, αμέσως μόλις το βαρίδιο περνά από τη θέση ισορροπίας του, κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης)

(δ) Ανάπτυξη πιθανών λύσεων (οι μαθητές, κατά ομάδες, έπρεπε να αναπτύξουν κώδικα, αξιοποιώντας τις δυνατότητες της Blockly, ώστε να επιτευχθεί ο στόχος).

(ε) Δοκιμή & αξιολόγηση των λύσεων (Κάθε μία από τις τρεις ομάδες κλήθηκε να δοκιμάσει τον κώδικα, συνδέοντας το tablet της με τον αισθητήρα της πειραματικής διάταξης).

(στ) Τελική επιλογή (συζήτηση μεταξύ των μαθητών όλων των ομάδων και του καθηγητή, με στόχο την αξιολόγηση των διαφορετικών ιδεών και σχεδίων και κατάληξη στην πιο αξιόπιστη επιλογή).

Ο εξοπλισμός

Κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, αξιοποιήθηκε τόσο συμβατικός εργαστηριακός εξοπλισμός (ελατήρια, βαρίδια, βάσεις, σφιγκτήρες κλπ,) όσο και φορητή ψηφιακή τεχνολογία, δηλαδή αισθητήρες δύναμης SmartCart της εταιρίας PASCO και το συνοδευτικό λογισμικό τους SPARKvue που εγκαταστάθηκε στα tablets τους σχολείου. Οι αισθητήρες SmartCart περιλαμβάνουν αισθητήρα δύναμης (ως 100 N), επιταχυνσιόμετρο και Μαγνητόμετρο, ενώ συνδέονται μέσω Bluetooth με tablets/smartphones/laptops, στα οποία στέλνει τα δεδομένα των μετρήσεων. Τα δεδομένα αυτά απεικονίζονται με διάφορες μορφές, μέσω του σχετικού λογισμικού SPARKvue, το οποίο προσφέρει τη δυνατότητα καταγραφής και ανάλυσης δεδομένων. Μία ακόμη σημαντική δυνατότητα που προσφέρει το SPARKvue, είναι η διαμοίραση της οθόνης του tablet με το οποίο είναι συνδεδεμένος ο αισθητήρας, με τα tablets των υπολοίπων μαθητών μέσω διαδικτύου (shared session). Μετά το τέλος του πειράματος, όλοι οι μαθητές μπορούν να αποθηκεύσουν το πείραμα και να επεξεργαστούν τα δεδομένα στα tablets τους.

Στην παρέμβασή μας αξιοποιήθηκε μόνο το δυναμόμετρο του smart cart, ενώ από το λογισμικό SPARKvue αξιοποιήθηκε τόσο η δυνατότητά του να εμφανίζει τις τιμές των μετρήσεων στην οθόνη,

όσο και η δυνατότητά που διαθέτει να απεικονίζει τις τιμές αυτές σε μορφή πινάκων και διαγραμμάτων. Επίσης, αξιοποιήθηκε η δυνατότητα προγραμματισμού με Blockly.

Η εφαρμογή της παρέμβασης

Ακολουθεί μία συνοπτική περιγραφή της παρέμβασης, όπως αυτή εξελίχθηκε ανά συνεδρία:

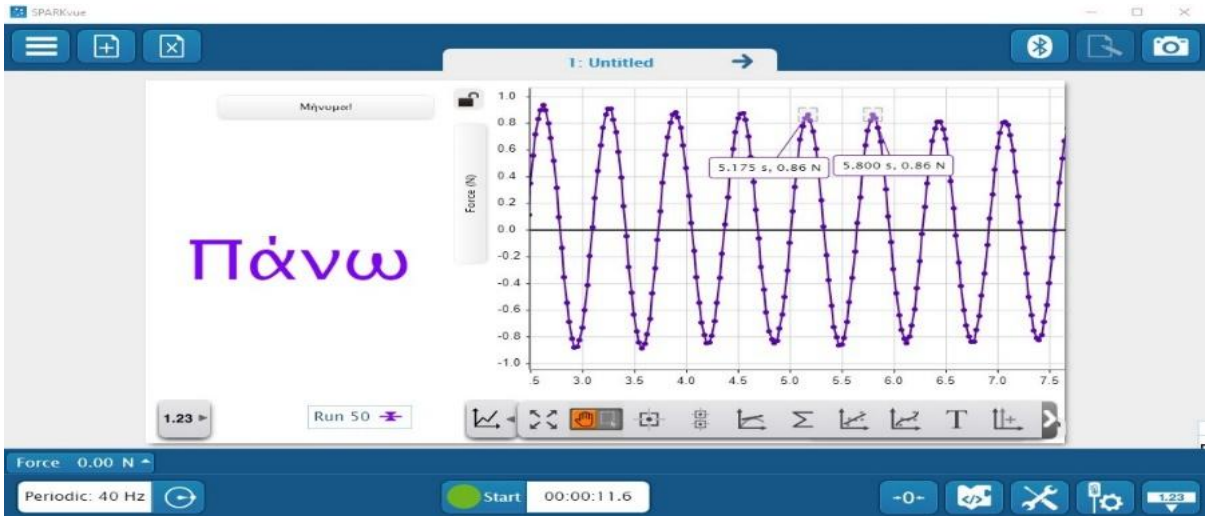
1η συνεδρία: Οι μαθητές κλήθηκαν να συμπληρώσουν το (διαγνωστικό) δοκίμιο/ερωτηματολόγιο. Η ιστορία – έναυσμα για τη συμπλήρωση των ερωτημάτων – βημάτων της επιστημονικής μεθόδου που ακολουθούσε, ήταν:

Ο Γιάννης δεν έχει αποφασίσει αν θα αγοράσει είναι ποδήλατο βουνού ή πόλης που μια βασική διαφορά τους είναι στην ανάρτηση: το πρώτο έχει πιο σκληρά ελατήρια. Ο Γιάννης διάβασε στο Internet ότι «η σκληρότητα ενός ελατηρίου εκφράζει τη σταθερά αναλογίας ανάμεσα στην επιμήκυνσή του και στη δύναμη που ασκείται σε αυτό». Δεν πολύ-κατάλαβε αυτό που διάβασε και έτσι, αποφάσισε να διερευνήσει πως η δύναμη επιδρά στην επιμήκυνση των ελατηρίων.

Αφού ολοκληρώθηκε η συμπλήρωση του δοκιμίου, εφαρμόστηκε η μέθοδο ILD: Αρχικά, ο καθηγητής επέδειξε στους μαθητές την πειραματική διάταξη (σχήμα 3) εκτελώντας το πείραμα, χωρίς να έχει ενεργοποιήσει τον αισθητήρα. Στη συνέχεια, συζητήθηκαν οι υποθέσεις των μαθητών σχετικά με τα αναμενόμενα πειραματικά αποτελέσματα. Ακολούθησε η εκτέλεση του πειράματος από τον καθηγητή. Οι μαθητές, μέσω της παροχής shared session, έβλεπαν στα tablet την ένδειξη της δύναμης που έδινε το Smart Cart και ο καθηγητής τους ανακοίνωνε την επιμήκυνση του ελατηρίου (σε cm). Αφού οι μαθητές κατέγραψαν στο χαρτί τα ζεύγη τιμών (δύναμη-επιμήκυνση), τις εισήγαγαν στο SPARKvue που τις μετέτρεψε σε διάγραμμα. Από την κλήση της ευθείας, οι μαθητές υπολόγισαν τη σταθερά (*k)* του ελατήριου. Τελικά, οι μαθητές σύγκριναν τα ευρήματα με τις προβλέψεις τους και αναστοχάστηκαν πάνω στη διαδικασία.

Η συνεδρία ολοκληρώθηκε με τους μαθητές να συμπληρώνουν ξανά, με άλλο χρώμα στυλό, το δοκίμιο/ερωτηματολόγιό τους. Ακολούθησε εκτενής συζήτηση/σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά το πρώτο πείραμα.

2η συνεδρία: Διαμοιράσθηκε και εφαρμόσθηκε το 2ο Φύλλο Εργασίας που αφορούσε τα φυσικά μεγέθη, τα χαρακτηριστικά και τη γραφική αναπαράσταση μιας ταλάντωσης. Πρώτα πραγματοποιήθηκε διάλεξη πάνω στα βασικά φυσικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν μια ταλάντωση (πλάτος, περίοδος, συχνότητα, μορφή διαγράμματος πλάτους-χρόνου). Ακολούθησε ο πειραματισμός, όπου ο καθηγητής εκτέλεσε πείραμα κατακόρυφης ταλάντωσης ελατηρίου με την τεχνική της διαδραστικής επίδειξης (ILD). Το διάγραμμα πλάτους-χρόνου της ταλάντωσης σχεδιάστηκε αυτόματα στα tablet των μαθητών μέσω shared session. Ενδεικτικά, εμφανίζεται μία ταλάντωση στο σχήμα 3. Με βάση αυτό το διάγραμμα, οι μαθητές προχώρησαν στους σχετικούς υπολογισμούς, προκειμένου να υπολογίσουν την περίοδο και το πλάτος της ταλάντωσης. Η συνεδρία ολοκληρώθηκε με συζήτηση/αναστοχασμό πάνω στα φυσικά μεγέθη της ταλάντωσης.



Σχήμα 3: *Διάγραμμα απομάκρυνσης σε σχέση με τον χρόνο (Α.Α.Τ)*

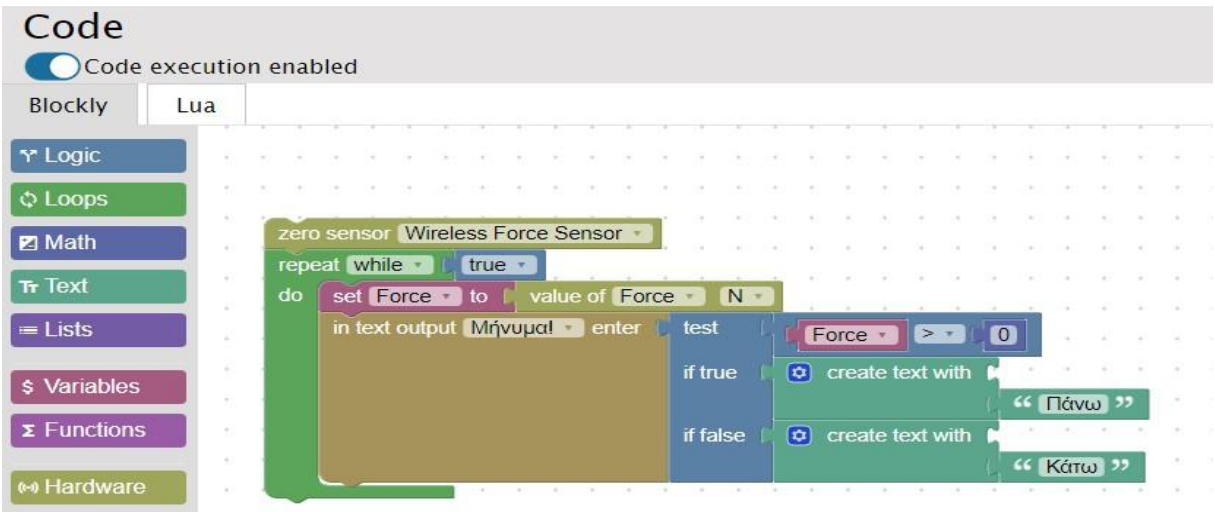
3η συνεδρία: Ακολούθησε η συμπλήρωση 2ου δοκιμίου/ερωτηματολογίου, ως διαγνωστικού εργαλείου από τους μαθητές, που αφορούσε τη διερεύνηση των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η κατακόρυφη ταλάντωση ελατηρίου. Αυτήν τη φορά, η ιστορία έναυσμα ήταν:

Ο Γιάννης κατάλαβε τι είναι «σκληρότητα» ενός ελατηρίου, ωστόσο, δεν μπορεί να τη συνδυάσει με την κίνηση του ποδηλάτου. Στο κατάστημα του είπαν ότι τα ελατήρια εκτελούν ταλάντωση στις ανωμαλίες του δρόμου και έτσι, αποφάσισε να μελετήσει την ταλάντωση που κάνει ένα κατακόρυφο ελατήριο. Με αφορμή την αγορά του ποδηλάτου, ο Γιάννης αναρωτήθηκε από ποιους παράγοντες εξαρτάται η περίοδος της ταλάντωσης.

Η συνεδρία αφιερώθηκε στη συζήτηση πάνω στις βασικές αρχές προγραμματισμού και τη γλώσσα προγραμματισμού blockly και σύγκρισή της με τη γλώσσα SCRATCH που γνώριζαν ήδη πολύ καλά οι μαθητές.

4η συνεδρία: Οι μαθητές κλήθηκαν να διερευνήσουν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η περίοδος μίας απλής αρμονικής ταλάντωσης, σχεδιάζοντας και εκτελώντας το πείραμα οι ίδιοι. Κατά τη σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας, ακολουθήθηκαν τα βήματα STEM που περιγράφηκαν στο τέλος της υποενότητας «Σχεδίαση της παρέμβασης». Επίσης, αφού ολοκληρώθηκε η σχεδίαση της πειραματικής διάταξης και έγιναν οι δοκιμές, προτάθηκε να εμφανίζεται στην οθόνη των tablets ένα επιπλέον μήνυμα σε πραγματικό χρόνο, σχετικά με τη θέση του βαριδίου σε σχέση με τη θέση ισορροπίας του, ώστε να γίνεται αντιστοίχιση με το διάγραμμα της ταλάντωσης. Έτσι, ξεκίνησαν διαδικασίες προγραμματισμού σε blockly, κατά ομάδες, σύμφωνα με τις αρχές STEM.

5η συνεδρία: Πραγματοποιήθηκε συζήτηση και οι μαθητές κατέληξαν στην πιο αξιόπιστη λύση, όσον αφορά το πρόγραμμα blockly. Ο κώδικας που επιλέχθηκε, φαίνεται στο σχήμα 4.



Σχήμα 4: *Προγραμματισμός σε blockly του SPARKvue*

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε το πείραμα με τη μέθοδο ILD, καθώς κάθε ομάδα πραγματοποιούσε το πείραμα που διερευνούσε την εξάρτηση της περιόδου από έναν μόνο παράγοντα, μπροστά στις άλλες ομάδες. Η πειραματική διαδικασία ολοκληρώθηκε με τα συμπεράσματα. Οι μαθητές κλήθηκαν να συμπληρώσουν πάλι το δεύτερο δοκίμιο/ερωτηματολόγιο, με άλλο χρώμα στυλό. Ακολούθησε εκτενής συζήτηση/σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά το 2ο πείραμα

6η συνεδρία:. Έγινε αναστοχασμός πάνω στη διαδικασία που εφαρμόσθηκε κατά τη διάρκεια της συνολικής παρέμβασης. Η συνεδρία ολοκληρώθηκε με απόφαση για τον τρόπο επικοινωνίας της έρευνας που θα ήταν συμμετοχή σε διεθνές συνέδριο. Κατά τη διάρκεια της συνεδρίας έγινε ο σχεδιασμός της παρουσίασης που θα πραγματοποιούνταν. Η ολοκλήρωση της παρουσίασης έγινε διαδικτυακά, συνεργατικά, με την αξιοποίηση του εργαλείου δημιουργίας παρουσιάσεων Google. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι η ομάδα πράγματι έλαβε μέρος και παρουσίασε την παρέμβαση σε διεθνές συνέδριο, μετά από λίγες εβδομάδες.

Πίνακας 2*: Πτυχές STEM, ανά φύλλο εργασίας (Φ.Ε.)*

Φ.Ε.	***Συνεδρία***	***Πτυχές STEM***
1ο - N. Hooke	1η	Science, Technology, Math

2ο - Μεγέθη Απλής Αρμονικής Ταλάντωσης	2η	Science, Technology, Math
3ο - Κατακόρυφη ταλάντωση ελατηρίου	3η – 6η	Science, Technology, Engineering, Math
4ο - Προγραμματισμός blockly	3η – 5η	Engineering

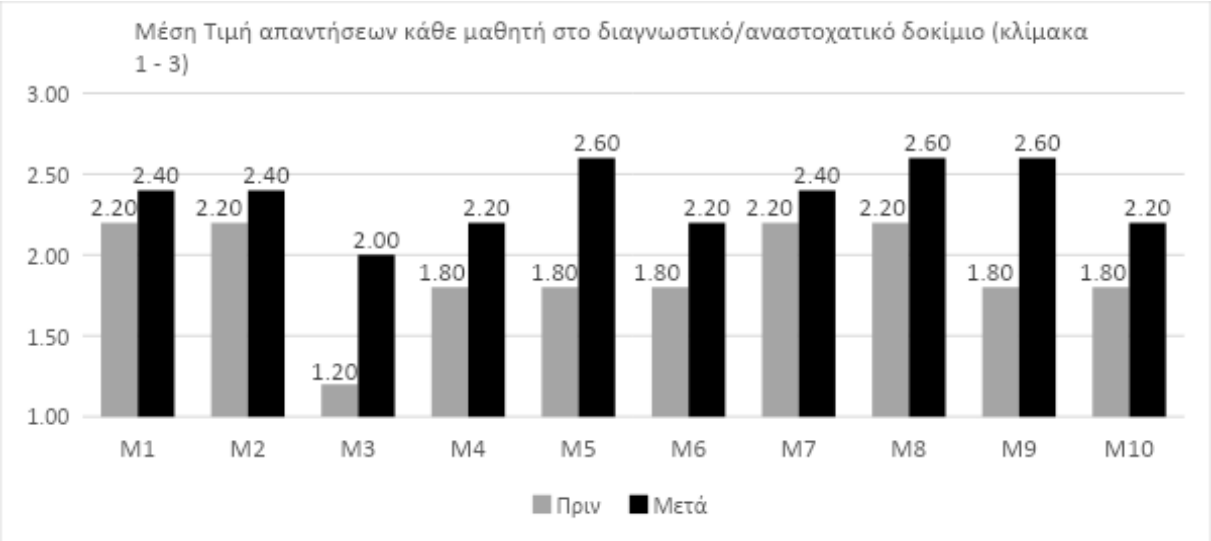
Συνοπτικά, τα Φ.Ε. που εφαρμόστηκαν στις συνεδρίες και οι πτυχές STEM που αυτά περιλάμβαναν, φαίνονται στον πίνακα 2.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

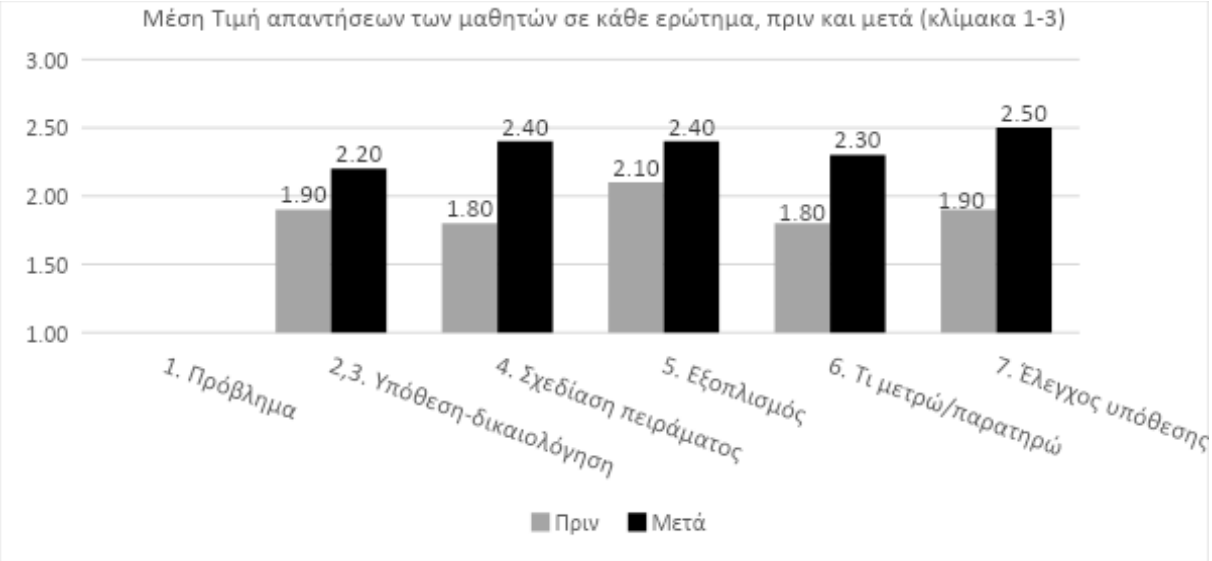
Η παρέμβαση που περιγράφεται στην παρούσα εργασία, αφορά την πρώτη από τις συνολικά τρεις που εφαρμόσθηκαν κατά το σχολικό έτος 2021-22. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, διαμοιράσθηκαν συνολικά δύο δοκίμια/ερωτηματολόγια, πριν και μετά από κάθε πειραματική διαδικασία («N. Hooke» και «Κατακόρυφη ταλάντωση ελατηρίου»). Η σύγκριση των αποτελεσμάτων τους δείχνει βελτίωση των μαθητών σε όλα τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου. Πιο συγκεκριμένα:

Α) 1ο πείραμα: Για κάθε μαθητή καταγράφεται βελτίωση, που πολλές φορές είναι σημαντική, ανάμεσα στο διαγνωστικό και στο αναστοχαστικό δοκίμιο, δηλαδή πριν και μετά το πείραμα (σχήμα 5). Η βελτίωση αυτή καταγράφεται και για κάθε ένα ερώτημα ξεχωριστά (σχήμα 6).

Καταρχάς, να υπογραμμισθεί ότι στην πρώτη διανομή του διαγνωστικού/αναστοχαστικού δοκιμίου δεν ελέγχθηκε η δεξιότητα των μαθητών να διατυπώνουν ένα πρόβλημα και συνεπώς δεν συμμετέχει στον υπολογισμό της Μέσης τιμής (σχήμα 6). Ο λόγος για την επιλογή αυτή ήταν ότι προτιμήθηκε να ξεκινήσουν σωστά οι μαθητές τη διαδρομή της διερεύνησης, να έχουν δηλαδή τον σωστό προσανατολισμό, ώστε να μπορούν να συνεχίσουν με τα επόμενα ερωτήματα του δοκιμίου. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι το σκορ των μαθητών στο πρώτο διαγνωστικό τεστ ήταν χαμηλό, ενώ ένας μαθητής δεν απάντησε σχεδόν τίποτα σωστά (σχήμα 5). Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι κατά τη μελέτη των απαντήσεων, διαπιστώθηκε ότι μόνο δύο από τους δέκα μαθητές προέβλεψαν ότι στον απαραίτητο εξοπλισμό χρειάζεται κι ένας χάρακας, αφού επρόκειτο να μετρήσουν επιμήκυνση ελατηρίου.

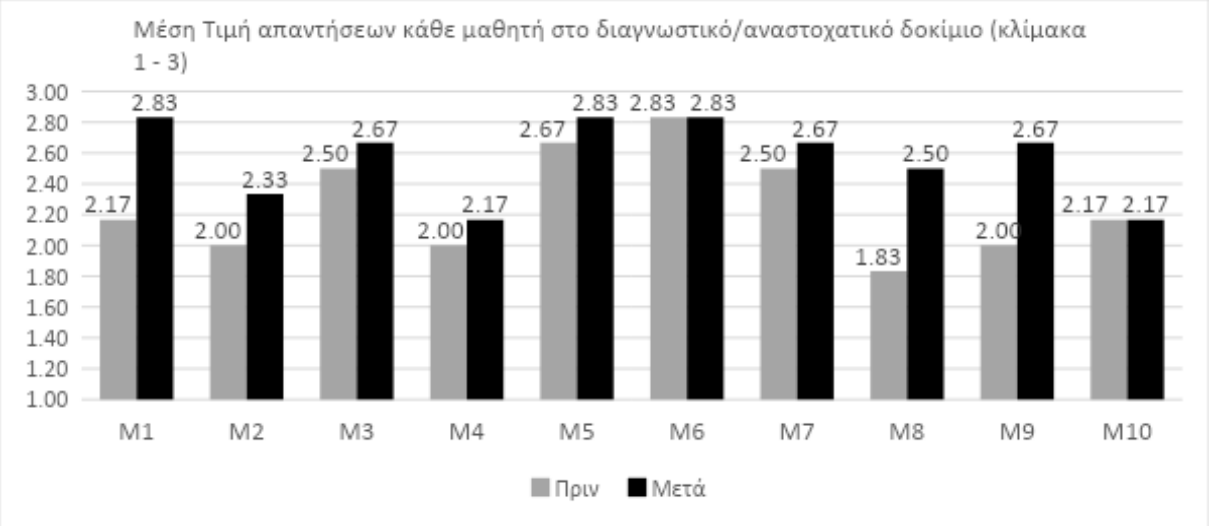


Σχήμα 5: *Μέση Τιμή ανά μαθητή (N. Hooke)*

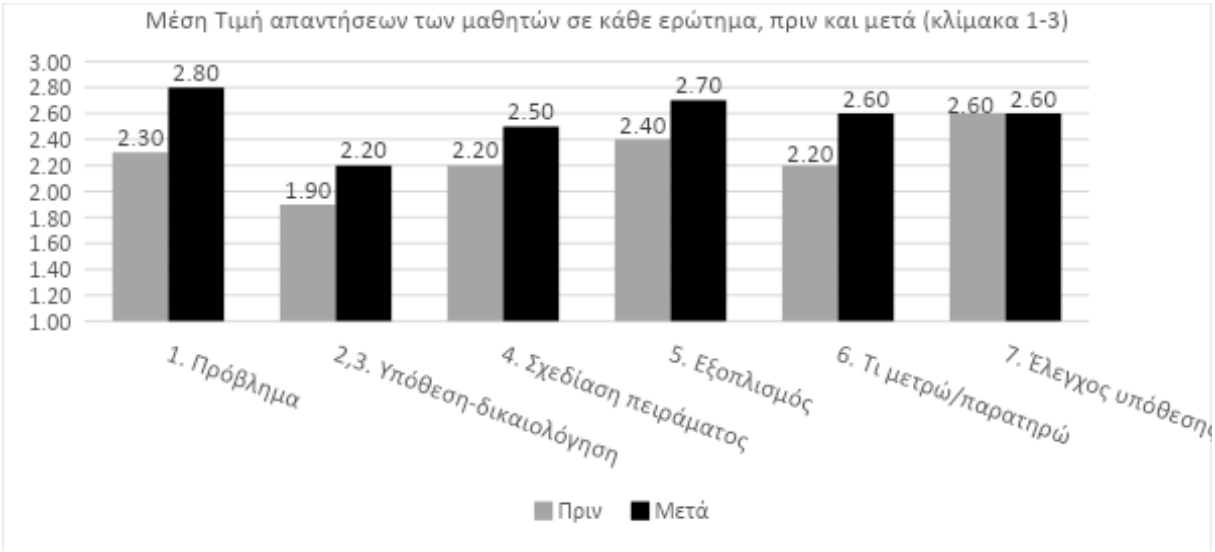


Σχήμα 6: *Μέση Τιμή μαθητών, ανά ερώτημα (N. Hooke)*

Β) 2ο πείραμα: Και πάλι, για κάθε μαθητή καταγράφεται βελτίωση, σε κάποιες περιπτώσεις σημαντική, ανάμεσα στο διαγνωστικό και στο αναστοχαστικό δοκίμιο (σχήμα 7). Βελτίωση καταγράφεται και για κάθε ένα ερώτημα ξεχωριστά (σχήμα 8).



Σχήμα 7: *Μέση Τιμή ανά μαθητή (Κατακόρυφη ταλάντωση)*

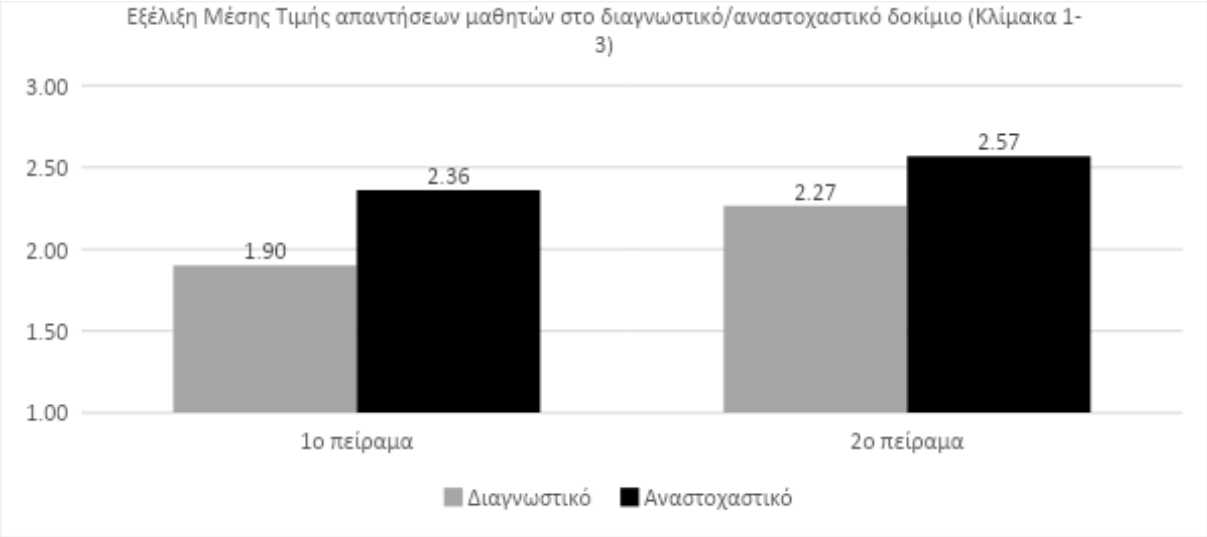


Σχήμα 8: *Μέση Τιμή μαθητών, ανά ερώτημα (Κατακόρυφη ταλάντωση)*

Όπως φαίνεται στα σχήματα 7 και 8, οι μαθητές αξιολογήθηκαν και στη διατύπωση του προβλήματος, όπου μάλιστα σημείωσαν και υψηλό σκορ. Επίσης, στο σχήμα 7 αποτυπώνεται το γεγονός ότι στο νέο διαγνωστικό δοκίμιο οι εννιά στους δέκα μαθητές κατάφεραν σκορ 2 ή υψηλότερο. Γενικά, αν γίνει σύγκριση των αντίστοιχων γραφημάτων που αφορούσαν το 1ο πείραμα (σχήματα 5 & 6) και το 2ο πείραμα (σχήματα 7 & 8), παρατηρείται σαφής βελτίωση σε όλους τους μαθητές και σε όλα σχεδόν τα ερωτήματα, που αφορούσαν τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου. Είναι επίσης σημαντικό το γεγονός ότι οι μαθητές παρουσίασαν πολύ υψηλή βελτίωση στο θέμα του ελέγχου των υποθέσεών τους, που αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο της επιστημονικής μεθόδου, που βασίζεται στα τεκμήρια.

Αξίζει βέβαια να σημειωθεί ότι στο δεύτερο πείραμα, μόλις τρεις μαθητές πρόβλεψαν στον εξοπλισμό την ύπαρξη χρονομέτρου, παρόλο που το πείραμα θα περιστρέφονταν γύρω από τη μέτρηση της περιόδου της ταλάντωσης. Επίσης, από τη σύγκριση των γραφημάτων 6 και 8, φαίνεται ότι δεν υπήρξε βελτίωση στη διατύπωση/δικαιολόγηση των υποθέσεων (ο μοναδικός δείκτης που δεν βελτιώθηκε). Ο λόγος ήταν ότι, όπως διαπιστώθηκε από τις εγγραφές στα δοκίμια, οι μαθητές δυσκολεύονται να δικαιολογήσουν και να τεκμηριώσουν επιστημονικά τις υποθέσεις τους.

Γενικά, η συνολικά βελτιωμένη εικόνα αποτυπώνεται στο σχήμα 9, που απεικονίζει γραφικά τη βελτίωση της μέσης τιμής όλων των μαθητών σε όλα τα ερωτήματα του δοκιμίου, πριν και μετά από κάθε πείραμα. Όπως φαίνεται, για το 1ο πείραμα η μέση τιμή στο διαγνωστικό δοκίμιο ήταν 1.90 και αυξήθηκε σε 2.36 στη χορήγηση του αναστοχαστικού, που αποτελεί στατιστικά σημαντική διαφορά ($p = 0,000$). Αντίστοιχα, για το 2ο πείραμα η μέση τιμή αυξήθηκε από 2.27 σε 2.57, που επίσης στατιστικά σημαντική ($p = 0,000$). Συγκρίνοντας τις μέσες τιμές στα δυο διαγνωστικά, παρατηρούμε μια στατιστικά σημαντική αύξηση από 1.90 σε 2.27 ($p = 0,000$), γεγονός που δηλώνει ότι η παρέμβαση είχε θετική συνεισφορά στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων διερεύνησης των μαθητών.



Σχήμα 9: *Κατακόρυφη ταλάντωση*

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία περιγράφονται το θεωρητικό πλαίσιο, η σχεδίαση, η εφαρμογή και τα ευρήματα της πρώτης από μία σειρά παρεμβάσεων κατά το σχολικό έτος 2021 -22, σε ομάδα δέκα μαθητών Γ' Γυμνασίου, Δημοσίου Ελληνικού σχολείου. Η παρέμβαση διάρκειας δώδεκα διδακτικών ωρών, αφορούσε τη Φυσική, ήταν διερευνητικού τύπου, αξιοποίησε τη φορητή τεχνολογία και είχε χαρακτηριστικά STEM, μιας μεθόδου που εφαρμόσθηκε τόσο κατά τη σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας, όσο και στην ανάπτυξη κώδικα σε γλώσσα blockly για τον εμπλουτισμό της απεικόνισης των αποτελεσμάτων στα tablets των μαθητών. όπου συμμετείχαν.

Το ερευνητικό ερώτημα ήταν το αν οι μαθητές θα αναπτύξουν/βελτιώσουν τις δεξιότητες διερεύνησης μέσα από τις παρεμβάσεις. Τα ευρήματα δείχνουν ότι όλοι οι μαθητές παρουσίαζαν σημαντική βελτίωση όσον αφορά τις δεξιότητες τους σε όλα τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου, μετά από κάθε πείραμα, κάτι ενδεχομένως αναμενόμενο. Ωστόσο, με την ολοκλήρωση της παρέμβασης καταγράφηκε επίσης σημαντική βελτίωση των δεξιοτήτων τους συνολικά, σε σχέση με το επίπεδό τους πριν την έναρξη της παρέμβασης. Αυτό το γεγονός αποτελεί μία ένδειξη ότι η παρέμβαση πράγματι ανέπτυξε τις δεξιότητες διερεύνησης των μαθητών. Ωστόσο, τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί κατά τη διάρκεια των επόμενων δύο παρεμβάσεων είναι υπό επεξεργασία και τα ευρήματα αναμένεται να φωτίσουν περισσότερο και πιο τεκμηριωμένα το ερευνητικό ερώτημα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Καλκάνης, Γ. Θ., Γκικοπούλου, Ο., Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Πατρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης, Π., Παπατσίμπα, Λ., Μιτζήθρας, Κ., Καπόγιαννης, Α., Σωτηρόπουλος, Δ., Πολίτης, Σ. (2013). *Η Φυσική με Πειράματα, Α΄ Γυμνασίου. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»*.

Cohen, E. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for Productive small Groups. *Review of Educational Research, 64*(1), 1-35. https://doi.org/10.3102/00346543064001001

Crompton, H. (2015). A Historical Overview of M-Learning, *Handb. Mob. Learn.*, 10204. https://doi.org/10.4324/9780203118764.ch1

Crompton, H., Burke, D., & Gregory, K. H. (2017). The use of mobile learning in PK-12 education: A systematic review. *Comput. Educ.*, 110, 51–63). https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.013

Daher, W., & Shahbari, J. A. (2020). Design of STEM activities: Experiences and perceptions of prospective secondary school teachers. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, *15*(4), 112–128. https://doi.org/10.3991/ijet.v15i04.11689

Gallud, J. A., Tesoriero, R., Lozano, M. D., Penichet, V. M., & Fardoun, H. M. (2022). The Use of Tangible User Interfaces in K12 Education Settings: A Systematic Mapping Study. IEEE Access. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3154794

Leelamma S. and Indira U. D., "My Pocket Technology: Introducing a Mobile Assisted Inquiry Learning Environment (MAILE) to Promote Inquiries among Secondary Students," *J. Educ. Learn.*, vol. 6, no.

3, p. 107, 2017, https://doi.org/10.5539/jel.v6n3p107 .
Lefkos, I., Psilos, D., & Xatzikraniotis, E. (2002). *TALKING PHYSICS IN INQUIRY BASED VIRTUAL*. 1–12.
Liu, C., Zowghi, D., Kearney, M., & Bano, M. (2021). Inquiry-based mobile learning in secondary school science education: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*, *37*(1), 1–23. https://doi.org/10.1111/jcal.12505
Nikolopoulou, K. Gialamas, V., Lavidas, K., & Komis, V. 2020. Teachers' readiness to adopt mobile learning in classrooms: A study in Greece. *Technology, Knowledge and Learning*. https://doi.org/10.1007/s10758-020-09453-7 .
Odabasi M., Uzunboylu H., Popova O. V., Kosarenko N. N., and Ishmuradova I. I., "Science education and mobile learning: A content analysis review of the web of science database," *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, vol. 14, no. 22, pp. 4–18, 2019, https://doi.org/10.3991/ijet.v14i22.11744.5
Prasongsap, B., Khaokhajorn, W., & Srisawasdi, N. (2020). Mobile learning in informal science education: A systematic review from 2010 to 2019. *ICCE 2020 - 28th International Conference on Computers in Education, Proceedings*, *2*, 425–431
Salta, K. Koulougliotis, D. (2014). *Assessing motivation to learn chemistry: adaptation and validation of Science Motivation Questionnaire II with Greek secondary school students. Chemistry Education Research and Practice, 15(2), 168–183.*
Sokoloff, D., Thornton, R. (2004). *Interactive Lecture Demonstrations: Active Learning in Introductory Physics*. Wiley. ISBN: 978-0-471-48774-6.
SPARKvue (4.7.1.8). (2014). [Mobile app]. PASCO. https://www.pasco.com/products/software/sparkvue
Tantu, O. (2017). *Evaluating mobile apps for STEM Education with in-service teachers.* [M.S. - Master of Science]. Middle East Technical University https://open.metu.edu.tr/handle/11511/26447
Tijani, B., Madu, N., Falade, T., & Dele-Ajayi, O. (2021). *Teacher Training during Covid-19: A Case Study of the Virtual STEM Project in Africa*. *April*, 226–234. https://doi.org/10.1109/educon46332.2021.9453920
Tuan, H.-L., Chin, C.-C., & Shieh, S.-H. (2005). The development of a questionnaire to measure students' motivation towards science learning. *International Journal of Science Education*, 27, 639-654.
https://doi.org/10.1080/0950069042000323737 .
Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Paulsen, A., Robinault, K., & v. Aufschnaiter, S. (1998). Teachers objectives for labwork. Research tool and cross 12 country results: Working Paper 6 from the European project Labwork in Science Education (Targeted Socio-Economic Research Programme, Project PL 95-2005)
Yeung, W. K., & Sun, D. (2019). A study of inquiry-based STEM learning supported by mobile technologies. In C. K. Looi, J. L. Shih, L. Huang, Q. Liu, S. Liu, D. Wu, N. Zheng, Z. Zhuang, J. Guo, S. Yang, Y. Wen, C. Liao, S. Huang, L. Lin, Y. Song, Y. Wei, Z. Liang, M. Zhang (Eds.), *Proceedings of the 23rd Global Chinese Conference on Computers in Education (GCCCE2019)* (pp. 179-183). Wuhan: Central China Normal University.
Yuliati, L., Parno, P., Hapsari, A. A., Nurhidayah, F., & Halim, L. (2018). Building Scientific Literacy and Physics Problem Solving Skills through Inquiry-Based Learning for STEM Education. *Journal of Physics: Conference Series*, *1108*(1) https://doi.org/10.1088/1742-6596/1108/1/012026

Μικροί Μετεωρολόγοι στο Νηπιαγωγείο: Ρομποτική και STEM

Ζαχαρία Μαρίνα[1], Σπίτσα Αικατερίνη[2]
zmarina79@yahoo.gr , spitsakaterina@hotmail.com
[1]Νηπιαγωγός, Med, Scientix Ambassador, EU Code Week Leading Teacher,
[2] Νηπιαγωγός, Med, Msc, Scientix Ambassador, EU Code Week Leading Teacher

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κύριο χαρακτηριστικό της παιδικής ηλικίας είναι η παρατήρηση και η ενασχόληση με τη φύση και με τα πειράματα. Οι έννοιες και οι νόμοι που διέπουν στις φυσικές επιστήμες αποτελούν τα θεμέλια για να κατανοήσει ο άνθρωπος το φυσικό περιβάλλον. Η διερευνητική μέθοδος μάθησης βελτιώνει τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών με τη συμμετοχή των μαθητών σε πραγματικές έρευνες. Επιπρόσθετα, η χρήση STEM και Ρομποτικής, μπορεί να συνεισφέρει δυναμικά στη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η συνεργατική εφαρμογή και η αξιολόγηση του Εργαστηρίου Δεξιοτήτων «Μικροί Μετεωρολόγοι» σε δύο Νηπιαγωγεία της Ελλάδας. Μέσα από αυτό, οι μαθητές, έμαθαν για τα καιρικά φαινόμενα, για τα μετεωρολογικά όργανα, για την ορολογία που χρησιμοποιούν οι μετεωρολόγοι, μυήθηκαν στον τρόπο δημιουργίας μετεωρολογικών χαρτών και τη σύνθεση ενός δελτίου καιρού, αναπτύσσοντας παράλληλα, ψηφιακές δεξιότητες και δεξιότητες ζωής.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Φυσικές Επιστήμες, Προσχολική Εκπαίδευση, Ρομποτική, STEM*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΟΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Οι φυσικές επιστήμες αποτελούν μια θεμελιώδη επιστήμη η οποία ερευνά και μελετά τις μεταβολές που συμβαίνουν στη φύση. Περιλαμβάνει τη φυσική, τη χημεία, τη βιολογία, τη γεωλογία και την μετεωρολογία. Οι φυσικές επιστήμες είναι συνυφασμένες με την ανάπτυξη του ανθρώπινου πολιτισμού. Οι έννοιες και οι νόμοι που διέπουν στις φυσικές επιστήμες αποτελούν τα θεμέλια για να κατανοήσει ο σύγχρονος άνθρωπος το φυσικό περιβάλλον και να δώσει λύσει σε περιβαλλοντικά προβλήματα.

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έχει ως στόχο να παρέχει χρήσιμες και απαραίτητες γνώσεις για το γνωστικό αντικείμενο και να καλλιεργήσει γνωστικές, μεταγνωστικές και δεξιότητες επικοινωνίας στους μαθητές, εφόδια απαραίτητα στην αντιμετώπιση των αλλαγών και των προκλήσεων της ζωής (Petropoulou et al., 2012).

Οι μαθητές θα μπορούν να αντιμετωπίσουν αυτές τις προκλήσεις εφόσον οι εκπαιδευτικοί στόχοι έχουν εμπλουτιστεί με δεξιότητες που προάγουν τον επιστημονικό γραμματισμό και καλλιεργούν τις επιστημονικές δεξιότητες (Turiman et al., 2011). Οι μαθητές μπορούν να συλλέξουν και να αναλύσουν δεδομένα από τα πειράματα, να διαμορφώσουν υποθέσεις και να εξηγήσουν θεωρίες, να αξιολογήσουν, να ελέγξουν, να επιβεβαιώσουν τις υποθέσεις και τις θεωρίες, να χρησιμοποιήσουν ειδικούς τρόπους αναπαράστασης φαινομένων και να ανταλλάξουν ιδέες (Ford & Forman, 2006).

Κύριο χαρακτηριστικό της παιδικής ηλικίας είναι η παρατήρηση και η ενασχόληση με τη φύση και με τα πειράματα. Τα οφέλη της μύησης των παιδιών με τον κόσμο των Φυσικών Επιστημών είναι πολλά. Πρωτίστως, έρχονται σε επαφή με επιστημονικούς όρους οι οποίοι επηρεάζουν την εξέλιξη των επιστημονικών εννοιών. Η κατανόηση αυτών των επιστημονικών εννοιών και σκέψεων καθιστούν τις Φυσικές Επιστήμες ως ένα πολύτιμο εργαλείο για αναπτυχθεί η επιστημονική σκέψη. Η έναρξη της μύησης από την μικρή ηλικία πετυχαίνει να κατανοούν καλύτερα στην μετέπειτα επιστημονική διαδικασία (Eshach, 2006). Οι στόχοι που επιδιώκονται με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο νηπιαγωγείο είναι πολλοί όμως θα πρέπει να ληφθεί υπόψη σε αυτές της ηλικίες παίζει καθοριστικό ρόλο το παιχνίδι, η δημιουργική απασχόληση και η ευχαρίστηση των παιδιών.

Τα παιδιά από πολύ νωρίς έχουν διαμορφώσει κάποιες πρωταρχικές ιδέες και θεωρίες για τις έννοιες και τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου. Στόχος του νηπιαγωγείου είναι να οργανώσει εκπαιδευτικές παρεμβάσεις (διερευνήσεις, πειραματισμούς, ανακαλύψεις) για να μπορούν τα παιδιά να διερευνούν συστηματικά και να κατανοούν σταδιακά έννοιες, να αναπτύξουν βασικές δεξιότητες σκέψης και επιστημονικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις, να αποκτήσουν εμπειρίες σε σχέση με τα

φαινόμενα και τους μηχανισμούς του φυσικού κόσμου, να καλλιεργήσουν θετική στάση ως προς την μάθηση, να σέβονται και να εκτιμούν τον κόσμο που τους περιβάλλει και να ευαισθητοποιηθούν στις σχέσεις των φυσικών επιστημών και της κοινωνίας. Στο νηπιαγωγείο, οι Φυσικές Επιστήμες βοηθούν το μαθητή να γνωρίσει καλύτερα το φυσικό του περιβάλλον, τα χαρακτηριστικά και τους μηχανισμούς του, τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των συστατικών του καθώς και της τεχνολογίας που σχετίζεται με τη χρησιμοποίηση και την εφαρμογή των φυσικών νόμων (Νικολάου & Κυριακίδου , 2004).

Το ΔΕΠΠΣ (2003), το ισχύον Αναλυτικό Πρόγραμμα για το Νηπιαγωγείο, εντάσσει τις Φυσικές Επιστήμες σε αυτό ως μέρος του προγράμματος σχεδιασμού και ανάπτυξης δραστηριοτήτων στο πλαίσιο της μελέτης περιβάλλοντος στην ενότητα «Παιδί και Περιβάλλον». Αντίθετα, στα συμπληρωματικά (αναθεωρημένα) Προγράμματα Σπουδών του Νέου Σχολείου (ΙΕΠ, 2014) αποτελούν αυτόνομο μαθησιακό αντικείμενο. Και στις δύο περιπτώσεις επιδιώκεται η καλλιέργεια του επιστημονικού γραμματισμού (scientific literacy). Ο επιστημονικός γραμματισμός αναφέρεται σε ικανότητες και δεξιότητες που βοηθούν να συγκροτηθεί η αφηρημένη σκέψη και να αναπτυχθεί ο επιστημονικός τρόπος εργασίας (Ραβάνης, 1999).

Η ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Η διερευνητική μέθοδος μάθησης ορίζεται ως μια εκπαιδευτική στρατηγική κατά την οποία οι μαθητές ακολουθώντας μεθόδους και πρακτικές παρόμοιες με εκείνες που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες οικοδομούν τη νέα γνώση (Keselman, 2003). Μπορεί επίσης να οριστεί και ως μια διαδικασία ανακάλυψης νέων αιτιωδών σχέσεων με τον μαθητή ο οποίος διατυπώνει υποθέσεις και τις δοκιμάζει μέσα πειράματα και κάνοντας παρατηρήσεις (Pedaste, Mäeots, Leijen, & Sarapuu, 2012). Συχνά θεωρείται ως προσέγγιση για την επίλυση προβλημάτων και περιλαμβάνει την εφαρμογή πολλών δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων (Pedaste & Sarapuu, 2006). Η διερευνητική μέθοδος μάθησης δίνει έμφαση στην ενεργό συμμετοχή του μαθητή για να ανακαλύψει γνώσεις που είναι καινούργιες (de Jong & van Joolingen, 1998).

Οι τεχνικές που πλαισιώνουν τη διερευνητική μέθοδο είναι: το παιχνίδι ρόλων, η δημιουργία ομάδων, η δημιουργία από τους μαθητές φακέλου εργασιών, η δημιουργία εννοιολογικού χάρτη, ο καταιγισμός ιδεών, η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων, η παρατήρηση, η συνέντευξη, η προσομοίωση, η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες που στοχεύουν στην ανασύσταση πραγματικών καταστάσεων, η εισήγηση, ο ημιδομημένος διάλογος, η συζήτηση, η επίδειξη. Όσον αφορά τα μέσα που πλαισιώνουν τη διερευνητική μέθοδο είναι τα ακόλουθα: ο εννοιολογικός χάρτης, το ημερολόγιο, τα εκπαιδευτικά σενάρια, έργα τέχνης, λογοτεχνικά έργα, κινηματογραφικές ταινίες, τα έντυπα, πίνακες, διαγράμματα, διαδραστικός πίνακας , εικόνες, φωτογραφίες, ψηφιακό υλικό, λογισμικά και το πεδίο δυνάμεων.

Η διερευνητική μέθοδος μάθησης επιδιώκει να βελτιώσει τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών με τη συμμετοχή των μαθητών σε πραγματικές έρευνες, επιτυγχάνοντας έτσι μια πιο ρεαλιστική αντίληψη της επιστημονικής προσπάθειας, καθώς και παρέχοντας ένα περιβάλλον με επίκεντρο τον μαθητή. Οι ΤΠΕ έχουν εξελιχθεί σε σημείο που μπορούν να διευκολύνουν σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία της μάθησης σε πολλά επίπεδα και να παρέχουν νέα εργαλεία. Αυτή η χρήση της τεχνολογίας για την υποστήριξη νέων διδακτικών προσεγγίσεων και στόχων αποτελεί μεγάλη υπόσχεση για τη βελτίωση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών στην τάξη, αρκεί να αναγνωρίζονται οι εγγενείς περιορισμοί και η τεχνολογία να χρησιμοποιείται ως εργαλείο και όχι ως θεμέλιο.

Η επιστημονική έρευνα επιτυγχάνεται να εισάγεται στη σχολική τάξη με την μέθοδο της διερευνητικής μάθησης.

Ο μαθητής εφοδιάζεται με δεξιότητες όπως:

- Να ασκεί την κριτική του σκέψη
- Να συγκεντρώνει τις πηγές του με επιστημονικές μεθόδους
- Να αποκτά επιστημονικό λόγο
- Να συνειδητοποιεί πόσο σημαντικό είναι να αποκτήσει τις απαιτούμενες ικανότητες και παράλληλα να θέτει μαθησιακούς στόχους

- Να αναδεικνύει τη μαθησιακή αποτελεσματικότητα της κάθε διδακτικής ενότητας
- Να μπορεί να τεκμηριώνει επιστημονικά τις απόψεις και θέσεις του
- Να εφοδιάζεται με αυτό-εκτίμηση και αυτοσεβασμό

STE(A)M ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Η εκπαίδευση STEM αφορά τη διδασκαλία και τη μάθηση των Επιστημών (Science), της Τεχνολογίας (Technology), της Μηχανικής (Engineering) και των Μαθηματικών (Mathematics) και τέθηκε στο κέντρο της εκπαιδευτικής πολιτικής με αποτέλεσμα την εμφάνιση πολλαπλών, και πολλές φορές αντίθετων, προσεγγίσεων σε διαφορετικά εκπαιδευτικά συστήματα, δομές, χρονικές στιγμές ή ηλικίες. (Σιφνιώτη, 2016). Το γεγονός αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από το ότι η εκπαίδευση STEM χαρακτηρίζεται από διάφορες και ασαφείς παραμέτρους κάτι που φαίνεται από τους πολλούς ορισμούς που έχουν δοθεί στην προσπάθεια προσδιορισμού του πεδίου του STEM (Brown, 2012).

Τελευταία, μια νέα τάση γίνεται εμφανής, η οποία προτείνει την αξιοποίηση της Τέχνης (Art) στην εκπαίδευση STEM, για την ενίσχυση της δημιουργικότητας και της καινοτομίας μεταξύ των μαθητών μέσα από έναν ελκυστικό τρόπο εκπαίδευσης STEM. Έτσι η Τέχνη προτείνεται ως ένα πρόσθετο συστατικό που οδηγεί στην δημιουργία του STEAM.

Υπάρχει αδιαμφισβήτητη σχέση μεταξύ της πρώιμης παιδικής ηλικίας και του STEM. Η πρώιμη έκθεση στο STEM, με όποιο τρόπο και αν γίνεται αυτή είτε είναι στο σχολείο, σε ένα μουσείο, σε μια βιβλιοθήκη, ή με το παιχνίδι, έχει σαν αποτέλεσμα τη γενική ακαδημαϊκή ανάπτυξη των παιδιών, την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και των δεξιοτήτων συλλογισμού, την ενίσχυση του ενδιαφέροντος αργότερα στις STEM σπουδές και ιδανικότερη σταδιοδρομία (Chesloff, 2013).

Η χρήση της ρομποτικής στον τομέα της εκπαίδευσης, μπορεί να συνεισφέρει δυναμικά στη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας στα σχολεία ενώ παράλληλα θα αποφέρει στους μαθητές πολλαπλά μαθησιακά οφέλη. Το σημαντικότερο, ωστόσο είναι ότι έχει τη δυνατότητα να προσελκύσει τους χρήστες στον κόσμο των θετικών επιστημών και της πληροφορικής από την πρώτη σχολική τους ηλικία.

Η βιωματική προσέγγιση που χαρακτηρίζει την εκπαιδευτική ρομποτική, ωθεί στην ενδυνάμωση των απαραίτητων κοινωνικών δεξιοτήτων και ικανοτήτων που επιτάσσει ο 21ος αιώνας, δεξιότητες όπως:

- η επίλυση προβλημάτων που αφορά στην ικανότητα της αξιολόγησης καταστάσεων, εντοπισμού προβλημάτων καθώς και στην άμεση εύρεση των τρόπων επίλυσής τους. Η διαδικασία αυτή προϋποθέτει την αναγνώριση μακροπρόθεσμων συνεπειών καθώς και τη σύλληψη, εφαρμογή και αξιολόγηση ενός κατάλληλου σχεδίου δράσης και καλλιεργείται διαρκώς μέσω της εκπαιδευτικής ρομποτικής. Η χρήση της παρέχει συνεχή και εποικοδομητική ανατροφοδότηση κατά τη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων, (Blanchard S. et al, 2010).
- η κριτική σκέψη η οποία αποτελεί τη νοητική και συναισθηματική λειτουργία κατά την οποία το άτομο αξιολογεί την αξιοπιστία και εγκυρότητα των πληροφοριών με απώτερο στόχο τη λήψη ορθών συμπερασμάτων. Περιλαμβάνει την ικανότητα ανάλυσης, σύνθεσης και σύγκρισης και χρειάζεται να καλλιεργείται ήδη από την προσχολική ηλικία, ώστε να οι μαθητές να μπορούν να την εφαρμόσουν σε διάφορες καταστάσεις, (Smyrnova-Trybulska E., et al 2016).
- οι διαπροσωπικές και επικοινωνιακές δεξιότητες περιλαμβάνουν την ικανότητα της ακοής και παρατήρησης, της ουσιαστικής κατανόησης και της συζήτησης, καθώς και της έκφρασης των ιδεών (προφορικώς ή γραπτώς) (Smyrnova-Trybulska E., et al 2016).
- η αξιοποίηση στρατηγικών συνεργασίας και διαπραγμάτευσης στο πλαίσιο μιας ομάδας, με στόχο την επίτευξη του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος, τόσο για το άτομο, όσο και για την ομάδα.

ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ "ΜΙΚΡΟΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΟΙ"

Το προτεινόμενο πρόγραμμα των εργαστηρίων δεξιοτήτων συμβάλλει στην ενίσχυση της βιωματικής και της ανακαλυπτικής μάθησης, με την άμεση και ενεργή συμμετοχή των μαθητών μέσα από διερευνητικές/ομαδοσυνεργατικές διαδικασίες, εφαρμογή σύγχρονων διδακτικών προσεγγίσεων και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε μεθοδολογίες διερευνητικής προσέγγισης της διδασκαλίας.

Το πρόγραμμα στοχεύει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και πρακτικών Υπολογιστικής Σκέψης μέσω διδακτικών ακολουθιών που αξιοποιούν την Υπολογιστική Επιστήμη εστιάζοντας στις έννοιες υποβάθρου (core ideas) αλλά και στις εγκάρσιες/μεγάλες ιδέες (NGSS,20131). Μέσα από τους Μικρούς Μετεωρολόγους, υποστηρίζεται ο εμπλουτισμός και η εξέλιξη των διδακτικών στόχων του Προγράμματος Σπουδών, μέσω της ενεργού συμμετοχής των μαθητών σε διδακτικές δραστηριότητες που περιλαμβάνουν πρακτικές των Επιστημόνων και των Μηχανικών.

Η δομή του προτεινόμενου προγράμματος πραγματώνει μέσα από τις δραστηριότητες τις παρακάτω δεξιότητες:

Δεξιότητες Μάθησης

- Κριτική σκέψη (Critical thinking)
- Επικοινωνία (Communication)
- Συνεργασία (Collaboration)
- Δημιουργικότητα (Creativity)

Δεξιότητες Ζωής

- Προσαρμοστικότητα
- Υπευθυνότητα
- Οργανωτική ικανότητα

ΜΙΤ: Δεξιότητες της τεχνολογίας και της επιστήμης

- Δεξιότητες Μοντελισμού και προσομοίωσης
- Πληροφορικό γραμματισμό (ICT literacy),
- Ψηφιακό γραμματισμό (digital literacy),
- Τεχνολογικό γραμματισμό (technology literacy),
- Δεξιότητες δημιουργίας και διαμοιρασμού ψηφιακών δημιουργημάτων,
- Συνδυαστικές δεξιότητες ψηφιακής τεχνολογίας, επικοινωνίας και συνεργασίας,
- Δεξιότητες ανάλυσης και παραγωγής περιεχομένου σε έντυπα και ηλεκτρονικά μέσα,
- Δεξιότητες διεπιστημονικής και διαθεματικής χρήσης των νέων τεχνολογιών

Δεξιότητες του νου

- Στρατηγική σκέψη
- Επίλυση προβλημάτων
- Μελέτη περιπτώσεων (case studies)
- Κατασκευές

Οι μαθητές εργαζόμενοι σε ομάδες, με έναυσμα τις καιρικές συνθήκες προβληματίζονται για τις μεταβολές τους και τις καταγράφουν καθημερινά χρησιμοποιώντας πολυτροπικά μέσα, ενώ τις συσχετίζουν με τις επιδράσεις που έχουν στην καθημερινότητά τους. Συλλέγουν δεδομένα τόσο με απλά όργανα που κατασκευάζουν οι ίδιοι όσο και με ψηφιακές συσκευές που προγραμματίζουν. Η χρήση των ρομποτικών συσκευών είναι ενταγμένη στο πλαίσιο καλλιέργειας μιας δομημένης νοητικής διαδικασίας της μορφής Προβληματίζομαι - Σκέφτομαι – Ενεργώ, με επεκτάσεις στη συνολική νοητική ανάπτυξη των μαθητών.

Με τις προτεινόμενες διαδικασίες γίνεται η σύνδεση των καιρικών φαινόμενων με τις επιδράσεις τους στις κοινωνίες και το περιβάλλον, μέσα από παιγνιώδεις διαδικασίες. Ενώ η χρήση των ψηφιακών μέσων είναι στοχευμένη και συνδυαστική. Τέλος οι ομάδες παρουσιάζουν τα προϊόντα της εργασίας τους.

Η δομή του προγράμματος επιτρέπει τη συμμετοχή όλων των μαθητών, εξασκώντας πολλαπλές μορφές νοημοσύνης και εξασκώντας διαφορετικές δεξιότητές τους συμπληρωματικά στις πιο παραδοσιακές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η ευκαιρία σε όλους τους μαθητές να συμμετέχουν ανεξαρτήτως μαθησιακού, κοινωνικού-πολιτισμικού υποβάθρου, βλέποντας τις όποιες διαφοροποιήσεις ως μαθησιακό πλούτο που εμπλουτίζει την εκπαίδευση και όχι ως εμπόδιο.

Όλες οι προτεινόμενες δραστηριότητες έχουν άμεση συσχέτιση με τα προσδοκώμενα αποτελέσματα του Προγράμματος Σπουδών του Νηπιαγωγείου μέσω εφαρμογής σε μαθητές αυτής της ηλικίας με δομημένα σχέδια δράσης.

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Ανίχνευση γνώσεων

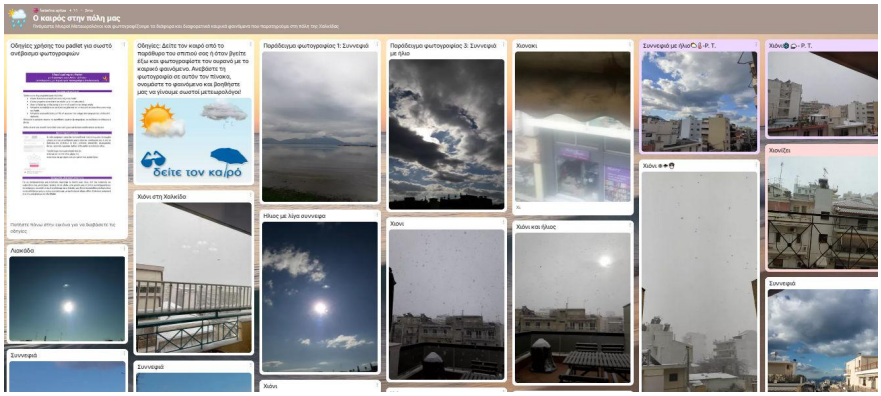
Αρχικά, δόθηκε στα παιδιά ένα ερωτηματολόγιο ανίχνευσης γνώσεων, για να διερευνηθούν οι πρότερες γνώσεις τους σχετικά με τα καιρικά φαινόμενα και τα επαγγέλματα που σχετίζονται με αυτά. Το ίδιο ερωτηματολόγιο διαμοιράστηκε και στο τέλος του προγράμματος για να είναι δυνατή η αξιολόγησή του σε επίπεδο γνώσεων. Το ερωτηματολόγιο αφορούσε στα καιρικά φαινόμενα τα οποία γνωρίζουν οι μαθητές, τα επαγγέλματα που σχετίζονται με τη μελέτη του καιρού καθώς και τα μετεωρολογικά όργανα που χρησιμοποιούνται. Το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών γνώριζε σχεδόν όλα τα καιρικά φαινόμενα, αλλά ελάχιστα μετεωρολογικά όργανα.

Μικροί Μετεωρολόγοι & Νέες Τεχνολογίες

Σε καθημερινή βάση, οι μαθητές παρατηρούν τον καιρό και τον φωτογραφίζουν χρησιμοποιώντας ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ή τάμπλετ (Εικόνα 1). Οι φωτογραφίες αυτές χρησιμοποιούνται στην ολομέλεια για τη δημιουργία του Πίνακα Αναφοράς για τα καιρικά φαινόμενα.

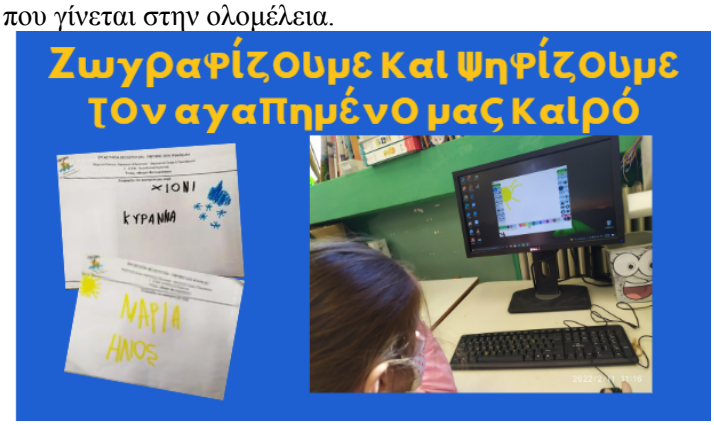
Εικόνα 1. *Φωτογραφίες από διάφορα καιρικά φαινόμενα*

Με τη βοήθεια των γονιών τους, τα παιδιά φωτογραφίζουν διάφορα καιρικά φαινόμενα και τα αναρτούν σε ένα συγκεντρωτικό ψηφιακό πίνακα με το βοήθεια του λογισμικού Padlet (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. *Το συνεργατικό Padlet με φωτογραφίες καιρικών φαινομένων.*

Σε δεύτερη φάση, οι μαθητές ζωγραφίζουν τον αγαπημένο τους καιρό στο χαρτί αλλά και στον υπολογιστή, χρησιμοποιώντας το λογισμικό TuxPaint (Εικόνα 3) και καταγράφουν τις προτιμήσεις τους, με ψηφοφορία που γίνεται στην ολομέλεια.

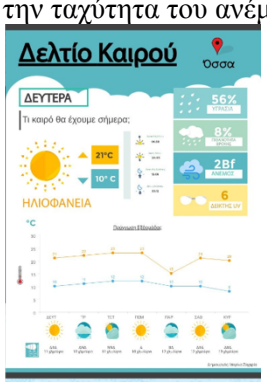


Εικόνα 3. *Ζωγραφική στο TucPaint*

Αξιοποιώντας το λογισμικό εννοιολογικής χαρτογράφησης CmapTools, καταγράφονται οι αρχικές ιδέες των μαθητών και στη συνέχεια ο χάρτης εμπλουτίζεται, όσο τα νήπια αποκτούν νέες γνώσεις. Στον εννοιολογικό χάρτη (Εικόνα 4) καταγράφουν τα καιρικά φαινόμενα που γνωρίζουν, τον τρόπο που ο καιρός επηρεάζει την ανθρώπινη δραστηριότητα, τα ρούχα που χρειάζεται ο άνθρωπος ανάλογα με το καιρικό φαινόμενο, ποια είναι τα ακραία καιρικά φαινόμενα και τι προκαλούν, ποιοι μελετούν τον καιρό, ποια όργανα χρησιμοποιούν καθώς και τις μονάδες μέτρησης της θερμοκρασίας, ανέμων κλπ.

Εικόνα 4. *Εννοιολογικός χάρτης*

Αξιοποιώντας τα δεδομένα για τον καιρό της περιοχής τους από μετεωρολογικές ιστοσελίδες, και με τη χρήση του λογισμικού δημιουργίας εικονογραφημάτων easel.ly οι μαθητές με τη βοήθεια των εκπαιδευτικών δημιουργούν ένα ψηφιακό δελτίο καιρού σε εικονογράφημα (Εικόνα 5). Σε αυτό, καταγράφεται ο καιρός της ημέρας τον οποίο έχουν συμβουλευθεί από την ιστοσελίδα της ΕΜΥ, αλλά και οι προγνώσεις της εβδομάδας. Επιλέγουν τις εικόνες που αντιπροσωπεύουν κάθε καιρικό φαινόμενο, καταγράφουν τις θερμοκρασίες, την ταχύτητα του ανέμου κλπ.



Εικόνα 5. *ψηφιακό δελτίο καιρού σε εικονογράφημα*

Τα νήπια μελετούν μετεωρολογικούς χάρτες διαφόρων τύπων και δημιουργούν τους δικούς τους χάρτες πρόγνωσης καιρού ψηφιακά, μέσω της εφαρμογής του Φωτόδεντρου.

Εικόνα 6. *Ψηφιακοί μετεωρολογικοί χάρτες*

Τέλος, γίνονται οι ίδιοι μετεωρολόγοι και καταγράφουν ένα δελτίο καιρού, το οποίο αναρτάται στην ιστοσελίδα του σχολείου.

Εικόνα 7. *Απόσπασμα από το βίντεο του δελτίου καιρού*

Μικροί Μετεωρολόγοι, STEAM & Ρομποτική

- Καταγραφές

Καθημερινά οι μικροί μετεωρολόγοι προκειμένου να μυηθούν σε μια περισσότερο ενημερωμένη επιστημονικά παρατήρηση του καιρού, συμπληρώνουν ένα φύλλο εργασίας όπου καταγράφουν τον καιρό της ημέρας. Περιγράφουν τα καιρικά φαινόμενα που επικρατούν με κατάλληλη ορολογία, καταγράφουν τη θερμοκρασία και τι ρούχα θα φορέσουν ανάλογα με τον καιρό, αλλά και την πρόγνωση της επόμενης ημέρας. Χρησιμοποιούν απλά μετεωρολογικά όργανα (θερμόμετρο, ανεμόμετρο, υγρόμετρο) και καταγράφουν τις τιμές σε ένα δελτίο καιρού (Εικόνα 8). Τα δεδομένα που συλλέγονται στο τέλος του μήνα, αποκωδικοποιούνται και δημιουργούνται πίνακες και γραφήματα. Οι μαθητές μπορούν να μετρήσουν πόσες μέρες το μήνα επαναλαμβάνεται το κάθε καιρικό φαινόμενο, τι καιρό είχε τις περισσότερες μέρες του μήνα, ποιο καιρικό φαινόμενο καταγράφηκε τις λιγότερες μέρες κλπ.

Εικόνα 8. *Φύλλο εργασίας Δελτίο καιρού – Μηνιαία καταγραφή*

Επίσης, αφού έχουν έρθει σε επαφή με τα μετεωρολογικά όργανα όπως θερμόμετρο, ανεμοδείκτη, ανεμούριο, βροχόμετρο, αλλά και τις μονάδες μέτρησης των αντίστοιχων φαινομένων, κατασκευάζουν και τα δικά τους μετεωρολογικά όργανα με ανακυκλώσιμα υλικά (Εικόνα 9).

Εικόνα 9. *Κατασκευή μετεωρολογικών οργάνων (βροχόμετρο, ανεμοδείκτης, ανεμούριο)*

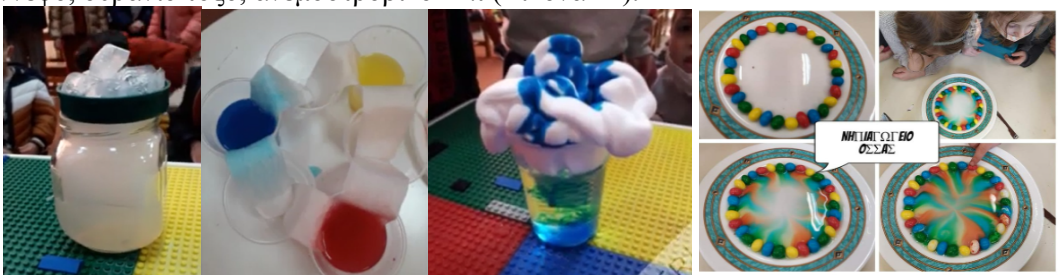
- Ρομποτική

Για τις δραστηριότητες ρομποτικής χρησιμοποιήθηκε το επιδαπέδιο ρομπότ Beebot, το οποίο είναι απλό στη χρήση και κατάλληλο για τους μαθητές προσχολικής ηλικίας. Ο χειρισμός του γίνεται με βελάκια που υπάρχουν επάνω στο ρομπότ και κινείται ανά 15 εκατοστά μπροστά, πίσω, αριστερά και δεξιά. Οι μαθητές σε ομάδες δημιουργούν χάρτες Beebot και μαθαίνουν να προγραμματίζουν τα επιδαπέδια ρομπότ να κινούνται πάνω στο ταμπλό αποκτώντας δεξιότητες χωρικής κίνησης. Παίζουν παιχνίδια προγραμματισμού όπου καθοδηγούν το προγραμματιζόμενο ρομπότ δαπέδου Beebot σε συγκεκριμένο καιρικό φαινόμενο, ταυτίζοντας τη λέξη με την εικόνα, ή συνδυάζοντας το καιρικό φαινόμενο με τα ρούχα που αντιστοιχούν (Εικόνα 10).

Εικόνα 10. *Δραστηριότητες Ρομποτικής*

Πειράματα και καιρικά φαινόμενα

Σε μια προσπάθεια κατανόησης του τρόπου δημιουργίας των φαινομένων καθώς και του κύκλου του νερού, τα παιδιά πειραματίζονται με διάφορα υλικά, προσπαθώντας να δημιουργήσουν το δικό τους σύννεφο, ουράνιο τόξο, ανεμοστρόβιλο κλπ (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. *Πειράματα για τα καιρικά φαινόμενα*

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πρόγραμμα των εργαστηρίων δεξιοτήτων Μικροί Μετεωρολόγοι άφησε θετικές εντυπώσεις στους μικρούς μαθητές, οι οποίοι έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και ενθουσιάστηκαν με την ιδέα να γίνουν οι ίδιοι μετεωρολόγοι και να καταγράψουν το δικό τους δελτίο καιρού. Από το τελικό ερωτηματολόγιο που διανεμήθηκε στα παιδιά, διαφάνηκε ότι οι μικροί μαθητές απέκτησαν πολλές καινούριες γνώσεις, έμαθαν για τον τρόπο δημιουργίας των καιρικών φαινομένων, για τα μετεωρολογικά όργανα, για την ορολογία που χρησιμοποιούν οι μετεωρολόγοι, μυήθηκαν στον τρόπο δημιουργίας μετεωρολογικών χαρτών και τη σύνθεση ενός δελτίου καιρού, και έγιναν οι ίδιοι μετεωρολόγοι, παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα των δραστηριοτήτων τους σε ένα δικό τους, αυθεντικό δελτίο καιρού.

Οι δράσεις συνέβαλαν στην ενίσχυση της βιωματικής και της ανακαλυπτικής μάθησης των μαθητών και ενθάρρυναν την άμεση και ενεργή συμμετοχή τους μέσα από διερευνητικές και ομαδοσυνεργατικές διαδικασίες. Μέσα από τις βιωματικές και αυθεντικές δραστηριότητες των Μικρών Μετεωρολόγων, οι μαθητές ανέπτυξαν δεξιότητες μάθησης, όπως η κριτική σκέψη, επικοινωνία, συνεργασία και δημιουργικότητα, δεξιότητες του νου (στρατηγική σκέψη, επίλυση προβλημάτων), ψηφιακές δεξιότητες και δεξιότητες ζωής (προσαρμοστικότητα, υπευθυνότητα, οργάνωση).

Οι μαθητές εργαζόμενοι σε ομάδες, με αφορμή τις καιρικές συνθήκες προβληματίστηκαν, κατέγραψαν δεδομένα, ήρθαν σε επαφή με πολυτροπικά μέσα, και έκαναν συσχετίσεις των καιρικών φαινομένων με τις επιδράσεις που έχουν στην καθημερινότητά τους. Χρησιμοποιήσαν απλά όργανα που κατασκεύασαν οι ίδιοι όσο και ψηφιακές συσκευές που έμαθαν να χειρίζονται και να προγραμματίζουν. Παράλληλα γνώρισαν λογισμικά και εργαλεία που συνετέλεσαν με την προσθετική τους αξία στην καλύτερη κατανόηση των φαινομένων. Τέλος, η δομή του προγράμματος επέτρεπε τη συμμετοχή όλων των μαθητών, ανεξαρτήτως μαθησιακού, κοινωνικού-πολιτισμικού υποβάθρου, βλέποντας τις όποιες διαφοροποιήσεις ως μαθησιακό πλούτο που εμπλουτίζει την εκπαίδευση και όχι ως εμπόδιο.

Η παιγνιώδης μορφή των δραστηριοτήτων, η αυθεντικότητά τους αλλά κυρίως το γεγονός ότι πήγαζαν από τα ίδια τα παιδιά και τα ενδιαφέροντά τους, αποτέλεσαν τα βασικότερα στοιχεία επιτυχίας της συγκεκριμένης παρέμβασης.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΔΕΠΠΣ., ΥΠΕΠΘ (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών Προσχολικής Αγωγής και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών Νηπιαγωγείου.

Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων. (2014). "Πρόγραμμα Σπουδών Νηπιαγωγείου: Επιστημονικό Πεδίο: Πρώτη σχολική ηλικία". "Νέο Σχολείο" ΕΣΠΑ 2007-2013, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα: Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση

Σιφνιώτη, Π. (2016). Κάτι περισσότερο από ένα απλό πρόγραμμα: το STEM ως φιλοσοφία στην εκπαιδευτική καθημερινότητα, Hellenic Conference on Innovating STEM Education, Athens, Greece

Νικολάου & Κυριακίδου . (2004). Οι φυσικές Επιστήμες στο νηπιαγωγείο. Βοήθημα για τη νηπιαγωγό. Λευκωσία: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού.

ΟΔΗΓΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΜΙΚΡΟΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΟΙ (2020)

Blanchard, S., Freiman, V., & Lirrete-Pitre, N. (2010). Strategies used by elementary schoolchildren solving robotics-based complex tasks: Innovative potential of technology. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2(2), 2851-2857.

Brown, J. (2012). The current status of STEM education research. Journal of STEM Education: Innovations and Research, 13(5), 7–11

Chesloff JD (2013) Why STEM education must start in early childhood. Education Week, 32(23), 27–32.

de Jong, T., van Joolingen, W.R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. Review of Educational Research, 68, σσ. 179- 202.

Eshach, H. (2006). Science Literacy in Primary Schools and Pre-schools. Springer.

Ford, M. J., & Forman, E. A. (2006). Redefining disciplinary learning in classroom contexts. Review of research in education, σσ. 1-32.

Keselman, A. (2003). Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. Keselman, A.(2003), Supporting inquiry learning by promoting norm Journal of Research in Science Teaching, 40, σσ. 898-921

Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä., Sarapuu, S. (2012). Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. Technology, Instruction, Cognition and Learning, 9, σσ. 81-95.

Pedaste, M., Sarapuu, T. (2006). Developing an effective support system for inquiry learning in a Web-based environment. Journal of Computer Assisted Learning, 22(1), σσ. 47-62.

Petropoulou, O., Retalis, S., Lazakidou G. (2012). Measuring Students' Performance in eLearning Environments via Enriched Assessment Rubrics. In Psaromiligkos, Spyridakos, Retalis(eds): Evaluation in e-Learning.

Ραβάνης, Κ. (1999). Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Διδακτική και γνωστική προσέγγιση. Αθήνα: Τυπωθήτω-Δαρδανός

Smyrnova-Trybulska, E., Morze, N., Kommers, P., Zuziak, W., & Gladun, M. (2016). Educational Robots in Primary School Teachers' and Students' Opinion about STEM Education for Young Learners. International Association for Development of the Information Society.

Turiman, P., Omar, J., Daud, A., Osman, K. (n.d.). Fostering the 21st Century Skills through Scientific Literacy and Science Process Skills. Procedia-Social and Behavioral Sciences(59), σσ. 110-116.

Educational Robotics and Collaboration Skills: Seeking the Relationship between Tasks and Skills

Emmanouil A. Demetroulis[1], Manolis Wallace[2], Vassilis Poulopoulos[3], Angeliki Antoniou[4]

e.dimitroulis@uop.gr, wallace@uop.gr, vacilos@uop.gr, angelant@uniwa.gr

[1] Knowledge and Uncertainty Research Laboratory, University of the Peloponnese, Tripoli, Greece

[2] Knowledge and Uncertainty Research Laboratory, University of the Peloponnese, Tripoli, Greece

[3] Knowledge and Uncertainty Research Laboratory, University of the Peloponnese, Tripoli, Greece

[4] Department of Archival, Library and Information Studies of the University of West Attica, Greece

ABSTRACT

As it is frequently expressed by many scholars and researchers, educational robotics presents a powerful tool in order for a variety of skills to be developed. However, educational robotics by itself is not able to be that groundbreaking if it's not supported by the appropriate pedagogical methodologies and techniques. This research aims to mold pedagogical theories into a framework that supports the development of collaboration skills through the use of educational robotics. This research is on the second year of being implemented in formal school settings and it is important to state that the results are encouraging. During the first year of this research there were observations that were very promising in terms of developing the skills that are directly related to collaboration. However, there were no tangible or quantifiable results to support this. This second year, the observations are paired with tangible and quantifiable results, not only for the need to show evidence that the development is evident, but to try to reveal as well the relationship of the tasks to the development of the skills.

KEYWORDS: *Educational Robotics, Collaboration Skills, Formal Education*

INTRODUCTION

This work presents a genuine attempt to research the effects of educational robotics to the development of collaboration skills. As stated above the pedagogy behind such an attempt is of incremental value since E.R can be easily perceived just as another technological fashion that came along and is destined to perish. The first author of this paper has had a six year experience teaching educational robotics within and outside the school settings and took part in national competitions with successful results. However, there was a constant concern on how to implement E.R. Many times students were left behind during the group work process, some other times the designs and constructions were indeed good, but merely represented the thoughts and efforts of all the group members and sometimes the students had distorted and magnified perceptions of their abilities after their involvement with E.R.

But why is it so important for students to develop collaboration skills? First of all, collaboration skills are one of the core set of skills that "21st century skills" movement is aiming to develop in students. Secondly, collaboration skills, are the backbone of every activity that involves students working in groups. They comprise the collaborative part or collaborative problem solving, which is very important when students are faced with demanding cognitive tasks that E.R constantly presents. Finally, collaboration skills are reflected within every aspect of social and professional life, therefore it is a valuable asset for the vast majority of students.

Isn't it enough that students come to work together and enhance their teamwork spirit or collaboration skills? Most of relative literature on educational robotics tackles teamwork and collaboration skills as a byproduct of the students' involvement with group work on E.R. It usually presents the observations that students enhance their teamwork spirit without presenting a hard rigorous measurement on either the elements that comprise collaboration or a framework that supports the whole didactical process of developing them. Before even considering introducing E.R into formal school settings it is absolutely necessary to prior investigate and prove its worth under an appropriate pedagogical framework, have distinct aim on to what is expected to be developed through the pedagogical process and finally have a rigorous tool for measuring the effects of the process in order

for the didactical process to be reflective to the development of the students' skills.

This research views collaboration skills as both an outcome and a process and its focus is aimed in delivering the appropriate framework in which collaboration skills through E.R. can be honed. In the following pages there is firstly an attempt to briefly present the molded theories that influenced the creation of this framework. Secondly, there is a brief synopsis of what has happened the previous year. Thirdly, it is important to describe what is currently being found in terms of tangible results. The main focus of this paper is to shed some light into the newly found results of this research attempt. In addition there is a discussion of the approach and the contribution that is brought forward for the next step of this research.

MOLDED THEORIES INTO FRAMEWORK

Everything starts from the word "collaboration". What is collaboration? It is enjoyable to search for the definition of the word collaboration. It is like the process of what Ted Panitz (Panitz, T., 1999) characterized as the "search of the Holy Grail" of interactive learning. But is it just a definition that helps us apply all the aspects of collaboration within classrooms?

According to Bruffee (Bruffee K.A., 1993) in order for a classroom to be transformed into a collaborative environment there needs to be a certain phase of "reacculturation". The term "reacculturation" means in simple words that the class has to be transformed into one with a different set of ground rules, structures and authority. Moving towards a collaborative environment, means that students are empowered to form their own ground rules, teachers need to take a step back and become more like facilitators/collaborators and generally there are no structures regarding the authority of knowledge. A collaborative environment must be seen not as a simple set of guidelines though, but a different philosophy approaching education in general.

After establishing the environment in which collaboration can flourish it is important to search for clear cut definitions describing the very nature of the quality of the interactions towards the task. According to Roschelle (Roschelle J., 1992), "…frames collaboration as an exercise in convergence or construction of shared meanings…". This is an important statement and pinpoints the keyword "convergence". So we seek convergence towards the construction of shared meanings. Additionally, Roshelle and Teasley (Roschelle, J. & Teasley, S. D. 1995) define collaboration as "…coordinated, synchronous activity that is the result of a continued attempt to construct and maintain a shared conception of a problem". Again, after the keyword convergence there are two more keywords that are added into this equation. Coordination and synchronicity were especially supported during this year's research and gave even more depth into the students' interactions.

Settings	
Working space	Two couple per workbench
Group size	Vygotskian pairings (four students)
Time	1h/week/school year
E.R Kit	Lego WeDo 2
Age	11 – 12 years old
E.R Project	Agreed by all – ill-defined with open-ended answers
Teacher stance	Collaborator - Mediator
Prior Knowledge	Scratch Programming
Connections	Booklet with detailed instructions
Curriculum	Part of Computer Science

even qualities of Seeking further the true collaboration Dillenbourg (Dillenbourg, P. 1999) expressed some more elements that comprise it. The first is derived from "symmetry of action" the second from "the symmetry of knowledge" third from the "symmetry of status" and finally from the "symmetry of goals". These statements are in analogy with the collaborative environment that is explained and described by Bruffee, Roschelle and Teasley, but takes things even further in connecting the actual environment to the actions of the students. In simpler words it defines more the settings and the layers of interactions to the activities. Additionally, Dillenbourg states "Another marker of true collaboration is the quality of interactions, especially the degree of interactivity and negotiability" (Dillenbourg, P. 1999).

Furthermore, Vygotsky (Vygotsky, L.S. 1978) is very visible into the teambuilding process of the students in this framework. Even though social engineering is considered a structural approach that is not very compatible to the student centric approach that this framework is built upon, it is considered a necessary and appropriate way of creating work groups given the immaturity of the students (between 11 and 12 years old). Another important issue to the Vygotskian creation of pairings within groups is the necessity of the development of the skills through interactivity. So, the pattern the groups follow is a variation of the one that Vygotsky suggested. A student that is more able in terms of social skills is paired with a student that is less able in terms of social skills. The quantity and eventually the quality of interactions between the students is expected to eventually create the activation and the gradual development of collaboration skills.

This leads to the next line of thought. What are the collaboration skills that need to be developed? Is collaboration a skill or does it comprise of different elements? Before answering these questions it is very crucial to stop and ask. How all of the above can be transformed into measurable, teachable, tangible skills that can follow the implementation of a collaborative framework? One very important tool for assessing collaboration skills is proposed by Hesse (Hesse F., et.al, 2015) and his colleagues. The reason behind selecting this tool is based on the elements that it comprises and the clear distinction of the terms used. So ambiguity between the terms is minimized, while the elements are in parallel with the collaboration theories that support this framework. Another critical factor is that the assessment tool is flexible enough to be used not only in the beginning and the end of exploratory sessions but can be used in and between phases resulting to more information about the gradual development of collaboration skills.

CURRENT OBSERVATIONS AND RESULTS

Having the positive results from last year, the framework shows that has potential, the next step was to start measuring the results. The first thought was to remain on just taking one measurement at the beginning of the whole procedure and one at the end. However, it was clear that this would not give a great insight on how the collaboration skills develop. On the other hand, this was very challenging since the dual role of being both a teacher and a researcher at the same time made the whole endeavor much more difficult. However, this was solved by taking measurements

approximately every two or three sessions in times when tasks seemed to move forward. Again, it was considered to use agents (human or audio/visual) but at this particular time it was perceived as risky because it would undermine the natural behavior of the students, which in our case is of critical importance.

GROUP SESSION 1

During the first session of group work, table 1 was used to capture the state that the collaboration skills were. The figure 2 shows that most of the students gathered values that ranged from 2 to 6. But what these numbers describe? These numbers describe only the level of participative skills that got activated during this first session. None of the students managed to score any points in perspective taking or social regulation skills. The student numbered as 9 was absent during this session so it was decided to insert none participative skill. Similarly, even though student 16 was present during the first two meetings of creating the ground rules and establishing the project's guidelines, his family moved to another city so in order to honor his participation in the very first lessons number 16 was not transferred.

The tasks during this session were mainly of understanding what the parts were and what their use would be for the project. Some students during this session interacted lightly with their groupmates and some did not interact at all. However, most of students presented high levels of action and perseverance.

Figure 1: *Results of measured collaboration skills during Construction Phase*

GROUP SESSION 4

During this session the students started to have a grasp of what is going on with most of the pieces of the Lego WeDo kit, while they started developing their interactive skills even more in quantity and in quality as well. It is observed that most of the students transformed their high interactions into more meaningful ones in terms of quality. So six students are developing adaptive responsiveness and five students are using adaptive responsiveness in a high level. It is important to mention that the skill of audience awareness is developed by almost fifteen students (6 medium level, 7 high level and 2 between low and medium). The formation of structures and the options that are arising started to engage the students in some form of negotiations as well. So in this stage there is an observable important number of students that start negotiating. The negotiation skill is observed that has a medium level of development and has direct correlation to the negotiation skills the group mates present. So it is observed that within group 1 (s1,s2,s3,s4), there is no development of negotiation skills in comparison to all the other groups that have at least one in the medium level or low level of developing this skill. It is noted as a positive surprise that all students assume responsibility initiative. This is surprising because the rest of the social regulation skills are not developed at all with an exception of the low to medium negotiation skills.

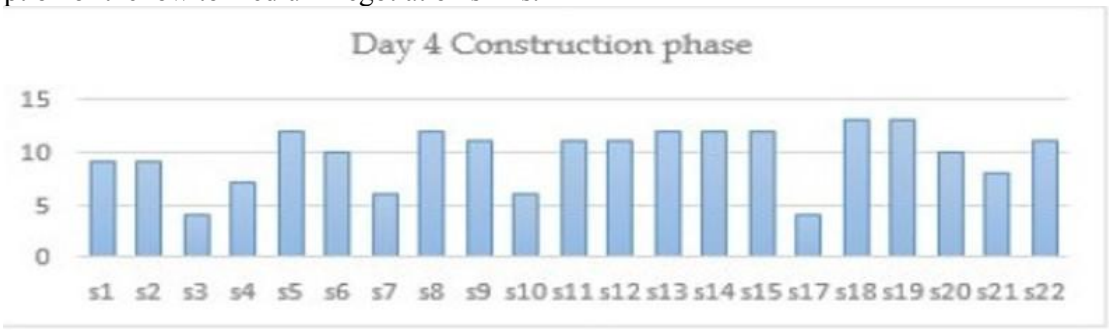


Figure 2: *Results of measured collaboration skills during Construction Phase*

GROUP SESSION 5

This session came after 14 days of absence from the laboratory due to the national holiday. There is normally a seven day gap between sessions so it was important to observe and measure if there was any diminishing in the development of the collaboration skills. On the contrary the students came back in the laboratory with high motivation and expressed the feeling of longing to come back and continue their projects.

The students in this session in their vast majority developed their collaboration skills. With a note of being very careful it seems that the socially more able students are pulling up their group mates. This is expressed by the start of a certain pattern of uniformity when measuring the elements that comprise collaboration skills. It is noted as well that the work of the group members becomes more harmonious and the tasks of assembling the parts are done with a sense of agreement. In relation to the skills, it is measured that only three students remain at medium level of perspective taking skills and two of them are in the same group. It is also measured that only one student developed high levels of negotiation skills, while his group mates are between low and medium. There are still no self-evaluation and transactive memory skills on any student. Concluding this phase there is a sense that collaboration skills are both being developed but are also transferable.

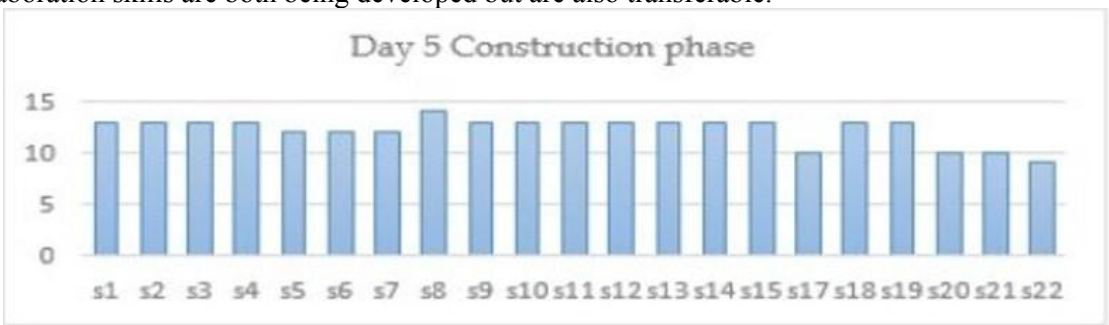


Figure 3: *Results of measured collaboration skills during Construction Phase*

GROUP SESSION 7

This session was done after an almost 2 month period that the school was closed due to the covid-19 restrictions. Even though this period was quite a long period of absence for the students, this did not by any means diminish their motivation and their skills are still being normally developed. In this stage it is very important to praise the significance of educational robotics as a very successful and attractive tool towards the commitment of the students.

During this session the students in two groups (g2 and g5) are getting ready to jump into the connections phase. The students asked the teacher to help them decide whether they should take the step to move forward. The teacher responded that this decision should be the teams' collective decision and the two groups decided to brush off some small construction and design problems and then move forward.

Figure 4: *Results of measured collaboration skills during mixed Phase*

GROUP SESSION 9

This session was very energetic, because five out of six teams are either going to the connections phase or to the programming phase. G1 decided unanimously to end the project by following a programming method that does not require the use of sensors. This was acceptable because the students had open ended answers for the project. They had a plan A and a plan B if the program did not work.

The teacher approached the happy team and had a conversation with the group mates. During the conversation the students decided that it would be challenging and satisfying if they transformed their artifact into a truly robotic artifact introducing the use of sensors. G2 is currently trying to reconnect the artifact. G3 is currently into the construction phase, patiently trying to perfect their solution. G4 just stepped into the connection phase and are eager to start the programming phase. G5 had some problems with the connections phase because the USB ports do not recognize the Bluetooth device, but they express great stamina and perseverance, both individually and collectively. G6 is currently trying to understand the leaflet instructions for the connections.

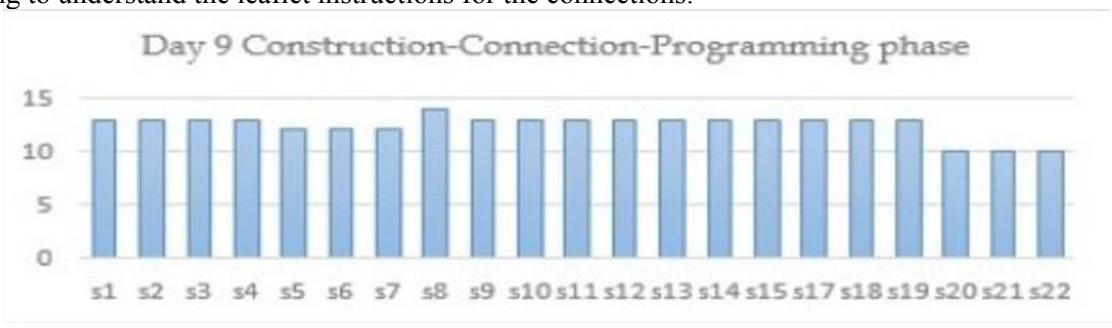


Figure 5: *Results of measured collaboration skills during mixed Phase*

GROUP SESSION 11

Again, during this session almost all teams had problems in connecting the artifact to the computer. Even though the booklet gave detailed instructions, many times due to simultaneous attempts in connections there were problems. The biggest problem was that the teams became frustrated. The positive element out of this negative experience was that none of the teams gave up the attempts to reconnect and always searched for explanations and solutions. When G1 eventually connected their artifact, they expressed higher level of negotiations on how the programming should be developed including the sensors. This group asked for a pen and a paper in order to write down the possible solutions and discuss them before they apply the solutions into Scratch. G2 found the connection phase very demanding. G3 during this session were calmer and took things in a step like fashion and gave the booklet a lot of attention and showed great quality in their interactions. G4 was initially frustrated and expected more guidance during the procedure, however, they managed to conclude the task. G5 and G6 concluded the task after numerous attempts and eventually started the programming phase. During this session G1 was the only team that increased their negotiation skills into the highest level. Generally, this session was frustrating because many technical malfunctions happened, even though the guidelines were followed. This shows the level of difficulty sometimes E.R can present to the students. The problems were not expected and the students were unpleasantly surprised. This was last session that took place, before it was announced that the primary schools close again due to Covid-19 restrictions.

Figure 6 *Results of measured collaboration skills during mixed Phase*

DISCUSSION AND CONCLUSION

This is the second year of the first research attempt that explores the effects of a pedagogical framework in E.R for the development of collaboration skills, which analyzed the impact of the tasks in parallel to the skills developed.

It is clear that the construction phase of an E.R artifact presents a great opportunity for students to start from the same level of knowledge. It useful to remember the proposal that Dillenbourg has made. The symmetry is very important when it comes to knowledge, and during this first important phase it is vital for students to be at the same starting point. Of course there is an element of concern. Many students now days use the internet and online tutorials in order to sharpen their abilities with an issue that are interested with. This fact can somewhat undermine the notion of "symmetry of knowledge" and bring one student in front of another in generating ideas or having "ready-made" solutions in their minds. It is important at this point to locate this within the groups and with helpful suggestions to bring the students back to more pluralistic and democratic approaches that include all the groups' members. This element brings us to the next important element of synchronicity.

Synchronicity is an element that is mentioned in the statements that Dillenbourg and Roschelle and Teasley expressed for describing the prerequisite elements for collaboration. During the first year of this research synchronicity was tackled vaguely and was not given too much attention during the conversations between the teacher and the students. The major issue in the first year was to seek the elements of convergence. This year the element of synchronicity enhanced and speeded up the process of convergence among the group members and collaborations skills were more visible during earlier phases of the experiment. Even though it was not verbally expressed by the students, high synchronicity among the students was observed to be more tiring mentally.

Another issue that was derived from this year's experiment was that during all the sessions there were no visible (verbal or external expressions) of self-evaluation skills. It is possible that students are afraid to express verbally self-evaluating thoughts because the formal school settings are obligated to follow the grading system. This experiment underwent during a school year within the alumni of

computer science module and students expected grades every semester. Even though the teacher/researcher in the beginning of the experiment reassured the students that this will not affect their grades, there is a possibility that the thought of grading could not be forgotten or put aside. For this important issue there will be more discussions next year on this topic so students can express or develop self-evaluation skills.

REFERENCES

Bruffee, K.A. (1993) Collaboration, conversation, and reacculturation in K.A. Bruffee (Ed.) *Collaborative Learning: Higher Education, Interdependence, and the Authority of Knowledge*, Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by 'collaborative learning?' In P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches* (pp.1–19). Oxford: Elsevier.

Hesse F., Care E., Buder J., Sassenberg K. & Griffin P. (2015) A Framework for Teachable Collaborative Problem Solving Skills. In: Griffin P., Care E. (Eds), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills. Educational Assessment in an Information Age* (pp.37-56). New York: Springer, Dordrecht

Panitz, T. (1999) *Collaborative versus cooperative learning: A comparison of the two concepts which will help us understand the underlying nature of interactive learning*. Retrieved from http://home.capecod.net/~tpanitz/tedsarticles/coopdefinition.htm

Roschelle, J. (1992) *Learning by collaborating: Convergent conceptual change*. Journal of the Learning Sciences, 2, 235–276.

Roschelle, J. & Teasley, S. D. (1995). The construction of shared knowledge in collaborative problem-solving. In C.E. O'Malley (Ed.), *Computer-supported collaborative learning* (pp. 69–97). Berlin: Springer-Verlag.

Vygotsky, L.S. (1978) *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*, Ed. And trans. M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner and E. Souberman, Cambridge, MA: Harvard University Press.

Νερό ψυχή της γης – Ένα διδακτικό σενάριο για τον έλεγχο της ποιότητας και της μόλυνσης των υδάτινων πόρων μέσω του Διαδικτύου των Αντικειμένων

Λιάπη Παρασκευή[1], Πουλιώτη Σοφία[2], Τουφεξή Σοφία[3], Φαρμάκη Αικατερίνη[4]

viviliapi12@gmail.com, spoulioti@gmail.com, sophiatoufexi@yahoo.com, farmakikater@gmail.com

[1]Νηπιαγωγός, 8ο Νηπιαγωγείο Αιγάλεω

[2] Νηπιαγωγός, 1ο Νηπιαγωγείο Ιεράπετρας

[3]Νηπιαγωγός, 3ο Νηπιαγωγείο Ελευθερούπολης

[4]Νηπιαγωγός, 61ο Νηπιαγωγείο Αθηνών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κλιμακούμενη καταστροφή του περιβάλλοντος σε συνδυασμό με την σπατάλη των υδάτινων πόρων, αλλά και η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για νερό εξαιτίας του υπερπληθυσμού, καθιστά τον συνεχή έλεγχο και την προστασία των υδάτων από περαιτέρω μολύνσεις, ζωτικής σημασίας. Βασικός στόχος του παρόντος διδακτικού σεναρίου είναι να παρουσιάσει εναλλακτικούς και πιο συμφέροντες τρόπους ελέγχου της καταλληλόλητας και ποιότητας του πόσιμου νερού επιχειρώντας ταυτόχρονα τη σύνδεση του φυσικού κόσμου και της προσωπικής εμπειρίας των μαθητών με τις τεχνολογίες αιχμής (IoT). Εφαρμόζοντας, λοιπόν, την ρηξικέλευθη φιλοσοφία που διέπει το Διαδίκτυο των Αντικειμένων χρησιμοποιούνται αισθητήρες, υπολογιστές και γενικότερα τεχνολογικά μέσα επικοινωνίας που συλλέγουν, μεταδίδουν και επεξεργάζονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Με τον τρόπο αυτό καταγράφονται σε πραγματικό χρόνο όλες οι παράμετροι της ποιότητας του νερού και ουσιαστικά γίνεται το πρώτο βήμα για την εξοικονόμηση και βελτίωση του.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Μόλυνση των υδάτων, ποιότητα υδάτων, Διαδίκτυο των Αντικειμένων*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

«Το νερό δεν είναι εμπορικό προϊόν όπως όλα τα άλλα, αλλά αποτελεί κληρονομιά, που πρέπει να προστατεύεται και να τυγχάνει της κατάλληλης μεταχείρισης. Τα ύδατα στην Ευρωπαϊκή κοινότητα υφίστανται αυξανόμενη πίεση λόγω της συνεχούς αύξησης της ζήτησης επαρκών ποσοτήτων ύδατος καλής ποιότητας για κάθε χρήση» (*Οδηγία 2000/60/ΕΚ, σχετικά με την Πολιτική Υδάτων της Ευρωπαϊκής Κοινότητας*). Είναι προφανές ότι η ανάγκη για ασφαλές, καθαρό, πόσιμο νερό τόσο στην Ευρώπη, όσο και σε ολόκληρη την υφήλιο, ολοένα και αυξάνεται. Καθώς ο πληθυσμός της γης αυξάνεται με ραγδαίο ρυθμό (ο Παγκόσμιος Οργανισμός Νερού WWC προβλέπει αύξηση 40-50% τα επόμενα 50 χρόνια), η αύξηση στη ζήτηση του νερού θα είναι επίσης ραγδαία (Jan et al., 2021; Tziortzioti et al., 2019; Chen et al., 2021). Ενώ η ποιότητα του νερού επηρεάζει την αλιεία, την υδατοκαλλιέργεια, τον τουρισμό και προφανώς την ίδια τη ζωή, υπάρχουν ακόμα και σήμερα χώρες που ελλείψει πόσιμου νερού αναζητούν εναλλακτικές λύσεις, καταφεύγοντας ακόμη και σε αφαλάτωση του θαλασσινού νερού. Όσον αφορά την ποσότητα του νερού στη γη υπάρχει μία μεγάλη παρανόηση, λόγω του ότι το 71% της επιφάνειάς της καλύπτεται από αυτό. Δίνεται έτσι η εντύπωση πως υπάρχει άφθονο νερό στη γη, όμως το ποσοστό αυτό είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με τον συνολικό της όγκο. Αν αφαιρεθεί το 97% περίπου του νερού που αφορά κυρίως ωκεανούς και παγόβουνα, το πόσιμο νερό στον πλανήτη είναι περίπου το 1%. Μόνον ένα ποσοστό της τάξης του 0,3 τοις εκατό των υδάτων χρησιμοποιείται σήμερα από τον παγκόσμιο πληθυσμό (Malche et al, 2021). Απομυθοποιώντας λοιπόν τον ορισμό «μπλε πλανήτης», γίνεται εύκολα αντιληπτό το γεγονός πως δεν έχουν όλοι στον πλανήτη γη πρόσβαση σε ασφαλές νερό (Jan et al., 2021).

Εξάλλου, η μεταβολή του οικοσυστήματος και η κλιματική αλλαγή, από ποικίλες μορφές ρύπων, έχουν οδηγήσει στην περιβαλλοντική καταστροφή ολόκληρου του πλανήτη (Saha et al.,2017). Αν αναλογιστούμε την καταστροφή που προκαλεί ο άνθρωπος με την υπερκατανάλωση, την αλόγιστη χρήση εντομοκτόνων, την ανεξέλεγκτη αύξηση της βιομηχανοποίησης σε συνδυασμό με την ελλιπή νομοθεσία περί προστασίας του νερού, η κατάσταση δείχνει να είναι ακόμα δυσκολότερη (Geetha & Gouthami, 2017). Η μόλυνση των υδάτων σε λίμνες και ποτάμια αποτελεί ένα παγκόσμιο πρόβλημα, καθώς αυτή έχει σοβαρές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις (Prasad et al., 2015;Tziortzioti et al.,

2019). Έρευνες έχουν επισημάνει ότι, περίπου 5 εκατομμύρια θάνατοι προκλήθηκαν από την κατανάλωση νερού αμφίβολης ποιότητας (Chaudhari, K. G., 2019). Οι έμμονοι οργανικοί ρύποι (persistent organic pollutants) επηρεάζουν τον υδροφόρο ορίζοντα σε παγκόσμια κλίμακα για πάνω από 5 δεκαετίες (Singh et al, 2019). Το νερό που ουσιαστικά αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο για την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη κινδυνεύει άμεσα και κατά συνέπεια προβάλλει επιτακτική η ανάγκη για ενδελεχή παρακολούθησή του (Τζιωρτζιώτη και συν., 2018; Τζιωρτζιώτη και συν., 2019; Prasad et al., 2015; Saha et al.,2017).

Για τη διασφάλιση κατάλληλου πόσιμου νερού για όλους είναι απαραίτητες μετρήσεις που να αξιολογούν την ποιότητά του σε πραγματικό χρόνο. Μέχρι πρόσφατα, η συνήθης μέθοδος ελέγχου του πόσιμου νερού πραγματοποιούνταν χειροκίνητα με συλλογή των υδάτων και μεταφορά τους σε ειδικά εργαστήρια για επεξεργασία και ανάλυση, πρακτική που όπως φαίνεται δεν είναι αρκετά συμφέρουσα, δεδομένου ότι απαιτεί αρκετό χρόνο και άφθονο ανθρώπινο δυναμικό που κατά συνέπεια έχει μεγάλο κόστος (Das, B., & Jain, P. C., 2017). Νέους ορίζοντες προς την κατεύθυνση αυτή έχει ανοίξει η ανάπτυξη της τεχνολογίας και πιο συγκεκριμένα το Διαδίκτυο των Αντικειμένων (IoT). Ουσιαστικά, αυτό αφορά σε ένα δίκτυο φυσικών αντικειμένων/πραγμάτων –συσκευών, μηχανημάτων, κτιρίων, εξοπλισμένων με αισθητήρες και μικροαισθητήρες, καθώς και σύνδεση στο διαδίκτυο που καθιστά τα αντικείμενα αυτά ικανά να συλλέξουν και να ανταλλάξουν δεδομένα/πληροφορίες (Geetha & Gouthami, 2017). Καθένας από τους αισθητήρες αυτούς συλλέγει αυτόνομα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο (Das, B., & Jain, P. C., 2017). Μέσω ενός gateway-ή αλλιώς πύλης- (Lora, Zigbee, Bluetooth, WiFi κλπ) οι αισθητήρες στέλνουν δεδομένα σε κάποια IoT πλατφόρμα (ThingSpeak, Ubidot, Thinger.io κλπ), τα οποία έπειτα από επεξεργασία παρουσιάζονται με κατανοητή μορφή στον τελικό χρήστη μέσω sms, email κλπ. Με ανάλογο τρόπο μπορεί να ελέγχεται σε τακτά διαστήματα η ποιότητα του νερού, τα επίπεδα μόλυνσης και καταλληλόλητας για κατανάλωση. Με τη βοήθεια του IoT, η μέτρηση της ποιότητας των υδάτων απλοποιήθηκε και πλέον γίνεται λόγος για την Έξυπνη Παρακολούθηση της Ποιότητας του Νερού (Smart Water Quality Monitoring – SWQM). Το χαμηλό –συνήθως- κόστος, η εξοικονόμηση ενέργειας και η ενδεχόμενη βελτίωση της ποιότητας του νερού συγκαταλέγονται στα θετικά χαρακτηριστικά της μεθόδου (Jan et al. 2021). Σύμφωνα βέβαια με το τον Prasad et al (2015) κάποια από τα έργα αυτά απαιτούν γενναιόδωρη χρηματοδότηση από αξιόπιστους οργανισμούς.

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

Κατά την υλοποίηση του εκπαιδευτικού σεναρίου με τίτλο «Νερό, ψυχή της γης» ο εκπαιδευτικός έχει ως σκοπό τη σύνδεση του φυσικού κόσμου και της προσωπικής εμπειρίας των μαθητών του με τις τεχνολογίες αιχμής (IoT). Αρχικά, ανιχνεύει την πρότερη γνώση των μαθητών σχετικά με την μόλυνση των υδάτων. Στη συνέχεια, τους προτρέπει να παρακολουθήσουν ένα σχετικό βίντεο και τους παροτρύνει να αναλογιστούν τις συνέπειες της μόλυνσης, ώστε να θέσουν τους προβληματισμούς τους. Χρησιμοποιώντας την καθοδηγούμενη διερευνητική μάθηση αποφασίζουν να σχεδιάσουν και να χρησιμοποιήσουν ένα δίκτυο αισθητήρων, προκειμένου να μελετήσουν το επίπεδο μόλυνσης της τοπικής τους λίμνης. Ακολουθεί μια αλληλουχία δραστηριοτήτων ξεκινώντας από την επιτόπια αυτοψία στη λίμνη, για την αποσαφήνιση των παραμέτρων μελέτης (θερμοκρασία, επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου, pH και ηλεκτρική αγωγιμότητα). Έπειτα, έχοντας πραγματοποιήσει μια σύντομη βιβλιογραφική επισκόπηση στο διαδίκτυο σχετικά με την επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων για τα υδάτινα περιβάλλοντα και έχοντας παρακολουθήσει μια επίδειξη ειδικών, για την ορθή σύνδεση του δικτύου των αισθητήρων, στο Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος, προμηθεύονται και οργανώνουν τον απαραίτητο εξοπλισμό. Πραγματοποιούν τριήμερη περιβαλλοντική εκδρομή για την τοποθέτηση του δικτύου στη λίμνη, ενώ παρατηρούν και πειραματίζονται με τη σύνδεση και την καταγραφή των τιμών, σε πραγματικό χρόνο και σε τακτά χρονικά διαστήματα, μεταξύ αισθητήρων και gateway. Τέλος, ύστερα από την εξοικείωση και τον πειραματισμό με την πλατφόρμα ThingSpeak, τα δεδομένα συλλέγονται στο cloud για ανάλυση και επεξεργασία, ώστε να επιτευχθεί η κατάλληλη χρήση τους από τους πολίτες και τις αρμόδιες αρχές.

Περιγραφή του διδακτικού σεναρίου

Α/Α	*Χρόνος (min)*	*Ενότητα / Δραστηριότητα*	*Διδακτική μέθοδος*	*Σύντομη περιγραφή*
1	1 διδακτική ώρα (45 λεπτά)	**1η Ενότητα-Εξοικείωση με το πρόβλημα** Ενδυνάμωση της ομάδας- Καταιγισμός ιδεών-Ανίχνευση πρότερης γνώσης	Μοντέλο Gagne (διερεύνηση-κατευθυνόμενη εργασία-έκφραση-ελεύθερη εργασία-σύνοψη από μαθητές τι έχουν μάθει)	Συζήτηση στην ομάδα για τη ρύπανση των υδάτων -Καταιγισμός Ιδεών-Δημιουργία εννοιολογικού χάρτη Προβληματισμοί Φύλλο εργασίας
2	1 διδακτική ώρα	**1η Ενότητα-Εξοικείωση με το πρόβλημα** Παρακολούθηση εκπαιδευτικού video	Τριμερής Διδασκαλία (Παρουσίαση-Επεξεργασία-Έκφραση) & Βιωματική Μάθηση (Dewey)	Χωρισμός σε 2 ομάδες Παρακολούθηση video- Συζήτηση ομάδας – Συντονισμός Παιχνίδι Ρόλων Ανατροφοδότηση
3	1 διδακτικές ώρα	**1η Ενότητα-Εξοικείωση με το πρόβλημα** Αυτοψία στη λίμνη - Συνέντευξη με ψαράδες	Βιωματική μάθηση (Dewey)	Καταγραφή ερωτήσεων Συλλογή νερού - Επιλογή Εξοπλισμού Πραγματοποίηση συνέντευξης Φωτογράφηση-Αξιολόγηση
4	1 διδακτική ώρα	**2η Ενότητα-Αισθητήρες** Αναζήτηση σχετικών σεναρίων στο διαδίκτυο και εντοπισμός αισθητήρων που χρησιμοποιήθηκαν	Διερευνητική Μάθηση (Inquiry Based Teaching and Learning)	Χωρισμός σε 3 ομάδες των 5 – Αναζήτηση σεναρίων (με λογικούς τελεστές) – Επιλογή σεναρίων – Εντοπισμός Αισθητήρων – Αναζήτηση Χορηγών
5	1 διδακτική ώρα	**2η Ενότητα-Αισθητήρες** Επίσκεψη στο Πανεπιστήμιο	Δομημένη Διερεύνηση (Structured Inquiry)	Παρακολούθηση μικρής διάλεξης – Επίδειξη της λειτουργίας των αισθητήρων από μηχανολόγο – Πειραματισμός – Απορίες - Ανατροφοδότηση
6	(Εκτός διδακτικού ωραρίου)	**2η Ενότητα-Αισθητήρες** Προγραμματισμός 3ημερης περιβαλλοντικής εκδρομής με παραλίμνια κατασκήνωση	Βιωματική Μάθηση (Dewey)	Επιλογή αρχηγών σε ομάδες των 5 – Συντονισμός – Εξοπλισμός κατασκήνωσης – Προτάσεις ημερήσιου προγραμματισμού – Λήψη αποφάσεων
7	1 διδακτική ώρα	**2η Ενότητα-Αισθητήρες** Τοποθέτηση αισθητήρων στη λίμνη	Διερευνητική/Ανακαλυπτική Μάθηση (Inquiry based Learning/Teaching)	Σύνδεση μικροεπεξεργαστή με αισθητήρες – Τοποθέτηση δικτύου αισθητήρων στη λίμνη – Έλεγχος πλατφόρμας – Παρακολούθησης

				Ροής – Αξιολόγηση αποτελεσμάτων
8	1 διδακτική ώρα	**3η Ενότητα - Gateway** Πείραμα in vitro - Τοποθέτηση αισθητήρα με μικροελεγκτή σε λεκάνη με νερό	Βιωματική μάθηση (Dewey)	Υλοποίηση πειράματος- Διατύπωση υποθέσεων- Παρατήρηση και καταγραφή συμπερασμάτων
9	1 διδακτική ώρα	**3η Ενότητα - Gateway** Σύνδεση του Arduino Uno με τον υπολογιστή	Ομαδοσυνεργατική διδασκαλία	Εξασφάλιση Εξοπλισμού- Σύνδεση μέσω WiFi Arduino Uno με υπολογιστή- Παρατήρηση τιμών σε πραγματικό χρόνο- Προβληματισμοί και ανατροφοδότηση
10	1 διδακτική ώρα	**3η Ενότητα - Gateway** Καταγραφή κώδικα στο ArduinoBlocks και φόρτωση του Arduino Uno	Ομαδοσυνεργατική διδασκαλία	Σύνδεση, πειραματισμός και εξοικείωση με την πλατφόρμα ArduinoBlogs- Καταγραφή κώδικα και φόρτωση στον Arduino Uno - Παρατήρηση
11	1 διδακτική ώρα	**4η Ενότητα - Cloud** Εξοικείωση με την πλατφόρμα ThingSpeak	Καθοδηγούμενη διερευνητική μάθηση	Εγγραφή στην πλατφόρμα Εξοικείωση με την πλατφόρμα ThingSpeak Ορισμός μεταβλητών Έλεγχος αποτελεσμάτων
12	1 διδακτική ώρα	**4η Ενότητα -Cloud** Σύνδεση Arduino Blocks με την πλατφόρμα ThingSpeak	Καθοδηγούμενη διερευνητική μάθηση	Προβληματισμός Πειραματισμός Παρατήρηση οπτικοποιημένου μηνύματος Διεξαγωγή συμπερασμάτων Ενημέρωση αρμοδίων

ΕΝΤΑΞΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ – ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ

Το εκπαιδευτικό σενάριο με τίτλο «Νερό, ψυχή της γης» που θα υλοποιηθεί στο Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΚΠΕ) Ελευθερίου Κορδελιού απευθύνεται σε μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και ειδικότερα σε μαθητές πρώτης γυμνασίου. Το νερό δεν αποτελεί μόνο πολύτιμο φυσικό πόρο ο οποίος βρίσκεται σε κίνδυνο, αλλά το νερό ως πρόβλημα, συνδέεται με μια σειρά ζητημάτων που αφορούν την υγεία, την ποιότητα ζωής, τις κλιματικές αλλαγές κ.ά. Οι μαθητές σε συνεργασία με το ΚΠΕ θα αναλάβουν να μελετήσουν την ποιότητα του νερού στη λίμνη Νέας Απολλωνίας που βρίσκεται κοντά στο σχολείο τους. Το διδακτικό σενάριο εντάσσεται στα εργαστήρια δεξιοτήτων στην 4η θεματική «Δημιουργώ και καινοτομώ – Δημιουργική σκέψη και πρωτοβουλία» και συγκεκριμένα στην ενότητα STEM – Εκπαιδευτική Ρομποτική και συμβαδίζει με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για το γυμνάσιο.

Το πρόγραμμα θα υλοποιηθεί σε χρονικό διάστημα τριών μηνών (11 ώρες) μια ώρα την εβδομάδα. Στο πλαίσιο του προγράμματος θα πραγματοποιηθεί τριήμερη εκδρομή στη λίμνη εκτός διδακτικού ωραρίου.

ΣΚΟΠΟΙ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

Στόχοι του προγράμματος είναι οι μαθητές:

Γνώσεις

- Να επιλέγουν τους κατάλληλους αισθητήρες
- Να μπορούν να κάνουν μετρήσεις
- Να αναλάβουν δράση σε εξωτερικά περιβάλλοντα και πεδία μελέτης

Δεξιότητες

- Να χρησιμοποιούν το περιβάλλον ThingSpeak
- Να αξιοποιούν και να εφαρμόζουν τεχνολογίες που σχετίζονται με το IoT
- Να αναπτύξουν συνεργασίες με αρμόδιους φορείς

Στάσεις

- Να αποκτήσουν περιβαλλοντική συνείδηση
- Να ευαισθητοποιηθούν για τα προβλήματα που σχετίζονται με την ποιοτική υποβάθμιση του νερού, τους κινδύνους από την έλλειψη και τη μόλυνση του
- Να υιοθετήσουν τις πρακτικές που συνδέονται με την υπεύθυνη διαχείριση του ως φυσικό αγαθό, ώστε να υπάρχει αειφορική ανάπτυξη, εφόσον έχουν δικαίωμα σε αυτό και οι επερχόμενες γενιές
- Να συνειδητοποιήσουν τη σχέση του ανθρώπου με το περιβάλλον

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΔΥΣΚΟΛΙΩΝ

Συχνό φαινόμενο είναι οι μαθητές να αδιαφορούν για το περιβάλλον, πόσο δε μάλλον για την κατάσταση των υδάτων. Κατά συνέπεια θα πρέπει οι δραστηριότητες να είναι σχεδιασμένες, ώστε να προσελκύουν το ενδιαφέρον τους πάνω στο θέμα. Υπάρχει εξάλλου μεγάλη πιθανότητα οι έφηβοι να αντιδράσουν με επιφυλακτικότητα σε ό,τι αφορά καινούργιες μεθόδους μάθησης. Πιο συγκεκριμένα υπάρχει το ενδεχόμενο να δυσκολευτούν στην επαφή τους με κάτι εντελώς πρωτόγνωρο, όπως οι αισθητήρες, οι μικροεπεξεργαστές, αλλά και το ψηφιακό περιβάλλον εφαρμογών όπως το ThingSpeak. Για τον λόγο αυτό η επίδειξη από μηχανικό στο Πανεπιστήμιο και η ενεργός εμπλοκή τους στο σχεδιασμό, πειραματισμό, συλλογή και καταγραφή θα τους καταστήσει ένθερμους υποστηρικτές, ίσως ακόμη και πρεσβευτές του IoT, καθώς θα προσαρμοστούν σε αυτόν τον νέο τρόπο συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων. Έτσι, θα καταφέρουν να ολοκληρώσουν το μάθημα με επιτυχία.

ΧΡΗΣΗ Η/Υ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΜΕΣΩΝ

Για την υλοποίηση του διδακτικού σεναρίου είναι απαραίτητος κάποιος εξοπλισμός hardware αλλά και συγκεκριμένα λογισμικά software. Καταρχάς επιλέχθηκε η πλατφόρμα Arduino Uno λόγω της ευκολίας στη χρήση από μαθητές γυμνασίου και του σχετικά χαμηλού της κόστους. Για τις μετρήσεις των παραμέτρων που θα εξεταστούν (θερμοκρασία, pH, διαλυμένο οξυγόνο, ηλεκτρική αγωγιμότητα), επιλέχθηκαν συμβατοί με την πλατφόρμα Arduino αισθητήρες. Συγκεκριμένα επιλέχθηκε ο αισθητήρας θερμοκρασίας Waterpoof DS18B20 Digital Temperature Sensor, ο αισθητήρας pH Gravity: Analog pH Sensor/Meter Kit V2, ο αισθητήρας διαλυμένου οξυγόνου Gravity: Analog Dissolved Oxygen Sensor/Meter Kit, ο αισθητήρας ηλεκτρικής αγωγιμότητα Gravity: Analog Electrical Conductivity Sensor/Meter V2. Για τη σύνδεση της συσκευής με το δίκτυο θα χρησιμοποιηθεί ασπίδα GSM/GPRS/GPSShield. Όσον αφορά τη χρήση λογισμικών software θα αξιοποιηθεί το Arduino Blocks για προγραμματισμό και η IoT πλατφόρμα ThingSpeak για τη συγκέντρωση, αποθήκευση και ανάλυση των δεδομένων στο cloud, καθώς και η εφαρμογή ThingView για κινητά και τάμπλετ. Επιπλέον, θα χρησιμοποιηθεί σύνδεση WiFi, ως πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ αισθητήρων, πύλης, νέφους και τελικού χρήστη. Τέλος, θα χρειαστούν τουλάχιστον 3 Laptop (1 για κάθε ομάδα) καθώς και κινητά ή τάμπλετ για τους τελικούς χρήστες.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ

Ο διδακτικός θόρυβος αναφέρεται σε ανεπιθύμητους εξωτερικούς παράγοντες ή σε παράπλευρες δραστηριότητες που μπορούν να επισκιάσουν το μάθημα και να αποσπάσουν τη συγκέντρωση και προσοχή των μαθητών. Οι δραστηριότητες έχουν δομηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μειωθεί ο διδακτικός θόρυβος. Αρχικά, οι μαθητές συνεργάζονται αρμονικά στις ομάδες χάρις στον πετυχημένο καθορισμό των ομάδων βάση κοινωνιογράμματος που έγινε από τον εκπαιδευτικό με αποτέλεσμα να μη δημιουργείται φασαρία. Επιπρόσθετα, ο εκπαιδευτικός έχει αποσαφηνίσει όλες τις έννοιες και έχει φροντίσει να λύσει τις απορίες που ενδέχεται να υπάρξουν και μπορεί να επηρεάσουν τη ροή του μαθήματος. Ωστόσο όσο καλός προγραμματισμός και αν έχει γίνει δεν μπορεί να προβλεφθεί κάποια βλάβη που ενδεχομένως παρουσιαστεί στη λειτουργία των υπολογιστών ή στη σύνδεση με το διαδίκτυο.

ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΗ ΘΕΩΡΙΑ ΜΑΘΗΣΗΣ

Το διδακτικό μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί στο σενάριο «Νερό, ψυχή της γης» είναι η διερευνητική μάθηση και ειδικότερα το μοντέλο της καθοδηγούμενης διερεύνησης. Στόχος της διερευνητικής μάθησης είναι το βάρος της διδασκαλίας να μετατοπιστεί στη διδακτική διαδικασία με διερευνητικές μεθόδους ώστε ο μαθητής να μάθει πως μπορεί να φτάνει μόνος του στη γνώση. Ο εκπαιδευτικός αναλαμβάνει τον ρόλο του καθοδηγητή καθώς θέτει ένα γενικό ερευνητικό ερώτημα και δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές του να σχεδιάσουν μόνοι τους τη διαδικασία επίλυσης του βασιζόμενοι στις προϋπάρχουσες γνώσεις τους. Στη σχολική τάξη θα χρησιμοποιηθεί ο μαθησιακός κύκλος 5Ε και το σχέδιο μαθήματος περιλαμβάνει πέντε στάδια:

1. Εμπλοκή των μαθητών: Δίνεται η αφόρμηση η οποία κινητοποιεί τους μαθητές να εμπλακούν στη διαδικασία.
2. Εξερεύνηση: Οι μαθητές θα καταγράψουν τα στοιχεία από την επίδειξη που θα γίνει στο Πανεπιστήμιο, θα κάνουν πειράματα.
3. Επεξήγηση: Οι μαθητές αφού ήδη θα έχουν τοποθετήσει τους αισθητήρες στη λίμνη θα μπορούν να κάνουν υποθέσεις, θα ανταλλάξουν απόψεις, να ελέγξουν την εγκυρότητα ή μη των αρχικών τους υποθέσεων
4. Επεξεργασία: Οι μαθητές θα κατανοήσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθώς θα μπορούν να δουν πως αυτά απεικονίζονται στο κινητό τους.
5. Εκτίμηση: Γίνεται η αξιολόγηση του προγράμματος. Οι μαθητές θα είναι σε θέση να αξιοποιήσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων και όταν οι τιμές είναι υψηλές να ενημερώνουν τους πολίτες και τις αρμόδιες αρχές.

Συνδυαστικά θα χρησιμοποιηθεί και η ομαδοσυνεργατική μέθοδος καθώς οι μαθητές θα χωριστούν σε ομάδες και κάθε ομάδα θα αναλάβει να ολοκληρώσει μια εργασία. Στην ομάδα οι μαθητές εκφράζουν ελεύθερα τη γνώμη τους, καλλιεργείται η συνεργασία και αναπτύσσεται η κριτική τους σκέψη (Θεωρητικό πλαίσιο ΠΑΔ. 2017-2018). Τέλος, θα αξιοποιηθεί ο καταιγισμός ιδεών, η δημιουργία εννοιολογικού χάρτη, η τεχνική της επίδειξης, το πείραμα.

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΑΞΗΣ – ΕΦΙΚΤΟΤΗΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ

Το εκπαιδευτικό σενάριο θα υλοποιηθεί στο Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΚΠΕ) Ελευθερίου Κορδελιού, σε ειδική εργαστηριακή αίθουσα. Καθόλη τη διάρκεια του σεναρίου θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας για την προώθηση της συνεργασίας, επικοινωνίας και δημιουργικότητας μεταξύ των μαθητών. Τα παιδιά κατά την πρώτη ενότητα «Εξοικείωση των μαθητών με το πρόβλημα», θα χωριστούν σε δύο ομάδες για την παρακολούθηση σχετικού βίντεο, ενώ θα χρησιμοποιηθεί ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής για κάθε ομάδα. Στη δεύτερη ενότητα «Αισθητήρες», θα χωριστούν σε τρεις ομάδες των πέντε ατόμων, ενώ θα χρησιμοποιηθεί ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής για κάθε ομάδα. Επιπρόσθετα, τόσο για την αυτοψία στη λίμνη όσο και την πραγματοποίηση της τριήμερης περιβαλλοντικής εκδρομής, θα χρησιμοποιηθούν τρείς φορητοί υπολογιστές, ένας για κάθε ομάδα και τα smartphones των μαθητών. Τέλος, η μεταφορά των μαθητών στα σημεία ενδιαφέροντος (ΔΙΠΑΕ - λίμνη) και ο απαραίτητος εξοπλισμός για την παραλίμνια κατασκήνωση θα επιτευχθεί σε συνεργασία με τους αρμόδιους τοπικούς φορείς.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Β ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων (ΕΕ L 327 της 22.12.2000, σ. 1J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.

Τζιωρτζιώτη, Χ., Μαυρομάτη, Ε., Μυλωνάς, Γ., & Χατζηγιαννάκης, Ι., (2018). Σενάρια περιβαλλοντικών εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με την αξιοποίηση του Διαδικτύου των Αντικειμένων. *Ανοιχτή Εκπαίδευση: Το περιοδικό για την Ανοικτή εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία, 14*(2), 166-182. https://doi.org/10.12681/jode.19013

Τζιωρτζιώτη, Χ., Μαυρομάτη, Ε., Χατζηγιαννάκης, Ι., & Αμαχιλάτης, Δ. (2019). Εκπαιδευτικές δραστηριότητες σε επιφανειακά ύδατα με την αξιοποίηση του Διαδικτύου των Αντικειμένων. *Ανοικτή Εκπαίδευση: Το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία*, *15*(1), 57-72. Ανακτήθηκε από:https://doi.org/10.12681/jode.16385

Chaudhari, K. G. (2019). Water Quality Monitoring System using Internet of Things and SWQM Framework. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, *7*(9), 3898-3903.

Chen, W., Hao, X., Lu, J., Yan, K., Liu, J., He, C., & Xu, X. (2021). Research and design of distributed IoT water environment monitoring system based on LoRa. *Wireless Communications and Mobile Computing*, *2021*.

Das, B., & Jain, P. C. (2017, July). Real-time water quality monitoring system using Internet of Things. In *2017 International conference on computer, communications and electronics (Comptelix)* (pp. 78-82). IEEE..

Geetha, S., & Gouthami, S. J. S. W. (2016). Internet of things enabled real time water quality monitoring system. *Smart Water*, *2*(1), 1-19.

Jan, F., Min-Allah, N., & Düştegör, D. (2021). IoT Based Smart Water Quality Monitoring: Recent Techniques, Trends and Challenges for Domestic Applications. *Water*, *13*(13), 1729.

Malche, T., Tharewal, S., & Bhatt, D. P. (2021, June). A Portable Water Pollution Monitoring Device for Smart City based on Internet of Things (IoT). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 795, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.

Prasad, A.N., Mamun, K.A., Islam, F. R., & Haqva, H., (2015). Smart water quality monitoring system. *2nd Asia Pacific World Congress on Computer Science and Engineering (APWC on CSE),* 1-6. https://doi.org/10.1109/APWCCSE.2015.7476234.

Singh, G., Kumar, G., Bhatnagar, V., Srivastava, A., & Jyoti, K. (2019). Pollution management through internet of things: A substantial solution for society. *Humanities & Social Sciences Reviews*, *7*(5), 1231-1237.

Saha, H. N., Auddy, S., Chatterjee, A., Pal, S., Pandey, S., Singh, R., ... & Maity, A. (2017, August). Pollution control using internet of things (IoT). In *2017 8th Annual Industrial Automation and Electromechanical Engineering Conference (IEMECON)* (pp. 65-68). IEEE. Ανακτήθηκε από:https://doi.org/10.1109/IEMECON.2017.8079563

Tziortzioti, C., Amaxilatis, D., Mavrommati, I., & Chatzigiannakis, I. (2019). IoT sensors in sea water environment: Ahoy! Experiences from a short summer trial. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, *343*, 117-130.

Tziortzioti, C., Mavrommati, I., Kalkavouras, C., Dimitriou, E., & Chatzigiannakis, I., (2019). Observation and analysis of environmental factors of surface waters: An internet of things educational approach. *First International Conference on Societal Automation* (SA) 1-7. https://doi.org/10.1109/SA47457.2019.8938059

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ – ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Δραστηριότητα 1η

- Τι υλικά θα χρειαστείτε για τη μέτρηση:
  - Θερμοκρασίας

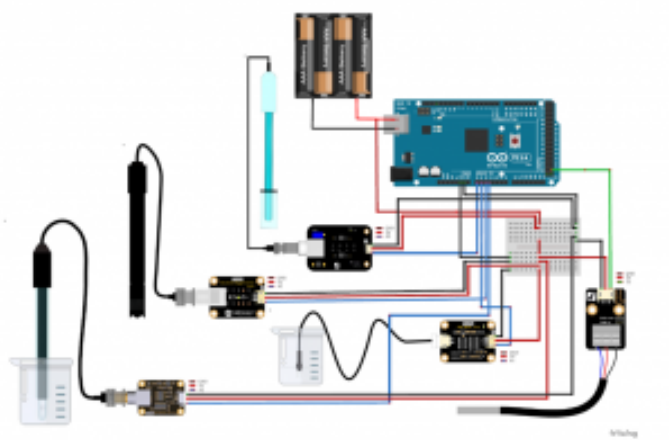
- pH
- Διαλυμένου Οξυγόνου
- Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας

- Περιγράψτε την αρχή λειτουργίας των αισθητήρων.

Δραστηριότητα 2η

(Κατασκευή κυκλωματικής διάταξης)

Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα.



Εικόνα SEQ Εικόνα * ARABIC 1: *Κυκλωματική διάταξη*

Πηγή: *https://openedtech.ellak.gr/robotics2021/stathmos-parakolouthisis-tis-*

Μένουμε ασφαλείς την ώρα του σεισμού

Μπακή Ευθαλία_Α[1] , Μπεγλοπούλου Μαρία_Β[2], Ταούλα Ευαγγελία_Γ[1]
efthbaki@gmail.com, mabeglopou@sch.gr, tevangel@sch.gr
[1] Νηπιαγωγός, MEd,ΥΠΑΙΘ
[2] Νηπιαγωγός, Msc, ΥΠΑΙΘ
[3] Νηπιαγωγός, ΥΠΑΙΘ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε έναν κόσμο που συνεχώς αλλάζει αλλά και είναι απρόβλεπτος, συχνά καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης όπως π.χ. οι σεισμοί. Στόχος του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού σεναρίου είναι οι μικροί μαθητές του Νηπιαγωγείου, να κατανοήσουν το φυσικό φαινόμενο του σεισμού, τις αιτίες του φαινομένου και να αποκτήσουν δεξιότητες επιβίωσης με τη λήψη μέτρων πρόληψης και προστασίας. Το θέμα σχετίζεται με την εκπαίδευση STE(A)M, καθώς το περιεχόμενο, οι δραστηριότητες και τα παιδαγωγικά εργαλεία προέρχονται από θέματα Επιστήμης, Μαθηματικών, Τεχνολογίας, Γλώσσας και Τέχνης. Οι μαθητές συμμετέχουν στη μάθηση και εμβαθύνουν στο θέμα με βιωματικές δραστηριότητες ενώ ερευνούν με μοντέλα. Η ανάπτυξη των δραστηριοτήτων βασίζεται στο μοντέλο 5Ε, με την ανάπτυξη των δραστηριοτήτων σε πέντε φάσεις, ενώ αξιοποιείται η διερευνητική, παιγνιώδης και συνεργατική μάθηση. Η εφαρμογή του εκπαιδευτικού σεναρίου πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες δια ζώσης εκπαίδευσης, με τη χρήση πραγματικών αντικειμένων, χειραπτικού υλικού, ψηφιακών και εποπτικών εργαλείων, αλλά και με συμβολικό τρόπο.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ*: νηπιαγωγείο, steam, νέες τεχνολογίες, φυσικές επιστήμες, σεισμός*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Προκειμένου να εμπνεύσουμε τους μικρούς μαθητές ώστε να αντιληφθούν την προστιθέμενη αξία των STE(A)M δραστηριοτήτων, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στο να κεντρίσουμε το ενδιαφέρον τους για την Επιστήμη, χρειάζεται ένας ολιστικός τρόπος διδασκαλίας. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει ανάγκη να συνδυαστούν τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών με άλλους κλάδους, διασφαλίζοντας ότι η ολοκληρωμένη εκπαίδευση STE(A)M θα ενσωματώσει τη διδασκαλία με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνεται ελκυστική για κάθε μαθητή. Στο παρόν εκπαιδευτικό σενάριο, γίνεται μια προσπάθεια υλοποίησης ενός σεναρίου βασισμένο σε δραστηριότητες STE(A)M, αλλά και σε δραστηριότητες που δεν είναι προσανατολισμένες στο STE(A)M, με σκοπό την ολοκληρωμένη εκπαίδευση μέσω STE(A)M. Αν δεχτούμε σύμφωνα και με τον Καριώτογλου (2006) ότι οι *μαθητές έχουν διαμορφωμένες ιδέες για τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών και την ερμηνεία των φαινομένων πριν από την τυπική έναρξη της διδασκαλίας* καθώς και ότι έχουν διαμορφώσει άποψη αλλά και ερμηνεία για διάφορα φυσικά φαινόμενα πριν την φοίτηση τους στο σχολείο (Driver, 1998), τότε η επιλογή της προσέγγισης του θέματος μέσω της εκπαίδευσης STE(A)M με τον εμπλουτισμό της μαθησιακής εμπειρίας των μαθητών βοηθά τους μαθητές να μεταφέρουν τη γνώση τους, να λύσουν νέα προβλήματα και να εξάγουν συμπεράσματα βασιζόμενοι σε προηγούμενες αρχές που εφάρμοσαν μέσω φυσικών επιστημών, τεχνολογίας, μηχανικής, και μαθηματικών (Roberts, 2012). Η δημιουργία και η εφαρμογή του παραπάνω πλαισίου είναι εξάλλου ιδιαίτερη σημαντική για τους μαθητές ώστε να συνδέσουν τα θέματα STE(A)M και τη χρήση τους με την καθημερινότητά τους, αλλά κυρίως με τις μελλοντικές επαγγελματικές τους διαδρομές (Kurupetal., 2017). Ένα ολοκληρωμένο σχέδιο μαθήματος STE(A)M είναι η λεπτομερής περιγραφή της πορείας της διδασκαλίας ή της «μαθησιακής τροχιάς» από έναν εκπαιδευτικό για ένα μάθημα, που θα βελτιώνεται και θα ενημερώνεται συνεχώς. Είναι περίπου ο σχεδιασμός εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που διευκολύνουν τη βαθιά μάθηση για την ενίσχυση των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, όπως η κριτική σκέψη, η συνεργασία, η επικοινωνία, η δημιουργικότητα και η αποκλίνουσα σκέψη (Cevic, 2018). Ο σχεδιασμός μιας διαδρομής που βασίζεται σε μεθοδολογίες όπως το πρόβλημα, το έργο και η μάθηση βάσει πρόκλησης επιτρέπουν την ενσωμάτωση της μάθησης επίλυσης προβλημάτων, διερεύνησης και σχεδιασμού στη διδακτική δραστηριότητα, φροντίζοντας για πραγματικές προκλήσεις σε ένα αυθεντικό πλαίσιο, αυτό του κόσμου μας. Έχοντας αυτό υπόψη, μια ολοκληρωμένη προσέγγιση STE(A)M θα αναπτύξει ικανούς πολίτες που προσωπικά και επαγγελματικά θα λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις στην καθημερινή

τους ζωή και θα έχουν τη δύναμη να ακολουθούν τη σταδιοδρομία STE(A)M και να καθοδηγούν την καινοτομία σε οποιαδήποτε ηλικία (Akcansa, 2020; McClureetal., 2017).

Η παρούσα εργασία αφορά το φαινόμενο του σεισμού (Καλίτσης, 2015; Παπαζαχαρίου & Κυρίτση, 2020) και υλοποιήθηκε σε τρία νηπιαγωγεία. Οι μικροί μαθητές καλούνται μέσω διαφορετικών δραστηριοτήτων να ανακαλύψουν τη γνώση μέσω πειραμάτων, δοκιμών και επαλήθευσης, καθώς επίσης να είναι σε θέση να κατανοήσουν πώς αυτή η γνώση μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση ή επίλυση καθημερινών προβλημάτων. Μέσω αυτού του σεναρίου μάθησης οι μαθητές θα:

- Γνωρίσουν για το σεισμό και γιατί προκαλείται
- Μάθουν τα προληπτικά μέτρα σε περίπτωση σεισμού
- Κατανοήσουν τη σημασία ενός καλά μελετημένου σχεδίου έκτακτης ανάγκης για χρήση μετά από μια μεγάλη καταστροφή
- Μάθουν να συνεργάζονται
- Κατανοήσουν την αξία της ομαδικής εργασίας
- Έρθουν σε επαφή με τα εργαλεία Web 2.0 και θα εκπαιδευτούν να τα χρησιμοποιούν

Το εκπαιδευτικό σενάριο θα ενισχύσει μεταξύ των μαθητών τις ακόλουθες δεξιότητες, που ορίζονται ως δεξιότητες του 21ου αιώνα:

- Κριτική σκέψη:οι μαθητές θα διερευνήσουν ιδέες, θα αιτιολογήσουν και θα εξετάσουν άλλεςαπόψεις
- Δημιουργική σκέψη: οι μαθητές θα δημιουργήσουν ιδέες και θα ολοκληρώσουν έργα, μαθαίνοντας πώς να ανταποκρίνονται δημιουργικά σε μια πρόκληση
- Συνεργασία: οι μαθητές θα ολοκληρώσουν δραστηριότητες, ενώ εργάζονται σε ζευγάρια και ομάδες
- Επικοινωνία: οι μαθητές θα εργαστούν σε ομάδες και θα ασκήσουν τις δεξιότητες ανάγνωσης, γραφής, ομιλίας και ακρόασης, προκειμένου να συμμετάσχουν σε παραγωγικές συζητήσεις και να επιτύχουν κοινούς στόχους
- Πληροφοριακός αλφαβητισμός: οι μαθητές, με τη βοήθεια της νηπιαγωγού λόγω της ηλικίας τους, θα αναζητήσουν πληροφορίες στο διαδίκτυο και θα χρησιμοποιήσουν μια μεγάλη ποικιλία εργαλείων, όπως ιστοσελίδες και εφαρμογές
- Γραμματισμός στα μέσα ενημέρωσης: ενώ αναζητούν πληροφορίες στο διαδίκτυο, οι μαθητές θα μάθουν πώς να αναλύουν και να επιλέγουν τους κατάλληλους πόρους
- Τεχνολογικός αλφαβητισμός: οι μαθητές θα διεξάγουν έρευνα σχετικά με την εικόνα που τους έχει ανατεθεί και θα εξετάζουν τις διαθέσιμες πληροφορίες
- Παραγωγικότητα: ολοκληρώνοντας τα καθήκοντα που τους ανατίθενται, οι μαθητές θα αναπτύξουν την ικανότητα να πετυχαίνουν στόχους
- Ηγεσία: δουλεύοντας σε ομάδες, οι μαθητές θα αναπτύξουν αυτή την έμφυτη ικανότητα να είναι σε θέση να καθοδηγήσουν, να παρακινήσουν και να προτρέψουν τα μέλη της ομάδας τους προς φιλόδοξους στόχους.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Το ιδανικό κίνητρο για μάθηση είναι το ενδιαφέρον των παιδιών για το σχέδιο μαθήματος που προετοιμάζεται. Η μάθηση βάσει έργου (Problem-BasedLearning), είναι ένα μοντέλο με επίκεντρο τους μαθητές, που οργανώνει τη μάθηση γύρω από έργα για την ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής σκέψης, συνεργασίας και επικοινωνίας (Ζαφειροπούλου, 2021). Αντίθετα, τα έργα (projects) είναι σύνθετες εργασίες, βασισμένα σε πραγματικά προβλήματα, απαιτητικές ερωτήσεις που εμπλέκουν τους μαθητές σε διαδικασίες όπως η επίλυση προβλημάτων, ο σχεδιασμός, η λήψη αποφάσεων, η έρευνα και τέλος, η παραγωγή παρουσιάσεων ή ενός πραγματικού προϊόντος. Έτσι, η μάθηση βάσει έργου διασφαλίζει ότι η μάθηση προκύπτει από τις αυτόνομες εμπειρίες των μαθητών. Η μάθηση που βασίζεται στη διερευνητική μάθηση, βασίζεται στη σταδιακή οικοδόμηση της γνώσης μέσω της διατύπωσης ερωτήσεων από τους μαθητές. Οι μαθητές ανακαλύπτουν τη γνώση μέσω πειραμάτων, δοκιμών, επαλήθευσης. *Η διαθεματική προσέγγιση που βρίσκεται στη βάση της διερευνητικής μάθησης αποτελεί το πλαίσιο επιλογής που καταργεί τον κατακερματισμό της γνώσης και την αντιμετωπίζει ως ολότητα. Η κατάλυση των ορίων μεταξύ των επιμέρους επιστημονικών πεδίων επιτρέπει την ενοποίηση των γνώσεων που έχουν κοινά χαρακτηριστικά σε όλες τις επιστήμες προωθώντας τη διεπιστημονική διασύνδεση* (Πεντέρη κ.ά., 2021α; 2021β). Η επιστημονική εκπαίδευση με βάση την έρευνα είναι ζωτικής σημασίας για τη διδασκαλία STE(A)M, επειδή οι μαθητές εργάζονται αναζητώντας πραγματικές λύσεις σε προβλήματα ή ερωτήματα μέσω της έρευνας. Αμφισβητούν κάθε αρχή που έχουν διδαχθεί και το δοκιμάζουν στην τάξη μέσα από εργαστηριακές δραστηριότητες. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να επικυρώσουν ή να απορρίψουν τη θεωρία στην οποία εισήχθησαν, απορρίπτοντας την παθητική γνώση και υποστηρίζοντας την απτή εφαρμογή της γνώσης. Η διεπιστημονική διδασκαλία είναι μια εκπαιδευτική διαδικασία στην οποία ενσωματώνονται δύο ή περισσότερες γνωστικές περιοχές προκειμένου να ενισχυθεί περαιτέρω η μάθηση. Η συνεργατική μάθηση, όπου τα μέλη της ομάδας αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας εμπειρίες και γνώσεις βασίζεται στον κονστρουκτιβισμό, όπου ο μαθητής εργάζεται σε ομάδες για την επίτευξη κοινών στόχων, τόσο μεμονωμένα όσο και σε ομάδες. Σύμφωνα με τον Eraut (1995), *η ομαδοσυνεργατική μέθοδος με τη χρήση Τ.Π.Ε προσφέρει δυνατότητες αλληλεπίδρασης μέσω των οποίων μπορεί να οικοδομηθεί συλλογικά μια κοινή λύση στην επίλυση των διαφόρων ζητημάτων*.

Η εξασφάλιση διαφορετικών δραστηριοτήτων και η επανάληψη τους σε τακτά χρονικά διαστήματα, ενισχύει τις αναδυόμενες δεξιότητες, στοχεύοντας στην απόκτησή τους, παρέχοντας στους μαθητές νέες εμπειρίες μέσω επικοινωνίας, ομαδικής εργασίας και πληροφοριών που αναζητούν δραστηριότητες. Το θέμα συνδέθηκε με την εκπαίδευση STE(A)M, καθώς το περιεχόμενο, οι δραστηριότητες και τα παιδαγωγικά εργαλεία προέρχονται από θέματα Επιστήμης, Μαθηματικών, Τεχνολογίας, Γλώσσας και Τέχνης. Είναι ενσωματωμένα σε ένα μάθημα με σκοπό να τονώσουν το ενδιαφέρον των μαθητών μέσα από την εξεύρεση λύσεων. Για το σκοπό αυτό, εκτός από τη βιωματική μάθηση, που είναι η κύρια προσέγγιση, οι δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων, η ανταλλαγή ιδεών, οι διαδικτυακές εφαρμογές, οι δραστηριότητες μοντελοποίησης και η συνεργατική μάθηση χρησιμοποιούνται για τον περαιτέρω εμπλουτισμό και υποστήριξη της διδακτικής διαδικασίας (Kaufmanetal., 2015).

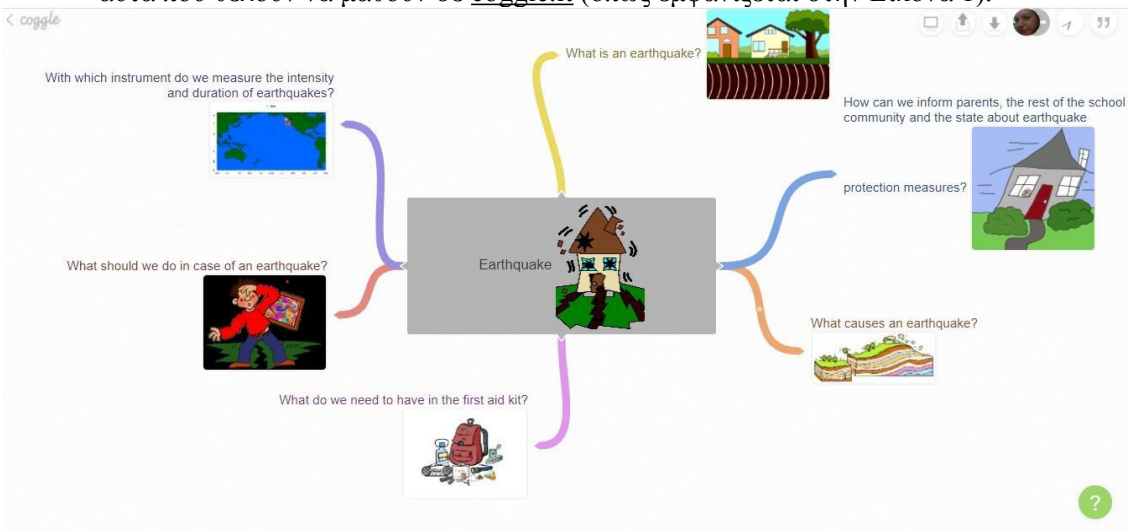
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Σύμφωνα με τη Θεοδόση (2021) βασικά συστατικά στην εφαρμογή ενός αποτελεσματικού εκπαιδευτικού σχεδιασμού διδασκαλίας με μεθοδολογία STEAM αποτελούν τα “5 E”: Engagement, Elaboration, Exploration, Explanation, Evaluation (Ενασχόληση, Επεξεργασία, Εξερεύνηση, Εξήγηση και Αξιολόγηση). Αυτό το μοντέλο είναι τελείως διαφορετικό από την παραδοσιακή διδασκαλία (Mayes&Jackson, 2016) και προάγει τη βιωματική και μαθητοκεντρική μάθηση καθώς και την ομαδοσυνεργατική διδασκαλία. Οι δραστηριότητες του εκπαιδευτικού σεναρίου αναπτύχθηκαν σε πέντε φάσεις με βάση το μοντέλο 5Ε, όπως αυτό περιγράφεται και στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για το Νηπιαγωγείο (Πεντέρη κ.ά., 2021α; 2021β).

Α΄ Φάση Εξοικείωση:

- Εισαγωγή του θέματος στους μαθητές και παρουσίαση του βίντεο“WhatIsAnEarthquake?”.
- Στη συνέχεια, ο/η εκπαιδευτικός ρωτάει τους μαθητές τι γνωρίζουν για τους σεισμούς και τι προφυλάξεις μπορούμε να λάβουμε σε περίπτωση σεισμού. Ακολουθεί καταιγισμός ιδεών

και φτιάχνουν έναν νοητικό χάρτη με αυτά που γνωρίζουν (προϋπάρχουσες γνώσεις) και αυτά που θέλουν να μάθουν σε coggle.it (όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 1).



Σχήμα 1: *Καταιγισμός ιδεών και συζήτηση, εννοιολογικός χάρτης στο coggle.it*

- Οι μαθητές καλούνται σε πρόκληση. Παρακολουθούν μια παρουσίαση (όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 2) με τις οδηγίες που πρέπει να ακολουθήσουν και περιηγούνται στην πόλη τους μέσω GoogleMaps. Οι διαφάνειες της παρουσίασης μπορούν να κοπούν σε μικρές κάρτες και να αναρτηθούν στον τοίχο. Παρατηρούν τα κτίρια, βρίσκουν τα σπίτια τους και αποφασίζουν να χτίσουν τα δικά τους κτίρια-σπίτια.

Σχήμα 2: *Πρόκληση - Εικονική περιήγηση*

- Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται η αξιολόγηση της δραστηριότητας με GoogleForms.

Σχήμα 3: *Τεχνολογία - Αξιολόγηση φόρμες Google*

Β΄ Φάση Επισκόπηση:

- Προκειμένου να ενθαρρυνθούν οι μαθητές να συνεργαστούν, ο/η εκπαιδευτικός τους χωρίζει σε ζευγάρια. Κάθε ζευγάρι παίρνει μια καρέκλα και πρέπει να την χρησιμοποιήσει για να χτίσει κτίρια με το σώμα του. Ο/Η εκπαιδευτικός τους ενθαρρύνει συνεχώς να πιστεύουν ότι μπορούν να βάλουν το σώμα τους σε διαφορετικές θέσεις π.χ. ξαπλωμένοι, σκυφτοί, γονατιστοί, με διάφορα σχήματα με τα χέρια και τα πόδια τους. Τα παιδιά πρέπει να ονομάσουν τις κατασκευές τους, να τις περιγράψουν, να δικαιολογήσουν τις επιλογές τους, να συγκρίνουν (όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 4).

Σχήμα 4: *Κατασκευές με το σώμα*

- Κατόπιν, τα ζευγάρια χτίζουν κτίρια με κουτιά συσκευασίας (όπως εμφανίζεται στις Εικόνες 5,6). Πρώτα θα χρησιμοποιήσουν δύο κουτιά και μετά τρία. Θα συνεργαστούν για να χτίσουν το ψηλότερο, το χαμηλότερο, ισόγειο, διώροφο κτίριο. Πρέπει να κάνουν όσο περισσότερους συνδυασμούς μπορούν. Κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας θα πρέπει να καταγράφουν τι κάνουν χρησιμοποιώντας μια κάμερα, έτσι ώστε να θυμούνται πόσα διαφορετικά κτίρια έχτισαν για να τα δείξουν και να τα εξηγήσουν στα άλλα παιδιά. Στην ολομέλεια θα εξετάσουν τις φωτογραφίες των κατασκευών τους και θα επισημάνουν προφορικά τα χαρακτηριστικά και τους κανόνες που ανακάλυψαν κατά την προηγούμενη φάση. Ο/Η εκπαιδευτικός, ξαναγράφει τις φράσεις των παιδιών, αφενός για να κάνει όλα τα παιδιά να καταλάβουν τι λέγεται και αφετέρου να εξοικειωθούν με το κατάλληλο

μαθηματικό λεξιλόγιο. Η δραστηριότητα είναι διασκευή της δραστηριότητας των “πύργων” από το βιβλίο των Cooketal. (1997). Επέκταση: Χρήση χρωμάτων για την κατασκευή κτιρίων - πύργων και κατασκευή κτιρίων με γεωμετρικά σχήματα με τη μορφή κολάζ (όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 7).

Σχήμα 5: *Κατασκευές με κουτιά συσκευασίας*

Σχήμα 6: *Κατασκευές με κουτιά συσκευασίας*

Σχήμα 7: *Κατασκευές με τη μορφή κολάζ*

Γ΄ Φάση Επεξήγηση:

- Οι μαθητές παρακολουθούν το βίντεο Earthquake - Πώς συμβαίνουν οι σεισμοί για να μάθουν για αυτό το φυσικό φαινόμενο και στη συνέχεια ακολουθεί η κύρια δραστηριότητα **(**Επιστήμη**)**
- Στην κύρια δραστηριότητα τα παιδιά χρησιμοποιούν υλικά όπως: χαρτόνι συσκευασίας, γλωσσοπίεστρο, ξυλάκια για σουβλάκι, καλαμάκια, χαρτοπετσέτα έτσι ώστε να χτίσουν άλλα κτίρια που αυτή τη φορά θα δοκιμάσουν την αντοχή τους στο "σεισμό" (όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 8).
- Επίσης κατασκευάζουν και δοκιμάζουν τον δικό τους σεισμογράφο σύμφωνα με τις οδηγίες για να κατανοήσουν τις βασικές αρχές της σεισμικής μηχανικής και του σχεδιασμού,

συμπεριλαμβανομένης της σημασίας μιας σταθερής βάσης (όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 9).

- Προκειμένου οι μαθητές να κατανοήσουν τη σημασία ενός καλά μελετημένου σχεδίου έκτακτης ανάγκης μετά από μια μεγάλη καταστροφή και να ενισχύσουμε τη δημιουργικότητά τους, παρουσιάζουμε το ακόλουθο σενάριο. Φανταζόμαστε ότι μόλις συνέβη ένας τεράστιος σεισμός στην πόλη μας. Αυτή η καταστροφή οδήγησε σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης καθώς προκλήθηκαν κατολισθήσεις, δρόμοι αποκλείστηκαν και ξέσπασαν πυρκαγιές. Οι μαθητές πρέπει να σκεφτούν τους κατάλληλους τρόπους αντιμετώπισης της κατάστασης, τι είδους οχήματα πρέπει να στείλουν και πώς πρέπει να τα σχεδιάσουν και να τα κατασκευάσουν. Τα παιδιά καλούνται να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν οχήματα με Lego (ή ισοδύναμα εξαρτήματα) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση προβλημάτων μετά το σεισμό. Εργάζονται σε ζευγάρια, καθώς σχεδιάζουν τα οχήματά τους, ανταλλάσσουν ιδέες και συνεργάζονται.

Σχήμα 8: *Κατασκευή με χαρτόνι συσκευασίας, γλωσσοπίεστρο, ξυλάκια για σουβλάκι, καλαμάκια, ταινία χαρτιού*

Σχήμα 9: *Κατασκευή σεισμογράφου*

- Ο/Η εκπαιδευτικός και οι μαθητές αποφασίζουν από κοινού, έτσι ώστε να πραγματοποιήσουν μια άσκηση σεισμού χρησιμοποιώντας την τεχνική του θεατρικού

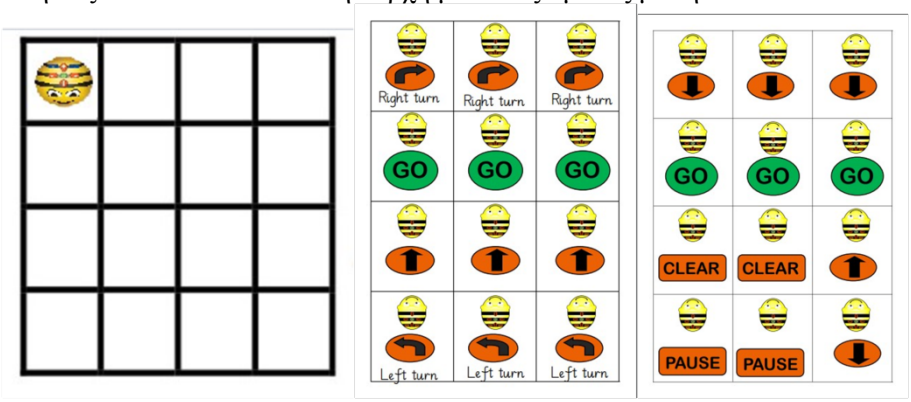
παιχνιδιού. Ο δάσκαλος εξηγεί αναλυτικά όλα τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουν οι μαθητές (π.χ. μπαίνουμε κάτω από τα θρανία, όταν ο σεισμός σταματάει και ήσυχα χωρίς πανικό μεταβαίνουμε στην αυλή του σχολείου και απομακρυνόμαστε από το κτίριο). Μόλις χτυπήσει το κουδούνι, οι μαθητές εκτελούν την άσκηση. Στο τέλος της άσκησης σεισμού συζητούν τη συνολική πορεία της, για πιθανά λάθη και για το τι θα μπορούσε να βελτιωθεί.

Δ' Φάση Εμπλουτισμός:

- Ο/Η εκπαιδευτικός έχει ετοιμάσει ένα παιχνίδι στο λογισμικό **Kidspiration** (όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 10) και δίνει τις απαραίτητες οδηγίες στους μαθητές. Οι μαθητές θα πρέπει να χρησιμοποιούν την τεχνική "drag and drop" και χρησιμοποιώντας το διαδραστικό πίνακα της τάξης μετακινούν στο σακίδιο όσα αντικείμενα και αυτά που θα είχαμε μαζί μας σε περίπτωση σεισμού (π.χ. σφυρίχτρα, φακός κ.λπ.)

Σχήμα 10: *Παιχνίδι στο λογισμικό Kidspiration*

- Οι μαθητές χωρίζονται σε πέντε ομάδες και ζωγραφίζουν σε λευκά χαρτιά όλα τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουν σε περίπτωση σεισμού. Οι εικόνες τοποθετούνται σε ένα πλαίσιο στο πάτωμα, δημιουργώντας ένα παιχνίδι δαπέδου. Ο στόχος είναι το ρομπότ δαπέδου Beebot να περάσει από όλες τις εικόνες με τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουν οι μαθητές σε περίπτωση σεισμού. Μια ομάδα τριών μαθητών δημιουργεί τον αλγόριθμο χρησιμοποιώντας τις κάρτες του Beebot με τα βέλη για ολόκληρη τη διαδρομή του επιδαπέδιου ρομπότ Beebot (όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 11). Μια άλλη ομάδα δύο παιδιών προγραμματίζει το ρομπότ, σύμφωνα με τον αλγόριθμο. Όταν ολοκληρωθεί η δραστηριότητα, ο/η εκπαιδευτικός τοποθετεί τις κάρτες σε διαφορετικές θέσεις και η δραστηριότητα ξεκινά και πάλι από την αρχή με άλλες ομάδες μαθητών.



Σχήμα 11: *Παιχνίδι δαπέδου με το επιδαπέδιο ρομπότ Beebot*

- Ο/Η εκπαιδευτικός συζητάει με τους μαθητές για το τι είδαμε και μάθαμε για τον σεισμό τις προηγούμενες ημέρες. Καταγράφει τις απαντήσεις και καλεί τα παιδιά να φανταστούν πώς θα αντιδρούσαν τα σώματά τους αν ήταν κτίρια και γινόταν σεισμός. Οι μαθητές ονομάζουν τα κτίρια που παρουσιάζουν με τα σώματά τους (όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 12). Μοιράζονται τις ιδέες τους. Στη συνέχεια αποφασίζουν να παίξουν με το σώμα τους και τη μουσική υπόκρουση. Καθώς ακούγεται το πρώτο μουσικό κομμάτι, τα παιδιά σχηματίζουν τα κτίρια με το σώμα τους. Ο/Η εκπαιδευτικός ρωτά τους μικρούς μαθητές για τα κτίρια που χτίζουν με το σώμα τους. Π.χ. Γέφυρα, μνημείο, σπίτι κ.λπ. Στη συνέχεια, η μουσική αλλάζει, γίνεται δυνατή, τα κτίρια σώματα των παιδιών ταλαντεύονται (όσο διαρκεί η μουσική) κάποια πέφτουν, άλλα παραμένουν όρθια. Όταν η μουσική αλλάζει πάλι σε ήρεμη, σταματούν να ταλαντεύονται και ρωτάμε τους μαθητές γιατί κάποιοι έπεσαν και άλλοι στάθηκαν όρθιοι στον σεισμό. Ακολουθεί συζήτηση, όπου ακούγονται οι απόψεις όλων των μαθητών καθώς αιτιολογούν τις απόψεις τους.

Σχήμα 12: *Οι μαθητές εκφράζονται βιωματικά και δημιουργικά μέσω της μουσικής*

- Συζητάμε τι μπορούμε να κάνουμε για να προστατευτούμε από τον σεισμό, μετά από όλα όσα είδαμε και μάθαμε σε προηγούμενα μαθήματα. Ο/Η εκπαιδευτικός ρωτάει τους μαθητές, πώς μπορούν να παρουσιάσουν αυτά που έμαθαν για την προστασία από τους σεισμούς. Τα παιδιά προτείνουν να εργαστούν σε μικρές ομάδες και να ζωγραφίσουν τα μέτρα αντισεισμικής προστασίας καθώς και να χρησιμοποιούν εικόνες περιοδικών (συνδυασμός ζωγραφικής – κολάζ). Όλες μαζί οι δημιουργίες των παιδιών, θα γίνουν αφίσα, με τίτλο: «Μείνετε ασφαλείς την ώρα του σεισμού»

Ε΄ Φάση Εκτίμηση:

Οι μαθητές παρουσιάζουν την αφίσα στη σχολική κοινότητα καθώς και στους γονείς των μαθητών. Επιπλέον, δημιουργούν εκ νέου έναν νοητικό χάρτη στο coogle.it, τον συγκρίνουν με τον αρχικό και συμπληρώνουν φύλλα εργασίας. Μέσα από τις δραστηριότητες, τις ερωτήσεις και τα αποτελέσματα της εργασίας των μαθητών, ο/η εκπαιδευτικός κατανοεί τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές συνεργάστηκαν, κατανόησαν και εμπλούτισαν τις γνώσεις τους σχετικά με το μάθημα. Οι εκπαιδευτικοί παρέχουν ανατροφοδότηση σχετικά με τον τρόπο υλοποίησης των μαθημάτων, λαμβάνοντας υπόψη την ηλικία και τα ενδιαφέροντα των μαθητών. Κατά την υλοποίηση των μαθημάτων, το ενδιαφέρον των μαθητών και η ενεργός συμμετοχή τους στα μαθήματα, καθώς και τα αποτελέσματα των δράσεων που κλήθηκαν να υλοποιήσουν, ήταν προϋπόθεση για τη βελτίωση και διεύρυνση των γνώσεων των μαθητών. Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής των μοντέλων, οι μαθητές εργάστηκαν με ενθουσιασμό, ανακαλύπτοντας νέες πληροφορίες μάθησης σχετικά με το φυσικό φαινόμενο του σεισμού. Ο κύριος στόχος ήταν να εξοικειωθούν με τον σεισμό και να κατανοήσουν τα μέτρα προστασίας, σε σημείο που να είναι σε θέση να προστατευτούν σε μια τέτοια περίπτωση.

Στο τέλος κάθε φάσης υπήρχε ένα είδος αξιολόγησης, αν οι μαθητές απέκτησαν και επέκτειναν τις γνώσεις τους, με αντίστοιχα φύλλα εργασίας και βιωματικά παιχνίδια. Τι είναι ο σεισμός, τι χρειαζόμαστε σε περίπτωση σεισμού, πώς προστατεύουμε τους εαυτούς μας κατά τη διάρκειά του και

τι κάνουμε στη συνέχεια. Με τη δημιουργία της αφίσας στο τέλος, οι μαθητές παρουσίασαν αυτό που έμαθαν και αυτός είναι ίσως ο καλύτερος τρόπος για να αξιολογήσουν το σενάριο μάθησης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κρίνεται σημαντική η ένταξη των προγραμμάτων STE(A)M, με σκοπό την ανάπτυξη δεξιοτήτων, κριτικής ικανότητας, αυτονομίας και αυτενέργειας των μαθητών, που θα τους καταστήσουν πολίτες με ανεπτυγμένη κριτική σκέψη, ικανότητα επίλυσης προβλημάτων και αντιμετώπισης των προβλημάτων της σύγχρονης ζωής. Η περαιτέρω επιμόρφωση και κατάρτιση των εκπαιδευτικών προσχολικής αγωγής θα συμβάλλει στην οργάνωση και υλοποίηση προγραμμάτων STE(A)M, τα οποία θα βασίζονται στους παράγοντες επιτυχίας του μοντέλου που υποστηρίζει τις δεξιότητες και την αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών, την εφαρμογή κατάλληλων διδακτικών πρακτικών και την χρήση ποικίλων υλικών και πόρων. Όσον αφορά στο παρόν εκπαιδευτικό σενάριο θα ήταν χρήσιμο και σκόπιμο να επαναληφθεί μέρος των δραστηριοτήτων στη διάρκεια της χρονιάς, έτσι ώστε οι μαθητές να εμπεδώσουν τις γνώσεις που απέκτησαν για το φαινόμενο που μελετήθηκε και να καταστούν περισσότερο ικανοί και έτοιμοι να το αντιμετωπίσουν αν και εφόσον παραστεί η ανάγκη.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ζαφειροπούλου, Σ. (2021). *Διδασκαλία και εκμάθηση των μαθηματικών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση σε ένα CSCL περιβάλλον μέσω μιας διεπιστημονικής (STEM) προσέγγισης.* [Δημοσιευμένη Διπλωματική Διατριβή]. Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Ελλάδα. http://dx.doi.org/10.26267/unipi_dione/1007.

Θεοδόση, Α. (2021). *Η εφαρμοσιμότητα των προγραμμάτων STEM στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση:Μια εμπειρική μελέτη.* [Αδημοσίευτη Διπλωματική Διατριβή]. Πανεπιστήμιο Πατρών, Ελλάδα.

Καλίτσης, Π. (2015). *Η σεισμικότητα της Ελλάδας,* Ψηφιακό Διδακτικό Σενάριο. Πλατφόρμα "Αίσωπος". Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (Ι.Ε.Π.). Ανακτήθηκε στις 7/7/2022 από την διεύθυνση *http://aesop.iep.edu.gr/node/24473*.

Καριώτογλου, Π. (2006). *Παιδαγωγική γνώση περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γράφημα.

Παπαζαχαρίου, Ε., & Κυρίτση, Ε. (2020). Δε φοβάμαι το σεισμό, είμαι σεισμοειδικός. *Open Schools Journal for Open Science*, *3*(5).https://doi.org/10.12681/osj.24088

Πεντέρη, Ε., Χλαπάνα, Ε., Μέλλιου, Κ., Φιλιππίδη, Α., & Μαρινάτου, Θ. (2021α). Οδηγός νηπιαγωγού - Υποστηρικτικό υλικό. Πυξίδα: Θεωρητικό και μεθοδολογικό πλαίσιο-Διδακτικοί σχεδιασμοί. Στο πλαίσιο της Πράξης *Αναβάθμιση των Προγραμμάτων Σπουδών και Δημιουργία Εκπαιδευτικού Υλικού Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης* του ΙΕΠ με MIS 5035542.

Πεντέρη, Ε., Χλαπάνα, Ε., Μέλλιου, Κ., Φιλιππίδη, Α., & Μαρινάτου, Θ. (2021β). Πρόγραμμα Σπουδών Προσχολικής Εκπαίδευσης - Νηπιαγωγείου. Στο πλαίσιο της Πράξης *Αναβάθμιση των Προγραμμάτων Σπουδών και Δημιουργία Εκπαιδευτικού Υλικού Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης* του ΙΕΠ με MIS 5035542.

Akcansa, N. (2020). 21st Century Skills: The Predictive Role of Attitudes Regarding STEM Education and Problem-Based Learning. *International Journal of Progressive Education,16*(5), 443-458. https://doi.org/10.29329/ijpe.2020.277.27

Cevik, M. (2018). Investigating STEM Semantics and Perceptions of Engineer Candidates and Pre-service Teachers: A Mixed Method Study. *International Journal of Educational Technology, 5*(2), 1-17.

Cook, G., Jones, L., Murphy, C. and Thumpston, G. (1997). *Enriching early mathematical learning.* Open University Press.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1998). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών – Μία παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των παιδιών,* Αθήνα: Τυπωθήτω

Eraut, M. (1995). Group Work with Computers in British Primary Schools. *Journal of Educational Computing Research,* Vol. 13, pp. 61-87.

Kaufman, M. J., Kaufman, S. R., & Nelson, E. C. (2015). *Learning Together: The Law, Politics, Economics, Pedagogy, and Neuroscience of Early Childhood Education*. Rowman & Littlefield.

Kurup, P. M., Brown, M., Powell, G., & Li, X. (2017). Future Primary Teachers' Beliefs, Understandings and Intentions to Teach STEM. *Journal of Education*, *5*.https://doi.org/10.22492/IJE.5.SI.07.

Mayes, R.L. Dr. & Jackson, S. (2016). *21st Century STEM Reasoning* [Paper Presentation]. Interdisciplinary STEM Teaching & Learning Conference. Georgia Southern University, U.S.A. https://digitalcommons.georgiasouthern.edu/stem/2016/2016/5/.

McClure, E. R., Guernsey, L., Clements, D. H., Bales, S. N., Nichols, J., Kendall-Taylor, N., & Levine, M. H. (2017). *STEM starts early: Grounding science, technology, engineering, and math education in early childhood.* New York: The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop.

Roberts, A. (2012). A Justification for STEM Education. *Technology and EngineeringTeacher.* Ανακτήθηκε στις 7/7/2022 από την διεύθυνση: https://www.iteea.org/File.aspx?id=86478&v=5409fe8e

Ντοκιμαντέρ μικρού μήκους από μαθητές Γυμνασίου με τίτλο: Τα πλαστικά πνίγουν την θάλασσα

Αναστασόπουλος Παναγιώτης
anpan@sch.gr
Γεωλόγος M.Sc. – Υποδιευθυντής 4ου Γυμνασίου Νέας Ιωνίας Αττικής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ρύπανση της θάλασσας με υλικά από πλαστικό αποτελεί ένα τεράστιο περιβαλλοντικό πρόβλημα της εποχής μας. Στο 4ο Γυμνάσιο Νέας Ιωνίας Αττικής δημιουργήσαμε ένα ντοκιμαντέρ μικρού μήκους, για να αναδείξουμε αυτό το πρόβλημα. Το ντοκιμαντέρ έχει διάρκεια 9 λεπτά και 30 δευτερόλεπτα και δημιουργήθηκε από τετραμελή ομάδα μαθητών της Β΄ τάξης Γυμνασίου, χωρίς προηγούμενη σχετική εμπειρία και με την καθοδήγηση του υπογράφοντα το παρόν άρθρο. Για τη δημιουργία του χρησιμοποιήθηκαν τα ελεύθερα λογισμικά OpenShot Video Editor, για την επεξεργασία της εικόνας και Audacity, για την επεξεργασία του ήχου. Η ομάδα δημιουργίας του ντοκιμαντέρ έγραψε το σενάριο. Οι μαθητές ακούγονται και στην αφήγηση του σεναρίου. Η μαθητική ομάδα αναζήτησε στο διαδίκτυο άλλα ντοκιμαντέρ, στα οποία περιλαμβάνονται τμήματα που αναφέρονται στη ρύπανση της θάλασσας με πλαστικά. Επίσης αναζήτησε εικόνες σχετικές με το σενάριο του ντοκιμαντέρ. Τα πλάνα των ντοκιμαντέρ και οι εικόνες χρησιμοποιήθηκαν για να επενδυθεί η αφήγηση του σεναρίου. Η επικοινωνία της ομάδας γινόταν απογευματινές ώρες και κάποια σαββατοκύριακα, με τη βοήθεια του περιβάλλοντος τηλεδιάσκεψης Cisco Webex Meetings.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Ντοκιμαντέρ, ρύπανση θάλασσας, πλαστικά, OpenShot Video Editor, Audacity.*

Η ΔΥΝΑΜΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Στις μέρες μας τα παιδιά, από την αρχή της ζωής τους, έρχονται σε επαφή με ποικίλα οπτικοακουστικά μέσα (τηλεόραση, ραδιόφωνο, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, κ.ά.), τα οποία παίζουν καταλυτικό ρόλο στην καθημερινότητά τους. Ειδικά η κινούμενη εικόνα, ήδη από την προσχολική ηλικία, έχει ισχυρή παρουσία στη ζωή τους. Επομένως, η ένταξή της στην εκπαιδευτική διαδικασία μόνο θετικά αποτελέσματα μπορεί να έχει (Παπαδοπούλου, Μπακόπουλος & Πριγκιπάκης, 2021). Άλλωστε, η γλώσσα των εικόνων είναι αναμφισβήτητα περισσότερο ελκυστική και κατανοητή από όλους, ανεξαρτήτως ηλικίας. Η χρήση των εικόνων προκαλεί το ενδιαφέρον και δεν αποκλείει από την εκπαιδευτική διαδικασία τους πιο αδύναμους μαθητές ή όσους αντιμετωπίζουν μαθησιακές δυσκολίες (Γεωργαντά, 2019).

Η κινηματογραφική εικόνα αποτελεί ταυτόχρονα γνώση, αλλά και βίωση των γεγονότων που προβάλλονται. Γι' αυτό, μπορεί να συναγωνιστεί και συχνά να εκτοπίσει άλλες τυπικές μορφές εκπαίδευσης (Πλειός, 2005). Ο εκπαιδευτικός, μετά από προσεκτική επιλογή, μπορεί να αξιοποιήσει στην εκπαιδευτική διαδικασία ποικίλες εκπαιδευτικές ταινίες άλλων δημιουργών. Επιπλέον, μπορεί να δημιουργήσει ή να καθοδηγήσει τις μαθήτριες και τους μαθητές στη δημιουργία διαφόρων ειδών ταινιών, κυρίως μικρού μήκους. Σήμερα, χάρη στην μεγάλη εξέλιξη της ψηφιακής τεχνολογίας, είναι διαθέσιμα πολλά λογισμικά παραγωγής και επεξεργασίας ταινιών (video editors), ορισμένα ελεύθερα και αρκετά απλά στη χρήση, για όλες τις συσκευές και όλα τα λειτουργικά συστήματα (Gangan, 2014 · Σπύρου & Σοφός, 2017). Πλήθος αυτών εύκολα προσαρμόζεται και οδηγεί στη δημιουργία ελκυστικότερων διδακτικών περιβαλλόντων (Παπαδοπούλου κ.ά., 2021). Σε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον που ενθαρρύνει και υποστηρίζει την παραγωγή οπτικοακουστικού υλικού από τους μαθητές καλλιεργείται αναπόφευκτα η φαντασία και η δημιουργικότητά τους (Γεωργαντά, 2019). Η δημιουργία μαθητικών βίντεο μυθοπλασίας ή τεκμηρίωσης βασίζεται στις αρχές της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας και μαθητοκεντρικής μάθησης, καθώς οι μαθήτριες και οι μαθητές είναι οι βασικοί συντελεστές και ο εκπαιδευτικός περιορίζεται στον ρόλο του μαέστρου ή σκηνοθέτη (Παπαδοπούλου κ.ά., 2021 · Σπύρου & Σοφός, 2017). Επίσης, στηρίζεται σε αρχές της κοινωνικό-εποικοδομητικής και της κριτικό-κοινωνικής προσέγγισης. Η γνώση «οικοδομείται» από τους/τις μαθητές/τριες, καθώς τα στοιχεία και οι πληροφορίες μετατρέπονται σε γνώση (Παπαδημητρίου, 2018).

Η δημιουργία μιας ταινίας μικρού μήκους, 5 ως 25 λεπτών επιβάλλει μια ακραία γλωσσική συμπύκνωση στη γραφή της, που ασκεί μια μοναδική, διαφορετική γοητεία στο θεατή. Μπορεί να

χρησιμοποιηθεί στη διδασκαλία ποικίλων γνωστικών αντικειμένων, αφού η παραγωγή της απαιτεί γλωσσικές δεξιότητες, όπως την συγγραφή σεναρίου και τη χρήση συμπυκνωμένου λόγου. Επιπλέον, απαιτεί εξάσκηση στην άρθρωση, δημιουργία χρονοδιαγράμματος, μαθηματικές δεξιότητες, μουσική και εικαστική έκφραση (Παπαδοπούλου κ.ά., 2021 · Σπύρου & Σοφός, 2017). Το πλέον εντυπωσιακό όφελος είναι τα συναισθήματα ολοκλήρωσης και μοιράσματος με τους συμμαθητές τους, τους καθηγητές τους, τους γονείς τους, το ευρύτερο κοινό, ενός έργου που απαιτούσε χρόνο, προσπάθεια και υπομονή. Γι' αυτούς τους λόγους, η εισαγωγή της κινηματογραφικής παιδείας στο σχολείο κρίνεται απαραίτητη (Παπαδοπούλου κ.ά., 2021).

ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΦΗΓΗΣΗ

Ένα οπτικοακουστικό έργο μικρής διάρκειας που περιλαμβάνει διάφορα στοιχεία πολυμέσων, όπως εικόνες, μουσική, ηχογραφημένη αφήγηση, βίντεο, μπορεί να χαρακτηριστεί επίσης με τον όρο έργο ψηφιακής αφήγησης (Gangan, 2014 · Μελιάδου, Νάκου, Γκούσκος & Μεϊμάρης, 2011). Η ψηφιακή αφήγηση αποτελεί μια εφαρμογή της εκπαιδευτικής τεχνολογίας που μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να χρησιμοποιήσουν παραγωγικά την τεχνολογία στις τάξεις τους, ανεξάρτητα αν πρόκειται για την πρωτοβάθμια ή τη δευτεροβάθμια βαθμίδα εκπαίδευσης (Di Blas, 2014). Η αξία της ψηφιακής αφήγησης στηρίζεται στο γεγονός ότι είναι μία ενεργητική και όχι παθητική διαδικασία, που τελικά διαμορφώνει ένα δημιουργικό περιβάλλον μάθησης και επικοινωνίας, καθώς και ένα πλαίσιο ενθάρρυνσης για εκπαιδευτές και εκπαιδευόμενους (Μελιάδου κ.ά, 2011). Αποτελεί μια σημαντική εκπαιδευτική πρακτική για την κινητοποίηση του ενδιαφέροντος και της προσοχής της σημερινής «ψηφιακής» γενιάς. Το μεγαλύτερο όφελος είναι ότι ωθεί τους μαθητές να γίνουν δημιουργοί περιεχομένου και όχι απλοί καταναλωτές. Ενισχύει τη δημιουργικότητα και κάνει τη μάθηση πιο ενδιαφέρουσα και διασκεδαστική (Gangan, 2014).

Σύμφωνα με τις Di Blas & Ferrari (2014), τα εκπαιδευτικά οφέλη που προσφέρει η ψηφιακή αφήγηση διακρίνονται σε άμεσα και έμμεσα. Τα εκπαιδευτικά οφέλη προκύπτουν όταν ένας μαθητής συμμετέχει ενεργά τόσο στην φάση δημιουργίας της ψηφιακής ιστορίας, όσο και στην φάση παρακολούθησης και περαιτέρω κριτικής επεξεργασίας των προβαλλόμενων ψηφιακών ιστοριών.

Στα κυριότερα άμεσα εκπαιδευτικά οφέλη περιλαμβάνεται η ενίσχυση της μαθησιακής εμπλοκής (Ψώμος & Κορδάκη, 2016). Σύμφωνα με τις Di Blas, Paolini, & Sabiescu (2010, όπως αναφέρεται από τους Ψώμο & Κορδάκη, 2016, σελ. 360), η μαθησιακή εμπλοκή αποτελεί το σημαντικότερο εκπαιδευτικό όφελος της ψηφιακής αφήγησης, καθώς είναι η πηγή για όλα τα επιπλέον εκπαιδευτικά της οφέλη.

Επίσης, η ψηφιακή αφήγηση μπορεί να παρέχει στους μαθητές και στις μαθήτριες ισχυρές βάσεις σε πολλούς διαφορετικούς τύπους εγγραμματισμών (Robin, 2006). Συγκεκριμένα, στον πληροφοριακό εγγραμματισμό, δηλαδή την ικανότητα να βρίσκεις, να αξιολογείς και να συνθέτεις πληροφορίες (Di Blas, 2015), τον ψηφιακό εγγραμματισμό, δηλαδή τη δυνατότητα να χρησιμοποιείς τους υπολογιστές και άλλες τεχνολογίες για τη βελτίωση της μάθησης, της παραγωγικότητας και της απόδοσης (Robin, 2006), τον εγγραμματισμό μέσων ενημέρωσης, καθώς οι μαθητές κατανοούν την πειστική δύναμη των μέσων μαζικής ενημέρωσης (Di Blas, 2015). Επίσης, στον προφορικό εγγραμματισμό, δηλαδή την ικανότητα να κατανοείς και να χρησιμοποιείς την προφορική γλώσσα, στον εγγραματισμό στον γραπτό λόγο, καθώς ενισχύεται η ικανότητα των μαθητών να δημιουργήσουν υψηλότερης ποιότητας γραπτά έργα, στον αφηγηματικό εγγραμματισμό, στον καλλιτεχνικό εγγραμματισμό, δεδομένου ότι οι μαθητές που δημιουργούν ψηφιακές αφηγήσεις γίνονται δημιουργοί τέχνης (Ψώμος & Κορδάκη 2016). Η ψηφιακή αφήγηση ενισχύει ακόμα τον ολιστικό εγγραμματισμό, δηλαδή, την ικανότητα να διαβάζεις, να ερμηνεύεις, να απαντάς και να δίνεις περιεχόμενο σε μηνύματα με μια ολιστική προοπτική, στον οπτικό εγγραμματισμό, δηλαδή την ικανότητα να κατανοείς, να παράγεις και επικοινωνείς μέσω οπτικών εικόνων (Robin, 2006).

Η ψηφιακή αφήγηση δύναται να ενθαρρύνει τη συνεργασία των μαθητών, όταν αυτοί καλούνται από τον εκπαιδευτικό να συνεργαστούν στην δημιουργία ή και την αξιολόγηση μιας ψηφιακής ιστορίας (Di Blas, 2015). Όταν οι μαθητές συνεργάζονται για τη δημιουργία μιας ψηφιακής αφήγησης μαθαίνουν πώς να δουλεύουν μέσα σε μία ομάδα, πώς να είναι υπεύθυνοι για μία δημιουργία τους και ταυτόχρονα πώς να συνδυάζουν την εργασία τους με την εργασία άλλων μαθητών (Di Blas & Boretti, 2009).

Σύμφωνα με τις Di Blas & Ferrari (2014), η κινητήρια δύναμη μιας δραστηριότητας δημιουργίας ψηφιακής αφήγησης είναι το κίνητρο που δημιουργεί. Η μάθηση στην ψηφιακή αφήγηση δεν έρχεται

απευθείας μέσω της τεχνολογίας, αλλά χάρη στο κίνητρο που δημιουργείται από την τεχνολογία. Επίσης, οι ψηφιακές ιστορίες επιτρέπουν στους μαθητές. κατά την σύνθεση της ιστορίας, να εκφράσουν τον εαυτό τους με τις δικές τους εικόνες (δικής τους επιλογής ή και φωτογραφίες δικής τους λήψης) και τη δική τους φωνή (προφορική αφήγηση). Έτσι, ελέγχουν το ρυθμό της μάθησής τους, καλλιεργώντας το αίσθημα της ιδιοκτησίας (Robin, 2006).

Οι μαθήτριες και οι μαθητές μπορούν να ενισχύσουν τις επικοινωνιακές τους δεξιότητες (Di Blas & Boretti, 2009 · Robin, 2006). Μέσω της δημιουργίας ψηφιακών αφηγήσεων μπορούν να γίνουν ικανότεροι στη λήψη αποφάσεων και στην επίλυση των προβλημάτων τα οποία μπορεί να τεθούν από την σύλληψη έως την ολοκλήρωση του έργου της ψηφιακής αφήγησης (Robin, 2006), ενώ η δημιουργικότητα και η καινοτομία είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για να συλληφθεί, να οργανωθεί και να δημιουργηθεί ένα πρωτότυπο έργο ψηφιακής αφήγησης (Di Blas, 2015).

Ως προς τα έμμεσα εκπαιδευτικά οφέλη της ψηφιακής αφήγησης, οι μαθήτριες και οι μαθητές ωφελούνται από ένα σημαντικό αριθμό παραγόντων, που είναι άτυποι σε ένα σχολικό περιβάλλον (Ψώμος & Κορδάκη, 2016). Αναπτύσσουν την αίσθηση της ευθύνης και μια σχεδόν «επαγγελματική» συμπεριφορά. Θεωρούν ότι η συνεισφορά τους είναι σημαντική για το τελικό αποτέλεσμα (Di Blas & Ferrari, 2014). Η δημιουργία ψηφιακών αφηγήσεων μπορεί να εμφυσήσει στους μαθητές την έννοια της προσωπικής ευθύνης, εφόσον η ψηφιακή αφήγηση έχει χωριστεί σε τμήματα και κάθε μαθητής είναι υπεύθυνος να δημιουργήσει ένα συγκεκριμένο κομμάτι (Di Blas & Boretti, 2009). Δεδομένου ότι η δραστηριότητα της δημιουργίας μιας ψηφιακής αφήγησης είναι ασυνήθιστη, αναδιαμορφώνει τις σχέσεις μέσα στην τάξη και απρόσμενα ταλέντα και ικανότητες μπορούν να εμφανιστούν (Di Blas & Ferrari, 2014). Ο κοινός στόχος ενώνει όχι μόνο τους μαθητές ως ομάδα, αλλά και τους μαθητές με τον εκπαιδευτικό (Di Blas & Ferrari, 2014). Χάρη στο υψηλό επίπεδο συμμετοχής, οι μαθήτριες και οι μαθητές τείνουν να αναφέρουν όταν γυρίζουν στο σπίτι τι κάνουν με την ψηφιακή αφήγηση στο σχολείο, ενώ σε πολλές περιπτώσεις η οικογένεια συμμετέχει στην δημιουργία της ψηφιακής ιστορίας (Di Blas & Ferrari, 2014).

Ένα σημαντικό ζήτημα, που πρέπει να επισημανθεί από τους εκπαιδευτικούς, είναι ο σεβασμός των πνευματικών δικαιωμάτων και της πνευματικής ιδιοκτησίας άλλων δημιουργών. Είναι καθήκον των εκπαιδευτικών να ενημερώνουν τις μαθήτριες και τους μαθητές σχετικά με αυτά τα ζητήματα. Σε περίπτωση χρήσης περιεχομένου από άλλες πηγές, θα πρέπει να λαμβάνεται άδεια χρήσης του, αν απαιτείται, και να αναφέρεται η προέλευση του υλικού (Gangan, 2014).

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΝΤΟΚΙΜΑΝΤΕΡ ΜΙΚΡΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

Σύμφωνα με τον Nichols (2001, όπως αναφέρεται από τους Μπάρμπα & Παρασκευόπουλο, 2007, σελ. 927), τα ντοκιμαντέρ, ως κινηματογραφικό είδος, αποτελούν τον εκπαιδευτικό λόγο του κινηματογράφου. Σε αντίθεση με τις μυθοπλαστικές ταινίες, τα ντοκιμαντέρ μετατρέπουν όσο πιο πιστά το υλικό της κοινωνικής πραγματικότητας σε οπτικό και ακουστικό, σύμφωνα με τις επιλογές του κάθε δημιουργού. Κύριος σκοπός τους είναι να μας ενημερώσουν, ή να μας πείσουν να δείξουμε μεγαλύτερη προσοχή, ή να αναλάβουμε κάποια δράση σχετικά με τα ζητήματα που παρουσιάζουν.

Τα ντοκιμαντέρ φύσης αποτελούν τον κύριο φορέα που μετατρέπει σε εκπαιδευτικό λόγο μία σειρά από εικόνες, ήχους, τεκμήρια, πηγές και πληροφορίες για το περιβάλλον. Όμως, ως εκπαιδευτική εφαρμογή παρουσιάζουν μία σειρά από δυσλειτουργίες. Συγκεκριμένα, συχνά δεν ικανοποιούν τα αισθητικά κριτήρια των νέων, δεν ακολουθούν τον τρόπο αντίληψής τους, δεν προσφέρουν μία συμβατή και ολοκληρωμένη άποψη για το σύνολο του φυσικού και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος με το οποίο ο μαθητής έρχεται καθημερινά σε επαφή (Μπάρμπας & Παρασκευόπουλος, 2007). Όμως, τα ντοκιμαντέρ φύσης, παρά τις όποιες δυσλειτουργίες μπορεί να παρουσιάζουν, είναι δυνατόν να αποτελέσουν ένα πολύτιμο εκπαιδευτικό εργαλείο για την ενημέρωση και την ευαισθητοποίηση των μαθητών σε θέματα περιβάλλοντος (Μπάρμπας & Παρασκευόπουλος, 2007).

Κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2021-22, στο 4ο Γυμνάσιο Νέας Ιωνίας Αττικής, δημιουργήσαμε ένα δεκάλεπτο ντοκιμαντέρ με τίτλο «Τα πλαστικά πνίγουν την θάλασσα». Δημιουργοί του ήταν μία μαθήτρια και τρεις μαθητές της Β΄ τάξης Γυμνασίου. Προέρχονταν όλοι από το ίδιο τμήμα της Β΄ τάξης. Το ντοκιμαντέρ αναφέρεται στο τεράστιο περιβαλλοντικό ζήτημα της ρύπανσης των θαλασσών από πλαστικά υλικά, τα οποία παραμένουν αναλλοίωτα στο νερό για πάρα πολλά χρόνια. Ο τίτλος του ντοκιμαντέρ αποφασίστηκε από όλους τους συντελεστές και υποδηλώνει τη σοβαρότητα του προβλήματος.

Κανένας από την τετραμελή ομάδα μαθητών δεν είχε προηγούμενη εμπειρία στη δημιουργία ταινίας. Η επικοινωνία μεταξύ των μελών της ομάδας πραγματοποιείτο συνήθως εκτός σχολικού ωραρίου, μέσω του περιβάλλοντος τηλεδιάσκεψης Cisco Webex Meetings, συνήθως απογευματινές ώρες και κάποιες φορές τα σαββατοκύριακα. Η ανταλλαγή αρχείων γινόταν μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Το περιβάλλον τηλεδιάσκεψης παρέχει πλεονεκτήματα από πλευράς ψηφιακών δυνατοτήτων, τα οποία οι περισσότερες αίθουσες διδασκαλίας των ελληνικών σχολείων αδυνατούν να παράσχουν, εξαιτίας της έλλειψης υποδομών ψηφιακής τεχνολογίας. Μία πολύ βασική λειτουργία του, που βοήθησε πολύ στη δημιουργία του ντοκιμαντέρ, αποτελεί η δυνατότητα διαμοιρασμού της οθόνης. Επίσης, μέσω του περιβάλλοντος τηλεδιάσκεψης δίνεται η δυνατότητα συνεργασίας σε ώρες εκτός σχολικού ωραρίου.

ΣΕΝΑΡΙΟ ΝΤΟΚΙΜΑΝΤΕΡ

Το σενάριο γράφτηκε από τα τέσσερα μέλη της μαθητικής ομάδας (μία μαθήτρια και 3 μαθητές). Λόγω της μικρής ηλικίας των μαθητών (Β΄ τάξη Γυμνασίου), υπήρξε σημαντική καθοδήγηση στη συγγραφή του σεναρίου από τον υπεύθυνο εκπαιδευτικό, ο οποίος υπογράφει το παρόν άρθρο. Τα τρία από τα τέσσερα μέλη της μαθητικής ομάδας ακούγονται και στην αφήγηση του σεναρίου. Η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε περιελάμβανε κυρίως τους ιστότοπους του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (https://www.eea.europa.eu/el), της Εθνικής Υπηρεσίας Ωκεανών και Ατμόσφαιρας των ΗΠΑ (https://www.noaa.gov), της Περιβαλλοντικής Οργάνωσης WWF Ελλάς (https://www.wwf.gr), του Διεθνούς Οργανισμού Προστασίας του Περιβάλλοντος Oceana (https://oceana.org), της Εκπαιδευτικής και Επιστημονικής Οργάνωσης National Geographic (https://www.nationalgeographic.com). Η επιλογή των ιστότοπων έγινε για λόγους αξιοπιστίας των πληροφοριών και εύκολης πρόσβασης από την μαθητική ομάδα.

Το σενάριο του ντοκιμαντέρ ξεκινά με αναφορά στα 4 δισεκατομμύρια χρόνια περίπου που υπάρχει το νερό των θαλασσών. Λίγο αργότερα εμφανίστηκαν οι πρώτοι μικροοργανισμοί και πριν 500 εκατομμύρια χρόνια τα πρώτα ψάρια. Χρειάστηκαν όμως μόνο λίγες δεκαετίες ώστε ο άνθρωπος να τις καταστρέψει σε μεγάλο βαθμό. Και να συνεχίζει…

Στη συνέχεια αναφέρεται η μεγάλη σημασία της θάλασσας για την οικολογική ισορροπία του πλανήτη. Συγκεκριμένα, οι φυτικοί οργανισμοί της θάλασσας παράγουν πάνω από τη μισή ποσότητα του οξυγόνου που αναπνέουμε. Η θάλασσα παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση του κλίματος, ενώ μας παρέχει σημαντικό μέρος της τροφής μας. Εμείς οι άνθρωποι όμως, ανταποδίδουμε την καλοσύνη που μας προσφέρει η θάλασσα, δίνοντας μόνο… τα σκουπίδια μας.

Ακολουθεί ανάλυση των πηγών ρύπανσης των θαλασσών με πλαστικά και των επιπτώσεων που έχει αυτή. Περίπου 10 εκατομμύρια τόνοι απορριμμάτων καταλήγουν στις θάλασσες και στους ωκεανούς του πλανήτη κάθε χρόνο. Τα πλαστικά, όπως τα μπουκάλια αναψυκτικών και οι σακούλες μίας χρήσης, είναι μακράν ο κυριότερος τύπος σκουπιδιών που βρίσκεται στο θαλάσσιο περιβάλλον. Η μαζική παραγωγή πλαστικών ξεκίνησε τη δεκαετία του 1950 και αυξήθηκε εκθετικά από 1,5 εκατομμύρια τόνους ανά έτος, στο σημερινό επίπεδο των 280 εκατομμυρίων τόνων ανά έτος. Κάθε χρόνο καταλήγουν στους ωκεανούς 8 εκατομμύρια τόνοι πλαστικών. Υπολογίζεται ότι μόνο στις ελληνικές θάλασσες καταλήγουν ετησίως 11.000 τόνοι πλαστικών. Κατεστραμμένα δίχτυα αλιείας, σχοινιά, σερβιέτες, μπατονέτες, αποτσίγαρα, πλαστικά μπουκάλια και ποτήρια, αναπτήρες μίας χρήσης, κ.ά. Πολλοί πιστεύουν ότι τα πλαστικά στη φύση διαλύονται και «εξαφανίζονται». Αντιθέτως, τα πλαστικά στη φύση δεν «εξαφανίζονται» ποτέ. Ένα πλαστικό μπουκάλι μίας χρήσης, ενδέχεται να χρειαστεί περίπου 500 χρόνια για να διασπαστεί σε μικροσκοπικά κομμάτια. Το φως του ήλιου, το αλμυρό νερό και τα κύματα σπάνε τα πλαστικά σε ολοένα και μικρότερα κομμάτια, γνωστά ως μικροπλαστικά, τα οποία είναι πολύ πιο δύσκολο να αφαιρεθούν από το υδατικό περιβάλλον. Μπορούν να εμφανιστούν έτσι τελικά στο πόσιμο νερό, στα τρόφιμα και στον αέρα.

Περίπου το 80% των σκουπιδιών που βρίσκονται στο θαλάσσιο περιβάλλον προέρχεται από δραστηριότητες που εκτελούνται στην ξηρά. Ακόμη και αν ρίχνονται στην ξηρά όμως, τα ποτάμια και ο άνεμος μεταφέρουν τα απορρίμματα στη θάλασσα. Οι αλιευτικές δραστηριότητες, η ναυτιλία, το αποχετευτικό σύστημα και οι υπεράκτιες εγκαταστάσεις, όπως οι πετρελαιοπηγές, συνεισφέρουν τα υπόλοιπα. Σύμφωνα με το Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον, μόνο 15% των θαλάσσιων σκουπιδιών επιπλέουν στην επιφάνεια της θάλασσας. Άλλο ένα 15% παραμένουν στη στήλη ύδατος και 70% βρίσκονται στον πυθμένα της θάλασσας.

Μεγάλο πρόβλημα αποτελούν οι περίπου 650.000 τόνοι αλιευτικού εξοπλισμού που εκτιμάται ότι χάνονται, εγκαταλείπονται ή απορρίπτονται παγκοσμίως κάθε χρόνο. Αυτά τα «δίχτυα φαντάσματα»

εξακολουθούν να πιάνουν ψάρια και άλλα θαλάσσια ζώα για χρόνια και δεκαετίες. Τα περισσότερα από τα παγιδευμένα ζώα δεν επιβιώνουν καθώς δεν μπορούν να ανέβουν στην επιφάνεια του νερού για να αναπνεύσουν, να ξεφύγουν από τα αρπακτικά ή να τραφούν.

Τα ζώα και τα πουλιά της θάλασσας μπερδεύουν τα θαλάσσια απορρίμματα με το φαγητό. Για παράδειγμα, τα πλαστικά από φελιζόλ, που περιέχουν καρκινογόνες ουσίες όπως το βενζόλιο και το στυρόλιο, είναι πολύ τοξικά όταν καταναλώνονται και μπορούν να είναι θανατηφόρα για τα ζώα. Αν ένα ζώο καταναλώσει δύσπεπτο πλαστικό, μπορεί να το εμποδίσει από τη λήψη τροφής, οδηγώντας το τελικά στον θάνατο από ασιτία. Τα χημικά που βρίσκονται στα πλαστικά μπορούν επιπλέον να δράσουν ως δηλητήριο για τους θαλάσσιους οργανισμούς.

Τα ψάρια που προσλαμβάνουν πλαστικά είναι τακτικοί επισκέπτες στο πιάτο μας. Με την κατανάλωση θαλασσινών που έχουν εκτεθεί σε πλαστικά και χημικά με βάση το πετρέλαιο, η ανθρώπινη υγεία τίθεται και αυτή σε κίνδυνο.

Τα θαλάσσια απορρίμματα αποτελούν διασυνοριακό πρόβλημα. Μόλις εισέλθουν στη θάλασσα, δεν έχουν πλέον ιδιοκτήτη. Αυτό κάνει τη διαχείρισή τους δύσκολη και υψηλά εξαρτώμενη από την καλή περιφερειακή και διεθνή συνεργασία. Πολλά κράτη, μεταξύ των οποίων τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν εντοπίσει το πρόβλημα και εντείνονται οι πρωτοβουλίες για τη εξεύρεση λύσεων. Με οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που ξεκίνησε να ισχύει σταδιακά από το 2021, θεσπίστηκαν κάποια μέτρα προκειμένου να μειωθεί η παραγωγή και η χρήση πλαστικών μίας χρήσης. Όμως η εφαρμογή δεν είναι ακόμα καθολική.

Ακολουθεί η προτροπή προς εμάς τους πολίτες να δώσουμε τον τόνο, να σταματήσουμε να χρησιμοποιούμε αχρείαστα πλαστικά μιας χρήσης και ιδίως αυτά που θεωρούνται απαγορευμένα. Επίσης, επιβάλλεται να ρίχνουμε στους κάδους ανακύκλωσης τα πλαστικά υλικά που δεν χρειαζόμαστε.

Η αφήγηση ολοκληρώνεται με τη διαπίστωση ότι η πλαστική ρύπανση είναι ένα μεγάλο περιβαλλοντικό πρόβλημα και από τα λίγα στα οποία η προσωπική μας συμβολή μπορεί να βοηθήσει ουσιαστικά.

Στο τέλος του ντοκιμαντέρ αναφέρονται οι συντελεστές του, οι πηγές των πλάνων, των εικόνων και της μουσικής, καθώς επίσης η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για τη συγγραφή του σεναρίου.

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

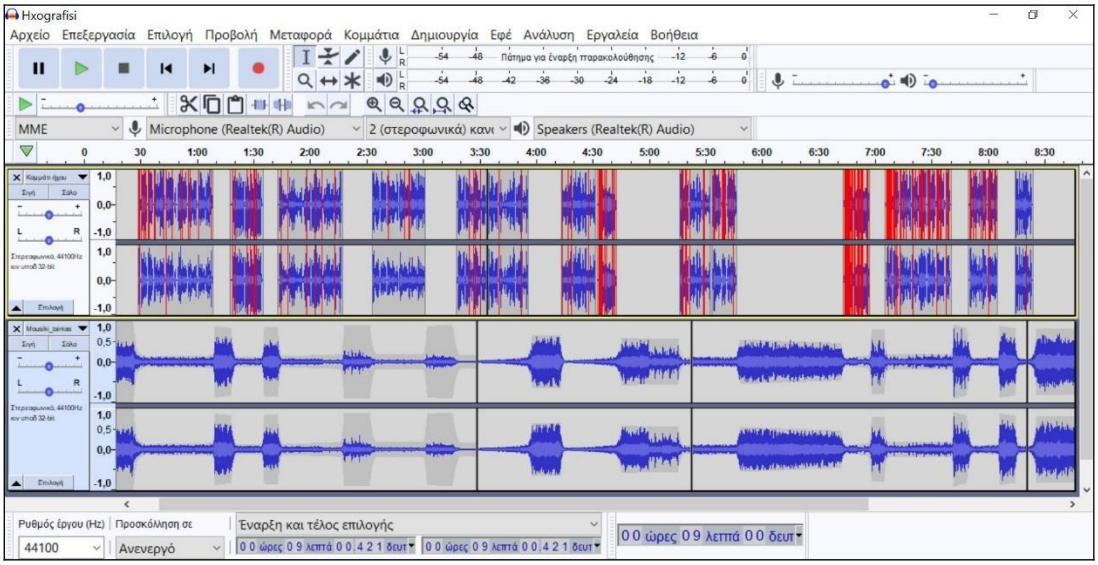
Η μαθητική ομάδα αναζήτησε στο διαδίκτυο άλλα ντοκιμαντέρ, στα οποία περιλαμβάνονται τμήματα που αναφέρονται στη ρύπανση της θάλασσας με πλαστικά. Από τα ντοκιμαντέρ αυτά επιλέχθηκαν τα συγκεκριμένα τμήματα και αποκόπηκαν με το λογισμικό επεξεργασίας βίντεο OpenShot Video Editor. Έτσι, χρησιμοποιήθηκαν πλάνα από τα ντοκιμαντέρ “Planet Ocean” των Yann Arthus-Bertrand και Michael Pitiot, “Plastic Disaster” των Farida Alami κ.ά., “The effects of plastic pollution” της Harrisburg Academy και “The Ocean” των Oxygene. Επίσης, αναζητήθηκαν εικόνες σχετικές με το σενάριο του ντοκιμαντέρ. Η αναζήτηση έγινε κυρίως στους ιστοτόπους που χρησιμοποιήθηκαν για τη συγγραφή του σεναρίου και αναφέρονται παραπάνω. Τα πλάνα των ντοκιμαντέρ και οι εικόνες χρησιμοποιήθηκαν για να επενδυθεί η αφήγηση του σεναρίου.

Ένας μαθητής της ομάδας ανέλαβε την τεχνική επεξεργασία του ντοκιμαντέρ, δηλαδή την προσαρμογή πλάνων και εικόνων στην αφήγηση του σεναρίου . Για το σκοπό αυτό χρησιμοποίησε το λογισμικό επεξεργασίας βίντεο OpenShot Video Editor, που είναι ελεύθερο και ανοιχτού κώδικα. Ο μαθητής, λόγω της εξοικείωσής του με την τεχνολογία, δεν δυσκολεύτηκε στη χρήση του, παρότι το χρησιμοποίησε για πρώτη φορά (εικόνα 1).

Εικόνα 1: *στιγμιότυπο οθόνης του λογισμικού OpenShot Video Editor κατά την επεξεργασία του ντοκιμαντέρ.*

Κυκλοφόρησε πρώτη φορά το 2008 και διατίθεται δωρεάν, για κάθε λειτουργικό σύστημα, από την εταιρεία OpenShot Studios, που εδρεύει στο Ρόκγουολ της πολιτείας Τέξας των ΗΠΑ (https://www.openshot.org). Διαθέτει αρκετά φιλικό περιβάλλον προς το χρήστη και είναι κατάλληλο για ερασιτεχνική χρήση. Δεν έχει χρονικούς περιορισμούς και δεν εμφανίζεται κάποια διαφημιστική εικόνα στο τελικό αποτέλεσμα. Διαθέτει πολλά εργαλεία για μία ολοκληρωμένη επεξεργασία, ενώ δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να προσθέσει όσα κανάλια ήχου, κειμένου ή εικόνας χρειάζεται. Προκειμένου όμως να υπάρξει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα, απαιτείται χρόνος και υπομονή (Αναστασόπουλος & Κανάρη, 2022). Τα αρχεία που χρησιμοποιούνται στην ταινία θα πρέπει να παραμένουν στον φάκελο του υπολογιστή που βρίσκονταν όταν έγινε η εισαγωγή τους στην ταινία. Δεν θα πρέπει στην συνέχεια να μετακινηθούν, ούτε να αλλάξουν όνομα, γιατί σε αυτή την περίπτωση το OpenShot Video Editor δε θα μπορεί να τα εντοπίσει και να ανοίξει το αρχείο με την υπό δημιουργία ταινία. Ένα μειονέκτημα που διαπιστώσαμε είναι η δυσκολία στην προσαρμογή τίτλων στην ταινία. Επίσης, ορισμένες φορές υπάρχει δυσκολία στην ομαλή μετάβαση από μία εικόνα σε μία άλλη, όταν θέλουμε αυτή να γίνει χωρίς κάποιο τρόπο σταδιακής μετάβασης.

Η επεξεργασία του ήχου, δηλαδή η ηχογράφηση της αφήγησης του σεναρίου και η μουσική επένδυση του ντοκιμαντέρ έγινε με το λογισμικό Audacity (https://www.audacityteam.org). Πρόκειται για ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο ψηφιακής επεξεργασίας ήχου. Είναι ένα δημοφιλές και ελεύθερο λογισμικό, διαθέσιμο για όλα τα λειτουργικά συστήματα, που προσφέρει υψηλού επιπέδου επεξεργασία ήχου (Αναστασόπουλος & Κανάρη, 2022). Ο χρήστης έχει στη διάθεσή του μία μεγάλη ποικιλία εργαλείων και επιλογών, που του δίνουν τη δυνατότητα να εισάγει αρχικά ένα αρχείο ήχου και να το επεξεργαστεί, σύμφωνα με τις ανάγκες του. Το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα να γίνει εισαγωγή πολλών αρχείων ήχου τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν διαδοχικά είτε παράλληλα, μέσω των πολλών καναλιών ήχου που διαθέτει. Το κάθε αρχείο ήχου παρουσιάζεται με την αντίστοιχη κυματομορφή του, ένα χαρακτηριστικό που είναι ιδιαίτερα σημαντικό αφού ο χρήστης μπορεί μέσω αυτής της απεικόνισης να διαιρέσει το αρχείο ήχου ακριβώς στο σημείο που επιθυμεί. Τα διάφορα μέρη του αρχείου ήχου μπορούν να διαγραφούν, είτε να διπλασιαστούν. Δίνεται η δυνατότητα να αυξάνεται ή να μειώνεται η ένταση του ήχου, καθώς επίσης να προστεθούν διάφορα ηχητικά εφέ. Τα διάφορα αρχεία ήχου αφού τοποθετηθούν στη σωστή σειρά μπορούν να δημιουργήσουν έναν πιο σύνθετο ήχο, τον ο οποίο χρήστης μπορεί να το αποθηκεύσει σε ένα ενιαίο αρχείο ήχου. Το συνολικό αυτό αρχείο μπορεί να εισαχθεί αργότερα σε πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας, όπως το OpenShot Video Editor που χρησιμοποιήσαμε εμείς. Με τον τρόπο αυτό, το λογισμικό Audacity μπορεί να συνδυαστεί πολύ αποτελεσματικά με διάφορα προγράμματα δημιουργίας ψηφιακής αφήγησης (εικόνα 2).



Εικόνα 2: *στιγμιότυπο οθόνης του λογισμικού Audacity κατά την επεξεργασία του ήχου.*

Η ηχογράφηση της αφήγησης του σεναρίου έγινε χωριστά από καθένα από τα τρία μέλη της ομάδας, σε δική του συσκευή. Στη συνέχεια έγινε επιλογή τμημάτων από τις αφηγήσεις και σύνθεσή τους με το λογισμικό Audacity. Για τη μουσική επένδυση του ντοκιμαντέρ χρησιμοποιήσαμε τον ιστότοπο Bensound (www.bensound.com). Ο ιστότοπος Bensound παρέχει αρκετά μουσικά κομμάτια για δωρεάν χρήση, με την προϋπόθεση ότι το έργο δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για εμπορικούς σκοπούς. Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί στο τέλος του έργου ο ιστότοπος Bensound, σαν δημιουργός της μουσικής. Επιλέχθηκε από την μαθητική ομάδα ένα μουσικό κομμάτι που παρεχόταν δωρεάν και ταίριαζε με το θέμα του ντοκιμαντέρ.

Το ντοκιμαντέρ, διάρκειας 9 λεπτών και 30 δευτερολέπτων, δημοσιεύτηκε στον ιστότοπο www.youtube.com (αποκτώντας τη διεύθυνση https://youtu.be/ImTcym5Z1h8) και στο Αποθετήριο ταινιών του Πανελλήνιου Σχολικού Δικτύου (https://video.sch.gr). Επίσης, δημοσιεύτηκε στον ιστότοπο του σχολείου μας (http://4gym-n-ionias.att.sch.gr).

Όταν ολοκληρώθηκε η δημιουργία του ντοκιμαντέρ, προβλήθηκε σε όλα τα τμήματα της Β΄ τάξης Γυμνασίου του σχολείου μας. Οι μαθήτριες και οι μαθητές που το παρακολούθησαν έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς δημιουργοί του ήταν επίσης παιδιά του σχολείου. Μετά από κάθε προβολή ακολουθούσε συζήτηση πάνω στο ζήτημα της ρύπανσης των θαλασσών από πλαστικά και στις επιπτώσεις που αυτή έχει. Τα επόμενα σχολικά έτη θα προβάλλεται σε όλες τις τάξεις του Γυμνασίου, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα μαθήματα της Γεωλογίας - Γεωγραφίας, της Χημείας και της Βιολογίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η δημιουργία του ντοκιμαντέρ μικρού μήκους από τη μαθητική ομάδα της Β΄ τάξης Γυμνασίου ήταν μία πολύ ενδιαφέρουσα διαδικασία. Τα παιδιά, που ήταν μαθητές υψηλών σχολικών επιδόσεων, έδειξαν θέληση και ευρηματικότητα σε δραστηριότητες που διαφέρουν από την παραδοσιακή εκπαιδευτική διαδικασία. Όμως, απαιτήθηκε αρκετή παρότρυνση για να ολοκληρωθεί το ντοκιμαντέρ, λόγω και της μικρής ηλικίας τους. Τελικά αισθάνθηκαν ικανοποίηση με την ολοκλήρωση ενός σύνθετου και απαιτητικού έργου, το οποίο παρουσιάστηκε στις μαθήτριες και τους μαθητές του σχολείου και δημοσιεύτηκε στο διαδίκτυο.

Οι υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων του διαδικτύου, σε συνδυασμό με το περιβάλλον τηλεδιασκέψεων Cisco Webex Meetings, αποτέλεσαν μία πολύ καλή λύση, ώστε να υπάρχει επικοινωνία εκτός σχολικού ωραρίου και να δημιουργηθεί το ντοκιμαντέρ. Σημαντική βοήθεια επίσης προσέφερε η δυνατότητα ανταλλαγής αρχείων μέσω του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Οι μαθητές εμβάθυναν στο σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα της ρύπανσης της θάλασσας από πλαστικά, ασκήθηκαν σε γλωσσικές, ερευνητικές και ψηφιακές δεξιότητες, καλλιέργησαν την αισθητική τους και εξοικειώθηκαν με τη «γλώσσα» της κινηματογραφικής αφήγησης. Τα ελεύθερα λογισμικά OpenShot Video Editor και Audacity, τα οποία χρησιμοποήθηκαν, είναι αρκετά εύκολα

στην χρήση, προσφέροντας ποικιλία εργαλείων και δυνατοτήτων. Απαιτείται όμως χρόνος και υπομονή για να υπάρξει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αναστασόπουλος, Π. & Κανάρη, Τ. (2022). Ιστορικό ντοκιμαντέρ μικρού μήκους από μαθητές Γυμνασίου με θέμα την εικονογράφηση της Επανάστασης του 1821. Στο Α. Μαστρογιάννης (επιμ.), *8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νέος Παιδαγωγός*, *7 Μαΐου 2022,* 207-215. Αθήνα.

Γεωργαντά, Β. (2019). Η δύναμη της κινούμενης εικόνας και του εκπαιδευτικού βίντεο στην προώθηση της μάθησης. *In Proceedings of the 10th International Conference in Open and Distance Learning, 22-24 November, 2019, 10 (1B)*. Athens. Doi: dx.doi.org/10.12681/icodl.2296.

Di Blas, N. (2015). 21st Century Skills, Global Education and Digital Storytelling: the Case of PoliCulturaExpo 2015. In M. Yildiz, S. Keengwe (Eds.), *Handbook of Research on Media Literacy in the Digital Age*, IGI global, 1-26.

Di Blas, N. & Boretti, B. (2009). Interactive storytelling in pre-school: a case-study. *In Proceedings of 8th International Conference of IDC 2009, 3-5 June 2009*, 44-51. Como Italy. Doi: 10.1145/1551788.1551797.

Di Blas, N. & Ferrari, L. (2014). Digital storytelling at school: what kind of educational benefits? *International Journal of Arts and Technology*, *7(1)*, 38-54.

Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας ΗΠΑ (2022). Ανακτήθηκε από https://www.noaa.gov.

Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (2022). Ανακτήθηκε από https://www.eea.europa.eu/el.

Gangan, N. (2014). Blending Creativity and Technology: Digital Storytelling in Education. *International Journal of Science and Research, 3(10)*, 1787-1790. Ανακτήθηκε από: https://www.ijsr.net/get_abstract.php?paper_id=OCT14408.

Μελιάδου, Ε., Νάκου, Α., Γκούσκος, Δ. & Μεϊμάρης, Μ. (2011). Ψηφιακή αφήγηση, μάθηση και εκπαίδευση. *In Proceedings of the 6th International Conference in Open and Distance Learning, 4-6 Νοεμβρίου 2011, 6(B)*. Λουτράκι. Doi: http://dx.doi.org/10.12681/icodl.681.

Μπάρμπας, Τ. & Παρασκευόπουλος, Σ. (2007). Ντοκιμαντέρ φύσης και περιβαλλοντική εκπαίδευση: ερευνητικές προσεγγίσεις. Στο Γ. Τσαπαρλής (επιμ.), *5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*, *15-18 Μαρτίου 2007*, *5(B),* 927-934. Ιωάννινα.

National Geographic Εκπαιδευτική και Επιστημονική οργάνωση (2022). Ανακτήθηκε από https://www.nationalgeographic.com.

Oceana Οργανισμός Προστασίας του Περιβάλλοντος (2022). Ανακτήθηκε από https://oceana.org.

Παπαδημητρίου, Σ. (2018). Διαδραστικό ψηφιακό διδακτικό σενάριο αξιοποίησης και δημιουργίας βίντεο στη διδασκαλία των θετικών επιστημών. *Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία, 14(2),* 10-25. Doi: https://doi.org/10.12681/jode.19002.

Παπαδοπούλου, Ζ., Μπακόπουλος, Ν. & Πριγκιπάκης, Ε. (2021). Δημιουργία ταινίας μικρού μήκους, το σχολείο αλλιώς… *Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία, 17(1)*, 121-137. Doi: https://doi.org/10.12681/jode.23232.

Πλειός, Γ. (2005). *Πολιτισμός της εικόνας και εκπαίδευση*. Αθήνα: Πολύτροπον.

Robin, B. (2006). The Educational Uses of Digital Storytelling. In C. Crawford et al. (Eds.), *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2006,* 709-716. Chesapeake, VA: AACE. Ανακτήθηκε από: http://faculty.coe.uh.edu/brobin/homepage/Educational-Uses-DS.pdf.

Σπύρου, Σ. & Σοφός, Α. (2017). Εκπαιδευτικές ταινίες μικρού μήκους – παραγωγή και αξιοποίηση. *In Proceedings of the 9th International Conference in Open and Distance Learning, 23–26 November 2017, 9,* 240–251. Αθήνα. Doi: http://dx.doi.org/10.12681/icodl.1262.

WWF Ελλάς Περιβαλλοντική Οργάνωση (2022). Ανακτήθηκε από https://www.wwf.gr.

Ψώμος, Π. & Κορδάκη, Μ. (2016). Άμεσα και έμμεσα εκπαιδευτικά οφέλη των ψηφιακών αφηγήσεων. In T.A. Mikropoulos et al. (Eds.), *10th International Conference "ICT in Education"*, *23-25 September 2016*, 359-367. Ioannina.

Ste(a)m-IT Handbook: Το πρώτο εγχειρίδιο – Οδηγός για Επαγγέλματα STE(A)M

Φαρασόπουλος Νεκτάριος, Λούστα Χριστίνα
nektariosf@gmail.com, crest_lou@hotmail.com
[1]Δάσκαλος/Scientix Ambassador/Career Adviser Network Member, Δημοτικό Σχολείο Άνω Σύρου
[2]Δασκάλα/Συντονίστρια Εκπαίδευσης Προσφύγων/Scientix Ambassador/Career Adviser Network Member, Περιφερειακή Διεύθυνση Εκπαίδευσης Κεντρικής Μακεδονίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πρόγραμμα STE(A)M-IT στοχεύει να εισάγει τους μαθητές και τις μαθήτριες σε θέματα της εκπαίδευσης STE(A)M συνδέοντάς τα με τον πραγματικό κόσμο και προωθώντας την ελκυστικότητα των επαγγελμάτων που σχετίζονται με τους τομείς STE(A)M. Στο πλαίσιο του έργου δημιουργήθηκε το πρώτο Δίκτυο εκπαιδευτικών-Συμβούλων Σταδιοδρομίας για να βοηθήσει τους/τις εκπαιδευτικούς να κατανοήσουν καλύτερα τις διαθέσιμες επαγγελματικές πορείες σε επαγγέλματα που συνδέονται με τη STE(A)M εκπαίδευση, καθώς, και το πρώτο εγχειρίδιο – οδηγός για επαγγέλματα STE(A)M. Στόχος του εγχειριδίου ήταν να προσεγγίσει, να εμπνεύσει και να υποστηρίξει τους/τις εκπαιδευτικούς καθώς περιλαμβάνει πρακτικές και κατευθυντήριες γραμμές για τον τρόπο ενσωμάτωσης των επαγγελματικών σταδιοδρομιών STE(A)M στην τάξη. Έχει συνταχθεί εξ ολοκλήρου από εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων ειδικούς στην εκπαίδευση STE(A)M.

Στο πλαίσιο του εργαστηρίου γίνεται αναλυτική παρουσίαση του εγχειριδίου – οδηγού και προσομοίωση της εφαρμογής του στην τάξη μέσα από την εργασία σε ομάδες.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *εγχειρίδιο STE(A)M, επαγγέλματα STE(A)M, σύμβουλοι σταδιοδρομίας, STE(A)M-IT*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενσωμάτωση της εκπαίδευσης STE(A)M στην τάξη αποτελεί συχνά ζήτημα προβληματισμού για τους/τις εκπαιδευτικούς και ιδιαιτέρως η προώθηση επαγγελμάτων που συνδέονται με τους τομείς αυτούς.

Το εγχειρίδιο – οδηγός STE(A)M αποτελεί μέρος του πρώτου Ευρωπαϊκού ολοκληρωμένου εννοιολογικού πλαισίου αναφοράς STE(A)M και δημιουργήθηκε για να διευκολύνει τους/τις εκπαιδευτικούς να εντάξουν την εκπαίδευση STE(A)M στην τάξη τους και να προωθήσουν τα σχετικά επαγγέλματα. Η προσέγγιση συνδέει την τάξη με τον πραγματικό κόσμο και, κατ' επέκταση, με τη βιομηχανία.

Στην πρώτη ενότητα, ο/η εκπαιδευτικός θα βρει βασικές πληροφορίες σχετικά με την ολοκληρωμένη διδασκαλία STEM και συμβουλές που θα βελτιώσουν τα μαθησιακά αποτελέσματα σχετικά με τη μελέτη των θεμάτων STEM στην τάξη.

Στη δεύτερη ενότητα, ο/η εκπαιδευτικός θα ανακαλύψει βασικές πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση των θέσεων εργασίας STEM στην Ευρώπη και πέρα από αυτήν, προτού διερευνήσει με περισσότερες λεπτομέρειες γιατί είναι κρίσιμη η καθοδήγηση των μαθητών και μαθητριών σε σταδιοδρομίες STEM.

Στο τρίτο μέρος του εγχειριδίου, ο/η εκπαιδευτικός θα διερευνήσει τις ανάγκες των μαθητών και μαθητριών και θα κατανοήσει τα διάφορα στοιχεία και τις προκαταλήψεις που μπορεί να επηρεάσουν την προθυμία ενός μαθητή/μιας μαθήτριας να επιδιώξει μια STEM καριέρα.

Στην τέταρτη και τελευταία ενότητα, ο/η εκπαιδευτικός θα ανακαλύψει μια σειρά από πόρους ώστε να καθοδηγήσει μια σταδιοδρομία STEM στην τάξη και θα λάβει εξατομικευμένες συμβουλές για την επιτυχή προώθηση των επαγγελμάτων STEM στους μαθητές/στις μαθήτριές του.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM

Η εκπαίδευση STEM (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά) αναφέρεται σε μια εκπαιδευτική προσέγγιση που στοχεύει στην ολοκληρωμένη μάθηση και εφαρμογή των επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών. Στόχος της εκπαίδευσης STEM είναι να προάγει την κριτική σκέψη, τη δημιουργικότητα και την επίλυση προβλημάτων μέσα από την ενσωμάτωση των διάφορων επιστημονικών πεδίων.

Η προσέγγιση STEM ενθαρρύνει τους μαθητές/τις μαθήτριες να αντιμετωπίζουν προβλήματα στο πλαίσιο πραγματικών σεναρίων και να χρησιμοποιούν δεξιότητες από διάφορα πεδία για να βρίσκουν λύσεις. Μέσω πειραματισμού, συνεργασίας και κατασκευαστικής διαδικασίας, οι μαθητές/ριες αναπτύσσουν εμπιστοσύνη στις ικανότητές τους και μαθαίνουν πώς να αντιμετωπίζουν προκλήσεις της σύγχρονης κοινωνίας με επιστημονικό τρόπο.

ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

Ο επαγγελματικός προσανατολισμός αποκτά όλο και μεγαλύτερη σημασία στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, διότι βοηθά τους μαθητές και τις μαθήτριες να ανακαλύπτουν τα ενδιαφέροντά τους, να αναπτύσσουν τις δεξιότητές τους και να καθορίζουν τις μελλοντικές τους εκπαιδευτικές και επαγγελματικές πορείες. Μέσω της εξοικείωσης με διάφορους επαγγελματικούς τομείς και των ευκαιριών για πρακτική εμπειρία, οι μαθητές/ριες μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα τις απαιτήσεις και τις προκλήσεις κάθε επαγγέλματος.

Ενισχύοντας τον σχολικό επαγγελματικό προσανατολισμό, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές και τις μαθήτριες να λαμβάνουν ενημερωμένες αποφάσεις για τη μελλοντική τους καριέρα, με βάση τα ενδιαφέροντά τους, τις δυνατότητές τους και τις αγοράς εργασίας. Αυτό δε βοηθά μόνο στη μείωση της «απόστασης» μεταξύ εκπαίδευσης και επαγγελματικού περιβάλλοντος, αλλά και στην ενίσχυση της ατομικής ικανοποίησης και ευημερίας των μαθητών/τριών καθ' όλη τη διάρκεια της σχολικής πορείας τους.

Τέλος, η ενσωμάτωση του επαγγελματικού προσανατολισμού στην εκπαίδευση συμβάλλει στη δημιουργία πιο σφαιρικών και προετοιμασμένων ατόμων, έτοιμων να αντιμετωπίσουν τις απαιτήσεις του επαγγελματικού κόσμου και να συνεισφέρουν θετικά στην κοινωνία.

ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΑ STEM ΚΑΙ ΓΙΑΤΙ ΝΑ ΤΑ ΠΡΟΩΘΗΣΟΥΜΕ

Αρχικά, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει σαφής ορισμός για τα επαγγέλματα STEM, καθώς υπάρχει ασυμφωνία σχετικά με το ποια συγκεκριμένα επαγγέλματα περιλαμβάνονται στα πεδία STEM.

Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, επαγγέλματα STEM θεωρούνται εκείνα που σχετίζονται με τις φυσικές επιστήμες (δηλαδή φυσική, βιολογία ή χημεία), μαθηματικά, μηχανική, αρχιτεκτονική και υπολογιστές, αλλά ενώ άλλοι τομείς όπως η ιατρική και οι κοινωνικές επιστήμες τείνουν να εξαιρούνται (Boiko et al., 2018). Στις Ηνωμένες Πολιτείες, το Επαγγελματικό Δίκτυο Πληροφοριών (O*NeT) απαριθμεί περισσότερα από τριακόσια διαφορετικά επαγγέλματα STEM (O*NeT, 2018).

Σε γενικές γραμμές, τα επαγγέλματα STEM είναι αυτά που απαιτούν γνώση των πεδίων της STEM, αλλά δεν περιορίζονται στην πρακτική αυτών των επιστημών.

Μερικά ενδεικτικά παραδείγματα επαγγελμάτων STEM είναι: Διαστημικός Ψυχολόγος, Αστροβιολόγος, Ειδικός στην Κυβερνοασφάλεια, Μηχανικός Φωτισμού, Μετεωρολόγος, Αναλυτής Αστικής Πληροφορικής κ.α..

Οι γρήγορες τεχνολογικές εξελίξεις, τα εξελισσόμενα επιχειρηματικά μοντέλα και τα έντονα παγκόσμια προβλήματα όπως η κλιματική αλλαγή και η πανδημία, σχετίζονται άμεσα με τα πεδία της STEM. Και ενώ, παράλληλα, η απασχόληση στα επαγγέλματα αυτά αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά έως το 2025 (Cedefop, 2014), η προσέλκυση μαθητών στα επαγγέλματα STEM έχει αποδειχθεί μια τρομακτική πρόκληση.

Η ανησυχία είναι αυξημένη καθώς η έλλειψη επαγγελματιών STEM μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την επιτυχία των ευρωπαϊκών οικονομιών και την ικανότητά τους να ανταγωνίζονται παγκοσμίως. Πρέπει να επαναπροσδιορισθούν οι πολύτιμες δεξιότητες στις σύγχρονες κοινωνίες μας, κάτι που είναι ιδιαιτέρως δύσκολο. Τα εκπαιδευτικά συστήματα παγκοσμίως πρέπει να ανταποκρίνονται σε αυτές τις αλλαγές και να επιτρέπουν στους εκπαιδευόμενους να αναπτύξουν δεξιότητες που θα χρειαστούν στους μελλοντικούς χώρους εργασίας τους. Στο πλαίσιο αυτό έχουν ξεκινήσει διάφορες

πρωτοβουλίες για να αυξηθεί το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για σπουδές και σταδιοδρομία STEM.

Στην αναζήτηση μιας απάντησης, το Cedefop έχει αναπτύξει μια καινοτόμο προσέγγιση που εντοπίζει την αναντιστοιχία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης σε δεξιότητες σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή (Mismatch Priority Occupations). Πιο συγκεκριμένα, η προσέγγιση αυτή επιτρέπει να καταγραφούν οι ελλείψεις (και τα πλεονάσματα) δεξιοτήτων προκειμένου να ενημερώνονται οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής σχετικά με τα επαγγέλματα στα οποία πρέπει να δοθεί προτεραιότητα σε κάθε κράτος μέλος της ΕΕ.

ΠΩΣ ΝΑ ΠΡΟΩΘΗΣΕΤΕ ΕΝΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑ STEM ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους μπορούν οι εκπαιδευτικοί να εισάγουν στην τάξη τους έννοιες και πληροφορίες σχετικές με τα επαγγέλματα STEM. Σύμφωνα με τις βασικές αρχές του STE(A)M - IT project, οι επιστήμες STEM προσεγγίζονται ως σύνολο και όχι κάθε επιστημονικό πεδίο (Φυσικές επιστήμες, τεχνολογία, μηχανική, μαθηματικά) ως ξεχωριστό ή/και ανεξάρτητο. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να δείξουμε στους/στις μαθητές/τριες - και στην κοινωνία γενικότερα - τον βασικό ρόλο που παίζει η STEM στη βελτίωση της ζωής μας και, γενικότερα, να αναδείξουμε όλα τα θετικά στοιχεία των επαγγελμάτων STEM. Ως εκ τούτου, οι εκπαιδευτικοί και οι σύμβουλοι σταδιοδρομίας μπορούν να παρουσιάσουν τα επαγγέλματα STEM όχι μόνο στα μαθήματα επιστήμης αλλά συνδυάζοντας διαφορετικά θέματα S-T-E-M και A (που αναφέρονται ως Art ή All). Για την εξοικείωση των μαθητών και των μαθητριών με την επαγγελματική σταδιοδρομία στον χώρο του STEAM, οι εκπαιδευτικοί μπορούν επίσης να κάνουν χρήση διαφορετικών παιδαγωγικών προσεγγίσεων.

Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, οι δραστηριότητες πρέπει να είναι ποικίλες, παιχνιδιάρικες και ενδιαφέρουσες για τα παιδιά. Με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές/τριες μπορούν να διατηρήσουν ένα υψηλό επίπεδο ενδιαφέροντος καθ' όλη τη διάρκεια του μαθήματος. Οι δραστηριότητες θα πρέπει να ανταποκρίνονται στα ενδιαφέροντα των μαθητών/τριών ώστε να μάθουν περισσότερα για συγκεκριμένα επαγγέλματα STEM. Στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα είναι η ομαλή ενσωμάτωση στο σχολικό πρόγραμμα. Κατά την υλοποίηση των δραστηριοτήτων, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να καλλιεργήσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για τα επαγγέλματα STEM συνδέοντας τα τόσο με προβλήματα του πραγματικού κόσμου όσο και με επαγγελματίες που αξιοποιούν τις δεξιότητες που διδάσκονται τα παιδιά. Είναι, επίσης, σημαντικό να δείξουμε πώς οι επαγγελματίες STEM, ανεξάρτητα από τον ρόλο τους, έχουν κανονικές ζωές, οικογένειες, και χόμπι – όπως και οι μαθητές/τριες.

Για να οργανώσετε μια επιτυχημένη δραστηριότητα και να συνδέσετε τους μαθητές σας με τους επαγγελματίες STEM και τη σχετική βιομηχανία θα πρέπει να απαντήσετε σε μερικές σημαντικές ερωτήσεις:

- Ποιο είναι το κύριο κοινό-στόχος σας;
- Τι είδους δραστηριότητα πρόκειται να οργανώσετε;
- Ποιος επαγγελματίας πρόκειται να συμμετάσχει στην εκδήλωσή σας;
- Πού θα πραγματοποιηθεί η δραστηριότητα;
- Πότε πρόκειται να πραγματοποιηθεί η εκδήλωσή σας;
- Πώς θα υλοποιήσετε τη δραστηριότητά σας;

Η επεξεργασία των απαντήσεων στις παραπάνω ερωτήσεις θα βοηθήσει στο όσο το δυνατόν πιο επιτυχημένο σχεδιασμό δραστηριοτήτων για τα επαγγέλματα STEM. Ως προς το κοινό στο οποίο απευθύνεται η δραστηριότητα θα μπορούσε να επιλεγεί από όλο το σχολείο, μια τάξη ή ένα τμήμα ή ακόμη και συγκεκριμένοι/ες μαθητές/τριες με ιδιαίτερα ταλέντα ή δεξιότητες. Σχετικά με το είδος της δραστηριότητας υπάρχει πλήθος επιλογών. Ενδεικτικά παραδείγματα είναι η επίσκεψη σε χώρο εργασίας ενός επαγγελματία STEM (π.χ. εργοστάσιο, εργαστήριο), η επίσκεψη ενός επαγγελματία στο σχολείο, η επικοινωνία μαθητών/τριών εξ αποστάσεως με τους/τις συμμετέχοντες/ουσες ειδικούς καθώς και η μελέτη ενός αποθετηρίου STEM επαγγελμάτων (π.χ. STEAMit repository).

Ένα ζήτημα που συχνά αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί είναι η αναζήτηση των ειδικών που θα συμμετάσχουν στις δράσεις. Η αναζήτηση μπορεί να γίνει στην τοπική κοινότητα (π.χ. γειτονιά σχολείου), τις τοπικές αρχές (π.χ. μηχανικοί που εργάζονται στον Δήμο), σε γονείς μαθητών/τριών, μέσω επικοινωνίας με εταιρίες του χώρου, αλλά ακόμη κι από το φιλικό και συγγενικό περιβάλλον

των εκπαιδευτικών. Ο χώρος υλοποίησης της δραστηριότητας μπορεί να είναι το σχολείο, το μέρος που εργάζεται ο επαγγελματίας ή ακόμη και ένας συνδυασμός των δύο όταν ο επαγγελματικός χώρος είναι επικίνδυνος ή δύσκολα προσβάσιμος. Ο χρόνος υλοποίησης επίσης μπορεί να ποικίλλει. Μια δραστηριότητα μπορεί να υλοποιηθεί κατά τη διάρκεια των μαθημάτων, σε απογευματινές ώρες ή ακόμη και ξεχωριστά για κάθε μαθητή/τρια (πχ χρήση ηλεκτρονικού αποθετηρίου). Τέλος, οι δραστηριότητες μπορούν να υλοποιηθούν δια ζώσης, στο μέρος που εργάζεται ο επαγγελματίας ή στο σχολείο, εξ αποστάσεως με χρήση εφαρμογών επικοινωνίας ή ακόμη και ως συνδυασμός των δύο όταν ο χώρος που βρίσκεται ο επαγγελματίας έχει δύσκολη πρόσβαση ή η παραμονή σε αυτόν για αρκετή ώρα δεν είναι εφικτή για τους μαθητές και τις μαθήτριες, λόγω επικίνδυνων υλικών ή καταστάσεων.

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

Κατά το δεύτερο, πρακτικό μέρος του εργαστηρίου, και αφού έχει προηγηθεί η παρουσίαση του παραπάνω πλαισίου, θα γίνει προσπάθεια σχεδιασμού μιας δραστηριότητας για την εξοικείωση μαθητών και μαθητριών με κάποιο STEM επάγγελμα. Ο σχεδιασμός θα βασιστεί στη χρήση του φύλλου εργασίας και θα αφορά τους/τις εκπαιδευτικούς όλων των σχολικών βαθμίδων. Σκοπός του εργαστηρίου είναι να βοηθήσει τους συμμετέχοντες/ουσες εκπαιδευτικούς στη δημιουργία ενός «σκελετού» που θα μπορεί να αποτελέσει τη βάση μιας δραστηριότητας λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες των παιδιών και του εκπαιδευτικού πλαισίου.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Boiko A., Ioan T., Jimenez M., Michailidi A., & Pocze, B. (2018). *Opening Minds to STEM Careers*. [MOOC]. European Schoolnet Academy. https://www.europeanschoolnetacademy.eu/courses/course-v1:SYSTEMIC-Scientix-STEMAlliance+OpenMindsSTEM+2018/about

CEDEFOP. (2014). *Rising STEMs*. https://www.cedefop.europa.eu/en/data-insights/rising-stems#group-downloads

Grand-Meyer E., Tasiopoulou E., Lotina J., Arslan S., Livia Barbu N., De Mauro M., Farasopoulos N., Magid-Podolsky S., Michael Z., Lousta C., Sljivovic M., Gras-Velazquez A. (2022) *Career Advisers Network: Handbook for Career Advisers,* European Schoolnet. http://files.eun.org/STEAMIT/STEAMIT_Handbook_Career_Advisers_01.pdf

MiniOpenLab: Ανοιχτή κοινότητα και βιωματική προσέγγιση για τη βιώσιμη ανάπτυξη και την εκπαίδευση STEM

Κολιάκου Ηρώ[1], Αρβανίτη Βιργινία[2]

koliakou@anatolia.edu.gr, ainigriv@anatolia.edu.gr

[1] Φυσικός, STEM Coordinator, Κολλέγιο Ανατόλια

[2] Φυσικός, STEM Administrative Assistant, Κολλέγιο Ανατόλια

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το project MiniOpenLabs (020-1-ES01-KA201-082706) το οποίο συγχρηματοδοτείται από το πρόγραμμα Erasmus+ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προτείνει τη δημιουργία και την εφαρμογή μιας διαφορετικής μεθοδολογίας στην εκπαίδευση, με βάση την βιωματική μάθηση και τη συνεργασία μεταξύ της επιστήμης και της τεχνολογίας, αλλά και των επιχειρήσεων και της κοινωνίας, ώστε να διασφαλιστεί η σχετική και ουσιαστική δέσμευση όλων των κοινωνικών παραγόντων για την ενίσχυση των επιστημονικών μελετών, των πρωτοβουλιών των πολιτών γύρω από την επιστήμη, της απασχόλησης στους τομείς αυτούς και του υγιούς ανταγωνισμού.

Παράλληλα, λαμβάνοντας υπόψη τις ενέργειες που γίνονται υπέρ της βιωσιμότητας του πλανήτη και πιο συγκεκριμένα, την υιοθέτηση των 17 Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης από την Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών στη Νέα Υόρκη, το project αυτό συνδυάζει την καινοτομία στην εκπαίδευση με τους στόχους αυτούς, οι οποίοι εκφράζουν τις σύγχρονες παγκόσμιες προκλήσεις, σε μια προσπάθεια να ανταποκριθούν αποτελεσματικά όλες οι χώρες στα παγκόσμια προβλήματα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: STEM, βιωσιμότητα, Erasmus+ KA201

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Εκπαίδευση για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη και η Εκπαίδευση STEM αποτελούν δύο κύριες προτεραιότητες για την ΕΕ. Καθώς η κλιματική αλλαγή, ο υπερπληθυσμός και οι ανισότητες αρχίζουν να επιβαρύνουν τον πλανήτη μας και την παγκόσμια ανθρώπινη ανάπτυξη, η Εκπαίδευση για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη (ESD) είναι σημαντική προκειμένου να αλλάξει στάσεις και συμπεριφορές και να κινητοποιήσει τους ανθρώπους γύρω από τον στόχο της Αειφορίας. Από την άλλη πλευρά, η Επιστήμη, η Τεχνολογία, η Μηχανική και τα Μαθηματικά (STEM) είναι το κλειδί για μια ολοένα και πιο πολύπλοκη κοινωνία που βασίζεται στη γνώση. (Bybee et al 2010, Foltz et al 2014)

Τόσο η Βιώσιμη Ανάπτυξη (SD) όσο και το STEM θα πρέπει να προσεγγίζονται από μικρή ηλικία. Στο σχολείο, τα παιδιά πρέπει να έχουν κίνητρα να μάθουν μαθηματικά και φυσικές επιστήμες, να φανταστούν ότι εργάζονται σε αυτούς τους τομείς και να κατανοήσουν την έννοια της βιωσιμότητας αναπτύσσοντας στάσεις και συμπεριφορές που συνάδουν με τους Στόχους της Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ. (Breiner et al 2012)

Ωστόσο, ο τρόπος που τα παιδιά αντιλαμβάνονται και αντιδρούν σε αυτά τα δύο πεδία είναι γενικά διαφορετικός. Τα τελευταία χρόνια, τα παιδιά έχουν δείξει μεγάλο και γνήσιο ενδιαφέρον για την βιώσιμη ανάπτυξη και σε ορισμένες περιπτώσεις βρίσκονται ακόμη και στην πρώτη γραμμή της μάχης για έναν πιο βιώσιμο κόσμο. Αντίθετα, το STEM εξακολουθεί να θεωρείται δύσκολο και μη ελκυστικό από την πλειοψηφία των παιδιών.(Bevan et al 2014)

Έχοντας αυτό υπόψη, η σύνδεση της προσέγγισης STEM με αυτή της βιώσιμης ανάπτυξης αποτελεί μια σημαντική εκπαιδευτική προσέγγιση. Εάν, αφενός, η εκπαιδευση για τη βιώσιμη ανάπτυξη χρειάζεται την επιστήμη και την τεχνολογία , αφετέρου, η εκπαίδευση STEM μπορεί να γίνει πιο ενδιαφέρουσα και ελκυστική αν εφαρμοστεί σε ένα συγκεκριμένο πεδίο που συγκεντρώνει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ωστόσο, παρόλο που η σύζευξη αυτών των τομέων εκπαίδευσης μπορεί να είναι επωφελής, δεν αρκεί για να προσελκύσει το ενδιαφέρον των παιδιών αν οι μεθοδολογίες μάθησης δεν εντατικοποιηθούν και δεν ανταποκρίνονται στις ανάγκες τους. Η κυρίαρχη προσέγγιση για την εκπαίδευση STEM και την βιωσιμότητα στα σχολεία εξακολουθεί να καθοδηγείται από τους δασκάλους. Αυτό, εν μέρει, ευθύνεται για την έλλειψη ενδιαφέροντος των μαθητών να ακολουθήσουν σπουδές και σταδιοδρομίες STEM και για τη μη διερεύνηση σε μεγαλύτερο βάθος του γνήσιου ενδιαφέροντος των παιδιών για θέματα που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα.(Arfin et al 2021, Bevan

et al 2014)

Σε αυτό το πλαίσιο, η εκπαίδευση των θεμάτων STEM και βιωσιμότητας πρέπει να υιοθετήσει νέα μοντέλα με υψηλότερη επικράτηση της βιωματικής μάθησης τα οποία μπορούν να φέρουν κοντά σχολεία και άλλους φορείς στην τοπική κοινότητα.

Το project MiniOpenLabs, ένα έργο Erasmus+ KA201 της ΕΕ, προτείνει τη δημιουργία και τη δοκιμή μιας διαφορετικής μεθοδολογίας με κυρίαρχη τη βιωματική μάθηση και βασίζεται στη συνεργασία μεταξύ επιστημονικών και τεχνολογικών οργανισμών, επιχειρήσεων και κοινωνίας των πολιτών, για να διασφαλιστεί η σχετική και ουσιαστική δέσμευση όλων των κοινωνικών φορέων με την επιστήμη.

Το πρόγραμμα Mini Open Labs

Σχήμα 1: *Logo Erasmus "Mini Open Labs"*

Στο παρακάτω link μπορείτε να βρείτε περισσότερες πληροφορίες για το συγκεκριμένο πρόγραμμα: https://miniopenlabstem.com/

Η ομάδα εργασίας

Στο project MiniOpenLabs συμμετέχουν 6 εταίροι από 3 χώρες. Το Πανεπιστήμιο Rey Juan Carlos University απο την Ισπανία είναι ο συντονιστής του project. Στην ομάδα συμμετέχουν: Το CEIPSO Maestro Rodrigo απο την Ισπανία, το CEIIA – Centro de Engenharia e Desenvolvimento και

το Projeto SCHOLE απο την Πορτογαλία και το Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας και το Κολλέγιο Ανατόλια από την Ελλάδα.

Οι στόχοι του προγράμματος

Ο κύριος στόχος του project είναι να δημιουργήσει μια ανοιχτή κοινότητα και να την εκπαιδεύσει στη βιωματική προσέγγιση για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη και την Εκπαίδευση STEM για παιδιά (6-12 ετών), με τα εξής παραδοτέα:

• **MiniOpenLabs**: τα MiniOpenLabs είναι μικρά εργαστήρια, ανοιχτά στην τοπική κοινότητα, όπου τα παιδιά, υπό την καθοδήγηση δασκάλων ή άλλων παιδαγωγών (συμπεριλαμβανομένων των γονέων), μπορούν να συμμετέχουν σε έργα που βασίζονται στο STEM για τη βιώσιμη ανάπτυξη.

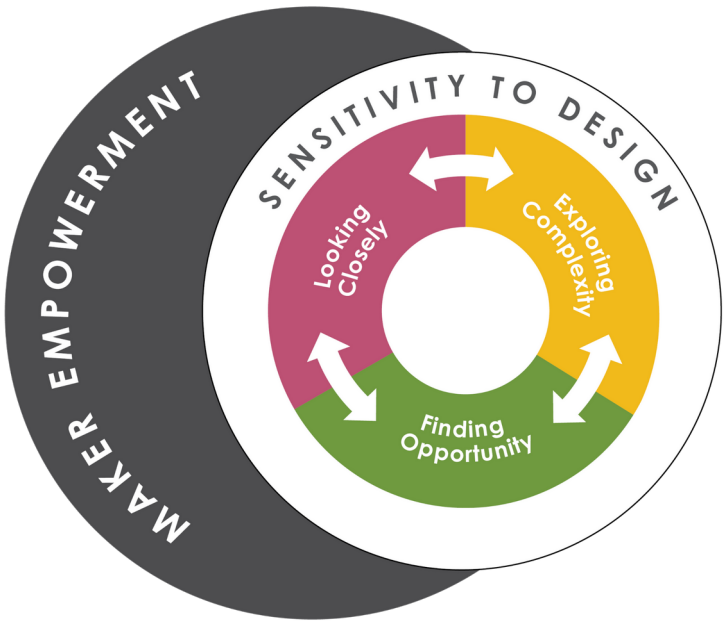
• **Βιβλίο Δραστηριοτήτων**: αυτό το βιβλίο θα περιέχει ένα σύνολο έργων που βασίζονται σε STEM για τη βιώσιμη ανάπτυξη και μπορούν να πραγματοποιηθούν στα MiniOpenLabs.

• **Εργαστήρια**: περιλαμβάνει τη δημιουργία κατευθυντήριων γραμμών και τη διεξαγωγή διαφορετικών εκδηλώσεων για την ικανοποίηση των εκπαιδευτικών σχετικά με την προσέγγιση MiniOpenLabs και τη συμμετοχή της τοπικής κοινότητας σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες STEM.

• **Φυλλάδιο Contest & Innovative Practices**: αυτός ο διαγωνισμός στοχεύει στην αναγνώριση καινοτόμων πρακτικών στη Βιώσιμη Ανάπτυξη και την Εκπαίδευση STEM στα σχολεία, δίνοντας μεγαλύτερη προβολή στην ανάγκη για αλλαγή στις μαθησιακές προσεγγίσεις.

Η προσέγγιση του προγράμματος Mini Open Lab

Με βάση τα ευρήματα από τα focus groups, αλλά και αυτά από μια εντατική έρευνα για υπάρχουσες προσεγγίσεις που έχουν κοινά σημεία με την αρχικά οραματιζόμενη ιδέα των MiniOpenLabs, η κοινοπραξία κατέληξε στο παρακάτω πλαίσιο/προσέγγιση για το project. Όσον αφορά την εννοιολογική βάση των MiniOpenLabs, αυτή βασίζεται απλώς στο μοντέλο του Agency by Design (AbD) (σχήμα 2), όπως προτείνεται από την ερευνητική ομάδα Project Zero του Πανεπιστημίου Χάρβαρντ (www.agencybydesign.org).



Σχήμα 2: Το μοντέλο Agency by Design

Αυτή η προσέγγιση χωρίζεται σε τρία σκέλη, και συγκεκριμένα: α. βιβλιογραφική ανασκόπηση, β. συνεντεύξεις και επισκέψεις στον ιστότοπο, γ. ανάπτυξη εννοιών και έρευνα δράσης. Η ιδέα πίσω από αυτήν την προσέγγιση είναι ότι για να υπάρξει ενδυνάμωση του STEM πρέπει κανείς να εμβαθύνει, να διερευνήσει την πολυπλοκότητα και να βρει ευκαιρίες. Η ενδυνάμωση σημαίνει να έχεις μια ευαισθησία στο κομμάτι του σχεδιασμού, μαζί με την κλίση και την ικανότητα να διαμορφώνεις τον κόσμο μέσω της κατασκευής, της επεξεργασίας, του επανασχεδιασμού και/ή του

hacking. Σύμφωνα με τον AbD, αυτός ο ορισμός που εστιάζει στο συνδυασμό της ευαισθησίας, της κλίσης και της ικανότητας, επεκτείνει μια έννοια της συμπεριφοράς που αναπτύχθηκε στο Project Zero (Perkins, Jay, & Tishman, 1993; Perkins & Tishman, 2006; Tishman, 2001) λέγοντας ότι η ικανότητα από μόνη της δεν αρκεί για να διασφαλίσει τη δράση. Πρέπει να έχει κανείς την ικανότητα να κάνει κάτι, το κίνητρο να το κάνει και την ευαισθησία για να το κάνει την κατάλληλη στιγμή. Η προσεκτική εξέταση αφορά την παρατήρηση της σύνδεσης μεταξύ των στοιχείων (π.χ. στην περίπτωσή μας οι υπάρχουσες προσεγγίσεις και πώς αλληλεπιδρούν με τις κοινότητες). Η διερεύνηση της πολυπλοκότητας αφορά την εξέταση των ανθρώπων, των αλληλεπιδράσεων και των κινήτρων που σχετίζονται με αντικείμενα και συστήματα. Η εύρεση ευκαιρίας έχει να κάνει με την παρατήρηση εάν και πού υπάρχουν ευκαιρίες για να φανταστούμε πώς μπορεί να είναι διαφορετικά ένα αντικείμενο ή ένα σύστημα.

Ακολουθώντας αυτήν την ιδέα, η προσέγγιση MiniOpenLabs επιδιώκει να παρέχει βασικές γνώσεις STEM, να ενδυναμώσει συμπεριφορές που σχετίζονται με το STEM, τονίζοντας τη σύνδεσή τους με προβλήματα της πραγματικής ζωής, με την κοινότητα, αλλά και τη δυνατότητα εφαρμογής της αποκτηθείσας γνώσης μαζί με την υποκείμενη απλότητα όταν οι αντίστοιχες έννοιες γίνουν πλήρως κατανοητές. Η ιδέα MiniOpenLabs περιλαμβάνει την αποστολή, τους στόχους και τους τομείς μάθησης του Εργαστηρίου.

Αν και η γενική ιδέα των MiniOpenLabs είναι η ίδια για όλες τις χώρες-εταίρους, κάθε Εργαστήριο μπορεί να επικεντρωθεί σε συγκεκριμένους τομείς SD για να ανταποκριθεί στις τοπικές ανάγκες και αυτό θα τονιστεί στη δήλωση αποστολής και στόχων κάθε εργαστηρίου.

Το πλαίσιο εργασίας περιλαμβάνει τη δομή διαχείρισης του Εργαστηρίου, το πρόγραμμα εργασίας, τους βασικούς πόρους, τα χαρακτηριστικά του χώρου, το είδος των δραστηριοτήτων/υπηρεσιών, τους κανόνες ασφαλείας κ.λπ. για όσους θα είναι οι βασικοί συντονιστές των εργαστηριακών δραστηριοτήτων.

Όσον αφορά την προσέγγιση διδασκαλίας/μάθησης, η βασική ιδέα είναι ότι τα MiniOpenLabs θα σχεδιαστούν με την προοπτική της δόμησης, όπως εισήγαγε ο Papert (1986). «Από τις κονστρουκτιβιστικές θεωρίες της ψυχολογίας θεωρούμε τη μάθηση ως ανακατασκευή και όχι ως μετάδοση γνώσης. Στη συνέχεια επεκτείνουμε την ιδέα των υλικών στην ιδέα ότι η μάθηση είναι πιο αποτελεσματική όταν μέρος μιας δραστηριότητας ο μαθητής το βιώνει ως την κατασκευή ενός ουσιαστικού προϊόντος». Συνδέοντας αυτό με το μοντέλο AbD, εξετάζονται τρεις βασικές έννοιες: α) Δημιουργία που αφορά τον ενεργό ρόλο που παίζει η κατασκευή στη μάθηση. Ο μαθητής έχει στο μυαλό του ένα προϊόν όταν εργάζεται με εργαλεία και υλικά. β) Το Tinkering που είναι μια νοοτροπία, ένας παιχνιδιάρικος τρόπος προσέγγισης και επίλυσης προβλημάτων μέσω άμεσης εμπειρίας, επανάληψης, πειραματισμού και ανακάλυψης, και γ) Μηχανική που εξάγει αρχές από την άμεση εμπειρία και χτίζει μια γέφυρα μεταξύ της διαίσθησης και των τυπικών πτυχών της επιστήμης, καθώς μπορεί να εξηγήσει, να μετρήσει και να προβλέψει καλύτερα τον κόσμο γύρω μας.

Συνολικά, η αρχή της μάθησης μέσω της δράσης θα ενσωματωθεί, ακολουθώντας την μαθητοκεντρική προσέγγιση (Clapp et al., 2016). Τα κύρια οφέλη αυτής της προσέγγισης είναι:

• Πρωταρχικά οφέλη

ο Ανάπτυξη μαθητικού φορέα

α. Κατασκευή αντικειμένων: να βρει κανείς ευκαιρίες για να δημιουργήσει αντικείμενα που έχουν νόημα για τον εαυτό του και να αναλάβει την ευθύνη της διαδικασίας κατασκευής

β. Δημιουργία κοινότητας: εύρεση ευκαιριών για να γίνουν πράγματα που έχουν νόημα για την κοινότητα και ανάληψη ευθύνης αυτής της διαδικασίας δημιουργίας, είτε ανεξάρτητα είτε σε ομάδες

ο Οικοδόμηση χαρακτήρα

α. Αυτοδημιουργία: οικοδόμηση ικανοτήτων ως δημιουργού, εμπιστοσύνη στις ικανότητες, διαμόρφωση ταυτότητας δημιουργού

β. Υποστήριξη διαφόρων προτύπων σκέψης που γίνονται αντιληπτές ως ωφέλιμες σε όλους τους τομείς

• Δευτερεύοντα οφέλη

ο Καλλιέργεια ειδικών γνώσεων και δεξιοτήτων πειθαρχίας

ο Ενίσχυση της ανάπτυξης γνώσεων και δεξιοτήτων εντός των θεμάτων STEM και άλλων κλάδων

ο Ενίσχυση της ανάπτυξης γνώσεων και δεξιοτήτων σε σχέση με ειδικά εργαλεία και τεχνολογίες

ο Ενίσχυση της ανάπτυξης γνώσεων και δεξιοτήτων σε σχέση με τις διαδικασίες και τις πρακτικές

Έτσι, τα MiniOpenLabs θα είναι ένα Makerspace, δηλαδή ένα «δημόσιο εργαστήριο όπου οι μαθητές μπορούν να μοιράζονται εργαλεία και γνώσεις» (Taylor et al., 2016). Όπως οι Taylor et al. (2016) δηλώνουν «Είναι σαφές, λοιπόν, ότι οι χώροι κατασκευής δεν είναι μόνο χώροι στέγασης για τρισδιάστατους εκτυπωτές και κοπτήρες λέιζερ. Αντίθετα, είναι δημόσιοι πόροι αφιερωμένοι στη δημιουργικότητα, τη μάθηση και τη διαφάνεια. Αυτό έρχεται σε μια εποχή που πολλές κοινότητες δεν έχουν αντίστοιχους χώρους και όπου η ζωή των πολιτών συχνά θεωρείται ότι βρίσκεται σε παρακμή». Έτσι, ένας χώρος όπως αυτός μπορεί να χρησιμεύσει και ως σημείο συνάντησης των μελών μια κοινότητας, γεγονός που θα διευκόλυνε και την κοινωνικοποίηση εκτός από τη μάθηση.

Όσον αφορά τη δομή των MiniOpenLabs, εξετάζονται διάφορες ιδέες. Στην περίπτωση της Ισπανίας, η πρόταση είναι να οργανωθούν σε δύο διαφορετικούς τομείς. Ο πρώτος θα αφορά τις Επιστήμες και τα Μαθηματικά, ενώ ο δεύτερος θα αφορά τη Μηχανική και την Τεχνολογία. Η ιδέα είναι να χρησιμοποιηθούν δραστηριότητες του 1ου τομέα για να μπορέσουν οι μαθητές να δημιουργήσουν μια σταθερή εννοιολογική βάση που θα τους βοηθήσει να κατανοήσουν και να μπορούν να εξηγήσουν περιβαλλοντικά φαινόμενα, όπως η κίνηση της σελήνης, το χρώμα του ουρανού, ο μηχανισμός σε μια οικιακή συσκευή. , κ.λπ. Οι δραστηριότητες του 2ου τομέα θα κάνουν τους μαθητές να εφαρμόσουν όλες τις έννοιες που έχουν δουλέψει στον πρώτο. Για παράδειγμα, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν τις έννοιες που έχουν μάθει στην επιστήμη για να δημιουργήσουν ένα gadget που σχετίζεται με ένα θέμα βιωσιμότητας. Η αρχική ιδέα είναι οι μαθητές 6-9 ετών να επικεντρωθούν περισσότερο στον πρώτο τομέα και εκείνοι 9-12 ετών στον δεύτερο. Ένας από τους τέσσερις τομείς του STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) θα λειτουργήσει ως κεντρικός και οι υπόλοιποι θα λειτουργήσουν ως εργαλεία ή θα έχουν δευτερεύουσα σημασία.

Όσον αφορά το περιεχόμενο, το Ισπανικό MiniOpenLab σκοπεύει να επικεντρωθεί κυρίως σε περιβαλλοντικά ζητήματα, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας και της μελέτης απολιθωμάτων. Το Πορτογαλικό MiniOpenLab σκοπεύει να επικεντρωθεί στις έξυπνες και βιώσιμες πόλεις, την κινητικότητα και τον ωκεανό, ενώ το Ελληνικό MiniOpenLab σκοπεύει να επικεντρωθεί σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και περιβαλλοντικά θέματα.

Τέλος, κάθε MiniOpenLab θα ενσωματώνει ένα Βιβλίο Δραστηριοτήτων το οποίο θα περιλαμβάνει πλήρη σχέδια μαθήματος με πειράματα. Τα παιδιά μπορούν να ερευνήσουν τον κόσμο γύρω τους και να μάθουν μαθηματικά και επιστήμες στην πράξη. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία, θα επιλύουν σταδιακά εργασίες (πειράματα) με αυξανόμενο βαθμό δυσκολίας. Μόλις αποκτήσουν τις απαιτούμενες ιδέες, θα διαχειριστούν και θα αναπτύξουν νέα έργα μηχανικής. Το βιβλίο θα περιλαμβάνει χρήσιμες περιγραφές και επεξηγήσεις για να δείξει ξεκάθαρα πώς πρέπει να ολοκληρωθούν τα πειράματα. Τα εντυπωσιακά έργα τέχνης και οι φωτογραφίες θα απεικονίζουν όλα τα project με σαφήνεια. Επιπλέον, περιλαμβάνεται ένα ευρετήριο που υποδεικνύει τις ενότητες πειράματος: υλικά, μεθόδους και πειραματική διαδικασία.

Μεθοδολογία προσέγγισης του προγράμματος Mini Open Lab

Είναι ξεκάθαρο ότι τόσο το STEM όσο και η εκπαιδευση για τη βιώσιμη ανάπτυξη παίζουν σημαντικό ρόλο στη γνωστική και συνολική ανάπτυξη των παιδιών, αλλά και ότι θα πρέπει να προσεγγίζονται σωστά από πολύ μικρή ηλικία. Η βιβλιογραφία υποδεικνύει τη σημασία της εξοικείωσης των μαθητών με τους 17 παγκόσμιου στόχους του ΟΗΕ μέσα και από δραστηριότητες που εκτείνονται έξω από τους τοίχους της τάξης, που συνδέονται με την κοινωνία σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο. (Subotnik et al 2007, Lesseig et al 2017, Bybee et al 2010)

Ωστόσο, ο τρόπος που τα παιδιά αντιλαμβάνονται και αντιδρούν σε αυτά τα πεδία είναι γενικά διαφορετικός. Τα τελευταία χρόνια, τα παιδιά έχουν δείξει μεγάλο και γνήσιο ενδιαφέρον για την βιώσιμη ανάπτυξη και σε ορισμένες περιπτώσεις βρίσκονται ακόμη και στην πρώτη γραμμή της μάχης για έναν πιο βιώσιμο κόσμο. Αντίθετα, το STEM εξακολουθεί να θεωρείται δύσκολο και μη ελκυστικό από την πλειοψηφία των παιδιών.

Για αυτούς τους λόγους προέκυψε η ιδέα της προσέγγισης MiniOpenLabs. Αν και είχε ήδη διατυπωθεί μια γενική ιδέα, εφαρμόστηκε μια ερευνητική προσέγγιση μικτής μεθόδου στα πρώτα αποτελέσματα του project MiniOpenLabs προκειμένου να δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις για την ανάπτυξή του. Από τη μια πλευρά, διεξήχθη μια έρευνα γραφείου προκειμένου να εντοπιστούν και να αναλυθούν παρόμοιες προσεγγίσεις στη βιβλιογραφία, συμπεριλαμβανομένων εργαστηρίων διαβίωσης, χώρων κατασκευαστών, fablabs, κ.λπ. Καθώς η ιδέα των MiniOpenLabs επεκτείνει τη

μάθηση και έξω από την τάξη, άλλες προσεγγίσεις μελετήθηκαν προκειμένου να εντοπιστούν δομικά και ποιοτικά στοιχεία που θα μπορούσαν να ενισχύσουν περαιτέρω την προσέγγιση. Από την άλλη πλευρά, σχεδιάστηκε μια ποιοτική ερευνητική προσέγγιση προκειμένου να αποκτηθούν γνώσεις από τους πιθανούς τελικούς χρήστες και τους ειδικούς στα αντίστοιχα πεδία (STEM και τη βιώσιμη ανάπτυξη). Οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν ήταν κυρίως από το Δημοτικό Σχολείο, καθώς η κύρια ομάδα-στόχος του έργου είναι παιδιά ηλικίας 6 έως 12 ετών. (Bratitsis et al 2022). Τα αποτελέσματα της ερευνας καθως και ολο το υλικο του project θα αναρτηθεί στην ιστοσελίδα https://miniopenlabstem.com/.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως αναφέρθηκε ήδη, η εκπαίδευση για τη βιώσιμη ανάπτυξη και το STEM αποτελούν δύο κύριες προτεραιότητες της ΕΕ. Ακολουθώντας την ιδέα ότι τόσο η εκπαίδευση για τη βιώσιμη ανάπτυξη όσο και το STEM θα πρέπει να εφαρμόζονται από μικρή ηλικία, παρακινώντας τα παιδιά να αποκτήσουν επιστημονική γνώση αλλά και να καλλιεργήσουν δεξιότητες που σχετίζονται με αυτές που συνάδουν με τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ, προέκυψε η ιδέα του Erasmus MiniOpenLabs. Από τη μια πλευρά, η βιωσιμότητα είναι ένα ζήτημα στενά συνδεδεμένο με την καθημερινή ζωή. Τα μέσα μαζικής ενημέρωσης χρησιμοποιούν διαρκώς όρους που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα και οι πρακτικές επιπτώσεις της είναι πιο κατανοητές, ακόμη και από μικρά παιδιά. Από την άλλη πλευρά, το STEM εξακολουθεί να θεωρείται δύσκολο και μη ελκυστικό από την πλειοψηφία των παιδιών. Έχοντας αυτά υπόψη, η κοινοπραξία MiniOpenLabs επιχειρεί να συνδέσει και τα δύο αυτά εκπαιδευτικά πεδία, έτσι ώστε η SD να εξετάζει την επιστήμη και την τεχνολογία για απαντήσεις και η εκπαίδευση STEM να γίνει πιο ενδιαφέρουσα και ελκυστική εφόσον εφαρμοστεί σε ένα συγκεκριμένο πεδίο που συγκεντρώνει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, όπως η βιωσιμότητα. Έτσι, το γενικό ενδιαφέρον για την SD μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσελκύσει τα παιδιά στο STEM.

Το project MiniOpenLabs προτείνει τη δημιουργία μιας διαφορετικής μεθοδολογίας εκπαίδευσης με βάση τη βιωματική μάθηση και ακολουθεί την προσέγγιση Makerspace, η οποία έχει σχεδιαστεί στο πλαίσιο του μοντέλου Agency by Design.

Ο κύριος στόχος του project είναι η δημιουργία μιας ανοιχτής κοινότητας και της βιωματικής προσέγγισης για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη και την Εκπαίδευση STEM για παιδιά (6-12 ετών). Για να καθορίσουν αυτήν την έννοια και το πλαίσιο εργασίας, οι εταίροι διεξήγαγαν μια ανάλυση συγκριτικής αξιολόγησης και focus groups με τους άμεσα εμπλεκόμενους της εκπαιδευτικής αυτής προσέγγισης και με ειδικούς. Η ανάλυση συγκριτικής αξιολόγησης συνίσταται κυρίως σε επιτραπέζια έρευνα για τον εντοπισμό και την ανάλυση παρόμοιων δομών (π.χ. ζωντανά εργαστήρια, χώρους κατασκευαστών, fablabs, κ.λπ.) προκειμένου να διδαχθεί κανείς από αυτές τις εμπειρίες.

Τα focus groups παρείχαν ανατροφοδότηση για την τελική ιδέα του MiniOpenLabs προκειμένου να ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένες ανάγκες στην εκπαίδευση για τη βιώσιμη ανάπτυξη και STEM σε κάθε χώρα/τοπική περιοχή. Συνολικά σχηματίστηκαν τρεις ομάδες εστίας, ένα σε κάθε χώρα (δηλαδή Ελλάδα, Ισπανία και Πορτογαλία), τα οποία οργανώθηκαν από έναν εταίρο του Πανεπιστημίου και υποστηρίχθηκαν από έναν σχολικό εταίρο σε κάθε χώρα.

Συνολικά, τα ευρήματα οδήγησαν στην ιδέα ότι τα MiniOpenLabs θα είναι μικρά εργαστήρια, ανοιχτά στην τοπική κοινότητα, όπου παιδιά (6-12 ετών), υπό την καθοδήγηση δασκάλων ή άλλων εκπαιδευτικών (συμπεριλαμβανομένων των γονέων), μπορούν να συμμετέχουν σε έργα που βασίζονται στο STEM ή δραστηριότητες για θέματα αειφόρου ανάπτυξης. Τα εργαστήρια θα υλοποιηθούν στις εγκαταστάσεις των συνεργαζόμενων σχολείων και θα εφοδιαστούν με βασικό εξοπλισμό (π.χ. κόφτη λέιζερ, τρισδιάστατο εκτυπωτή, μίνι ρομπότ) και υλικά. Τόσο οι εσωτερικές όσο και οι εξωτερικές δραστηριότητες θα σχεδιαστούν για να φιλοξενούνται στα MiniOpenLabs, εστιάζοντας επίσης στο ενδιαφέρον της τοπικής κοινότητας προκειμένου να παρέχεται ένα ρεαλιστικό περιβάλλον για την αντιμετώπιση προβλημάτων STEM και βιώσιμη ανάπτυξη. Ο γενικός στόχος είναι να προσφέρουμε ένα εκπαιδευτικό αλλά και ένα κοινωνικό περιβάλλον, όπου τα παιδιά θα εξοικειωθούν σε αυτούς τους τομείς με ουσιαστικό τρόπο για το κοινωνικοπολιτισμικό περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται ως πολίτες.

Αυτό το αποτέλεσμα είναι εξαιρετικά καινοτόμο, καθώς προωθεί μια πρακτική και ανοιχτή/κοινοτική προσέγγιση για την εκπαίδευση STEM και την εκπαίδευση για τη βιώσιμη ανάπτυξη, σε αντίθεση με τις πιο παραδοσιακές και καθοδηγούμενες από τους εκπαιδευτικούς μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται στις περισσότερες τάξεις στην Ευρώπη. Αυτό θα επιτρέψει στα

παιδιά να βιώσουν τα θέματα STEM και SD με βιωματικό και συναρπαστικό τρόπο, δημιουργώντας μια μεγαλύτερη τάση για σπουδές STEM και σταδιοδρομία, ειδικά σε τομείς που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα.

Η καινοτομία έγκειται επίσης στο γεγονός ότι οι δραστηριότητες για ένα συνοδευτικό Βιβλίο Δραστηριοτήτων θα δημιουργηθούν με τη συμμετοχή εκπαιδευτικών, μαθητών και ερευνητών, αυξάνοντας έτσι τη σκοπιμότητα και την καινοτομία τους. Τα αποτελέσματα της ερευνας καθως και ολο το υλικο του project θα αναρτηθεί στην ιστοσελίδα https://miniopenlabstem.com/.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Arifin, N.R., Mahmud, S.N.D. (2021). A Systematic Literature Review of Design Thinking Application in STEM Integration. *Creative Education*, *12*(7).

Bevan B, Gutwill JP, Petrich M, Wilkinson K. (2014). Learning through STEM-rich tinkering: findings from a jointly negotiated research project taken up in practice. *Science Education, 99*(1):98–120

Bratitsis T, Koliakou I, Sotto Díaz A, Arvaniti V , Sarmento T , León Tobajas N, Barroca A, (2022) Mini OpenLab: Open Community and Hands-On Approach to Sustainable Development and STEM Education – An Innovative Approach. *Handbook of Research on Integrating ICTs in STEAM Education*, 10.4018/978-1-6684-3861-9.ch004

Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and engineering teacher, 70*(1), 30.

Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics, 112*(1), 3-11.

Foltz, L. G., Gannon, S., & Kirschmann, S. L. (2014). Factors that contribute to the persistence of minority students in STEM Fields. *Planning for Higher Education, 42*(4), 1-13.

Lesseig K, Slavit D, Nelson TH. (2017). Jumping on the STEM bandwagon: how middle grades students and teachers can benefit from STEM experiences. *Middle School Journal, 48*(3):15–24.

Subotnik, R. F., Edmiston, A. M., & Rayhack, K. M. (2007). Developing national policies in STEM talent development: Obstacles and opportunities. *Nato Security Through Science Series E Human and Societal Dynamics, 16*, 28.