



Πανελλήνιο Συνέδριο Scientix για την εκπαίδευση STEM

3 και 4 Σεπτεμβρίου 2018

Ε.Μ.Π. - Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου

This event is supported by the European Commission's H2020 programme – project Scientix 3 (Grant agreement N. 730009), coordinated by European Schoolnet (EUN). The event is the sole responsibility of the organizer and it does not represent the opinion of the European Commission (EC) or EUN, and neither the EC or EUN are responsible for any use that might be made of information contained.



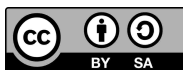
ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:

ΤΖΙΜΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΣ

ΙΩΣΗΦΙΔΟΥ ΜΑΡΙΑ

Ιούνιος 2019

Άδεια χρήσης: [Αναφορά Δημιουργού - Παρόμοια Διανομή 4.0 Διεθνές](#)



ISBN: 978-618-84221-1-7

ΔΙΟΡΓΑΝΩΤΕΣ



ΕΛΛΗΝΟΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΟΓΗ



ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΕΣ



ΠΑΝΕΚΦΕ
ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΑ ΕΝΩΣΗ ΥΠΕΥΘΥΝΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



Εργαστήριο Ψυχολογίας, Παιδαγωγικών
Ερευνών και Μέσων στην Εκπαίδευση
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής
Εκπαίδευσης της Σχολής
Ανθρωπιστικών Επιστημών
Πανεπιστήμιο Αιγαίου



Τμήμα Μαθηματικών
National and Kapodistrian
UNIVERSITY OF ATHENS



Τμήμα
Μηχανικών
Πληροφορικής τ.ε.
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Δυτικής Ελλάδας



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ -
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗΣ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΝΩΣΗ ΕΛΛΗΝΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ

ΧΟΡΗΓΟΙ



ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- ✓ Αγγελόπουλος Παναγιώτης - GFOSS
- ✓ Billon Noëlle - EUN
- ✓ Γιωτόπουλος Γεώργιος - Scientix Ambassador
- ✓ Δέδες Χρήστος - Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Δυτικής Αττικής
- ✓ Δηλαβέρη Βασιλεία - Scientix Ambassador
- ✓ Ζερβού Κυριακή - Scientix Ambassador
- ✓ Ηλιάδα Αγγελοπούλου - Φοιτήτρια, Επιστήμης και Τεχνολογίας των Υλικών
- ✓ Θωμά Ραλού - Scientix Ambassador
- ✓ Κανύχης Παναγιώτης - Scientix Ambassador
- ✓ Κολιάκου Ηρώ - Scientix Ambassador
- ✓ Λεύκος Ιωάννης - Scientix Ambassador
- ✓ Παπαδήμας Κώστας - GFOSS
- ✓ Πετσιώτη Βιβή - GFOSS
- ✓ Στογιάννος Χριστόφορος - Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Αλίμου, ταμίας ΠΑΝΕΚΦΕ
- ✓ Τζιμόπουλος Νικόλαος - e_diktyo
- ✓ Τζιωρτζιώτη Χρυσάνθη - Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Νέας Φιλαδέλφειας, Scientix Ambassador,
- ✓ Τσαπάρα Μαρία - Scientix Ambassador
- ✓ Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη Ευγενία - Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Αιγάλεω, Πρόεδρος ΠΑΝΕΚΦΕ, Συντονίστρια Science on Stage – Greece
- ✓ Χουλιάρα Ξανθή - Scientix Ambassador

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός του συνεδρίου είναι η ανάδειξη καινοτόμων εκπαιδευτικών πρακτικών από την Εκπαίδευση της Πληροφορικής, των Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας, Μηχανικής και Μαθηματικών (STEM) έτσι όπως σταδιακά διαμορφώνονται στη σύγχρονη σχολική πραγματικότητα.

Το Συνέδριο απευθύνεται κυρίως στους:

- ✓ Εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης
- ✓ Εκπαιδευτικούς Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ειδικοτήτων σχετικών με πληροφορική και STEM
- ✓ Προπτυχιακούς και Μεταπτυχιακούς Φοιτητές/τριες Παιδαγωγικών Τμημάτων και Τμημάτων Θετικών Επιστημών, Πληροφορικής, Μηχανικών, Τεχνολογίας κλπ.
- ✓ Στελέχη και Επαγγελματίες που δραστηριοποιούνται σε υπηρεσίες και προϊόντα που υποστηρίζουν την Εκπαίδευση STEM.

Θεματολογία του Συνεδρίου

- ✓ Εκπαιδευτική Ρομποτική
- ✓ Εκπαιδευτική Καινοτομία
- ✓ Υπολογιστική Σκέψη στην εκπαιδευτική διαδικασία
- ✓ Εκπαιδευτική Πολιτική και STEM
- ✓ Παρουσιάσεις καινοτόμων εκπαιδευτικών πρακτικών από την
- ✓ Εκπαίδευση Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας, Μηχανικής και Μαθηματικών (STEM)
- ✓ Σενάρια διδασκαλίας μαθημάτων με την αξιοποίηση καινοτόμων εκπαιδευτικών πρακτικών από την Εκπαίδευση Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας, Μηχανικής και Μαθηματικών (STEM)
- ✓ Αξιοποίηση των καινοτόμων εκπαιδευτικών πρακτικών από την Εκπαίδευση Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας, Μηχανικής, Μαθηματικών Πληροφορικής στη διδασκαλία μαθημάτων στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.
- ✓ Εκπαιδευτικά Λογισμικά STEM
- ✓ Ελεύθερο Λογισμικό(ΕΛ/ΛΑΚ) και καινοτόμες εκπαιδευτικές πρακτικές από την Εκπαίδευση Φυσικών Επιστημών, Πληροφορικής, Τεχνολογίας, Μηχανικής και Μαθηματικών

Πίνακας περιεχομένων

Ανάπτυξη ρομποτικής πλατφόρμας χαμηλού κόστους, βασισμένη στην αξιοποίηση των ευρημάτων έρευνας δράσης για την εκπαίδευση STEM και την Εκπαιδευτική Ρομποτική.....	7
Γεωμετρία Fractal: Εκπαιδευτική και τεχνολογική καινοτομία από τη σχολική αίθουσα έως την έρευνα για τον καρκίνο – Παράδειγμα εφαρμογής στον καρκίνο του μαστού.....	14
Διερεύνηση της Δυνατότητας Χρήσης Έξυπνων Κινητών Συσκευών στη Διδακτική Πράξη. Η Περίπτωση της Αξιοποίησης του Αισθητήρα Επιτάχυνσης.....	27
Εκπαιδευτική Ρομποτική Πλατφόρμα Ανοιχτών Τεχνολογιών.....	36
Παιχνιδοποιημένη εφαρμογή για χρήστες ηλεκτρικής ενέργειας.....	44
STEAM learning using a web-based workbench of music science interactive activities.....	53
STEMigrants.eu: Ένα δικτυακό αποθετήριο δραστηριοτήτων STEM για την ένταξη και την εκπαίδευση προσφύγων και μεταναστών μαθητών - Πιλοτική έρευνα απόψεων εκπαιδευτικών.....	65
Αξιοποιώντας Συστήματα Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στη διδακτική πράξη.....	75
Βαθμός Ενσωμάτωσης των Τ.Π.Ε. στη Σύγχρονη Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Η Περίπτωση της Νήσου Λέσβου.....	86
Δημιουργικά πειράματα με τον κόσμο των σωματιδίων.....	95
Ενσωμάτωση Τεχνικών Αφήγησης στην Προετοιμασία μαθητών Δημοτικού για τον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Ρομποτικής W.R.O.....	102
Η JavaScript βιβλιοθήκη p5.js ως STEM εργαλείο.....	112
Η Ανακύκλωση με Αξιοποίηση της Κινητής Επαυξημένης Πραγματικότητας.....	121
Παιχνιδοποίηση στην Εκπαίδευση (Gamification in Education) στο πλαίσιο της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.....	129
Παραγωγή και αξιολόγηση εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας για τον εμπλουτισμό σχολικού εγχειριδίου.....	142
Ανάπτυξη διδακτικού σεναρίου με χρήση Τηλεπικοινωνιών, Γεωπληροφορικής και Τρισδιάστατης Εκτύπωσης βασισμένη στο πεδίο STEM.....	149
Διδασκαλία εμμηνορυσιακού κύκλου με τη χρήση εκπαιδευτικού animation και φύλλου εργασίας στη Βιολογία Α΄ Λυκείου.....	156
Διερεύνηση εφαρμογής τρισδιάστατης εκτύπωσης και υλικών χαμηλού κόστους σε σεναρία εκπαιδευτικής ρομποτικής στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση.....	166
Ένας απλός και γρήγορος αλγόριθμος για την αποκοπή γραμμών στο Scratch.....	177
Μοντελοποίηση της Απλής Αρμονικής Ταλάντωσης με το Λογισμικό Ανάλυσης Βίντεο Tracker.....	187
Ρομποτική στη Βιολογία: χρήση Arduino στα μαθήματα της Βιολογίας Λυκείου.....	197
Σύγχρονες Ηλεκτρονικές και Μαθηματικές Μέθοδοι στην Υπηρεσία του Εργαστηρίου ΦΕ.....	201
Φυσική στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό.....	208
A case study: Visualizing Coulomb Forces with the aid of Augmented Reality.....	218
Design and Implementation of an Arduino-based artifact by school students, for the measurement of atmospheric pollutants. Researching the Learning and the Environmental stances' outcomes.....	226
Playing with Protons: Σχεδιάζοντας ένα ταξίδι στο Διάστημα με δραστηριότητες STEM στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.....	238
RoboPathFinder: Η εκπαίδευση STEAM στην πράξη.....	243
Εμπλουτισμός των Μαθημάτων Φυσικής και Μαθηματικών με την Χρήση του LEGO Mindstorms EV3.....	259
Μελέτη κίνησης με φωτοπύλες (Arduino) και πρόγραμμα Tracker.....	269
Η συμβολή της Αστρονομίας στην ανάπτυξη των Επιστημών.....	278
Κατασκευή και Διδακτική Αξιοποίηση του Hydrobot από Μελλοντικούς Εκπαιδευτικούς, στο Πλαίσιο μιας Εκπαίδευσης STEM με Στόχο τον Επιστημονικό Γραμματισμό.....	285
Μετεωρολογία – Κλιματική Αλλαγή - Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα STEM.....	296

Οργάνωση συστήματος απεικόνισης και σχεδιασμού μορφών με χρήση λογισμικών ανοιχτού κώδικα για το 4ο έτος Μαθητείας.....	305
Παίζοντας με τα πρωτόνια.....	317
Σχεδιασμός, Υλοποίηση και Εφαρμογή Διδακτικών Δραστηριοτήτων Μαθηματικών και Φυσικής στο Γυμνάσιο με Χρήση Ρομποτικής και Διδακτικές STEM.....	322
Το Υπολογιστικό Πείραμα με τη βοήθεια Γνωστικών Εργαλείων σε Ανακαλυπτικές και Κατασκευαστικές Προσεγγίσεις STEM.....	333
Δημιουργικά πειράματα με τον κόσμο των σωματιδίων.....	344
Διερευνητική μάθηση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: GoLab/NextLab – Εργαλεία για τη συγγραφή διερευνητικών σεναρίων.....	352
“Τα Leds ανάβουν στα σχολεία”: Εισαγωγή στο περιβάλλον Scratch for Arduino με παραδείγματα διδακτικών δραστηριοτήτων προγραμματισμού για την Α/βάθμια και τη Β/βάθμια εκπαίδευση.....	356
Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων στην Υπηρεσία της Εκπαίδευσης STEM.....	359

Ανάπτυξη ρομποτικής πλατφόρμας χαμηλού κόστους, βασισμένη στην αξιοποίηση των ευρημάτων έρευνας δράσης για την εκπαίδευση STEM και την Εκπαιδευτική Ρομποτική

Χατζόπουλος Αβραάμ¹, Παπουτσιδάκης Μιχαήλ², Καλογιαννάκης Μιχαήλ³, Ψυχάρης Σαράντος⁴

¹Λέκτορας Εφαρμογών, Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης & Παραγωγής Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

xatzopoulos@puas.gr

²Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης & Παραγωγής Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

miparou@puas.gr

³Επίκουρος Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Κρήτης

mkalogian@edc.uoc.gr

⁴Καθηγητής, Ανωτάτη Σχολή Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης (ΑΣΠΑΙΤΕ)

spsycharis@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με αφετηρία την εκπαίδευση STEM και την εκπαιδευτική ρομποτική (EP), η παρούσα εργασία αποτελεί την αρχή μίας ερευνητικής πρότασης που εξετάζει με την εφαρμογή του θεωρητικού πλαισίου της έρευνας δράσης τη σχεδίαση και ανάπτυξη ενός εκπαιδευτικού εργαλείου και συγκεκριμένα μίας χαμηλού κόστους, «ανοικτής», πλήρως εξελληνισμένης, εκπαιδευτικής ρομποτικής πλατφόρμας υλισμικού (hardware) και λογισμικού (software) για την εφαρμογή STEM και EP στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Πρωταρχικός στόχος της έρευνας αποτελεί η σχεδίαση και ανάπτυξη της πλατφόρμας με επίκεντρο την εκπαιδευτική κοινότητα (τόσο τους εκπαιδευόμενους όσο και τους εκπαιδευτές) λαμβάνοντας υπόψη τις απόψεις, τις ανάγκες και τις απαιτήσεις τους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εκπαιδευτική Ρομποτική, STEM, Έρευνα Δράσης

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε μία αέναη προσπάθεια διατήρησης ενός σχολικού περιβάλλοντος που να συμβάλει στη μάθηση σε μία συνεχώς μεταβαλλόμενη εποχή, εφαρμόζονται νέες υπολογιστικές τεχνολογίες και πρακτικές στη διδασκαλία και τη μάθηση (Psycharis et al., 2014; Psycharis, 2016; Psycharis & Kallia, 2017).

Ο όρος STEM αποτελεί ακρωνύμιο των αγγλικών λέξεων Science, Technology, Engineering and Mathematics χρησιμοποιείται για την ομαδοποίηση αυτών των ακαδημαϊκών κλάδων στην εκπαίδευση (Gonzalez & Kuenzi, 2012). Η εκπαίδευση βασισμένη στο STEM αποτελεί ένα μαθησιακό συνεργατικό περιβάλλον όπου οι μαθητές διευρύνουν τις γνώσεις τους και μαθαίνουν μέσω των διαδικασιών της εξερεύνησης, εφεύρεσης και ανακάλυψης με τη χρήση πραγματικών προβλημάτων και καταστάσεων.

Σύμφωνα με τον Psycharis (2018) υπάρχουν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις για την ενσωμάτωση STEM στην εκπαίδευση:

- Η ενσωμάτωση περιεχομένου (content integration) που εστιάζει στην συγχώνευση των πεδίων περιεχομένου σε μία ενιαία διδακτική δραστηριότητα για να επισημάνει τις «μεγάλες ιδέες» από πολλαπλές περιοχές περιεχομένου.

- Η ενσωμάτωση πλαισίου (context integration) που εστιάζει στο περιεχόμενο ενός επιστημονικού κλάδου ενώ τα πλαίσια από τους άλλους επιστημονικούς κλάδους χρησιμοποιούνται για να κάνουν το αντικείμενο περισσότερο συναφές.

Ως προς τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της προσέγγισης STEM συγκαταλέγονται η προώθηση της συνεργασίας μεταξύ των μελών της ομάδας και την ανάπτυξη νέων δεξιοτήτων μέσω της διεπιστημονικής προσέγγισης Επιστήμης, Τεχνολογίας, Μηχανικής και Μαθηματικών. Επιπρόσθετα, τα άτομα τα οποία θα ολοκληρώσουν μια εκπαίδευση STEM, θα είναι ικανοί λύτες προβλημάτων, καινοτόμοι, αυτοδύναμοι και λογικοί στοχαστές (Κολέζα, 2016).

Ενδεχομένως, μία από τις πληρέστερες έως τώρα για τα Ελληνικά δεδομένα προσέγγιση στο μοντέλο εκπαίδευσης μέσω STEM αποτελεί η εφαρμογή της εκπαιδευτικής ρομποτικής (EP) εντός και εκτός του σχολικού χώρου. Η EP είναι μία καινοτόμος δραστηριότητα, η οποία εμπλέκει ενεργά τους μαθητές στη διαδικασία της μάθησης. Πρωτοεμφανίστηκε τη δεκαετία του 1960 όταν ο Seymour Papert ξεκίνησε να αναπτύσσει νέες τεχνολογίες για παιδιά και συνεχίστηκε από τον Mitchel Resnick ο οποίος από το 1980 ασχολήθηκε με τη σύνδεση ανάμεσα στα παιχνίδια, τον υπολογιστή και τη μάθηση. Η EP, χάρη στη διεπιστημονικότητα που την χαρακτηρίζει, μπορεί να αποτελέσει ισχυρό εργαλείο για το σχεδιασμό δραστηριοτήτων STEM δημιουργώντας κίνητρα στους μαθητές για εμπλοκή με τις επιστήμες του STEM και ιδιαίτερα στην Ελλάδα όπου η μοναδική κινητικότητα που διαφαίνεται σήμερα στις STEM προσεγγίσεις στα σχολεία αφορούν εφαρμογές στην εκπαιδευτική ρομποτική (Σταυρόπουλος & Οικονομίδης, 2017).

ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ – ΕΡΕΥΝΑ ΔΡΑΣΗΣ

Η έρευνα δράσης (action research) καθιερώθηκε αρχικά από τον κοινωνικό ψυχολόγο Lewin (1940), με στόχο να εμπλέξει τις κοινωνικές ομάδες με τους ερευνητές για τη λήψη κοινών αποφάσεων στα προβλήματα για περαιτέρω κοινωνικές και πολιτιστικές αλλαγές (Κατσαρού, 2016).

Αν και οι ορισμοί της έννοιας έρευνας δράσης, όσο και το περιεχόμενο της είναι πολυάριθμοι και διαφορετικοί και ποικίλουν ανάλογα με το χώρο, το μέρος και το πλαίσιο, με το γενικό όρο «έρευνα δράσης» χαρακτηρίζεται η έρευνα εκείνη, η οποία επιχειρεί να αξιοποιήσει δεδομένα, που έχουν βρεθεί ύστερα από σκόπιμη και συστηματική συνεργασία φορέων, για τη λύση πρακτικών προβλημάτων σε μια συγκεκριμένη περιοχή, με στόχο τη βελτίωσή της (Αθανασίου, 2007). Η έρευνα δράσης έχει ως αντικείμενο μελέτης ένα θέμα ή πρόβλημα από συγκεκριμένο χώρο, το οποίο διερευνά και μελετά με τη συνεργασία εμπλεκόμενων φορέων και στην ουσία αποτελεί έναν τρόπο να εξετάσει κανείς την πρακτική του με στόχο να ελέγξει αν είναι όπως θα ήθελε και να τη βελτιώσει.

Σύμφωνα με τα σημεία σύγκλισης των ορισμών που έχουν δοθεί από τους Lewin, McNiff, Elliott, Lomax, Kemmis, η έρευνα δράσης (Κατσαρού, 2016):

- είναι δράση μικρής εμβέλειας,
- διενεργείται από τους ίδιους τους μετέχοντες,
- ο ερευνητής είναι συγχρόνως και δρών υποκείμενο που βελτιώνει την επαγγελματική πρακτική του,
- εμπλέκονται και άλλα άτομα της ίδιας κοινότητας που: διερευνούν για να κατανοήσουν και παρεμβαίνουν για να βελτιώσουν.

Ο διαφορετικός ρόλος του ερευνητή προσδιορίζει και το διαφορετικό είδος έρευνας δράσης η οποία μπορεί να λάβει μια από τις παρακάτω μορφές:

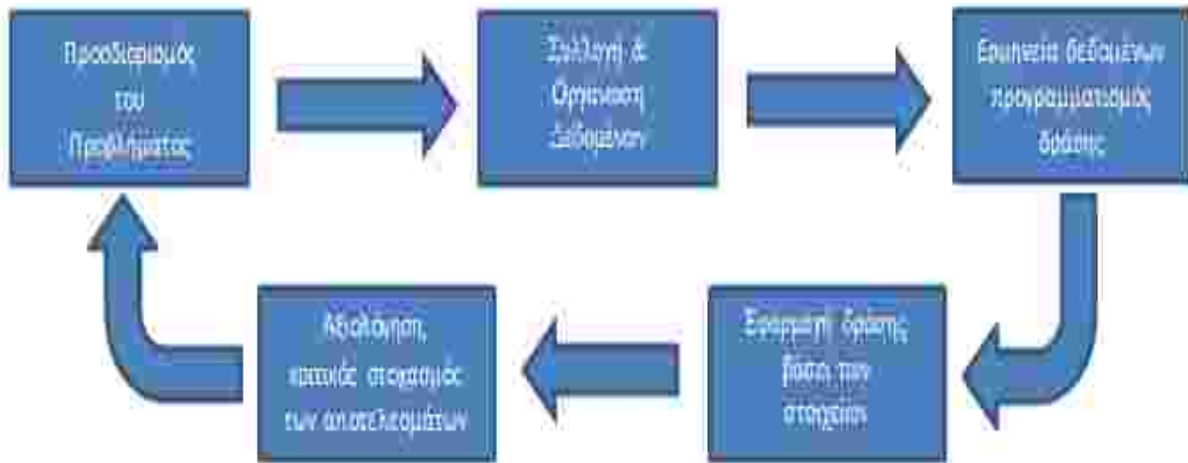
- τεχνική, όπου επιδιώκεται η βελτίωση των πρακτικών μέσα από τα ευρήματα μιας άλλης εξωτερικής έρευνας,
- πρακτική, όπου δημιουργούνται σχέσεις συνεργασίας διευκολυντών-επαγγελματιών, σχεδιάζουν μαζί δράσεις και παρακολουθούν συνέπειες και αλλαγές,
- χειραφετική, η οποία συμπεριλαμβάνει τα στοιχεία της πρακτικής, προχωρά, όμως, σ' ένα ευρύτερο συνεργατικό πλαίσιο και στην αλλαγή των θεσμών (Carr & Kemmis, 2002).

Στο πλαίσιο της έρευνας δράσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποικίλες μέθοδοι με σκοπό τη συλλογή δεδομένων για τον πληρέστερο και καταλληλότερο για κάθε περίπτωση τρόπο και την εγκυρότητα των διαπιστώσεων και των αποτελεσμάτων όπως:

- Παρατήρηση (ερευνητικά ημερολόγια, σημειώσεις, ανάλυση ντοκουμέντων, καρτέλες, μαγνητοφώνηση, φωτογράφιση, βιντεοσκόπηση, γραπτά κείμενα, φύλλα εργασίας).

- Συνέντευξη.
- Ερωματολογία.
- Άλλες τεχνικές όπως παιχνίδια γνώσεων, ρόλων, μελέτη περίπτωσης, βιογραφική μέθοδος, ομάδες συζήτησης/εστίασης, κ.ά.

Ο συνδυασμός μεθόδων, που ονομάζεται «τριγωνοποίηση», συγκεντρώνει δεδομένα από τρεις οπτικές γωνίες και επιτρέπει την αντιπαράθεση και σύγκριση διαφορετικών περιγραφών της ίδιας κατάστασης (Κατσαρού, 2016).

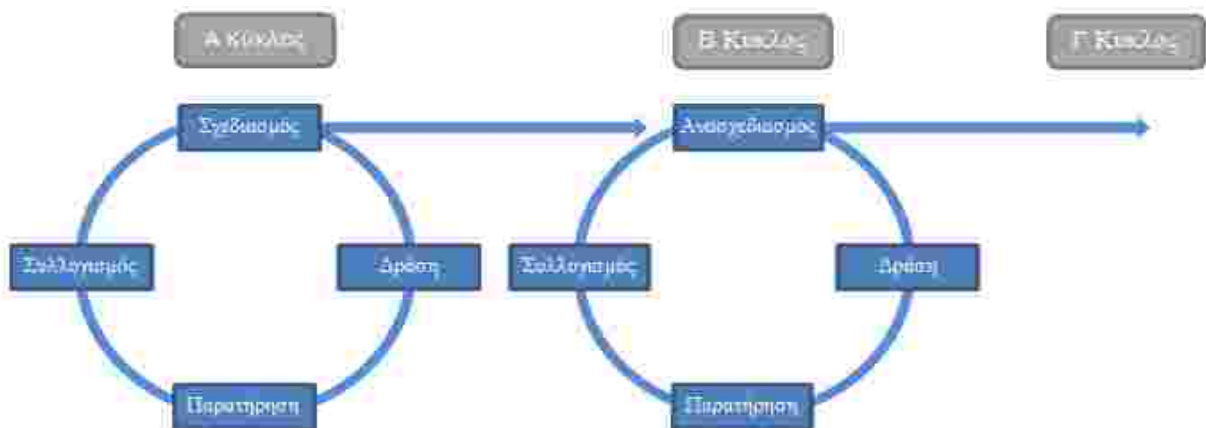


Σχήμα 1: Τα στάδια της έρευνας δράσης

Αν και υπάρχουν πολλά μοντέλα έρευνα δράσης σχεδόν όλα αποδέχονται την κυκλική (βλ. Σχήμα 1) ή σπειροειδή διαδικασία (βλ. Σχήμα 2) που αποτελείται από τα παρακάτω στάδια (Riding, Fowell & Levy, 1995):

1. Προσδιορισμός του προβλήματος.
2. Συλλογή και οργάνωση των δεδομένων.
3. Ερμηνεία δεδομένων και προγραμματισμός δράσης.
4. Εφαρμογή δράσης βάσει των στοιχείων.
5. Αξιολόγηση, κριτικός στοχασμός των αποτελεσμάτων.

Οι γνώσεις που αποκτήθηκαν από τον αρχικό κύκλο τροφοδοτούν τον προγραμματισμό του δεύτερου κύκλου για τον οποίο η έρευνα δράσης τροποποιείται και η ερευνητική διαδικασία επαναλαμβάνεται.



Σχήμα 2: Οι κύκλοι της έρευνας δράσης

ΣΚΟΠΟΣ, ΣΤΟΧΟΙ, ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Βασικός σκοπός της παρούσης ερευνητικής πρότασης είναι μέσω της συμμετοχικής χειραφετικής έρευνας δράσης να αναπτυχθεί και εξελιχθεί μία "ανοικτής τεχνολογίας", ρομποτικής πλατφόρμας υλισμικού και λογισμικού χαμηλού κόστους, για την εφαρμογή STEM και ΕΡ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Ενώ η σχεδίαση και ανάπτυξη της πλατφόρμας θα έχει στο επίκεντρο τους εκπαιδευόμενους και θα βασίζεται στις απόψεις και παρατηρήσεις τους, η παρούσα πρόταση επιχειρεί να εντάξει και τις ανάγκες και απαιτήσεις των εκπαιδευτικών στη διαδικασία. Κεντρικός άξονας της σχεδίασης αποτελεί το διαδίκτυο όπου θα συνδέονται οι χρήστες (εκπαιδευτές και εκπαιδευόμενοι) και οι συσκευές (εκπαιδευτικά ρομπότ και υλοποιήσεις STEM). Κατά τη φάση της σχεδίασης θα δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, ώστε η πλατφόρμα:

- να μην απαιτεί σύγχρονες συσκευές αλλά να μπορεί να δουλεύει και με εξοπλισμό παλαιότερης τεχνολογίας, προκειμένου να περιοριστεί ο τεχνολογικός κοινωνικός αποκλεισμός και οι ασθενέστερες οικονομικές ομάδες χρηστών,
- να βασίζεται σε ανοικτά πρότυπα και τεχνολογίες (π.χ. Arduino),
- να παρέχει συνεργατικά εργαλεία που να ενισχύουν την ομαδικότητα,
- να προσφέρει ένα σύγχρονο ελκυστικό περιβάλλον χρήσης σύμφωνο με τις υποδείξεις των χρηστών της.

Επικουρικοί στόχοι κατά τη σχεδίαση της εκπαιδευτικής πλατφόρμας τίθενται:

- να ενισχύει την συνεργατικότητα, την επικοινωνία και την ομαδική εργασία,
- να μην αποκλείει ευάλωτες κοινωνικές ομάδες (π.χ. μαθητές από ασθενέστερα οικονομικά στρώματα),
- να εστιάζει στην ανάπτυξη STEM δραστηριοτήτων και ιδιαίτερα την ΕΡ, με έμφαση στην αξιοποίηση ανακυκλώσιμων υλικών ως δομικά στοιχεία των κατασκευών,
- και να αξιοποιεί κατά το βέλτιστο δυνατόν βασικές επιστημονικές αρχές των σύγχρονων θεωριών μάθησης.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που θα διερευνηθούν είναι τα παρακάτω:

1. Μπορεί η χειραφετική έρευνα δράσης να προσφέρει στο σχεδιασμό και στην ανάπτυξη μίας εκπαιδευτικής πλατφόρμας για εφαρμογές STEM και ΕΡ;
2. Μπορούν οι εκπαιδευόμενοι να συμβάλουν αποτελεσματικά στην ανάπτυξη εκπαιδευτικών προϊόντων που τους αφορούν;
3. Πόσο αποτελεσματικά μπορεί μία πλατφόρμα για εφαρμογές STEM να χρησιμοποιηθεί χωρίς την υποστήριξη των εκπαιδευτικών σε μαθητές για εφαρμογές STEM;
4. Πως μπορεί το ΕΛ/ΛΑΚ να χρησιμοποιηθεί για τη διάδοση νέων προϊόντων - υπηρεσιών;

ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η εκπαίδευση που βασίζεται στο STEM αντιμετωπίζει αρκετές προκλήσεις κατά την εφαρμογή της στην πράξη, αφού απαιτεί την ύπαρξη ενός οργανωμένου περιβάλλοντος, τις απαραίτητες υλικοτεχνικές υποδομές (εκπαιδευτικές πλατφόρμες ρομποτικής – STEM, εξειδικευμένο λογισμικό, κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους, εργαστήρια, κ.α.) και φυσικά τους κατάλληλα εκπαιδευμένους εκπαιδευτικούς που θα είναι υπεύθυνοι για το συντονισμό του έργου.

Αρκετές δημοσιεύσεις (Joyce & Dzoga, 2011; Ejiwale, 2013; Dare, Ellis & Roehring, 2014; Massimo, 2015) έχουν επισημάνει πιθανά εμπόδια, προβλήματα και προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί στην επιτυχή εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται:

- Η αδυναμία εύρεσης αυθεντικών προβλημάτων.
- Η έλλειψη γνώσεων και η αδυναμία συνεργασίας των ίδιων των εκπαιδευτικών.
- Η πιθανότητα της αποτυχίας.

- Η έλλειψη υποστήριξης από το εκπαιδευτικό σύστημα.
- Η κακή προετοιμασία των μαθητών.
Ωστόσο, η εκπαίδευση STEM συνεχίζει να παραμένει ένα μαθησιακό συνεργατικό περιβάλλον που επιχειρεί να μετασχηματίσει την παραδοσιακή δασκαλοκεντρική διδασκαλία στη διδασκαλία όπου κυρίαρχο ρόλο θα διαδραματίζει η επίλυση του προβλήματος, η διερευνητική, ανακαλυπτική μάθηση και η δημιουργική εμπλοκή των εκπαιδευόμενων στην ανακάλυψη της λύσης ωθώντας την μετάβαση από την τυπική εκπαίδευση προς σύγχρονες μεθόδους διδασκαλίας και παιδαγωγικής.
Η αναγκαιότητα της παρούσης έρευνας έγκειται στο γεγονός ότι προσπαθεί να αναπτύξει ένα πλήρως εξελληνισμένο εκπαιδευτικό εργαλείο σχεδιασμένο με γνώμονα τις απαιτήσεις και τις υποδείξεις των τελικών χρηστών (εκπαιδευόμενοι και εκπαιδευτές) που να είναι κατάλληλο για χρήση από όλους, ώστε ανεξαρτήτως οικονομικής ή κοινωνικής κατάστασης να τους προσφέρεται το δικαίωμα της ισόνομης συμμετοχής στην εκπαίδευση STEM και την ΕΡ.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η παρούσα ερευνητική πρόταση, αποτελείται από τέσσερις φάσεις:

Φάση 1η: Βιβλιογραφική αναφορά όπου θα καταγραφούν και αξιολογηθούν οι υφιστάμενες εκπαιδευτικές πλατφόρμες ρομποτικής και STEM. Η έρευνα θα γίνει μέσα από βιβλιογραφικές βάσεις δεδομένων, επιστημονικά περιοδικά, πρακτικά συνεδρίων, βιβλιοθήκες και από το διαδίκτυο. Τα δεδομένα που θα προκύψουν (αναλυτική καταγραφή, πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα, χαρακτηριστικά, κόστη) θα αναλυθούν ποιοτικά και ποσοτικά, θα ταξινομηθούν βάσει των θετικών και αρνητικών σημείων τους και θα κατηγοριοποιηθούν βάσει των χαρακτηριστικών τους, με σκοπό να αξιοποιηθούν προς την εξαγωγή συσχετίσεων που θα καθορίσουν τις προδιαγραφές της προτεινόμενης εκπαιδευτικής πλατφόρμας της ερευνητικής πρότασης.

Φάση 2η: 1ος κύκλος της έρευνας δράσης. Προετοιμασία της έρευνας με στόχο να καθοριστούν οι αρχικές προδιαγραφές της εκπαιδευτικής πλατφόρμας της ερευνητικής πρότασης ώστε να σχεδιαστεί και αναπτυχθεί η πρώτη έκδοση της. Τα εργαλεία συλλογής δεδομένων που θα αξιοποιηθούν είναι: η συνέντευξη, η μαγνητοφώνηση, η βιντεοσκόπηση, τα ερωτηματολόγια, το ερευνητικό ημερολόγιο, οι σημειώσεις, τα γραπτά κείμενα, οι ομάδες συζήτησης ενώ στα υποκείμενα της έρευνας συμπεριλαμβάνονται όλοι: εκπαιδευόμενοι, εκπαιδευτές και ο ερευνητής.

Φάση 3η: 2ος κύκλος της έρευνας δράσης. Εφαρμογή της θεωρίας στην πράξη και ανάπτυξη της εκπαιδευτικής πλατφόρμας με στόχο να σχεδιαστεί και κατασκευαστεί η πρώτη έκδοση της. Αναλυτικά τα υπό-στάδια της 3ης φάσης είναι τα ακόλουθα:

- Η σχεδίαση της εκπαιδευτικής πλατφόρμας βάσει των χαρακτηριστικών και προδιαγραφών της 1^{ης} και 2^{ης} φάσης. Επιπλέον, θα σχεδιαστούν τα ρομπότ και τα δομικά στοιχεία STEM με τη συμμετοχή ανακυκλώσιμων υλικών, φθηνών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και μικροελεγκτών Arduino.
- Η κατασκευή της εκπαιδευτικής πλατφόρμας.
- Η κατασκευή πρωτοτύπων ρομπότ και δομικών στοιχείων STEM.

Φάση 4η: 3^{ος} κύκλος της έρευνας δράσης. Ολοκλήρωση, αξιολόγηση και αναστοχασμός με στόχο την εφαρμογή της πλατφόρμας στην ΕΡ ή/και εκπαίδευση STEM, την αξιολόγηση της και εν τέλει -μέσω των εξαγόμενων αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων- τον αναστοχασμό και ανατροφοδότηση.

Στη φάση αυτή περιλαμβάνονται τα τελικά συμπεράσματα τα οποία θα προκύψουν από την αξιολόγηση του εκπαιδευτικού εργαλείου και τη διερεύνηση των απόψεων, παρατηρήσεων μαθητών

και εκπαιδευτικών με σαφή στόχο την πρόταση -εφόσον υπάρχουν- μελλοντικών βελτιώσεων στην σχεδίαση της εκπαιδευτικής πλατφόρμας και των πρωτοτύπων ρομπότ.

Αν και εφόσον υπάρχουν προτάσεις για βελτιώσεις τότε θα επαναληφθεί ένας ακόμη κύκλος (Φάσεις 2, 3 και 4) της έρευνας δράσης σχηματίζοντας την σπειροειδής δομής της.

ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Με την ολοκλήρωση των τεσσάρων (ή και περισσότερων φάσεων εφόσον χρειαστούν) της παρούσας μελέτης προσδοκούμε:

- Να παραχθεί ένα εκπαιδευτικό προϊόν κατάλληλο για εκπαίδευση STEM και ΕΡ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.
- Να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα της πρότασης.
- Το τελικό προϊόν να διανεμηθεί ελεύθερα προς την παγκόσμια εκπαιδευτική κοινότητα με απώτερο στόχο τη διάδοση και περαιτέρω ανάπτυξή του.
- Εφόσον το τελικό προϊόν φέρει ευρείας αποδοχής, να δημιουργηθεί μία ανοικτή και ελεύθερη κοινότητα με σκοπό την ανάπτυξη υλικού, συζήτηση και ανταλλαγή απόψεων σε θέματα που αφορούν την εκπαιδευτική πλατφόρμα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αθανασίου, Λ. (2007). *Μέθοδοι και τεχνικές έρευνας στις επιστήμες της αγωγής: ποσοτικές και ποιοτικές προσεγγίσεις*. Ιωάννινα: Εφύρα.

Κατσαρού, Ε. (2016). *Η εκπαιδευτική έρευνα-δράση*. Αθήνα: Κριτική

Κολέζα, Ε. (2016). *Τι Είναι Μια Εκπαίδευση Στο Πνεύμα Του STEM; Διαπανεπιστημιακό-Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΠΜΣ) με τίτλο «Διεπιστημονική Προσέγγιση της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών – STEM στην Εκπαίδευση»*. Διαθέσιμο στο: <http://stemeducation.upatras.gr/to-μεταπτυχιακό/stem-εκπαίδευση> (Ημερομηνία πρόσβασης: 5 Απριλίου 2018).

Σταυρόπουλος, Π., & Οικονομίδης, Σ. (2017). Μελέτη της επίδρασης εφαρμογής ψηφιακού διδακτικού σεναρίου, με προσέγγιση STEM στην εκπαιδευτική διαδικασία. Στο Κ. Παπανικολάου, Α. Γόγουλου, Δ. Ζυμπίδης, Α. Λαδιάς, Ι. Τζωρτζάκης, Θ. Μπράτιτσης, Χ. Παναγιωτακόπουλος (Επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»*, 690-701, ΕΤΠΕ - Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής & Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, Αθήνα 21-23 Απριλίου 2017.

Carr, W., & Kemmis, S. (2002). *Για μια Κριτική Εκπαιδευτική Θεωρία. Εκπαίδευση, Γνώση και Έρευνα Δράσης*. (Μετάφραση: Α. Λαμπράκη-Παγανού, Ε. Μηλίγκου). Αθήνα: Κώδικας.

Dare, E., Ellis, J., & Roehrig, G. (2014). Driven by Beliefs: Understanding Challenges Physical Science Teachers Face When Integrating Engineering and Physics. *Journal of Pre-College Engineering Education*, 4(2), 47-61.

Ejiwale, J. A. (2013). Barriers to Successful Implementation of STEM Education. *Journal of Education and Learning*, 7(2), 63-74.

Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM): A Primer, Congressional Research Service*. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση: https://www.ccc.edu/departments/Documents/STEM_labor.pdf

Joyce, A., & Dzoga, M. (2011). *Science, technology, engineering and mathematics education: Overcoming challenges in Europe*. Intel Educator Academy EMEA. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση: http://www.ingenious-science.eu/c/document_library/get_file?uuid=3252e85a-125c-49c2-a090-eaeb3130737a&groupId=10136

Massimo, A. (2015). *STEM education and the curriculum: Issues, tensions and challenges, International STEM, High-Level Policy Forum on Evidence-based Science Education in Developing Countries*. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση: http://www.akademisains.gov.my/download/STEM_education_and_curriculum.pdf

Psycharis, S., Botsari, E., Mantas, P., & Loukeris, D. (2014). The impact of the computational inquiry based experiment on metacognitive experiences, modelling indicators and learning performance. *Computers & Education*, 72(2014), 90-99.

Psycharis, S. (2016). The Impact of Computational Experiment and Formative Assessment in Inquiry-Based Teaching and Learning Approach in STEM Education. *Journal of Science Education and Technology*, 25(2), 316-326.

Psycharis, S. (2018). STEAM in educations: A literature review on the role of Computational Thinking, Engineering Epistemology and Computational Science. *Computational STEAM Pedagogy*, 4(2), 51-72.

Psycharis, S., & Kallia, M. (2017). The effects of computer programming on high school students' reasoning skills and mathematical self-efficacy and problem solving, *Instructional Science*. 45(5), 583-602.

Riding, P., Fowell, S., & Levy, P. (1995). An action research approach to curriculum development, *Information Research*, 1(1) Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση: <http://www.informationr.net/ir/1-1/paper2.html>

Γεωμετρία Fractal: Εκπαιδευτική και τεχνολογική καινοτομία από τη σχολική αίθουσα έως την έρευνα για τον καρκίνο – Παράδειγμα εφαρμογής στον καρκίνο του μαστού

Μάϊπας Σωτήριος¹, Νόννη Αφροδίτη², Πολίτη Αικατερίνη³, Sarlanis Helen⁴, Καβαντζάς Νικόλαος⁵

¹Φυσικός MSc, PhD Cd, Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ
sotgmaip@gmail.com

²Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ
afnonni@med.uoa.gr

³Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ
ekpoliti@med.uoa.gr

⁴Ιατρός, Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών Λαϊκό
elenisarlani@gmail.com

⁵Καθηγητής Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ
nkavantz@med.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διδασκαλία της Γεωμετρίας Fractal προσφέρει, μέσω των καινοτόμων και διεπιστημονικών μεθόδων της εκπαίδευσης STEM, ένα ελκυστικό εκπαιδευτικό προϊόν για όλες τις βαθμίδες της σύγχρονης εκπαίδευσης. Η ανάλυση fractal έχει ένα ευρύτατο πεδίο εφαρμογής και μπορεί να αξιοποιηθεί, μεταξύ άλλων, στα μαθηματικά, στην πληροφορική, στη φυσική, στη χημεία, στη βιολογία, στη γεωλογία, στη μηχανική, στην αρχιτεκτονική, στην οικονομία και τις τέχνες, ερμηνεύοντας την πολυπλοκότητα της φύσης και προσφέροντας παράλληλα νέες δυνατότητες στην εκπαίδευση, αλλά και στην έρευνα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η υπό αξιολόγηση διαγνωστική αξία της διάστασης fractal στη μελέτη του καρκίνου γενικότερα και του καρκίνου του μαστού ειδικότερα. Η πιο δημοφιλής μέθοδος υπολογισμού της διάστασης fractal είναι η μέθοδος καταμέτρησης κιβωτίων (box-counting) μέσω ειδικών αλγορίθμων ανάλυσης εικόνας, η οποία εφαρμόζεται εκτενώς σε μελέτες ιατρικού και βιολογικού ενδιαφέροντος. Η παρούσα εισήγηση προτείνει την προσαρμογή των εννοιών της Γεωμετρίας Fractal στο μαθηματικό επίπεδο των μαθητών και την κατάλληλη ενσωμάτωση και αξιοποίησή της στη σύγχρονη σχολική διδασκαλία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: STEM, Γεωμετρία Fractal, Καρκίνος

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αναγκαιότητα εκσυγχρονισμού των εκπαιδευτικών προγραμμάτων της σχολικής εκπαίδευσης αποτελεί θέμα διαρκούς επιστημονικής συζήτησης και κυβερνητικού σχεδιασμού, τα οποία καταλήγουν στην αναγκαιότητα επιτάχυνσης της εφαρμογής των νέων τεχνολογιών (Kozma, 2008; Zhang et al., 2017; Zhu, 2017). Η αξιοποίηση της εκπαίδευσης STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematics), δηλαδή της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών, τοποθετεί την Τεχνολογία στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος και της προσδίδει πιο ενεργό ρόλο στη διδασκαλία του συνόλου των προσφερόμενων σχολικών μαθημάτων (Ko & Park, 2011). Τα προηγούμενα, στα οποία μπορούν να προστεθούν και οι Τέχνες (Arts, “STEAM”), καθιστούν τη διδασκαλία, τη διαδικασία της μάθησης και την παραγωγή νέας γνώσης πιο ελκυστικές και πιο αποδοτικές (Ko & Park, 2011).

Η διδασκαλία της Γεωμετρίας Fractal πληροί τις επιταγές της εκπαίδευσης STEM και προσφέρει ένα ελκυστικό και καινοτόμο εκπαιδευτικό προϊόν, κατανοητό εφόσον προσαρμοστεί στο επίπεδο της μαθηματικής γνώσης των μαθητών και με εφαρμογές που μπορούν να φέρουν εις πέρας επιτυχώς οι ίδιοι οι μαθητές (Peitgen et al., 1991; de Villiers, 1996; Lornell & Westerberg, 1999; Ko & Park, 2011). Η Γεωμετρία Fractal, εκτός από τις εφαρμογές της στον κλάδο των μαθηματικών, συναντάται

στη φυσική, στη χημεία, στη βιολογία, στη γεωλογία, στη μηχανική, στην αρχιτεκτονική, στην οικονομία και την τέχνη, αποτελώντας μία σύγχρονη και συναρπαστική αντίληψη της πραγματικής γεωμετρίας του κόσμου (Turcotte, 1997; Sala, 2004; Andronache et al., 2016).

Σκοπός της παρούσας εισήγησης είναι να αναδείξει τη σημαντικότητα της εξοικείωσης των μαθητών με τη Γεωμετρία Fractal, η οποία προϋποθέτει ενσωμάτωση της Τεχνολογίας στη διδασκαλία και έχει ένα ευρύτατο πεδίο εφαρμογής που ξεκινά από τη σχολική αίθουσα και καταλήγει στην επιστημονική έρευνα για ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα του σύγχρονου κόσμου, τον καρκίνο. Επίσης, θα παρουσιαστεί μία μέθοδος υπολογισμού της διάστασης fractal σε πραγματικό περιστατικό καρκίνου του μαστού, ώστε να γίνει αντιληπτός ο τρόπος υπολογισμού της.

Η ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ FRACTAL ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ

Η ορθή περιγραφή της φύσης από την Ευκλείδεια Γεωμετρία είναι αδύνατη, αφού θα προϋπόθετε τα σχήματα που απαντώνται σε αυτήν να είναι τέλειες σφαίρες, κύβοι, κύλινδροι και άλλα σχήματα που, ως ανθρώπινα δημιουργήματα, έχουν το χαρακτηριστικό της «τελειότητας» (Mandelbrot, 1983; Peitgen *et al.*, 2004; Di Ieva, 2016a · Αραχωβίτης, 2001 · Βεργίδης, 2012). Ωστόσο, η Γεωμετρία Fractal, η οποία μελετά τα γεωμετρικά σχήματα με τις πολύπλοκες δομές, μπορεί να ερμηνεύσει τη φύση σε ικανοποιητικό βαθμό, αποτελώντας μία παγκόσμια γλώσσα που περιγράφει την πολυπλοκότητα που συναντάται στη φύση (Turcotte, 1997; Peitgen *et al.*, 2004; Di Ieva, 2016a · Αραχωβίτης, 2001· Βεργίδης, 2012).

Τα ιδανικά fractals είναι μαθηματικά κατασκευάσματα που χαρακτηρίζονται, μεταξύ άλλων, από τέλεια αυτοομοιότητα (ομοιότητα ενός τμήματος με το όλο, ανεξάρτητα από την κλίμακα μεγέθους δηλαδή), πεπερασμένο εμβαδόν και άπειρο μήκος. Όπως είναι αναμενόμενο, στον πραγματικό κόσμο, η ιδανική αυτοομοιότητα σε όλες τις κλίμακες μεγέθους δεν γίνεται να είναι εφικτή, αλλά παρατηρείται, όμως, σαν στατιστική ιδιότητα (Kenkel & Walker, 1993; Losa, 2011· Βεργίδης, 2012).

Η διάσταση fractal είναι μία μετρήσιμη και αδιάστατη τιμή που ποσοτικοποιεί την πολυπλοκότητα των υπό μελέτη δομών, η οποία μπορεί να υπολογιστεί και σε σχήματα που δεν είναι fractals (Smith Jr *et al.*, 1996; Sedivy & Windischberger, 1998; Sedivy *et al.*, 1999; Klonowski, 2000; Tang, 2006; Raghavendra *et al.*, 2009; Pant & Pant, 2013; Dokukin *et al.*, 2015). Η Γεωμετρία Fractal και η διάσταση fractal αξιοποιούνται στη μελέτη φυσικών δομών, όπως στη μελέτη ακτογραμμών, βουνών, σύννεφων, ατμοσφαιρικών ηλεκτρικών εκκενώσεων, φυτών και ριζικών συστημάτων (Mandelbrot, 1983; Tsonis, 1991; Barnsley, 1993; Kenkel & Walker, 1993; Sañudo *et al.*, 1995; Turcotte, 1997; Stewart, 2010; Bizzarri *et al.*, 2011· Βεργίδης, 2012).

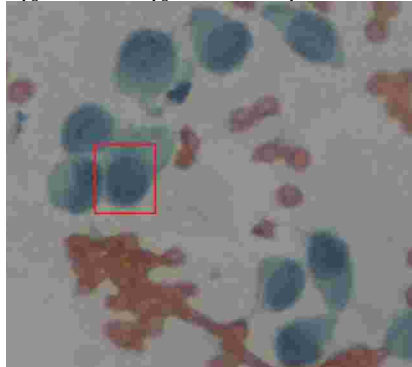
Επίσης, εκτός από το πνευμονικό δέντρο, το οποίο παρουσιάζει χαρακτηριστική φρακταλική δομή (Canals *et al.*, 2000; Weibel, 2005; Losa, 2009), η Γεωμετρία Fractal έχει απασχολήσει σημαντικό μέρος της σύγχρονης ιατρικής έρευνας για μελέτες που αφορούν, μεταξύ άλλων, την καρδιά και το κυκλοφορικό σύστημα (Masters, 2004; Captur *et al.*, 2017; Michallek & Dewey, 2017), τον εγκέφαλο (Di Ieva, 2016b), το νευρικό σύστημα (Losa, 2014), τη στοματική κοιλότητα (Goutzanis *et al.*, 2008), το πεπτικό σύστημα (Bianco *et al.*, 2013; Lu *et al.*, 2015), το ουροποιητικό σύστημα (Grant & Lumsden, 1994), το μυοσκελετικό σύστημα (Shah *et al.*, 2005), το δέρμα (Maier *et al.*, 2015; Raupov *et al.*, 2016), τα μάτια (Ab Hamid *et al.*, 2016), το DNA (Cross, 1997; Namazi & Kiminezhadmalaie, 2015), διάφορα κύτταρα και κυτταρικά οργανίδια (Metze, 2013; Al-Mamun *et al.*, 2014; Dokukin *et al.*, 2015; Lennon *et al.*, 2016), τα κακοήγη νεοπλάσματα και την αγγειογένεση (Baish & Jain, 2000; Weyn *et al.*, 2004; Goutzanis *et al.*, 2008; D'Anselmi *et al.*, 2011; Bianciardi, 2014; Bikou *et al.*, 2016), αλλά και την αποτελεσματικότητα της εφαρμοζόμενης θεραπείας ενάντια στον καρκίνο (Omori *et al.*, 2002; Breki *et al.*, 2016).

ΔΙΑΣΤΑΣΗ FRACTAL ΚΑΙ ΚΑΡΚΙΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΣΤΟΥ

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου καταμέτρησης κιβωτίων (box-counting) που θα παρουσιαστεί εδώ, εφαρμόζονται στο υπό εξέταση αντικείμενο διαδοχικά τετραγωνικά πλέγματα διαφορετικού μήκους πλαισίου κάθε φορά και καταμετράται ο αριθμός των κουτιών (Count) που το καλύπτουν, καθώς το μήκος του πλαισίου (και άρα η κλίμακα $\epsilon = \text{box size} / \text{image size}$, όπου “image size” το μέγεθος της συντομικής γραμμής που εμπεριέχει το “pixelated” τμήμα της συνολικής εικόνας) μεταβάλλεται. Στη συνέχεια, δημιουργείται διάγραμμα με άξονα y τον άξονα των $\ln \text{Count}$ και με

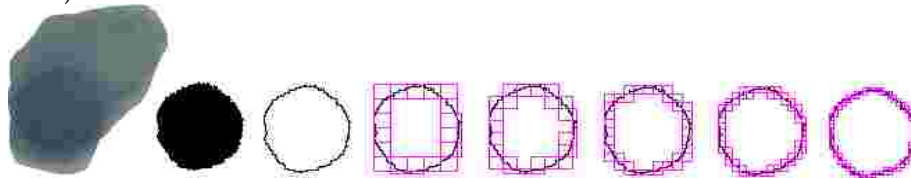
άξονα x τον άξονα του lnε. Η αντίθετη τιμή της κλίσης της ευθείας που προσεγγίζει με τον καλύτερο τρόπο τα σημεία του διαγράμματος είναι η τιμή της διάστασης fractal (βλ. Σχήμα 3).

Η παραπάνω μέθοδος περιγράφεται στον οδηγό χρήσης του FracLac (Karperien, 2005), το οποίο λειτουργεί ως plug-in για το λογισμικό ImageJ (δημιουργός ImageJ: Rasband, W., US National Institute of Health) που αξιοποιείται στη μελέτη εικόνων ιατρικού ενδιαφέροντος (Collins, 2007; Schneider et al., 2012; Raghavan & Rao, 2015; Pantic et al., 2016; Valente et al., 2017; Lozano-Gerona & García-Otín, 2018). Ακολουθεί παράδειγμα εφαρμογής από μελέτη που πραγματοποιούμε, η οποία αφορά στον υπολογισμό της διάστασης fractal καρκινικών κυττάρων μαστού.

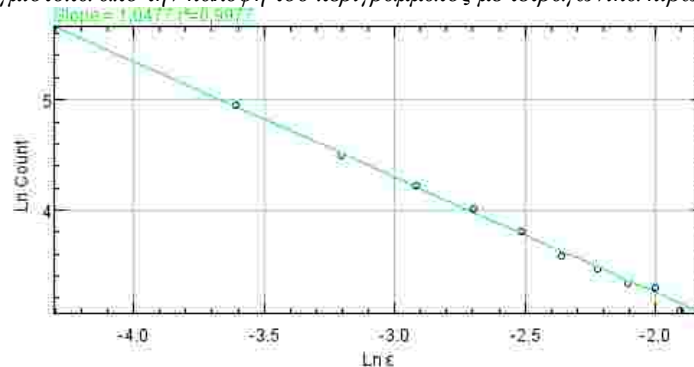


Σχήμα 1: Λοβιακό καρκίνωμα μαστού

Το επιλεγμένο κύτταρο του Σχήματος 1 απομονώθηκε από τη συνολική εικόνα, ακολούθησε απομόνωση του πυρήνα βάσει της χρωματικής διαφοράς μεταξύ πυρήνα, κυτταροπλάσματος και υποστρώματος και, στη συνέχεια, κατωφλίωση με τη μέθοδο Otsu (Otsu, 1979; Goh et al., 2018). Από τον δυαδικό πυρήνα, απομονώθηκε το περίγραμμα και σε αυτό υπολογίστηκε η διάσταση fractal (Σχήματα 2 και 3).



Σχήμα 2: Μέθοδος καταμέτρησης κιβωτίων σε πυρηνικό περίγραμμα καρκινικού κυττάρου (δίνονται ενδεικτικά 5 στιγμιότυπα από την κάλυψη του περιγράμματος με τετραγωνικά κιβώτια)



Σχήμα 3: Υπολογισμός της διάστασης fractal

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λαμβάνοντας υπόψη όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η Γεωμετρία Fractal έχει ένα ευρύτατο πεδίο εφαρμογής και, αξιοποιώντας τις νέες τεχνολογίες, μπορεί να προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες στην Εκπαίδευση όλων των βαθμίδων, αλλά και στην Έρευνα. Όσον αφορά στην περίπτωση του καρκίνου, η διάσταση fractal, η διαγνωστική αξία της οποίας αποτελεί αντικείμενο ερευνητικής αξιολόγησης, ενδέχεται να αποτελέσει ένα συμπληρωματικό, υποβοηθητικό εργαλείο στη γενικότερη προσπάθεια αντιμετώπισης του σημαντικού αυτού ιατρικού

και κοινωνικού ζητήματος.

Συνοψίζοντας, η διδασκαλία της Γεωμετρίας Fractal μέσω των καινοτόμων και διεπιστημονικών οδών της εκπαίδευσης STEM προσφέρει ένα ελκυστικό εκπαιδευτικό προϊόν με πλήθος εφαρμογών και με προοπτικές που ξεκινούν από την ερμηνεία της φύσης και καταλήγουν στην ιατρική έρευνα. Προτείνουμε την προσαρμογή της στο μαθηματικό επίπεδο των μαθητών και την επακόλουθη αξιοποίησή της στο χώρο της σχολικής εκπαίδευσης, ώστε οι μαθητές να εξοικειωθούν με τη γεωμετρία αυτή που ήδη εφαρμόζεται ευρέως στη μελέτη και την περιγραφή της φύσης.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Αραχωβίτης, Ι.Α. (2001). *Εισαγωγή στη Χαστική Δυναμική & στα Fractals (Κλασμοειδή)*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Βεργίδης, Θ.Κ. (2012). *Φράκταλ: Τα μαθηματικά όντα που ερμηνεύουν τον κόσμο*, Καβάλα: Εκδόσεις ΞΥΡΑΦΙ.
- Ab Hamid, F., Che Azemin, M.Z., Salam, A., Aminuddin, A., Mohd Daud, N. & Zahari, I. (2016). Retinal vasculature fractal dimension measures vessel density. *Curr Eye Res*, 41(6), 823-831.
- Al-Mamun, M.A., Ravenhill, L., Hossain, M.A., Farid, D.M. & Bass, R. (2014). Fractal and image analysis of cytoskeletal changes in tumour cells due to the effects of maspin. In IEEE (Ed.) *2014 IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics*, 209-212.
- Andronache, I.C., Peptenatu, D., Ciobotaru, A.M., Gruia, A.K. & Gropoșilă, N.M. (2016). Using fractal analysis in modeling trends in the national economy. *Procedia Environ Sci*, 32, 344-351.
- Baish, J.W. & Jain, R.K. (2000). Fractals and Cancer. *Cancer Res*, 60, 3683-3688.
- Barnsley, M.F. (1993). *Fractals Everywhere*. USA: Academic Press.
- Bianciardi, G. (2014). Fractal analysis: a powerful tool to perform differential diagnosis and prognosis in cancer and other malignancies. *Applied Cell Biology*, 3, 98-103.
- Bianco, C., Sirri, R., Sarli, G., Ostanello, F., Bonaldo, A., De Vico, G. & Mandrioli, L. (2013). How severe is the lipid accumulation in fish liver? A fractal answer. *The Fractal Laboratory Journal*, 2, 3.
- Bikou, O., Delides, A., Drougou, A., Nonni, A., Patsouris, E. & Pavlakis, K. (2016). Fractal Dimension as a Diagnostic Tool of Complex Endometrial Hyperplasia and Well-differentiated Endometrioid Carcinoma. *In Vivo*, 30(5), 681-690.
- Bizzarri, M., Giuliani, A., Cucina, A., D'Anselmi, F., Soto, A.M. & Sonnenschein, C. (2011). Fractal analysis in a systems biology approach to cancer. *Semin Cancer Biol*, 21, 175-182.
- Breki, C.M., Dimitrakopoulou-Strauss, A., Hassel, J., Theoharis, T., Sachpekidis, C., Pan, L. & Provata A. (2016). Fractal and multifractal analysis of PET/CT images of metastatic melanoma before and after treatment with ipilimumab. *EJNMMI Research*, 6(1), 61.
- Canals, M., Olivares, R., Labra, F. & Novoa, F.F. (2000). Ontogenetic changes in the fractal geometry of the bronchial tree in *Rattus norvegicus*. *Biol Res*, 33(1), 31-35.
- Captur, G., Karperien, A.L., Hughes, A.D., Francis, D.P. & Moon, J.C. (2017). The fractal heart – embracing mathematics in the cardiology clinic. *Nat Rev Cardiol*, 14(1), 56-64.
- Collins, T.J. (2007). ImageJ for microscopy. *Biotechniques* 43, S25-S30.
- Cross, S.S. (1997). Fractals in pathology. *J Pathol*, 182, 1-8.
- D'Anselmi, F., Valerio, M., Cucina, A., Galli, L., Proietti, S., Dinicola, S., Pasqualato, A., Manetti, C., Ricci, G. & Bizzarri, M. (2011). Metabolism and cell shape in cancer: A fractal analysis. *Int J Biochem Cell Biol*, 43, 1052-1058.
- de Villiers, M. (1996). The Future of Secondary School Geometry: Slightly adapted version of Plenary presented at the SOSI Geometry Imperfect Conference 1996, UNISA, Pretoria. Retrieved on June 8, 2018 from: <http://mzone.mweb.co.za/residents/profmd/future.pdf>.
- Di Ieva, A. (2016a). The Fractal Geometry of the Brain: An Overview. In: A. Di Ieva (Ed.) *The Fractal Geometry of the Brain*, New York: Springer-Verlag, 3-12.
- Di Ieva, A. (2016b). Fractals in Neuroanatomy and Basic Neurosciences: An Overview. In: A. Di Ieva (Ed.) *The Fractal Geometry of the Brain*, New York: Springer-Verlag, 83-89.
- Dokukin, M.E., Guz, N.V., Woodworth, C.D. & Sokolov, I. Emergence of fractal geometry on the surface of human cervical epithelial cells during progression towards cancer. *New J Phys*, 17, 033019.

- Goh, T.Y., Basah, S.N., Yazid, H., Safar, M.J.A. & Saad, F.S.A. (2018). Performance analysis of image thresholding: Otsu technique. *Measurement*, 114, 298-307.
- Goutzanis, L., Papadogeorgakis, N., Pavlopoulos, P.M., Katti, K., Petsinis, V., Plochoras, I., Pantelidaki, C., Kavantzias, N., Patsouris, E. & Alexandridis, C. (2008). Nuclear fractal dimension as a prognostic factor in oral squamous cell carcinoma. *Oral Oncol*, 44, 345-353.
- Grant, P.E. & Lumsden, C.J. (1994). Fractal analysis of renal cortical perfusion. *Invest Radiol*, 29(1), 16-23.
- Karperien, A.L. (2005). FracLac Advanced User's Manual. Retrieved on May 30, 2018 from: https://www.researchgate.net/publication/238733659_FracLac_Advanced_User's_Manual.
- Kenkel, N.C. & Walker, D.J. (1993). Fractals and ecology. *Abstracta Botanica*, 17(1-2), 53-70.
- Klonowski, W. (2000). Signal and Image Analysis: Using Chaos Theory and Fractal Geometry. *MGV*, 9(1/2), 403-432.
- Ko, Y. & Park, N. (2011). Experiment and verification of teaching fractal geometry concepts using a logo-based framework for elementary school children. In T. Kim, H. Adeli, D. Slezak, F.E. Sandnes, X. Song, K. Chung, K.P. Arnett (Eds.) *Future Generation Information Technology: Third International Conference, FGIT 2011 in Conjunction with GDC 2011, Jeju Island, Korea, December 8-10, 2011. Proceedings*. Berlin, Heidelberg: Springer, 257-267.
- Kozma, R.B. (2008). Comparative analysis of policies for ICT in education. In J. Voogt, G. Knezek (Eds.) *International handbook of information technology in primary and secondary education*. Springer Science+Business Media, LCC 2008, 1083-1096.
- Lennon, F.E., Cianci, G.C., Kanteti, R., Riehm, J.J., Arif, Q., Poroyko, V.A., Lupovitch, W., Vigneswaran, W., Husain, A., Chen, P., Liao, J.K., Sattler, M., Kindler, H.L. & Salgia, R. (2016). Unique fractal evaluation and therapeutic implications of mitochondrial morphology in malignant mesothelioma. *Sci Rep*, 6, 24578.
- Lornell, R., & Westerberg, J. (1999). Fractals in high school: Exploring a new geometry. *The Mathematics Teacher*, 92(3), 260-269.
- Losa, G. (2009). The Fractal Geometry of Life. *Rivista di Biologia / Biology Forum*, 102, 29-60.
- Losa, G.A. (2011). Fractals in Biology and Medicine. In A. Meyers (Ed.) *Reviews in Cell Biology and Molecular Medicine*. doi: 10.1002/3527600906.mcb.201100002.
- Losa, G.A. (2014). On the Fractal Design in Human Brain and Nervous Tissue. *Applied Mathematics*, 5, 1725-1732.
- Lozano-Gerona, J., & García-Otín, Á.L. (2018). ImageJ-based semiautomatic method to analyze senescence in cell culture. *Anal Biochem*, 543, 30-32.
- Lu, L., Yan, G., Zhao, K., Xu, F., Wang, Z., Jiang, P. (2015). Human gastrointestinal data analysis based on wavelet transform-fractal algorithm characterized by wireless capsule. *Biomed Eng Appl Basis Commun*, 27(1), 1550003.
- Maier, T., Kulichova, D., Schotten, K., Astrid, R., Ruzicka, T., Berking, C. & Udreá, A. (2015). Accuracy of a smartphone application using fractal image analysis of pigmented moles compared to clinical diagnosis and histological result. *J Eur Acad Dermatol Venereol*, 29, 663-667.
- Mandelbrot, B.B. (1983). *The Fractal Geometry of Nature. Updated and Augmented*. New York: WH Freeman and Company.
- Masters, B.R. (2004). Fractal Analysis of the Vascular Tree in the Human Retina. *Annu Rev Biomed Eng*, 6, 427-452.
- Metze, K. (2013). Fractal dimension of chromatin: potential molecular diagnostic applications for cancer prognosis. *Expert Rev Mol Diagn*, 13(7), 719-735.
- Michallek, F., Dewey, M. (2017). Fractal analysis of the ischemic transition region in chronic ischemic heart disease using magnetic resonance imaging. *Eur Radiol*, 27(4), 1537-1546.
- Namazi, H., Kiminezhadmalai, M. (2015). Diagnosis of Lung Cancer by Fractal Analysis of Damaged DNA. *Comput Math Method M*, Article ID: 242695.
- Omori, H., Nio, Y., Yano, S., Itakura, M., Koike, M., Toga, T. & Matsuura, S. (2002). A fractal dimension analysis: a new method for evaluating the response of anticancer therapy. *Anticancer Res*, 22, 2347-2354.
- Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Trans Syst Man*

Cybern, 9(1), 62-66.

Pant, V. & Pant, P. (2013). Fractal Geometry: An introduction. *JIR*, 1, 66-70.

Pantic, I., Nestic, Z., Pantic, J.P., Radojević-Škodrić, S., Cetkovic, M. & Jovanovic, G.B. (2016). Fractal analysis and Gray level co-occurrence matrix method for evaluation of reperfusion injury in kidney medulla. *J Theor Biol*, 397, 61-67.

Peitgen, H.O., Jürgens, H. & Saupe, D. (2004). *Chaos and Fractals: New Frontiers of Science*. Dordrecht: Springer Science+Business Media.

Peitgen, H.O., Jürgens, H., & Saupe, D. (1992). *Fractals for the Classroom, Part Two: Complex Systems and Mandelbrot Set*. New York: Springer-Verlag.

Raghavan, V. & Rao, K.R. (2015). An ImageJ Based Semi-Automated Morphometric Assessment of Nuclei in Oncopathology. *Int J of Scientific Study*, 3, 189-194.

Raghavendra, B.S., Dutt, D.N., Halahalli, H.N. & John, J.P. (2009). Complexity analysis of EEG in patients with schizophrenia using fractal dimension. *Physiol Meas*, 30(8), 795-808.

Raupov, D.S., Myakinin, O.O., Bratchenko, I.A., Kornilin, D.V., Zakharov, V.P. & Khramov, A.G. (2016). Skin cancer texture analysis of OCT images based on Haralick, fractal dimension and the complex directional field features. *Proc. SPIE 9887, Biophotonics: Photonic Solutions for Better Health Care V, 98873F (27 April 2016)*. doi: 10.1117/12.2227896.

Sala, N. (2004). Fractal geometry in the arts: An overview across the different cultures. In M.M. Novak (Ed.) *Thinking In Patterns*, Singapore: World Scientific, 177-188.

Sañudo, J., Gómez, J.B., Castano, F. & Pacheco, A.F. (1995). Fractal dimension of lightning discharge. *Nonlinear Proc Geoph*, 2(2), 101-106.

Schneider, C.A., Rasband, W.S. & Eliceiri, K.W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nat Methods*, 9(7), 671-675.

Sedivy, R., Windischberger, C., Svozil, K., Moser, E. & Breiteneker, G. (1999). Fractal analysis: an objective method for identifying atypical nuclei in dysplastic lesions of the cervix uteri. *Gynecol Oncol*, 75(1), 78-83.

Sedivy, R. & Windischberger, C. Fractal analysis of a breast carcinoma--presentation of a modern morphometric method [Article in German]. *Wien Med Wochenschr*, 148(14), 335-337.

Shah, E.N., Reddy, N.P. & Rothschild, B.M. (2005). Fractal analysis of acceleration signals from patients with CPPD, rheumatoid arthritis, and spondyloarthropathy of the finger joint. *Comput Meth Prog Bio*, 77(3), 233-239.

Smith, T.G., Jr, Lange, G.D., & Marks, W.B. (1996). Fractal methods and results in cellular morphology—dimensions, lacunarity and multifractals. *J Neurosci Meth*, 69(2), 123-136.

Stewart, I. (2010). The Nature of Fractal Geometry. In N. Lesmoir-Gordon (Ed.) *The Colours of Infinity: The Beauty and Power of Fractals*, London: Springer-Verlag, 2-23.

Tang, S. (2006). Fractal Structure of Flocs, Computer Simulation of. In P. Somasundaran (Ed.) *Encyclopedia of Surface and Colloid Science, Vol. 4*. Boca Raton: Taylor & Francis, 2635-2641.

Tsonis, A.A. (1991). A fractal study of dielectric breakdown in the atmosphere. In D. Schertzer & S. Lovejoy (Eds.) *Non-Linear Variability in Geophysics*, Netherlands: Springer, 167-174.

Turcotte, D.L. (1997). *Fractals and Chaos in Geology and Geophysics*. New York: Cambridge University Press.

Valente, A.J., Maddalena, L.A., Robb, E.L., Moradi, F. & Stuart, J.A. (2017). A simple ImageJ macro tool for analyzing mitochondrial network morphology in mammalian cell culture. *Acta Histochemica*, 119(3), 315-326.

Weibel, E.R. (2005). Mandelbrot's Fractals and the Geometry of Life: A Tribute to Benoît Mandelbrot on his 80th Birthday. In G.A. Losa, D. Merlini, T.F. Nonnenmacher & E.R. Weibel (Eds.) *Fractals in Biology and Medicine, Vol. IV*. Basel: Birkhäuser Verlag, 31-42.

Weyn, B., Tjalma, W.A.A., Vermeulen, P., Van Daele, A., Van Marck, E. & Jacob, W. (2004). Determination of tumour prognosis based on angiogenesis-related vascular patterns measured by fractal and syntactic structure analysis. *Clinical Oncology*, 16(4), 307-316.

Zhang, N., Yang, R., Liu, Y., Zhou, J. & Wang, G. (2018). Integration of Information Technology (IT) and the Mathematics Curriculum. In Y. Cao & F. Leung (Eds.) *The 21st Century Mathematics Education in China*. Berlin, Heidelberg: Springer, 259-278.

Zhu, Y. (2017). Research on the Teaching Reform of Higher Education Based on the Depth Integration of Information Technology and Teaching. In DEStech (Ed.) Proceedings of EEMT 2017. Lancaster (USA): DEStech Publications, 347-352.

Διδάσκοντας Αστρονομία σε Σχολεία Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στο Πλαίσιο του Ερευνητικού Προγράμματος STEM4you(th)

Πάνου Ευαγγελία¹, Στεφανίδης Κωνσταντίνος², Κασούτας Μιχαήλ³,
Βέρδης Αθανάσιος⁴, Παπασπύρου Παναγιώτης⁵, Χατζηπαύλου Μαρία⁶,
Κόκκοτας Σπυρίδων⁷

¹ Δρ, Research Paths

e.panou@researchpahts.gr

² Δρ, Research Paths

stefanidis581@gmail.com

³ Δρ, Research Paths

m.kasoutas@researchpaths.gr

⁴ Επίκουρος Καθηγητής, Research Paths

a.verdis@researchpaths.gr

⁵ υπ. Δρ, Research Paths

p.papaspirou@researchpaths.gr

⁶ Research Paths

mariacha096@gmail.com

⁷ Δρ, Project Manager, Research Paths

s.kokkotas@researchpaths.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αυτή η εργασία παρουσιάζει δέκα διδακτικά σενάρια που αφορούν το αντικείμενο της Αστρονομίας για την τυπική και άτυπη εκπαίδευση μαθητών που φοιτούν στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού προγράμματος STEM4you(th). Η διδακτική προσέγγιση STEM ακολουθείται για κάθε διδακτικό σενάριο σε μια υλοποίηση που συνδυάζει στοιχεία της ανακαλυπτικής μάθησης με τον κονστрукτιβισμό, ενώ στο διδακτικό υλικό περιλαμβάνονται φύλλα δραστηριοτήτων, προσομοιώσεις, κατασκευές καθώς και αφήγηση ιστοριών (storytelling). Τα μαθήματα αποσκοπούν στο να καλλιεργήσουν στους μαθητές δεξιότητες απαραίτητες για τη σύγχρονη αγορά εργασίας (π.χ. ο επιστημονικός τρόπος σκέψης και η δημιουργικότητα), να τους παρωθήσουν στην επιλογή σπουδών και επαγγελματιών σχετικών με τα αντικείμενα STEM εισάγοντας τους παράλληλα στην αστρονομία. Τα μαθήματα αστρονομίας και το σχετικό διδακτικό υλικό διατίθενται ελεύθερα και είναι προσβάσιμα σε κάθε χρήστη του διαδικτύου με την αξιοποίηση της διαδραστικής ηλεκτρονικής πλατφόρμας OLCMS (Open Learning Content Management System) που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος για τον σκοπό αυτό. Στην εργασία μας, παρουσιάζουμε αναλυτικά τη δομή και τη φιλοσοφία των διδακτικών μας σεναρίων καθώς και τα αποτελέσματα από την υλοποίησή τους σε σχολικές μονάδες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της χώρας.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: STEM4you(th), ανακαλυπτική μέθοδος, επικοδομητισμός, αφήγηση ιστοριών (storytelling), αστρονομία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διδακτική προσέγγιση STEM βασίζεται στην διαθεματική και εφαρμοσμένη διδασκαλία των θετικών επιστημών με όρους Επιστήμης (Science), Τεχνολογίας (Technology), Μηχανικής (Engineering) και Μαθηματικών (Mathematics). Η προσέγγιση αυτή στοχεύει στο να μυήσει τους μαθητές στις θετικές επιστήμες υπό τους προαναφερθέντες όρους και να τους καταστήσει ικανούς να συμμετέχουν

σε σχετικές δημόσιες συζητήσεις, να αναπτύξουν την κριτική τους σκέψη, να είναι ικανοί να αντιμετωπίζουν καθημερινά ζητήματα και πληροφορίες που σχετίζονται με την επιστήμη και, εν τέλει, να τους παρακινήσει να επιλέξουν να σταδιοδρομήσουν σε κάποιο από τα εν λόγω αντικείμενα (National Research Council, 2012). Προκειμένου να καθοριστούν οι προσεγγίσεις και οι συνθήκες που είναι πιο πιθανόν να οδηγούν σε θετικά αποτελέσματα κατά την εφαρμογή της προσέγγισης STEM στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση (K-12), δημιουργήθηκε το 2014 στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής μία σχετική ερευνητική ατζέντα (National Academy of Engineering & National Research Council, 2014). Σύμφωνα με αυτή μέσα από μια εκπαίδευση STEM οι μαθητές αναπτύσσουν υψηλού επιπέδου δεξιότητες, εργάζονται και μαθαίνουν από κοινού, αλλά και εξοικειώνονται στο να βρίσκουν λύσεις στα διάφορα προβλήματα μέσα από μια διαθεματική προσέγγιση.

Το πρόγραμμα STEM4you(th) είναι ένα ευρωπαϊκό πρόγραμμα που χρηματοδοτείται στο πλαίσιο του Προγράμματος Ορίζοντας 2020 (Horizon 2020) για Έρευνα και Καινοτομία, της Ευρωπαϊκής Ένωσης σύμφωνα με την υπ. αριθμ. 710577 σύμβαση χρηματοδότησης. Η διάρκειά του είναι 30 μηνών ξεκινώντας το Μάιο του 2016. Στο πρόγραμμα STEM4you(th) συμμετέχουν πανεπιστήμια και ερευνητικά ινστιτούτα από 6 Ευρωπαϊκές χώρες: Politechnika Warszawska (Πολωνία/Συντονιστής του Προγράμματος), Ίδρυμα Ευγενίδου (Ελλάδα), Institut Jožef Stefan (Σλοβενία), Fondazione Umberto Veronesi (Ιταλία), “Research Paths” (Ελλάδα), Technická Univerzita Ostrava (Τσεχία), Universitat De Barcelona (Ισπανία), Universidad De Cantabria (Ισπανία), Open Evidence (Ισπανία), Institute for Strategic and Developmental Analysis (IRSA) (Σλοβενία). Περισσότερες πληροφορίες σχετικώς είναι διαθέσιμες στο διαδικτυακό τόπο του προγράμματος (www.stem4youth.eu) και στην ιστοσελίδα της Research Paths (www.researchpaths.gr), ενώ υπάρχει και ομάδα στην πλατφόρμα κοινωνικής δικτύωσης Facebook (@stemforyouth) όπου περιοδικά αναρτώνται νέα του προγράμματος.

Ομάδα στόχο του προγράμματος STEM4you(th) αποτελούν κυρίως μαθητές τυπικής ή άτυπης εκπαίδευσης ηλικίας 14-16 ετών στους οποίους το πρόγραμμα μέσα από τη σειρά των διαθεματικών μαθημάτων του παρουσιάζει θεμελιώδεις προκλήσεις σχετικές με την εκπαίδευση STEM. Το περιεχόμενο των μαθημάτων του προγράμματος οργανώνεται γύρω από 7 θεματικές σχετικές με την εκπαίδευση STEM: Μαθηματικά, Φυσική, Αστρονομία, Χημεία, Μηχανική, Ιατρική και Επιστήμη των Πολιτών στα Σχολεία. Σε κάθε θεματική ενότητα παρουσιάζονται 7-10 προκλήσεις, κυρίως μέσα από την πρακτική τους εφαρμογή και το αντίκτυπο της στην καθημερινή εργασία και ζωή. Εξάλλου, ανάμεσα στους βασικούς σκοπούς του προγράμματος συγκαταλέγεται και η ανάδειξη συγκεκριμένων δεξιοτήτων και ικανοτήτων που αναπτύσσονται μέσα από την εκπαίδευση STEM καθώς του τρόπου με τον οποίο αυτές οι δεξιότητες και ικανότητες μπορούν να ανταποκριθούν στις άμεσες και μελλοντικές ανάγκες της Ευρωπαϊκής αγοράς εργασίας.

Το πρόγραμμα STEM4you(th) ευελπιστεί ότι θα παράσχει μία συνολική, «πανοραμική» εικόνα των επιστημών που σχετίζονται με την εκπαίδευση STEM καθώς και των εργασιακών χαρακτηριστικών που σχετίζονται και απαιτούνται από αυτές τις επιστήμες, ούτως ώστε οι νέοι να μπορούν να λάβουν συνειδητές και ενημερωμένες αποφάσεις για το μέλλον τους, όπως τις σπουδές και, εν τέλει, την επαγγελματική τους σταδιοδρομία. Το αντικείμενο και τα απτά αποτελέσματα του προγράμματος μπορούν να περιγραφούν ως εξής: (i) ένας διαθεματικός οδηγός που θα αναπτύσσεται με σκοπό να αξιοποιηθεί σε διάφορες περιστάσεις όπως εξωσχολικές δραστηριότητες, εκδηλώσεις σχετικές με τις επιστήμες, πανεπιστημιακές ομιλίες καθώς και μαθησιακό υλικό ανοιχτής πρόσβασης μέσω του διαδικτύου, (ii) μεθοδολογίες τυπικής και άτυπης εκπαίδευσης και εργαλεία κατάλληλα προσαρμοσμένα ώστε να παρουσιάζουν της επιστημονικές προκλήσεις με έναν ελκυστικό τρόπο (μάθηση μέσω πειραμάτων, παιγνιώδης μάθηση, αγωγή του πολίτη), (iii) προτάσεις για καλές πρακτικές τόσο στη μάθηση μέσω STEM όσο και για τα επίσημα αναλυτικά προγράμματα σπουδών. Στόχος είναι επίσης να δοθεί παράλληλα ανατροφοδότηση στην Ευρωπαϊκή Ένωση για την εκπαιδευτική της πολιτική.

Οι επιστήμες STEM βρίσκουν εφαρμογή σε πολλές πτυχές της καθημερινής ζωής καθώς και στα επαγγέλματα του μέλλοντος. Το πρόγραμμα εισάγει εκπαιδευτικούς και μαθητές στην εκπαίδευση STEM με ένα καινοτόμο τρόπο μέσα και έξω από το σχολείο και ενθαρρύνει τις εκπαιδευτικές αρχές να αναβαθμίσουν τις δράσεις τους στα εκπαιδευτικά συστήματα της Ευρώπης. Προκειμένου να γίνει εφικτό αυτό μαθήματα συνδυάζονται με διαδραστικές δραστηριότητες σε διάφορες εκδηλώσεις και παρουσιάζονται σε συνέδρια που αφορούν τοπικές ή εθνικές αρχές, έχοντας ως στόχο την αυξανόμενη

ενσωμάτωση στην εκπαιδευτική διαδικασία της καινοτόμης προσέγγισης STEM (M. Brzozowy et al., 2017; Diego-Mantecón, Sáenz De La Torre Lasierra, & Brzozowy, 2017).

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ

Η Αστρονομία και η επιστήμη του Διαστήματος συνεισφέρουν σημαντικά και σε άλλα επιστημονικά πεδία. Στην καθημερινή μας ζωή βιώνουμε τα αποτελέσματα της προόδου αυτής, όπως αντανάκλαται σε ημερολόγια, βιομηχανικά προϊόντα, την αεροδιαστημική τεχνολογία, την ιατρική, τη δορυφορική απεικόνιση, τηλεπικοινωνίες, χαρτογράφηση και παγκόσμια πλοήγηση. Η Αστρονομία έχει ισχυρούς δεσμούς με τις επιστήμες STEM, αλλά και τις ανθρωπιστικές επιστήμες και αυτή η άποψη επιτείνεται από το στρατηγικό σχεδιασμό για την Αστρονομία από τη Διεθνή Αστρονομική Ένωση στον οποίο οι επιστήμες και η έρευνα του διαστήματος προσεγγίζονται με διαθεματικό τρόπο (International Astronomical Union (IAU), 2012).

Στο πλαίσιο αυτού του προγράμματος έχει αναπτυχθεί μια σειρά δέκα μαθημάτων στην Αστρονομία: (i) ο κόσμος είναι κατανοητός μέσω της επιστήμης - βαρύτητα, (ii) ταξίδι στο διάστημα, (iii) ο ήλιος το μόνο άστρο που επηρεάζει τη ζωή μας, (iv) τεχνητοί δορυφόροι και σύγχρονα επαγγέλματα I, (v) τεχνητοί δορυφόροι και σύγχρονα επαγγέλματα II, (vi) προσομοιώνοντας τα φαινόμενα του σύμπαντος, (vii) το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η κλιματική αλλαγή, (viii) οι απόψεις μας για το σύμπαν, (ix) η συμβολή της Αστρονομίας στην ανάπτυξη των επιστημών, (x) το ηλιακό σύστημα. Οι διδακτικοί στόχοι κάθε μαθήματος καθορίστηκαν αφού λήφθηκαν υπόψη το γνωστικό περιεχόμενο αναφορικά με την Αστρονομία, οι σχετιζόμενες επιστημονικές διαδικασίες, οι παρανοήσεις των μαθητών για το συγκεκριμένο θέμα, αλλά και η Φύση των Επιστημών (Nature of Science - NoS). Τα διδακτικά μέσα και υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στο μάθημα είναι: βίντεο με αφήγηση (storytelling), ψηφιακές προσομοιώσεις (π.χ. προσομοιώσεις java) (Esquembre, 2004; “PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder,” n.d.), βίντεο, φωτογραφίες, δραστηριότητες (hands-on-activities) που αφορούν κατασκευές με απλά υλικά (π.χ. τηλεσκόπιο, μια κατασκευή μικρού θερμοκηπίου, ρομποτικός βραχίονας φτιαγμένος από πλαστικά καλαμάκια κ.ά., βλ. και Εικόνα 1), μη επανδρωμένο αεροσκάφος (drone) (με αισθητήρες και αρντουίνο), φύλλα εργασίας, σενάρια, παρουσιάσεις και φύλλα αξιολόγησης για τους μαθητές. Η χρήση βίντεο με αφήγηση στα μαθήματα είναι μεγάλης σημασίας καθώς αποτελούν σημαντική παρώθηση για τα μαθήματα. Μέσα από τις ιστορίες οι μαθητές μπορούν να εντάξουν την Επιστήμη σε ένα γενικότερο πλαίσιο που τους επιτρέπει να αντιληφθούν καλύτερα τη Φύση των Επιστημών (NoS) καθώς μπορούν να φανταστούν καταστάσεις και γεγονότα που διευρύνουν την αντίληψή μας για τις Επιστήμες. Επιπρόσθετα δημιουργούνται συναισθήματα και, επομένως, οι μαθητές - ακροατές συνδέονται συναισθηματικά με τους χαρακτήρες της αφήγησης. Ως αποτέλεσμα μπορεί να προκληθεί ενδιαφέρον το οποίο να ξεπερνά τα στενά όρια της αφήγησης (Ellrod & Heering, 2014).

Οι δραστηριότητες και οι κατασκευές φέρνουν τους μαθητές πιο κοντά στη Μηχανική και την Τεχνολογία. Οι μαθητές αναπτύσσουν νέες δεξιότητες και έρχονται αντιμέτωποι με προβλήματα που λύνονται με κριτική σκέψη μέσω της διαθεματικής προσέγγισης (Bybee, 2010a, 2010b; Sanders, 2009).



Εικόνα 1: Δραστηριότητες – κατασκευές με απλά υλικά (αριστερά: κατασκευή που μοιάζει με θερμοκήπιο, δεξιά: ρομποτικός βραχίονας)

Το διδακτικό σενάριο κάθε μαθήματος είναι διαθέσιμο μέσω μίας ειδικά σχεδιασμένης διαδικτυακής πλατφόρμας που ονομάζεται «Open Learning Management System (OLCMS)» (<https://olcms.stem4youth.pl/discipline>). Αυτή η πλατφόρμα έχει σχεδιαστεί στο πλαίσιο του προγράμματος και είναι ο τόπος όπου όλοι οι συμμετέχοντες στο πρόγραμμα «ανεβάζουν» τα μαθήματα που έχουν δημιουργήσει (Mirosław Brzozowy et al., 2017). Η πλατφόρμα λειτουργεί διττά, τόσο ως αποθετήριο

εκπαιδευτικού υλικού, όσο και ως πηγή εκπαιδευτικού υλικού για εκπαιδευτικούς και μαθητές. Τα μαθήματα και το εκπαιδευτικό υλικό (βίντεο, πολυμεσικό υλικό, οδηγίες, λογισμικό κ.ά.) που σχεδιάζονται για το πρόγραμμα είναι δωρεάν προσβάσιμα στην πλατφόρμα αυτή.

Σκοπός του προγράμματος είναι να αναπτυχθούν δεξιότητες και κλίσεις σε πολλά επίπεδα, (γνωστικό, τεχνικό, συνεργατικό, κοινωνικό κ.ά.) και να ενισχυθούν οι θετικές στάσεις προς τις Επιστήμες, την Τεχνολογία και τα σχετικά με τη STEM εκπαίδευση επαγγέλματα.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η ανακαλυπτική μάθηση (π.χ. Larmer, Mergendoller, & Boss, 2015) χρησιμοποιείται ως μεθοδολογία για κάθε μάθημα σε συνδυασμό με την προσέγγιση της εποικοδόμησης της μάθησης.

Η προτεινόμενη διδακτική μέθοδος βασίζεται στις παρακάτω θεωρητικές θέσεις:

- Η ανάπτυξη των μαθητών πραγματοποιείται μέσα σε ένα πλαίσιο κοινωνικοποίησης. Η γνώση κατασκευάζεται μέσα από την αλληλεπίδραση με άλλους μαθητές και δε μπορεί απλώς να μεταδοθεί από το δάσκαλο. Επομένως, η μάθηση αναπτύσσεται μέσα από την κοινωνική αλληλεπίδραση.
- Η διδασκαλία μπορεί να οργανωθεί από το συγκεκριμένο στο αφηρημένο ή από το μερικό στο γενικό.
- Η χρήση αναλογιών στη διδασκαλία συνδέει την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών με τη νέα γνώση.
- Η συνεργασία των μαθητών σε μικρές ομάδες διευκολύνει την κοινωνική αλληλεπίδραση και τη μαθησιακή διαδικασία, ειδικά σε σχέση με δύσκολους γνωστικούς στόχους.
- Συμπεριλαμβάνονται, επίσης, δραστηριότητες που βασίζονται σε μια διδασκαλία που ακολουθεί την προσέγγιση της εποικοδόμησης, όπως η ανάδειξη των ιδεών των μαθητών μέσα από τη διατύπωση των δικών τους υποθέσεων, και η μετα-γνωστική δραστηριότητα του να συγκρίνουν τις αρχικές υποθέσεις με τα τελικά συμπεράσματα.

Η διδακτική διαδικασία που ακολουθείται βρίσκεται, επίσης, σε συμφωνία με μια ανακαλυπτική μαθησιακή μέθοδο που περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

- Τα φαινόμενα
- Ερωτήσεις που τίθενται από τους μαθητές
- Ερωτήσεις του μαθήματος
- Απαντήσεις / Υποθέσεις
- Πειραματισμός (δεδομένα από προσομοιώσεις και εικόνες)
- Συμπέρασμα
- Σύγκριση ανάμεσα στις αρχικές υποθέσεις και τα τελικά συμπεράσματα των μαθητών
- Γενίκευση
- Επέκταση / Εφαρμογή

Στην αρχή κάθε μαθήματος ο εκπαιδευτικός εισάγει τους μαθητές στο θέμα του μαθήματος χρησιμοποιώντας βίντεο με αφήγηση (storytelling) καθώς και άλλα βίντεο και εικόνες. Οι μαθητές καταγράφουν σε φύλλο εργασίας τις ερωτήσεις τους προκειμένου να διαμορφώσουν τις ερωτήσεις του μαθήματος. Οι απαντήσεις / υποθέσεις διατυπώνονται και ξεκινούν οι πειραματικές διαδικασίες με δεδομένα που συνήθως προέρχονται από προσομοιώσεις, βίντεο, εικόνες και δραστηριότητες (hands-on activities). Οι μαθητές εξάγουν συμπεράσματα και τα συγκρίνουν με τις αρχικές τους υποθέσεις. Τελικά, οι μαθητές μπορεί να κάνουν γενικεύσεις ή/και προεκτάσεις/εφαρμογές. Στο τέλος κάθε μαθήματος υπάρχει μια δραστηριότητα που συνδέει το περιεχόμενο του μαθήματος με την αγορά εργασίας που έχει σχέση με την εκπαίδευση STEM.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Η αξιολόγηση του μαθήματος έχει διπλό σκοπό: Από τη μια μεριά, η αξιολόγηση των στάσεων βασίζεται σε έναν σχεδιασμό pre-post test καθώς και σε έναν αριθμό από ημιδομημένες συνεντεύξεις. Εφόσον ανάμεσα στους σκοπούς του προγράμματος συγκαταλέγεται η εξέταση και η ενίσχυση των κινήτρων των μαθητών για την εκπαίδευση STEM, ένα ερωτηματολόγιο σχετικά με τις απόψεις τους και τις στάσεις τους χορηγήθηκε, το οποίο έχει μια σειρά από διχοτομικές ερωτήσεις, π.χ. δηλώσεις

που οι μαθητές καλούνται να αποδεχτούν ή όχι. Οι απαντήσεις των μαθητών θα αναλυθούν με την νεότερη ψυχομετρική θεωρία και συγκεκριμένα την ανάλυση κατά Rasch (Fox & Bond, 2007).

Επιπροσθέτως στην ποσοτική προσέγγιση της αξιολόγησης των μαθημάτων συμπεριλαμβάνεται και η ανάλυση γραπτών ασκήσεων που οι μαθητές συμπληρώνουν μετά το πέρας κάθε μαθήματος. Οι ερωτήσεις έχουν σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ανταποκρίνονται στους διδακτικούς στόχους του μαθήματος και πρόκειται για ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής ή σύντομης απάντησης.

- Οι δραστηριότητες αξιολόγησης έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα με τις ακόλουθες αρχές:
- Οι ερωτήσεις αντιστοιχούν στους διδακτικούς στόχους.
- Οι ερωτήσεις είναι διαφόρων ειδών σχετικά με τις κλίμακες απαντήσεων που υιοθετούν (π.χ. Likert και διχοτομικές), όπως προτείνει ο Κασσωτάκης (2010).
- Οι ερωτήσεις για τις στάσεις είναι διχοτομικές για να επιτρέψουν πιθανή παραγοντική ανάλυση και ανάλυση κατά Rasch.

Η ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΦΑΣΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ

Σύμφωνα με το πρόγραμμα, το μάθημα αστρονομίας έχει σχεδιαστεί προκειμένου να εφαρμοσθεί και να αξιολογηθεί στα Ελληνικά σχολεία σε δύο στάδια (Στάδιο 1 & Στάδιο 2). Η επιλογή των σχολείων και των εκπαιδευτικών που θα συμμετείχαν στο πρόγραμμα έχει ήδη ολοκληρωθεί από το φθινόπωρο του 2017. Οι εκπαιδευτικοί που θα ενεπλάκησαν στο πρόγραμμα έλαβαν την απαραίτητη επιμόρφωση προκειμένου να εφαρμόσουν το μάθημα. Το Στάδιο 1 της πιλοτικής φάσης κατά το οποίο 70% των μαθημάτων ήταν προς υλοποίηση, ολοκληρώθηκε στα δημόσια σχολεία της Χίου, του Πειραιά και των Αθηνών στο τέλος του Ιανουαρίου του 2018. Μετά από την απαραίτητη ανατροφοδότηση και τις σχετικές διορθώσεις όλη η σειρά των μαθημάτων εφαρμόστηκε και αξιολογήθηκε για δεύτερη φορά. Η δεύτερη εφαρμογή έγινε σε σχολεία της Αθήνας και του Πειραιά και ολοκληρώθηκε στα τέλη Μαΐου του 2018. Μετά την επεξεργασία των δεδομένων από την δεύτερη υλοποίηση το μάθημα θα αποκτήσει την τελική του μορφή.

A/A Σχολείου	Ηλικία Μαθητών	Αριθμός Μαθητών	Αριθμός Εκπαιδευτικών
1	14	25	2
2	14	22	1
3	15	17	2
4	15	20	5
5	15	20	2
6	14	15	1
7	14	24	1

Πίνακας 1: Αριθμός μαθητών και εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην πρώτη πιλοτική φάση

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΦΑΣΗ (ΣΤΑΔΙΟ 1)

Η ανατροφοδότηση από το πρώτο στάδιο (Στάδιο 1) της πιλοτικής φάσης των μαθημάτων Αστρονομίας είναι ενθαρρυντική. Η πλειονότητα των μαθητών ήταν πολύ πρόθυμοι να εμπλακούν με τις δραστηριότητες και τις κατασκευές. Επέδειξαν, επίσης, ενθουσιασμό σχετικά με τα βίντεο με αφήγηση (storytelling), καθώς και για το υπόλοιπο οπτικοακουστικό επιστημονικό εκπαιδευτικό υλικό καθώς και για τα βίντεο προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η διάρκεια των δραστηριοτήτων θα πρέπει να καθορίζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια προκειμένου όλα τα μαθήματα να έχουν μια μέγιστη διάρκεια που να μην υπερβαίνει τα 90 λεπτά. Η αξιολόγηση μέχρι τώρα έχει δείξει ότι μετά την διδακτική παρέμβαση του μαθήματος οι μαθητές έχουν θετικότερες αντιδράσεις προς τα αντικείμενα STEM και πολύ καλύτερη κατανόηση της Αστρονομίας. Οι ελλείψεις και τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν στο Στάδιο 1 έχουν ληφθεί υπόψη και θα γίνουν οι απαραίτητες προσαρμογές και αλλαγές κατά την υλοποίηση στο Στάδιο 2. Σύμφωνα με τα ερωτηματολόγια το μεγαλύτερο μέρος των μαθητών δήλωσε ότι επιθυμούν να εμπλακούν ξανά σε δραστηριότητες σχετικές με την εκπαίδευση STEM. Τα αποτελέσματα μέχρι τώρα δείχνουν ότι οι μαθητές προσελκύονται ιδιαίτερα από τις συμμετοχικές δραστηριότητες σε ομάδες (κατασκευές και πειράματα), που τους προσφέρουν μια ευκαιρία να αναδείξουν τη δημιουργικότητά τους.

ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Το πρόγραμμα STEM4you(th) έχει λάβει χρηματοδότηση από το Πρόγραμμα Ορίζοντας 2020 (Horizon 2020) για Έρευνα και Καινοτομία, της Ευρωπαϊκής Ένωσης σύμφωνα με την υπ. αριθμ. 710577 σύμβαση χρηματοδότησης. Η παρούσα εργασία εκφράζει τις απόψεις των συγγραφέων της και μόνο και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνη για οποιαδήποτε χρήση των πληροφοριών που περιέχονται σε αυτή.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Brzozowy, M., Hołownicka, K., Bzdak, J., Tornese, P., Lupiañez-Villanueva, F., Vovk, N. et al (2017). Making STEM Education attractive for young people by presenting key scientific challenges and their impact on our life and career perspectives. *INTED2017 Proceedings, 11th Annual International Technology, Education and Development Conference, Valencia 6th-8th of March 2017*, 9948–9957.
- Brzozowy, M, Bzdak, J., Hołownicka, K., Duda, P., Troumpetari, C., & Vovk, N. (2017). Open Learning Content Management System: Attracting Young People to Stem and Fostering Sense of Community. *European Science Education Research Association (ESERA) 2017 Proceedings, 21st-25th August 2017, Dublin City University: Dublin, Ireland*. Retrieved from https://keynote.conference-services.net/resources/444/5233/pdf/ESERA2017_1190_paper.pdf
- Bybee, R. W. (2010a). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30–35.
- Bybee, R. W. (2010b). What Is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Diego-Mantecón, J. M., Sáenz De La Torre Lasierra, J. J., & Brzozowy, M. (2017). Proyecto STEMforYouth. In Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas (Ed.), *VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática, del 10 al 14 Julio 2017, Madrid, Libro de actas* (pp. 305–311). Madrid: Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas. Retrieved from https://stemforyouth.unican.es/wp-content/uploads/2018/03/ComunicacionesLibroActas_CB701-800.pdf
- Ellrod, M., & Heering, P. (2014). Arguments for Telling Interesting Science Stories. In P. Kokkotas & S. Kokkotas (Eds.), *Storytelling in Science Education - Experiences and Perspectives* (1 edition). Seattle, WA: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Esquembre, F. (2004). Easy Java Simulations: a software tool to create scientific simulations in Java. *Computer Physics Communications*, 156(2), 199–204. [https://doi.org/10.1016/S0010-4655\(03\)00440-5](https://doi.org/10.1016/S0010-4655(03)00440-5)
- Fox, C. M., & Bond, T. G. (2007). *Applying the Rasch Model: Fundamental Measurement in the Human Sciences, Second Edition* (2 edition). Mahwah, N.J: Routledge.
- International Astronomical Union (IAU). (2012). *Astronomy for Development: Strategic Plan 2010-2020 with 2012 update on implementation*. Retrieved from https://www.iau.org/static/education/strategicplan_2010-2020.pdf
- Larmer, J., Mergendoller, J., & Boss, S. (2015). *Setting the Standard for Project Based Learning: A Proven Approach to Rigorous Classroom Instruction*. Alexandria, VA: Association for Supervision & Curriculum Development.
- National Academy of Engineering, & National Research Council. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. (M. Honey, G. Pearson, & H. Schwein-gruber, Eds.). Washington, DC: The National Academies Press. Retrieved from <https://www.nap.edu/catalog/18612/stem-integration-in-k-12-education-status-prospects-and-an>
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Cross-cutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. Retrieved from <https://www.nap.edu/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>
- PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder. (n.d.). Retrieved June 8, 2018, from <https://phet.colorado.edu/en/>

Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26.

Κασσωτάκης, Μ. (2010). *Η αξιολόγηση της επίδοσης των μαθητών: Μέσα, μέθοδοι, προβλήματα, προοπτικές*. Αθήνα: Γρηγόρη.

Διερεύνηση της Δυνατότητας Χρήσης Έξυπνων Κινητών Συσκευών στη Διδακτική Πράξη. Η Περίπτωση της Αξιοποίησης του Αισθητήρα Επιτάχυνσης

Τσούκος Σεραφεΐμ¹, Κατέρης Αλέξανδρος², Λάζος Παναγιώτης³, Τζαμαλής Παύλος⁴, Βελέντζας Αθανάσιος⁵

¹Εκπαιδευτικός - 2ο Πειραματικό Γυμνάσιο Αθηνών
stsoukos@yahoo.com

²Εκπαιδευτικός - 2ο Πειραματικό Γενικό Λύκειο Αθηνών
akateris@yahoo.com

³Εκπαιδευτικός - 26ο Γενικό Λύκειο Αθηνών
taklazos@gmail.com

⁴ΕΔΙΠ - Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
ptzamalis@sch.gr

⁵ΕΔΙΠ - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
avelentz@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται έντονο ενδιαφέρον της κοινότητας των εκπαιδευτικών για τις δυνατότητες χρήσης των έξυπνων κινητών συσκευών (ΕΚΣ) στο εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών και ειδικότερα για την αξιοποίηση των αισθητήρων που αυτές διαθέτουν. Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο πλαίσιο ευρύτερης έρευνας σχετικά με τις δυσκολίες που πιθανώς να συναντήσει ο εκπαιδευτικός που θα προσπαθήσει να υλοποιήσει προτάσεις από τη βιβλιογραφία σχετικά με την αξιοποίηση των ΕΚΣ στην πραγματικότητα της σχολικής τάξης. Συγκεκριμένα, διερευνάται κατά πόσο προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα πειραμάτων που αξιοποιούν τον αισθητήρα επιτάχυνσης εξαιτίας του γεγονότος ότι οι μαθητές διαθέτουν διαφορετικούς τύπους / μοντέλα ΕΚΣ. Καταγράφηκαν οι τύποι των κινητών τηλεφώνων 1083 μαθητών και εντοπίστηκαν τα πλέον «δημοφιλή» και από αυτά επιλέχθηκαν επτά διαφορετικοί τύποι προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στην έρευνα. Πραγματοποιήθηκε ταυτόχρονος και πανομοιότυπος πειραματισμός με τα επιλεγέντα κινητά τηλέφωνα.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι διαφορές που προκύπτουν δεν είναι στατιστικά σημαντικές στο πλαίσιο του πειραματισμού στο σχολικό εργαστήριο και σε καμία περίπτωση δεν θα μπορούσε να δράσουν αποτρεπτικά στην απόφαση ενός εκπαιδευτικού που διδάσκει Φυσική να αξιοποιήσει τις ΕΚΣ των μαθητών στη διδακτική πράξη.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Κινητά τηλέφωνα, αισθητήρας επιτάχυνσης, σχολικό εργαστήριο.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση των κινητών τηλεφώνων αλλά και των υπολογιστών ταμπλέτας (στο εξής Έξυπνες Κινητές Συσκευές-ΕΚΣ) έχει λάβει μεγάλη έκταση στην εκπαίδευση και ειδικότερα στη Φυσική ως μια εύκολη λύση για τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, μέσω των ποικίλων αισθητήρων που διαθέτουν όλες οι ΕΚΣ, καθώς και για την επίτπου επεξεργασία αυτών των δεδομένων, τουλάχιστον σε ένα πρώτο επίπεδο. Η βιβλιογραφία γύρω από το θέμα είναι πολύ μεγάλη (για παράδειγμα Kuhn, 2013), αλλά τα περισσότερα άρθρα εντοπίζονται στη διατύπωση πειραματικών διατάξεων για την εκμετάλλευση των ΕΚΣ. Ορισμένα μόνο άρθρα ασχολούνται με προβλήματα που εμφανίζουν οι ΕΚΣ (για παράδειγμα Monteiro, 2015), κυρίως σε εξειδικευμένο τεχνικό επίπεδο, αλλά πολύ λίγα ασχολούνται με τα εκπαιδευτικά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν στην τάξη κατά τη χρήση των ΕΚΣ.

Ένα ζήτημα που απασχολεί τον εκπαιδευτικό που διδάσκει τα μαθήματα των φυσικών επιστημών και επιθυμεί να ενσωματώσει στο μάθημά του τη χρήση των ΕΚΣ, είναι το παλιό αλλά πάντα επίκαιρο ζήτημα της ακρίβειας, δηλαδή, του πόσο κοντά είναι η μετρούμενη στην πραγματική τιμή και της

αξιοπιστίας, δηλαδή, του πόσο κοντά είναι οι διαδοχικές μετρήσεις μεταξύ τους. Όπως, λοιπόν, αποτελεί πολύ σημαντικό στόχο χρησιμοποιώντας κλασικά μέσα σε κάθε εργαστήριο φυσικής να λαμβάνονται μετρήσεις των φυσικών μεγεθών τόσο με υψηλή ακρίβεια όσο και με μεγάλη αξιοπιστία, έτσι και στην περίπτωση χρήσης των ΕΚΣ οι απαιτήσεις καθίστανται παρόμοιες. Ένα νέο στοιχείο, που ενδέχεται να επιδρά σημαντικά στο ζήτημα της αξιοπιστίας, έχει να κάνει με το γεγονός ότι είναι εξαιρετικά πιθανό οι ΕΚΣ που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα εργαστηριακό μάθημα να προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές και πιθανόν να χρησιμοποιούν και διαφορετικό λογισμικό. Πρέπει λοιπόν καταρχήν να διερευνηθεί σε ένα πρώτο στάδιο το ζήτημα του επιπέδου της αξιοπιστίας που επιτυγχάνεται σε απλά πειράματα με τη χρήση ΕΚΣ από διαφορετικούς κατασκευαστές, αλλά και σε ένα δεύτερο στάδιο η αξιοπιστία που επιτυγχάνεται από τη χρήση διαφορετικών λογισμικών.

Ένα δεύτερο ζήτημα σχετίζεται με τον καθορισμό των ελάχιστων δυνατοτήτων καθώς και των χαρακτηριστικών που πρέπει να έχουν οι εφαρμογές (Apps) που θα χρησιμοποιηθούν στις ΕΚΣ προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι απαιτήσεις και να ικανοποιηθούν οι διδακτικοί στόχοι ενός εργαστηριακού μαθήματος φυσικής. Το ζήτημα είναι βιβλιογραφικά ανοικτό, καθώς σε κάθε άρθρο προτείνεται και κάποια διαφορετική εφαρμογή, αλλά και αρκετά περίπλοκο, με δεδομένη την πληθώρα των εφαρμογών που είναι διαθέσιμες, αλλά και τον γοργό ρυθμό με τον οποίο αυτές καθίστανται ξεπερασμένες από την πρόοδο της τεχνολογίας. Μια πρώτη απάντηση πιθανόν να είναι ότι σε ένα Δημόσιο Σχολείο θα πρέπει οι χρησιμοποιούμενες εφαρμογές να είναι διαθέσιμες δωρεάν (ελεύθερες εφαρμογές), να δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες μιας πρώτης επεξεργασίας των δεδομένων/μετρήσεων απευθείας στην οθόνη της ΕΚΣ, προκειμένου να έχει νόημα η επιτόπου ανατροφοδότηση των μαθητών και η κριτική τους στάση έναντι των αποτελεσμάτων, ενώ παράλληλα θα πρέπει να μπορούν να επιτύχουν ένα ικανοποιητικό ρυθμό δειγματοληψίας προκειμένου να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε φαινόμενα που εξελίσσονται πολύ γρήγορα.

Ο τρόπος με τον οποίο θα ενσωματωθούν οι ΕΚΣ στην εκπαίδευση δεν έχει καθοριστεί ακόμα στην Ελλάδα. Στην περίπτωση όμως που υιοθετηθεί το μοντέλο BYOD-Bring Your Own Devices (Stavert, 2013) και οι μαθητές ενθαρρυνθούν να φέρουν και να χρησιμοποιήσουν τις συσκευές τους στο σχολείο, τότε η διαχείριση των ζητημάτων που τέθηκαν θα αποδειχθούν πολύ σημαντικά για την επιτυχή χρήση των ΕΚΣ στη σχολική τάξη.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, αλλά και τις προτάσεις για αξιοποίηση των αισθητήρων των ΕΚΣ στο σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, θεωρήθηκε ότι θα είχε εκπαιδευτική αξία η διερεύνηση των πιθανών «τεχνικών» δυσκολιών που θα προκύψουν στην πράξη κατά την υλοποίηση αυτών των προτάσεων από εκπαιδευτικούς. Οι «τεχνικές» δυσκολίες μπορεί να οφείλονται αφενός μεν στην ευχέρεια χρήσης των ΕΚΣ από τους μαθητές και αφετέρου στις ίδιες τις συσκευές, δηλαδή στις πιθανές διαφοροποιήσεις μεταξύ ΕΚΣ διαφόρων κατασκευαστών, λογισμικών που χρησιμοποιούν οι ΕΚΣ που διαθέτουν οι μαθητές, αλλά και σε διαφοροποιήσεις μεταξύ των εφαρμογών (Apps) που αξιοποιούν τους αισθητήρες. Στην παρούσα εργασία περιοριζόμαστε στην έρευνα για πιθανή διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων πειραμάτων στα οποία γίνεται χρήση του αισθητήρα επιτάχυνσης, που οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές διαθέτουν είτε ΕΚΣ από διαφορετικούς κατασκευαστές, είτε διαφορετικούς τύπους (μοντέλα) ΕΚΣ από τον ίδιο κατασκευαστή καθώς επίσης και στο ότι οι ΕΚΣ, που διαθέτουν οι μαθητές, χρησιμοποιούν δύο διαφορετικά λογισμικά. Με άλλα λόγια, διερευνάται κατά πόσο προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα πειραμάτων που αξιοποιούν τον αισθητήρα επιτάχυνσης των ΕΚΣ.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Με βάση το προηγούμενο σκεπτικό αποφασίστηκε ο ταυτόχρονος και πανομοιότυπος πειραματισμός με ένα αριθμό κινητών τηλεφώνων ώστε να εντοπιστούν πιθανές αποκλίσεις στα αποτελέσματα των πειραμάτων. Η έρευνα περιλαμβάνει δύο φάσεις.

1^η ΦΑΣΗ: Η ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΕΚΣ

Στην πρώτη φάση πραγματοποιήθηκε η επιλογή του αριθμού και των τύπων των κινητών τηλεφώνων που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα. Για το λόγο αυτό καταγράφηκαν οι τύποι των κινητών τηλεφώνων 1083 μαθητών από ένα Γυμνάσιο και δύο Λύκεια της περιοχής Α΄ Αθήνας, στα οποία υπήρχε πρόσβαση. Εντοπίστηκαν οι πλέον «δημοφιλείς» ΕΚΣ στο εν λόγω δείγμα και από

αυτές επιλέχθηκαν επτά διαφορετικοί τύποι προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στον πειραματισμό. Από τις επτά ΕΚΣ που χρησιμοποιήθηκαν στον πειραματισμό, οι δύο χρησιμοποιούν λειτουργικό σύστημα iOS και οι πέντε λειτουργικό σύστημα Android. Ο αριθμός των συσκευών που χρησιμοποιήθηκαν αποφασίστηκε με βάση την δυνατότητα που υπήρχε για ταυτόχρονο και πανομοιότυπο πειραματισμό.

2^η ΦΑΣΗ: Ο ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΣ

Στον πειραματισμό επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ο αισθητήρας επιτάχυνσης (επιταχυνσιόμετρο), διότι είναι ένας αισθητήρας που διαθέτουν όλα τα κινητά τηλέφωνα και υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός προτάσεων για την αξιοποίησή του (για παράδειγμα Vogt&Kuhn, 2014). Επίσης, επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί ένα από τα προτεινόμενα πειράματα της βιβλιογραφίας στα οποία ο αισθητήρας επιτάχυνσης χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του συντελεστή τριβής ολίσθησης μεταξύ δύο επιφανειών (Βελέντζας κ.α., 2017). Η επιλογή του συγκεκριμένου πειράματος έγινε γιατί επιτρέπει και στις επτά ΕΚΣ να κινούνται κολλημένες πάνω στο ίδιο σώμα που εκτελεί μεταφορική κίνηση. Με αυτή την διάταξη εξασφαλίζεται ότι οι πιθανές διαφοροποιήσεις στις τιμές επιτάχυνσης θα οφείλονται μόνο στον τύπο της ΕΚΣ, δηλαδή του κινητού τηλεφώνου και όχι σε άλλες παραμέτρους.

Εφόσον κάποιος εκπαιδευτικός προτίθεται να χρησιμοποιήσει τον αισθητήρα επιτάχυνσης στο εργαστήριο είναι μάλλον προφανές ότι μπορεί να προτείνει την χρήση της ίδιας εφαρμογής, που αξιοποιεί εκπαιδευτικά αυτόν τον αισθητήρα, σε όλους τους μαθητές. Για το λόγο αυτό και στα επτά επιλεγέντα κινητά τηλέφωνα αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της επιτάχυνσης η ίδια εφαρμογή “sparkvue” (<https://www.pasco.com/sparkvue/>). Τα κριτήρια επιλογής της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι ότι:

- Διατίθεται δωρεάν για τις ΕΚΣ.
- Έχει την ίδια μορφή και χειρισμό στα δύο λειτουργικά συστήματα iOS και Android
- Δημιουργεί αυτόματα γραφικές παραστάσεις και επιτρέπει αφενός μεν το χειρισμό τους πάνω στη συσκευή, αφετέρου δε επιτρέπει την εξαγωγή των δεδομένων/αποτελεσμάτων σε υπολογιστικά φύλλα, όπως το excel ή το LoggerPro.
- Επιτρέπει αλλαγή τιμών δειγματοληψίας από σχετικά μικρές έως αρκετά μεγάλες (1KHz).

Στο συγκεκριμένο πείραμα που επιλέξαμε να μελετήσουμε απαιτείται και ο προσδιορισμός της γωνίας κλίσης κεκλιμένου επιπέδου. Η μέτρηση της γωνίας έγινε και αυτή με την χρήση των κινητών τηλεφώνων. Για τις κινητές συσκευές που διαθέτουν λογισμικό android, χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή πυξίδα-αλφάδι, ενώ για τις κινητές συσκευές που διαθέτουν λογισμικό iOS χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή surfacelevel.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο πειραματισμός πραγματοποιήθηκε από τους ερευνητές με συμμετοχή των μαθητών που διέθεσαν τις συσκευές των τηλεφώνων τους. Δεν πραγματοποιήθηκαν παρατηρήσεις σχετικά με την ευχέρεια χρήσης των συσκευών και των εφαρμογών από τους μαθητές, ούτε καταγράφηκε κάτι σχετικά με την μαθησιακή διαδικασία καθότι αυτό δεν αποτελεί στόχο της παρούσας έρευνας, η οποία, όπως ήδη αναφέρθηκε, εστιάζει μόνο στις πιθανές διαφοροποιήσεις στα πειραματικά αποτελέσματα λόγω διαφοράς τύπων και μοντέλων των κινητών τηλεφώνων.

Η ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Ο σκοπός του πειράματος είναι ο υπολογισμός του συντελεστή τριβής ολίσθησης μεταξύ ενός ξύλινου ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου και της έδρας της σχολικής τάξης. Αρχικά ανασηκώθηκε η μία πλευρά της έδρας και με τη βοήθεια κατάλληλου στηρίγματος που τοποθετήθηκε κάτω από αυτή, δημιουργήθηκε κεκλιμένο επίπεδο σταθερής γωνίας κλίσης φ . Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν και στερεώθηκαν τα επτά κινητά τηλέφωνα πάνω σε ξύλινο συμπαγές ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο (εικόνα 1) και με την χρήση της εφαρμογής “sparkvue” μετρήθηκε η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας g από κάθε ένα κινητό τηλέφωνο.



Εικόνα 1: Τα κινητά πάνω στο ξύλο

Οι μετρήσεις της επιτάχυνσης της βαρύτητας πραγματοποιήθηκαν και καταγράφηκαν αφού το ξύλινο ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, τοποθετήθηκε ακίνητο σε οριζόντιο επίπεδο. Ακολούθως, το ξύλο συγκρατήθηκε ακίνητο στην κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου και με τη χρήση των εφαρμογών “πυξίδα αλφάδι” ή surfacelevel (κατά περίπτωση, όπως ήδη αναφέρθηκε) καταγράφηκε η τιμή της γωνίας κλίσης φ που ανέγραφε κάθε ένα κινητό τηλέφωνο. Τέλος, το ξύλο αφέθηκε ελεύθερο να ολισθήσει στο κεκλιμένο επίπεδο και με τη βοήθεια της εφαρμογής “sparkvue” καταγράφηκε η τιμή της επιτάχυνσης σε συνάρτηση με το χρόνο. Η δειγματοληψία ρυθμίστηκε στη συχνότητα 1KHz.

Αν α η τιμή της επιτάχυνσης κατά την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση του ξύλου, αποδεικνύεται εύκολα ότι ο συντελεστής τριβής ολίσθησης, υπολογίζεται από τη σχέση:

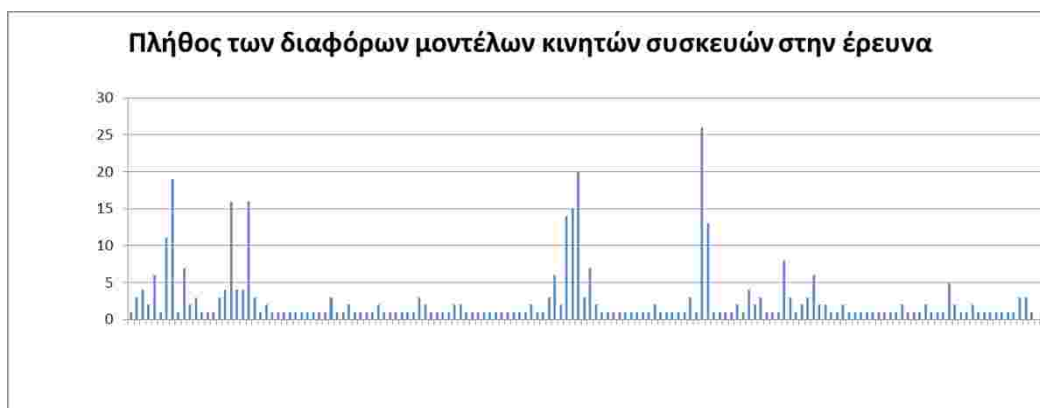
$$\mu = \frac{g \cdot \eta \mu \varphi - \alpha}{g \cdot \sigma \upsilon \nu \varphi} \quad (1)$$

ΕΥΡΗΜΑΤΑ

1^η ΦΑΣΗ: Η ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΕΚΣ

Στην πρώτη φάση της έρευνας πραγματοποιήθηκε η επιλογή των κινητών τηλεφώνων που χρησιμοποιήθηκαν στις μετρήσεις. Για το λόγο αυτό, δόθηκαν ερωτηματολόγια στους μαθητές που φοιτούν σε ένα Γυμνάσιο και δύο Λύκεια της περιοχής Α΄ Αθήνας, στα οποία υπήρχε πρόσβαση. Στα ερωτηματολόγια ζητήθηκε από τους μαθητές ανώνυμα να καταγράψουν, την τάξη και το τμήμα που φοιτούν, το όνομα της εταιρείας που κατασκευάζει το κινητό τους (εκλαϊκευτικά τη μάρκα του κινητού τους) καθώς και τον ακριβή τύπο (μοντέλο) του κινητού.

Με την ολοκλήρωση των καταγραφών συλλέχθηκαν 1083 ερωτηματολόγια και οι απαντήσεις των μαθητών εισήχθησαν στο πρόγραμμα Microsoft excel με το οποίο πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία. Οι κινητές συσκευές ταξινομήθηκαν σύμφωνα με την εταιρεία που τις κατασκευάζει και η επεξεργασία έδειξε 32 διαφορετικές εταιρείες και σύμφωνα με τον αντίστοιχο τύπο (μοντέλο), όπου η επεξεργασία έδειξε 303 διαφορετικούς τύπους. Στη συνέχεια έγινε ταξινόμηση σύμφωνα με το πλήθος κάθε τύπου κινητού τηλεφώνου εκφρασμένο σε ποσοστό επί της εκατό, για το σύνολο των καταγραφών. Στο ραβδόγραμμα της εικόνας 2 παρουσιάζονται οι συχνότητες εμφάνισης (σε απόλυτους αριθμούς) των διαφόρων τύπων κινητών τηλεφώνων στο σύνολο των 1083 καταγραφών της έρευνας. Κάθε ράβδος αντιστοιχεί σε διαφορετικό μοντέλο που καταγράφηκε στην έρευνα, ενώ για λόγους δεοντολογίας δεν εμφανίζονται οι εμπορικές τους ονομασίες.



Εικόνα 2: Ραβδόγραμμα συχνοτήτων εμφάνισης των διαφόρων μοντέλων κινητών συσκευών. Εμφανίζονται οι απόλυτοι αριθμοί στο σύνολο των 1083 καταγραφών.

Στα πειράματα, της μέτρησης της επιτάχυνσης της βαρύτητας g σε οριζόντιο επίπεδο, της μέτρησης της γωνίας κλίσης φ του κεκλιμένου επιπέδου, της μέτρησης της επιτάχυνσης του ξύλινου ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου που κινείται στο κεκλιμένο επίπεδο (μέτρηση που οδηγεί στον υπολογισμό του συντελεστή τριβής ολίσθησης σε κεκλιμένο επίπεδο), οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τις επτά κινητές συσκευές που απαντήθηκαν πιο συχνά στην έρευνα και στους πίνακες των ευρημάτων ονομάζονται κινητή συσκευή 1 έως και κινητή συσκευή 7 και όχι με την εμπορική τους ονομασία, για λόγους δεοντολογίας που σχετίζονται με τη μη διαφήμιση. Αξίζει να σημειωθεί, ότι το συνολικό πλήθος των επτά τύπων κινητών τηλεφώνων που επιλέχθηκαν για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις, αντιστοιχεί στο 11,1% επί του συνόλου των 1083 καταγραφών, γεγονός που δείχνει την πολύ μεγάλη διασπορά των διαθέσιμων ΕΚΣ από τους μαθητές, άρα και της σημασίας που έχει η μελέτη της αξιοπιστίας μεταξύ των μετρήσεων από όλες αυτές τις συσκευές.

2^η ΦΑΣΗ: Ο ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΣ

Αρχικά, για να μετρηθεί η επιτάχυνση της βαρύτητας χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας του επιταχυνσιόμετρου που διαθέτουν όλες οι κινητές συσκευές. Για όλες τις κινητές συσκευές, όπως ήδη αναφέρθηκε, χρησιμοποιήθηκε η ελεύθερη εφαρμογή sparkvue. Για τη μέτρηση της επιτάχυνσης της βαρύτητας οι κινητές συσκευές τοποθετήθηκαν πάνω σε ξύλο, ενώ το ξύλο τοποθετήθηκε πάνω σε οριζόντιο επίπεδο και το σύστημα ξύλου-κινητών συσκευών ήταν ακίνητο. Στον πίνακα 1 απεικονίζεται η μέτρηση της επιτάχυνσης της βαρύτητας από την κάθε κινητή συσκευή. Στην συνέχεια υπολογίστηκε η μέση τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας, από όλες τις ΕΚΣ, η τυπική απόκλιση επί της μέσης τιμής καθώς και ο συντελεστής μεταβολής (CV) της μέσης τιμής, ευρήματα που επίσης απεικονίζονται στον πίνακα 1.

Στη συνέχεια για να μετρηθεί η γωνία κλίσης του κεκλιμένου επιπέδου χρησιμοποιήθηκε η κάθε κινητή συσκευή ως διευθυνσιόμετρο. Όπως ήδη αναφέρθηκε, για τις κινητές συσκευές (τις ονομάζουμε 1 και 2) που διαθέτουν λογισμικό iOS χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή surfacelevel, ενώ για τις κινητές συσκευές (τις ονομάζουμε 3,4,5,6 και 7) που διαθέτουν λογισμικό android, χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή πυξίδα-αλφάδι. Στην εικόνα 1 φαίνεται ο τρόπος που τοποθετήθηκαν οι κινητές συσκευές πάνω σε ξύλο, ενώ οι μετρήσεις της γωνίας ελήφθησαν, τοποθετώντας το ξύλο πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο και διατηρώντας το σύστημα ξύλου-κινητών συσκευών, ακίνητο. Στον πίνακα 2 απεικονίζεται η μέτρηση της γωνίας κλίσης του κεκλιμένου επιπέδου σε μοίρες, από την κάθε συσκευή.

Μετρήσεις της επιτάχυνσης της βαρύτητας g σε m/s^2						
Κινητή Συσκευή 1	Κινητή Συσκευή 2	Κινητή Συσκευή 3	Κινητή Συσκευή 4	Κινητή Συσκευή 5	Κινητή Συσκευή 6	Κινητή Συσκευή 7
9,91	9,83	9,76	9,84	9,91	9,96	9,63
Μέση τιμή : 9,83						

Τυπική απόκλιση :0,10
Συντελεστής μεταβολής (C.V) : 1,02%

Πίνακας 1: Μετρήσεις της επιτάχυνσης της βαρύτητας g από τα επτά κινητά τηλέφωνα ταυτόχρονα. Τα τηλέφωνα βρίσκονταν σταθερά σε οριζόντια επιφάνεια.

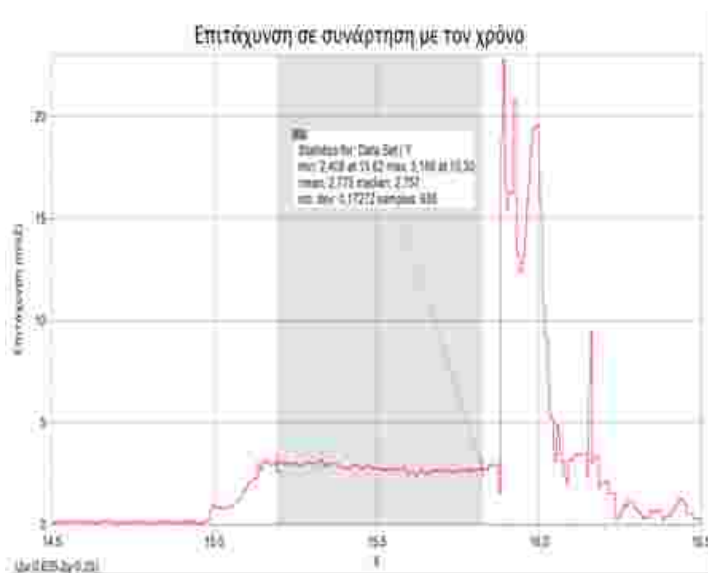
Στην συνέχεια υπολογίστηκε η μέση τιμή της γωνίας κλίσης, η τυπική απόκλιση επί της μέσης τιμής καθώς και ο συντελεστής μεταβολής (CV) της μέσης τιμής, ευρήματα που επίσης απεικονίζονται στον πίνακα 2.

Μετρήσεις γωνίας κλίσης κεκλιμένου επιπέδου σε μοίρες						
Κινητή Συσκευή 1	Κινητή Συσκευή 2	Κινητή Συσκευή 3	Κινητή Συσκευή 4	Κινητή Συσκευή 5	Κινητή Συσκευή 6	Κινητή Συσκευή 7
24°	24,5°	23,3°	24,4°	24,2°	23,8°	24,6°
Μέση τιμή : 24,1°						
Τυπική απόκλιση :0,4°						
Συντελεστής μεταβολής (C.V) : 1,67%						

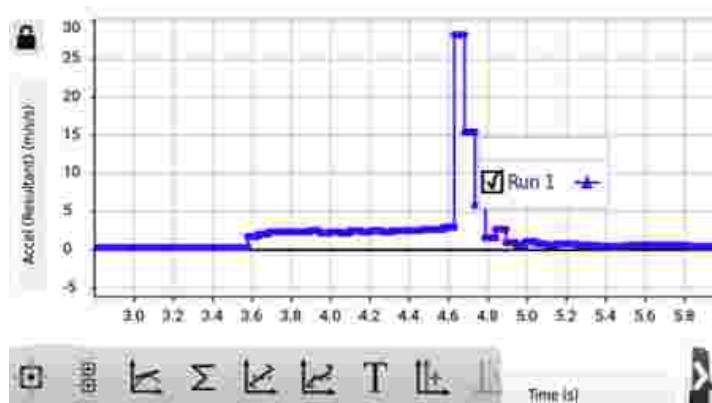
Πίνακας 2: Μετρήσεις της γωνίας κλίσης του κεκλιμένου επιπέδου από τις επτά κινητές συσκευές ταυτόχρονα.

Στο πείραμα της ολίσθησης του ξύλινου ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου σε κεκλιμένο επίπεδο, τα επτά επιλεγμένα κινητά τηλέφωνα πραγματοποίησαν την κίνηση ταυτόχρονα. Τα δεδομένα της συνολικής τους επιτάχυνσης μεταφορτώθηκαν και αναλύθηκαν σε H/Y. Στην εικόνα 3 παρουσιάζεται ενδεικτικά μια τυπική γραφική παράσταση της συνολικής επιτάχυνσης σε συνάρτηση με τον χρόνο από τα δεδομένα ενός κινητού με χρήση του προγράμματος Logger pro, ενώ στην εικόνα 4 μια τυπική γραφική παράσταση από την οθόνη κινητού.

Για παράδειγμα κατά την επεξεργασία, δίνεται η δυνατότητα υπολογισμού της μέσης τιμής μιας περιοχής τιμών της επιτάχυνσης. Με τον όρο συνολική επιτάχυνση a εννοούμε το μέτρο του διανυσματικού άθροισμα των συνιστωσών επιταχύνσεων a_x , a_y και a_z σε άξονες που καθορίζονται από την επιφάνεια της οθόνης του κινητού τηλεφώνου και απαντώνται σε όλες τις ΕΚΣ που διαθέτουν επιταχυνσιόμετρο. Η συνολική επιτάχυνση (στο εξής θα αναφέρεται ως επιτάχυνση) μετράται αυτόματα από τις ΕΚΣ όπως και οι αντίστοιχες συνιστώσες της και δίδεται η δυνατότητα στο χρήστη να αποθηκεύσει και να επεξεργαστεί είτε όλες τις τιμές είτε μέρος αυτών ανάλογα με τις απαιτήσεις του πειράματος. Η επεξεργασία μπορεί να γίνει είτε σε πραγματικό χρόνο πάνω στην οθόνη της ΕΚΣ, είτε μεταγενέστερα σε H/Y με τη βοήθεια λογισμικών όπως το excel ή το Logger pro.



Εικόνα 3: Γραφική παράσταση της συνολικής επιτάχυνσης σε συνάρτηση με το χρόνο από τα δεδομένα ενός κινητού με χρήση του προγράμματος Logger pro.



Εικόνα 4: Γραφική παράσταση της συνολικής επιτάχυνσης σε συνάρτηση με το χρόνο από την οθόνη ενός κινητού τηλεφώνου. Η εικόνα προέρχεται από την εφαρμογή Sparkvue.

Όπως φαίνεται στις εικόνες 3 και 4 η επιτάχυνση παρουσιάζει μια περιοχή με περίπου σταθερή τιμή (πλατώ) που αντιστοιχεί στην διάρκεια της ολίσθησης. Από αυτή την περιοχή επιλέχθηκε ένα τμήμα (σκιασμένο τμήμα στην εικόνα 3) στο οποίο υπολογίσθηκαν η ελάχιστη, η μέγιστη και η μέση τιμή της επιτάχυνσης καθώς επίσης η τυπική απόκλιση επί της μέσης τιμής και ο συντελεστής μεταβολής. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι η διασπορά των τιμών της επιτάχυνσης, ανά κινητό τηλέφωνο οφείλεται κατά βάση σε παράγοντες του πειράματος και όχι στα κινητά τηλέφωνα. Επειδή υπάρχει πολύ μεγάλη συχνότητα στη δειγματοληψία οι ελάχιστοι κραδασμοί επιφέρουν μεταβολές στην τιμή της επιτάχυνσης οι οποίες καταγράφονται από τους αισθητήρες. Στο πείραμα για τον υπολογισμό του συντελεστή τριβής ολίσθησης οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν την μέση τιμή της επιτάχυνσης στο πλατώ. Τα ευρήματα για κάθε κινητό τηλέφωνο παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Όπως φαίνεται στον πίνακα 3 οι μέσες τιμές της επιτάχυνσης που κατέγραψαν οι επτά συσκευές αποκλίνουν ελάχιστα μεταξύ τους. Η μέγιστη (συσκευή 6) από την ελάχιστη (συσκευή 2) αποκλίνουν περίπου 3,3%. Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο συντελεστής τριβής ολίσθησης, χρησιμοποιώντας την σχέση (1), με δεδομένα από κάθε κινητό την γωνία κλίσης του επιπέδου και την μέση επιτάχυνση κατά την ολίσθηση. Σε όλες τις περιπτώσεις, για την επιτάχυνση της βαρύτητας g χρησιμοποιήθηκε η τιμή $9,81\text{m/s}^2$, ως δεδομένο από την βιβλιογραφία. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι τιμές της επιτάχυνσης που μέτρησαν οι ΕΚΣ είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους αλλά δεν υπάρχει αίσθηση της πιθανής απόκλισης από την πραγματική τιμή καθώς οι μετρούμενες τιμές δεν συγκρίνονται με κάποια τιμή αναφοράς. Για αυτό ακριβώς το λόγο μετρήθηκε με κάθε κινητό τηλέφωνο η επιτάχυνση της βαρύτητας, για την οποία τιμή αναφοράς αποτελεί η τιμή της βιβλιογραφίας, ώστε να υπάρχει δυνατότητα εκτίμησης της ακρίβειας των μετρήσεων. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών του συντελεστή τριβής ολίσθησης, για κάθε κινητό τηλέφωνο παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Ανάλυση της περιοχής σταθερής επιτάχυνσης (πλατώ) για κάθε κινητό τηλέφωνο							
	Κινητή συσκευή 1	Κινητή συσκευή 2	Κινητή συσκευή 3	Κινητή συσκευή 4	Κινητή συσκευή 5	Κινητή συσκευή 6	Κινητή συσκευή 7
Ελάχιστη τιμή (m/s^2)	2,408	2,403	2,600	2,651	2,603	2,603	2,552
Μέγιστη τιμή (m/s^2)	3,166	3,109	3,174	2,956	3,079	3,071	3,117
Μέση τιμή (m/s^2)	2,776	2,736	2,792	2,774	2,820	2,826	2,815
Τυπική απόκλιση (m/s^2)	0,173	0,172	0,188	0,117	0,171	0,153	0,168

Συντελεστής Μεταβολής (C.V)	6,23%	6,29%	6,73%	4,23%	6,05%	5,41%	5,98%
-----------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Πίνακας 3: Ανάλυση της περιοχής σταθερής επιτάχυνσης (πλατώ) για κάθε κινητό τηλέφωνο.

Συντελεστής τριβής ολίσθησης	
Κινητή Συσκευή 1	0,13
Κινητή Συσκευή 2	0,15
Κινητή Συσκευή 3	0,12
Κινητή Συσκευή 4	0,14
Κινητή Συσκευή 5	0,13
Κινητή Συσκευή 6	0,13
Κινητή Συσκευή 7	0,14

Πίνακας 4: Συντελεστής τριβής ολίσθησης για κάθε κινητή συσκευή του πειράματος. Για τον υπολογισμό έχει χρησιμοποιηθεί η γωνία κλίσης και η μέση επιτάχυνση που μέτρησε κάθε συσκευή.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι για κάθε κινητό τηλέφωνο το σφάλμα στο υπολογισμό του συντελεστή τριβής ολίσθησης ($\delta\mu$), οφείλεται στη διάδοση των σφαλμάτων στη μέτρηση της γωνίας κλίσης ($\delta\varphi$) και στην μέτρηση της μέσης επιτάχυνσης (δa) και ισούται με:

$$\delta\mu = \sqrt{\left(\frac{\partial\mu}{\partial\varphi} \cdot \delta\varphi\right)^2 + \left(\frac{\partial\mu}{\partial a} \cdot \delta a\right)^2} \quad (2)$$

Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται τα σφάλματα μέσης τιμής στον υπολογισμό της μέσης επιτάχυνσης (δa) και της γωνίας κλίσης ($\delta\varphi$). Στον ίδιο πίνακα παρουσιάζεται και το σφάλμα στον υπολογισμό του συντελεστή τριβής ($\delta\mu$) που οφείλεται σε διάδοση σφάλματος και έχει υπολογισθεί με τη σχέση (2).

Κινητά τηλέφωνα	a (μέσο) (m/s^2)	δa (m/s^2)	φ (rad)	$\delta\varphi$ (rad)	μ	$\delta\mu$
1	2,776	0,007	0,419	0,007	0,13	0,01
2	2,736	0,007	0,427	0,007	0,15	0,01
3	2,792	0,008	0,406	0,007	0,12	0,01
4	2,774	0,005	0,426	0,007	0,14	0,01
5	2,820	0,007	0,422	0,007	0,13	0,01
6	2,826	0,006	0,415	0,007	0,13	0,01
7	2,815	0,006	0,429	0,007	0,14	0,01

Πίνακας 5: Σφάλματα μέσης τιμής στον υπολογισμό της μέσης επιτάχυνσης (δa) της γωνίας κλίσης ($\delta\varphi$) και διάδοση σφάλματος στον υπολογισμό του συντελεστή τριβής ($\delta\mu$).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως έδειξε η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα τρία σχολεία, τα κινητά τηλέφωνα των μαθητών προέρχονται από αρκετούς διαφορετικούς κατασκευαστές και παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία στους τύπους. Αυτό σημαίνει πως, σίγουρα, ο εκπαιδευτικός, που θα επιλέξει να υιοθετήσει το μοντέλο BYOD-Bring Your Own Devices, θα βρεθεί αντιμέτωπος με πολλές διαφορετικές ΕΚΣ. Θα κληθεί, λοιπόν, όχι μόνο να επιλέξει κατάλληλη εφαρμογή αλλά και να είναι σίγουρος για τη συγκρισιμότητα των μετρήσεων που λαμβάνονται από τις διαφορετικές ΕΚΣ.

Σχετικά με την επιλογή της εφαρμογής (app), υπάρχει μεγάλη ποικιλία προτάσεων, ενδεχομένως εφήμερων, λόγω του καταγιστικού ρυθμού της τεχνολογικής εξέλιξης. Σε κάθε περίπτωση, όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα και την πρακτική του πειραματισμού, η εφαρμογή «sparkvue» αποδείχθηκε μία κατάλληλη επιλογή για χρήση σε κινητά τηλέφωνα που χρησιμοποιούν διαφορετικά λογισμικά (είτε iOS, είτε android), ενώ επιπλέον είναι ελεύθερη, εύχρηστη και μπορεί να λειτουργήσει τόσο απευθείας στις ΕΚΣ όσο και να εξάγει αποτελέσματα σε κατάλληλα λογισμικά για περαιτέρω επεξεργασία.

Ωστόσο, το κεντρικό ερώτημα της παρούσας μελέτης είναι το αν και κατά πόσο προκύπτουν διαφορές στα αποτελέσματα πειραμάτων, στα οποία χρησιμοποιείται ο αισθητήρας επιτάχυνσης, τέτοιες ώστε να καθιστούν τη χρήση διαφορετικών ΕΚΣ ακατάλληλη για εκπαιδευτική χρήση.

Σύμφωνα με την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της πειραματικής διαδικασίας οι άμεσες μετρήσεις με τις ΕΚΣ, όπως αυτές της γωνίας κλίσης και της επιτάχυνσης της βαρύτητας, αλλά και η μέση τιμή της επιτάχυνσης κατά την ολίσθηση, παρουσιάζουν αποκλίσεις στατιστικά μη σημαντικές, πράγμα που καθιστά τις ΕΚΣ αξιοποιήσιμες στα πλαίσια ενός σχολικού εργαστηρίου. Η παρούσα έρευνα δείχνει ότι ο εκπαιδευτικός που θα αποφασίσει να αξιοποιήσει τις ΕΚΣ των μαθητών δεν θα αντιμετωπίσει προβλήματα σχετικά με σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα πειραμάτων από συσκευή σε συσκευή λόγω του ότι αυτές είτε προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές, είτε από τον ίδιο κατασκευαστή αλλά είναι διαφορετικού τύπου, ή λόγω του ότι χρησιμοποιούν διαφορετικό λογισμικό.

Πρέπει να τονιστεί επίσης, πως η μελέτη αφορά μόνο τις μετρήσεις που προκύπτουν από τον αισθητήρα επιτάχυνσης. Αντίστοιχες μετρήσεις από άλλους αισθητήρες (π.χ. αισθητήρας ατμοσφαιρικής πίεσης, αισθητήρας φωτός κ.λπ.) από διαφορετικές ΕΚΣ θα ήταν επιθυμητό να αποτελέσουν αντικείμενο μελλοντικής έρευνας, ώστε να εντοπιστούν τυχόν προβλήματα στη χρήση τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Βελέντζας Α., Κατέρης Α., Λάζος Π., Τζαμαλής Π., Τσούκος Σ., (2017) Η χρήση αισθητήρων σε έξυπνες κινητές συσκευές στο σχολικό εργαστήριο φυσικής. Παραδείγματα εφαρμογής. *Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική και τις νέες τεχνολογίες στην εκπαίδευση (ΕΝΕΦΕΤ)*. Ρέθυμνο 7-9 Απριλίου 2017, σελ. 987-995.

Kuhn, J., Vogt, P. (2013). Applications and Examples of Experiments with Mobile Phones and Smartphones in Physics Lessons. *Frontiers in Sensors*, v. 1, 4, 67-73.

Monteiro, M., Cabeza, C. Marti, A. (2015). Acceleration measurements using smartphones sensors: Dealing with the equivalence principle. *Revista Brasileira de Ensino de Fisica*, v. 37, n. 1, 1303.

Stavert B. (2013) BYOD in Schools Literature Review 2013 State of NSW Australia (ανακτήθηκε από την τοποθεσία https://www.det.nsw.edu.au/policies/technology/computers/mobile-device/BYOD_2013_Literature_Review.pdf)

Vogt, P., Kuhn, J., (2014) Acceleration Sensors of Smartphones Possibilities and Examples of Experiments for Application in Physics Lessons. *Frontiers in Sensors (FS) V.2*, p.1-9

Εκπαιδευτική Ρομποτική Πλατφόρμα Ανοιχτών Τεχνολογιών

Τσιτσιμπάσης Στέφανος

Καθηγητής Πληροφορικής Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Γυμνάσιο Κουβαρά

stefane@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Λαμβάνοντας υπόψιν την όλο και αυξανόμενη εφαρμογή της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαιδευτική διαδικασία, σε συνδυασμό με τα επιπρόσθετα οφέλη που αυτή επιφέρει, συγκριτικά με άλλες εφαρμογές των ΤΠΕ, το άρθρο αυτό έρχεται να παρουσιάσει μια εκπαιδευτική ρομποτική πλατφόρμα, η οποία κατασκευάστηκε με γνώμονα το χαμηλό κόστος, χρησιμοποιώντας ανοιχτές τεχνολογίες υλικού και λογισμικού. Πρόκειται για ρομποτικό όχημα βασισμένο στον υπολογιστή Raspberry Pi, που επικοινωνεί ασύρματα με οποιοδήποτε υπολογιστή μπορεί να εκτελέσει την εφαρμογή Scratch. Αρχικά, αναφέρεται το λογισμικό που χρησιμοποιείται στην πλευρά του Raspberry Pi, και οι απαραίτητες ρυθμίσεις στο Scratch. Κατόπιν περιγράφεται ο τρόπος υλοποίησης των επιθυμητών αποστάσεων μετακίνησης και των γωνιών περιστροφής από το όχημα. Στη συνέχεια αναφέρονται όλες οι εντολές από το περιβάλλον της διεπαφής μέσω παραδειγμάτων. Επιπλέον, προτείνονται δύο ενδεικτικά σενάρια διδασκαλίας για το μάθημα της Φυσικής της Β' τάξης γυμνασίου. Τέλος, παρουσιάζονται πιθανές μελλοντικές προθήκες αισθητήρων, οι οποίες θα μπορούσαν να εμπλουτίσουν τα χαρακτηριστικά του ρομποτικού οχήματος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εκπαιδευτική πλατφόρμα, ανοιχτών τεχνολογιών, Raspberry Pi

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια συνεχώς αυξανόμενη τάση για την εισαγωγή της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην τυπική εκπαίδευση μέσα από διαφορετικές προσεγγίσεις. Πέρα από την απλή χρήση των ΤΠΕ ως εργαλείο για την ανάπτυξη και την καλλιέργεια της υπολογιστικής σκέψης, η εκπαιδευτική ρομποτική έρχεται να ενισχύσει και να εμπλουτίσει τα εκπαιδευτικά οφέλη που μπορούν να αποκομίσουν οι μαθητές. (Πατρινόπουλος, 2017). Συγκεκριμένα παρέχει ευκαιρίες επίλυσης πραγματικών προβλημάτων, δίνει τη δυνατότητα στα παιδιά να δρουν ως επιστήμονες – εφευρέτες και να αυτενεργούν ανακαλύπτοντας δικές τους καινοτόμες ιδέες και λύσεις. Παράλληλα, η εκπαιδευτική ρομποτική ενισχύει τη συνεργασία και την αλληλεπίδραση ατόμων και ομάδων. Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης για τη διδασκαλία εννοιών από διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα. (Αλεξανδρίδου, 2011).

Το τελευταίο διάστημα σημειώνεται ένας αυξανόμενος αριθμός εκπαιδευτικών ρομποτικών συνθέσεων, στοχεύοντας να εκμεταλλευτεί τα παραπάνω οφέλη, οι οποίες όμως χαρακτηρίζονται από υψηλό, γενικά, κόστος.

Η εργασία αυτή έχει ως στόχο να παρουσιάσει μια εκπαιδευτική ρομποτική πλατφόρμα βασισμένη σε ανοιχτές τεχνολογίες υλικού και λογισμικού, με σκοπό να χρησιμοποιηθεί κατάλληλα ως εκπαιδευτικό εργαλείο. Πρόκειται για μια ρομποτική κατασκευή βασισμένη στον εκπαιδευτικό υπολογιστή Raspberry Pi (RPi), η οποία έχει συντεθεί εξ ολοκλήρου από την αρχή με ανεξάρτητα υλικά, στοχεύοντας στο χαμηλό κόστος. Ως διεπαφή του χρήστη με το ρομπότ έχει επιλεγεί η εφαρμογή Scratch, ένα ήδη γνώριμο και προσιτό προγραμματιστικό περιβάλλον.

Το Scratch, όπως και παρόμοια περιβάλλοντα που χρησιμοποιούν πλακίδια, έχει σχεδιαστεί να επιτρέπει τη σταδιακή εκμάθηση και εξοικείωση με βασικές έννοιες προγραμματισμού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί συνδυαστικά με ρομποτικές κατασκευές ώστε να αποτελέσει ένα ολοκληρωμένο ρομποτικό εκπαιδευτικό περιβάλλον. Μέσα από αυτό η αλληλεπίδραση των μαθητών με τον πραγματικό τους χώρο, μπορεί να εμπλουτίσει τον πειραματισμό, την ανατροφοδότηση, τη δημιουργικότητα και την κριτική τους σκέψη.

Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ

Το ρομποτικό όχημα

Ολόκληρος ο σχεδιασμός καθώς και τα προγράμματα της προτεινόμενης ρομποτικής πλατφόρμας βρίσκονται διαθέσιμα στο αποθετήριο GitHub (GitHub, 2018), όπου σχετικό υλικό θα προστίθεται και θα ανανεώνεται σταδιακά, καθ' όλη την εξέλιξη της εργασίας αυτής.

Το κύριο μέρος του ρομποτικού οχήματος, αποτελείται από: τον υπολογιστή Raspberry Pi 3 model B (το οποίο ενσωματώνει ασύρματο δίκτυο WiFi), 2 σερβοκινητήρες, 2 φωτοηλεκτρικούς αισθητήρες (photoelectric sensors) και δύο αντίστοιχους δίσκους κωδικοποίησης (wheel encoders). Αυτά τοποθετούνται κατάλληλα σε ρομποτικό αμάξωμα (σασί), μαζί με τους τροχούς, τον υποδοχέα μπαταριών για τους κινητήρες και τη φορητή μπαταρία (power bank) για την τροφοδοσία του Raspberry Pi. Επίσης ένα μικρό ηχείο προστίθεται στη διάταξη του εξοπλισμού, για χρήση από τη μηχανή σύνθεσης ομιλίας.

Όσον αφορά το λογισμικό, στο RPi επιλέχθηκε το λειτουργικό σύστημα Raspbian Jessie και συγκεκριμένα η έκδοση Lite, διότι είναι μία ελαχιστοποιημένη έκδοση που δεν έχει γραφικό περιβάλλον και καταναλώνει πολύ χαμηλούς υπολογιστικούς πόρους. Το λειτουργικό σύστημα διατίθεται με προεγκαταστημένη τη γλώσσα προγραμματισμού Python καθώς και με βιβλιοθήκες που διαχειρίζονται τις ακίδες GPIO (προγραμματιζόμενες ακίδες στις οποίες συνδέονται αισθητήρες και ενεργοποιητές για την επικοινωνία με τον έξω κόσμο). Σημαντική είναι η εγκατάσταση της βιβλιοθήκης *scratchpy*, η οποία διαχειρίζεται την επικοινωνία με το Scratch μέσω TCP σύνδεσης. Τέλος, για την υποστήριξη εντολών παραγωγής ελληνικής ομιλίας από κείμενο, εγκαθίσταται η βιβλιοθήκη σύνθεσης ομιλίας *espeak*.

Η Επικοινωνία του Scratch με το Raspberry Pi μέσω Python

Ο προγραμματισμός του ρομποτικού οχήματος γίνεται απομακρυσμένα μέσω του περιβάλλοντος Scratch από οποιονδήποτε υπολογιστή (στο εξής υπολογιστή ελέγχου) συνδεδεμένο στο ίδιο τοπικό δίκτυο με το RPi. Η έκδοση 1.4 της εφαρμογής υποστηρίζεται από πολλά διαφορετικά υπολογιστικά συστήματα και είναι ο βασικός λόγος που επιλέχθηκε ως η κύρια διεπαφή του χρήστη με το ρομποτικό όχημα. Μπορεί να επικοινωνεί και να αλληλεπιδρά με προγράμματα Python ακόμα και όταν αυτά βρίσκονται σε διαφορετικό υπολογιστή του ίδιου υποδικτύου. Για μια τέτοια επικοινωνία χρειάζεται, εάν δεν υπάρχει ήδη, να προστεθεί μία ρύθμιση για τη λειτουργία “Mesh”, στο Scratch. (Τσιτσιμπάσης, 2014). Η ρύθμιση αυτή επιτρέπει το διαμοιρασμό μεταβλητών (variables) και μεταδόσεων (broadcasts) μεταξύ των εμπλεκόμενων υπολογιστών και αποτελείται από 10 απλά βήματα παραμετροποίησης του System Browser της εφαρμογής (Scratch wiki, 2012). Κατόπιν, από το μενού του Scratch μπορεί να ενεργοποιηθεί η επιλογή *Host Mesh* (με το πλήκτρο Shift + “Μοιράσου” από το μενού). Ως αποτέλεσμα, εμφανίζεται παράθυρο στο Scratch με την IP διεύθυνση του υπολογιστή ελέγχου (π.χ 192.168.2.3).

Στο σημείο αυτό το RPi είναι έτοιμο να διαχειρίζεται μεταβλητές και μεταδόσεις μηνυμάτων που συμβαίνουν στο Scratch και αντίστροφα. Στο Σχήμα 1(α) η μεταβλητή **pwr %** περιέχει την τιμή 70. Η block εντολή **μετάδωσε**, στέλνει το μήνυμα ‘m170’ (‘m1’+’70’). Στο Σχήμα 1(β), η γραμμή 5 του κώδικα ορίζει την επικοινωνία του ρομπότ με τον υπολογιστή ελέγχου που έχει IP διεύθυνση: 192.168.2.3. Στη γραμμή 8 ελέγχεται εάν η λήψη μηνύματος από το Scratch περιέχει το αλφαριθμητικό ‘m1’. Στη γραμμή 9 η μεταβλητή **m1** τίθεται στην τιμή 70. Τέλος στη γραμμή 10 το μοτέρ M1 μπαίνει σε λειτουργία περιστρεφόμενο προς τα εμπρός με την ισχύ του στο 70%.



(α)

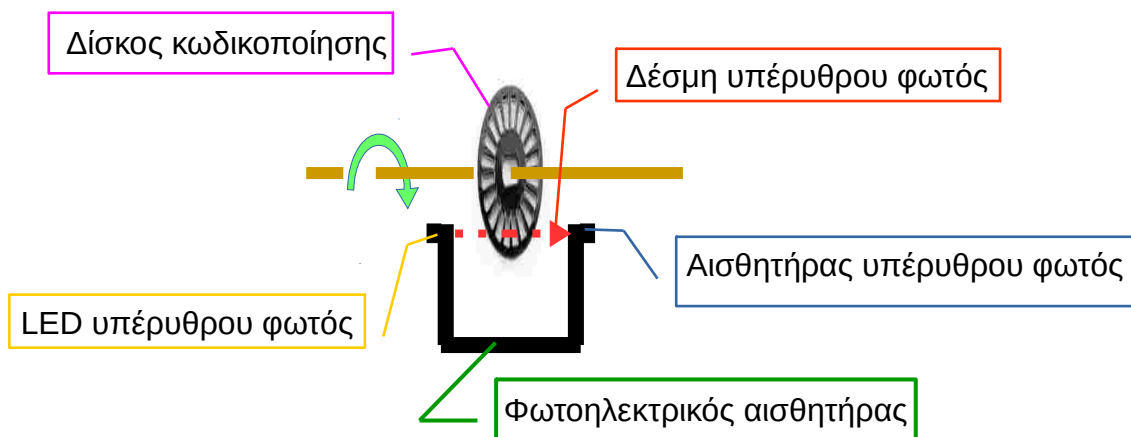
```
1 import RPi.GPIO as GPIO
2 import scratch
3 from servo import Servo, UDServo
4 M1 = UDServo(19)
5 s = scratch.Scratch(host='192.168.2.3',port=42001)
6 while True:
7     msg = s.receive()
8     if msg[1][0:2] == 'm1':
9         m1 = float(msg[1][2:])
10        M1.forward(speed = int(m1))
```

(β)

Σχήμα 1. (α) Αριστερά, μέρος προγράμματος Scratch στον υπολογιστή ελέγχου που μεταδίδει το μήνυμα: 'm170'. (β) Δεξιά, μέρος προγράμματος ρυθμο στο RPi που ξεκινά επικοινωνία με τον υπολογιστή ελέγχου και λαμβάνει το αντίστοιχο μήνυμα κινώντας τον κινητήρα με ισχύ 70%.

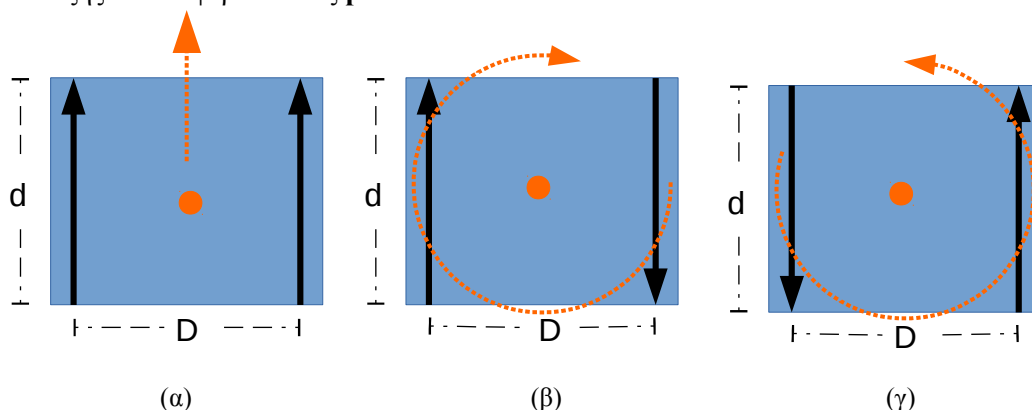
Υπολογισμός Απόστασης Μετακίνησης και Γωνίας Περιστροφής

Η απόσταση που θα διανύσει και η γωνία που θα στρίψει το ρομπότ, κατά τον προγραμματισμό του, μπορούν να υλοποιηθούν ελέγχοντας με σχετική ακρίβεια το ποσοστό περιστροφής κάθε τροχού. Η διάταξη που χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό, περιλαμβάνει για κάθε τροχό, ένα δίσκο κωδικοποίησης (encoder disk) καθώς και ένα φωτοηλεκτρικό αισθητήρα (photoelectric sensor) (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Διάταξη δίσκου κωδικοποίησης και φωτοηλεκτρικού αισθητήρα αποτελούμενο από LED και αισθητήρα υπέρυθρου φωτός στα αριστερά και δεξιά του αντίστοιχα.

Στα αριστερά του φωτοηλεκτρικού αισθητήρα στο Σχήμα 2, το LED υπέρυθρων στέλνει δέσμη φωτός. Κατά την περιστροφή του ο δίσκος κωδικοποίησης, επιτρέπει ή διακόπτει τη ροή της δέσμης, ανάλογα με τη θέση των εγκοπών του. Στα δεξιά ο αισθητήρας υπέρυθρου φωτός, μπορεί να εντοπίζει τις εναλλαγές στη ροή της δέσμης. Ο δίσκος κωδικοποίησης που χρησιμοποιείται περιέχει 20 εγκοπές, που στο εξής θα αναφέρονται ως **positions**.



Σχήμα 3. Σχέδιο κάτοψης του ρομποτικού οχήματος δείχνοντας τη μετακίνηση που προκύπτει, με πορτοκαλί βέλος, ως αποτέλεσμα της φοράς περιστροφής των δύο κινητήρων του, με μαύρο βέλος. (α) ευθύγραμμη, (β) δεξιόστροφη και (γ) αριστερόστροφη πορεία. Όπου d η διάμετρος και D η απόσταση των δύο τροχών.

Επιθυμητή Απόσταση σε positions

Για την ευθύγραμμη μετακίνηση, θεωρούμε ότι οι δύο κινητήρες έχουν την ίδια ταχύτητα και ίδια φορά περιστροφής. Μόλις το ρομποτικό όχημα ξεκινήσει να κινείται, πρόγραμμα ρυθμο καταμετρά τα συμπληρωμένα positions. Γνωρίζοντας τη διάμετρο d του κάθε τροχού, προκύπτει η πληροφορία

της απόστασης που έχει διανυθεί κάθε στιγμή. Για τη μετακίνηση συγκεκριμένης απόστασης, αρκεί να δοθεί ο αριθμός των positions που χρειάζεται να συμπληρωθούν:

1 πλήρη περιστροφή τροχού περιφέρειας c , αντιστοιχεί σε 20 positions. Τότε η επιθυμητή απόσταση **distance** θα αντιστοιχεί σε $x = 20 \cdot \frac{\text{distance}}{c}$ positions (1)

όπου $c = 3.14 \cdot d$

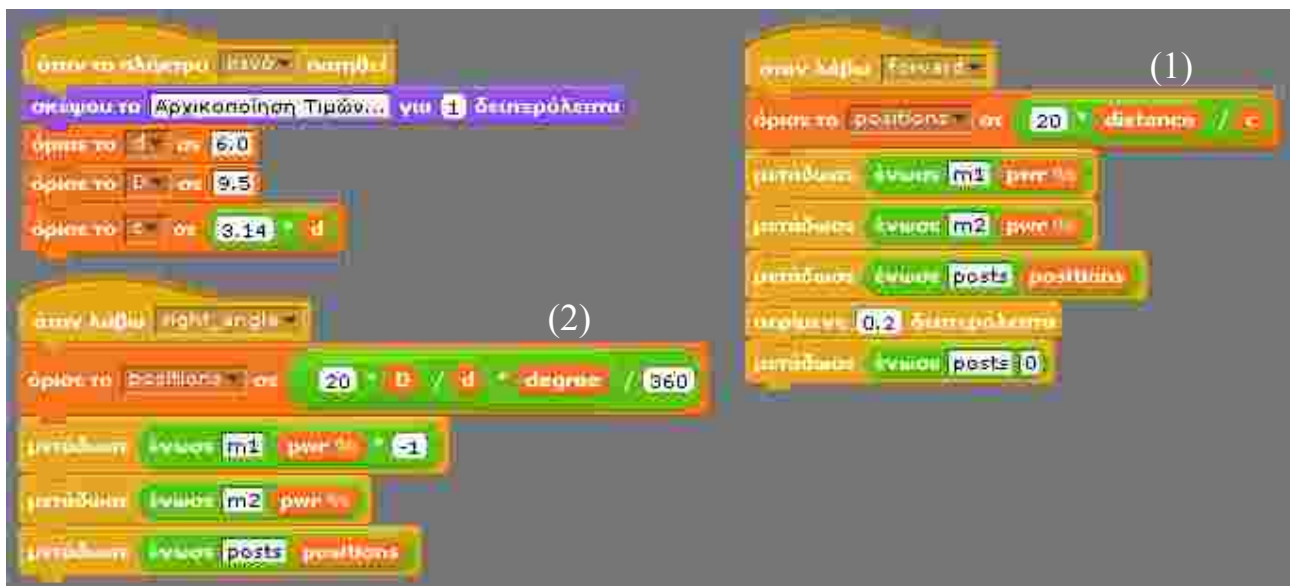
Επιθυμητή Γωνία σε positions

Για τη γωνία μετατόπισης, θεωρούμε ότι οι δύο κινητήρες έχουν την ίδια ταχύτητα αλλά αντίθετη φορά κίνησης (Σχήματα 3(β) και 3(γ)). Η περιστροφή του οχήματος πραγματοποιείται γύρω από τον άξονα που είναι μεσοκάθετος της απόστασης **D** των δύο τροχών. Μία πλήρη περιστροφή έχει μήκος:

$C = 3.14 \cdot D$ Αντικαθιστώντας στην (1) τη **distance** με **C**, προκύπτει η αντιστοιχία ολόκληρης περιστροφής (360°) σε $20 \cdot \frac{C}{c}$ positions. Ανάλογα, μια επιθυμητή γωνία **degree**, θα ισοδυναμεί με

$$y = 20 \cdot \frac{C}{c} \cdot \frac{\text{degree}}{360} \quad \text{ή με} \quad y = 20 \cdot \frac{D}{d} \cdot \frac{\text{degree}}{360} \quad \text{positions} \quad (2)$$

Στο Σχήμα 4, φαίνεται μέρος των υποπρογραμμάτων παραμετροποίησης του ρομποτικού οχήματος. Στο υποπρόγραμμα “κενό” ορίζονται τα χαρακτηριστικά του, όπως η διάμετρος **d** των τροχών, το μήκος της περιφέρειας τους **c** και η απόσταση **D** μεταξύ των. Στα υποπρογράμματα “forward” και “right_angle” φαίνεται η υλοποίηση των σχέσεων (1) και (2) που προέκυψαν παραπάνω για την εκτέλεση των επιθυμητών αποστάσεων και γωνιών από το ρομπότ. Οι εντολές “μετάδωσε” στέλνουν τις τιμές ισχύος (**pw** %) των κινητήρων, καθώς και τον αριθμό των **positions**, στο πρόγραμμα ρυθον που εκτελείται στο RPi, για να περιστραφούν ανάλογα οι τροχοί.



Σχήμα 4. Μέρος υποπρογραμμάτων παραμετροποίησης του ρομποτικού οχήματος.

ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ

Μέσα από το γνωστό περιβάλλον του Scratch, γίνονται συνδυασμοί εντολών, μεταβλητών και αισθητήρων, προκειμένου να συντεθούν πλακίδια ικανά να δημιουργήσουν προγράμματα για ρομποτικό όχημα.

Το ρομπότ μπορεί να κινείται διαγράφοντας πορείες όμοιες με εκείνες που εκτελεί μια “Μορφή” στην οθόνη της εφαρμογής. Προγραμματίζεται απομακρυσμένα ενώ βρίσκεται σε δράση στο πεδίο, δίνοντας τη δυνατότητα:

- για άμεση παρακολούθηση των τιμών των μεταβλητών, όπως την ισχύ των κινητήρων, το μήκος της διανυθείσας απόστασης, τη γωνία περιστροφής, την ταχύτητα

- για άμεσο έλεγχο της πορείας του σε πραγματικό χρόνο (μπορεί να ακινητοποιηθεί ή να κατευθυνθεί σε επιθυμητό σημείο στον χώρο με τη χρήση πλήκτρων του πληκτρολογίου ως χειριστήριο)

ΕΝΤΟΛΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Οι εντολές κίνησης χωρίζονται σε δύο τύπους: Στον πρώτο τύπο ορίζεται συγκεκριμένα το πόσο θα προχωρήσει ή θα στρίψει το όχημα. Για αυτόν τον τύπο, αν και η τιμή της ισχύος αρχικά είναι η ίδια και για τα δύο μοτέρ (Σχήμα 5), στην πραγματικότητα σε κάθε κινητήρα (m_1 , m_2) μπορεί να δοθεί διαφορετική τιμή μέσα από το αντίστοιχο υποπρόγραμμα π.χ. “forward” ή “right_angle” (Σχήμα 4). Στον δεύτερο τύπο, το ρομπότ κινείται συνεχόμενα έως ότου δοθεί εντολή να σταματήσει. Εδώ η ισχύς και για τους δύο τροχούς έχει την ίδια τιμή και μπορεί να μεταβληθεί μέσα από το python script που εκτελείται στο RPi.

Κίνηση Συγκεκριμένης Απόστασης / Περιστροφής



(β)



(α)

Σχήμα 5. (α) Πρόγραμμα που ορίζει: την ισχύ των κινητήρων στο 70%, την απόσταση που θα διανυθεί στα 10 cm, και την κατεύθυνση προς τα εμπρός. (β) Πρόγραμμα που ορίζει: την ισχύ των μοτέρ στο 50%, τη γωνία περιστροφής στις 90 μοίρες και τη κατεύθυνση προς τα αριστερά.

[Πορεία εμπρός / πίσω]

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να κινήσει το ρομπότ προς τα εμπρός ή προς τα πίσω μέσω συγκεκριμένων μεταβλητών, ορίζοντας:

- την ισχύ % των κινητήρων (0 -100), (μεταβλητή **pwr %**)
- την απόσταση που θα διανυθεί σε εκατοστά (μεταβλητή **distance**)

και μέσω μετάδοσης μηνύματος, θέτοντας:

- την κατεύθυνση της κίνησης (**forward / backward**) (Σχήμα 5(α)).

[Στροφή δεξιά / αριστερά]

Παρόμοια, η δεξιά ή η αριστερή στρέψη του ρομπότ επιτυγχάνεται μέσω συγκεκριμένων μεταβλητών, ορίζοντας:

- την ισχύ % των κινητήρων (0 -100), (μεταβλητή **pwr %**)
- τη γωνία που θα περιστραφεί σε μοίρες (μεταβλητή **degree**)

και μέσω μετάδοσης μηνύματος, θέτοντας:

- τη φορά της περιστροφής (**left_angle / right_angle**) (Σχήμα 5(β)).

Ο τύπος αυτής της κίνησης απαιτεί τον ορισμό των **distance / degree** πριν από την εντολή κατεύθυνσης **forward / backward / right_angle / left_angle**. Αυτό χρειάζεται διότι η μετατροπή των **distance / degree** σε positions γίνεται αρχικά στο περιβάλλον του Scratch, ώστε να είναι εύκολη η παραμετροποίηση του ρομπότ από τους μαθητές και κατόπιν “ζητείται” από τα μοτέρ μέσω python script, το πόσα positions και με ποια φορά να περιστραφούν.

Συνεχόμενη Κίνηση

[Πορεία ΕΜΠΡΟΣ / ΠΙΣΩ]



Σχήμα 6. Πρόγραμμα που μετακινεί το ρομπότ εμπρός με ισχύ 50% για 2 δευτερόλεπτα.

Η μετατόπιση προς τα εμπρός ή προς τα πίσω δίνεται μέσω μετάδοσης μηνύματος, ορίζοντας μετά τη λέξη **GO**:

- την κατεύθυνση της κίνησης (**FORWARD / BACKWARD**)
- και την ισχύ % των κινητήρων (0 - 100) (Σχήμα 6).

[Στροφή ΔΕΞΙΑ / ΑΡΙΣΤΕΡΑ]



Σχήμα 7. Πρόγραμμα που στρίβει το ρομπότ δεξιά με ισχύ 30% για 1 δευτερόλεπτο.

Όμοια η περιστροφή προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά δίνεται μέσω μετάδοσης μηνύματος, ορίζοντας, μετά τη λέξη **GO**:

- την κατεύθυνση της κίνησης (**RIGHT / LEFT**)
- και την ισχύ % των κινητήρων (0 - 100) (Σχήμα 7).

[Ακινητοποίηση]

Η μετάδοση του μηνύματος **STOP**, έχει ως αποτέλεσμα την ακινητοποίηση του οχήματος. (Σχήματα 6 & 7)

Αισθητήρες

Όταν το ρομποτικό όχημα βρίσκεται σε κίνηση, το υπό εκτέλεση πρόγραμμα *rython* στέλνει σε πραγματικό χρόνο, πίσω στο Scratch τις τιμές των *positions* για κάθε τροχό (**m1_positions**, **m2_positions**), καθώς και την τιμή του **t_motors_on** για το χρόνο που τα μοτέρ βρίσκονταν σε λειτουργία, μόλις σταματήσουν. Οι τιμές αυτές λαμβάνονται ως αισθητήρες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε έργα Scratch με διάφορους τρόπους. Για παράδειγμα, το πρόγραμμα στο Σχήμα 8, αξιοποιεί τις τιμές των **m1_positions** και **m2_positions**, στη 4η εντολή, για τον υπολογισμό του αριθμού των πλήρη περιστροφών των τροχών του (μεταβλητή **R**) και στη συνέχεια αφού το όχημα σταματήσει, υπολογίζεται ο αριθμός των περιστροφών ανά λεπτό (μεταβλητή **RPM**).

Ομιλία

Η σύνθεση της ομιλίας επιτυγχάνεται και αυτή μέσω μετάδοσης μηνύματος, δίνοντας το κείμενο ή και το όνομα μιας μεταβλητής που θα ακουστεί από το ηχείο του ρομπότ, μετά τη λέξη **speak**. Στο Σχήμα 8, εάν η τιμή της μεταβλητής **RPM** είναι για παράδειγμα 42, τότε η τελευταία εντολή θα έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ομιλίας: “περιστροφή τροχών ανά λεπτό σαράντα δύο”.



Σχήμα 8. Πρόγραμμα που υπολογίζει τον αριθμό περιστροφής ανά λεπτό (RPM) των τροχών του οχήματος

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Ως πιθανά σενάρια διδασκαλίας προτείνεται η εφαρμογή της ενότητας “Η έννοια της ταχύτητας” από το μάθημα της Φυσικής της Β΄ τάξης Γυμνασίου.

Ταχύτητα και Απόσταση:

Ένα σενάριο θα μπορούσε να περιλαμβάνει την κατασκευή προγράμματος για την κίνηση του ρομπότ προς τα εμπρός με την ισχύ ($PWR\%$) των κινητήρων του στο 50% της μέγιστης ισχύος, για χρονικό διάστημα 3.4 δευτερόλεπτα (Σχήμα 9). Το πρόγραμμα εκτελείται για διαφορετικές ισχύς κάθε φορά, αλλά με την ίδια πάντα χρονική διάρκεια κίνησης (t), σημειώνοντας τις αντίστοιχες αποστάσεις και ταχύτητες που προκύπτουν. Σκοπός είναι η κατανόηση της έννοιας της ταχύτητας και η συσχέτισή της με την απόσταση.



Σχήμα 9. Πρόγραμμα υπολογισμού απόστασης και ταχύτητας κίνησης. Εκτελείται για διαφορετικές τιμές της ισχύος ($PWR\%$)

Μέση Τιμή

Ταχύτητας:

Ένα δεύτερο ενδεικτικό σενάριο θα μπορούσε να ζητά τη δημιουργία προγράμματος που κατευθύνει το ρομπότ να κινηθεί εμπρός για



Σχήμα 10. Πρόγραμμα υπολογισμού ταχύτητας. Εκτελείται για τις ίδιες τιμές ισχύος ($pwr\%$) και απόστασης ($distance$)

για μια συγκεκριμένη απόσταση ($distance$) π.χ. 70 εκατοστών (Σχήμα 10). Η εκτέλεση του προγράμματος θα επαναληφθεί 3-4 φορές, για τις ίδιες τιμές ισχύος και απόστασης, σημειώνοντας τις τιμές που προκύπτουν για τη ταχύτητα. Σκοπός είναι ο υπολογισμός της μέσης τιμής της ταχύτητας του ρομπότ.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η πλατφόρμα που προτείνεται, μπορεί να παρέχει τη δυνατότητα ενός ρεαλιστικού περιβάλλοντος πειραματισμού για τα μαθήματα της Φυσικής και των Μαθηματικών. Τα φυσικά μεγέθη όπως η απόσταση, η ταχύτητα, ο χρόνος και η μεταξύ τους σχέση, είναι δυνατόν να διερευνηθούν. Η μέτρηση

αποστάσεων και η διάκριση των υποδιαίρεσεων του μέτρου, μπορούν να μελετηθούν στις πραγματικές τους διαστάσεις.

Μελλοντικά, υπάρχει η δυνατότητα να προστεθεί υπέρυθρος αισθητήρας στο κάτω μέρος του ρομποτικού αμαξώματος, ο οποίος θα δώσει την ικανότητα στο όχημα να ακολουθεί συγκεκριμένες διαγραμμίσεις στο έδαφος. Επιπλέον, ένας αισθητήρας υπερήχων στο μπροστινό μέρος του, θα πρόσθετε “ηχητική όραση” ώστε να αντιλαμβάνεται εμπόδια στην πορεία του και να αντιδρά ανάλογα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αλεξανδρίδου, Π. (2011). Γιατί η Ρομποτική στην Εκπαίδευση; *Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Φλώρινας*. Ανακτήθηκε στις 29/06/2018 από τη διεύθυνση <http://edurobotics.weebly.com/epsilonkapparialphaiotadeltaepsilonupsilontaiiotakappa942-rhomicronmupiomicrontaiiotakappa942.html>

Πατρινόπουλος, Μ. (2017). Εκπαιδευτική ρομποτική στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Ανασκόπηση της μακροχρόνιας εφαρμογής στο σχολικό περιβάλλον μέσα από διαφοροποιημένες προσεγγίσεις. *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου “Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία”*. Αθήνα (21-23 Απριλίου 2017), 594-603. Ανακτήθηκε στις 29/06/2018 από τη διεύθυνση <http://www.etpe.gr/custom/pdf/etpe2536.pdf>

Τσιτσιμπάσης, Σ. (2014). *Raspberry Pi, Επικοινωνία με Scratch και Απομακρυσμένος Έλεγχος Ρομποτικού Βραχίονα*. Πρακτικά 6Th Conference on Informatics in Education – Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση (6th CIE2014). Ιόνιο Πανεπιστήμιο. Κέρκυρα (10-12 Οκτωβρίου 2014), 550-561. Ανακτήθηκε στις 29/06/2018 από τη διεύθυνση http://195.130.124.90/cie/images/documents14/CIE2014_proceedings.zip

Github (2018). An-Open-Educational-RPi-Robot. Ανακτήθηκε στις 29/06/2018 από τη διεύθυνση <https://github.com/steff/An-Open-Educational-Rpi-Robot>

Scratch wiki (2012). Mesh. Ανακτήθηκε στις 29/06/2018 από τη διεύθυνση <http://wiki.scratch.mit.edu/wiki/Mesh>

Παιχνιδοποιημένη εφαρμογή για χρήστες ηλεκτρικής ενέργειας

Ενέα Μέλε¹, Χαράλαμπος Ηλίας², Ιωάννης Κουτσουμπής³, Αφροδίτη Κτενά⁴, Χρήστος Μανασής⁵, Χρήστος Τατσιόπουλος⁶, Άννα Τατσιοπούλου⁷, Ηλίας Κωνστάντος⁸

¹Μηχανικός Ελέγχου Ποιότητας, Intralot
dimitrismele@gmail.com

²Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε, ΤΕΙ Στερεάς Ελλάδας
cilias@teiste.gr

³Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε, ΤΕΙ Στερεάς Ελλάδας
ykoutsoubis@teiste.gr

⁴Καθηγήτρια, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε, ΤΕΙ Στερεάς Ελλάδας
aktena@teiste.gr

⁵Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε, ΤΕΙ Στερεάς Ελλάδας
manasis@teiste.gr

⁶Υπεύθυνος Έρευνας και Ανάπτυξης, EPIS ΕΠΕ
ctatsio@gmail.com

⁷Σύμβουλος Νέων Τεχνολογιών EPIS ΕΠΕ
atatsio@gmail.com

⁸Υπεύθυνος Έργων ΣΑΙΚΟΝ ΕΠΕ
constantose@iconplatforms.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι τελευταίες εξελίξεις στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας με τη ραγδαία αύξηση της διείσδυσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από τη μια και την ανάγκη διαχείρισης της ζήτησης από την άλλη επιβάλλουν τη μεταβολή του ρόλου του τελικού χρήστη της ηλεκτρικής ενέργειας από παθητικό σε ενεργό. Το Smartege είναι μια πιλοτική εφαρμογή για κινητά, τάμπλετ και PC που χρησιμοποιεί μηχανισμούς παιχνιδιού (gamification) για την εκπαίδευση των χρηστών της σε θέματα ηλεκτρικής ενέργειας ώστε αυτοί ως χρήστες της τελευταίας να είναι σε θέση να αναλάβουν πιο ενεργό ρόλο στο αναδυόμενο τοπίο των ευφυών δικτύων και της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Ο χρήστης καλείται πρώτα να βελτιστοποιήσει τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας σε εικονικές εγκαταστάσεις οικίας και γραφείου και στη συνέχεια να επενδύσει στην μικροπαραγωγή μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με στόχο να τα καταστήσει Κτίρια Μηδενικής Κατανάλωσης. Το εκπαιδευτικό περιεχόμενο της εφαρμογής έχει αναπτυχθεί με βάση τα έξι επίπεδα της μαθησιακής πυραμίδας ενώ οι μηχανισμοί παιχνιδιού με ταυτόχρονη χρήση των κοινωνικών δικτύων χρησιμοποιούνται για την παρακίνηση του χρήστη. Τέλος, με κατάλληλο εξοπλισμό, ο χρήστης μπορεί να διαχειριστεί μια πραγματική εγκατάσταση της επιλογής του.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Χρήστης ηλεκτρικής ενέργειας, τροποποίηση συμπεριφοράς, γνωσιακό μοντέλο

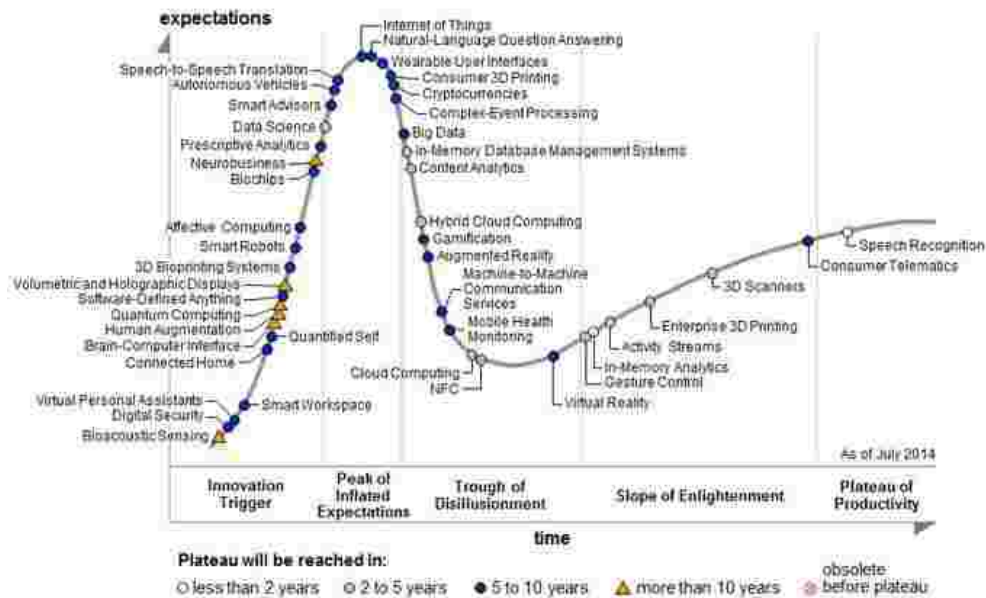
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι τεχνολογικές εξελίξεις στην μικροπαραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και στις εφαρμογές της πληροφορικής και των επικοινωνιών στα ενεργειακά δίκτυα από τη μια μεριά, και η σταδιακή απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας σε συνδυασμό με τους στόχους για εξοικονόμηση και ορθολογική χρήση της ενέργειας από την άλλη, έχουν επιταχύνει τη μετάβαση στο μοντέλο των ευφυών δικτύων και της διαχείρισης της ζήτησης. Στο νέο αυτό πρότυπο, οι χρήστες ηλεκτρικής ενέργειας αλληλοεπιδρούν σε πραγματικό χρόνο με τον πάροχο, το δίκτυο και τις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς η συμπεριφορά των χρηστών ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στο σχεδιασμό των δικτύων, της επέκτασης και του ελέγχου τους καθώς και στην επίτευξη των ενεργειακών στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Burgess J, Nye M., 2008).

Η πληθώρα νέων προϊόντων, υπηρεσιών και διαδικασιών που έχουν προταθεί, σχεδιασθεί και υλοποιηθεί στην κατεύθυνση αυτή συχνά δε φτάνουν στον τελικό χρήστη ή δεν χρησιμοποιούνται

σωστά κι επαρκώς λόγω, μεταξύ άλλων, της ταυτόχρονης αύξησης του τεχνολογικού αναλαφθητισμού. Ο χρήστης αδυνατεί να παρακολουθήσει τις εξελίξεις και, ενδεής και αποξενωμένος, γίνεται εύκολος στόχος παραπληροφόρησης και χειραγώγησης.

Η μεθοδολογία παιχνιδιοποίησης (gamification) προτείνεται ως μια λύση για την άτυπη μάθηση (Aphrodite Ktena, 2015; Danielle Carr et al., 2014) και την τροποποίηση συμπεριφοράς των χρηστών (Danielle Carr, Herta Taylor, Ryan Hunt, Tony Mejia, 2014) καθώς χρησιμοποιεί δοκιμασμένους ήδη στον τομέα του ψηφιακού μάρκετινγκ μηχανισμούς για τη συναισθηματική εμπλοκή των χρηστών σε μια διαδικασία, που στην περίπτωση που εξετάζουμε είναι εκπαιδευτική.



Σχήμα 1: Το διάγραμμα Gartner Hype για το 2014

Η παιχνιδιοποίηση μπορεί να περιγραφεί ως η χρήση των τεχνικών παιχνιδιών (gaming) για την ανάπτυξη εφαρμογών που δεν χαρακτηρίζονται ως τέτοιες (non-gaming εφαρμογές). Πρωτοεμφανίστηκε το 2008 (David C Mohr, 2014) αλλά έγινε ευρέως γνωστή στα μέσα του 2010. Χαρακτηριστική είναι η πορεία της τεχνολογίας αυτής στα διαγράμματα Gartner Hype. Το 2012 εισάγεται για πρώτη φορά στον χάρτη των state-of-the-art τεχνολογιών, το 2013 βρίσκεται στο ζενίθ των ‘υπερβολικών προσδοκιών’ ξεπερνώντας άλλες πολλά υποσχόμενες τεχνολογίες, το 2014 (Σχήμα 1) οδεύει ταχέως προς την ‘τάφρο της απογοήτευσης’ που προηγείται της ωρίμανσης και σταθεροποίησης της ‘παραγωγικότητας’, ενώ το 2015 εξαφανίζεται από τον χάρτη καθώς εκτιμάται ότι η φάση του τεχνολογικού hype έχει πλέον τελειώσει κι έχει καθιερωθεί ως τεχνολογία του ψηφιακού μάρκετινγκ ενώ επεκτείνεται πλέον η εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής και σε άλλα πεδία όπως αυτό της εκπαίδευσης.

Η εφαρμογή της παιχνιδιοποίησης σε εκπαιδευτικές διαδικασίες είναι ένα ανοιχτό θέμα τόσο ως προς την βέλτιστη μεθοδολογία ανάπτυξης όσο και ως προς την αποτελεσματικότητά της. Τα τελευταία χρόνια έχουν παρουσιαστεί διάφορες παιχνιδιοποιημένες εκπαιδευτικές εφαρμογές αυτόνομες ή ενταγμένες σε ηλεκτρονικές πλατφόρμες εκμάθησης καθώς και με στόχο την τροποποίηση συμπεριφοράς (Danielle Carr et al., 2014; David C Mohr, 2014; Deterding, S. et al., 2011; Dicheva D. et al., 2015; Lee, J.J. & Hammer, J., 2011; Adrián Domínguez et al., 2013).

Το Smartege, η παιχνιδιοποιημένη εφαρμογή που παρουσιάζεται εδώ, δεν επιχειρεί ούτε να αντικαταστήσει τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας, ούτε να προσελκύσει χρήστες – πελάτες για εμπορικούς λόγους. Το Smartege χρησιμοποιεί το συμπεριφορικό μοντέλο Fogg - FBM (Adrián Domínguez et al., 2013) για να καθοδηγήσει το χρήστη της εφαρμογής προς το στόχο της τροποποίησης της συμπεριφοράς του μέσα από μια βαθμωτή διαδικασία που εκπαιδευεί και ενεργοποιεί ταυτόχρονα το χρήστη σε καθημερινές δραστηριότητες και ενέργειες που σχετίζονται με την κατανάλωση, την παραγωγή και την εξοικονόμηση ενέργειας.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι Werbach και Hunter (Fogg, B.J., 2009) έχουν ταξινομήσει τις περιοχές εφαρμογής της παιχνιδοποίησης σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: αυτές που απευθύνονται στο εσωτερικό ενός οργανισμού (internal) και στοχεύουν στη βελτίωση των σχέσεων μεταξύ του προσωπικού ή της παραγωγικότητάς τους και την προώθηση της καινοτομίας, αυτές που απευθύνονται στο εξωτερικό ενός οργανισμού (external), πχ στους πελάτες μιας εταιρίας όπως στις εφαρμογές digital marketing, και σε αυτές που στοχεύουν στην τροποποίηση της συμπεριφοράς ενός πληθυσμού. Ο ρόλος της παιχνιδοποίησης στην τροποποίηση της συμπεριφοράς του χρήστη έχει μελετηθεί ελάχιστα προς το παρόν και οι αναφορές στη βιβλιογραφία είναι περιορισμένες.

Ένα μοντέλο που έχει ήδη χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη παιχνιδοποιημένων εφαρμογών (Danielle Carr et al., 2014) με στόχο την τροποποίηση της συμπεριφοράς του χρήστη είναι το FBM (Adrián Domínguez et al., 2013) στο οποίο βασίζεται και η Smartege. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, για να πειστεί ένα άτομο να τροποποιήσει τη συμπεριφορά του, θα πρέπει να πληροί τις εξής τρεις προϋποθέσεις: να έχει κατάλληλο κίνητρο, επαρκή ικανότητα και αποτελεσματική ενεργοποίηση (Σχήμα 2α).

Όταν το άτομο έχει το κατάλληλο κίνητρο και την απαραίτητη ικανότητα να μεταβάλλει μια συνήθεια ή αντίληψη, πρέπει να ενεργοποιηθεί με αποτελεσματικό τρόπο την κατάλληλη στιγμή να το πράξει. Η κατάλληλη χρονική στιγμή για παρέμβαση (ενεργοποίηση) είναι όταν ο δείκτης που καθορίζει την ικανότητα (οριζόντιος άξονας) και ο αντίστοιχος του κινήτρου (κάθετος άξονας) ενός ατόμου, έχουν τιμή μεγαλύτερη από μια τιμή κατωφλίου που απαιτείται για να επιτευχθεί η τροποποίηση της συμπεριφοράς. Με άλλα λόγια, είναι το σημείο στο οποίο το άτομο είναι δεκτικό σε αλλαγές, τόσο σε αντικειμενικό όσο και σε υποκειμενικό επίπεδο, και το μόνο που λείπει είναι το έναυσμα που θα το ενεργοποιήσει για να τις πραγματοποιήσει.

Η ικανότητα (ability) ενός ατόμου (οριζόντιος άξονας Σχήματος 2α) είναι αντιστρόφως ανάλογη του κόστους C που συνεπάγεται για το άτομο η τροποποίηση της συμπεριφοράς του και το οποίο αποτελεί συνάρτηση έξι μεταβλητών: χρήματα, m, χρόνος, t, σωματική προσπάθεια, pe, διανοητική προσπάθεια, me, κοινωνική απόκλιση, sd, και αλλαγή συνήθειας, nr:

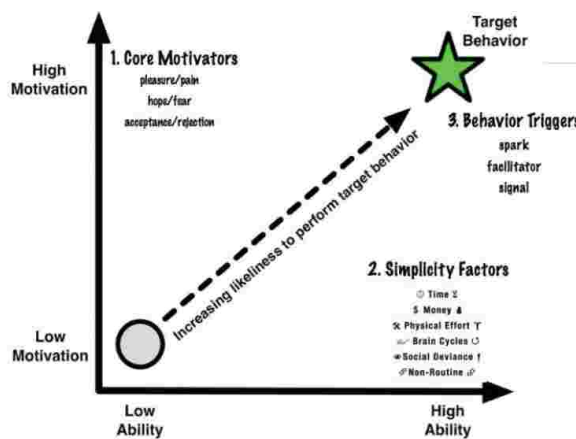
$$C = \min(m, t, pe, me, sd, nr) \quad (1)$$

Η ικανότητα του χρήστη μιας εκπαιδευτικής εφαρμογής μπορεί να αυξηθεί μέσω της εκπαίδευσης και άρα της μείωσης της διανοητικής προσπάθειας Δpe που απαιτείται για την αλλαγή της συμπεριφοράς του ατόμου σε κάποιο ζήτημα. Για παράδειγμα, όταν ο χρήστης είναι σε θέση να κατανοήσει τον λογαριασμό του ηλεκτρικού ρεύματος, ή να παρακολουθήσει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του σπιτιού του ή να αξιολογήσει το ενεργειακό προφίλ μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης, αντικειμενικά θα είναι σε θέση, με μικρό κόστος, να τροποποιήσει τη συμπεριφορά του σε θέματα χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας στην επιθυμητή κατεύθυνση. Κατά τη διαδικασία αυτή δεν πρέπει ωστόσο η συνολική τιμή των υπολοίπων μεταβλητών να αυξηθεί τόσο ώστε η $\Delta C \geq 0$. Για παράδειγμα, ο χρήστης προκειμένου να εκπαιδευτεί δεν πρέπει να ξεφύγει από την καθημερινή ρουτίνα του, να απομονωθεί από τον κοινωνικό του περίγυρο ή να καταβάλλει σε χρήμα, χρόνο ή φυσική προσπάθεια κόστος μεγαλύτερο από τα οφέλη που θα του επιφέρει η εκπαίδευση αυτή.

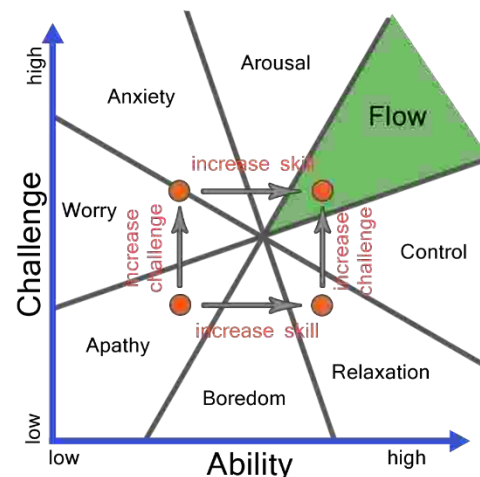
Για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού περιεχομένου της εφαρμογής, προτείνουμε την γνωσιακή προσέγγιση που είναι συμβατή με συστήματα αυτο-εκπαίδευσης και μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί στη δομή ενός παιχνιδιού. Η μάθηση σύμφωνα με το μοντέλο αυτό είναι μια μη γραμμική διαδικασία κατά την οποία ο μαθητής συμμετέχει ενεργά στη διαμόρφωση της πορείας του προς κάποιον μαθησιακό στόχο, αλληλεπιδρά με το εκπαιδευτικό και κοινωνικό περιβάλλον, και το συνδιαμορφώνει σε μια προσπάθεια να δώσει νόημα στο αντικείμενο που προσπαθεί να κατακτήσει: στη διαδικασία της νοηματοδότησης οδηγεί η βασική αντίθεση που αντιμετωπίζει ένα άτομο μεταξύ του τι γνωρίζει με σιγουριά και του τι νομίζει ότι οι άλλοι ξέρουν από την μια πλευρά και του τι νομίζει ότι ξέρει από την άλλη (Werbach, K., & Hunter, D., 2012). Αναλόγως σε μια παιχνιδοποιημένη εφαρμογή, ο χρήστης ακολουθεί μη γραμμική πορεία, επιλέγει τη διαδρομή που θα ακολουθήσει προς κάποιον στόχο, κι αλληλεπιδρά με το περιβάλλον της εφαρμογής και τους άλλους χρήστες στην προσπάθειά του να βελτιώσει τη σχετική ή και την απόλυτη θέση του σε αυτή. Ένας

Βασικός μηχανισμός των παιχνιδιών είναι τα επίπεδα. Επίπεδα ωστόσο έχει και η μαθησιακή πυραμίδα του γνωσιακού μοντέλου (Bruce Wilshire, 1990). Τα επίπεδα αυτά είναι έξι (γνωρίζω, κατανοώ, εφαρμόζω, αναλύω, αξιολογώ και δημιουργώ) και χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη όλων των μορφών του εκπαιδευτικού περιεχομένου, των κειμένων, των κοιζ, των αποστολών κτλ.

Σύμφωνα με το μοντέλο FBM, δεν αρκεί η αύξηση της αντικειμενικής ικανότητας του ατόμου να πραγματοποιήσει μια αλλαγή. Πρέπει να είναι και κατάλληλα ενεργοποιημένο και σε υποκειμενικό επίπεδο (motivation). Η μετατόπιση κατά τον κάθετο άξονα (Σχήμα 2α) γίνεται με μοχλούς τα βασικά συναισθηματικά δίπολα απόλαυση/πόνος, ελπίδα/φόβος, κοινωνική αποδοχή/απόρριψη. Η συναισθηματική εμπλοκή ή 'μύηση' του χρήστη είναι πρωτεύουσας σημασίας στην παιχνιδιοποίηση. Σύμφωνα με το μοντέλο ροής (Bloom, B.S., Krathwohl, D. R., 1956), με βάση το οποίο έχουν αναπτυχθεί τα πιο επιτυχημένα παιχνίδια, ο χρήστης πρέπει να παραμένει ενεργός, σε «κατάσταση ροής», μέσω της αύξησης των απαιτούμενων δεξιοτήτων ή των προκλήσεων (Σχήμα 2β). Η συναισθηματική εμπλοκή του χρήστη γίνεται με την κατάλληλη εφαρμογή των συναισθηματικών διπόλων στα εργαλεία των παιχνιδιών όπως επίπεδα, έπαθλα, βραβεία, μετρητές, πόντοι, leaderboards κλπ. Για παράδειγμα, η απονομή ενός βραβείου για την επιτυχή ολοκλήρωση κάποιας αποστολής προσφέρει απόλαυση, ένα μήνυμα προειδοποίησης για ενδεχόμενη ποινή ή αποτυχία προκαλεί φόβο για αποκλεισμό από το επόμενο επίπεδο, η αποτυχία σε μία αποστολή προκαλεί πόνο και χαμηλότερη θέση στο leaderboard η οποία με τη σειρά της ενεργοποιεί και το κοινωνικό δίπολο.



Σχήμα 2α: Το FBM και οι τρεις παράμετροι του: ικανότητα, παρακίνηση και ενεργοποίηση (Adrián Domínguez et al., 2013)



Σχήμα 2β: Το διάγραμμα ροής (Bloom, B.S., Krathwohl, D. R., 1956)

SMARTEGE: ΜΙΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΣΤΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τα περισσότερα παιχνίδια ή παιχνιδιοποιημένες εφαρμογές που διατίθενται αυτήν την στιγμή στην θεματική περιοχή της ενέργειας μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες: α) αυτές που στοχεύουν στην καλλιέργεια οικολογικής συνείδησης σε σχετικά νεαρή ηλικία β) αυτές που επιτρέπουν την παρακολούθηση και τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών CO2 διαφόρων συσκευών καθώς και τον απομακρυσμένο έλεγχο τους γ) παιχνίδια στρατηγικής για ενήλικες όπως τα Electrocitiy, Power Matrix, Energy Ville με αφήγηση και γραφικά σχετικά με την ενέργεια τα οποία έχουν κυρίως ψυχαγωγικό χαρακτήρα.

Η εφαρμογή Smartege που παρουσιάζεται στην εργασία αυτή φιλοδοξεί, εκτός από ψυχαγωγία, να προσφέρει και εκπαίδευση (edutainment), με τρόπο τέτοιο ώστε να διευκολύνει τους χρήστες να αποβάλλουν την φοβία σχετικά με την κατανόηση εννοιών που ο μέσος χρήστης αντιλαμβάνεται ως δυσνόητες και απρόσιτες και να μεταβάλλουν σταδιακά την συμπεριφορά τους σε θέματα χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας έτσι ώστε να αναλάβουν τον ρόλο που τους αναλογεί στο αναδυόμενο τοπίο των ευφών δικτύων και των αγορών της ηλεκτρικής ενέργειας.

Με αυτή την έννοια, δυνητικοί χρήστες της Smartege είναι όλοι οι χρήστες ηλεκτρικής ενέργειας ανεξάρτητα από ηλικία, φυλή, φύλο, ή οικονομική κατάσταση. Ειδικότερα, η πιλοτική εφαρμογή, που βρίσκεται αυτή τη στιγμή στο στάδιο της δοκιμής, απευθύνεται στις παρακάτω κατηγορίες χρηστών ηλεκτρικής ενέργειας:

- 1) οικιακοί χρήστες οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την πληρωμή του λογαριασμού ηλεκτρικού ρεύματος της κατοικίας
- 2) οικιακοί χρήστες οι οποίοι δεν είναι υπεύθυνοι για την πληρωμή του λογαριασμού ηλεκτρικού ρεύματος της κατοικίας, π.χ. παιδιά που εξαρτώνται οικονομικά από τους γονείς τους
- 3) χρήστες σε χώρους εργασίας ή φοίτησης που δεν είναι υπεύθυνοι για την πληρωμή του λογαριασμού του ηλεκτρικού ρεύματος της εγκατάστασης, π.χ. εργαζόμενοι ενός γραφείου ή φοιτητές μιας σχολής
- 4) χρήστες σε χώρους εργασίας που είναι υπεύθυνοι για την πληρωμή του λογαριασμού ηλεκτρικού ρεύματος της εγκατάστασης, π.χ. διαχειριστές κτιρίων.

Στη φάση του σχεδιασμού της εφαρμογής, διεξήχθη έρευνα με τη μέθοδο του ερωτηματολογίου για να είναι δυνατός ο προσδιορισμός της παρέμβασης της εφαρμογής στο επίπεδο γνώσεων και ευαισθητοποίησης των χρηστών. Το δείγμα της έρευνας αντλήθηκε από τον φοιτητικό πληθυσμό του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΟΠΑ) και του ΤΕΙ Στερεάς Ελλάδας (ΤΕΙΣΤΕ) όπου πραγματοποιήθηκε και η δοκιμή της πιλοτικής εφαρμογής (Csikszentmihalyi, M., 2000). Τα βασικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων συνοψίζονται στα εξής: α) είναι νεαρά άτομα β) έχουν χαμηλό προσωπικό και οικογενειακό εισόδημα γ) δεν έχουν την ευθύνη της οικονομικής διαχείρισης του νοικοκυριού τους δ) είναι χρήστες των κοινωνικών δικτύων ε) είναι εξοικειωμένοι με τις νέες τεχνολογίες και ανοιχτοί σε νέες ιδέες.

Οι ερωτηθέντες παρουσιάζονται ευαισθητοποιημένοι σε ενεργειακά και περιβαλλοντικά θέματα αλλά με έναν αφηρημένο κι εξιδανικευμένο τρόπο χωρίς κριτική άποψη και γνώση του οφέλους αλλά και του κόστους που συνδέεται με την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών, όπως η εγκατάσταση ΑΠΕ μικρής κλίμακας, η χρήση ευφυών μετρητών, ο απομακρυσμένος έλεγχος ή με την μεταβολή συνηθειών, όπως η παρακολούθηση της κατανάλωσης ή των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας, η αμφίδρομη επικοινωνία με τον πάροχο σε πραγματικό χρόνο, κλπ. Τέλος πολύ χαμηλό είναι το επίπεδο των γνώσεων των ερωτηθέντων σε βασικές έννοιες όπως η σχέση της ισχύος μιας συσκευής με την ενέργεια που καταναλώνει, η τιμολόγηση του ηλεκτρικής ενέργειας, η διαμόρφωση του ενεργειακού προφίλ του χρήστη, το θεσμικό πλαίσιο και οι συντελεστές την αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η εφαρμογή Smartege λοιπόν σχεδιάστηκε ως μια διαδικτυακή εφαρμογή για PCs, tablets και smart phones ώστε να παρέμβει στη συμπεριφορά των χρηστών της ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι ταυτόχρονα υπηρεσία και παιχνίδι:

- 1) μια υπηρεσία που προσφέρει στον χρήστη γνώση, ενημέρωση και δυνατότητα ελέγχου του ενεργειακού του προφίλ
- 2) ένα παιχνίδι:
 - προσομοίωσης, γιατί προσομοιώνει την κατανάλωση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με βάση πραγματικές απαιτήσεις κτιρίων (π.χ. κατοικία ή γραφείο στην πιλοτική εφαρμογή) και εξαρτημάτων (πηγών και καταναλώσεων)
 - στρατηγικής γιατί απαιτεί από το χρήστη να θέτει στόχους και να χρησιμοποιεί κατά το βέλτιστο τρόπο τα εργαλεία και τους πόρους που του παρέχονται - εδώ να σημειωθεί ότι στις μελλοντικές εκδόσεις, η κοινωνική και στρατηγική διάσταση της εφαρμογής θα ενισχυθεί παραπέρα γιατί, μέσα από τη λειτουργία των 'συντεχνιών' που στην πιλοτική εφαρμογή δεν υλοποιούνται, θα επιτρέπει και τη δημιουργία 'αγοράς' από τους χρήστες, η οποία θα ρυθμίζεται σύμφωνα με το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο
 - μάθησης & εξάσκησης, γιατί παρέχεται υλικό για την εκπαίδευση του χρήστη σε θέματα ηλεκτρικής ενέργειας μέσα από την εφαρμογή σε διάφορες μορφές (πηγές πληροφόρησης, κείμενα, συμβουλές, κ.λπ.)
 - κουίζ, γιατί πολλές από τις 'αποστολές' της εφαρμογής είναι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που βασίζονται στο παραπάνω υλικό

Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ SMARTEGE

Η πιλοτική εφαρμογή που διατίθεται αυτή τη στιγμή αποτελείται από τα εξής επίπεδα:

1) Tutorial: εισαγωγικό επίπεδο που ξεναγεί το χρήστη στην εφαρμογή. Ο χρήστης καλείται να απαντήσει σε διάφορα κουίζ προκειμένου να συλλέξει πόντους και 'χρήματα' και να μπορέσει να ξεκλειδώσει το επόμενο επίπεδο. Αν ο χρήστης δεν απαντήσει επιτυχώς κατευθύνεται σε αντίστοιχου επιπέδου εκπαιδευτικό υλικό ώστε να προετοιμαστεί καλύτερα και να επαναλάβει τη δοκιμασία. Το επίπεδο αυτό έχει υψηλή εκπαιδευτική αξία αλλά έχει στόχο και την προσέλκυση κι εμπλοκή του χρήστη στην εφαρμογή.

2) Flat: χρησιμοποιώντας τα 'χρήματα' που έχει συλλέξει, ο χρήστης καλείται να εξοπλίσει ένα μικρό διαμέρισμα (Σχήμα 3α) με τυπικές ηλεκτρικές κι ηλεκτρονικές συσκευές τις οποίες επιλέγει ο ίδιος από την 'αποθήκη' της εφαρμογής. Ο χρήστης καθοδηγείται να ρυθμίσει τη λειτουργία των συσκευών του με τη βοήθεια κατάλληλης ενεργοποίησης και εκπαιδευτικού υλικού, όπως συμβουλές, προειδοποιήσεις, ορισμοί κι επεξηγήσεις. Ο στόχος είναι η βελτιστοποίηση του ενεργειακού του προφίλ μέσα από την ορθολογική χρήση του ηλεκτρισμού και την ενεργειακή αναβάθμιση των συσκευών με την ταυτόχρονη διατήρηση του επιπέδου άνεσης σε αποδεκτά επίπεδα, όπως αυτά καθορίζονται από πρότυπα και κανονισμούς. Οι εικονικές συσκευές έχουν ενεργειακά χαρακτηριστικά και κόστος αντίστοιχο με εμπορικών συσκευών.



Σχήμα 3α: Το 3D GUI του επιπέδου Flat

Σχήμα 3β: Το 3D GUI του επιπέδου Office

3) Office: όταν ο χρήστης βελτιστοποιήσει τη διαχείριση της οικιακής εγκατάστασης, ξεκλειδώνει το επόμενο επίπεδο όπου καλείται να διαχειριστεί την ενεργειακή κατανάλωση ενός μικρού γραφείου. Επειδή το είδος των συσκευών και το αντίστοιχο ενεργειακό προφίλ ενός τέτοιου κτιρίου είναι αρκετά διαφορετικό από αυτό της οικιακής εγκατάστασης (Σχήμα 3β), ο χρήστης πρέπει να αναπτύξει διαφορετική στρατηγική για την βελτιστοποίηση της κατανάλωσης του. Στο επίπεδο αυτό, εισάγεται η έννοια του κτιρίου μηδενικής κατανάλωσης (net zero energy consumption building) και ο χρήστης αποκτά πλέον τη δυνατότητα εγκατάστασης ΑΠΕ μικρής κλίμακας στα δύο κτίρια που διαχειρίζεται. Τις συσκευές αυτές τις 'αγοράζει' κι 'εγκαθιστά' με τα εικονικά χρήματα που έχει συλλέξει από τη μέχρι τώρα διαχείριση των κτιρίων του. Ταυτόχρονα, ο χρήστης έχει πρόσβαση σε εκπαιδευτικό υλικό που αφορά στην παραγωγή κι αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και στο σχετικό θεσμικό πλαίσιο.

4) MyHome: στο τελευταίο αυτό επίπεδο, ο χρήστης έχει την ευκαιρία να εφαρμόσει ότι έχει μάθει στο εικονικό περιβάλλον σε μια πραγματική εγκατάσταση. Το επίπεδο αυτό προσφέρει δυο δυνατότητες: α) την προσομοίωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ενός πραγματικού κτιρίου, όπου ο χρήστης εισάγει τα χαρακτηριστικά των συσκευών και τους χρόνους λειτουργίας τους και υπολογίζει την ενέργεια που καταναλώνουν σε ημερήσια βάση και το κόστος της β) την παρακολούθηση κι έλεγχο σε πραγματικό χρόνο των καταναλώσεων μιας πραγματικής εγκατάστασης, όπως πχ του σπιτιού του, με κατάλληλο 'ευφυή' μετρητικό εξοπλισμό και μιας διεπαφής τύπου SCADA της εφαρμογής. Η διεπαφή αυτή είναι υπεύθυνη για την είσοδο, διαχείριση και έξοδο των δεδομένων των μετρητών και των ενεργοποιητών που είναι εγκατεστημένοι στον πίνακα διανομής της εγκατάστασης καθώς και των βάσεων δεδομένων στις οποίες αυτά οργανώνονται (Constantos E. et

al., 2014). Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τη δοκιμή της εφαρμογής βρίσκεται εγκατεστημένος στο Εργαστήριο Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων του ΤΕΙ Στερεάς Ελλάδας (Ψαχνά) και αποτελείται από εμπορικούς μετρητές ενέργειας ράγας που μεταδίδουν ένα παλμό για κάθε 0.5Wh. Οι παλμοί μεταδίδονται ασύρματα (IEEE 802.11b/g/n or XBee) ή μέσω Ethernet (IEEE 802.3) σε έναν μικροεπεξεργαστή ALIX.3D3 με λειτουργικό Linux. Το λογισμικό του αποτελείται από τα εξής: α) Wire File System (OWFS) που με κατάλληλα bash scripts ενεργοποιεί / απενεργοποιεί τα φορτία μέσω ρελέ φορτίου, διαβάζει δεδομένα από τους αισθητήρες, καταγράφει τα δεδομένα σε αρχείο κλπ β) MySQL database όπου αποθηκεύονται οι χρονοσειρές δεδομένων που καταγράφουν οι αισθητήρες και αποτελούν την πηγή για τις γραφικές παραστάσεις γ) PHP Engine μέσω της οποίας εκτελούνται αναζητήσεις στη βάση δεδομένων, πχ τη γραφική παράσταση της κατανάλωσης μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου.

TA ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΟΥ SMARTEGE

Για την διατήρηση του χρήστη στην περιοχή ‘ροής’ του παιχνιδιού απαιτείται η ανατροφοδότηση του χρήστη με τη μορφή μετρητών, επάθλων, ειδοποιήσεων και leaderboards.

Το παιχνίδι χρησιμοποιεί τέσσερις μετρητές:

α) ‘Wallet points’: τα ‘χρήματα’ που έχει ο χρήστης στο ‘πορτοφόλι’ του αυξάνονται με την επιτυχή ολοκλήρωση αποστολών κι εργασιών που ανατίθενται στον χρήστη, ξοδεύονται με την απόκτηση συσκευών υψηλότερης ενεργειακής κλάσης ή ΑΠΕ και μειώνονται όταν γίνεται κακή διαχείριση των πόρων και της ηλεκτρικής ενέργειας.

β) ‘Electrical Energy counter’: ο μετρητής που καταγράφει την κατανάλωση και την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh

γ) ‘Green bar’: η ενεργειακή κλάση του κτιρίου υπολογίζεται με βάση την ενεργειακή κλάση των ηλεκτρικών συσκευών του και τη λειτουργία τους

δ) ‘Comfort bar’: το επίπεδο άνεσης ενός κτιρίου καταγράφεται σύμφωνα με ισχύοντα πρότυπα και κανονισμούς (Csikszentmihalyi, M., 2000; Constantos E. et al., 2015).

Προκειμένου ο χρήστης να ξεκλειδώσει ένα ανώτερο επίπεδο, πρέπει όλοι οι μετρητές να έχουν τις τιμές που προβλέπονται για κάθε επίπεδο.

Σημαντικό εργαλείο στην παρακολούθηση και διαφανή καταγραφή της διαδρομής του χρήστη είναι η απονομή πόντων. Πόντοι δίνονται για την ολοκλήρωση μιας γκάμας αποστολών. Τέτοιες αποστολές είναι το διάβασμα προτεινόμενου εκπαιδευτικού υλικού, τα κουίζ, τα προσωποποιημένα σχόλια στα αποτελέσματα των κουίζ, η επικοινωνία με άλλους χρήστες μέσω των κοινωνικών δικτύων, η ανταπόκριση σε συμβουλές και υποδείξεις, η συμμετοχή στη διαμόρφωση του περιεχομένου της εφαρμογής όπως η υποβολή ερωτήματος, το ανέβασμα βίντεο, εικόνων, κειμένων κλπ. Το σύνολο των πόντων ενός χρήστη είναι το κριτήριο κατάταξης του στο leaderboard του παιχνιδιού, το ‘Tesla’s Followers’ (Σχήμα 4α). Έτσι ο χρήστης μπορεί να ακολουθεί τα δικά του βήματα προς την κορυφή, επιλέγοντας συγκεκριμένους τους στόχους και δραστηριότητες που προσφέρονται. Έπαθλα επίσης απονέμονται στον χρήστη για την κατάκτηση ενδιάμεσων στόχων (Σχήμα 4β).



Ο χρήστης πρέπει να βελτιώνει τις γνώσεις του κι ικανότητές του αλλά και τη σχετική του θέση έναντι των υπολοίπων. Η κοινωνική διάσταση της πιλοτικής εφαρμογής εξυπηρετείται από την αλληλεπίδραση χρήστη-συστήματος και χρήστη-χρήστη, με την μορφή μηνυμάτων, προσκλήσεων, ανάπτυξης διαδραστικού περιεχομένου, του leaderboard, τη χρήση των κοινωνικών δικτύων για να προσκαλέσει φίλους, να ανταλλάξει πληροφορίες, να σχολιάσει ή να κάνει like κλπ. Στο μέλλον ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να φτιάχνει ομάδες και να ανταγωνίζεται άλλες, εντός μια εικονικής πραγματικότητας που μιμείται την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας όπου ο συντονιστής/υπεύθυνος έχει το ρόλο της ρυθμιστικής αρχής.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια της εφαρμογής που παρουσιάζεται εδώ, εισάγουμε μια νέα μεθοδολογία για την ανάπτυξη διαδικτυακών παιχνιδοποιημένων εκπαιδευτικών εφαρμογών για κινητά, τάμπλετ και προσωπικούς υπολογιστές. Χρησιμοποιούμε ένα γνωστό συμπεριφορικό μοντέλο για την μετατόπιση της συμπεριφοράς του χρήστη μέσα από εκπαιδευτικό περιεχόμενο που έχει αναπτυχθεί με βάση τα έξι επίπεδα της μαθησιακής πυραμίδας, συναισθηματική παρακίνηση και κατάλληλη ενεργοποίηση με χρήση μηχανισμών παιχνιδιού. Η εφαρμογή είναι δομημένη σε επίπεδα με διαφορετικό βαθμό δυσκολίας. Κάθε επίπεδο απαιτεί την εκπαίδευση του χρήστη στη διαχείριση της κατανάλωσης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε κτίρια με διαφορετικά ενεργειακά προφίλ με στόχο να γίνουν κτίρια μηδενικής κατανάλωσης. Στην πιλοτική έκδοση που βρίσκεται υπό δοκιμή, προσφέρονται δύο τύποι κτιρίων, ένα διαμέρισμα κι ένα γραφείο, και δυνατότητα εγκατάστασης μικρών φωτοβολταϊκών και ανεμογεννήτριας καθώς και συσσωρευτών. Στο τελευταίο επίπεδο, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εφαρμόσει την εμπειρία του στην πραγματική ζωή. Με τη βοήθεια κατάλληλου εξοπλισμού που επικοινωνεί με το περιβάλλον της εφαρμογής, μπορεί να διαχειριστεί την κατανάλωση μιας πραγματικής εγκατάστασης, όπως η οικία ή το γραφείο του. Στο μέλλον η εφαρμογή θα εμπλουτιστεί με περισσότερους τύπους κτιρίων και θα επιτραπεί η δημιουργία ομάδων μεταξύ των χρηστών που θα ανταγωνίζονται μεταξύ τους σε μια εικονική 'αγορά' η οποία θα ρυθμίζεται από τον διαχειριστή του παιχνιδιού σύμφωνα με τα ισχύοντα κάθε φορά πρότυπα και νόμους.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η έρευνα αυτή χρηματοδοτήθηκε από το έργο SMARTEGE - Έξυπνο σύστημα εκπαιδευτικών παιχνιδοποιημένων διαδικασιών - 1605-BET-2013

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Adrián Domínguez, Joseba Saenz-de-Navarrete, Luis de-Marcos*, Luis Fernández-Sanz, Carmen Pagés, José-Javier Martínez-Herráiz. (2013). Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. *Computers & Education* 63, 380–392.

Aphrodite Ktena. (2015). Building gamified applications for informal education. *Proceedings of International Conference on Education and New Developments*, (pp. 281-285). Porto, Portugal.

Bloom, B.S., Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives. Handbook I: Cognitive Domain*. NY: Longmans, Green.

Bruce Wilshire. (1990). *The moral collapse of the university*. SUNY.

Burgess J, Nye M. (2008). Re-materialising energy use through transparent monitoring systems. *Energy Policy* 36 (12), 4454-4459.

Constantos E., Elias, C., Ktena, A., Manasis, C., Skarpetis, N., Tatsiopoulos C., Tatsiopoulos A., et al, Zamani, E. (2015). *SMARTEGE gamification design and methodology, Deliverable D2.1*.

Constantos E., Elias, C., Ktena, A., Manasis, C., Skarpetis, N., Tatsiopoulos C., Tatsiopoulos A., et al, Zamani, E. (2014). *SMARTEGE user requirements, Deliverable D1.1*.

Csikszentmihalyi, M. (2000). *Beyond boredom and anxiety*. San Francisco, CA: US: Jossey-Bass.

Danielle Carr, Herta Taylor, Ryan Hunt, Tony Mejia. (2014). *Gamification and adult literacy, report of Literacy Link South Central's Job Creation Partnership Project "Using Technology to Facilitate Connections between Literacy and the Broader Community"*.

David C Mohr, S. M. (2014, Jun 05). The Behavioral Intervention Technology Model: An Integrated Conceptual and Technological Framework for eHealth and mHealth Interventions. *J Med Internet Res Vol 16, No 6*.

Deterding, S. Dixon, D., Khaled, R., Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification". *In Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envision Future Media Environments*, (pp. 9-15).

Dicheva D., Dichev C., Agre G. & Angelova G. (2015). Gamification in Education: A Systematic Mapping Study. *Educational Technology & Society*, 18 (3), pp. 75–88.

Domínguez A, S.-d.-N. J.-M.-S.-H. (2013). Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. *Computers & Education* 63, 380–392 .

Fogg, B.J. (2009). A Behavior Model for Persuasive Design. *Persuasive '09 Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology*, (pp. 26–29).

Lee, J.J. & Hammer, J. (2011). Gamification in Education: What, How, Why Bother? Definitions and Uses. *Exchange Organizational Behavior Teaching Journal*, 15(2), pp. 1-5.

Nikos Christopoulos. (2010). *Smart electricity meter, Senior Thesis*. TEI of Sterea Ellada (ex- TEI of Chalkida).

Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*. Wharton Digital Press.

STEAM learning using a web-based workbench of music science interactive activities

Vassilis Katsouros¹, Aggelos Gkiokas¹, Sofoklis Sotiriou², Petros Stergiopoulos², Renaat Frans³, Erica Andreotti³, Robert Piéchaud⁴, Zoltán Kárpáti⁵, Pierre Laborde⁶, Daniel Martín-Albo⁷, Fotini Simistira⁸, and Marcus Liwicki⁸

¹ Athena Research and Innovation Center, Athens, Greece
{vsk, agkiokas@ilsp.gr}

² Ellinogermaniki Agogi, Greece
{sotiriou, plagiavlitis@ea.gr}

³ University College Leuven-Limburg, Belgium
{renaat.frans, erica.andreotti@ucll.be}

⁴ Institut de Recherche et de Coordination Acoustique Musique-IRCAM, France
{robert.piechaud@ircam.fr}

⁵ Leopoly, Hungary
{zoltan.karpati@leopoly.com}

⁶ Cabrilog, France
{pierre.laborde@cabri.com}

⁷ Wiris, Spain
{dmas@wiris.com}

⁸ University of Fribourg, Switzerland
{marcus.liwicki, foteini.simistira@unifr.ch}

ABSTRACT

The aim of the paper is to present an innovative STEAM pedagogical framework and the development of a web-based workbench with advanced activity environments and core enabling technologies for music science interactive activities. The overall pedagogical framework supports mastery of core academic content on STEM subjects for secondary school students alongside with the development of their creativity and deeper learning skills, through engagement in music activities. To reach this goal, it introduces new methodologies and innovative technologies supporting active, discovery-based, collaborative, personalised, and more engaging learning. The web-based workbench includes activity environments and tools such as a 3D environment for designing virtual musical instruments, advanced music generation and processing technologies to apply and interpret related physics and mathematics principles, gesture and pen-enabled multimodal interaction for music co-creation and performance, and advanced environments for carrying out maths and geometry tasks. The educational deployment of the workbench is built around a suite of interdisciplinary project/inquiry-based educational scenarios for STEAM, integrating in-innovative methods in teaching and learning. The workbench is being pilot-tested and evaluated in real learning contexts in secondary schools from three European countries.

KEYWORDS: *STEAM pedagogy; music science activities; 3D virtual music instrument design; music visualization; gesture-based interaction; pen-based interaction*

INTRODUCTION

Improving Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) education has been a priority on the political agenda of many European countries since the end of the 1990s. In Europe, over the last years a great number of STEM programs and projects have been set up and a wide range of measures, starting with the earliest school years has been introduced. The key objectives have been

to encourage more students to study subjects of STEM as well as to improve the initial education and continuing professional development of teachers. Despite these efforts, recent evidence seems to illustrate that in both mathematics and science, underachievement of 15-year-olds remains above the ET 2020 benchmark of 15%. Moreover, most European countries continue to have a low number of students interested in studying or pursuing a career in STEM (Kearney, 2016).

STEAM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics combined with Arts) is a movement in the field of education initiated from the United States of America and was driven forward in Europe. The STEAM initiative's aim is to place Arts at the heart of education systems to cultivate the creative skills of young people, alongside with the knowledge and skills they acquire in STEM fields. The interconnectivity of Arts and Sciences is a request and a challenge not only in education, where the STEM fields are actually the starting point and Arts are employed to increase the students' engagement, motivation and impact of learning, but also in Arts as a profession. Among the several Arts subjects, music has received great attention as it is considered essential to cognitive development from the early years of life. Studies on the links between music education and cognitive abilities report that participation in music lessons is associated with higher IQ and higher academic abilities of students (OECD, 2011).

The aim of the paper is to present a platform supporting ICT-enhanced environments with new enabling technologies for deeper learning of STEAM subject matters to encourage learners in co-creative music science activities. The general goal is to pursue the research and development of state-of-the-art concepts and prototypes towards a novel framework of a workbench that involves advanced toolkits for music co-creation activities deployed in lesson plans for STEAM learning/teaching. The iMuSciCA workbench addresses secondary school students with the aim to support mastery of core academic content on STEM subjects (Physics, Geometry, Mathematics, and Technology) alongside with the development of creativity and deeper learning skills through their engagement in music activities.

The rest of the paper is organized as follows. The next section presents an envisioned use case scenario, it gives an overview of the proposed pedagogical framework, and presents the structure of educational scenarios. In Section 3 we present the various activity environments and tools with reference to corresponding core-enabling technologies that constitute the iMuSciCA web-based workbench. Section 4 presents briefly the overall evaluation framework of the pedagogy, the lesson plans and the usability of the workbench. The paper concludes with a discussion and future work.

PEDAGOGICAL APPROACH

The vision

The vision of the proposed approach on STEAM education using music activities is illustrated in Figure 1. In the envisioned scenario, teachers from different fields such as physics, mathematics and music design collaboratively inquiry-based STEAM lesson plans. During the semester, in the class the physics teacher teaches standing waves on strings. Students learn that various parameters of a vibrating string such as its length, tension or the material, can affect its resonance frequency. Specifically, in the today's class they learn that the frequency of the resonance of a string is inversely proportional to its length. After the class, students can incorporate their new knowledge for the instrument design project for the semester. By using a 3D virtual instrument design environment, they can alter the length of the strings of their instrument and verify that the resonance frequency of the string is affected by its length. The parameters of the 3D virtual instrument are mapped to the parameters of a music instrument physical modelling engine. Students can hear the synthetic sounds produced by the strings of their virtual instruments. Being musically non-skilled students, they also become familiar with music properties such as pitch height. But the perception of the different tones produced by different strings is not limited to the auditory level. By using advanced music and audio visualization tools, students can measure the frequency from the waveform in the time domain, or they are able to inspect the various frequencies on a 3D spectrogram. Additionally, the instruments they designed are shared with their classmates. From a repository of instruments, Mark and Dennis can retrieve and play virtual 3D instruments that other students have designed. Although they do not have

the skills to play a musical instrument, Mark and Dennis are able to perform and listen to the virtual instrument by using gestures captured with advanced sensors. At the end of the semester, the virtual music instruments are 3D printed and the students conduct a concert at the school celebration. At the end of the school year, a teacher committee analyzes the impact of the proposed STEAM education scenario to the deeper understanding of science by the students.

The above envisaged scenario acts as a roadmap for creating an online platform with Activity Environments (AEs) that can support the implementation of the proposed tasks and related technologies.

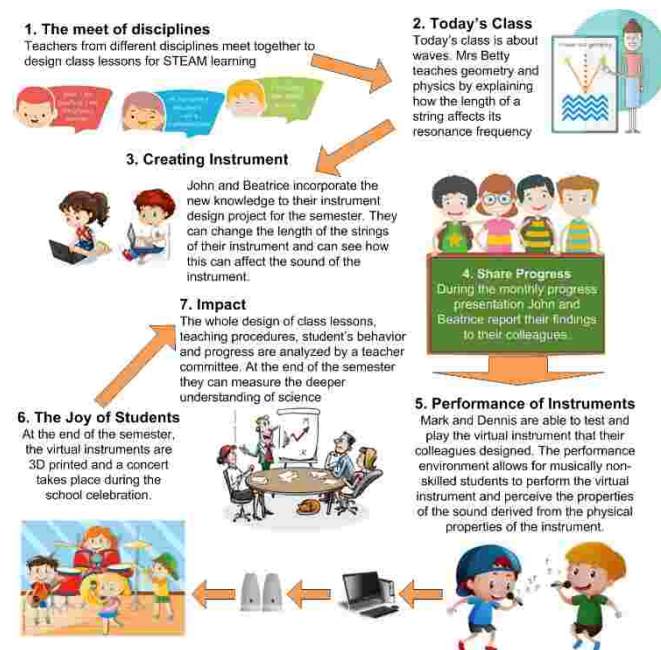


Figure 1: Collaborative designed STEAM learning lesson plans used by students in music science collaborative activities

Description of the framework

iMuSciCA's STEAM pedagogy is designed according to the following principles:

a. Interdisciplinarity: Students can use a STEAM-rich palette of tools, concepts, and phenomena belonging to different subject matter fields, while iMuSciCA's pedagogy lets them see and connect concepts and skills of music with those of science and engineering.

b. Inquiry learning across STEAM fields: iMuSciCA uses the following Inquiry Based Science Education (IBSE) phases: Engage, Imagine, Create, Analyse, Communicate, and Reflect. IBSE phases are applied in education on separate subject matter fields (Pedaste et al., 2015). In iMuSciCA inquiry learning is applied on different STEAM disciplines in a connected way. For example, on the iMuSciCA workbench an engineering approach uses the scientific insights to predict how a musical instrument will behave in terms of fundamental, upper tones etc., a scientific approach tries to understand why particular factors exist or predict new ones, and a music approach focusses on creation or performance of a musical piece. All these facets are complementary and iMuSciCA let learners experience all of them.

c. Different inquiry paths: iMuSciCA reflects the open way in which real investigation occurs. The different inquiry phases in iMuSciCA are used as a model and are not necessarily follow a standard sequence, while one can also vary the point of entrance and the level of guidance given (Tiberghien, A., 2000). iMuSciCA allow learners starting from the experience of music, or in other occasions, scientific or engineering questions serve as a starting point.

d. Collaborative and co-creative learning across fields: iMuSciCA's workbench and lessons activities are designed to address the following characteristics that are known to support collaborative learning (Kirschner, 2001):

#1. Active learning: iMuSciCA scenarios actively engage students in interdisciplinary investigations (music, science, and engineering) and, by doing so, they support a lot of collaborative skills and creativity (Honey & Kanter, 2013; Martinez & Stager, 2013).

#2. Teachers: The role of the teachers is to provide guidance when needed and recommend different pathways through different scenarios depending on the student's background.

#3. Teaching and learning as shared experiences: Teachers and learners create time for making joint conclusions to foster discussions around the learned concepts within student or teacher groups (team teaching).

#4. Student participation in small-group activities: iMuSciCA scenarios are built around inquiry activities that are preferably performed by a small group of students who later interact with the rest of the class to share their findings.

#5. Students taking responsibility for learning: Small group activities of interdisciplinary nature allow students to take responsibility for their activities depending on their interests and skills.

#6. Students being stimulated to reflect on their own assumptions and thoughts during iMuSciCA's 'communicate and reflect' phases.

e. 21st century skills across different STEAM-fields: iMuSciCA translated the 21st century skills (Wagner, 2008) into design principles that are somewhat more pedagogically operational. These are called the '9 lessons' for a 21st century pedagogy based on Saavedra & Opfer (2012).

The structure of educational scenarios

iMuSciCA curriculum foresees the possibility to use the workbench following a guided path or a more open one. To support the work of teachers, scenarios based on a certain theme have been developed in cooperation with groups of teachers in Greece, Belgium, and France. In Belgium and France, the focus mainly is on the 7th to the 9th grade, while in Greece the focus is on the 9th and 10th grades. In all cases, the aim of the scenarios was to offer inspiration, support and background information to teachers, and let them free to choose their preferred path. By co-creating the scenarios together with the teachers in each country, it was possible to adapt them to the national curricula and address specific situations.

The iMuSciCA educational scenarios follow the approach of IBSE across the STEAM fields. Students first engage with the subject, they wonder, they ask questions and they link the subject to their prior knowledge. Second, they imagine and formulate hypotheses and identify relevant parameters to investigate possible solutions. Third, they create prototypes, investigate the hypotheses they have been formulating beforehand and analyse the results of their investigations. Fourth, they connect the subject with different STEAM fields, they draw conclusions and evaluate the results. Fifth, they communicate the results of their activities to others, e.g. teachers, students, and peers. Finally, they reflect on the feedback they obtain and incorporate it in their further explorations.

Variations among National Curricula, structural differences among public schools, music schools and private schools as well as everyday practices in classrooms provide a landscape, which requires the iMuSciCA educational scenarios to be flexible and adaptable. In this framework, a modular architecture has been developed for the educational scenarios of iMuSciCA. Educational scenarios, which incorporate all IBSE phases and cover all STEAM fields, usually have a duration of at least four hours and consist of smaller modules or Lesson Plans. Each Lesson Plan may incorporate one or more inquiry stages and has a typical duration of one or two teaching hours. Educational Scenarios can be further combined, in order to produce a wider ranging and more comprehensive learning project, which consists of at least one scenario and can last from 20 hours to the whole school year. Therefore, the design adapts to three possible settings: (i) long term Project Based Learning that can be carried out e.g. in School Clubs; (ii) medium term regular classroom interventions; or (iii) short term classroom interventions on a par with the curriculum.

Bellow follow two exemplary educational scenarios:

- "Sound and tone" is an example of a guided scenario addressing students in lower secondary education. Students investigate the vibrations as sources of sound. By means of the iMuSciCA visualisation tools learners measure sounds and recognise that some are periodic, and others are

not. They learn to connect this insight with what they hear: some sounds have more tones, some others less or no tone at all.

- “Investigating the Monochord” introduces upper high school students to the science behind the sound produced by the simplest stringed instrument, the monochord. Students investigate and verify Mersenne’s laws regarding the dependencies of the frequency of the sound produced by a virtual monochord on several parameters, such as string tension, radius and length. To do that, they will create a virtual monochord using the iMuSciCA workbench, experiment hands-on and minds-on with the relevant parameters and investigate the dependencies.

THE WORKBENCH

This section briefly describes the main components of the learning environment, and then focuses on the iMuSciCA workbench, which is the main user interface where innovative STEAM activities take place. The learning environment consists of functional components allowing to create, manage, store, and use learning contents, as well as evaluating the learning outcomes. These include:

- The main entry point is the iMuSciCA Learning Management System (LMS) which is accessible at <http://lms.imuscica.eu/>. This LMS builds on a standard Moodle environment (Dougiamas & Taylor, 2003).
- The innovative iMuSciCA Learning Contents are provided to students in a unified workbench (<https://workbench.imuscica.eu/>).

On the LMS, the individual learning contents are available. These are typically generated or adapted by teachers using a Learning Content Authoring Tool (LCAT), which is based on the well-known HIDDEN authoring software (New Cabri, 2018), or directly added in Moodle using its own tools. Learning contents can be tagged using appropriate metadata, to allow for fast and efficient retrieval. When users follow a learning content, they produce some data (question answers, marks, current progress within an activity, etc.) These data are called 'learning records' and are stored in a repository, the Learning Record Store (LRS) (Tillett, 2012).

The workbench is the place where students can perform STEAM-related activities according to the iMuSciCA pedagogical framework (see Section 2). It provides a set of Activity Environments and Tools (AE&T), categorised according to the different STEAM domains in music, science and mathematics, engineering and technology.

The activity environments and tools can be launched by clicking on the corresponding icon, located at the top of the window (see Figure 3). Activity environments belonging to the same domain share the same colour. Furthermore, visualization and music tools (e.g., the very recent Snail from Hélie T. & Picasso C., 2017) are available when users interact with an activity environment producing sound (see Figure 7).

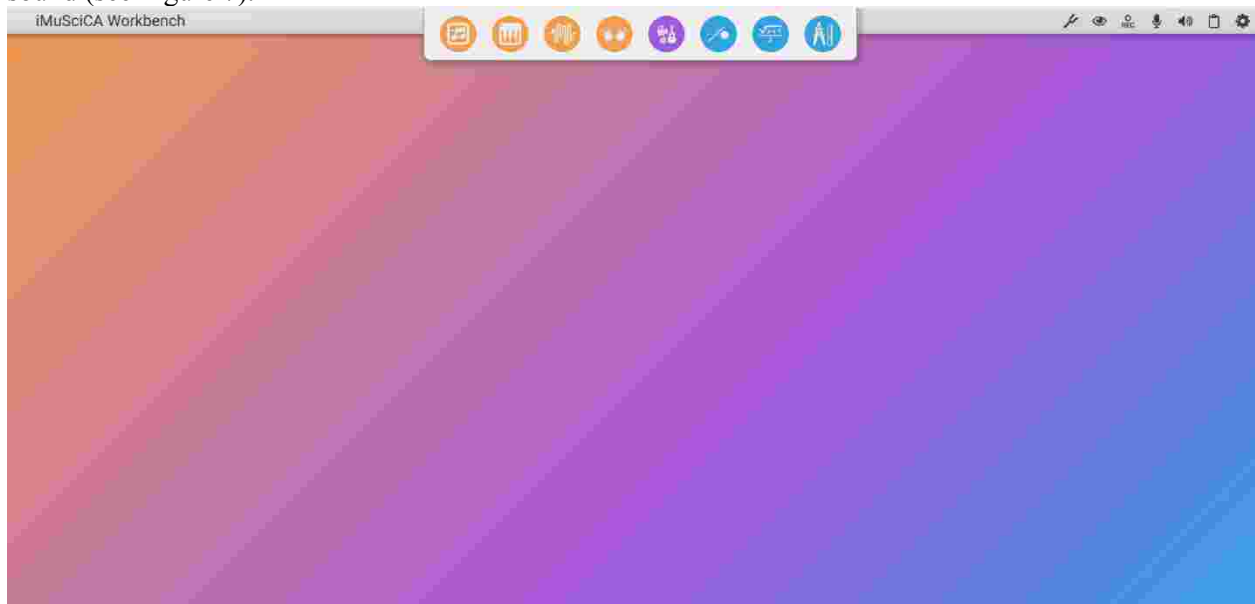


Figure 3: Landing page of the iMuSciCA workbench

Virtual music instruments can be designed in an innovative 3D Music Instrument Design environment. In this environment, the user can load four pre-designed instruments: a mono/bichord, a guitar, a membrane (circular or square), and a xylophone (Figure 4). The ground-breaking novelty of iMuSciCA is that students can adjust various parameters (e.g. the length and chord tension) and then hear the produced sound from the instrument, the latter being excited using synthetic sound of physical instruments, building on recent research outcomes. The 3D modeling engine features powerful tools like sculpting, painting and parametric design. The main challenge for adapting this engine to the proposed STEAM education context is to limit the tools and their possibilities in order to prevent user from designing deformed and useless objects yet keep the modeling experience exciting. The core engine is already the basis of applications on several platforms such as desktop, mobile, VR, web, and it is compatible with conventional 3D printing technologies. The core engine that is written in C++ and it utilizes OpenGL, has been ported to javascript by using emscripten so that it runs in any HTML5-compatible browser.

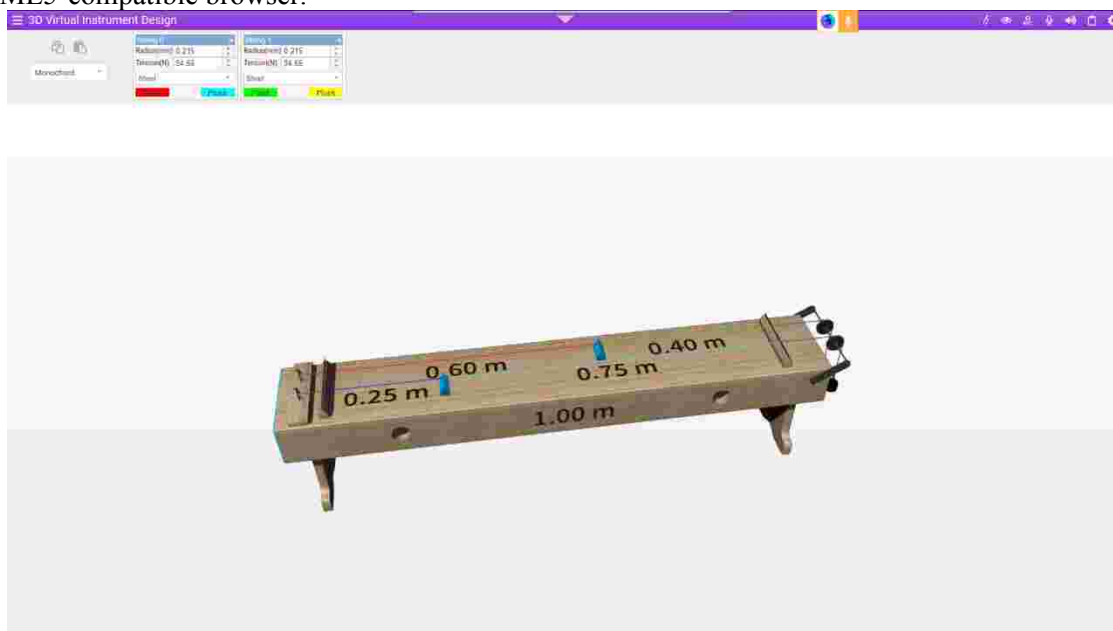


Figure 4. The 3D musical instrument design environment

In activities related to the interactive musical instrument environment (see Figure 5), the student can either play pre-set instruments or load customized virtual instruments, previously designed in the 3D Musical Instrument Design. Students can use their hands (Leap Motion based interaction) and arms/body (Kinect-based interaction) to interact with the virtual musical instrument and their actions are translated into events that trigger the sound generating engine. The performance can be stored and re-played to be used in other activity environments and tools (visualization, sample sequencer, analysis).

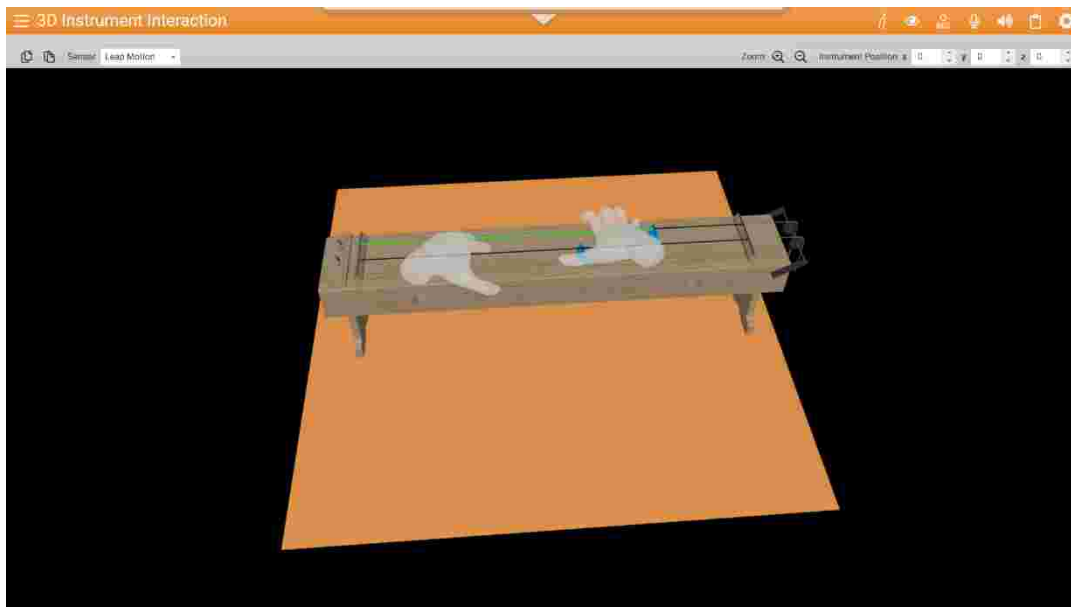


Figure 5: *Gesture-based interaction for virtual music instrument performance*

For the sound generation the virtual music instruments we have deployed physical modeling. Unlike additive or subtractive sound synthesis, physical models aim at being as close as possible to reality. By varying their parameters dynamically, physical models are an excellent way for teachers to introduce and illustrate physical phenomena or mathematical properties through sound. The proposed method adopts a real time sound synthesis engine that utilizes physical models and is based on three main principles: (i) Sounding objects - strings, tubes, plates, membranes, mass-springs - described by their physical properties (size and shape, material, etc.), (ii) connections describing the way objects may interact with each other (a bow or a plectrum to a string, some lips to a tube, etc.) and (iii) control parameters for real time performance (plectrum or bow position and speed, air pressure and flow etc.). Details on the 3D Musical Instrument Interaction environment and the recognition of hand gestures using the Leap Motion sensor can be found in (Kritsis et al., 2018a-c).

The Performance Sample Sequencer (see Figure 6) allows students to work on a performance sound recording, obtained from the interactive musical instrument performance activity environment. Students can explore combinations of segments of their recordings to generate new music. To this end, stored recorded performances can be imported in audio form into the sampler's interface. The student can then select segments from this performance recording as regions on the waveform and activate those samples on the sampler's matrix. The user can store the current settings of their composition and share it with other students, generating the conditions for co-creation.

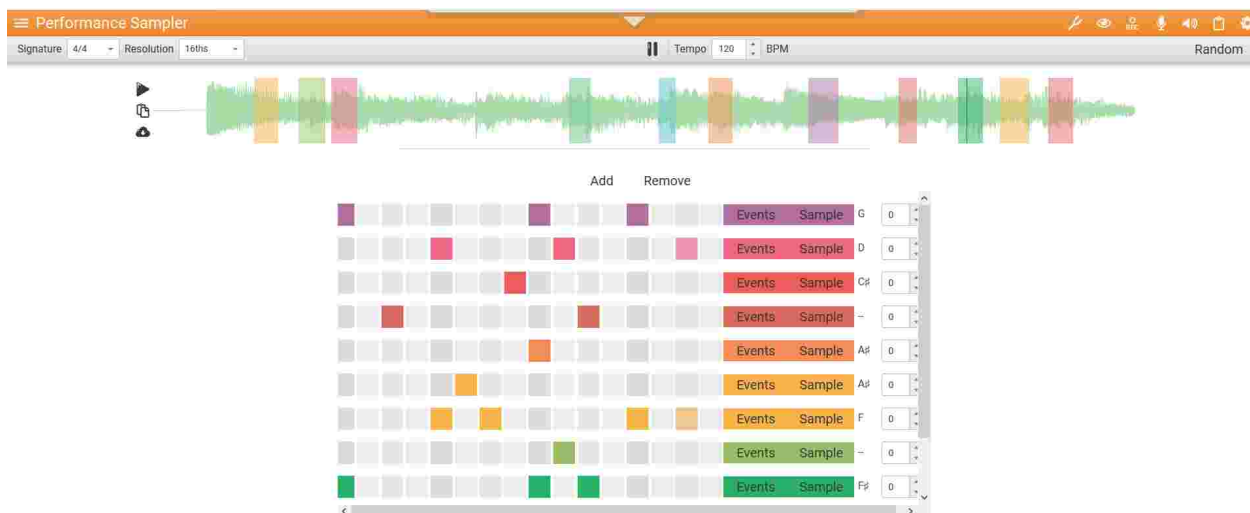


Figure 6: Performance sample sequencer

The Drawing Canvas for Music Creation (DrAwME) provides users a novel and unique way that interconnects drawings with sounds. The y-coordinates of the canvas specify the frequency of the sound, while the colour of the drawing pen corresponds to the timbre of the sound (see Figure 7). The sound is generated while the user draws on the canvas, but it can also be played back using the play button. In this case, the sound generation of the drawing is achieved by interpreting the x-coordinates as time which unfolds from left to write and playing the various frequencies (y-coordinates) of the drawing. The user may also choose among a number of sound visualization tools. At the same time, the student may choose to see how a sound generated in the DrAwME can be visualized. In Figure 7, you can see the visualization of the Snail, which displays music tones around the spectrum of a sound as a “blob” with size and color that depend on the energy and phase shift in the Fourier decomposition and the tuner.

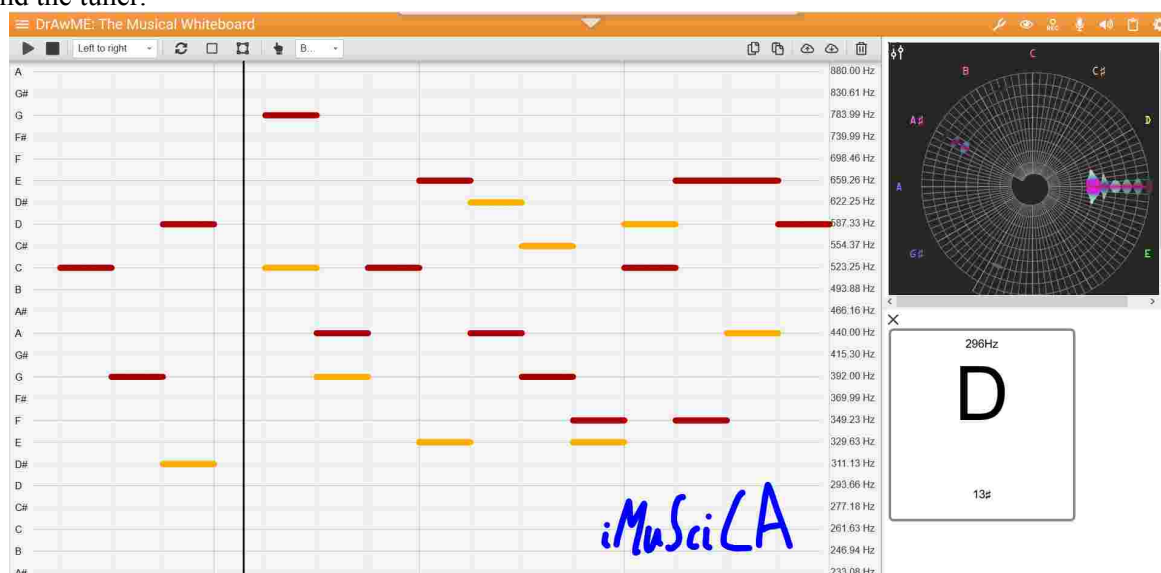


Figure 7: Interactive drawing canvas for music creation with music visualization tools

An alternative approach to study sound waves is provided by the Tones Synthesizer activity environment, which allows students to explore timbres as an addition of multiple sinusoidal elements. Students can listen to the sound produced by up to eight combined (summed) sinusoids, change their

parameters (amplitude and frequency) and visualize the produced waveform, either as a whole or each element separately (see Figure 8).

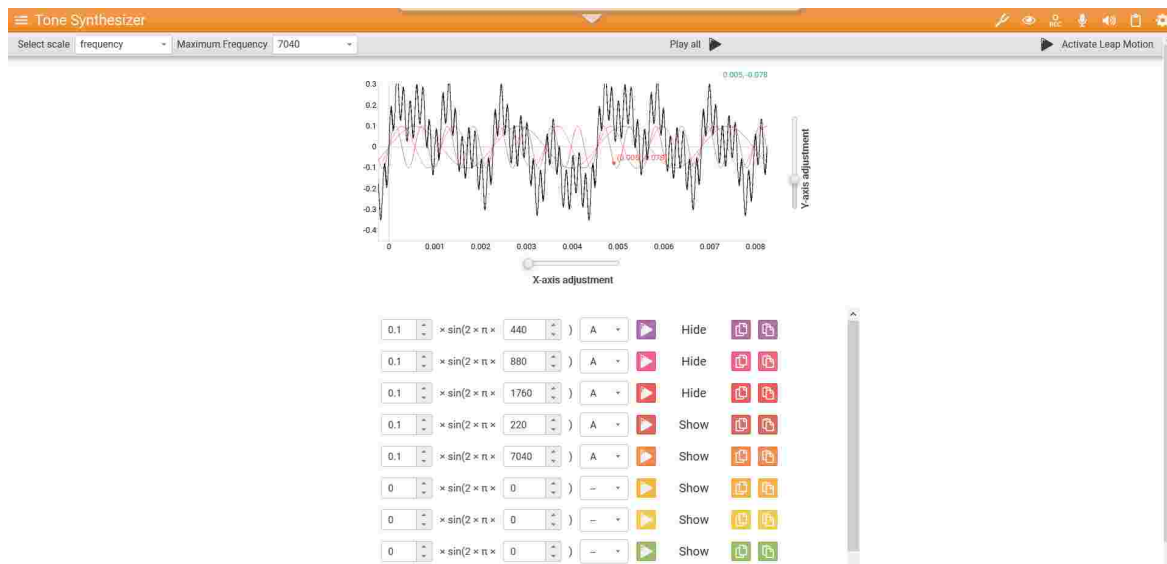


Figure 8: Exploring timbres with the tones synthesizer

Finally, three scientific and mathematical activity environments and tools are available to students. In the sonification of mathematical expressions activity environment (Figure 9), students can design mathematical equations and geometric curves and let them sound.

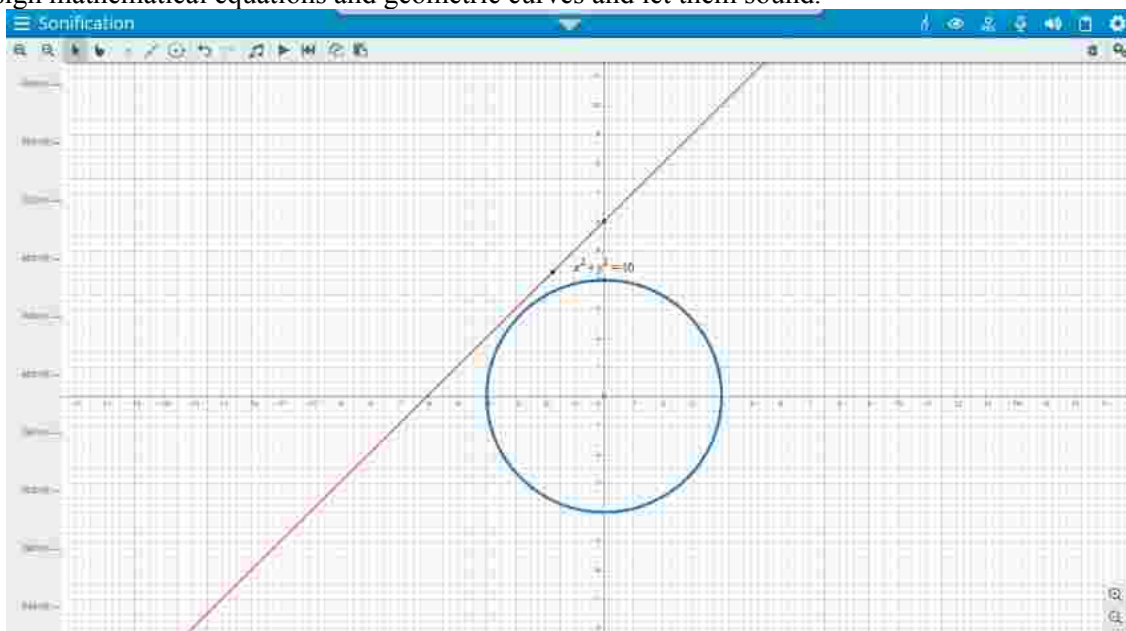


Figure 9: Sonification of mathematical equations and geometric curves activity environment

In the mathematical equation editor (Figure 10), students can write math equations by handwritten recognition or using menus and keyboard.

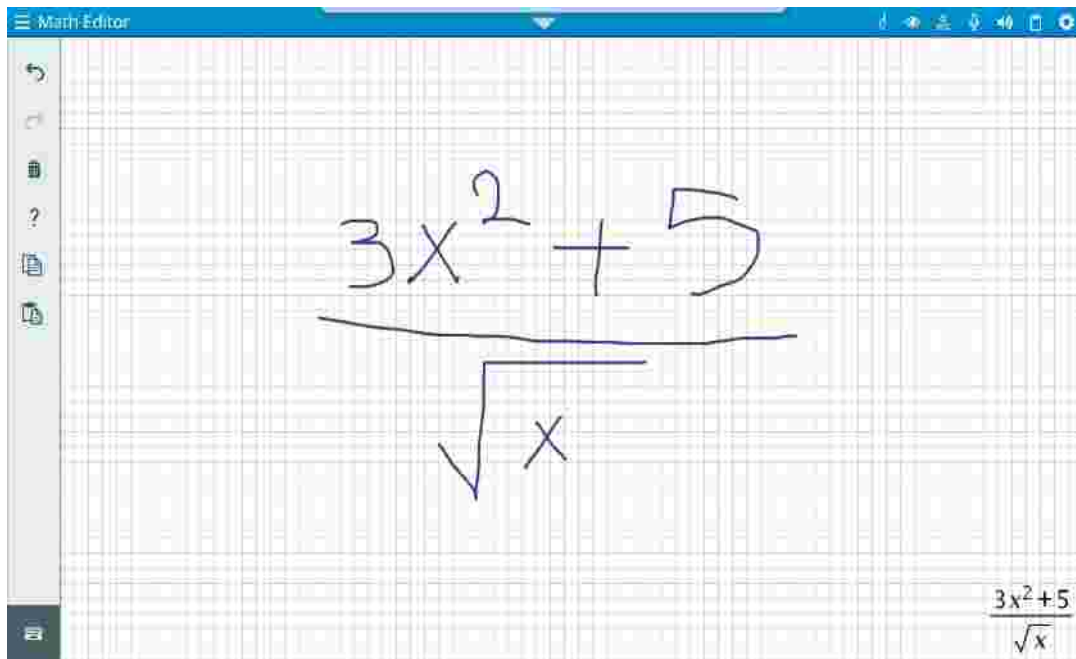


Figure 10: Math equation editor using handwriting recognition

In the geometry and algebra activity environment (Figure 11), an all-purpose exploratory environment, students can use a wide range of tools suitable for mathematical and geometry design and analysis.

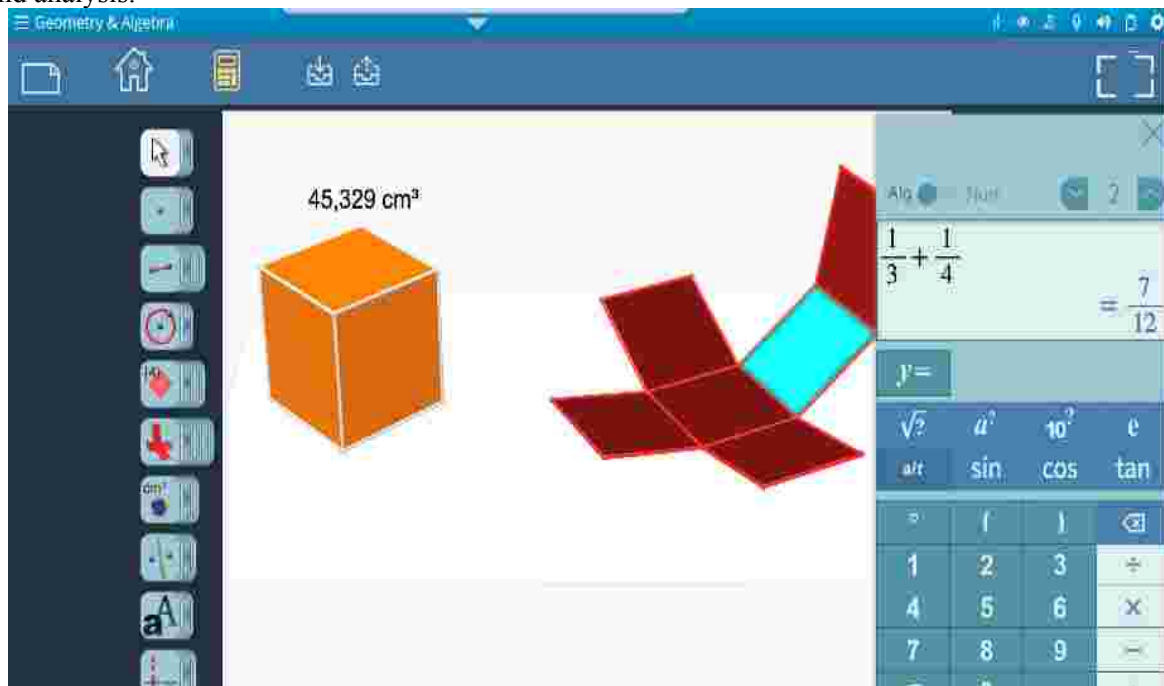


Figure 11: Geometry and algebra activity environment

EVALUATION FRAMEWORK

The evaluation of the pedagogical framework, the co-created educational scenarios and the associated iMuSciCA workbench activity environments and tools consist of two assessment phases in Lower and Upper Secondary classes in three piloting countries (Belgium, France and Greece). In

Belgium the pilot testing includes students in the 7th and 8th grades, in France it is applied in the 8th and 9th grades and in Greece it mainly addresses the 9th and 10th grades.

The first assessment phase is focused on the usability evaluation of the first versions of the learning environments as well as on the educational value and pedagogical relevance of the first versions of the educational scenarios. The second assessment phase centres on the use and evaluation of the technological and pedagogical frameworks in real classroom settings in order to fine tune and further increase the capabilities of educational scenarios, lesson plans, and related activity environments; it will assess students' learning achievements in general and STEAM deeper learning metrics in particular; it will consider the benefits for educator and it will contribute to the formulation of recommendations for good practices and policies for implementing STEAM education. In particular, the evaluation focuses on the following three aspects:

Technical Usability & Acceptance: We apply a user-centred design and implementation to evaluate (i) the technical performance of iMuSciCA workbench; and (ii) the familiarity of the main stakeholders with its functionalities. The informants are teachers and students.

Pedagogical Fit & Value: By assessing the usefulness, user-friendliness, learnability, adaptability, reusability and efficiency of the suggested Educational Scenarios; by integrating STEAM and related Inquiry Based Learning (IBL) pedagogy into the classroom; by increasing opportunities for collaboration, co-creation and collective knowledge amongst educators. The informants are teachers (Abma & Stake, 2001).

Learning Fit & Value: By analysing the ability of the learning environment to personalize learning processes; by investigating the potential to motivate students to learn more and beyond the expected; by increasing the capability to achieve deeper learning competencies. The informants are students and teachers.

CONCLUSION

In this paper, we presented current developments of the iMuSciCA project. iMuSciCA proposes a combination of an innovative pedagogical framework and cutting-edge technologies integrated in a web-based workbench that is addressed to secondary school students to carry out STEAM learning activities. The overall approach involves a user-centred development of integrating cutting-edge technological tools in novel activity environments, innovative pedagogy, educational scenarios and lesson plans. Learners and teachers are actively involved in assessing the development of the various facets of iMuSciCA in an interactive way. In addition, the iMuSciCA evaluation framework includes the application of deeper learning competencies of students involved in the pilot testing.

The iMuSciCA workbench is continuously updated with newer versions of the activity environments and core enabling technologies until the end of the project. Moreover, further pilot testing will take place in various settings in secondary schools in the three countries aiming at measuring the educational impact of iMuSciCA on students implementing specific educational scenarios. The final version of the iMuSciCA workbench will be publicly available to schools and educators. In addition, the iMuSciCA project will provide professional development material for teachers and educators for adopting innovative STEAM teaching methodology.

ACKNOWLEDGMENTS

The iMuSciCA project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 731861.

REFERENCES

- Abma, T.A., & Stake, R.E. (2001). Stake's responsive evaluation: Core ideas and evolution. *New directions for evaluation*, 92: 7-22.
- New Cabri authoring tool, (2018), (version 3) [Computer Software]. Grenoble, France, Cabrilog.
- Dougiamas, M., & Taylor, P. C. (2003). Moodle: Using learning communities to create an open source course management system. In *Proceedings of the EDMEDIA 2003 Conference*, Honolulu, HI.
- Frans, R., Clijmans, L., De Smet, E., Poncelet, F., Tamassia, L., & Vyvey, K. (2013). *Vakdidactiek Natuurwetenschappen*.

Hélie, T., & Picasso C. (2017). *The Snail: A Real-Time Software Application to Visualize Sounds*. Press. In the Proceedings of the 20th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx-17), Edinburgh, UK, September 5–9, 2017.

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.

Kearney, C. (2016). *Efforts to Increase Students' Interest in Pursuing Mathematics, Science and Technology Studies and Careers, National Measures taken by 30 Countries – 2015 Report*, European Schoolnet, Brussel.

Kirschner, P. A. (2001). Using integrated electronic environments for collaborative teaching/learning. *Research Dialogue in Learning and Instruction*, 2(1), 1–10.

Kritsis, K., Gkiokas, A., Acosta, C., Lamerand, Q., Piéchaud, R., Kaliakatsos-Papakostas, M., and Katsouros V. (2018) (a). A web-based 3D environment for gestural interaction with virtual music instruments as a STEAM education tool. In *Proceedings of 2018 NIME - The International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, June 3-6, 2018, Blacksburg, Virginia, USA, Pgs 348-349.

Kritsis, K., Gkiokas, A., Acosta, C., Lamerand, Q., Piéchaud, R., Kaliakatsos-Papakostas, M., and Katsouros V. (2018) (b). Design and Interaction of 3D Virtual Music Instruments for STEAM Education Using Web Technologies. In *Proceedings of the 15th Sound and Music Computing Conference (SMC 2018)*, July 4-7, 2018, Limassol, Cyprus, Pgs. 312-318.

Kritsis, K., Gkiokas, A., Kaliakatsos-Papakostas, M., Katsouros, V., and Pikrakis A. (2018) (c). Deployment of LSTMs for Real-Time Hand Gesture Interaction of 3D Virtual Music Instruments with a Leap Motion Sensor. In *Proceedings of the 15th Sound and Music Computing Conference (SMC 2018)*, July 4-7, 2018, Limassol, Cyprus, Pgs. 342-349.

Martinez, S. L., & Stager, G. (2013). *Invent to learn: A guide to why making should be in every class*. Torrance, CA: Constructing Modern Knowledge Press.

Organization of Economic Cooperation and Development. (2011). *Workshop Summary Report, Workshop "Education for innovation: the role of arts and STEM education"*. France, 23-24 2011, p. 8, retrieved from <https://www.oecd.org/edu/ceri/48252279.pdf>.

M. Pedaste, M. Mäeots, L.A. Siiman, T. de Jong, S.A.N. van Riesen, E.T. Kamp, C.C. Manoli, Z.C. Zacharia, E. Tsourlidaki, (2015) Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle, *Educational Research Review*, 14, 47-61, 2015.

Saavedra, A. R., & Opfer, V. D. (2012). Learning 21st-century skills requires 21st-century teaching. *Phi Delta Kappan*, 94(2), 8-13.

Tamassia, L., & Frans, R. (2014) Does integrated science education improve scientific literacy? *Journal of the European Teacher Education Network*, 9, 131-141.

Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. In R. Millar, J. Leach & J. Osborne (Eds.), *Improving science education: The contribution of research* (pp. 27-47). Buckingham, UK: Open University Press.

Tillett, J. (2012). "Project Tin Can – The Next Generation of SCORM". Project Tin Can – The Next Generation of SCORM. *Float Mobile Learning*.

Wagner T. (2008). *The global achievement gap: Why even our best schools don't teach the new survival skills our children need — and what we can do about it*. New York, NY: Basic Books.

STEMigrants.eu: Ένα δικτυακό αποθετήριο δραστηριοτήτων STEM για την ένταξη και την εκπαίδευση προσφύγων και μεταναστών μαθητών - Πιλοτική έρευνα απόψεων εκπαιδευτικών

Λεύκος Ιωάννης¹, Χριστίνα Λούστα²

¹ Ε.ΔΙ.Π, Τμήμα Εκπαιδευτικής & Κοινωνικής Πολιτικής, ΠΑ.ΜΑΚ.

lefkos@uom.edu.gr

² Δασκάλα, Συντονίστρια Εκπαίδευσης Προσφύγων

crest_lou@hotmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η είσοδος στη χώρα τα τελευταία χρόνια μεγάλου αριθμού προσφύγων και μεταναστών, οδήγησε στην ανάγκη ένταξης και εκπαίδευσής τους στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα. Οι εκπαιδευτικοί, βρισκόμενοι στην πρώτη γραμμή αυτού του εγχειρήματος, καλούνται να ανταποκριθούν στις προκλήσεις και τις δυσκολίες μιας πολυ-πολιτισμικής τάξης.

Η ομάδα των STEMigrants, επιθυμώντας να διευκολύνει τόσο την ένταξη και την εκπαίδευση των μαθητών καθώς και τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς στο έργο τους, προτείνει την εισαγωγή στην τάξη, ομαδικών δραστηριοτήτων με παιγνιώδη χαρακτήρα και θεματολογία STEM. Η πρωτοβουλία αυτή βασίζεται στην ιδέα της χρήσης πολυμεσικών κειμένων (εικόνες και βίντεο) για την περιγραφή των υλικών και των οδηγιών των δραστηριοτήτων, πιστεύοντας ότι με αυτόν τον τρόπο μπορεί να ξεπεραστεί το γλωσσικό εμπόδιο, να ενισχυθεί η συμμετοχή όλων των μαθητών, αλλά και η ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα.

Το STEMigrants.eu αποτελεί μία πρωτοβουλία ανοιχτή στο εκπαιδευτικό και στο ευρύτερο κοινό (μαθητές, γονείς) και υλοποιείται με τη δημιουργία ενός διαδικτυακού, ελεύθερα προσβάσιμου αποθετηρίου. Οι εκπαιδευτικοί, μπορούν όχι μόνο να χρησιμοποιήσουν αλλά και να συνεισφέρουν, υποβάλλοντας δικές τους δραστηριότητες STEM.

Στην εργασία παρουσιάζεται μια πιλοτική έρευνα των απόψεων των εκπαιδευτικών σχετικά με τη χρήση του αποθετηρίου, μετά από συμμετοχή τους σε σχετικά βιωματικά εργαστήρια. Οι απόψεις γενικά ήταν πολύ θετικές, καταγράφηκαν όμως και κάποιες επιφυλάξεις.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εκπαίδευση STEM, Δικτυακό αποθετήριο, Εκπαίδευση προσφύγων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εισροή δεκάδων χιλιάδων προσφύγων τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα και την Ευρώπη έχει αλλάξει τα πληθυσμιακά δεδομένα, τις πολιτικές προτεραιότητες αλλά και τις εκπαιδευτικές ανάγκες (Λούστα, Χ., Κωνσταντινίδης, Α., 2017). Ο αριθμός αιτούντων άσυλο στην Ελλάδα έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια και σύμφωνα με την Υπηρεσία Ασύλου, για το 2018 (μέχρι τις 31 Μαΐου), οι αιτήσεις για την Ελλάδα άγγιξαν τις 24.458. Από αυτούς, οι 6.022 είναι άτομα ηλικίας 0-13 ετών και οι 1.885 14 -17 ετών (Υπηρεσία Ασύλου, 2018) και κατά συνέπεια χρήζουν εκπαίδευσης.

Υπό αυτές τις συνθήκες, και βάσει της Οικουμενικής Διακήρυξης για το Δικαίωμα στην εκπαίδευση (Οικουμενική Διακήρυξη για τα ανθρώπινα δικαιώματα, Άρθρο 26), η ελληνική Πολιτεία έλαβε μέτρα για την παροχή εκπαίδευσης στους πρόσφυγες (Λούστα, Χ., Κωνσταντινίδης, Α., 2017), ώστε οι πρόσφυγες/μετανάστες μαθητές να φιλοξενούνται από τον Οκτώβριο του 2016 στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα. Έτσι, το Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων ίδρυσε τις Δομές για την Υποδοχή και την Εκπαίδευση Προσφύγων (Δ.Υ.Ε.Π.) (ΚΥΑ, Αρ. 152360/ΓΔ4, Αρ. Φύλλου 32079) οι οποίες λειτουργούν σε απογευματινή ζώνη (14:00- 18:00) για τους μαθητές που διαμένουν σε Κέντρα Φιλοξενίας. Επιπλέον, από το 2017 οι μαθητές των οποίων οι οικογένειες είναι εγκατεστημένες σε οικίες των πόλεων φοιτούν στα πρωινά τμήματα των ελληνικών δημόσιων σχολείων, γεγονός που δημιουργεί μια νέα πραγματικότητα πολυπολιτισμικών τάξεων.

Σε τέτοιες τάξεις, οι στόχοι της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι πολλαπλοί, καθώς υπάρχει ταυτόχρονα η ανάγκη μάθησης περιεχομένου και δεξιοτήτων με ιδιαίτερες απαιτήσεις στη γλώσσα, αλλά και της ένταξης και συμπερίληψης των προσφύγων / μεταναστών μαθητών.

Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζεται μια πιλοτική έρευνα των απόψεων των εκπαιδευτικών σχετικά με τη χρήση και τη χρησιμότητα του δικτυακού αποθετηρίου δραστηριοτήτων STEMigrants.eu. Το STEMigrants.eu είναι μια πρόταση για την ένταξη και εκπαίδευση των προσφύγων/μεταναστών μαθητών μέσω της εισαγωγής δραστηριοτήτων STEM στην τάξη και υποστηρίζει πως αξιοποιώντας την εκπαίδευση STEM ως μία δημιουργική και πρακτική λύση, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να ξεπεράσουν το γλωσσικό εμπόδιο που υπάρχει στα σχολεία με τέτοια πληθυσμιακή σύνθεση

STEM ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκπαίδευση αλλόγλωσσων μαθητών όπως οι μετανάστες και οι πρόσφυγες σε περιβάλλοντα χωρίς αποκλεισμούς είναι μια τεράστια πρόκληση τόσο για τους εκπαιδευτικούς, όσο και για τους ίδιους τους μαθητές. Σε έρευνα που διεξήχθη σε δείγμα 90 εκπαιδευτικών το 2017 σχετικά με την στάση τους ως προς την ένταξη των προσφύγων μαθητών στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα (Λούστα, Χ., Κωνσταντινίδης, Α., 2017), το σύνολο σχεδόν αυτών δήλωσαν την αναγκαιότητα επιμόρφωσής τους στη διαχείριση πολυπολιτισμικών τάξεων (97,8%), στη διδασκαλία και ενίσχυση των γλωσσικών δεξιοτήτων (90%), στη διαφοροποιημένη διδασκαλία (95,6%), στην οργάνωση διαπολιτισμικών σχολικών μονάδων (95,6%) και στις σύγχρονες διδακτικές πρακτικές (92,2%).

Από την άλλη μεριά, πρόσφατα ερευνητικά αποτελέσματα υποστηρίζουν την άποψη ότι χρησιμοποιώντας μια προσανατολισμένη στο STEM εκπαίδευση το μαθησιακό περιβάλλον είναι γόνιμο ακόμη και για τους μαθητές με φτωχό γλωσσικό επίπεδο (Grandinetti, Langelotti, & Ting, 2013). Ο λόγος είναι ότι οι δάσκαλοι εμπλέκονται λιγότερο λεκτικά (με την έννοια της εισήγησης) και οι μαθητές συμμετέχουν περισσότερο ενεργά σε ομαδικές δραστηριότητες και έρευνες για την ολοκλήρωση ενός σαφώς δηλωμένου προβλήματος. Αυτή η προσέγγιση της εργασίας ταιριάζει καλύτερα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της διδασκαλίας του περιεχομένου της επιστήμης σε μια ξένη γλώσσα (Escobar, 2009). Επιπλέον, η εκμάθηση μιας ξένης γλώσσας διευκολύνεται όταν η μάθηση αυτή συντελείται μέσα σε κάποιο πλαίσιο (Gibbons, 2002), όπως για παράδειγμα οι προσανατολισμένες στο STEM δραστηριότητες. Ερευνητές όπως οι Stoddart κ.ά. (2002), υποστηρίζουν ότι η ταυτόχρονη συνύπαρξη γλώσσας και επιστημονικού περιεχομένου έχει σαν αποτέλεσμα την καλύτερη εκμάθηση και των δυο σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι αν αντιμετωπίζεται το καθένα χωριστά. Δηλαδή, ο συνδυασμός τους προκαλεί άθροισμα μεγαλύτερο από τα επιμέρους συστατικά!

Η εκπαίδευση STEM θεωρείται ως μετά- θεματική (meta- discipline), βασισμένη στην ένταξη γνώσεων άλλων θεματικών σε ένα νέο «όλον» Nordahl & Kofoed, 2008). Προσφέρει στους μαθητές την ευκαιρία να κατανοήσουν τον κόσμο ολιστικά από το να μάθουν μεμονωμένα κομμάτια φαινομένων (Morrison, 2006). Το επιχείρημα για την εφαρμογή μιας προσανατολισμένης στο STEM εκπαίδευσης είναι ότι πρέπει να δώσουμε στους μαθητές τις εμπειρίες και τις προκλήσεις στις οποίες θα εφαρμόσουν τη γνώση και τις δεξιότητες, αν θέλουμε να μάθουν πώς να εφαρμόζουν τη γνώση και τις δεξιότητες (Bybee, 2013). Η διδασκαλία μετασχηματίζεται από ένα παραδοσιακό περιβάλλον στην επίλυση προβλήματος προσανατολισμένη στην έρευνα για μάθηση, με ενεργό συμμετοχή των μαθητών.

Οι δεξιότητες του STEM ορίζονται ως οι δεξιότητες «που αναμένεται να παρατηρούνται σε άτομα που έχουν αποφοιτήσει από την τριτοβάθμια εκπαίδευση σε τομείς του STEM» (EU Skills Panorama, 2014).

Οι μαθητές που εκπαιδεύονται με το STEM αποκτούν τις δεξιότητες του 21ου αιώνα και είναι, σύμφωνα με τον Morrison (2006), ικανοί λύτες, καινοτόμοι, αυτόνομοι, λογικοί στοχαστές και τεχνολογικά εγγράμματοι μαθητές.

Πιο συγκεκριμένα, οι δεξιότητες που αποκτούν μπορούν να διακριθούν σε:

Α. Σκληρές (ή κάθετες) δεξιότητες (hard skills): Είναι όλες εκείνες οι τεχνικές δεξιότητες ή επιστημονικές γνώσεις που σχετίζονται με κάποια θεματική περιοχή ή ένα επάγγελμα και απαιτούν το λογικό κέντρο του εγκεφάλου, συμπεριλαμβανομένων των κανόνων.

B. Μαλακές (ή εγκάρσιες) δεξιότητες (soft skills): Είναι οι δεξιότητες, κοινωνικές ή προσωπικές, που πρέπει να έχουμε ανεξάρτητα από το επάγγελμα που κάνουμε, όπως συνεργασία, προσαρμοστικότητα, ανταπόκριση στις αλλαγές, δεξιότητες παρουσίασης, καινοτομία, δημιουργικότητα.

Το κλειδί για την ανάπτυξη από τους μαθητές αυτών των σημαντικών δεξιοτήτων του 21ου αιώνα είναι να ενσωματωθούν στο πρόγραμμα σπουδών οι ομαδικές δραστηριότητες, οι εργαστηριακές έρευνες και τα σχέδια εργασίας ώστε οι μαθητές να είναι έτοιμοι να γίνουν πολίτες που θα είναι καλύτερα προετοιμασμένοι για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με ζητήματα προσωπικών μέχρι παγκόσμιων προοπτικών, που θα είναι σαφώς συνδεδεμένοι με τις γνώσεις που σχετίζονται με τους κλάδους του STEM όπως οι οικονομικές, οι πολιτικές και οι πολιτιστικές αξίες (Bybee, 2013).

STEMigrants.eu

Το STEMigrants.eu είναι μια πρωτοβουλία για την ένταξη και εκπαίδευση των προσφύγων/μεταναστών μαθητών μέσω της εισαγωγής δραστηριοτήτων STEM στην τάξη. Υποστηρίζεται από δύο δασκάλους, έναν με ειδίκευση στις Φυσικές Επιστήμες και μία Συντονίστρια Εκπαίδευσης Προσφύγων στην περιοχή της Θεσσαλονίκης. Η ομάδα, υποστηρίζει πως αξιοποιώντας την εκπαίδευση STEM ως μία δημιουργική και πρακτική λύση, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να ξεπεράσουν το γλωσσικό εμπόδιο που υπάρχει στα σχολεία που φιλοξενούν πρόσφυγες/μετανάστες μαθητές.

Ένας μεγάλος αριθμός δραστηριοτήτων που σχετίζονται με το STEM είναι δημοσιευμένες στο διαδίκτυο. Οι περισσότερες από αυτές, ωστόσο, επικεντρώνονται σε μια απλή περιγραφή των οδηγιών ή του πειράματος (βιβλία μαγειρικής). Η ιδέα πίσω από την πρωτοβουλία STEMigrants είναι ότι, με σκοπό να είμαστε περισσότερο εκπαιδευτικά προσανατολισμένοι, οι δραστηριότητες αυτές θα πρέπει να συνοδεύονται από πρόσθετα στοιχεία και δεδομένα όπως: το θεωρητικό υπόβαθρο και τις σχετικές έννοιες, τις δεξιότητες που καλλιεργούνται, την κατάλληλη ηλικία των μαθητών και άλλα χαρακτηριστικά που θα βοηθήσουν τον εκπαιδευτικό, από τη μια πλευρά, να εντάξει τις δραστηριότητες στο πρόγραμμα της τάξης του και, από την άλλη, να υποστηριχθεί θεωρητικά.

Πρώτος στόχος των STEMigrants είναι να δημιουργηθεί ένα αποθετήριο δραστηριοτήτων STEM σε πολυμεσική μορφή. Συγκεκριμένα, οι STEMigrants προτείνουν τα υλικά και οι οδηγίες των δραστηριοτήτων STEM να δίνονται στην κοινή γλώσσα όλων των μαθητών, τις εικόνες και τα βίντεο.

Ο στόχος για τους εκπαιδευτικούς θα πρέπει να είναι σε πολλαπλά επίπεδα, ανάλογα με τις ικανότητες των μαθητών. Αν και χρησιμοποιείται σε τυπικές καταστάσεις όπου στόχος είναι η εκπαίδευση σε όρους και έννοιες της επιστήμης, η εφαρμογή αυτής της πρακτικής στις διαπολιτισμικές τάξεις σε ένα περιβάλλον χωρίς αποκλεισμούς, αρχικά στοχεύει στο να ξεπεράσει το γλωσσικό εμπόδιο και να προωθήσει την ένταξη μέσω της ανάπτυξης δεξιοτήτων του 21ου αιώνα για όλους τους μαθητές.

Μέσω των δραστηριοτήτων STEM, ο πρόσφυγας/μετανάστης μαθητής θα μπορεί ευκολότερα να εμπλακεί σε ομαδικές δραστηριότητες με τους συμμαθητές του/της, ακολουθώντας τις οδηγίες από τις εικόνες, κι έτσι, θα ξεπεράσει το γλωσσικό εμπόδιο. Επιπλέον, με έμμεσο, εύκολο και διασκεδαστικό τρόπο, θα μάθει το βασικό λεξιλόγιο που αντιστοιχεί στο περιεχόμενο των δραστηριοτήτων. Οι υπόλοιποι μαθητές από την πλευρά τους θα καταρρίψουν πιθανές στερεοτυπικές αντιλήψεις και θα εξασκηθούν στην αναζήτηση επικοινωνιακών πρακτικών. Για τον ίδιο τον εκπαιδευτικό, τα οφέλη είναι πολλαπλά καθώς, από τη μία πλευρά, θα πετύχει την ένταξη και εκπαίδευση, και από την άλλη, θα πετύχει την επικοινωνία και την ομαδικότητα.

Δεύτερος στόχος των STEMigrants είναι η δημιουργία ενός (τοπικού, εθνικού και πιθανόν διεθνούς) δικτύου εκπαιδευτικών μέσω του οποίου οι τελευταίοι θα μπορούν να ανταλλάζουν καλές πρακτικές και ιδέες.

Μέσω της πλατφόρμας του STEMigrants, οι εκπαιδευτικοί μπορούν όχι μόνο να βρουν ειδικά διαμορφωμένες δραστηριότητες STEM αλλά ακόμη και να υποβάλλουν τις δικές τους προτάσεις δραστηριοτήτων μέσω της ειδικής φόρμας και να συνεισφέρουν στο αποθετήριο.

Σε αυτό το πλαίσιο δικτύωσης, υπάρχει επίσης η προοπτική διοργάνωσης διαγωνισμών για τις βέλτιστες καλές πρακτικές και ιδέες, καθώς και η πρόσβαση μαθητών και γονέων με σκοπό την εμπλοκή των τελευταίων στην εκπαίδευση των παιδιών τους. Η ομάδα του STEMigrants θεωρεί το STEM μια γλώσσα για όλους και είναι μια ιστοσελίδα ανοιχτή τόσο στην εκπαιδευτική όσο και στην ευρύτερη κοινότητα.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η έρευνα έλαβε χώρα κατά το διάστημα Μάιος – Ιούνιος 2018 και χαρακτηρίζεται πιλοτική, διότι αφορά ουσιαστικά στην πρώτη επαφή της ομάδας του STEMigrants με εκπαιδευτικούς.

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με την μορφή on-line ερωτηματολογίου το οποίο στάλθηκε στους εκπαιδευτικούς. Το δείγμα αποτέλεσαν εκπαιδευτικοί της Ε & Στ τάξης από σχολεία της Δυτικής Θεσσαλονίκης, οι οποίοι συμμετείχαν σε βιωματικά σεμινάρια.

Κατά τη διάρκεια των σεμιναρίων, που είχαν διάρκεια 2 ωρών, έγινε γνωριμία με την πρωτοβουλία STEMigrants τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο, όπου οι εκπαιδευτικοί είχαν την ευκαιρία να βιώσουν από πρώτο χέρι ενδεικτικές δραστηριότητες από αυτές που προτείνονται στον ιστότοπο STEMigrants.eu.

Οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί, κλήθηκαν να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο μερικές ημέρες μετά το σεμινάριο. Περίπου το 1/3 των συμμετεχόντων ανταποκρίθηκε και συμπλήρωσε το ερωτηματολόγιο.

Το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει 10 ερωτήσεις, ανοικτού και κλειστού τύπου, οι οποίες θα μπορούσαν να χωριστούν σε 3 ευρύτερες ενότητες.

α) ερωτήσεις που αφορούν στις απόψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την πιθανή επίδραση του STEMigrants.eu στην εκπαίδευση των προσφύγων

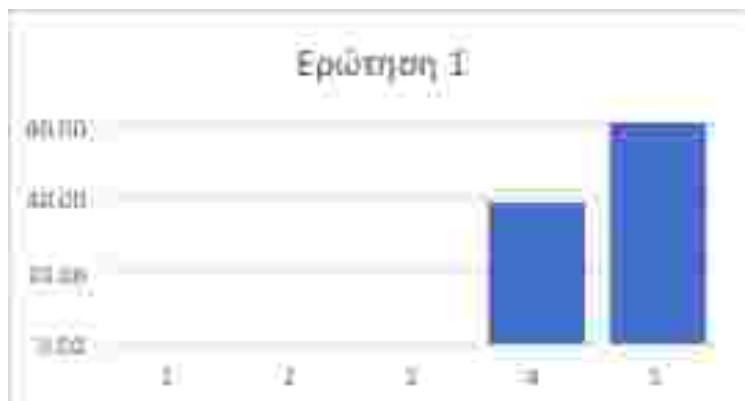
β) ερωτήσεις που αφορούν στις απόψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την πιθανή επίδραση του STEMigrants.eu στην εκπαίδευση του συνόλου των μαθητών και τις απόψεις τους γενικά ως προς την συγκεκριμένη προσέγγιση

γ) ερωτήσεις που αφορούν στις απόψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την ευχρηστία των δραστηριοτήτων και την πιθανή εμπλοκή των ιδίων στο STEMigrants.eu

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά οι ερωτήσεις και οι αντίστοιχες απαντήσεις.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνάς μας. Για κάθε μια από τις κλειστές ερωτήσεις παρουσιάζεται η κατανομή των απαντήσεων στην 5-βάθμια κλίμακα, ενώ αναφέρονται επιπλέον κάποιες χαρακτηριστικές απαντήσεις των εκπαιδευτικών στις ανοικτές ερωτήσεις.



Σχήμα 1: Οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τη διευκόλυνση της ένταξης των προσφύγων/μεταναστών μαθητών σε ομάδες, με την πρωτοβουλία STEMigrants

Στην ερώτηση 1 (Σχήμα 1), οι εκπαιδευτικοί στο σύνολό τους (100%) φαίνεται να έχουν την άποψη (πολύ ή πάρα πολύ) πως η πρωτοβουλία STEMigrants θα μπορούσε να βοηθήσει τους πρόσφυγες μαθητές να ενταχθούν πιο εύκολα σε ομάδες κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας συγκριτικά με άλλες παραδοσιακές εκπαιδευτικές πρακτικές.



Σχήμα 2: Οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τη διευκόλυνση της συμμετοχής στο μάθημα των προσφύγων/μεταναστών μαθητών, με την πρωτοβουλία STEMigrants

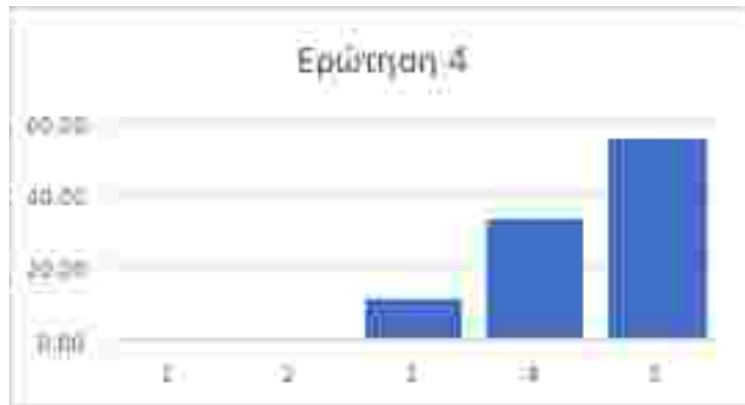
Στην ερώτηση 2 (Σχήμα 2), οι εκπαιδευτικοί σε πολύ μεγάλο ποσοστό (90%) φαίνεται ότι θεωρούν (πολύ ή πάρα πολύ) πως η πρωτοβουλία STEMigrants θα μπορούσε να διευκολύνει τη συμμετοχή των προσφύγων μαθητών στο μάθημα (λόγω της μη απαίτησης σε γλωσσική επικοινωνία) συγκριτικά με άλλες παραδοσιακές εκπαιδευτικές πρακτικές. Ένα 10% επίσης, θεωρεί ότι θα διευκόλυνε τη συμμετοχή αρκετά.



Σχήμα 3: Οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τη διευκόλυνση της εκμάθησης περισσότερων ελληνικών λέξεων από τη μεριά των προσφύγων/μεταναστών μαθητών, με την πρωτοβουλία STEMigrants

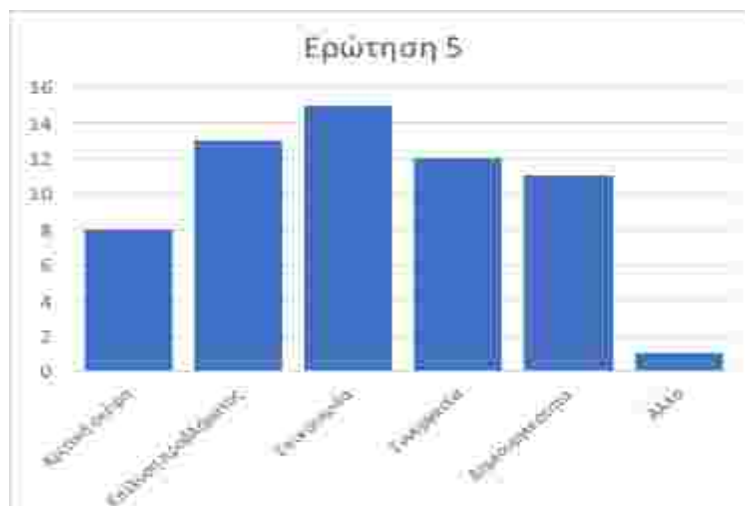
Στην ερώτηση 3 (Σχήμα 3), οι εκπαιδευτικοί σε αρκετά μεγάλο ποσοστό (70%) φαίνεται να έχουν την άποψη (πολύ ή πάρα πολύ) πως η πρωτοβουλία STEMigrants θα μπορούσε να βοηθήσει τους πρόσφυγες μαθητές να μάθουν περισσότερες ελληνικές λέξεις συγκριτικά με άλλες παραδοσιακές εκπαιδευτικές πρακτικές. Από την άλλη μεριά, ένα ποσοστό 30% περίπου, εξέφρασε την επιφύλαξη του, απαντώντας πως θα μπορούσε να βοηθήσει αρκετά.

Στην ερώτηση 4 (Σχήμα 4), οι εκπαιδευτικοί σε πολύ μεγάλο ποσοστό (90%) φαίνεται να έχουν την άποψη (πολύ ή πάρα πολύ) πως η πρωτοβουλία STEMigrants θα μπορούσε να βοηθήσει και τους υπόλοιπους μαθητές να συναναστραφούν περισσότερο με τους πρόσφυγες μαθητές συγκριτικά με άλλες παραδοσιακές εκπαιδευτικές πρακτικές. Επιπλέον, ένα 10% περίπου θεωρεί ότι θα βοηθούσε αρκετά.



Σχήμα 4: Οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τη διευκόλυνση της συναναστροφής των υπολοίπων μαθητών με τους πρόσφυγες/μετανάστες, με την πρωτοβουλία STEMigrants

Στην ερώτηση 5, οι εκπαιδευτικοί κλήθηκαν σε μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής να επιλέξουν ποιες δεξιότητες θεωρούν πως η πρωτοβουλία STEMigrants συγκριτικά με άλλες παραδοσιακές εκπαιδευτικές πρακτικές, θα μπορούσε να αναπτύξει στο σύνολο των μαθητών. Οι δεδομένες επιλογές ήταν: Κριτική Σκέψη, Επίλυση προβλήματος, Επικοινωνία, Συνεργασία, Δημιουργικότητα και μια ελεύθερη επιλογή (Άλλο). Στην ελεύθερη επιλογή ένας εκπαιδευτικός έγραψε “Καινοτομία”.



Σχήμα 5: Οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τις δεξιότητες που μπορούν να αναπτυχθούν στο σύνολο των μαθητών, με την πρωτοβουλία STEMigrants

Η ερώτηση 6, ήταν ανοικτού τύπου. Εδώ ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να αναφέρουν συνοπτικά τα πιθανά πλεονεκτήματα της διδακτικής προσέγγισης που προτείνεται από το STEMigrants. Τα πλεονεκτήματα και οφέλη που αναφέρθηκαν, μπορούν να ομαδοποιηθούν ως εξής:

Α) Μαθησιακά πλεονεκτήματα: «Πολύ καλό εργαλείο για τον δάσκαλο», «διερευνητική μάθηση, ανάπτυξη κριτικής σκέψης, επίλυση προβλήματος», «δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να συνδυάσει τα διαφορετικά γνωσιακά επίπεδα της τάξης του» κ.α.

Β) Ψυχοκοινωνικά- Συναισθηματικά πλεονεκτήματα: «Βελτίωση της επικοινωνίας και συνεργασίας ακόμα και μεταξύ ατόμων που δεν μπορούν να επικοινωνήσουν λεκτικά», «μεγιστοποίηση της συμμετοχής», «υπερπήδηση του γλωσσικού εμποδίου», «θετικό κλίμα», «Βοηθά τους πρόσφυγες μαθητές να συμμετέχουν περισσότερο στη διδακτική διαδικασία», «ξεπερνά το πρόβλημα της γλώσσας»

καθώς εστιάζει στην επίλυση προβλημάτων και στην συνεργατικότητα όλων των μαθητών για την επίτευξη ενός κοινού στόχου» κ.α..

Γ) Παιδαγωγικά πλεονεκτήματα: «Επιτέλους μαθαίνω με χαρά!», «Προσεγγίζω τη διαφορετικότητα, ενσωματώνω και δημιουργώ ευχάριστο περιβάλλον μάθησης», «Η ενεργός εμπλοκή όλων των παιδιών σε δραστηριότητες», «...προσεγγίζει με παιγνιώδη τρόπο το γνωστικό αντικείμενο και το καθιστά προσιτό και ενδιαφέρον στους μαθητές/τριες» κ.α.

Η ερώτηση 7, ήταν επίσης ανοικτού τύπου. Εδώ ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να αναφέρουν συνοπτικά τα πιθανά μειονεκτήματα της διδακτικής προσέγγισης που προτείνεται από το STEMigrants. Τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες. Αρκετοί εκπαιδευτικοί (περίπου το 1/3), επικεντρώνονταν κυρίως στα υλικά που απαιτούνται, και έχουν την άποψη ότι δεν είναι εύκολο να αγοραστούν ή ότι είναι απαγορευτικό το κόστος για μεγάλες ομάδες μαθητών. Αρκετοί επίσης (το 1/3), αναφέρθηκαν στην ανάγκη προσαρμογής του Αναλυτικού Προγράμματος ή της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών και της εξοικειώσής τους με τα υλικά. Τέλος, αρκετοί (το 1/3) απάντησαν πως δεν εντοπίζουν μειονεκτήματα. Παρά το γεγονός ότι τα ποσοστά φαίνονται μοιρασμένα, οι τρεις προηγούμενες κατηγορίες δεν είναι μεταξύ τους αμοιβαία αποκλειόμενες, ενώ υπήρχαν και μη-ταξινομημένες απαντήσεις (όπως π.χ. “δεν έχω άποψη...”).

Στην ερώτηση 8 (Σχήμα 6), οι εκπαιδευτικοί σε πολύ μεγάλο ποσοστό (78%) θεωρούν πιθανό (πολύ ή πάρα πολύ) να χρησιμοποιήσουν υλικό της πρωτοβουλίας STEMigrants, ενώ ένα 22% των εκπαιδευτικών απάντησε πως είναι αρκετά πιθανό.



Σχήμα 6: Οι απόψεις των εκπαιδευτικών για την πιθανότητα χρήσης στην τάξη τους, του υλικού που προτείνεται από την πρωτοβουλία STEMigrants



Σχήμα 7: Οι απόψεις των εκπαιδευτικών για το κατά πόσο είναι πιθανό να συνεισφέρουν στην πρωτοβουλία STEMigrants.eu υποβάλλοντας τις δικές τους δραστηριότητες/πρακτικές

Στην επόμενη ερώτηση 9, ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να αιτιολογήσουν την απάντησή τους στην προηγούμενη ερώτηση (ερώτηση 8). Οι θετικά κείμενοι εκπαιδευτικοί, απάντησαν μεταξύ άλλων, «Έχω ήδη πραγματοποιήσει τα πειράματα του σεμιναρίου στην τάξη μου», «Δοκιμασμένα σε-νάρια μαθημάτων, ενδιαφέρουσες ιδέες, αίσθηση πως ανήκω σε μια κοινότητα μάθησης», «Ενδείκνυται για διδακτική προσέγγιση σε διαπολιτισμικό σχολείο», «Δημιουργικές ιδέες οι οποίες είναι εύκο-λα υλοποιήσιμες στην πολυπολιτισμική τάξη», «Ενθουσιάστηκα από τα αποτελέσματα εφαρμογής στην τάξη» κ.α.. Υπήρχαν όμως και περισσότερο μετριοπαθείς απόψεις όπως: «Εάν έχω τέτοια περί-πτωση (μετανάστη) στο τμήμα μου», «...μπορεί κάποιες δραστηριότητες να μην ταιριάζουν με την ηλικία των μαθητών μου», «Εξαρτάται από τον εξοπλισμό που διαθέτει το σχολείο», κ.ά..

Τέλος, στην ερώτηση 10 (Σχήμα 7), οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών ως προς την πρόθεσή τους να συμμετάσχουν στην πρωτοβουλία STEMigrants υποβάλλοντας τις δικές τους δραστηριότητες πα-ρουσίασαν την πιο μεγάλη διασπορά. Το μεγαλύτερο βέβαια ποσοστό (περίπου 60%) δήλωσε ότι εί-ναι πιθανό (πολύ ή πάρα πολύ) να συμμετάσχει, όμως περίπου το 30% δηλώνει ότι είναι αρκετά πι-θανό, ενώ περίπου το 10% θεωρεί ότι είναι ελάχιστα πιθανό.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα, φανερώουν ότι γενικά οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι η μεθοδολογία και το υλικό των δραστηριοτήτων που προτείνεται από την πρωτοβουλία STEMigrants, έχει πολλά χρήσιμα χαρακτηριστικά.

Ειδικότερα σε ότι αφορά την θετική επίδραση που μπορεί να έχουν οι δραστηριότητες που προ-τείνονται για τους πρόσφυγες/μετανάστες μαθητές, οι εκπαιδευτικοί εκφράζουν την άποψη ότι θα μπορούσε να διευκολυνθεί τόσο η ένταξή τους, όσο και η συμμετοχή τους στο μάθημα. Είναι όμως κάπως επιφυλακτικοί στις απόψεις τους σχετικά με την συνεισφορά των δραστηριοτήτων στην εκ-μάθηση ελληνικών λέξεων. Αυτό το τελευταίο βέβαια, φαίνεται να έρχεται σε αντίθεση με τα ερευνη-τικά δεδομένα που υποστηρίζουν την αποτελεσματικότητα των δραστηριοτήτων με προσανατολισμό STEM, ακόμη και για ξενόγλωσσους μαθητές (Escobar, 2009; Gibbons, 2002). Φαίνεται όμως ότι στη σκέψη των εκπαιδευτικών, η Γλώσσα και τα υπόλοιπα γνωστικά αντικείμενα (π.χ. Η Φυσική) αποτελούν πολύ διακριτές οντότητες προς διδασκαλία. Αυτό ίσως είναι μια γενικότερη άποψη των που επικρατεί στο ελληνικό σχολείο, καθώς προσεγγίσεις ενοποιημένης διδασκαλίας γλώσσας και πε-ριεχομένου (CLIL - Content and Language Integrated Learning) ή διδασκαλία της γλώσσας με βάση το περιεχόμενο (CBI - Content-Based Instruction), δεν είναι συνηθισμένες και εμφανίζονται σποραδι-κά στα σχολεία, κυρίως από τους καθηγητές Ξένης Γλώσσας. Οι προσεγγίσεις αυτές βέβαια, είναι πολύ δημοφιλείς στο εξωτερικό, ιδίως σε μειονοτικούς πληθυσμούς, σε μαθητές δηλαδή που αντιμε-τωπίζουν ισχυρά γλωσσικά προβλήματα.

Στις επόμενες δυο ερωτήσεις, οι εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να εκφράσουν τις απόψεις τους σχετικά με το σύνολο της τάξης, σε περίπτωση που ακολουθήσουν την προσέγγιση που προτείνεται από το STEMigrants. Στη συντριπτική τους πλειοψηφία θεωρούν ότι θα υπάρξει κέρδος και για τους υπόλοι-πους μαθητές και συγκεκριμένα εστιάζουν περισσότερο στην ανάπτυξη επικοινωνίας, επίλυσης προ-βλήματος, συνεργασίας και δημιουργικότητας, ενώ λιγότερο στην ανάπτυξη κριτικής σκέψης. Αυτό βέβαια το τελευταίο ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι οι περιγραφές των δραστηριοτήτων είναι πολύ αναλυτικές και δεν έτσι θεωρούν πως δεν αφήνουν μεγάλα περιθώρια για κριτική σκέψη. Από την άλλη μεριά όμως φαίνεται να έρχεται σε αντίθεση με τα υψηλά ποσοστά απαντήσεων σχετικά με την επίλυση προβλήματος, αφού οι δεξιότητες αυτές συνδέονται μεταξύ τους.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι απόψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τα πιθανά οφέλη από την εφαρμογή της προτεινόμενης προσέγγισης και των δραστηριοτήτων. Παρά το γεγονός ότι η ερώτηση ήταν ανοικτού τύπου, οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών φαίνεται να συγκλίνουν. Αναγνω-ρίζουν έτσι τα πλεονεκτήματα της προσέγγισης αυτής, στο γνωστικό και ψυχοκοινωνικό – συναισθη-ματικό τομέα από την πλευρά των μαθητών, αλλά και τα μεθοδολογικά – παιδαγωγικά πλεονεκτήμα-τα από την πλευρά των εκπαιδευτικών. Επιπλέον, αυτά φαίνεται να είναι και σε σύμπτωση με πα-ρόμοιες απόψεις που έχουν εκφραστεί στις προηγούμενες ερωτήσεις.

Η καταγραφή των πιθανών μειονεκτημάτων επικεντρώθηκε σε δύο κυρίως απόψεις. Η πρώτη άποψη αφορά το κόστος των υλικών. Βέβαια, οι δραστηριότητες που προτείνονται στο

STEMigrants.eu είναι όλες επιλεγμένες να έχουν πολύ χαμηλό – έως μηδενικό κόστος. Ελάχιστες είναι οι εξαιρέσεις υλικών (π.χ. λαμπάκια, μπαταρίες) που έχουν αξιόλογο κόστος, θεωρούμε όμως ότι οποιοσδήποτε εκπαιδευτικός θελήσει να κάνει ακόμη και τα τυπικά πειράματα του βιβλίου πρέπει να αντιμετωπίσει την κατάσταση αυτή και να σκεφτεί πιθανές λύσεις.

Επίσης εκφράστηκαν απόψεις που αφορούν στην πιθανή δυσκολία ενσωμάτωσης στο Αναλυτικό Πρόγραμμα. Θεωρούμε όμως ότι μια δραστηριότητα όπως αυτές που προτείνονται στο STEMigrants.eu, μπορεί πολύ εύκολα να βρει τη θέση της ακόμη και μέσα σε ένα τυπικό μάθημα, καθώς η διάρκειά της, η στόχευσή της, οι σχετικές έννοιες της φυσικής αλλά και η ένταξή της σε συγκεκριμένη ενότητα, περιγράφονται πολύ αναλυτικά. Ίσως βέβαια αυτό να μην έγινε απόλυτα κατανοητό από τα βιωματικά σεμινάρια.

Στην ίδια ερώτηση εκφράστηκαν απόψεις σχετικά με την αναγκαιότητα επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών. Αυτό βέβαια είναι μια γενικότερη και πάγια απαίτηση των εκπαιδευτικών. Όμως, θεωρούμε ότι η δομή των δραστηριοτήτων που προτείνονται στο STEMigrants.eu, προσφέρει σε οποιονδήποτε εκπαιδευτικό την ευκαιρία να βρει ένα υλικό έτοιμο για χρήση χωρίς ιδιαίτερες γνώσεις και απαιτήσεις.

Παρά τις αντιρρήσεις που εκφράστηκαν πιο πάνω, σε επόμενες ερωτήσεις, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί απαντούν ότι θεωρούν πολύ πιθανό να χρησιμοποιήσουν το υλικό που προτείνεται. Μάλιστα αιτιολόγησαν την άποψη αυτή με ένα ευρύ φάσμα απαντήσεων όπου επαναλαμβάνονται τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν προηγουμένως, με τα ίδια ή λίγο διαφορετικά λόγια.

Τέλος, η μεγάλη διασπορά που εμφανίζουν οι απαντήσεις της ερώτησης σχετικά με την πιθανή εμπλοκή των ιδίων με υποβολή δικών τους δραστηριοτήτων, θεωρούμε πως αντικατοπτρίζει την έλλειψη της κουλτούρας συμμετοχής των εκπαιδευτικών σε κοινότητες και της διαμοίρασης υλικού.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι οι εκπαιδευτικοί εκφράζουν στην γενικότητά τους πολύ θετικές απόψεις σχετικά με την προσέγγιση και τις δραστηριότητες που προτείνονται στο STEMigrants.eu. Αναγνωρίζουν τα πιθανά πλεονεκτήματα της προσέγγισης, τόσο για τους πρόσφυγες/μετανάστες μαθητές, όσο και για την υπόλοιπη τάξη. Από τη άλλη μεριά φαίνεται πως δεν έχουν πειστεί για την δυνατότητα που προσφέρεται στους πρόσφυγες/μετανάστες, σχετικά με την εκμάθηση της γλώσσας με τον τρόπο αυτό. Επίσης, κάποιοι εκφράζουν τις επιφυλάξεις τους σχετικά με το κόστος των υλικών ή την ανάγκη επιμόρφωσής τους.

Πιστεύουμε όμως ότι σε επόμενα βιωματικά σεμινάρια, θα μπορούσαμε να επικεντρωθούμε στα ζητήματα αυτά, αναδεικνύοντας καλύτερα τα χαρακτηριστικά της πρότασής μας, που ίσως δεν έγιναν αντιληπτά. Εξάλλου, αυτός ήταν και ένας από τους στόχους της πιλοτικής αυτής έρευνας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Εφημερίδα της Κυβέρνησης, Κοινή Υπουργική Απόφαση «Ίδρυση, οργάνωση, λειτουργία, συντονισμός και πρόγραμμα εκπαίδευσης των Δομών Υποδοχής για την Εκπαίδευση των Προσφύγων (ΔΥΕΠ), κριτήρια και διαδικασία στελέχωσης των εν λόγω δομών», Αρ. 152360/ΓΔ4, Τεύχος Β' 3049/23.09.2016. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση: <https://www.minedu.gov.gr/publications/docs2016/prosfiges1.pdf>

Λούστα Χ., Κωνσταντινίδης, Α. (2017). Διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών ως προς την ένταξη των προσφύγων στο εκπαιδευτικό σύστημα της Ελλάδας, στο Γούσιας Φ. (επιμ): Πρακτικά 4ου Συνεδρίου Νέος Παιδαγωγός, Αθήνα.

Υπηρεσία Ασύλου, «Στατιστικά Στοιχεία Υπηρεσίας Ασύλου (από 7.3.2013 έως 31.5.2018)», Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση: http://asylo.gov.gr/wp-content/uploads/2018/06/Greek_Asylo_Service_Statistical_Data_GR.pdf

Bybee, R. (2013). *The case for STEM education. Challenges and opportunities*, NSTA Press.

Gibbons, P. (2002). *Scaffolding language, scaffolding learning: Teaching second language learners in the mainstream classroom*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Grandinetti, M., Langellotti, M., & Ting, T., (2013). How CLIL can provide a pragmatic means to renovate science education – even in a sub-optimally bilingual context, *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism*, 16:3, 354-374.

Escobar Urmeneta, C., Sánchez Sola, A., (2009). Language learning through tasks in a content and language integrated learning (CLIL) science classroom. *Porta Linguarum*, 11: 65-83.

EU Skills Panorama (2014). *STEM skills Analytical Highlight*, prepared by ICF and Cedefop for the European Commission.

Morrison, J. (2006). *Attributes of STEM education*. TIES STEM education monograph series, Baltimore, MD: TIES.

Nordahl, R., & Kofoed, L. B. (2008). Medialogy Design of a Trans-Disciplinary Education using a problem based learning approach. In *Proceedings of 36th European Society for Engineering Education (SEFI) on Quality Assessment, Employability & Innovation*, 2 - 5 July, 2008 Aalborg Denmark. Sense Publishers.

Stoddart, T., Pinal, A., Latzke, M., & Canaday, D. (2002). Integrating inquiry science and language development for English language learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(8), 664–687.

UNHCR, Οικουμενική Διακήρυξη για τα Δικαιώματα του Ανθρώπου. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση: https://www.ohchr.org/EN/UDHR/Documents/UDHR_Translations/grk.pdf

Αξιοποιώντας Συστήματα Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στη διδακτική πράξη

Γλέζου Κατερίνα

PhD, M.Sc., M.Ed. Καθηγήτρια Πληροφορικής, Α΄ Αρσάκειο Λύκειο Ψυχικού
kglezou@di.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αξιοποίηση Συστημάτων Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στη σχολική τάξη παρέχει τη δυνατότητα εφαρμογής μαθητοκεντρικών κατασκευαστικών εποικοδομιστικών διδακτικών πρακτικών και διαμόρφωσης ομαδοσυνεργατικού περιβάλλοντος συμβάλλοντας στην ενεργή εμπλοκή και οικοδόμηση προσωπικού νοήματος από τους μαθητές.

Η παρούσα εργασία αφορά στην παρουσίαση διδακτικών προτάσεων, οι οποίες έχουν εφαρμοστεί σε πραγματικές συνθήκες σε μαθητές Δημοτικού σχολείου στο πλαίσιο των Απογευματινών Ομίλων Ρομποτικής των Αρσακείων Δημοτικών Σχολείων Ψυχικού και Εκάλης. Παρουσιάζονται αυθεντικά παραδείγματα εφαρμογής ειδικά σχεδιασμένων, ηλικιακά και παιδαγωγικά κατάλληλων, Συστημάτων Εκπαιδευτικής Ρομποτικής για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Συγκεκριμένα, τα παραδείγματα αφορούν στην αξιοποίηση του Bee-Bot για νήπια και Α΄ τάξη δημοτικού και των πακέτων Lego WeDo 1.0 και Lego WeDo 2.0 για Γ΄ και Δ΄ τάξεις δημοτικού. Η χρήση των συστημάτων Lego WeDo 1.0 και του πακέτου Lego WeDo 2.0. αφορά στην κατασκευή ρομποτικών κατασκευών και προγραμματισμού αυτών στο περιβάλλον Scratch 2.0.

Ενδεικτικά ερωτήματα που επιχειρούνται να διερευνηθούν στο πλαίσιο της εργασίας: Πώς μπορούν να ενταχθούν εκπαιδευτικά πακέτα Ρομποτικής στη διδακτική πρακτική; Ποια πλεονεκτήματα προσφέρει και τι προϋποθέτει η εμπλοκή στη διαδικασία αξιοποίησης ρομποτικών συστημάτων; Ποιες δυσκολίες αναδύονται και πώς μπορούν να αντιμετωπιστούν προκειμένου να επιτευχθούν τα βέλτιστα μαθησιακά οφέλη;

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ρομποτική, Συστήματα Εκπαιδευτικής Ρομποτικής, Scratch

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη διεθνή και στην ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα καταγράφονται ολοένα αυξανόμενες προσπάθειες για την ένταξη και αξιοποίηση της εκπαιδευτικής ρομποτικής και της προσέγγισης STEAM (Science – Technology - Art - Engineering – Mathematics) στη διδακτική πράξη. Στις μέρες μας αναγνωρίζεται ευρέως η ανάγκη επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών σχετικά με τις δυνατότητες ένταξης και αξιοποίησης των ρομποτικών συστημάτων στη διδακτική πρακτική. Η ρομποτική αναδεικνύεται ως ένα σημαντικό εργαλείο στην υπηρεσία της διδακτικής-μαθησιακής διαδικασίας, παρέχοντας τη δυνατότητα διαμόρφωσης ομαδοσυνεργατικού περιβάλλοντος και μαθητοκεντρικών κατασκευαστικών εποικοδομιστικών διδακτικών πρακτικών με την ενεργή εμπλοκή και οικοδόμηση προσωπικού νοήματος από τους μαθητές (ενδεικτικά Papert, 1980; Kafai & Resnick, 1996). Η εμπλοκή μαθητών και εκπαιδευτικών σε δραστηριότητες ρομποτικής συμβάλει στην ανάπτυξη χρήσιμων δεξιοτήτων, απαραίτητων στον 21^ο αιώνα της αυξημένης ζήτησης εφαρμογών υψηλής τεχνολογίας, καθώς προτάσσονται έννοιες και αξίες όπως ομαδοσυνεργατικότητα, δημιουργικότητα, ευγενής συναγωνισμός, υπολογιστική σκέψη, επίλυση προβλημάτων, καινοτομία, πρόοδος.

Η παρούσα εργασία αφορά στην παρουσίαση διδακτικών προτάσεων, οι οποίες έχουν εφαρμοστεί σε πραγματικές συνθήκες σε μαθητές Δημοτικού σχολείου στο πλαίσιο μαθημάτων Απογευματινών Ομίλων Ρομποτικής. Παρουσιάζονται αυθεντικά παραδείγματα εφαρμογής ειδικά σχεδιασμένων, ηλικιακά και παιδαγωγικά κατάλληλων, Συστημάτων Εκπαιδευτικής Ρομποτικής για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Συγκεκριμένα, τα παραδείγματα αφορούν στην αξιοποίηση του Bee-Bot για νήπια και Α΄ τάξη δημοτικού και των πακέτων Lego WeDo 1.0 και Lego WeDo 2.0 για Γ΄ και Δ΄ τάξεις δημοτικού. Η χρήση των συστημάτων Lego WeDo 1.0 και του πακέτου Lego WeDo 2.0. αφορά στην κατασκευή ρομποτικών κατασκευών και προγραμματισμού αυτών στο περιβάλλον Scratch 2.0.

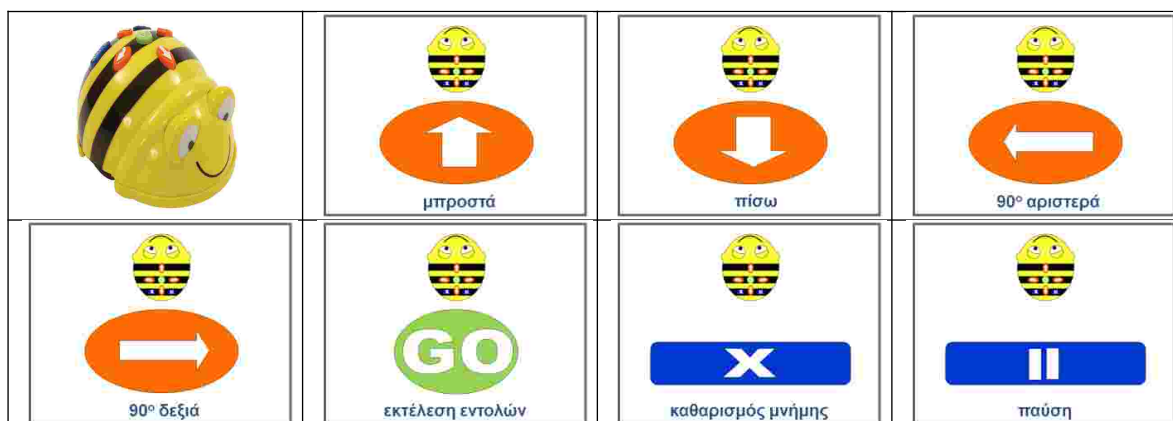
Ενδεικτικά ερωτήματα που επιχειρούνται να διερευνηθούν στο πλαίσιο της εργασίας: Πώς μπορούν να ενταχθούν εκπαιδευτικά πακέτα Ρομποτικής στη διδακτική πρακτική; Ποια πλεονεκτήματα προσφέρει και τι προϋποθέτει η εμπλοκή στη διαδικασία αξιοποίησης ρομποτικών συστημάτων; Ποιες δυσκολίες αναδύονται και πώς μπορούν να αντιμετωπιστούν προκειμένου να επιτευχθούν τα βέλτιστα μαθησιακά οφέλη;

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ BEE-BOT

Το Bee-Bot (ή BeeBot), "η έξυπνη μέλισσα", είναι ένα προγραμματιζόμενο ρομπότ δαπέδου, ειδικά κατασκευασμένο για την εισαγωγή στην εκπαιδευτική ρομποτική στο επίπεδο της προσχολικής και πρωτοσχολικής εκπαίδευσης. Το όνομά του προέρχεται ως σύνθεση δύο συνδετικών: Bee από την αγγλική λέξη που σημαίνει μέλισσα και Bot από τη λέξη robot.

Με τον απλό και φιλικό προς το παιδί σχεδιασμό του, το Bee-Bot αποτελεί ένα καλό σημείο εκκίνησης για τη διδασκαλία του ελέγχου, της κατεύθυνσης (προσανατολισμού) και της γλώσσας προγραμματισμού για τα μικρά παιδιά. Αποτελεί ένα δυνατό εργαλείο για τα πρώτα στάδια εισαγωγής και εκμάθησης προγραμματισμού με παιγνιώδη χαρακτήρα: α) Τι είναι ο αλγόριθμος; και β) Πώς δημιουργείται και εκτελείται ένα απλό πρόγραμμα;

Ο προγραμματισμός του Bee-Bot γίνεται με πλήκτρα που βρίσκονται επάνω του (On-board) και μπορεί να προγραμματιστεί ώστε να κινείται στο χώρο προχωρώντας μπροστά, πίσω, στρίβοντας αριστερά και δεξιά 90°, όπως κινείται η "χελώνα" της γλώσσας προγραμματισμού Logo στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Κινείται με βήμα 15 εκατοστών και στρέφεται (αριστερά ή δεξιά) κατά 90° με ακρίβεια. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται το Bee-Bot και οι εντολές - πλήκτρα.



Σχήμα 1: Το Bee-Bot και οι διαθέσιμες εντολές-πλήκτρα.

Το Bee-Bot μπορεί να κινείται σε λείες επίπεδες και ελαφρά επικλινείς επιφάνειες διάφορων υλικών όπως: χαρτί, μουςαμά, τσιμέντο, πλακάκι, ξύλο, πλαστικό, χαλί.

Μέσα από μια ποικιλία σεναρίων και δραστηριοτήτων ως πλαίσιο αποστολών-προκλήσεων, οι μαθητές μαθαίνουν να συνεργάζονται και να προγραμματίζουν τη διαδρομή του Bee-Bot για να εκπληρώσουν με επιτυχία την αποστολή και να επιλύσουν το πρόβλημα που θέτει ο εκπαιδευτικός ή ένας μαθητής ή ομάδα μαθητών.

Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του Bee-Bot αποτελούν τα παρακάτω:

- Στιβαρή κατασκευή και μικρό σε μέγεθος.
- Ευκρινή κουμπιά (πλήκτρα εντολών).
- Επιβεβαιώνει την εκτέλεση των εντολών με χαρακτηριστικό ήχο και αναβοσβήνοντας τα «μάτια» του.
- Εύκολος προγραμματισμός.
- Μνήμη για να προγραμματιστεί ακολουθία μέχρι και 40 βημάτων-εντολών.
- Εμπλέκει τους μαθητές σε ευρεία ποικιλία διαθεματικών σεναρίων και δραστηριοτήτων, όπως:

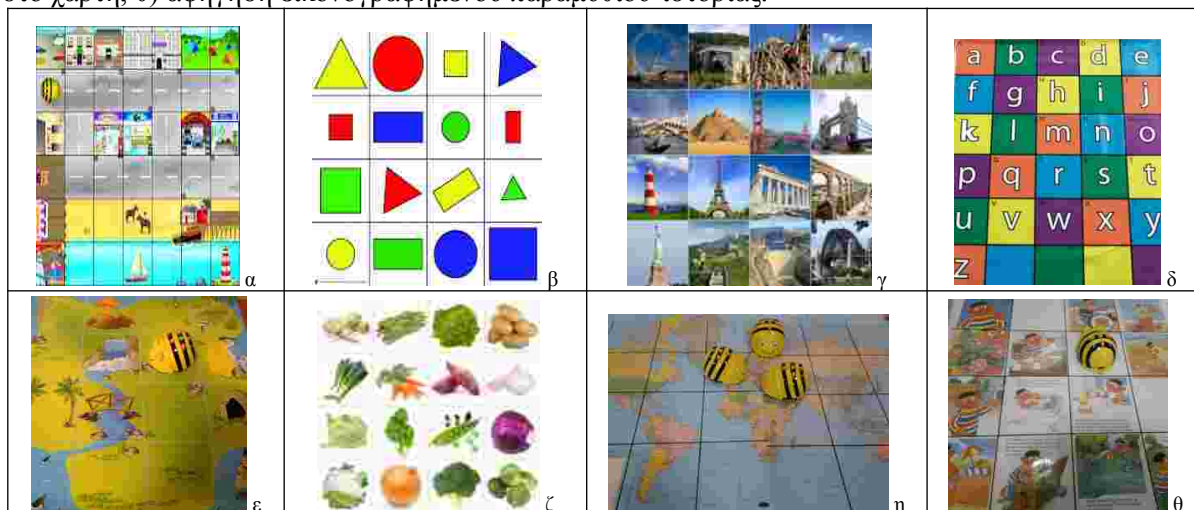
- Αναγνώριση γραμμάτων, αλφαβήτου.
- Αναγνώριση αριθμών και ακολουθίας αριθμών.
- Σχήματα, χρώματα, μέγεθος και θέση.
- Εικονικό ταξίδι στο χάρτη πχ Ελλάδας – Ευρώπης.

Το Bee-Bot θεωρείται κατάλληλο ως εργαλείο για την ανάπτυξη υπολογιστικής σκέψης και δεξιοτήτων:

- Εισαγωγή στην ακολουθία εντολών και τον έλεγχο διάταξης.
- Ανάπτυξη λεξιλογίου αναφορικά με θέση και προσανατολισμό.
- Κατανόηση αλγορίθμων.
- Ανάπτυξη λογικής επιχειρηματολογίας, εικασιών, πρόβλεψης της συμπεριφοράς απλών προγραμμάτων.
- Εξοικείωση με δομή ακολουθίας, δομή επανάληψης.
- Σχεδιασμός, δημιουργία, αποσφαλμάτωση προγραμμάτων.
- Ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων σε προγράμματα.
- Ανάπτυξη δεξιοτήτων λεπτής κινητικότητας.

Προκειμένου να εντάξουν οι εκπαιδευτικοί τα Bee-Bot στη διδακτική πράξη, δημιουργούν σενάρια ως πλαίσια δραστηριοτήτων ανάλογα με το/α αντικείμενο/α που θέλουν να διδάξουν/διαπραγματευτούν. Ένα πλαίσιο δραστηριοτήτων κατασκευάζεται πολύ απλά από ένα κομμάτι χαρτί ή χαρτόνι ή μουςαμά όπου σχεδιάζονται τετράγωνα κελιά επιφάνειας διαστάσεων 15εκ x 15εκ.

Οι μαθητές μπορούν να ζωγραφίσουν μαζί με τον εκπαιδευτικό την επιφάνεια ανάλογα με την δραστηριότητα (πχ αν διδάσκονται μαθηματικά τότε μπορούν να ζωγραφίσουν στα κελιά αριθμούς ή αριθμητικές πράξεις, αν διδάσκονται το αλφάβητο μπορούν να ζωγραφίσουν τα γράμματα). Αφού το πλαίσιο δραστηριοτήτων ετοιμαστεί, οι μαθητές προγραμματίζουν το ρομπότ κατάλληλα σύμφωνα με τις προκλήσεις που τίθενται. Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται ενδεικτικά πλαίσια δραστηριοτήτων αξιοποίησης του Bee-Bot, όπως: α) οδήγηση στην πόλη, β) αναγνώριση σχημάτων, χρωμάτων, μεγέθους και θέσης, γ) γνωριμία με μνημεία-αξιοθέατα χωρών, δ) γνωριμία με τα γράμματα του αγγλικού αλφαβήτου, ε) κυνήγι του θησαυρού των πειρατών, ζ) γνωριμία με τα λαχανικά, η) ταξίδι στο χάρτη, θ) αφήγηση εικονογραφημένου παραμυθιού-ιστορίας.



Σχήμα 2: Ενδεικτικά πλαίσια δραστηριοτήτων αξιοποίησης του Bee-Bot.

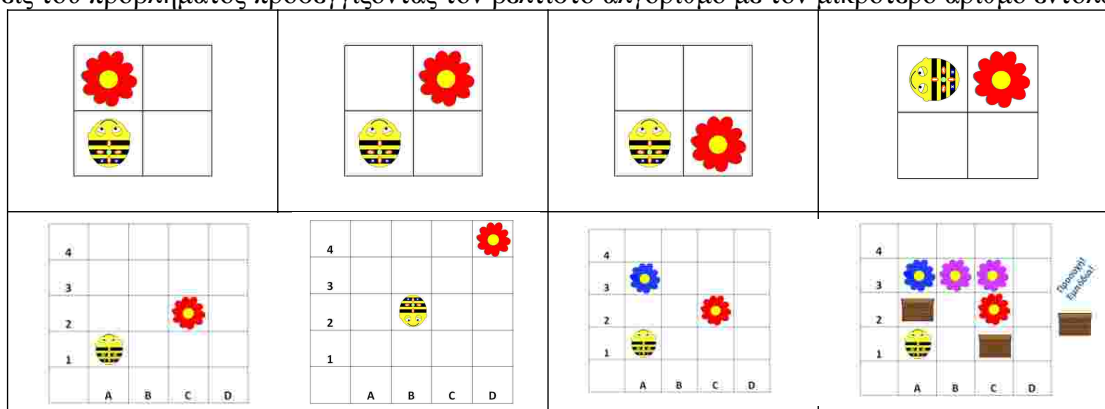
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΒΕΕ-BOT

Ο Απογευματινός Όμιλος Ρομποτικής Bee-Bot λειτούργησε για πρώτη φορά το σχολικό έτος 2014-2015 για μικτές ομάδες μαθητών/τριών του Νηπιαγωγείου και των Α΄ και Β΄ τάξεων των Αρσακείων Δημοτικών Σχολείων Ψυχικού και Εκάλης. Στο πλαίσιο των μαθημάτων οι μαθητές/τριες

είχαν την ευκαιρία να συνεργαστούν, να πειραματιστούν και να προγραμματίσουν τα ρομπότ Bee-Bot εμπλεκόμενοι σε πληθώρα διαθεματικών δραστηριοτήτων.

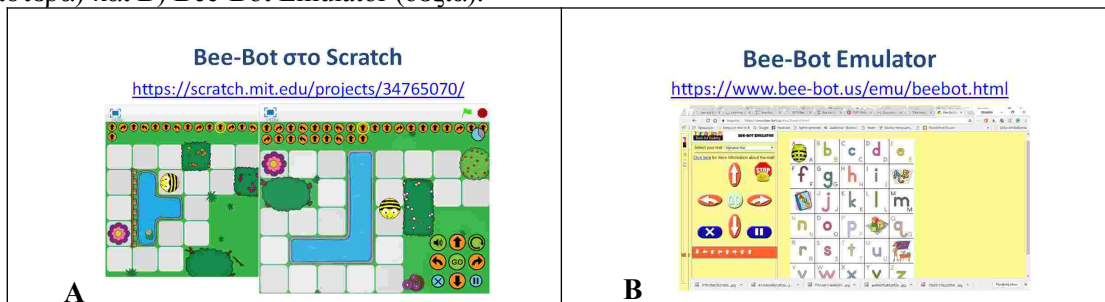
Αρχικά, οι μαθητές/τριες συμμετείχαν με ενθουσιασμό στο παιχνίδι εθελοντή/τριας χελώνας, κατά το οποίο ακολουθεί οδηγίες προκειμένου να προχωρήσει σε συγκεκριμένη διαδρομή, αξιοποιώντας τα επιδαπέδια πλακάκια ορθογωνίου σχήματος και αναπτύσσοντας κιναισθητικές δεξιότητες, δεξιότητες προσανατολισμού, εκτίμησης αποστάσεων, διατύπωσης και εκτέλεσης σαφών οδηγιών. Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων συμμετείχαν ενεργά, πειραματίστηκαν, επικοινωνήσαν, αναζήτησαν και διαχειρίστηκαν πληροφορίες, προβληματίστηκαν, έθεσαν ερωτήματα, εφάρμοσαν ερευνητική διαδικασία (παρατήρηση, διατύπωση υποθέσεων, έλεγχος υποθέσεων, διόρθωση ή/και επιβεβαίωση υποθέσεων, εξαγωγή συμπερασμάτων), δημιούργησαν, έλεγξαν και αποσφαλμάτωσαν προγράμματα, συνεργάστηκαν, έμαθαν παίζοντας.

Στο Σχήμα 3 εμφανίζονται χαρακτηριστικές προκλήσεις - προβλήματα διαβαθμισμένης δυσκολίας στο πλαίσιο δραστηριοτήτων οδήγησης του Bee-Bot. Σε ένα πρώτο επίπεδο διακρίνουμε πλαίσιο δραστηριοτήτων αξιοποιώντας πλέγμα 2*2 με ένα αντικείμενο στόχο, όπου σταδιακά απαιτούνται περισσότερες εντολές κίνησης και στροφής. Προχωράμε σε πλαίσιο δραστηριοτήτων αξιοποιώντας πλέγμα 4*4 πρώτα με ένα αντικείμενο στόχο, συνεχίζουμε προσθέτοντας περισσότερα αντικείμενα-στόχους, και εμπλουτίζουμε με αντικείμενα εμπόδια, τα οποία λειτουργούν περιοριστικά στις απαιτούμενες εντολές για τον αλγόριθμο. Προτρέπουμε τους μαθητές να αναζητούν εναλλακτικές λύσεις του προβλήματος προσεγγίζοντας τον βέλτιστο αλγόριθμο με τον μικρότερο αριθμό εντολών.



Σχήμα 3: Ενδεικτικές προκλήσεις-προβλήματα στο πλαίσιο δραστηριοτήτων οδήγησης του Bee-Bot.

Οι δραστηριότητες οδήγησης του Bee-Bot σε πραγματικό χώρο και χρόνο μπορούν να συνοδευτούν/εμπλουτιστούν με υπολογιστικές δραστηριότητες εικονικής πραγματικότητας στην οθόνη του υπολογιστή με την αξιοποίηση κατάλληλα σχεδιασμένων μικρόκοσμων, εξομοιωτών, ψηφιακών παιχνιδιών και άλλων υπολογιστικών εφαρμογών με στόχο την περαιτέρω εξοικείωση/εμβάθυνση των μαθητών/τριών στο σχεδιασμό και στη μοντελοποίηση λύσεων. Η μετάβαση/εναλλαγή από τα απτά αντικείμενα σε εικονικά αντικείμενα στην οθόνη του υπολογιστή φέρει ιδιαίτερη προστιθέμενη αξία και συνήθως γίνεται αποδεκτή από τους/τις μαθητές/τριες με ενθουσιασμό. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται στιγμιότυπα ενδεικτικών εφαρμογών για δραστηριότητες εικονικής πραγματικότητας στην οθόνη του υπολογιστή: Α) Bee-Bot στο περιβάλλον Scratch (αριστερά) και Β) Bee-Bot Emulator (δεξιά).



Σχήμα 4: Στιγμιότυπα εφαρμογών για δραστηριότητες στην οθόνη του υπολογιστή: Α) Bee-Bot στο περιβάλλον Scratch (αριστερά) και Β) Bee-Bot Emulator (δεξιά).

Α) Bee-Bot / Η προγραμματιζόμενη μελισσούλα στο Scratch

Εκπαιδευτική εφαρμογή διερεύνησης - προσομοίωσης του συστήματος εκπαιδευτικής ρομποτικής Bee-Bot στο διαδικτυακό προγραμματιστικό περιβάλλον Scratch. Οι μαθητές/τριες εξοικειώνονται με τον βηματικό προγραμματισμό δίνοντας ακολουθία εντολών μετακίνησης και στροφής, προκειμένου να ολοκληρώσουν επιτυχώς το παιχνίδι καθοδήγησης της μέλισσας-ρομπότ στο λουλούδι-στόχο διασχίζοντας το προτεινόμενο μονοπάτι. Οι μαθητές/τριες, ολοκληρώνοντας τη λύση ενός μονοπατιού, μεταβαίνουν σε επόμενο επίπεδο διαβαθμισμένης δυσκολίας, αξιοποιώντας τη νεοαποκτηθείσα εμπειρία και αναστοχαζόμενοι, αναγνωρίζουν την πορεία εξέλιξης του παιχνιδιού και την πρόδοό τους.







Παρέχεται ελεύθερη πρόσβαση στη διεύθυνση: <https://scratch.mit.edu/projects/34765070/>.

Β) Bee-Bot Emulator

Εφαρμογή εξομοίωσης του συστήματος εκπαιδευτικής ρομποτικής Bee-Bot. Οι μαθητές/τριες επιλέγουν την πίστα κίνησης του Bee-Bot και εξοικειώνονται με τον βηματικό προγραμματισμό δίνοντας διαδοχικές εντολές μετακίνησης και στροφής, προκειμένου να ολοκληρώσουν επιτυχώς το παιχνίδι καθοδήγησης της μέλισσας-ρομπότ στο στόχο διασχίζοντας το προτεινόμενο μονοπάτι. Παρέχεται ελεύθερη πρόσβαση στη διεύθυνση: <https://www.bee-bot.us/emu/Bee-Bot.html>

ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ LEGO EDUCATION WEDO 1.0 ΚΑΙ LEGO EDUCATION WEDO 2.0

Τα πακέτα εκπαιδευτικής ρομποτικής LEGO Education WeDo 1.0 και LEGO Education WeDo 2.0 αποτελούν συστήματα εκπαιδευτικής ρομποτικής, κατάλληλα εργαλεία για δραστηριότητες στην κατεύθυνση της προσέγγισης STEAM σχεδιασμένα για μαθητές Δημοτικού (ηλικία: 7+). Παρέχουν μια εκπαιδευτική πρόταση για την εισαγωγή και την ευρεία διάδοση της ρομποτικής στα δημοτικά σχολεία. Έρχονται να εξάψουν την περιέργεια των μαθητών μέσω διαθεματικών δραστηριοτήτων και παράλληλα να βελτιώσουν τις ικανότητές τους στα πεδία των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής, των μαθηματικών και του προγραμματισμού.

Στοιχεία αυτο-ματισμών	Λειτουργία	Στοιχεία WeDo 1.0	Στοιχεία WeDo 2.0
Κινητήρας	Δίνει κίνηση σε αντικείμενα.	 Ο κινητήρας έχει μεσαίο μέγεθος και ισχύ. Περιλαμβάνει υποδοχές σύνδεσης στο μπροστινό μέρος.	 Ο κινητήρας έχει μεσαίο μέγεθος και ισχύ. Περιλαμβάνει υποδοχές σύνδεσης στο μπροστινό μέρος, καθώς και στην κορυφή του μια υποδοχή 2x2.
Αισθητήρας απόστασης (κίνησης)	Αλληλεπιδρά όταν αυξάνεται ή ελαττώνεται η απόσταση από τον αισθητήρα.		
Αισθητήρας κλίσης	Αλληλεπιδρά όταν αλλάζει η κλίση του αισθητήρα.		

Hub	Διασύνδεση WeDo με υπολογιστή.	 <p>Διασύνδεση WeDo 1.0 με υπολογιστή. Το δύο θυρών USB Hub είναι υπεύθυνο για να μεταδίδει/ανταλλάσει τα δεδομένα του WeDo 1.0 με υπολογιστή ενσύρματα μέσω USB θύρας. Το USB Hub δεν απαιτεί μπαταρίες.</p>	 <p>Διασύνδεση WeDo 2.0 με υπολογιστή. Το δύο θυρών Smart Hub χρησιμοποιεί τεχνολογία Bluetooth® Low Energy (BTLE) και είναι υπεύθυνο για να μεταδίδει/ανταλλάσει δεδομένα του WeDo 2.0 με υπολογιστή ή tablet. Το Smart Hub απαιτεί 2 μπαταρίες AA ή την ειδική επαναφορτιζόμενη μπαταρία.</p>
-----	--------------------------------	--	--

Πίνακας 1: Σύγκριση στοιχείων αυτοματισμών WeDo 1.0 και WeDo 2.0.

Το βασικό πακέτο LEGO Education WeDo 1.0 παραδίδεται σε κουτί αποθήκευσης με δίσκο διαλογής των δομικών στοιχείων και περιλαμβάνει το LEGO USB Hub, έναν μεσαίο κινητήρα, έναν αισθητήρα κίνησης, έναν αισθητήρα κλίσης και 158 δομικά στοιχεία τουβλάκια LEGO (Τύπος τούβλου: LEGO® System®. Αριθμός Τεμαχίων: 158. Κατασκευαστής: LEGO Education). Η διασύνδεση του WeDo 1.0 με τον υπολογιστή πραγματοποιείται μέσω ενός USB Hub, το οποίο είναι υπεύθυνο για να μεταδίδει/ανταλλάσει τα δεδομένα του WeDo 1.0 με τον υπολογιστή ενσύρματα μέσω USB θύρας.

Το βασικό πακέτο LEGO Education WeDo 2.0 παραδίδεται σε κουτί αποθήκευσης με δίσκους διαλογής των δομικών στοιχείων, συνοδευτικές αυτοκόλλητες ετικέτες και περιλαμβάνει το Smart Hub (έξυπνο hub), έναν μεσαίο κινητήρα, έναν αισθητήρα κίνησης, έναν αισθητήρα κλίσης και 280 δομικά στοιχεία τουβλάκια LEGO (Τύπος Τούβλου: LEGO® System®, LEGO® Technic. Αριθμός Τεμαχίων: 280. Κατασκευαστής: LEGO Education). Η διασύνδεση του WeDo 2.0 με τον υπολογιστή πραγματοποιείται μέσω του Smart Hub, το οποίο χρησιμοποιεί τεχνολογία Bluetooth® Low Energy (BTLE) και είναι υπεύθυνο για να μεταδίδει/ανταλλάσει ασύρματα τα δεδομένα του WeDo 2.0 με υπολογιστή ή tablet.

Και τα δύο πακέτα συνοδεύονται από δωρεάν λογισμικό ως προγραμματιστικό περιβάλλον, το οποίο περιλαμβάνει εισαγωγικές δραστηριότητες παρέχοντας δυνατότητα εξοικείωσης με το υλικό και το λογισμικό.

Το σύστημα εκπαιδευτικής ρομποτικής LEGO Education WeDo 2.0 αποτελεί τον απόγονο ή καλύτερα τη σύγχρονη μετεξέλιξη του LEGO Education WeDo 1.0, ακολουθώντας πάντα τη φιλοσοφία της προσέγγισης STEAM αλλά προσδίδοντας νέες επιπρόσθετες δυνατότητες χάρη στο Smart Hub, το οποίο επιτρέπει την ασύρματη επικοινωνία μεταξύ ρομποτικής κατασκευής και υπολογιστή).

ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ SCRATCH 2.0

Το Scratch είναι έργο της Lifelong Kindergarten Group της MIT Media Lab και παρέχεται δωρεάν. Το Scratch 2.0 αποτελεί μια σύγχρονη γλώσσα προγραμματισμού συνδυάζοντας διαδικτυακή πλατφόρμα προγραμματισμού και διαδικτυακή κοινότητα πρακτικής και μάθησης.

Θεωρείται πλέον ένα διεθνώς καταξιωμένο εκπαιδευτικό πολυμεσικό προγραμματιστικό περιβάλλον, το οποίο επιτρέπει στον χρήστη να δημιουργήσει εύκολα διαδραστικές ιστορίες, κινούμενα σχέδια, ψηφιακά παιχνίδια, μουσική και ψηφιακή τέχνη και να τα μοιραστεί στη διαδικτυακή κοινότητα, προωθώντας έτσι τη μετεξέλιξή του (του χρήστη) από «καταναλωτή» σε «δημιουργό» ψηφιακού περιεχόμενου και μέλος κοινότητας. Η ανοικτή διαδικτυακή κοινότητα που έχει δημιουργηθεί γύρω από το περιβάλλον Scratch (<http://scratch.mit.edu/>) δίνει την ευκαιρία στα μέλη να ανταλλάξουν ιδέες και projects με άλλους δημιουργούς και να εμπλακούν ενεργά σε μια κοινότητα πρακτικής και μάθησης. Αποτελεί μια ζωντανή δημιουργική εκπαιδευτική κοινότητα

με 36.942.554 διαμοιρασμένα έργα, 29.184.019 εγγεγραμμένους χρήστες, 161.263.819 αναρτημένα σχόλια και 4.649.385 συλλογές έργων (τελευταία καταγραφή 05/07/2018). Αναμένεται σύντομα να κυκλοφορήσει η νέα έκδοση Scratch 2.0.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ LEGO EDUCATION WEDO 1.0 ΚΑΙ WEDO 2.0

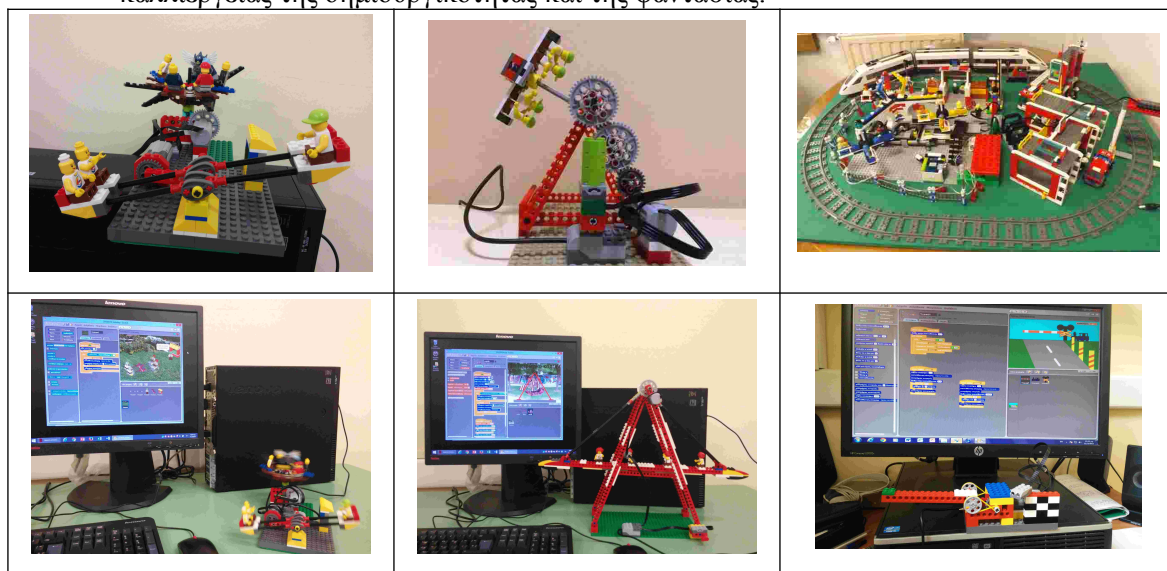
Το σύστημα εκπαιδευτικής ρομποτικής LEGO Education WeDo 1.0 αξιοποιήθηκε ως σύστημα ρομποτικής για πρώτη φορά το σχολικό έτος 2014-2015 στο πλαίσιο του Απογευματινού Ομίλου Εκπαιδευτικής Ρομποτικής Lego WeDo 1.0 για μικτές ομάδες μαθητών/τριών της Γ΄ και Δ΄ τάξης των Αρσακείων Δημοτικών Σχολείων Ψυχικού και Εκάλης.

Το σύστημα εκπαιδευτικής ρομποτικής LEGO Education WeDo 2.0 αξιοποιήθηκε ως ρομποτικό σύστημα για πρώτη φορά το σχολικό έτος 2016-2017 στο πλαίσιο του Απογευματινού Ομίλου Εκπαιδευτικής Ρομποτικής Lego WeDo 2.0 για μικτές ομάδες μαθητών/τριών της Γ΄ και Δ΄ τάξης των Αρσακείων Δημοτικών Σχολείων Ψυχικού και Εκάλης.

Στο πλαίσιο των μαθημάτων των Απογευματινών Ομίλων Ρομποτικής οι μαθητές/τριες είχαν την ευκαιρία να συνεργαστούν, να κατασκευάσουν έργα προσωπικού νοήματος και ενδιαφέροντος με τουβλάκια Lego και να προγραμματίσουν αυτοματισμούς στο προγραμματιστικό πολυμεσικό περιβάλλον Scratch 2.0, αξιοποιώντας κινητήρες, αισθητήρες κλίσης και απόστασης.

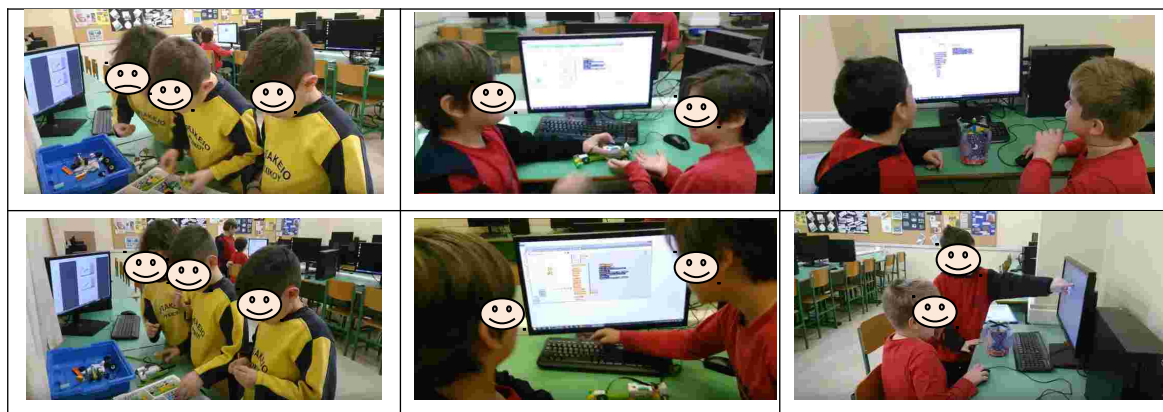
Οι μαθητές/ήτριες ενεπλάκησαν σε ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες:

- εισαγωγής στη ρομποτική και στον προγραμματισμό,
- εξοικείωσης με το ρομποτικό σύστημα Lego WeDo 1.0,
- προγραμματισμού στο περιβάλλον Scratch (έκδοση 1.4),
- βιωματικής διερευνητικής μάθησης,
- ανάπτυξης αλγοριθμικής σκέψης,
- καλλιέργειας προγραμματιστικών, νοητικών και χειριστικών δεξιοτήτων,
- ανάπτυξης δεξιοτήτων επικοινωνίας και συνεργασίας,
- καλλιέργειας της δημιουργικότητας και της φαντασίας.



Σχήμα 5: Ενδεικτικές φωτογραφίες στο πλαίσιο δραστηριοτήτων με το σύστημα εκπαιδευτικής ρομποτικής LEGO Education WeDo 1.0.

Οι μαθητές/τριες υλοποίησαν με ιδιαίτερο ενδιαφέρον ρομποτικές κατασκευές, αρχικά ακολουθώντας συνοδευτικές οδηγίες βήμα-βήμα (δραστηριότητες από το συνοδευτικό λογισμικό της LEGO Education) και στη συνέχεια δημιουργώντας πρωτότυπα έργα ανάλογα με τα ενδιαφέροντά τους.



Σχήμα 6: Ενδεικτικές φωτογραφίες στο πλαίσιο δραστηριοτήτων με το σύστημα εκπαιδευτικής ρομποτικής LEGO Education WeDo 2.0.

Ομάδες μαθητών/τριών συμμετείχαν στον 1^ο, 2^ο και 3^ο Πανελλήνιο Διαγωνισμό Εκπαιδευτικής Ρομποτικής για μαθητές Δημοτικού με θέματα «Η δική μου πόλη», «Ο Γαλαξίας μας» και «Οχήματα και μεταφορές του αύριο» τα σχολικά έτη 2014-2015, 2015-2016 και 2016-2017 αντίστοιχα. Ύστερα από πρόταση των εκπαιδευτικών οι μαθητές/τριες συμφώνησαν με ενθουσιασμό να συμμετάσχουν στον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Οι μαθητές/τριες προβληματίστηκαν έντονα για τα έργα που θα κατασκεύαζαν ενόψει των διαγωνισμών και πρότειναν διάφορα θέματα. Θέτοντας τον εκάστοτε κεντρικό στόχο του έργου και με την συνεχή ενθάρρυνση και αμέριστη υποστήριξη των εκπαιδευτικών, δούλεψαν ομαδικά με ζήλο και ενθουσιασμό για την υλοποίηση και παρουσίαση-επίδειξη των κατασκευών-έργων τους. Κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας συμμετείχαν ενεργά, πειραματίστηκαν, επικοινωνήσαν, αναζήτησαν και διαχειρίστηκαν πληροφορίες, προβληματίστηκαν, έθεσαν ερωτήματα, εφάρμοσαν ερευνητική διαδικασία (παρατήρηση, διατύπωση υποθέσεων, έλεγχος υποθέσεων, διόρθωση/επιβεβαίωση υποθέσεων, συμπεράσματα), κατασκεύασαν, έλεγξαν και τροποποίησαν κατασκευές, δημιούργησαν, έλεγξαν και αποσφαλμάτωσαν προγράμματα, συνεργάστηκαν, έμαθαν παίζοντας.

Οι μαθητές ανέπτυξαν δεξιότητες επικοινωνίας και συνεργασίας, εμπλεκόμενοι ενεργά στη δημιουργική επίλυση ποικίλων προβλημάτων, την ανακαλυπτική-διερευνητική μάθηση κάνοντας χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας στην κατεύθυνση STEM. Εκπαιδευτικοί και γονείς συνέβαλαν στην υποστήριξη των μαθητών και, με τη συμμετοχή τους, έγιναν αρωγοί της κοινής προσπάθειας που έχει βασικό στόχο να προωθήσει έννοιες και αξίες όπως συνεργασία, ομαδικότητα, ευγενής συναγωνισμός, πρόοδος, καινοτομία, δημιουργικότητα.

Στο πλαίσιο του 3^{ου} Πανελλήνιου Διαγωνισμού Εκπαιδευτικής Ρομποτικής για μαθητές Δημοτικού με θέμα «Οχήματα και μεταφορές του αύριο» το σχολικό έτος 2016-2017, η ομάδα RoboLeaders διαγωνίστηκε με μια ρομποτική διάταξη που αποτελείται από: α) ένα ασφαλές σύστημα οδήγησης και β) ένα σύστημα φαναριών σε γέφυρα μονής διέλευσης.

α) Ασφαλές σύστημα οδήγησης. Για το ασφαλές σύστημα οδήγησης μέσω ηλεκτρονικών σημάτων οι μαθητές κατασκεύασαν ένα αυτοκίνητο-ρομπότ και ένα τηλεχειριστήριο με τουβλάκια Lego και προγραμμάτισαν αυτοματισμούς στο περιβάλλον Scratch 2.0. Το αυτοκίνητο-ρομπότ διαθέτει δύο smarhub, δύο κινητήρες και δύο αισθητήρες απόστασης. Το χειριστήριο διαθέτει ένα έξυπνο hub, έναν αισθητήρα κλίσης και έναν αισθητήρα απόστασης. Με το χειριστήριο κατευθύνω το όχημα, επιταχύνω προς τα μπρος, κάνω όπισθεν, στρίβω δεξιά-αριστερά, ξεκινώ, σταματώ. Το όχημα διαθέτει και σύστημα αυτόματου επείγοντος φρεναρίσματος.

Αναλυτικότερα:

- Το όχημα στρίβει δεξιά-αριστερά μέσω του αισθητήρα κλίσης στο χειριστήριο. Ο αισθητήρας δίνει ηλεκτρονικό σήμα στον ηλεκτρονικό εγκέφαλο (Scratch), ο οποίος στέλνει κατάλληλα σήματα (κατεύθυνση και ισχύς) στους δύο κινητήρες (αριστερός - δεξιός) για να στρίψει το όχημα προς την επιθυμητή κατεύθυνση.

- Το όχημα ξεκινά, κινείται με επιτάχυνση προς τα μπρος, σταματά, και κινείται όπισθεν με σταθερή ταχύτητα μέσω αισθητήρα απόστασης (για να πετύχουμε ακριβέστερη μέτρηση της κλίσης του χειριστήριου προς τα μπρος για την επιτάχυνση). Χρησιμοποιούμε τον αισθητήρα απόστασης ως αισθητήρα κλίσης μέσω ενός χρωματικά βαθμονομημένου τοίχου-εμποδίου. Κατασκευάσαμε τον τοίχο με τουβλάκια Lego σε κατάλληλα χρώματα. Το χειριστήριο στην κατακόρυφη θέση συναντά αλλαγή από μαύρο σε κόκκινο (εσωτερικά, ο οπτικός αισθητήρας μετρά 0 πίσω, 10 στο κατακόρυφο, και αυξάνει προς τα μπρος - αφαιρέσαμε 10, έτσι ώστε έχουμε -10 όπισθεν, 0 στο κατακόρυφο και 10+ προς τα μπρος). Για την κίνηση προς τα πίσω, κατασκευάσαμε προέκταση στον τοίχο, ώστε ο αισθητήρας να αντιλαμβάνεται τον τοίχο-εμπόδιο πιο κοντά για να μην θεωρήσει ότι επιταχύνει. Τοποθετήσαμε στο χειριστήριο ένα τουβλάκι για να μειώσουμε το εύρος κίνησης προς τα πίσω.
- Το όχημα διαθέτει σύστημα αυτόματου επείγοντος φρεναρίσματος (automatic emergency braking system). Χρησιμοποιούμε δύο αυτόνομα υποσυστήματα αυτόματου φρεναρίσματος με αντίστοιχους αισθητήρες απόστασης ασφαλείας (ένας αισθητήρας απόστασης μπροστά - ένας αισθητήρας απόστασης πίσω). Το κάθε υποσύστημα ακινητοποιεί το όχημα ως προς την κατεύθυνση του εμποδίου που εντοπίζει. Όταν ο αισθητήρας απόστασης εντοπίσει εμπόδιο εντός της ορισμένης απόστασης ασφαλείας στέλνει σήμα στον εγκέφαλο. Ο εγκέφαλος αναλαμβάνει τον έλεγχο του οχήματος εμποδίζοντας την κίνηση προς το εμπόδιο αλλά επιτρέποντας την απομάκρυνση από αυτό, δίνοντας παράλληλα ηχητική και φωτεινή ένδειξη προειδοποίησης.

β) Σύστημα φαναριών σε γέφυρα μονής διέλευσης. Για το σύστημα φαναριών σε γέφυρα μονής διέλευσης τα παιδιά κατασκεύασαν δύο φανάρια με τουβλάκια Lego, δύο smarthub και δύο αισθητήρες απόστασης του ρομποτικού κιτ Lego WeDo 2.0 και προγραμματίσαν τους αυτοματισμούς στο περιβάλλον Scratch (έκδοση 2.0). Κάθε φανάρι διαθέτει ένα smarthub και έναν αισθητήρα απόστασης. Οι μαθητές προγραμματίσαν περιοδική χρωματική εναλλαγή των φαναριών (πράσινο - κόκκινο), εκτός αν εντοπισθεί όχημα που αναμένει, οπότε τού δίνεται προτεραιότητα. Σε περίπτωση που αναμένουν οχήματα και στις δύο πλευρές της γέφυρας δίνεται προτεραιότητα στη μια πλευρά (αριστερά).

Όταν η ομάδα ολοκλήρωσε την κατασκευή και τον προγραμματισμό της ρομποτικής διάταξης, προχώρησε στην κατασκευή μακέτας με τη γέφυρα και τον αυτοκινητόδρομο αξιοποιώντας μακετόχαρτο, ξυλάκια και διάφορα άλλα υλικά μακέτας. Στη μακέτα οι μαθητές επέλεξαν να κατασκευάσουν ένα παραδοσιακό πέτρινο γεφύρι μονής διέλευσης, στέλνοντας το μήνυμα της αξιοποίησης της τεχνολογίας με σεβασμό στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική και στο περιβάλλον. Η μακέτα είναι αρθρωτή (modular), με επαναχρησιμοποιήσιμα δομικά στοιχεία.

Για περισσότερα στοιχεία και λεπτομέρειες αναφορικά με τις δραστηριότητες ρομποτικής προτείνονται τα σχετικά βίντεο:

<https://vimeo.com/209129033>,

<https://vimeo.com/262594363>,

<https://vimeo.com/262714123>,

<http://www.arsakeio.gr/gr/psychico/psychico-elementary-a/events-activities/22942-perifereiakos-prokrimatikos-diagwnismos-ekpaidvtikh-s-rombotikh-s>,

<http://www.arsakeio.gr/gr/component/content/article/143-greek/schools/psychico/psychico-elementary-c/events-activities/31653-diagwnismos-ekpaidvtikh-s-rombotikh-s-4>

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η αξιοποίηση συστημάτων εκπαιδευτικής ρομποτικής στη σχολική τάξη, όπως το Bee-Bot για μαθητές προσχολικής και πρωτοσχολικής εκπαίδευσης και τα LEGO Education WeDo 1.0 και WeDo 2.0 για μαθητές μεγαλύτερων τάξεων Δημοτικού, αλλά και πλήθος άλλων συστημάτων ρομποτικής (π.χ. Edison, Thymio), μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην προώθηση της σύγχρονης εκπαιδευτικής μεθόδου **STEAM** και την αναβάθμιση της διδακτικής πράξης με θετικά μαθησιακά αποτελέσματα σε επίπεδο γνώσεων, στάσεων και δεξιοτήτων.

Οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να μάθουν παίζοντας, να πειραματιστούν, να εξοικειωθούν με την κατασκευή ρομπότ, να αποκτήσουν δεξιότητες προγραμματισμού ρομποτικών διατάξεων και να αναπτύξουν αλγοριθμική σκέψη, επικοινωνιακές και ομαδοσυνεργατικές δεξιότητες.

Ανάλογα με το ηλικιακό και νοητικό επίπεδο των μαθητών, το προσωπικό ενδιαφέρον και τις πρότερες εμπειρίες τους, οι εκπαιδευτικοί καλούνται να πειραματιστούν, να γνωρίσουν και να εξοικειωθούν σταδιακά με τα διάφορα ρομποτικά συστήματα αναγνωρίζοντας την ιδιαίτερη προστιθέμενη εκπαιδευτική αξία αυτών, προκειμένου να αναπτύξουν ικανότητες ένταξης δραστηριοτήτων ρομποτικής στην τάξη υιοθετώντας εναλλακτικές διδακτικές προσεγγίσεις.

Η διδακτική πορεία οφείλει να αξιοποιεί τον ενθουσιασμό, την έμφυτη περιέργεια και την αυτενέργεια των μαθητών και να δίνει έμφαση στην προαγωγή των κοινωνικών και συναισθηματικών δεξιοτήτων των παιδιών. Ο συνδυασμός θεωρίας και πράξης στην κατεύθυνση διαμόρφωσης ανοικτής δημιουργικής διδακτικής - μαθησιακής διαδικασίας οδηγεί σε βέλτιστα αποτελέσματα ώστε οι μαθητές/τριες να ενθαρρύνονται και να υποστηρίζονται να συμμετέχουν ενεργά, να συνεργάζονται όμορφα μεταξύ τους, να αναπτύσσουν πρωτοβουλίες, να αντιμετωπίζουν προκλήσεις, να αναπτύσσουν την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων και λήψης αποφάσεων, να ανακαλύπτουν τη νέα γνώση, να εκφράζονται ελεύθερα και να δημιουργούν.

Η συμμετοχή σε Διαγωνισμούς Εκπαιδευτικής Ρομποτικής λειτουργεί συχνά ως πηγή ενθουσιασμού και πρόσθετο κίνητρο για πολλούς μαθητές, αλλά η μη πρόκριση οδηγεί κατά κόρον σε μεγάλη απογοήτευση των μαθητών. Η καλλιέργεια της ιδέας της αξίας της συμμετοχής και όχι εστίασης στη νίκη οφείλει να αποτελεί πρώτιστο μέλημα του εκπαιδευτικού ιεραρχώντας την ψυχική υγεία και ισορροπημένη συναισθηματική και πνευματική ανάπτυξη των μαθητών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Γλέζου Κατερίνα, (2017). Προγραμματίζω και Μαθαίνω Παίζοντας με το Σύστημα Εκπαιδευτικής Ρομποτικής BeeBots. Στο Τζιμόπουλος, Ν., Γλέζου, Κ., Κολτσάκης Ε. & Λούβρης Α. (Επιμ.) *Πρακτικά 4^ο Πανελληνίου Συνεδρίου eTwinning για τα συνεργατικά προγράμματα στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στα συνεργατικά σχολικά προγράμματα»*, Πάτρα. (υπό έκδοση)

Γλέζου, Κ., & Ιωσηφίδου, Μ. (2016). Δημιουργώντας ψηφιακά παιχνίδια με αξιοποίηση του Scratch 2.0 στην τάξη – Παρουσίαση εργασιών μαθητών. Στο Σαλονικίδης, Ι. (Επιμ.) *Πρακτικά του 4^ο Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Κεντρικής Μακεδονίας, «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας Και των Επικοινωνιών στη Διδακτική Πράξη»*, Τόμος Δ', 25-30, Θεσσαλονίκη, ISBN 978-960-99301-2-3.

Γλέζου Κατερίνα, Σαββιδάκη Αρχοντία, Μπιρμπίλης Γιώργος (2015). Lego WeDo - Scratch: Κατασκευάζοντας και προγραμματίζοντας. Στο Τζιμόπουλος, Ν. (Επιμ.) *Πρακτικά 8^ο Πανελληνίου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη»*, Σύρος, ISBN 978-618-80768-1-5, σελ 1392-1401.

Γλέζου Κ., Μαστρογιάννης Ι., Σωτηρίου Σ. (2013). Αξιοποίηση και κατασκευή προσομοιώσεων Κινηματικής στο Scratch από μαθητές Λυκείου. Στο Τζιμόπουλος, Ν. (Επιμ.) *Πρακτικά 7^ο Πανελληνίου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη»*, Σύρος, ISBN : 978-960-89753-8-5.

Μαστρογιάννης, Ι., Γλέζου, Κ., Σωτηρίου, Σ. (2011). Παίζω, μαθαίνω και διερευνώ με το ελεύθερο λογισμικό Scratch. Στο Κ. Γλέζου, Σ. Σωτηρίου, & Ν. Τζιμόπουλος (Επιμ.), *Πρακτικά 6^ο Πανελληνίου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη»*, Σύρος, ISBN: 978-960-89753-7-8.

Kafai, Y., & Resnick, M. (Eds.). (1996). *Constructionism in practice: Designing, thinking and learning in a digital world*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Komis, V. & Misirli A., (2011). Robotique pédagogique et concepts préliminaires de la programmation à l'école maternelle : une étude de cas basée sur le jouet programmable Bee-Bot. Georges-Louis Baron, Eric Bruillard, Vassilis Komis. *Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif : Analyse de pratiques et enjeux didactiques.*, Oct 2011, Patras, Grèce. Athènes: New Technologies Éditions, pp.271-281, 2011, <ISBN : 978-960-6759-75-8>.<edutice-00676143>. Ανακτήθηκε στις 18/09/2017 από τη διεύθυνση <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00676143/document>

Komis, V., Misirli A. (2012). L'usage des jouets programmables à l'école maternelle : concevoir et utiliser des scénarios pédagogiques de robotique éducative. *Revue Scholé*, vol. 17, no. 1, pp. 143-

154. Ανακτήθηκε στις 17/09/2017 από τη διεύθυνση https://espe.univ-amu.fr/sites/espe.univ-amu.fr/files/article/skhole_2012_vol_17_.pdf

Kopelke K. (2011). *Making your classroom buzz with Bee-Bots: Ideas and Activities for the Early Phase, ICT Learning Innovation Centre*. Ανακτήθηκε στις 19/09/2017 από τη διεύθυνση http://elresources.skola.edu.mt/wp-content/uploads/2010/06/doc_669_2468_Bee-BotguideA4v2.pdf

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers and powerful ideas*. New York, NY: Basic Books.

Resnick, M. (2010). Rethinking Learning in the Digital Age, Retrieved February 20, 2014 from <http://www.media.mit.edu/~mres/papers/wef.pdf>.

<https://education.lego.com/en-au/support/wedo-2/building-instructions>

<https://education.lego.com/en-au/support/wedo-2/faqs>

LEGO® Education WeDo 2.0 Support, <https://education.lego.com/en-au/support/wedo-2>

Scratch, <http://scratch.mit.edu/>

ScratchEd, <http://scratched.media.mit.edu/>

Scratch Wiki - LEGO® WeDo Construction Set,

https://wiki.scratch.mit.edu/wiki/LEGO%C2%AE_WeDo%E2%84%A2_Construction_Set

Βαθμός Ενσωμάτωσης των Τ.Π.Ε. στη Σύγχρονη Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Η Περίπτωση της Νήσου Λέσβου.

Σταμάτη Μαρίνα

Διπλωματούχος Ε.Τ.Κ.Α.Σ. Κοινωνιολογίας Πανεπιστημίου Αιγαίου – ΠΕ86

marinastamati@gmail.com

Περίληψη

Στην εποχή της Κοινωνίας της Πληροφορίας η εκπαιδευτική διαδικασία μπορεί να μετεξελιχτεί αν ενσωματωθούν κατάλληλα η πληθώρα δυνατοτήτων που προσφέρουν οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών -Τ.Π.Ε.. Σημαντική προϋπόθεση για να συμβεί αυτό είναι η ύπαρξη εκπαιδευτικών ικανών στη χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών και στους τρόπους αξιοποίησης και ενσωμάτωσης αυτών στη διδασκαλία.

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσει την στάση των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης απέναντι στις Τ.Π.Ε. και την επίδραση της χρήση αυτών στη μαθησιακή πράξη. Η έρευνα, μέσω της συμμετοχικής, μη ελεγχόμενης παρατήρησης, διεξήχθη σε δεκατρία σχολεία της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην Νήσο Λέσβο. Όπως διαφάνηκε οι σύγχρονοι εκπαιδευτικοί της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης εμφάνισαν χαμηλό βαθμό εξοικείωσης στις Τ.Π.Ε. κατά τη διδακτική πράξη με αποτέλεσμα το σημερινό σχολείο να εμφανίζει δυσκόλες στο να αντισταθμίσει το ψηφιακό χάσμα.

Λέξεις Κλειδιά: *Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (Τ.Π.Ε.), πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ψηφιακό χάσμα.*

Εισαγωγή

Η εποχή μας χαρακτηρίζεται από τη ραγδαία ανάπτυξη των Τ.Π.Ε. (Noor-Ul-Amin, 2009) έτσι δε θα μπορούσε τα νέα τεχνολογικά δεδομένα να μην επηρεάσουν και τον τομέα της εκπαίδευσης. Γρήγορα διείσδυσαν και στην εκπαίδευση επηρεάζοντας τον μέχρι τώρα χαρακτήρα της, τον τρόπο διάχυσης της γνώσης και της πληροφορίας. Το παγκόσμιο ενδιαφέρον που εκδηλώνεται για την ενσωμάτωση των Τ.Π.Ε. στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι μεγάλο αφού οι δυνατότητες τους ως εκπαιδευτικό εργαλείο είναι τεράστιες (Μικρόπουλος, 2006).

Η σχέση εκπαιδευτή - εκπαιδευμένου διέρχεται σε μια νέα εποχή και η ιεραρχία (κυρίως εντός της σχολικής αίθουσας) δίνει τη θέση της σε συλλογικές διαδικασίες. Ο εκπαιδευτικός αυθεντία μετατρέπεται στον διαμεσολαβητή της γνώσης μέσα στη σχολική τάξη. (Κόμης & Μικρόπουλος, 2001). Οι Sutherland et al. (2004) αναφέρουν ότι κάθε είδους εμπειρία και γνώση με τα εργαλεία των Τ.Π.Ε. είναι ικανή ώστε να βοηθήσει στη χρήση και μέσα στην τάξη αλλά σε αυτό κύριο και καταλυτικό ρόλο παίζει πάντα ο εκπαιδευτικός αφού εκείνος είναι που θα διαμορφώσει το μαθησιακό περιβάλλον των μαθητών (Sutherland et al., 2004).

Οι Τ.Π.Ε. πλέον διευκολύνουν την διδακτική και τη μαθησιακή διαδικασία, απελευθερώνουν το εκπαιδευτικό δυναμικό, μειώνουν τον χρόνο εκπαίδευσης, επίσης δίνεται στους μαθητές η δυνατότητα συλλογικής έρευνας και αναζήτησης ενώ η συμμετοχή πλέον μπορεί να είναι μη ιεραρχική και η μάθηση εξατομικευμένη (Κόμης & Μικρόπουλος, 2001· Γουβιάς, 2007· Πεσματζόγλου & Παπαδοπούλου, 2013).

Η εκπαιδευτική κοινότητα του 21^{ου} αιώνα έχει να φέρει εις πέρας ένα πολυσύνθετο έργο (Κυνηγός κ.α., Χ.Χ.). Γι' αυτό οφείλει να ξεπεράσει τον παραδοσιακό της ρόλο και να δημιουργήσει καινοτόμα διδακτικά πλαίσια ώστε να ενθαρρύνει τους μαθητές να έχουν συνεχώς νέες προσλαμβάνουσες, κάνοντας χρήση νέων και ποικίλων γνωστικών μοντέλων (Φωκίδης, 2013· Τσαπάρη, 2014).

Θεωρητικό Πλαίσιο.

Ο Όρος Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (Τ.Π.Ε.)

Η διάχυση των Τ.Π.Ε. στην κοινωνικοοικονομική δραστηριότητα, πραγματοποιείται μέσω των διαδικασιών παραγωγής και των χαρακτηριστικών τους, όπου οι καινοτομίες και οι μορφές εξελισσόμενης γνώσης έρχονται να αντικαταστήσουν τις παραδοσιακές μορφές που σχετίζονται με το οικονομικό κεφάλαιο και τις εργασιακές σχέσεις, ώστε να καταλήξουν αρκετά χρόνια αργότερα να εξυπηρετήσουν την εκπαιδευτική διαδικασία και την σχολική δομή γενικότερα. Σαν διαμεσολαβητής της γνώσης της κοινωνίας η αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. συνιστά μια ριζοσπαστική παρέμβαση στο εκπαιδευτικό σύστημα. Η εισαγωγή και η χρήση των νέων τεχνολογιών αποτελεί το ζητούμενο για τη βελτίωση και την αναβάθμιση της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Τα τελευταία χρόνια, η εκπαιδευτική κοινότητα και οι αρμόδιοι φορείς προσπαθούν όλο και περισσότερο να πετύχουν την εισαγωγή των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση (Alessi & Trollip, 2001 Αβούρης, 2000). Οι Μακρή και Βλαχόπουλος (2015) παραθέτουν τον ορισμό των Nollan & Tatnall όπου με τον όρο Τ.Π.Ε. στην εκπαιδευτική οργάνωση και διοίκηση εννοούμε τη χρήση πληροφοριακών εφαρμογών και συστημάτων για εξασφάλιση των καλύτερων προϋποθέσεων για τις διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης (Μακρή & Βλαχόπουλος, 2015).

Ο Μικρόπουλος (2006) αναφέρει σχετικά με τις Τ.Π.Ε., ότι πρόκειται για μια σύνθετη και ολοκληρωμένη διαδικασία που περιλαμβάνει ανθρώπους, ιδέες, συσκευές και οργάνωση ενώ ασχολείται με την ανάλυση των προβλημάτων τα οποία αφορούν την ανθρώπινη μάθηση και ειδικότερα την σχεδίαση, ανάπτυξη και υλοποίηση λύσεων για τα παραπάνω προβλήματα με τη χρήση τεχνολογίας (Μικρόπουλος, 2006).

Ο όρος Τ.Π.Ε. κατά τον Κόμη (2005), στη στενή του έννοια αναφέρετε στη χρήση τεχνολογιών και τεχνικών συσκευών στη διδασκαλία και τη μάθηση. Με μια πιο ευρεία έννοια χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει την ορθολογική χρήση μιας ή περισσότερων τεχνολογιών με σκοπό την απόκτηση ενός εκπαιδευτικού αποτελέσματος. Χαρακτηρίζει τέλος το λόγο, τις αξίες και τα αποτελέσματα που αντιστοιχούν σε αυτές τις πρακτικές (Κόμης, 2005).

Με τη σειρά της η Unesco υπογραμμίζει ότι για να δοθεί ένας σαφής ορισμός για τις Τ.Π.Ε. θα πρέπει πρώτα να δοθεί σαφής ορισμός για την Επιστήμη των Υπολογιστών (Πληροφορική) καθώς και της Τεχνολογίας της Πληροφορικής. Έτσι η Επιστήμη των Υπολογιστών είναι αυτή που ασχολείται με το σχεδιασμό, την υλοποίηση, την αξιολόγηση, τη χρήση και τη συντήρηση των συστημάτων διαχείρισης της πληροφορίας με τη συνδρομή του λογισμικού και του υλικού των υπολογιστών. Η Τεχνολογία της Πληροφορικής ορίζεται ως το σύνολο των τεχνολογικών εφαρμογών της Πληροφορικής στην κοινωνία. Τέλος οι Τ.Π.Ε. ορίζονται ως ο συνδυασμός της Τεχνολογίας της Πληροφορικής με άλλες συσχετιζόμενες τεχνολογίες και ειδικότερα με αυτήν της επικοινωνίας (Unesco, 2002).

Σήμερα αντί του όρου Πληροφορική χρησιμοποιείται πλέον σε ευρεία κλίμακα ο όρος Τ.Π.Ε. όπου χαρακτηρίζονται οι τεχνολογίες που επιτρέπουν την επεξεργασία και τη μετάδοση ποικίλων μορφών πληροφορίας καθώς και όλες οι ηλεκτρονικές συσκευές και τα λογισμικά που τις μεταφέρουν (Alessi & Trollip, 2001).

Ψηφιακό Χάσμα και Εκπαίδευση

Στις χώρες του δυτικού κόσμου τα τελευταία χρόνια αντικείμενο συζήτησης και μελέτης αποτελεί το φαινόμενο του ψηφιακού χάσματος. Με τον όρο ψηφιακό χάσμα (digital divide) νοείται το χάσμα που υπάρχει ανάμεσα στους έχοντες πρόσβαση και στους μη έχοντες πρόσβασης στις Τ.Π.Ε. (Αρακά & Κούτρας & Μακρίδου, 2014).

Ο ΟΟΣΑ το 2001 δίνει τον ορισμό για το ψηφιακό χάσμα μέσα από την δημοσίευση του με τίτλο «Understanding the Digital Divide» αναφέροντας πως ψηφιακό χάσμα είναι το χάσμα μεταξύ των ατόμων, των επιχειρήσεων και χωρών, με διαφορετικό κοινωνικοοικονομικό κεφάλαιο, σε σχέση με τις ευκαιρίες που έχουν για πρόσβαση στις Τ.Π.Ε. και στη χρήση του διαδικτύου (OECD, 2001).

Οι Τ.Π.Ε. αναπτύχθηκαν κυρίως τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια. Προφανές είναι λοιπόν οι ηλικιακά μεγαλύτερες ομάδες να παρουσιάζουν έλλειψη των απαιτούμενων ικανοτήτων και γνώσεων στην χρήση των Τ.Π.Ε. αφού ο πληθυσμός σαράντα ετών και άνω δεν τις διδάχθηκε ποτέ σε καμία βαθμίδα εκπαίδευσης και δεν ήταν καν ένα εργαλείο της καθημερινότητας όντας παιδί ή έφηβος. Έτσι τώρα διάφορα προβλήματα που πιθανόν να παρουσιαστούν κατά την χρήση αυτών είναι ικανά να τους

απογοητεύσουν και να τους αποδιοργανώσουν ή ακόμα και να παραιτηθούν από τη χρήση τους (Δοδοντσή & Δοδοντσή & Δοδοντσή, X.X.).

Η υποστήριξη από τις ίδιες τις χώρες, σχετίζεται με την πολιτική που καλείται να υιοθετηθεί από τους αρμόδιους κυβερνητικούς φορείς για την προώθηση της χρήσης των νέων τεχνολογιών που πολλές φορές έχει διαφανεί πως δεν είναι αρκετή, ούτε γίνεται με σωστό τρόπο ώστε όλοι οι πολίτες των χωρών να έχουν ίση πρόσβαση στις Τ.Π.Ε. Έτσι ακόμα και η γεωγραφική περιοχή έχει επιπτώσεις στην υιοθέτηση των Τ.Π.Ε. (Pelgrum, 2001· Bracey, 2002· Riley, 2002). Οι αστικές περιοχές συνήθως διαθέτουν καλύτερη υποδομή και χαμηλότερες τιμές σε αντίθεση με την επαρχία. Οπότε η χρήση και πρόσβαση στις Τ.Π.Ε. από άτομα που ζουν σε αστικές περιοχές είναι ευκολότερη και ομαλότερη (Καρύδας, 2007).

Στη σχολική μονάδα το ψηφιακό χάσμα εντείνονται, η ανεπάρκεια εξειδικευμένου εκπαιδευτικού προσωπικού με τεχνολογική κατάρτιση, η ελλιπής κατανόηση της τεχνολογικής εκπαίδευσης από δασκάλους και σχολικούς συμβούλους και η μειωμένη οικονομική στήριξη από το κράτος για τον εφοδιασμό των σχολείων με κατάλληλο, σύγχρονο τεχνολογικό εξοπλισμό (Software / Hardware) καθώς και τεχνική υποστήριξη (Wicklein, 2004).

Καθώς οι εκπαιδευτικοί και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής στρέφονται ολοένα και περισσότερο στην τεχνολογία για να προωθήσουν νέους στόχους στην τάξη, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι υπήρξε μια αντίστοιχη άνοδος στην πεποίθησή τους ότι η τεχνολογία κατέχει το κλειδί για την εξισορρόπηση των ανισοτήτων μεταξύ των μαθητών. Ωστόσο, οι δυνατότητες της τεχνολογίας μπορούν να μεγιστοποιηθούν μόνο μέσα σε ένα ιδανικό περιβάλλον. Η άνιση πρόσβαση, η διαφορά χρηματοδότησης μεταξύ των σχολικών περιοχών - μονάδων περιορίζουν σημαντικά την πρόσβαση των μαθητών στις δυνατότητες των Τ.Π.Ε. (Dotterer & Hedges & Parker, 2016).

Η τεχνολογία στην τάξη υπόσχεται να είναι ένας μεγάλος εξισωτής, αλλά η αποτελεσματική εφαρμογή της πρέπει να λαμβάνει υπόψη το κοινωνικοοικονομικό πλαίσιο της σχολικής περιοχής και να περιλαμβάνει προγράμματα και πρακτικές που διευκολύνουν την καθολική πρόσβαση των μαθητών. Για να εξασφαλιστεί ότι οι μαθητές θα γίνουν υπεύθυνοι ψηφιακοί πολίτες που θα διαθέτουν τις γνωστικές και ανταγωνιστικές δεξιότητες που θα χρειαστούν στο μέλλον (Dotterer & Hedges & Parker, 2016).

Εκπαιδευτικοί και «Technostress»

Το Technostress αναφέρεται στο άγχος που αντιμετωπίζουν τα άτομα λόγω της χρήσης της τεχνολογίας (Ragu-Nathan et al., 2008). Εμφανίζεται ως αρνητική ψυχολογική κατάσταση ή εμπειρία και μπορεί να εκδηλωθεί ως αίσθημα άγχους, κόπωσης, σκεπτικισμού και αναποτελεσματικότητας (Salanova & Llorens & Cifre, 2013). Το Technostress των εκπαιδευτικών αποτελεί ένα σημαντικό θέμα λόγω της έντασης της ενσωμάτωσης των νέων τεχνολογιών στη διδασκαλία.

Η επιφυλακτική στάση των εκπαιδευτικών έναντι των τεχνολογιών οφείλεται στην ελλιπή ετοιμότητα, την άγνοια τους για τις δυνατότητες αυτών στη διδακτική διαδικασία, στη φοβία των εκπαιδευτικών απέναντι στο καινοτόμο και στο νέο (Lim & Tay, 2003· Δοδοντσή & Δοδοντσή & Δοδοντσή, X.X.) Επιπλέον, φαίνεται πως επηρεάζει τις προθέσεις των δασκάλων να χρησιμοποιούν την τεχνολογία (Joo & Lim & Kim, 2016). Τα συμπτώματα του Technostress μπορεί να οδηγήσουν σε μια κατώτερη ποιότητα κοινωνικής αλληλεπίδρασης μεταξύ του δασκάλου και των μαθητών και κατά συνέπεια, σε υποβάθμιση της ποιότητας της μάθησης (Al-Fudail & Mellar, 2008· Lim, 2012· Joo et al., 2016) εμμένοντας σε παραδοσιακές πρακτικές (Κυνηγός & Ξένου, 2000· Pelgrum, 2001· Πεσματζόγλου & Παπαδοπούλου, 2013), αδυνατούν να ενσωματώσουν τις Τ.Π.Ε. στα διδασκόμενα μαθήματα και αναπόφευκτα οι μαθητές οδηγούνται σε μαθησιακή αδράνεια (Trimble, 2003).

Το Technostress φαίνεται να έχει άμεσο συσχετισμό με την ηλικία (Συμεωνίδης & Γκούμας & Σαββίδου, 2013· Mazoya & Ismail & Manyilizu, 2015· Γιαννακοπούλου & Μπάτζιου, 2012) αλλά και το φύλλο (Γιαβρίμης, 2012· Fomsi & Orduah, 2017) των εκπαιδευτικών, οι γυναίκες εκπαιδευτικοί φαίνεται να εμφανίζουν περισσότερο Technostress και τείνουν να έχουν μεγαλύτερο άγχος σχετικά με τη χρήση των Τ.Π.Ε. στη διδασκαλία τους (Durndell & Haag, 2002· Jena, 2015). Οι μεγαλύτερης ηλικίας αντιμετωπίζουν υψηλότερα επίπεδα Technostress από νεότερους συναδέλφους τους, δεδομένου ότι οι νεότεροι εκπαιδευτικοί είναι πιο εξοικειωμένοι με τις νέες τεχνολογίες αφού

εμπλέκονται με αυτές από τα νεανικά τους χρόνια (Snyder & Hoffman, 2001· Συμεωνίδης & Γκούμας & Σαββίδου, 2013).

Μεθοδολογία Έρευνας

Σκοπός της Έρευνας

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσει την στάση των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης απέναντι στις Τ.Π.Ε. και την επίδραση της χρήση αυτών στη μαθησιακή πράξη.

Συμμετέχοντες στην Έρευνα

Στην έρευνα πήραν μέρος δεκατρία σχολεία τα οποία επιλεχθήκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να καταλαμβάνουν ένα μεγάλο μέρος της Λεσβιακής επικράτειας. Να μην ανήκουν, δηλαδή μόνο στο άστυ αλλά σε κωμοπόλεις και μικρά χωριά του νησιού.

Ερευνητικές Υποθέσεις

Στην παρούσα μελέτη οι ερευνητικές μας υποθέσεις είναι οι εξής: Η πρώτη ερευνητική υπόθεση διερευνά τη χρήση - αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. στην τάξη στο σημερινό ελληνικό σχολείο. Η δεύτερη ερευνητική υπόθεση διερευνά την στάση των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης εναντι των Τ.Π.Ε. σε συνάρτηση με το φύλο, την ηλικία, την προϋπηρεσία.

Ερευνητικό εργαλείο

Η μεθοδολογία μας είναι ποιοτική έρευνα μέσω της συμμετοχικής, μη ελεγχόμενης παρατήρησης με βαθμό συμμετοχής της ερευνήτριας, σαν συμμετοχή (Ιωσιφιδίτης, 2017). Με την βοήθεια του προσωπικού ημερολογίου κατεγράφησαν τα δεδομένα της παρατήρησης, των δράσεων και όλων των συμβάντων εντός της σχολικής τάξης (Babbie, 2011) με βασικό εργαλείο την κλειδα παρατήρησης. Παρακολούθησαμε - παρατηρήσαμε πενήνταδύο διδακτικές ώρες σε δέκα διαφορετικά διδακτικά αντικείμενα/μαθήματα, της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Αποτελέσματα και Συζήτηση

Μετά την εμπειριστατωμένη μελέτη των ποιοτικών ευρημάτων οι ερευνητικές υποθέσεις της παρούσας εργασίας απαντήθηκαν με βάση τα όσα παρατίθενται εν συνεχεία.

Στα δημοτικά σχολεία της Λέσβου σήμερα τα διαθέσιμα εργαλεία Τ.Π.Ε. είναι διαδραστικοί πίνακες, προτζέκτορες, αλλά και το εργαστήριο πληροφορικής. Από την παρατήρηση μας στα σχολεία επιβεβαιώθηκε η ύπαρξη αυτών των εργαλείων Τ.Π.Ε., όμως διαπιστώθηκε πως δεν συνυπάρχουν και τα τρία μέσα σε πλήρη ανάπτυξη και αξιοποίηση σε κάθε σχολική δομή, αφού σχολεία έχουν κάποια από αυτά ή έχουν μόνο διαδραστικό στην αίθουσα της ΣΤ' τάξης ή στο Τμήμα Ένταξης. Έτσι είναι δύσκολο να τον χρησιμοποιήσουν όλοι οι δάσκαλοι στο μάθημα τους αφού ο εξοπλισμός είναι δυσέυρετος και για να γίνει χρήση του χρειάζεται σχετική συνεννόηση μεταξύ των συναδέλφων ώστε να διεκδικήσουν, να μοιράσουν τον εξοπλισμό, πράγμα χρονοβόρο (Joo & Lim & Kim, 2016) και αντιπαραγωγικό.

Το ψηφιακό χάσμα ενισχύεται από την μη σοβαρή επάνδρωση, εντοπιστήκαν σοβαρές ελλείψεις στην υλικοτεχνική υποδομή, στη στελέχωση των εργαστηρίων καθώς και έλλειψη τεχνικής υποστήριξης (Wicklein, 2004) .

Το ζήτημα των ελλείψεων είναι σοβαρό και επηρεάζει την αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. από την εκπαιδευτική κοινότητα της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στη Λέσβο. Οι υλικοτεχνικές ελλείψεις παρουσιάζονται κυρίως στα σχολεία της υπαίθρου αφού εκτός του ότι απουσιάζει σχεδόν από όλα επανδρωμένο εργαστήριο πληροφορικής, σχολεία ή τάξεις στεγάζονται σε στενά κοντέινερς, οι σχολικές αίθουσες δεν έχουν τον στοιχειώδη εξοπλισμό, ή μόνο μια αίθουσα ανά σχολείο είναι εξοπλισμένη, στοιχεία αποτρεπτικά στο να ενταχθούν οι Τ.Π.Ε. στη διδακτική πράξη και οι μαθητές να έρθουν σε επαφή με την τεχνολογία (Pelgrum, 2001· Bracey, 2002· Riley, 2002).

Η τεχνολογική ανομοιογένεια φαίνεται να είναι μια ισχυρή εκδήλωση χάσματος μεταξύ σχολείων στο άστυ (Καρύδας, 2007) και εκείνων της υπαίθρου, όπου παρατηρούνται διαφοροποιήσεις και ανισότητες πρόσβασης και χρήσης της τεχνολογίας Όσο απομακρυνόμαστε από την πόλη της Μυτιλήνης τόσο οι ελλείψεις σε υποδομές και προσωπικό αυξάνονταν γεωμετρικά. (Pelgrum, 2001).

Έτσι προκύπτει γεωγραφικό ψηφιακό χάσμα που αντικατοπτρίζει τις διαφορετικές δυνατότητες πρόσβασης, που έχουν στις Τ.Π.Ε. εκείνοι που ζουν σε απομακρυσμένες γεωγραφικές περιοχές του νησιού, σε σύγκριση με μαθητές και εκπαιδευτικούς στο άστυ (OECD, 2001).

Εντοπιστηκε απο μερος των εκπαιδευτικων μια έντονη επιφυλακτικότητα ως προς τον βαθμό χρήσης και αξιοποίησης των Τ.Π.Ε. στην διδασκαλία. Εμφανίζουν στην πλειοψηφία τους προσκόλληση σε παλιότερες μεθόδους (παπαγαλία, αποστήθιση, φωτοτυπίες) (Pelgrum, 2001· Πεσματζόγλου & Παπαδοπούλου, 2013). Παγιωμένες πρακτικές αναδυθηκαν ως προς τον ρόλο και τον τρόπο χρήσης των Τ.Π.Ε., εντάσσοντας στα καινοτόμα μέσα παραδοσιακές μεθοδολογίες (Trimble, 2003· Al-Fudail & Mellar, 2008), που για εκείνους μοιάζουν αυτονόητες, και σε μεγάλο βαθμό παραγκωνίζουν τις δυνατότητες των εργαλείων Τ.Π.Ε. (Pelgrum, 2001· Πεσματζόγλου & Παπαδοπούλου, X.X.).

Η επιφυλακτική τους στάση έναντι των τεχνολογιών οφείλεται στην ελλιπή ετοιμότητα, την άγνοια τους για τις δυνατότητες αυτών στη διδακτική διαδικασία (Lim & Tay, 2003), στη φοβία των εκπαιδευτικών απέναντι στο καινοτόμο και στο νέο (Joo & Lim & Kim, 2016· Δοδοντσή & Δοδοντσή & Δοδοντσή, X.X.).

Μερίδα εκπαιδευτικων προσαρμόζει τις Τ.Π.Ε. στις διδακτικές του ρουτίνες, όμως ο τρόπος αξιοποίησης και εφαρμογής τους περιορίζετε μόνο στο εικονιστικό - οπτικό κομμάτι και όχι στο ουσιαστικά εκπαιδευτικό, μη αξιοποιώντας δηλαδή στο έπακρο τις δυνατότητες που αυτές δίνουν μένοντας μόνο στη προβολή εικόνων ή βίντεο χωρίς οι μαθητές να μπορέσουν να αναπτύξουν μέσω των Τ.Π.Ε. επιπλέον δεξιότητες αφού η διδασκαλία τους είναι καθετή, ενώ διαπιστώθηκε ότι απουσιάζουν δραστηριότητες που προάγουν τη διερευνητική και συνεργατική μάθηση, (Lim & Tay, 2003· Κυνηγός & Ξένου, 2000· Δοδοντσή & Δοδοντσή & Δοδοντσή).

Η μη συστηματική έναρξη των Τ.Π.Ε. από τους εκπαιδευτικούς στη διαδικασία τους μαθήματος έδειξε να επηρεάζει και την στάση των μαθητών τους απέναντι σε αυτές (Sutherland et al, 2004) αφού οδηγούνται σε μαθησιακή - ψηφιακή αδράνεια (Sutherland et al, 2004· Trimble, 2003).

Κατά την παρατήρηση μας, παράγοντες αναφορικά με το φύλλο, την ηλικία και την προϋπηρεσία των συμμετεχόντων φαίνεται πως επηρεάζουν τις γνώσεις και τις στάσεις έναντι των Τ.Π.Ε. Και αυξάνουν τα επίπεδα του Technostress.

Στο γυναικείο πληθυσμό της έρευνας μας εντοπίσαμε κάποια αισθήματα άγχους και ανησυχίας όχι ως προς τη χρήση και αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. αλλά ως προς την καθολική εισαγωγή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία (Γιαβρίμης, 2012). Όσοι από τους εκπαιδευτικούς έκαναν χρήση των Τ.Π.Ε. στην διδασκαλία τους δεν φάνηκε να υπερτερεί κάποιο από τα δυο φύλλα αφού όλοι τους είχαν γνώσεις και τις αξιοποίησαν σχεδόν με όποιο τρόπο. Καμιά διάκριση φύλλου και σχέσης με τις Τ.Π.Ε. στο πεδίο δεν εμφανίστηκε σε αντίθεση με τις έρευνες και τη βιβλιογραφία που μας καταδεικνύει το αντίθετο (Fomsi & Orduah, 2017).

Η ηλικία αναδείχτηκε πως σχετίζεται άμεσα με το βαθμό χρήσης και αξιοποίησης των Τ.Π.Ε., αφού επηρεάζει τη διάθεση αλλά και την ικανότητα των εκπαιδευτικών ώστε να ενσωματώσουν των Τ.Π.Ε. στην εκπαιδευτική διαδικασία (Mazoya & Ismail & Manyilizu, 2015· Γιαννακοπούλου & Μπάτζιου, 2012).

Επιπλέον οι εκπαιδευτικοί με λιγότερα χρόνια προϋπηρεσίας φαίνεται να κάνουν μεγαλύτερη χρήση των Τ.Π.Ε. γεγονός που πιθανόν να οφείλετε στο ότι είναι και νεαρότερης ηλικίας (Συμεωνίδης & Γκούμας & Σαββίδου, 2013· Mazoya, Ismail & Manyilizu, 2015) οπότε είναι περισσότερο εξοικειωμένοι με τις Τ.Π.Ε. σε σχέση με τους συναδέλφους τους με περισσότερα χρόνια προϋπηρεσίας. Όμως και εκείνοι κάνουν χρήση του εργαλείου με τρόπο συντηρητικό αφού το αξιοποιούν κυρίως σαν μέσο προβολής, δεν διακρίνεται να αξιοποιείτε σαν γνωστικό εργαλείο και σαν εργαλείο που θα ενισχύσει την ενεργό μάθηση των μαθητών (Μικρόπουλος, 2006).

Οι μεγαλύτεροι ηλικιακά αντιμετωπίζουν δυσκολίες και έχουν ένα δισταγμό προς αυτές αφού δεν ήταν μέρος της δίκης τους εκπαιδευτικής διαδικασίας (Snyder & Hoffman, 2001· Συμεωνίδης & Γκούμας & Σαββίδου, 2013) εμφανίζουν κοινές πεποιθήσεις, απόψεις, αντιλήψεις τρόπο αξιοποίησης των Τ.Π.Ε αφού έχουν κοινές καταβολές, προσλαμβάνουσες και όμοιες εμπειρίες διότι δρουν στο ίδιο κοινωνικό πλαίσιο με όμοιο μορφωτικό επίπεδο και φαίνεται να έχουν επίσης κοινό πολιτισμικό

κεφάλαιο. Τέλος όπως καταδείχτηκε και από τα ευρήματα μας και συνηγορεί και σε αυτό η βιβλιογραφία (Δοδοντσή & Δοδοντσή & Δοδοντσή, X.X.· Alessi & Trollip, 2001· Γιαννακοπούλου & Μπάτζιου, 2012) οι ηλικιακά μεγαλύτερες ομάδες παρουσιάζουν έλλειψη των απαιτούμενων ικανοτήτων και γνώσεων στην χρήση των Τ.Π.Ε. αφού ο πληθυσμός των εκπαιδευτικών σαράντα πέντε ετών και άνω (στο νησί της Λέσβου) δεν διδάχθηκε ποτέ και σε καμία βαθμίδα εκπαίδευσης τις Τ.Π.Ε. και δεν υπήρξε εργαλείο της καθημερινότητας όντας παιδί ή έφηβος με αποτέλεσμα η αδυναμία σωστής χρήσης των Τ.Π.Ε..

Συμπεράσματα

Αρκετοί οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στο νησί της Λέσβου που διατηρούν έντονες επιφυλάξεις (Lim & Tay, 2003) και αντιστέκονται (Ragu-Nathanet et al., 2008) στη χρήση των Τ.Π.Ε. ως μέσο διδασκαλίας. Έτσι οι Τ.Π.Ε. δεν είναι ακόμα ενεργά ενταγμένες στις διδακτικές ρουτίνες τους σε βαθμό που να επηρεάζουν την διδασκαλία και τη μάθηση. Η έρευνα μας έδειξε ότι οι εκπαιδευτικοί είναι εξοικειωμένοι με τις βασικές λειτουργίες των Τ.Π.Ε. ενώ διαπιστώθηκε μειωμένη ικανότητά χρήσης εξειδικευμένων λογισμικών, επίσης ελάχιστοι είναι εκείνοι που μπορούν να εντάξουν σε σχέδιο μαθήματος δραστηριότητες που έχουν σχέση με τη χρήση των Τ.Π.Ε. καθώς και να τις αξιοποιήσουν για την κάλυψη συγκεκριμένων διδακτικών στόχων (Pelgrum, 2001· Δοδοντσή & Δοδοντσή & Δοδοντσή, X.X.).

Οι υλικοτεχνικές ελλείψεις στις σχολικές δομές που υπηρετούν, η γεωγραφική θέση του σχολείου, η ηλικία των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στο νησί της Λέσβου, τα έτη προϋπηρεσίας τους, η έλλειψη σωστής κατάρτισης και βαθιάς γνώσης ώστε τα εργαλεία των Τ.Π.Ε. (Dotterer & Hedges & Parker, 2016) να δύναται να αξιοποιηθούν παιδαγωγικά, είναι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την στάση τους (Salanova & Llorens & Cifre, 2013) έναντι αυτών ενώ παράλληλα εντείνουν το Technostress (Ragu-Nathanet et al., 2008).

Η εισαγωγή των Τ.Π.Ε. στη πρωτοβάθμια εκπαίδευση στη Λέσβο βρίσκεται ακόμα στα σπάργανα και οι δυνατότητές τους δεν αξιοποιούνται πλήρως. Πρακτικά οδηγούμαστε στην διαπίστωση πως θα πρέπει να υπάρξει άμεση αναδιαμόρφωση των στάσεων, των πεποιθήσεων, των κινήτρων και των πρακτικών των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ώστε το σχολείο να μπορέσει να οδηγηθεί σωστά τόσο το ίδιο όσο και οι μαθητές του στο ψηφιακό μέλλον που τους αξίζει (Wicklein, 2004· Κυνηγός κ.α., X.X.).

Βιβλιογραφία

- Αβούρης, Ν. (2000). *Εισαγωγή στην Επικοινωνία Ανθρώπου-Υπολογιστή*, Αθήνα: Δίαυλος.
- Alessi, S. & Trollip, S. (2001). *Πολυμέσα και Εκπαίδευση: Μέθοδοι και Ανάπτυξη*. Αθήνα: Γκιούρδας.
- Αρακά, Η. & Κούτρας, Ν & Μακρίδου, Ε. (2014). Η πρόσβαση στην πληροφορία: εξέλιξη και ψηφιακό χάσμα. Στο Μ. Κανελλοπούλου-Μπότη (Επιμ.), *Ιστορία της Πληροφορίας από τον Πάπυρο στο Ηλεκτρονικό Έγγραφο*. Αθήνα: Νομική Βιβλιοθήκη.
- Babbie, Earl.(2011) Εισαγωγή στην Κοινωνική Έρευνα. Αθήνα: Κριτική
- Γιαβρίμης, Π. (2012). *Νοηματοδοτήσεις Εκπαιδευτικών για την Αποτελεσματικότητα της Επιμόρφωσης στην Ένταξη των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Πράξη*. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <http://www.etpe.gr/custom/pdf/etpe2012.pdf>
- Γιαννακοπούλου, Ε. Μπάτζιου, Σ. (2012). Ψηφιακός Γραμματισμός ενηλίκων Διερεύνηση ψηφιακής επάρκειας ενηλίκων. Στο Χ. Καραγιαννίδης, Π. Πολίτης & Η. Καρασαββίδης (Επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών του Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Τεχνολογίες της Πληροφορίας & Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση*, 28-30 Σεπτεμβρίου 2012 (σσ. 455-462). Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <http://www.etpe.gr/custom/pdf/etpe1962.pdf>
- Γουβιάς, Δ. (2007). *Διερεύνηση Στάσεων, Αντιλήψεων, και Πρακτικών σε Θέματα Ισότητας των Δύο Φύλων, Ανάμεσα σε Εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, με Ειδική*

Αναφορά στις Νέες Τεχνολογίες. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση http://www.isotita-erepaek.gr/iliko_sxetikos_ereunes/stelexon_ekpaideusis/pythagoras_Goubias.pdf

Δοδοντσή, Μ. & Δοδοντσή, Ι. & Δοδοντσή, Μ. (Χ.Χ.). Το ψηφιακό χάσμα. Στο 2^ο Πανελλήνιο Εκπαιδευτικό Συνέδριο Ημαθίας. (σσ. 1851 - 1874) Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <http://www.ekped.gr/praktika10/web/171.pdf>

Ιωσηφίδης, Θ. (2017). *Ποιοτικές Μέθοδοι Έρευνας και Επιστημολογία των Κοινωνικών Επιστήμων*. Αθήνα: Τζιόλα.

Καρυδάς, Ι. (2007). *Ψηφιακές Πόλεις : Κοινωνία, Ψυχολογία, Διαδίκτυο, Αστική Γειτονιά*. Αθήνα: Παπαζήση.

Κόμης, Β. (2005). *Εισαγωγή στη Διδακτική της Πληροφορικής*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.

Κόμης, Β. & Μικρόπουλος, Α. (2001), *Πληροφορική στην Εκπαίδευση*, (Τόμος Β'), Πάτρα: ΕΑΠ.

Κυνηγός, Χ., & Ξένου, Ν. (2000). Νέες πρακτικές με νέα εργαλεία στην τάξη: κατάρτιση επιμορφωτών για τη δημιουργία κοινοτήτων αξιοποίησης των ΝΤ στο σχολείο Στο *Πρακτικά 2^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση»* (σσ. 55-64). Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <http://www.etpe.gr/custom/pdf/etpe724.pdf>

Κυνηγός, Π., Βαβουράκη, Α., Ιωαννίδης, Χ., Παπαϊωάννου, Π. & Ψυχάρης Γ. (n.d.) Η Χρήση της Τεχνολογίας της πληροφορίας και της Επικοινωνίας στο Σχολείο: Μελέτη Πέντε Περιπτώσεων. Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας (ΚΕΕ), 525-531. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/3rd/contributions/525.pdf>

Μακρή Α. & Βλαχόπουλος, Δ. (2015). Οι Τ.Π.Ε. στην Εκπαιδευτική Οργάνωση και Διοίκηση στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Μία διερευνητική μελέτη στην Περιφερειακή Ενότητα Θεσσαλονίκης. Στο *Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση*, 7-8 Νοεμβρίου 2015 (σσ. 228-242, Τόμος 1, Μέρος Α'). Αθήνα: Ελληνικό Δίκτυο Ανοικτής και εξ' Αποστάσεως Εκπαίδευσης. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <http://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/openedu/article/download/96/85>

Μικρόπουλος, Τ. (2006). *Ο Υπολογιστής ως Γνωστικό Εργαλείο*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Πεσματζόγλου, Ε. & Παπαδοπούλου, Α. (2013.). *Η Πρόθεση των Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για την Ένταξη των ΤΠΕ στη Μαθησιακή Διαδικασία: Ερευνητικά Δεδομένα*. Στο Α. Λαδιάς, Α. Μικρόπουλος, Χ. Παναγιωτακόπουλος, Φ. Παρασκευά, Π. Πιντέλας, Π. Πολίτης, Σ. Ρετάλης, Δ. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <http://www.etpe.gr/custom/pdf/etpe2000.pdf>

Φωκίδης, Ε (2013). *Η Εικονική Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση*. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση https://www.researchgate.net/profile/Emmanuel_Fokides/publication/287645605_E_Eikonike_Pragmatikoteta_sten_Ekpaideuse/links/5678509d08aebcdda0ebd262.pdf?origin=publication_list

Τσαπάρια, Ξ. (2014). Στάσεις των καθηγητών Γερμανικής γλώσσας ως προς τις ΤΠΕ, ανασταλτικοί παράγοντες στη χρήση ΤΠΕ στο μάθημα και ανάγκες επιμόρφωσης Στο Θ. Σαμαρά (Επιμ.), *3^ο Πανελλήνιο Εκπαιδευτικό Συνέδριο Ημαθίας Νάουσα*, 4- 6 Απριλίου 2014 (σσ. 110-122). Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση http://hmathia14.ekped.gr/praktika14/VolD/VolD_110_122.pdf

Συμεωνίδης, Σ. & Γκούμας, Σ. & Σαββίδου, Κ. (2013). Τρία χρόνια μετά την επιμόρφωση Β επιπέδου: Οι εκπαιδευτικοί κάνουν χρήση και αξιοποιούν τις Τεχνολογίες Πληροφορίας & Επικοινωνιών (Τ.Π.Ε) στην εκπαιδευτική- διδακτική διαδικασία;». Η περίπτωση του νομού Καβάλας. *e-Περιοδικό Επιστήμης & Τεχνολογίας* (σσ. 1-10) Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση http://e-jst.teiath.gr/issues/issue_35/Symeonidis_35.pdf

Al-Fudail, M. & Mellar, H. (2008). Investigating teacher stress when using technology. *Computers & Education, Vol 51* (No3), 1103-1110. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.11.004>

Bracey, G. W. (2002). Raising achievement of at-risk students or not. *Phi Delta Kappan*, Vol83 (No6), 431-432.

Dotterer, G., Hedges, A., & Parker, H. (2016). The Digital Divide in the Age of the Connected Classroom. How Technology Helps Bridge the Achievement Gap. Fourth in a series exploring the impact of and challenges surrounding technology in schools. K-12 Education, Verite Educational Systems Inc. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <https://www.net-ref.com/wp-content/uploads/2016/01/Bridging-the-Digital-Divide-NetRef-White-Paper-FINAL.pdf>

Durndell, A. & Haag, Z. (2002). Computer self-efficacy, computer anxiety, attitudes towards the Internet and reported experience with the Internet, by gender, in an East European sample. *Computers in Human Behavior, Vol 18* (No5), 521–535. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/5881845/gender_-_durndell_and_haag_2002.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1521243338&Signature=Gz5moDRhLmwywRMmWmHpg7Tye0E%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DComputer_self_efficacy_computer_anxiety.pdf

Lim, B. (2012). Analysis of the elementary school teachers' needs on digital textbooks and its implications on the policy making. *Korean Journal of Educational Technology, Vol 28* (No2), 317–346.

Fomsi, E.F. & Orduah, S.E. (2017). Gender differences in the use of ict among teachers in model primary schools in rivers state, Nigeria. *British Journal of Education, Vol 5* (No4), 88-94. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <http://www.eajournals.org/wp-content/uploads/Gender-Differences-in-the-Use-of-ICT-among-Teachers-in-Model-Primary-Schools-in-Rivers-State-Nigeria.pdf>

Jena, P. K. (2015). Technostress in ICT enabled collaborative learning environment: An empirical study among Indian academician. *Computers in Human Behavior, Vol 51* (NoB), 1116-1123.

Lim, C. P. & Tay, Y. (2003). Information and communication technologies (ICT) in an elementary school: Students' engagement in higher-order thinking. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, Vol 12* (No4), 425-451. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση https://www.academia.edu/184581/Lim_C.P._and_Tay_L.Y._2003_.Information_and_communication_technologies_ICT_in_an_elementary_school_Engagement_in_higher_order_thinking_Journal_of_Educational_Multimedia_and_Hypermedia_12_4_425-451

Mazoya, A., Ismail, A. & Manyilizu, M. (2015). Age of Teachers Vs ICT use in Tanzanian Secondary Schools: A Case of Dodoma Municipality. *International Journal Of Computer Applications, Vol 132* (No14), 22-26. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <http://dx.doi.org/10.5120/ijca2015907579>

Noor-UI-Amin S. (2009). *An Effective use of ICT for Education and Learning by Drawing on Worldwide Knowledge, Research, and Experience: ICT as a Change Agent for Education*. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <http://www.nyu.edu/classes/keefer/waoe/amins.pdf>

OECD. (2001). *Understanding the Digital Divide*. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <http://www.oecd.org/internet/ieconomy/1888451.pdf>

Pelgrum, W. J. (2001). Obstacles to the integration of ICT in education: results from a worldwide educational assessment. *Computers & education, Vol 37* (No2), 163-178. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση http://users.ntua.gr/vvesk/ictedu/article5_pelgrum.pdf

Ragu-Nathan, T., Tarafdar, M., Ragu-Nathan, B.S. & Tu, Q. (2008). The consequences of technostress for end users in organizations: conceptual development and empirical validation. *Information Systems Research, Vol 19* (No4), 417–433. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση https://www.researchgate.net/profile/Qiang_Tu2/publication/220079808_The_Consequences_of_Technostress_for_End_Users_in_Organizations_Conceptual_Development_and_Empirical_Validation/links/0a85e53469f0c6875c000000/The-Consequences-of-Technostress-for-End-Users-in-Organizations-Conceptual-Development-and-Empirical-Validation.pdf

Riley, R. W. (2002). Education reform through standards and partnerships, 1993–2000. *Phi Delta Kappan, Vol 83* (No9), 700-707.

Salanova, M., Llorens, S. & Cifre, E. (2013). The dark side of technologies: Technostress among users of information and communication technologies. *International Journal Of Psychology, Vol 48* (No3), 422–436. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση

https://www.academia.edu/2189415/The_dark_side_of_technologies_Technostress_among_users_of_information_and_communication_technologies

Snyder, T. D., & Hoffman, C. M. (2001). *Digest of Education Statistics, 2000*. U.S. Department of Education. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <https://nces.ed.gov/pubs2001/2001034.pdf>

Sutherland, R. & Armstrong, V. & Barnes, S. & Brawn, R. & Breeze, N. & Gall, M. & et al. (2004). Transforming teaching and learning: embedding ICT into everyday classroom practices. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20, pp. 413-425. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση

https://www.academia.edu/1618513/Transforming_teaching_and_learning_embedding_ICT_into_everyday_classroom_practices

Trimble, S. (2003). Between reform and improvement in the classroom. *Principal Leadership*, Vol4 (No1), 35-39.

UNESCO, (2002). *Information and Communication Technology in Education a Curriculum for Schools and Programme of Teacher Development*. Paris: Division of Higher Education Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129533e.pdf>

Wicklein, R. C. (2004). Critical issues and problems in technology education. *The Technology Teacher*, Vol 64 (No4), 6-9. Ανακτήθηκε στις 2 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1064&context=ncete_publications

Δημιουργικά πειράματα με τον κόσμο των σωματιδίων

Ράνια Λάμπου

Διεύθυνση Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας και Καινοτομίας, ΥΠΠΕΘ
rania.lampou@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι δεξιότητες του 21ου αιώνα συμπλέουν με καινοτόμες μεθόδους μάθησης που προετοιμάζουν τα άτομα για να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες του σύγχρονου κόσμου. Η εκπαίδευση STEM αντικατοπτρίζει τις δεξιότητες του 21ου αιώνα ενσωματώνοντας τις εξής παραμέτρους: δημιουργικότητα, κριτική σκέψη, συνεργασία και επικοινωνία. Τα projects της εκπαίδευσης STEM επικεντρώνονται στην επιστημονική διερεύνηση και στις έρευνες που διεξάγονται από τους ίδιους τους μαθητές μέσω ανοιχτών προβλημάτων και πρακτικών δραστηριοτήτων. Συνδυάζοντας την εκπαίδευση STEM με την διδασκαλία που αξιοποιεί την τέχνη και τις καλλιτεχνικές δραστηριότητες (STEAM), οι εκπαιδευτικοί προσπαθούν να αναζωογονήσουν το ρόλο της δημιουργικότητας και της καινοτομίας στην STEM. Η παρούσα εισήγηση θα παρουσιάσει τις πρακτικές διδασκαλίας του προγράμματος «Παίζοντας με τα πρωτόνια», ένα καινοτόμο εκπαιδευτικό πρόγραμμα που προωθεί το όραμα της εκπαίδευσης STEAM στους δασκάλους και μαθητές Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να γίνουν δημιουργικοί και να «σκέφτονται έξω από το κουτί».

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: CERN, STEAM, δημιουργικότητα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχει εμφανιστεί η τάση της συνδυαστικής διδασκαλίας της Φυσικής, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών, η οποία είναι γνωστή και ως STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). Με την εφαρμογή της STEM μέσω projects στην εκπαίδευση, οι μαθητές αποκτούν δεξιότητες κριτικής σκέψης, εμπλέκονται στη διαδικασία επίλυσης αυθεντικών προβλημάτων και μαθαίνουν να συνεργάζονται με ομαδική εργασία (Froschauer, 2016). Πολύ πρόσφατα, ενσωματώθηκε και η τέχνη στη διδασκαλία STEM, καθιστώντας αυτά τα projects ακόμα πιο δημιουργικά και ενδιαφέροντα. Ως εκ τούτου, το ακρωνύμιο STEM μετατρέπεται σε STEAM (Land, 2013).

STEAM είναι μια εκπαιδευτική και διεπιστημονική προσέγγιση που στοχεύει στην προώθηση του ερευνητικού πνεύματος, της λογικής σκέψης και των κοινωνικών δεξιοτήτων. Έμφαση δίνεται στην εμπειρική και διερευνητική μάθηση, στην αυτονομία και στην ενεργό συμμετοχή των μαθητών, μέσω δοκιμών και σφαλμάτων, σε μια σειρά διαδραστικών projects που ενσωματώνουν τα πέντε πεδία του STEAM (Maslyk, 2016). Η απόκτηση βασικών δεξιοτήτων μέσω projects STEAM προετοιμάζει τους νέους για το μέλλον, καθώς η μάθηση STEAM εντάσσεται στο πλαίσιο της καθημερινής ζωής των νέων πέρα από την τάξη (Daugherty, 2013).

Στην παρούσα εισήγηση παρουσιάζεται το «Παίζοντας με τα πρωτόνια», ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα για τη φυσική που ενθαρρύνει την υλοποίηση projects STEAM και διοργανώνεται από το πείραμα CMS, ένα από τα πειράματα του Μεγάλου Επιταχυντή Αδρονίων (LHC) του CERN. Πρόκειται για ένα πρωτοποριακό πρόγραμμα του CERN που διδάσκει βασικές έννοιες της φυσικής και κυρίως της σωματιδιακής φυσικής σε μαθητές δημοτικών σχολείων. Η βασική ιδέα του προγράμματος είναι ότι οι έννοιες της σύγχρονης φυσικής και της επιστήμης γενικότερα, μπορούν να διδαχθούν μέσω διαδικασιών και μεθόδων που βασίζονται στο παιχνίδι. Στόχος του προγράμματος είναι να εξοικειώσει τους καθηγητές με τη σύγχρονη φυσική ώστε να μεταφέρουν με επιτυχία την εμπειρία και τις γνώσεις τους τόσο στους μαθητές τους όσο και στους συναδέλφους τους.

1. Πρόγραμμα «Παίζοντας με τα πρωτόνια»

Το πρόγραμμα «Παίζοντας με τα πρωτόνια» είναι το πνευματικό τέκνο της Τίνας Νάντσου, η οποία είναι καθηγήτρια φυσικής στη Σχολή Χιλλ της Αθήνας. Το 2013, η Τίνα Νάντσου επισκέφθηκε το CERN με την ιδιότητα της συμμετέχουσας στο Πρόγραμμα Ελλήνων Δασκάλων και μόλις επέστρεψε στην Αθήνα άρχισε μια συνεχιζόμενη προσπάθεια από κοινού με ειδικούς στο CERN για τη δημιουργία ενός προγράμματος για τους μαθητές της, οι ηλικίες των οποίων κυμαίνονταν από 10 μέχρι 12 ετών. Το έργο επικεντρώθηκε σε πειράματα που διενήργησαν οι ίδιοι οι μαθητές με υλικά και αντικείμενα καθημερινής χρήσης, με αποτέλεσμα οι μαθητές να εξοικειωθούν με περίπλοκες επιστημονικές έννοιες καθώς και με τις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα της έρευνας στο πεδίο της σωματιδιακής φυσικής.

Το πρόγραμμα «Παίζοντας με τα πρωτόνια» περιλαμβάνει μαθήματα συνεχιζόμενης επαγγελματικής ανάπτυξης για τους δασκάλους της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, την ανάπτυξη μαθησιακών πόρων και κοινοτήτων ενδιαφέροντος και την συνεχή υποστήριξη σχολείων, ιδίως εκείνων που βρίσκονται σε απομακρυσμένες τοποθεσίες καθώς και τα σχολεία που έχουν μαθητές τα οποία είναι μέλη σχετικά υποβαθμισμένων κοινοτήτων.

Το πρόγραμμα έχει εφαρμοστεί μέχρι τώρα στην Ελλάδα και το Ηνωμένο Βασίλειο, με την υποστήριξη του project CREATIONS EU. Στο συγκεκριμένο project συμμετέχουν 16 εταίροι από 11 ευρωπαϊκές χώρες οι οποίοι αναπτύσσουν δημιουργικές προσεγγίσεις βασισμένες στην τέχνη για τη δημιουργία μιας πιο ενδιαφέρουσας τάξης για το μάθημα της φυσικής, προκειμένου να βελτιώσουν τις δεξιότητες των νέων στην εκπαίδευση STEM, να αυξήσουν το ενδιαφέρον των μαθητών και να ενθαρρύνουν τους καθηγητές φυσικής να καινοτομήσουν. Συνδυάζοντας την επιστήμη και την τέχνη, οι εταίροι σχεδιάζουν μια ποικιλία πολιτιστικών εκδηλώσεων στις οποίες οι νέοι μπορούν να έχουν έναν ενεργό ρόλο στην επιστήμη και την έρευνα. Τα "Art @ CMS", "Learning through theatre" και "Global Science Opera" είναι τρία ενδεικτικά προγράμματα που έχουν υλοποιηθεί στα πλαίσια του CREATIONS project (CREATIONS–Developing an Engaging Science Classroom).

Το πρόγραμμα «Παίζοντας με τα πρωτόνια» επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, στους ειδικούς στην επιστημονική εκπαίδευση και στους ερευνητές που εργάζονται στο CERN να συνεργαστούν για να δημιουργήσουν νέες και πρωτότυπες προσεγγίσεις που θα αυξήσουν το επίπεδο εμπλοκής κι ενδιαφέροντος στις φυσικές επιστήμες, τον πειραματισμό και την καινοτομία στους μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Συγκεκριμένα, οι καθηγητές του Δημοτικού Σχολείου επισκέπτονται τις πειραματικές εγκαταστάσεις του CERN για να παρακολουθήσουν και να βιώσουν από κοντά τις τελευταίες επιστημονικές ανακαλύψεις, την τεχνολογία αιχμής και την καινοτομία στο μεγαλύτερο εργαστήριο σωματιδιακής φυσικής στον πλανήτη. Εμπνέονται και γίνονται πολύ πρόθυμοι να μοιραστούν τη γνώση που έχουν μόλις ανακαλύψει με τους συνομηλίκους, τους μαθητές, τους γονείς και την ευρύτερη κοινότητα. Πειραματίζονται με νέες διδακτικές δραστηριότητες οι οποίες επικεντρώνονται σε πρακτικές εφαρμογές χρησιμοποιώντας απλά υλικά για να αυξήσουν το επίπεδο εμπλοκής των μαθητών. Επιπλέον, χρησιμοποιούν καινοτόμες μεθόδους για την ανάπτυξη νέων εκπαιδευτικών σεναρίων και σχεδίων μαθήματος που θα καταστήσουν τη διαδικασία διδασκαλίας και εκμάθησης της φυσικής πιο ελκυστική και αποτελεσματική.

Κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2016-17, είχα την ευκαιρία να συμμετάσχω στο πρόγραμμα αυτό ως καθηγήτρια γαλλικής γλώσσας και ευέλικτης ζώνης στο 2ο και 6ο, καθώς και στο 4ο Δημοτικά Σχολεία Αρτέμιδος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η κύρια πρόκληση του προγράμματος είναι η καλλιέργεια της επιστημονικής σκέψης, των κινήτρων και της δημιουργικότητας σε μαθητές δημοτικού, μαθητές σχεδόν από όλες τις τάξεις του Δημοτικού σχολείου συμμετείχαν σε διάφορες δημιουργικές δραστηριότητες σε όλη τη διάρκεια του προγράμματος. Συγκεκριμένα, οι μαθητές πραγματοποίησαν καλλιτεχνικές δραστηριότητες, κατασκευές και εξερευνήσεις αντικειμένων. Έκαναν προσομοίωση πειραμάτων φυσικής, δημιούργησαν κολάζ και ψηφιακές παρουσιάσεις για φυσικούς επιστήμονες. Επιπλέον, απεικόνισαν τον ανιχνευτή CMS με πολλούς και διάφορους τρόπους, χρησιμοποιώντας μια ποικιλία υλικών και τεχνικών, συμπεριλαμβανομένου του ξύλου, των κολάζ, των Lego, της τρισδιάστατης εκτύπωσης και τη διοργάνωσης μιας έκθεσης τέχνης με θέμα τον ανιχνευτή CMS κλπ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα πρότζεκτ των σχολείων αυτών, υπο την δική μου καθοδήγηση, κέρδισαν το Πρώτο Παγκόσμιο Βραβείο (στην κατηγορία των δημοτικών σχολείων) ανάμεσα σε 77 συμμετοχές από 15 χώρες σε όλο τον κόσμο στον Διεθνή Διαγωνισμό Particles4U που διοργανώθηκε

από τον οργανισμό International Particle Physics Outreach Group (IPPOG) καθώς και ένα Βραβείο Εκπαιδευτικής Καινοτομίας στον Πανευρωπαϊκό Διαγωνισμό "Ultimaker Education Challenge 2016" που πραγματοποιήθηκε στην έκθεση Bett Show στο Λονδίνο. Επιπλέον, οι εν λόγω δράσεις κέρδισαν Gold βραβείο στην κατηγορία «Θετικές Επιστήμες» (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά) και Silver βραβείο στην κατηγορία «Καινοτομία στη Διδασκαλία» στον Πανελλαδικό Διαγωνισμό Education Leaders Awards 2018.

1.1. Μαθησιακοί στόχοι

Η προέλευση των μαθησιακών στόχων του προγράμματος «Παίζοντας με τα πρωτόνια» μπορεί να ανιχνευτεί στα έξι επιχειρήματα των Eshach & Fried (2005), οι οποίοι ισχυρίζονται ότι ακόμη και πολύ μικρά τα παιδιά πρέπει να εκτίθενται στον κόσμο της επιστήμης. Τα επιχειρήματα αυτά είναι τα ακόλουθα:

1. Τα παιδιά συνήθως βρίσκουν ευχάριστο το να παρατηρούν τη φύση και να σκέφτονται γι' αυτή.
 2. Η έκθεση νεαρών μαθητών στην επιστήμη έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη και την υιοθέτηση μιας θετικής στάσης απέναντι σε αυτή.
 3. Η έγκαιρη έκθεση σε επιστημονικά φαινόμενα έχει σαν αποτέλεσμα τη καλύτερη κατανόηση των επιστημονικών όρων που θα μελετηθούν με πιο τυπικό και διεξοδικό τρόπο σε άλλα στάδια της εκπαίδευσης.
 4. Η χρήση επιστημονικής γλώσσας σε νεαρή ηλικία επηρεάζει την τελική ανάπτυξη των επιστημονικών εννοιών με πολύ θετικό τρόπο.
 5. Τα παιδιά μπορούν να κατανοήσουν τις επιστημονικές έννοιες και είναι ικανά να σκέφτονται επιστημονικά.
 6. Η φυσική είναι ένα αποτελεσματικό μέσο για την ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης.
- Αυτή η ιδέα ότι οι έννοιες της σύγχρονης φυσικής και της επιστήμης γενικότερα πρέπει να διδάσκονται σε νεαρή ηλικία αντιπροσωπεύει την προστιθέμενη αξία του προγράμματος.

1.2. Ειδικοί στόχοι ανά πεδίο

Ο πρωταρχικός τομέας μελέτης είναι το επιστημονικό πεδίο της φυσικής των σωματιδίων καθώς και τα πεδία της αστροφυσικής και της κοσμολογίας. Επιπλέον, οι μαθητές εξοικειώνονται με τις θεμελιώδεις έννοιες από τα πεδία της μηχανικής, της τεχνολογίας και της ιστορίας της επιστήμης. Πιο συγκεκριμένα, μόλις ολοκληρωθεί το πρόγραμμα, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να κατανοούν ότι:

- Όλη η ύλη αποτελείται από τα ίδια στοιχειώδη σωματίδια που με τη σειρά τους σχηματίζουν μεγαλύτερα σωματίδια, όπως τα πρωτόνια, τα νετρόνια και τελικά τα άτομα.
- Υπάρχουν τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις ή αλληλεπιδράσεις (η βαρυτική, η ηλεκτρομαγνητική, η ισχυρή πυρηνική και η ασθενής πυρηνική) που επηρεάζουν την ύλη.
- Τα στοιχειώδη σωματίδια είναι αόρατα με γυμνό μάτι και δεν μπορούν να παρατηρηθούν μέσω συνηθισμένων μικροσκοπίων, ωστόσο, κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα, οι φυσικοί των σωματιδίων κατάφεραν να εφεύρουν ολοένα και πιο προηγμένες μεθόδους για την ανίχνευσή τους.
- Το LHC είναι ουσιαστικά το πιο ισχυρό μικροσκόπιο στον πλανήτη. Αναπτύχθηκε και κατασκευάστηκε στο CERN και επιτρέπει στους επιστήμονες να εκτελούν πειράματα που περιλαμβάνουν σωματιδιακές συγκρούσεις με στόχο την απόκτηση μιας βαθύτερης κατανόησης της εσωτερικής δομής της ύλης και την ανακάλυψη νέων σωματιδίων.
- Η σκοτεινή ύλη και η σκοτεινή ενέργεια με τις οποίες είναι γεμάτο το σύμπαν είναι επί του παρόντος ουσιαστικά άγνωστοι παράγοντες για τους επιστήμονες.
- Η μελέτη των σωματιδίων έχει μακρά ιστορία που χαρακτηρίζεται από τη δημιουργικότητα και την επιστημονική καινοτομία, τις συνεργασίες σε διεθνές επίπεδο και τις τεχνολογικές εξελίξεις.
- Η μελέτη των σωματιδίων έχει επηρεάσει ευεργετικά πολλές πτυχές της καθημερινής μας ζωής, καθώς πολλές από τις επιστημονικές ανακαλύψεις και τεχνολογικές εξελίξεις

που προέκυψαν από αυτή έχουν βρει πρακτική εφαρμογή σε τομείς όπως η ιατρική, οι επικοινωνίες και οι μεταφορές.

1.3. Γενικοί στόχοι δεξιοτήτων

- Συνεργασία
- Επίλυση προβλημάτων
- Δημιουργικότητα
- Διαχείριση λαθών
- Επικοινωνία και παρουσίαση

1.4. Θεματικές ενότητες - Επιστημονικό μοντέλο

Το πρόγραμμα προτείνει μια σειρά από πέντε θεματικές ενότητες: κοσμολογία, στοιχειώδη σωματίδια, εισαγωγή στο CERN: παρελθόν, παρόν και μέλλον, επιταχυντές και ανιχνευτές στο CERN και οι τεχνολογικές τους εφαρμογές, ζώνη δημιουργικότητας. Επιπλέον, το επιστημονικό μοντέλο που περιγράφεται στο πρόγραμμα είναι το ακόλουθο:

«Φάση 1. Ερώτηση: οι μαθητές διερευνούν μια επιστημονικά προσανατολισμένη ερώτηση.

Φάση 2. Στοιχεία: οι μαθητές δίνουν προτεραιότητα στα αποδεικτικά στοιχεία.

Φάση 3. Ανάλυση: οι μαθητές αναλύουν τα στοιχεία.

Φάση 4. Εξήγηση: οι μαθητές διατυπώνουν μια εξήγηση που βασίζεται στα αποδεικτικά στοιχεία.

Φάση 5. Σύνδεση: Οι μαθητές συνδέουν τις εξηγήσεις με την επιστημονική γνώση.

Φάση 6. Επικοινωνία: Οι μαθητές επικοινωνούν και δικαιολογούν την εξήγηση» (Alexopoulos, Nantsou, 2017).

2. Εφαρμογή του προγράμματος «Παίζοντας με πρωτόνια» σε τρία δημοτικά σχολεία της Αρτέμιδος

Στο πλαίσιο που περιγράφηκε παραπάνω εφαρμόστηκε το πρόγραμμα «Παίζοντας με τα πρωτόνια» σε τρία Δημοτικά σχολεία της Αρτέμιδος–2ο και 6ο καθώς και στο 4ο Δημοτικά Σχολεία Αρτέμιδος-. Ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός του προγράμματος βασίστηκε σε ένα μικτό μοντέλο που ενσωματώνει στοιχεία από διάφορες θεωρίες μάθησης και μεθοδολογικές προσεγγίσεις. Συγκεκριμένα υλοποιήθηκαν οι αρχές του μοντέλου της διερευνητικής μάθησης, του εποικοδομητισμού και της συνεργατικής μάθησης μαζί με τέσσερις βασικές προσεγγίσεις-Μάθηση βασισμένη στα Project, Μάθηση που βασίζεται στα προβλήματα, Μάθηση που βασίζεται στην Διερεύνηση και Μάθηση με βάση την Πρόκληση - καθώς και το Μοντέλο Διδασκαλίας 5E: Εμπλοκή, Εξερεύνηση, Εξήγηση, Επεξεργασία και Αξιολόγηση.

Ταυτόχρονα, εφαρμόζονται επίσης οι αρχές της νευροεκπαίδευσης, της διαφοροποιημένης διδασκαλίας καθώς και της θεωρίας της πολλαπλής νοημοσύνης του Howard Gardner. Οι πρακτικές διδασκαλίας που προτείνονται στο πρόγραμμα - δεδομένου ότι κάθε εγκέφαλος είναι διαφορετικός, μοναδικός και μαθαίνει με διαφορετικό τρόπο - σέβονται τα διαφορετικά προφίλ και μαθησιακά στυλ των μαθητών (π.χ. οπτικό, ακουστικό, κιναισθητικό κλπ.) (Dworzacz, 2004), εμπλέκουν και αξιοποιούν τις εννέα νοημοσύνες της θεωρίας του Γκάρντνερ: γλωσσική / λεκτική, λογική / μαθηματική, οπτική / χωρική, φυσική / κιναισθητική, μουσική / ρυθμική, διαπροσωπική, ενδοπροσωπική, φυσιολογική, υπαρξιακή / φιλοσοφική νοημοσύνη (Gardner, 1999) και λαμβάνουν υπόψη τις μαθησιακές ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών.

Με αυτό τον τρόπο ενεργοποιούνται και τα δύο ημισφαίρια του εγκεφάλου, αφού το αριστερό ημισφαίριο χαρακτηρίζεται ως το λογικό και το δεξί ως το δημιουργικό. Οι γλωσσικές και λογικές-μαθηματικές δεξιότητες συνδυάζονται με τη φαντασία, τη διαίσθηση, τη πρωτότυπη σκέψη και τις καλλιτεχνικές δεξιότητες (Sousa, Pilecki, 2013). Οι πρακτικές διδασκαλίας του προγράμματος ενθαρρύνουν την κατανόηση και χρήση της επιστημονικής γλώσσας, τη μαθηματική κατανόηση, τη χρήση οπτικών συμβόλων, τη χρήση των αισθήσεων, την καλλιτεχνική και χειρωνακτική εργασία, τις αισθήσεις και την κίνηση του σώματος, την κατανόηση της θέσης του κάθε ατόμου και τη συνεργασία του με άλλα άτομα, την αυτογνωσία και την αυτορρύθμιση, την αλληλεπίδραση με το φυσικό περιβάλλον, τη χρήση μουσικών σχημάτων, τη φιλοσοφική και ηθική διάσταση της ύπαρξης.

Επιπρόσθετα, είναι ιδιαίτερα σημαντικό το γεγονός ότι το εν λόγω πρόγραμμα αναδεικνύει την ανάγκη για δημιουργική χρήση ψηφιακών εργαλείων προκειμένου να ενεργοποιηθούν όλοι οι τύποι

ευφυΐας. Οι νέες τεχνολογίες συνέβαλαν σημαντικά στην υλοποίηση των projects. Χρησιμοποιήθηκαν μηχανήματα υψηλής τεχνολογίας, όπως οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές. Είναι αξιοσημείωτο ότι η πρόταση διδασκαλίας για την τρισδιάστατη εκτύπωση του CERN κέρδισε ένα Βραβείο Εκπαιδευτικής Καινοτομίας στον Πανευρωπαϊκό Διαγωνισμό "Ultimaker Education Challenge 2016". Επιπλέον, κατά τη διάρκεια των προγραμμάτων, οι μαθητές χρησιμοποίησαν πολλά ψηφιακά εργαλεία τα οποία μετέτρεψαν τη διδασκαλία σε μια ελκυστική και δυναμική διαδικασία. Στα έργα και τις δραστηριότητες που ανέλαβαν και ολοκλήρωσαν οι μαθητές περιλαμβάνονται η δημιουργία μιας τρισδιάστατης (3D) ιστοριογραμμής που απεικονίζει την ιστορία της σωματιδιακής φυσικής από το 1865 έως το 2015 (περίπου 130 γεγονότα), ο σχεδιασμός διαφόρων ψηφιακών κόμικς, η δημιουργία ενός πλήρους μαθήματος (26 εφαρμογές) σχετικά με τη σωματιδιακή φυσική για συσκευές Android και IOS μέσω Flashcards και παιχνίδια που δημιουργήθηκαν με την εφαρμογή Cram Web, ένα κουίζ σχετικά με την ιστορία του Σύμπαντος που δημιουργήθηκε με το εργαλείο Scratch, καθώς και πολλές άλλες διαδραστικές ασκήσεις και παιχνίδια στα οποία επιτεύχθηκαν υψηλά επίπεδα οπτικοποίησης.

Παράλληλα, στο μάθημα της γαλλικής γλώσσας, εφαρμόστηκε η μέθοδος CLIL ("Content and Language Integrated Learning" «Μάθηση με την ενσωμάτωση γλώσσας και περιεχομένου»), η οποία αναφέρεται στη διδασκαλία ενός επιστημονικού, μη γλωσσικού θέματος σε μια ξένη γλώσσα, έτσι ώστε η διδασκαλία της ξένης γλώσσας να γίνεται παράλληλα με την απόκτηση επιστημονικών γνώσεων από κάποιο μη γλωσσικό επιστημονικό πεδίο. Η διδασκαλία της γαλλικής γλώσσας, σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, προσαρμόστηκε στους μαθησιακούς στόχους και έγινε το εργαλείο για τη μάθηση των φυσικών επιστημών. Οι μαθητές εξοικειώθηκαν με γαλλικούς επιστημονικούς όρους, άρχισαν να κατανοούν τις βασικές έννοιες των μαθημάτων που μελετήθηκαν και αφομοίωσαν εξειδικευμένο λεξιλόγιο και επιστημονική ορολογία (Darn, 2006).

Η διαθεματικότητα και η διεπιστημονικότητα διαχέονται σε όλες σχεδόν τις προτεινόμενες δραστηριότητες. Οι θεματικές ενότητες του προγράμματος προσεγγίζονται ολιστικά με τη συμμετοχή ποικίλων επιστημονικών κλάδων και γνωστικών πεδίων όπως οι φυσικές επιστήμες (αστρονομία, φυσική, χημεία), τα μαθηματικά, η μυθολογία, η ιστορία, η φιλοσοφία, η λογοτεχνία, οι ξένες γλώσσες (αγγλικά, γαλλικά) και κυρίως μέσω των καλλιτεχνικών και της τέχνης (θέατρο, μουσική, ζωγραφική). Η διαθεματική διδασκαλία στοχεύει στην ενοποίηση της γνώσης και έτσι προωθεί τη σύνδεση με τη καθημερινή εμπειρία, τις ανώτερες γνωστικές λειτουργίες όπως την ανάλυση και τη σύνθεση, τις μεταγνωστικές δεξιότητες, τα αυξημένα κίνητρα, την εις βάθος κατανόηση και τη διαφοροποιημένη διδασκαλία. Ο ρόλος του δασκάλου είναι πολύπλευρος: είναι διαμεσολαβητής, πρότυπο και οδηγός (Rowley, Cooper, 2009).

3. Παρουσίαση των δράσεων

Καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος, πολλές και διάφορες σχολικές δραστηριότητες πραγματοποιήθηκαν από τους μαθητές του 2ου και 6ου καθώς και του 4ου Δημοτικών Σχολείων Αρτέμιδος. Οι δραστηριότητες αυτές αντλούν έμπνευση από τη θεωρία των πολλαπλών ευφυϊών και την αναθεωρημένη ταξινόμηση του Bloom και βασίζονται στους τρεις βασικούς θεματικούς άξονες του προγράμματος—την ιστορία του σύμπαντος, τη δομή της ύλης και τις ερευνητικές εγκαταστάσεις του CERN—. Ταυτόχρονα, δημιουργήθηκε σύγχρονο και πρωτότυπο εκπαιδευτικό υλικό, με τη μορφή εκπαιδευτικών πόρων, το οποίο διαφέρει πολύ από το παραδοσιακό εκπαιδευτικό υλικό. Αυτές οι δραστηριότητες μαζί με το υλικό παρουσιάστηκαν στο τέλος του ακαδημαϊκού έτους κατά τη διάρκεια της τελετής λήξης του προγράμματος. Ενδεικτικά, οι εφαρμοζόμενες δραστηριότητες παρουσιάζονται στον ακόλουθο σύνδεσμο:

https://drive.google.com/file/d/1ctbTNEwWQa_LJhMKMLsNCHhbd_QcxsY/view?usp=sharing

4. Αξιολόγηση του προγράμματος

Όσον αφορά την αξιολόγηση του προγράμματος «Παίζοντας με τα πρωτόνια», παρατηρήθηκαν πολύ θετικά αποτελέσματα εφαρμογών και οι περισσότεροι από τους στόχους του επιτεύχθηκαν. Τα ποσοτικά και ποιοτικά στοιχεία των εργαλείων, συμπεριλαμβανομένων των ερωτηματολογίων και των συνεντεύξεων των μαθητών, επαληθεύουν τη θετική αποδοχή του προγράμματος τόσο από τους μαθητές και από τους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν σε αυτό όσο και από τους γονείς. Η συμβολή του προγράμματος στη σύνδεση της σχολικής γνώσης με τις ανάγκες, την ηλικία, με το επίπεδο και τα

ενδιαφέροντα των μαθητών, καθώς και με πραγματικές κοινωνικές καταστάσεις θεωρήθηκε ιδιαίτερα πολύτιμη. Επιπλέον, σε αυτό το πλαίσιο, προωθήθηκε η δημιουργία καλύτερων σχέσεων με όλους τους μαθητές καθώς και με εκείνους που έχουν ιδιαίτερες μαθησιακές, πολιτιστικές και γλωσσικές ανάγκες.

Οι δάσκαλοι και οι μαθητές ανέπτυξαν πρωτοβουλίες, καλλιέργησαν τη κριτική και δημιουργική σκέψη μέσω μεθοδολογιών που σχετίζονται με μια ολιστική και διεπιστημονική προσέγγιση στη γνώση και την υλοποίηση δραστηριοτήτων και projects σε ατομικό και ομαδικό επίπεδο, πράγμα που αύξησε το ενδιαφέρον αλλά και τις φιλοδοξίες των μαθητών για τα επιστημονικά επαγγέλματα. Το εκπαιδευτικό κλίμα των σχολείων που υλοποίησαν το πρόγραμμα επηρεάστηκε θετικά και αυτό συνέβαλε στην προώθηση της δημιουργικής συνεργασίας μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων στην εκπαιδευτική διαδικασία. Οι μαθητές ήταν ανοιχτοί και ανταποκρίνονταν σε νέες οπτικές γωνίες, επέδειξαν πρωτότυπη σκέψη και εφευρετικότητα στην εργασία, δεξιότητες ανώτερης σκέψης και επίλυσης προβλημάτων και επεξεργάστηκαν πρωτότυπες ιδέες για τη βελτίωση και τη μεγιστοποίηση των δημιουργικών προσπαθειών τους.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές του καινοτόμου προγράμματος «Παίζοντας με τα πρωτόνια», προσέφεραν στους μαθητές ποικίλες ευκαιρίες να αναπτύξουν και να εκφράσουν τις λανθάνουσες δυνατότητές τους και να διευρύνουν τις προοπτικές με τις οποίες αντιλαμβάνονται τον κόσμο και την επιστήμη. Οι διδακτικές πρακτικές που σχεδιάστηκαν συνέβαλαν κυρίως στους πειραματισμούς των μαθητών καθώς και στην ανακάλυψη των δυνατών και αδύναμων ευφυϊών, των κλίσεων και των ταλέντων τους.

Ταυτόχρονα, η χρήση των κατάλληλων ψηφιακών εργαλείων δημιούργησε τις προϋποθέσεις για αποδοτικότερη επίδοση των μαθητών κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας, καθώς η προσαρμοσμένη στα ατομικά προφίλ τους διδακτική εργασία οδήγησε στη δημιουργική παραγωγή έργων, στην απόκτηση δεξιοτήτων αυτορρυθμιζόμενης μάθησης, αυτονομίας, συνεργασίας και επικοινωνίας.

Εν κατακλείδι, η εφαρμογή του προγράμματος «Παίζοντας με τα πρωτόνια» στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι συμβάλλει στη μεταρρύθμιση της διδακτικής προσέγγισης διαφόρων γνωστικών αντικειμένων, στη δημιουργία ενός πολυδύναμου βιωματικού μαθησιακού περιβάλλοντος, στο σχεδιασμό πλούσιων, πολυμορφικών και πολυτροπικών μαθημάτων και δραστηριοτήτων και στην επιλογή ευέλικτων τεχνικών και στρατηγικών. Μέσω της φιλοσοφίας πάνω στην οποία βασίζεται αυτό το καινοτόμο πρόγραμμα, οι μαθητές γίνονται πιο ανοιχτοί στην επιστήμη και την κοινωνία και αναβαθμίζεται ο ρόλος του εκπαιδευτικού, ο οποίος είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για την επιτυχία οποιασδήποτε βελτίωσης στο εκπαιδευτικό σύστημα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Dworczac F. (2004). *Neurosciences de l'éducation, Cerveau et apprentissage*, Paris: Harmattan
- Froschauer. L. (2016). *Bringing STEM to the elementary classroom*, Arlington. VA: NSTA Press
- Gardner H. (1999). *Intelligence reframed, Multiple Intelligences for the 21st century*, New York: Basic Books
- Maslyk, J. (2016). *STEAM makers: fostering creativity and innovation in the elementary classroom*, Thousand Oaks, CA: Corwin
- Rowley C, Cooper H. (2009). *Cross-curricular Approaches to Teaching and Learning*, SAGE Publications
- Sousa D, Pilecki T. (2013). *From STEM to STEAM: using brain-compatible strategies to integrate the arts*, Thousand Oaks, CA: Corwin

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Alexopoulos, A. Nantsou, T. (2017). Playing with Protons CREATIONS-Demonstrator; Ανακτήθηκε

στις 15/3/2018 από τη διεύθυνση <http://cds.cern.ch/record/2258255/files/>
Darn S. (2006). CLIL: A lesson framework, Izmir University of Economics, Turkey, Ανακτήθηκε στις 16/3/2018 από τη διεύθυνση <https://www.teachingenglish.org.uk/article/clil-a-lesson-framework>
Daugherty M. (2013). The Prospect of an "A" in STEM Education, University of Arkansas; Ανακτήθηκε στις 16/3/2018 από τη διεύθυνση <http://www.uastem.com/wp-content/uploads/2012/08/The-Prospect-of-an-A-in-STEM-Education.pdf>
CREATIONS–Developing an Engaging Science Classroom; Ανακτήθηκε στις 20/3/2018 από τη διεύθυνση <http://creations-project.eu/>
"Education Leaders Awards 2018"; Ανακτήθηκε στις 19/6/2018 από τη διεύθυνση <http://www.educationleadersawards>
Land M.H. (2013). Full STEAM Ahead: The Benefits of Integrating the Arts Into STEM; Ανακτήθηκε στις 21/6/2018 από τη διεύθυνση <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050913011174>
Particles4U; Ανακτήθηκε στις 20/6/2018 από τη διεύθυνση <http://ippog.org/particles4u>
Ultimaker Education Challenge 2016; Ανακτήθηκε στις 21/6/2018 από τη διεύθυνση <https://ultimaker.com/en/blog/37106-ultimaker-education-challenge-winners-announced>
Playing with protons; Ανακτήθηκε στις 22/6/2018 από τη διεύθυνση <http://playprotons.web.cern.ch/>

Ενσωμάτωση Τεχνικών Αφήγησης στην Προετοιμασία μαθητών Δημοτικού για τον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Ρομποτικής W.R.O.

Μπακάλογλου Μιχάλης¹, Κουμαρά Άννα²

¹Εκπαιδευτής Ρομποτικής, Κολλέγιο Ανατόλια
mimpaka@gmail.com

²Υπ. Διδάκτορας Διδακτικής Φ.Ε., Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
anniekmr@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην προετοιμασία τριών τετραμελών τμημάτων του Δημοτικού Σχολείου του Κολλεγίου Ανατόλια στη Θεσσαλονίκη για τον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Ρομποτικής WRO Hellas με θέμα τον εποικισμό του Άρη, εντάχθηκε μια εκπαιδευτική εφαρμογή μαθήματος Δημιουργικής Γραφής. Οι μαθητές κλήθηκαν να γράψουν ένα σύντομο κείμενο, μέσα από την οπτική γωνία ενός μέλους της αποστολής των πρώτων εποίκων, μετά από συζήτηση που είχε προηγηθεί για τα χαρακτηριστικά του πλανήτη και τις ανάγκες των αστροναυτών. Στόχος ήταν οι μαθητές να κατανοήσουν την αποστολή που είχαν να φέρουν εις πέρας, να ενεργοποιηθούν και να κινητοποιηθούν, συμμετέχοντας ενεργά στις αποφάσεις για την κατασκευή της βάσης και τους αυτοματισμούς που θα δημιουργούσαν με χρήση του LEGO WeDo και του Scratch και θα παρουσίαζαν στους κριτές. Έτσι, ένα κλασικό μάθημα STEM μετατράπηκε σε STEAM, χρησιμοποιώντας δραστηριότητες προσανατολισμένης διερεύνησης, ενθαρρύνοντας τη δημιουργικότητα και τη φαντασία των μαθητών, δίνοντας της δυνατότητα στον εκπαιδευτή να καθοδηγήσει τα παιδιά προς επιδιωκόμενα μονοπάτια, επικαλούμενος την ιστορία που είχε επινοηθεί.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εκπαιδευτική Ρομποτική, LEGO WeDo, Άρης, Δημιουργική Γραφή

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκπαίδευση STEM (ακρωνύμιο των αγγλικών όρων Science - Technology - Engineering - Mathematics) άρχισε να εφαρμόζεται από τις αρχές του 2000 στις ΗΠΑ και να εντάσσεται στο πρόγραμμα σπουδών όλων των τάξεων και βαθμίδων (Gonzalez & Kuenzi, 2012). Σημαντικό ρόλο στη δημιουργία δραστηριοτήτων για την ένταξή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία έπαιξαν το NSF (National Science Foundation) (<https://www.nsf.gov>) και το University of Massachusetts Amherst (<https://scholarworks.umass.edu/>), προσπάθεια η οποία συνεχίζεται με διαρκή προγράμματα εκπαίδευσης φοιτητών και επιμορφώσεις εκπαιδευτικών από πλήθος οργανισμών και πανεπιστημιακών ιδρυμάτων στις ΗΠΑ. Έκτοτε, το STEM έχει ενταχθεί στο πρόγραμμα σπουδών σε πολλά κράτη της Ευρώπης, της Ασίας και την Αυστραλία, σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης K-12 με διαφορετικούς στόχους, ανάλογα με την τάξη και το γενικότερο πλαίσιο των εκπαιδευτικών σκοπών και στόχων κάθε χώρας (<http://howtostem.co.uk/>). Η εκπαίδευση STEM αποτελεί μια διεπιστημονική προσέγγιση στην εκπαίδευση, όπου “οι ακαδημαϊκές έννοιες παρουσιάζονται σε συνδυασμό με πραγματικά προβλήματα σε πλαίσια που αναδεικνύουν συνδέσεις μεταξύ του σχολείου, της κοινότητας, της εργασίας, και την παγκόσμια επιχειρηματική δράση” (Tsupros, Kohler, & Hallinen, 2009).

Η τέχνη είναι συνυφασμένη με την επιστήμη και την τεχνολογία, με τρόπους που ίσως δύσκολα φαντάζεται κάποιος. Το Rhode Island School of Design (RISD) προχώρησε στην ενσωμάτωση της τέχνης - σε όλες τις μορφές της - στο γνωστό STEM, δημιουργώντας το STEAM (<http://stemtosteamm.org/>). Έκτοτε, έχουν οργανωθεί πολλά προγράμματα STEAM, δίνοντάς στους μαθητές τη δυνατότητα να βιώσουν την αλληλεπίδραση ανάμεσα σε ολόκληρα διαφορετικούς κλάδους, αποκτώντας ικανότητες και δεξιότητες σε πλήθος τομέων, χρήσιμες για τη μελλοντική ζωή τους ως πολίτες.

Ένα από αυτά τα προγράμματα είναι η Εκπαιδευτική Ρομποτική, η οποία τα τελευταία χρόνια έχει εισαχθεί και στα ελληνικά σχολεία, τόσο στην τυπική όσο και στην άτυπη εκπαίδευση,

συνδυάζοντας πλήθος από πλατφόρμες και γλώσσες προγραμματισμού, ειδικά προσαρμοσμένες στην ηλικία των μαθητών και τα επίπεδα γνώσεών τους. Κατά συνέπεια, πολλά Κέντρα Δημιουργικής Απασχόλησης Παιδιών (ΚΔΑΠ) σε όλη τη χώρα δημιουργούν τμήματα Εκπαιδευτικής Ρομποτικής, σε συνεργασία με πανεπιστήμια, εταιρίες ή ιδιώτες, ενώ πολλά δημόσια ή ιδιωτικά σχολεία οργανώνουν αντίστοιχα τμήματα σε ομίλους μετά το ωρολόγιο πρόγραμμα. Στο πρόγραμμα της τυπικής εκπαίδευσης, υπάρχουν αντίστοιχα προγράμματα στα πλαίσια της ευέλικτης ζώνης του Δημοτικού σχολείου ή στην Τεχνολογία του Γυμνασίου (ενδεικτικά: Πατρινόπουλος, 2017, Μπαμπασιδής κα, 2013, Καγκάνη κα, 2006, Κυριακού κα, 2012, Στριφτού κα, 2017).

Από έρευνες έχει προταθεί ότι η Ρομποτική είναι μία ελκυστική διαδικασία που προσφέρει επίσης σημαντικά οφέλη στην μαθησιακή διαδικασία (Δουκάκης & Χριστοπούλου, 2015). Η ενασχόληση με τη Ρομποτική επιτρέπει στα παιδιά να “μάθουν παίζοντας”, οικοδομώντας νέα γνώση στην ήδη υπάρχουσα, να ενισχύσουν την αυτοπεποίθησή τους μέσα από την επίλυση προβλημάτων και την κριτική σκέψη και προωθεί την ανάπτυξη δεξιοτήτων επικοινωνίας μέσα από την ομαδική εργασία και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, τα παιδιά χρησιμοποιούν τη φαντασία και τη δημιουργικότητά τους και λύνουν μέσα στις ομάδες τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν, μαθαίνουν δηλαδή πώς να μαθαίνουν. Όλα τα παραπάνω αποτελούν κομβικές ικανότητες, απαραίτητες για το σύγχρονο πολίτη, σύμφωνες με τις αρχές της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των σύγχρονων προγραμμάτων σπουδών (<https://ec.europa.eu/>). Εξάλλου, ο Dewey (1980) τόνιζε ότι προκειμένου να κινητοποιηθούν οι μαθητές, πρέπει το πρόβλημα της μάθησης να εστιάζεται σε ένα δικό τους πρόβλημα (δηλαδή ένα δικό τους ενδιαφέρον) και όχι σε ένα πρόβλημα του δασκάλου ή του βιβλίου. Το πνεύμα της Ρομποτικής θεωρείται ότι συνάδει με τα ενδιαφέροντα των παιδιών του 21ου αιώνα.

Το 1985 η LEGO® (<http://www.lego.com/>) συνεργάστηκε για πρώτη φορά με το Media Lab του MIT (<http://ilk.media.mit.edu>) με σκοπό την ανάπτυξη ολοκληρωμένων πακέτων για την εκμάθηση μηχανικής (engineering) και ρομποτικής μέσω παιχνιδιού (Learning through play). Η συνεργασία είχε ως αποτέλεσμα τα πακέτα LEGO Mindstorms και συνεχίζεται ως σήμερα με το νέο υπεύθυνο του Lifelong Kindergarten του Media Lab, Mitchel Resnick (<https://www.technologyreview.com/s/609588/mits-lego-legacy/>). Η λογική βάσει της οποίας σχεδιάστηκαν τα πακέτα LEGO Mindstorms καθορίζει αρκετές παραμέτρους για τη χρήση τους μέσα στην αίθουσα: οι μαθητές εργάζονται σε δυάδες και κάθε μάθημα δομείται στα λεγόμενα 4Cs: (<https://education.lego.com/en-us/about-us>).

- Connect (Συνδέω): σύνδεση του μαθητή με το θέμα, μέσα από τις εμπειρίες του, το περιεχόμενο πολυμέσων κλπ. Στόχος είναι να δημιουργηθούν απορίες.
- Construct (Κατασκευάζω): δίνονται οδηγίες κατασκευής που η δυάδα των μαθητών ακολουθεί και πειραματίζεται με πιθανές βελτιώσεις ή δικές της εκδοχές.
- Contemplate (Αναλογίζομαι): Οι μαθητές αναλογίζονται τι έμαθαν, μοιράζονται μεταξύ τους τις σκέψεις τους, τις συγκρίνουν με τις αρχικές τους ιδέες και προσπαθούν να πετύχουν μια δυσκολότερη πρόκληση πάνω στις κατασκευές τους.
- Continue (Συνεχίζω): κάθε μάθημα βασίζεται στο προηγούμενο, στηριζόμενο πάνω σε όσα έχουν ήδη μάθει οι μαθητές, οι οποίοι είναι ενεργοποιημένοι και περίεργοι.

Το LEGO WeDo 2.0 που χρησιμοποιήθηκε στο παρόν project είναι το εισαγωγικό ρομποτικό kit της εταιρείας με το οποίο οι μαθητές προχωρούν από τους πρώτους μηχανισμούς που λειτουργούσαν με το χέρι ή με ηλεκτροκινητήρα, ελεγχόμενο χειροκίνητα, σε ένα σύστημα που μπορεί να λειτουργήσει αυτοματοποιημένα. Ο αυτοματισμός αποτελείται από τρία κύρια τμήματα: Είσοδο, Επεξεργασία και Έξοδο. Η είσοδος την πληροφορία στον αυτοματισμό γίνεται από τους αισθητήρες που λαμβάνουν μετρήσεις απόστασης, κλίσης και έντασης ήχου από τον πραγματικό κόσμο και την μετατρέπουν σε δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν στο στάδιο της επεξεργασίας. Στην επεξεργασία λαμβάνονται οι μετρήσεις από το τουβλάκι HUB, στο οποίο συνδέονται οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές και εκτελεί το πρόγραμμα που έχει γραφτεί από τους μαθητές με οπτικό προγραμματισμό. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας φαίνονται στην έξοδο και εκτελούνται από τους ενεργοποιητές, όπως είναι ένα ηχητικό σήμα από τα ηχεία, μια πληροφορία στην οθόνη, η αλλαγή χρώματος του LED ή ο έλεγχος της ισχύος του κινητήρα που συνδέεται πάνω στο HUB. Το HUB συνδέεται ασύρματα μέσω Bluetooth με τον υπολογιστή και μπορεί να προγραμματιστεί από το πρόγραμμα της LEGO, το Scratch ή άλλα παρόμοια προγράμματα και χρησιμοποιούν οπτικό

προγραμματισμό. Ο Οπτικός προγραμματισμός είναι η χρήση εικόνων ως δομικών στοιχείων του προγράμματος, αντί γραμμάτων και συμβόλων που χρησιμοποιούν οι πιο βασικές γλώσσες προγραμματισμού, με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης στα παιδιά.

Οι δημιουργοί του Scratch έθεσαν ως βασικό στόχο τους να “διαπαιδαγωγήσουν μια νέα γενιά δημιουργικών, ορθά σκεπτόμενων ανθρώπων που θα χρησιμοποιούν με άνεση τον προγραμματισμό για να εκφράσουν τις ιδέες τους”, καθώς “η ψηφιακή ευφράδεια δεν απαιτεί μόνο την ικανότητα να συνομιλείς, να περιηγείσαι και να αλληλεπιδράς, αλλά και να έχεις την ικανότητα να σχεδιάσεις, να δημιουργήσεις και να εφεύρεις καινούριο υλικό”. Ειδικότερα, ο προγραμματισμός αναπτύσσει την υπολογιστική σκέψη, βοηθώντας την εκμάθηση χρήσιμων στρατηγικών για λύση προβλημάτων, σχεδιασμό λύσεων, αλλά και ενισχύοντας τη μεταγνωστική ικανότητα. Κατά αναλογία με τα “τουβλάκια LEGO”, η “γραμματική” του Scratch βασίζεται σε μια συλλογή γραφικών με “προγραμματιστικά τουβλάκια” (blocks) τα οποία τα παιδιά ενώνουν για να δημιουργήσουν προγράμματα, όπου το σχήμα των συνδέσεων των blocks κάνουν εμφανή τον τρόπο με τον οποίο αυτά συνδέονται. Τα παιδιά μπορούν να πειραματίζονται με τα blocks, να τα ενώνουν σε διαφορετικές αλληλουχίες και συνδυασμούς, συνδυάζοντας γραφικά, κινούμενα σχέδια, φωτογραφίες, μουσική και ήχο. Τα παιδιά μαθαίνουν καλύτερα όταν εργάζονται πάνω σε κάτι που έχει προσωπικό νόημα για τα ίδια: έτσι, κατά την ανάπτυξη του Scratch, δόθηκε προτεραιότητα σε σχεδιαστικά κριτήρια, την ποικιλομορφία και την εξατομίκευση, έτσι ώστε να υποστηρίζονται διαφορετικοί τύποι εργασιών (ιστορίες, παιχνίδια, κινούμενα σχέδια, εξομοιώσεις) και οι χρήστες, με ενδιαφέροντα από πολύ διαφορετικές κατηγορίες, να είναι ικανοί να συνεχίζουν την ανάπτυξη των έργων που τους ενδιαφέρουν, δίνοντας την προσωπική τους χροιά στο έργο που φτιάχνουν (Resnick et al, 2009).

Η Δημιουργική Γραφή (Creative Writing) εφαρμόζεται στην εκπαιδευτική διαδικασία στις ΗΠΑ και την Ευρώπη (Myers, 2006), ενώ σχετικά πρόσφατα εντάχθηκε και στην Ελλάδα, με προγράμματα τόσο στην άτυπη όσο και στην τυπική εκπαίδευση (Νικολαΐδου, 2016). Όσον αφορά στην εκπαίδευση, η Δημιουργική Γραφή αναφέρεται στην ικανότητα ελέγχου των δημιουργικών σκέψεων των μαθητών, οι οποίες μετατρέπονται σε γραφή. Επίσης, στον ορισμό της εμπεριέχεται το σύνολο των διάφορων εκπαιδευτικών πρακτικών και τεχνικών που στοχεύουν στην κατάκτηση συγγραφικών δεξιοτήτων, διεγείροντας παράλληλα τη δημιουργικότητα. Έτσι, οδηγούμαστε στην παραγωγή λόγου με τρόπο ελκυστικό για τους μαθητές, οι οποίοι εκφράζονται ελεύθερα και αποτυπώνουν (γραπτά ή προφορικά) ιδέες, συναισθήματα και εντυπώσεις με το δικό τους τρόπο (Κωτόπουλος, 2011). Εκτός αυτών, η Δημιουργική Γραφή εμπεριέχει μια πτυχή διασκέδασης, συνδέεται με δεξιότητες και λειτουργίες που συναντώνται στο παιχνίδι, όπως είναι η αίσθηση της περιπέτειας, της φαντασίας, του πειραματισμού και της περιέργειας (Καραγιάννης, 2010). Κατά συνέπεια, η σχέση της Δημιουργικής Γραφής με τη δημιουργικότητα και την ανάπτυξη της φαντασίας είναι άμεση και ως στόχος είναι απόλυτα θεμιτός στην εκπαίδευση. Επιπλέον, οι μαθητές στο τέλος διαβάζουν στο σύνολο της τάξης τα γραπτά τους, επικοινωνώντας με τους συμμαθητές τους. Με τον τρόπο αυτό ενισχύεται η επικοινωνία και η ικανότητα της παρουσίασης, ενώ αναπτύσσεται ο αμοιβαίος σεβασμός ανάμεσα στους συμμαθητές για τα γραπτά των άλλων, μέσα σε ένα κλίμα υγιούς συναγωνισμού: ικανότητες που επίσης εντάσσονται στις κομβικές ικανότητες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που περιγράφηκαν παραπάνω.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία στοχεύει στην ανάδειξη του συνδυασμού της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και της Δημιουργικής Γραφής με την περιγραφή του project που αναπτύχθηκε σε τρία τμήματα μαθητών στο Κολλέγιο Ανατόλια της Θεσσαλονίκης (Anatolia Elementary School) με αφορμή των Πανελλήνιο Διαγωνισμό WRO Hellas το Φεβρουάριο του 2018 για το Δημοτικό με θέμα τον εποικισμό του Άρη.

Κατά το σχεδιασμό της προετοιμασίας των μαθητών για το διαγωνισμό, οι συγγραφείς προσπάθησαν να βρουν τον τρόπο που οι μαθητές θα μπορούσαν να αφομοιώσουν τις ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά του πλανήτη Άρη, ώστε να σκεφτούν στη συνέχεια τους αυτοματισμούς που θα δημιουργούσαν. Έτσι, αποφασίστηκε να γίνουν οι μαθητές κοινωνοί της αποστολής, επισκεπτόμενοι για λίγες στιγμές τον Άρη.

Ο συνδυασμός δυο εκπαιδευτικών προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται κατά κόρον - και ανεξάρτητα μεταξύ τους - στις ΗΠΑ και την Ευρώπη είναι σύμφωνος με τα σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης και τις διακηρύξεις διεθνών οργανισμών: από τους 17 στόχους της Unesco για την Αειφορία είναι σύμφωνος με τον 4ο για την ποιοτική εκπαίδευση και τον 17ο για τη συνεργασία πολλών φορέων, ενώ από την ατζέντα 2030 συνδέεται με την αλληλεπίδραση Επιστήμης - Τεχνολογίας - Καινοτομίας, με την ταυτόχρονη ανάπτυξη της Διαπαιδαγώγησης στις πολιτισμικές αξίες και της Επικοινωνίας (<https://en.unesco.org/sdgs>). Επιπλέον, από τις 8 Βασικές Ικανότητες που η Ευρωπαϊκή Ένωση θεωρεί σημαντικές για τους πολίτες, επιτυγχάνονται άμεσα ο μαθηματικός, επιστημονικός και ψηφιακός γραμματισμός, η αίσθηση της πρωτοβουλίας και η πολιτιστική γνώση και έκφραση (<https://eur-lex.europa.eu/>).

Η εργασία που ανατέθηκε στους μαθητές να φέρουν εις πέρας εντάσσεται στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων της προσανατολισμένης διερεύνησης, όπου τα παιδιά έχουν μια ερώτηση, την οποία επεξεργάζονται, προκειμένου να σκεφτούν τις απαραίτητες απαντήσεις (Κουμαράς, 2017, σελ 169. Πρόκειται για το 3^ο επίπεδο διερεύνησης, όπου ο δάσκαλος δίνει στους μαθητές την ερώτηση και οι μαθητές σχεδιάζουν την πορεία που θα ακολουθήσουν. Στην αγγλόφωνη βιβλιογραφία αυτή η μορφή διερεύνησης ονομάζεται guided inquiry, Bell et al, 2005). Οι δραστηριότητες διερεύνησης αποτελούν έναν τρόπο προσέγγισης του πραγματικού τρόπου με τον οποίο εργάζονται οι επιστήμονες και καλούνται να πάρουν αποφάσεις, για να αντιμετωπίσουν κάθε φορά τα προβλήματα και τα απρόοπτα που προκύπτουν κατά τη διάρκεια της εργασίας τους. Με τον τρόπο αυτό, οι μαθητές προσεγγίζουν το επιστημονικό περιεχόμενο συνολικότερα από το τυπικό μάθημα απομνημόνευσης γνώσεων, ενώ εντρυφούν και στα χαρακτηριστικά της φύσης της επιστημονικής γνώσης (nature of science) (Flick & Lederman, 2006). Τέλος, παιδαγωγικά το project είναι σύμφωνο με τις αρχές του εποικοδομητισμού (constructivism), την επικρατέστερη παιδαγωγική θεωρία μάθησης στα περισσότερα εκπαιδευτικά συστήματα παγκόσμια, κατά την οποία η νέα γνώση οικοδομείται (constructed) από τον ίδιο τον μαθητή, όταν έχει νέες εμπειρίες και προσπαθεί να ενσωματώσει τις νέες πληροφορίες στο γνωστικό του δυναμικό: δηλαδή ο ενεργός ρόλος του μαθητή δρα ως δημιουργός της δικής του γνώσης (Κόμης, 2015). Στην προκειμένη περίπτωση η ερώτηση ήταν: “Τι αυτοματισμοί θα πρέπει να δημιουργηθούν ώστε να είναι χρήσιμοι για τους επιστήμονες που μένουν στον Άρη; Ποιες είναι οι συνθήκες που επικρατούν στον πλανήτη και ποιες οι ανάγκες των ανθρώπων που διαμένουν στη βάση, ώστε να κατορθώσουν να επιβιώσουν, να εξερευνήσουν και να επεκτείνουν τη βάση ώστε να υποδεχθεί καινούριους έποικους;”

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ PROJECT

Στα πλαίσια του Πανελλήνιου Διαγωνισμού Εκπαιδευτικής Ρομποτικής που διοργανώνεται από τον WRO Hellas (<http://wrohellas.gr/>), το Κολλέγιο Ανατόλια συμμετείχε στη βαθμίδα του Δημοτικού με τρεις τετραμελείς ομάδες. Οι δύο ομάδες αποτελούνταν από μαθητές της Δ' Δημοτικού και η μία από μαθητές της Ε' Δημοτικού. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, θέμα του διαγωνισμού ήταν ο εποικισμός του Άρη και οι ομάδες καλούνταν να κατασκευάσουν μια βάση στον Άρη όπως οι ίδιοι αισθάνονταν, να χρησιμοποιήσουν αυτοματισμούς με την πλατφόρμα LEGO WeDo 2.0 και να προγραμματίσουν με το Scratch 2.0. Η κατηγορία του διαγωνισμού ήταν η open και στόχος ήταν οι μαθητές να παρουσιάσουν τη δουλειά τους σε επιτροπές κριτών και να μπορούν να απαντούν σε ερωτήσεις τους. Κάθε βάση έπρεπε να περιέχει τουλάχιστον 2 αυτοματισμούς που να ενεργοποιούνται από εξωτερικά ερεθίσματα και ο ένας να φαίνεται στην οθόνη του scratch, με την κίνηση να είναι συγχρονισμένη μεταξύ πραγματικού και εικονικού κόσμου. Οι κριτές ενδιαφέρονταν για την πρωτοτυπία, την καλή λειτουργία και το σχεδιασμό των αυτοματισμών τόσο στο μηχανικό “υλισμικό - hardware” κομμάτι όσο και στο υπολογιστικό “λογισμικό - software”. Επίσης βαθμολογούνταν οι γνώσεις των μαθητών για τον τρόπο λειτουργίας των αυτοματισμών, ο μηχανικός και υπολογιστικός σχεδιασμός της εργασίας καθώς και η σύνδεσή τους με το θέμα.

Από τις ομάδες, λοιπόν, ζητούνταν να αναπτύξουν κάποια αντίληψη πάνω στη μηχανική, τον προγραμματισμό και τους αυτοματισμούς της βάσης τους, ώστε να βοηθήσουν τους αστροναύτες στις πραγματικές προκλήσεις που θα συναντούσαν στον Άρη. Δηλαδή, θα χρησιμοποιούσαν τις γνώσεις τους όχι για να λύσουν προβλήματα του σχολείου, αλλά πραγματικά επιστημονικά προβλήματα σε πραγματικές συνθήκες.

Ο διαθέσιμος χρόνος για την προετοιμασία των ομάδων ήταν μόλις 7 εβδομάδες. Τα παιδιά είχαν βασικές γνώσεις χειρισμού του scratch, εμπειρία από LEGO παιχνίδια αλλά πολύ μικρή από μηχανισμούς LEGO ή kit ρομποτικής. Επίσης, οι γνώσεις τους για το Διάστημα και την εξερεύνησή του περιοριζόταν σε σκόρπιες γνώσεις για το ηλιακό σύστημα και διάχυτες πληροφορίες από ταινίες. Η πρόκληση ήταν μεγάλη, καθώς οι μαθητές θα έπρεπε να εκτεθούν και να επεξεργαστούν μεγάλο όγκο πληροφοριών. Ως λύση επιλέχθηκε να παρουσιαστούν οι διάφορες πληροφορίες σταδιακά, χωρισμένες σε ενότητες, με διασκεδαστικές για τους μαθητές διαδικασίες. Η αρχή έγινε με τα υπολογιστικά προγράμματα, τα οποία ήταν το σημαντικότερο κομμάτι της εργασίας.

Ταυτόχρονα, σε όλη την πορεία των μαθημάτων γινόταν προσπάθεια οι μαθητές να εμβαθύνουν στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του Άρη και τις ιδιαιτερότητες που θα είχε ο εποικισμός του. Στην προσπάθεια αυτή, έγινε αρχικά μια πρώτη αναφορά στα χαρακτηριστικά του πλανήτη και ζητήθηκε από τους μαθητές να αναζητήσουν στο διαδίκτυο πληροφορίες γι' αυτόν (φωτογραφίες, βίντεο, ταινίες ή ντοκιμαντέρ) ως αφορμή για συζήτηση. Σε επόμενο μάθημα, αφού είχαν μεν αποκτήσει κάποιες γνώσεις στον προγραμματισμό, αλλά δεν είχαν σχεδιάσει ακόμα ούτε τη βάση ούτε τους αυτοματισμούς, οργανώθηκε ένα μάθημα Δημιουργικής Γραφής.

Συγκεκριμένα, παρουσιάστηκαν τα χαρακτηριστικά του πλανήτη και ζητήθηκε από τους μαθητές να προσδιορίσουν με καταγισμό ιδεών τα υλικά που θα χρειαζόνταν να πάρουν μαζί τους οι αστροναύτες από τη Γη. Επιπλέον συζητήθηκε πώς θα έπρεπε να οργανωθούν οι πρώτοι έποικοι προκειμένου να καταφέρουν να επιβιώσουν οι ίδιοι και να δημιουργήσουν σταθερές δομές για τους επόμενους. Στη συνέχεια, δόθηκαν ρόλοι και ζητήθηκε από τα παιδιά να γράψουν ένα μικρό κείμενο, σαν να διηγούνται την περιπέτειά τους στον Άρη. Ανάμεσα στους ρόλους ήταν ορισμένοι επιστήμονες που η σπουδαιότητα του έργου τους είχε συζητηθεί νωρίτερα, όπως πχ ο υπεύθυνος για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, ο γεωπόνος για την καλλιέργεια φυτών - τροφής, ο επικεφαλής της βάσης, ένα παιδί που έχει ακολουθήσει τους γονείς του που δουλεύουν στη βάση. Τονίστηκε στους μαθητές ότι η επικοινωνία με τη Γη είναι μεν δυνατή, όμως απαιτείται χρονικό διάστημα 20 λεπτών προκειμένου να φτάσει το μήνυμα από τον Άρη στη Γη και άλλο τόσο μέχρι να έρθει η απάντηση. Επομένως, αν ήθελαν να μιλήσουν με κάποιον φίλο τους στη Γη, αυτό θα ήταν δυνατό, αλλά με τη μορφή βιντεομηνύματος.

Οι περισσότεροι μαθητές ταυτίστηκαν με το ρόλο του παιδιού και αποφάσισαν είτε να γράψουν στο ημερολόγιό τους, είτε να στείλουν βιντεομηνύματα, κάτι πολύ σημαντικό για την αποτελεσματικότητα του εγχειρήματός μας, μιας και οι μαθητές αποφάσισαν να υποδυθούν τον εαυτό τους! Ενδεικτικά, παρατίθενται στο Παράρτημα κάποια γραπτά των παιδιών, στα οποία γίνεται εμφανής η αίσθηση που προκάλεσε στα παιδιά ο Άρης: δέος για την περιπέτεια, πάθος για εξερεύνηση, τρόμος για το άγνωστο και φόβος μήπως πάθουν κάτι οι γονείς τους. Στο τέλος της ώρας, όλοι οι μαθητές διάβασαν αυτά που είχαν γράψει και ακολούθησε συζήτηση στην τάξη.



Εικόνα 1: Κατά τη διάρκεια του μαθήματος

Με αυτή τη διδακτική παρέμβαση, θεωρείται ότι οι μαθητές κατάφεραν να καταλάβουν “από πρώτο χέρι” τι σημαίνει μια αποστολή εποικισμού στον Άρη και ποιες είναι οι ιδιαίτερες συνθήκες που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι επιστήμονες που θα μεταβούν εκεί. Θεωρείται ότι η επαφή τους με τον Άρη καθόρισε σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο σχεδιασμού της βάσης (μια ομάδα δημιούργησε υπόγεια βάση) και στα στοιχεία που συμπεριέλαβαν, καθώς και τις ανάγκες για τους αυτοματισμούς που αναπτύχθηκαν.

Στα επόμενα μαθήματα επικεντρώθηκαν στην τεχνική προετοιμασία για το διαγωνισμό, όμως ο εκπαιδευτής υπενθύμιζε συχνά στους μαθητές όσα οι ίδιοι είχαν γράψει και είχαν σκεφτεί κατά τη διάρκεια του μαθήματος της Δημιουργικής Γραφής.

Για την παρουσίαση, οι μαθητές έπρεπε να έχουν έτοιμη τη βάση τους πάνω σε μακέτα, εκτυπωμένο το κωδικόγραμμα του scratch και έναν φορητό υπολογιστή στον οποίο θα ενεργοποιούσαν τους αυτοματισμούς τους. Επιπλέον, είχαν αφίσες με πληροφορίες για τον Άρη αλλά και παρουσιάσεις pps με την πορεία της προετοιμασίας. Να τονιστεί ότι, παρόλο που το εικαστικό κομμάτι δεν βαθμολογούνταν, από την προκήρυξη του διαγωνισμού τονιζόταν η απαραίτητη πρωτοτυπία του όλου εγχειρήματος. Επιπλέον, οι μαθητές έπρεπε να παρουσιάσουν και να αιτιολογήσουν στους κριτές για ποιο λόγο επέλεξαν αυτούς τους αυτοματισμούς και να περιγράψουν τη βάση τους. Θεωρείται ότι η εμπειρία της Δημιουργικής Γραφής και της παρουσίασης του γραπτού κειμένου που ακολούθησε τους βοήθησε να προετοιμάσουν και αυτή την παρουσίαση και να είναι έτοιμοι να απαντήσουν σε τυχόν ερωτήσεις.

[Να σχολιαστεί ότι για την παρουσίαση του προγράμματος στο scratch χρησιμοποιείται το κωδικόγραμμα, το οποίο πρακτικά είναι ένα διάγραμμα ροής με τα κομμάτια του κώδικα να τοποθετούνται στα κελιά ενός πίνακα. Κάθε στήλη περιέχει τα blocks του κώδικα που ελέγχουν είτε ένα στοιχείο του Scratch (εικόνα, ήχο, κινούμενο σχέδιο κλπ), είτε έναν ενεργοποιητή των αυτοματισμών (κινητήρας, φωτάκι led, ηχείο, κλπ). Κάθε γραμμή περιέχει τα blocks του κώδικα που ενεργοποιούνται από το ίδιο συμβάν. Επομένως, με μια γρήγορη ματιά μπορούν να απαντηθούν οι ερωτήσεις του ποιος και πότε εκτελεί τι (Λαδιάς, 2016)].



Εικόνα 2: Προετοιμασία της βάσης

Οι μακέτες και οι αυτοματισμοί που ανέπτυξαν τα παιδιά ήταν τα εξής: η πρώτη ήταν η ομάδα υποδομής, όπου δημιούργησε μια υπόγεια βάση. Οι αυτοματισμοί περιλάμβαναν την είσοδο της βάσης και ένα ποτιστήρι για τα φυτά που καλλιεργούνταν μέσα στη βάση. Η δεύτερη ομάδα ήταν υπεύθυνη για τις πρώτες ύλες, οπότε η μακέτα της ήταν η εξωτερική επιφάνεια του πλανήτη, και κατασκεύασε ένα φωτοβολταϊκό πάνελ που ακολουθούσε τον ήλιο και ένας εκσκαφέας (miner) που συνέλεγε πετρώματα και πάγο. Τέλος, η τρίτη ομάδα ήταν υπεύθυνη για την εξερεύνηση του πλανήτη, οπότε ανέπτυξε δυο αυτοματισμούς για συστήματα ασφαλείας των οχημάτων τύπου rover.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μετά την παραπάνω προετοιμασία, οι τρεις ομάδες συμμετείχαν στον Περιφερειακό Διαγωνισμό Κεντρικής Μακεδονίας την Κυριακή 25 Φεβρουαρίου 2018 στη Θεσσαλονίκη. Οι δύο ομάδες (υποδομής και πρώτων υλών) προκρίθηκαν στον Τελικό της Αθήνας, ο οποίος έλαβε χώρα στο Κλειστό Γήπεδο Γαλατσίου μία εβδομάδα μετά. Δυστυχώς καμία από τις δυο ομάδες δεν προκρίθηκε από την αρχική φάση στις επόμενες, καθώς ατυχίες σε αυτοματισμούς την ώρα της παρουσίασης και η παρουσία εξαιρετικά έμπειρων ομάδων αποτέλεσαν εμπόδια δεν μπόρεσαν να ξεπεραστούν.

Σε κάθε περίπτωση όμως, ήταν μια ευχάριστη και μοναδική εμπειρία για τους μαθητές, όπου μόνο θετικά μπορεί να τους προσφέρει στο μέλλον. Επιπλέον, με το θέμα του διαγωνισμού θεωρείται ότι οι νεαροί μαθητές κλήθηκαν να δημιουργήσουν πάνω σε καταστάσεις που δεν τους ήταν οικείες,

αλλά ανήκαν στη σφαίρα της επιστημονικής φαντασίας, των ταινιών και των βιντεοπαιχνιδιών. Ανέπτυξαν κομβικές ικανότητες και κατόρθωσαν να απαντήσουν σε ερωτήσεις για τις οποίες δεν ήταν προετοιμασμένοι, αλλά σκέφτηκαν τις απαντήσεις επί τόπου. Με την προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε, η βάση στον Άρη έγινε βίωμα στα παιδιά, καθώς για λίγες στιγμές βρέθηκαν τα ίδια αντιμέτωπα με τις καταστάσεις που περιέγραφαν: έγιναν οι ήρωες της δικής τους περιπέτειας!

Κριτές από τη Θεσσαλονίκη, μετά το τέλος του Τοπικού Διαγωνισμού, δήλωσαν εντυπωσιασμένοι για την ευφράδεια λόγου που είχαν κάποιιοι από τους μαθητές και για την αυτοπεποίθηση με την οποία περιέγραφαν όσα έκαναν, δείγμα του πόσο βοηθήθηκαν από την προετοιμασία τους.



Εικόνα 3: Συμμετοχή στον τελικό της Αθήνας

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ PROJECT

Το παρόν project θα μπορούσε να ξαναεφαρμοστεί σε επόμενους διαγωνισμούς Εκπαιδευτικής Ρομποτικής, προσαρμοσμένο στο εκάστοτε θέμα. Ανάλογα με το διαθέσιμο χρόνο και τους περιορισμούς της προκήρυξης, οι μαθητές θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν ψηφιακά μέσα, ώστε να αφηγηθούν μια ιστορία, η οποία θα μπορούσε να εμφανίζεται αντί της παρουσίασης ή στις αφίσες για τον Άρη: να ενταχθεί δηλαδή όλη η ιστορία στα πλαίσια της παρουσίασης και να μη λειτουργεί μόνο ως βοηθητικό εργαλείο για την προετοιμασία των μαθητών - εξάλλου και το scratch βοηθάει σε αυτό. Μάλιστα ο διαγωνισμός του Δημοτικού είχε ενταχθεί στην Ευρωπαϊκή Πρωτοβουλία Stories of Tomorrow (<http://www.storiesoftomorrow.eu/>) όπου 40 ομάδες θα οπτικοποιήσουν το project τους μέσω της πλατφόρμας storytelling που προγράμματος. Εξάλλου, το transmedia storytelling αποτελεί τάση στην εκπαίδευση, στις επιχειρήσεις, στις διαφημιστικές εταιρίες (<http://www.stateofdigital.com>).

Παρόλο που η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, τα Μαθηματικά και την Τεχνολογία εκ πρώτης όψεως δεν έχει σχέση με τις τεχνικές αφήγησης, με όσα περιγράφηκαν παραπάνω αποδεικνύεται ότι τελικά υπάρχει σχέση αλληλοσύνδεσης και αλληλεπικάλυψης: οι μαθητές, ως πολίτες του 21ου αιώνα είναι σημαντικό να μπορούν να εκφράζονται με σαφήνεια στον προφορικό και το γραπτό λόγο και να επικοινωνούν μεταξύ τους (<https://eur-lex.europa.eu>). Τέλος, έχουν διεξαχθεί και άλλες παρόμοιες δράσεις με παιχνίδι ρόλων στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (Koumara et al, 2007), ενώ στην αγορά κυκλοφορεί το βιβλίο Creative Writing in Science (Corpens, 2016), το οποίο περιγράφει δραστηριότητες που μπορεί να γίνουν είτε στο πρωινό μάθημα της τυπικής εκπαίδευσης, είτε σε ομίλους μετά τη λήξη της σχολικής βάρδιας. Εξάλλου, η αφήγηση είναι μια μορφή τέχνης, και σε αυτό αποσκοπεί η πρόσθεση του Α στο παραδοσιακό STEM, ενισχύοντας τη διαθεματικότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Δια Βίου Μάθηση - βασικές ικανότητες, (2016).

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=LEGISSUM%3Ac11090>

Δουκάκης, Δ. Χριστοπούλου, Ε. (2015). *Συνδυάζοντας το App Inventor με Ένα Σύστημα Εκπαιδευτικής Ρομποτικής σε Arduino*, Πρακτικά Εργασιών 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Ένταξη

των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία» της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης ΤΠΕ στην Εκπαίδευση (ΕΤΠΕ), Θεσσαλονίκη

Καγκάνη, Κ., Δαγδιλέλης, Β., Σατρατζέμη, Μ., Ευαγγελίδης, Γ. (2006). Μια μελέτη περίπτωσης της διδασκαλίας του προγραμματισμού στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση με τα LEGO Mindstorms, *Πρακτικά Εργασιών 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτικής της Πληροφορικής»*, Κόρινθος

Καραγιάνης, Σ. (2010). *Η Δημιουργική Γραφή ως Καινοτόμος Δράση στο σχολείο: όψεις*, Ημερίδα “Καινοτομία και Κριτική Σκέψη: αναζητώντας πρακτικές για τη σχολική τάξη”, ΥΠ.Δ.Β.Μ.Θ.-Ελληνοαμερικανικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κολλέγιο Αθηνών Κολλέγιο Ψυχικού

Κόμης, Β. (2015). *Εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στη διδασκαλία και τη μάθηση, Ενότητα 10: Θεωρίες Μάθησης και ΤΠΕ Εποικοδομισμός*. Έκδοση: 1.0. Πάτρα, Διαθέσιμο από: <https://eclass.upatras.gr/courses/PN1441>.

Κουμαράς, Π. (2017). *Διδάσκοντας Φυσική Αύριο*, Εκδόσεις Gutenberg

Κυριακού, Γ. Φαχαντίδης, Ν. (2012). *Διδακτική της Πληροφορικής με εφαρμογές Εκπαιδευτικής Ρομποτικής, βασισμένης στην Εποικοδομητική θεωρία*, 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής

Κωτόπουλος, Τ.Η. (2011) *Από την ανάγνωση στη λογοτεχνική ανάγνωση και την παιγνιώδη διάθεση της Δημιουργικής Γραφής*, Παπαντωνάκης Γ., Κωτόπουλος Τ. (επιμ.) Τα ετεροθαλή. Αθήνα, Ίων, 21-36

Λαδιάς, Τ. (2016). Διδακτικές και παιδαγωγικές διαστάσεις του προγραμματισμού στην υποχρεωτική εκπαίδευση, Έρκυνα, Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών - Επιστημονικών Θεμάτων, Τεύχος 10, σελ 113-134

Μπαμπασίδης, Γ. Ανδριανός, Π. Ίλτσιου Ρ. Καμπούρης Κ. Καρτεράκης, Ν. Κουντούρης Κ. Οικονομάκος, Η. Ορφανάκης, Β. Ορφανάκης, Μ. Πούτος, Π. Σκαπέτης, Γ. Τζίνης, Α. Παπακωνσταντίνου, Β. Πιπερίδης, Δ. Κελέσογλου, Θ. (2013). *Η Ρομποτική στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Project Hydrobot/Hydrosensor*, Πρακτικά 5th Conference of Informatics in Education

Νικολαΐδου, Σ. (2016). *Η δημιουργική γραφή στο σχολείο, Οδηγός εκπαιδευτικού*, Εκδόσεις Μεταίχιμο

Ντιούι, Τ. (1980). *Εμπειρία και εκπαίδευση*, Εκδόσεις Γλάρος

Πατρινόπουλος, Μ. (2017). *Εκπαιδευτική ρομποτική στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Ανασκόπηση της μακροχρόνιας εφαρμογής στο σχολικό περιβάλλον μέσα από διαφοροποιημένες προσεγγίσεις*, Πρακτικά Εργασιών 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία», σ. 594-603, Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής & Τεχνολογικής Εκπαίδευσης

Στριφτού, Α. Ζυγούρης, Ν. Ιωσηφίδου, Μ. Τζιμόπουλος, Ν. (2017). Η Ρομποτική στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, <http://www.infostrag.gr/syros/wp-content/uploads/2017/07/robotiki-1.pdf>

Bell, R.L. Smetana, L. Binns, I. (2005). *Simplifying inquiry instruction*, The Science Teacher, Vol. 72, No. 7, pp.30-33

COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT (2018). Accompanying the document *Proposal for a COUNCIL RECOMMENDATION on Key Competences for LifeLong Learning* <https://ec.europa.eu/education/sites/education/files/swd-recommendation-key-competences-lifelong-learning.pdf>

Copens, K. (2016). *Creative Writing in Science, Activities that inspire*, NSTA

Flick, L.B., Lederman, N.G, 2006, *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning and Teacher Education*, book, edited by, Springer

Gonzalez, H. Kuenzi, J. (2012). *Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education: A Primer*, Congressional Research Service, <https://fas.org/sgp/crs/misc/R42642.pdf>

Improving Undergraduate STEM Education: Education and Human Resources, IUSE Solicitation, FAQs and Q&A Webinars https://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=505082

Koumara, A. Goutzamanis, A. Polatolgu, H.M. Serolgu, Φ. (2007). *Teaching the Interrelations of Science and Society: A Set of Role-plays on the Social and Cultural Context of Society*, 9th International History Philosophy and Science Teaching Conference, Alberta, Canada

Myers, D.G. (2006). *The Elephants Teach: Creative Writing since 1880*, University of Chicago Press

Resnick, M. Maloney, J. Monroy-Hernandez, A. Rusk N. Eastmond, E. Brennan, K. Millner, A. Rosenbaum, E. Silver, J. Silverman, B. Kafai, Y. (2009). *Scratch: Programming for All*, Communication of the ACM, Vol 52, No 11, pp. 60 - 67

STEM Ed, https://scholarworks.umass.edu/stem_planet/

Stem Education around the world, <http://howtostem.co.uk/blog/stem-education-around-world/>

Tsupros, N. Kohler, R. Hallinen, J. (2009). *STEM education: A project to identify the missing components*, Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon, Pennsylvania

Transmedia Storytelling: The Complete Guide, (2015).

<http://www.stateofdigital.com/complete-guide-transmedia-storytelling/>

Unesco and Sustainable Development Goals, <https://en.unesco.org/sdgs>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ακολουθούν επιλεγμένα κείμενα που έγραψαν οι μαθητές κατά τη διάρκεια του μαθήματος:

Αγαπητέ Κλεάνθη,

Εδώ και ένα μήνα ζούμε στον Άρη και περνάω τέλεια! Όλη μέρα ζαπλώνω στο κρεβάτι μου, και μου κάνουν τα ρομπότ τα πάντα. Παίζω στο PS4 μου και βλέπω ταινίες Netflix. Οι γονείς μου, ο Πέτρος και η Λίλα που είναι μετεωρολόγοι δουλεύουν όλη μέρα. Ελπίζω να μου στείλεις σύντομα. [βιντεομήνυμα σε φίλο, καθώς είπαμε στα παιδιά ότι χρειάζονται 20 λεπτά για να ταξιδέψουν τα μηνύματα, άρα αντί για τηλεφωνικές επικοινωνίες θα πρέπει να στέλνουν βιντεομήνυμα]

Είμαι υπεύθυνος για την παροχή ενέργειας (παρουσίαση)

Σκέφτομαι να βάλω δίπλα σε κάθε κατοικία γύρω - γύρω ανεμογεννήτριες. Θα προσθέσω πάνω από τους τοίχους φωτοβολταϊκά. Οι αιολικές καταγίδες μας έχουν προκαλέσει πολλά προβλήματα, το χειρότερο όμως είναι πως καταστρέφονται οι ανεμογεννήτριες. Προσπαθώ να σκεφτώ τρόπους για να λύσω το πρόβλημα

[προσωπικό ημερολόγιο]

Αγαπητέ κύριε πρόεδρε,

Εδώ στον Άρη όλα πάνε καλά. Η βάση επεκτάθηκε. Έχει επεκταθεί από τον προηγούμενο μήνα κατά 1.523,25 τετραγωνικά μέτρα! Αυτό είναι πολύ καλό! Η βάση χρειάζεται ακόμα κάποια πράγματα. Χρειαζόμαστε ακόμα μια αποχέτευση, κάποιο ελικοδρόμιο, πηγές, ίσως και κανένα star destroyer. Πρέπει επίσης να φτιάξω εξτρά πυραύλους

[αναφορά στον πρόεδρο της εταιρίας από τον υπεύθυνο της βάσης για την πρόοδο]

Ξαδερφούλα μου,

εδώ στον Άρη περνάω καλά. Παίζω κάθε μέρα playstation. Τα βράδια σηκώνομαι κρυφά από τη μαμά μου και παίζω με το κινητό της. Το πρωί φοράω την στολή μου και βγαίνω αφού βάλω μπουκάλα οξυγόνου. Έξω πάω μόνο για να κλωτσάω την μπάλα μου στην οροφή του σπιτιού μας (είναι υπόγειο όπως σου είχα πει). Μία φορά με έχει χτυπήσει στο κεφάλι ένα κομμάτι από ανεμογεννήτρια γιατί φυσάει πολύ εδώ. Τα μεσημέρια μόλις τελειώνω το φαγητό μου πηγαίνω στα φυτά και κόβω κανένα λουλούδι και το πάω στις φίλες μου. Κάποιες φορές τα δίνω στη μαμά μου και μου κάνει όλα τα χατίρια. [βιντεομήνυμα στην ξαδέρφη της]

29 Απριλίου 2033

Οι γονείς μου πήγαν να βρουν το χαμένο rover. Ανησυχώ. Χθες έφυγα από τη βάση χωρίς την στολή και τη μπουκάλα οξυγόνου. Ο πατέρας μου με έσωσε καθώς ήμουν λιπόθυμος. Είναι η τέταρτη μέρα μας στον Άρη, ακόμα να τον συνηθίσω. Ο πρόεδρος των ΗΠΑ μας είπε πως σε 16 μήνες θα φύγουμε από εδώ. Ελπίζω να περάσουν γρήγορα αυτοί οι 16 μήνες.

[προσωπικό ημερολόγιο παιδιού που μετοίκισε με τους γονείς του]

Αγαπημένο μου ξαδερφάκι.

Εδώ οι κίνδυνοι είναι πολλοί. Οι γονείς μου δεν καταλαβαίνουν ότι από στιγμή σε στιγμή μπορούμε να πεθάνουμε. Μόνο εγώ το καταλαβαίνω που έχω δει τόσα βίντεο στην τηλεόραση και τόσες ταινίες. Το οξυγόνο μπορεί να σταματήσει, μπορεί να γίνει μια τεράστια καταγίδα.... Φοβάμαι πολύ για τους γονείς μου που δουλεύουν. Ευτυχώς στον Άρη δεν υπάρχουν σεισμοί. Μακάρι να γυρίσω στη Γη.

[βιντεομήνυμα στον ξάδερφο του παιδιού]

Η JavaScript βιβλιοθήκη p5.js ως STEM εργαλείο

Ζουμπλιού Αναστασία¹, Παλίλης Βασίλης²

¹Χημικός

anastasiazoumpliou@gmail.com

²Φυσικός – Δάσκαλος

vasilispalilis@gmail.com

Εισαγωγή

Ο p5.js είναι μια ελεύθερη βιβλιοθήκη JavaScript, μας επιτρέπει να δημιουργούμε σκίτσα, κινούμενα σχέδια και διαδραστικά γραφικά που είναι προσβάσιμα από οποιοδήποτε browser.

Οι pre-built functions καθιστούν το p5 ένα εύκολο στη χρήση εργαλείο, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προσομοιώσεις και virtual πειράματα STEM.

Αν και είναι ένα περιβάλλον προγραμματισμού, δεν απαιτεί πολύ χρόνο για να το μάθει κάποιος και ο χρόνος που ένας εκπαιδευτικός STEM θα διαθέσει για τον λόγο αυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για τη δημιουργία εφαρμογών της ειδικότητάς του.

Επίσης, η γνώση της JavaScript που θα αποκομίσει μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία εφαρμογών και σε παρόμοιες βιβλιοθήκες, όπως το d3.js.

Αυτή η παρουσίαση θα επικεντρωθεί στην παρουσίαση του p5.js στο πλαίσιο της χημείας, της φυσικής και της απεικόνισης δεδομένων σε χάρτες.

Για καθένα από αυτά τα γνωστικά αντικείμενα θα εξετάσουμε ένα παράδειγμα, που θα δείξει υλοποίηση θεμάτων όπως PH και οι ταλαντώσεις στο p5.js και τα πλεονεκτήματα που αυτό συνεπάγεται για την εκπαίδευση STEM.

Θα δούμε επίσης πώς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δεδομένα της Γης και του Διαστήματος στη χαρτογράφηση.

Ο στόχος είναι να υλοποιηθούν φαινόμενα που διαφορετικά απαιτούν εργαστήριο ή άλλα μέσα για να καταστούν κατανοητά και να παρουσιαστούν με έναν οπτικό και διαδραστικό τρόπο που θα βοηθήσει τους μαθητές να πειραματιστούν.

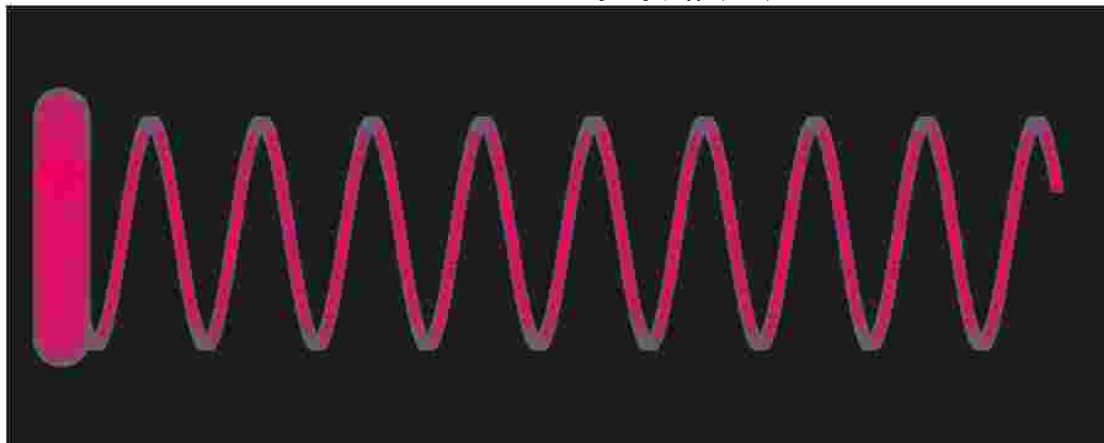
Μέρος Α – Φυσική, Χημεία

Προσομοιώσεις Φυσικής

Μπορείτε να δημιουργήσετε προσομοιώσεις κίνησης με ελάχιστες γραμμές εύκολου κώδικα!

- Σχεδιάστε τα σχήματά σας και χρωματίστε τα
- Περιγράψτε την κίνησή τους με τις γνωστές σας εξισώσεις
- Αυξήστε τη μεταβλητή που παριστάνει τον χρόνο

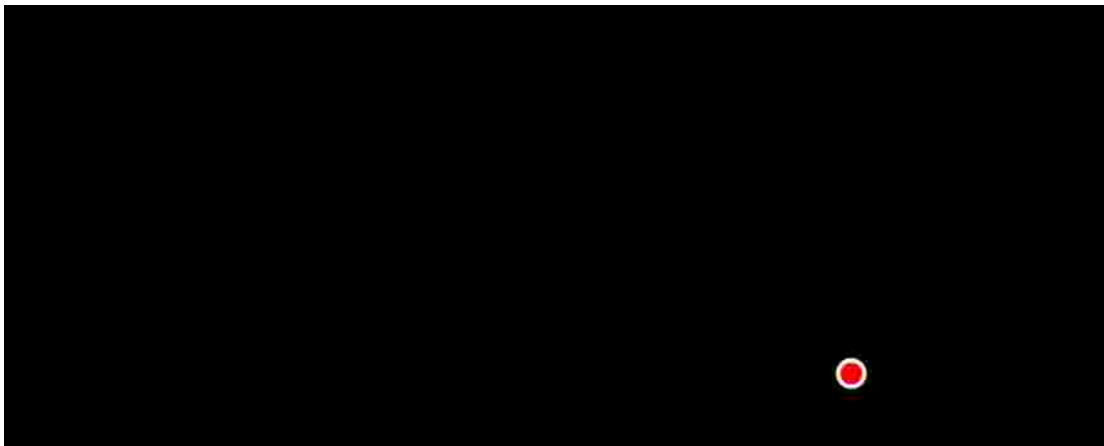
Η γένεση της γραφικής παράστασης μιας ταλάντωσης: $y = y_0 \cdot \eta \mu(\omega t)$



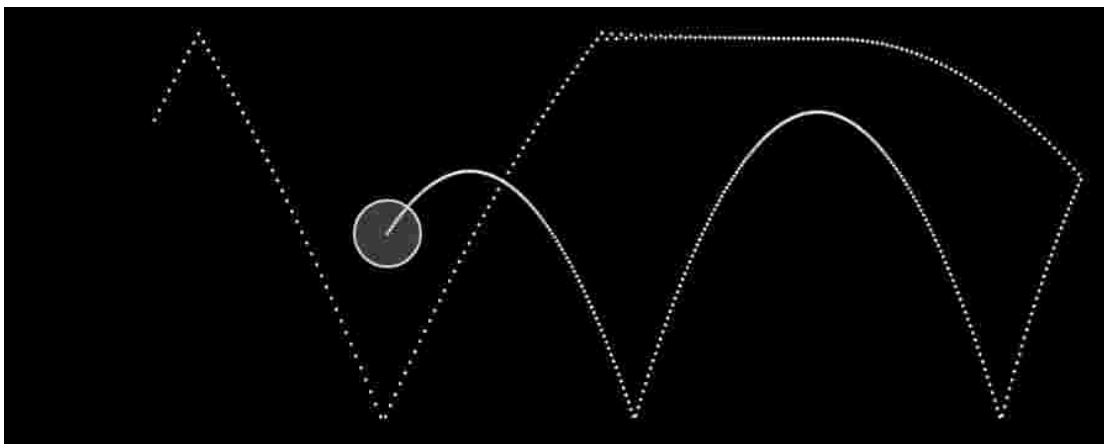
Διακρότημα: $y = 2y_0 \cdot \sigma \upsilon \nu \left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \right) \cdot \eta \mu \left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \right)$, $\omega_1 \approx \omega_2$



- Προσθέστε συνθήκες στα όρια μιας περιοχής για να προσομοιώσετε μια κίνηση χωρίς ενεργειακές απώλειες



- Μπορείτε να κάνετε βέβαια και πιο περίπλοκα πράγματα με κάποιο κώδικα παραπάνω.



Όλες οι προηγούμενες αναπαραστάσεις μπορούν να γίνουν παραμετρικές και να δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να εισάγει τις δικές του επιλογές, εισάγοντας τον αναγκαίο κώδικα, παράλληλα στον υφιστάμενο.

Εικονικό πείραμα εξουδετέρωσης

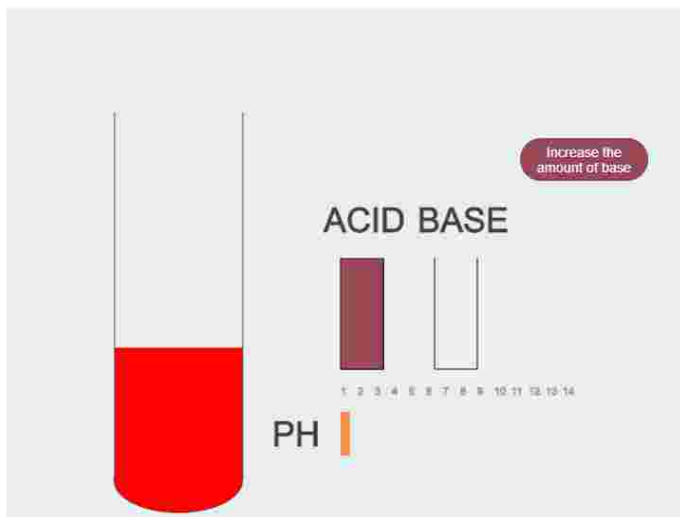
- Σχεδιάστε τα σχήματά σας και εισάγετε τις εικόνες σας
- Διαχωρίστε την περιοχή του πειράματος από την περιοχή των κειμένων
- Προσθέστε γεγονότα για να επιλέξει ο χρήστης

Προσομοίωση εξουδετέρωσης

Δοχείο με όξινο διάλυμα, έχει ως δείκτη βάμμα ηλιοτροπίου.
Ο δείκτης αλλάζει χρώμα σύμφωνα με την τιμή του pH.
Το διάλυμα περιέχει συγκέντρωση 0,1M ισχυρού οξέος.
Η βάση που πρόκειται να προστεθεί είναι μια ισχυρή βάση.

Για να επιλέξετε την ποσότητα βάσης που θα προστεθεί στο διάλυμα, κάντε κλικ στο κουμπί "Increase the amount of base".
Στη συνέχεια, κάντε κλικ στο κουμπί "Click me to add base" και, όταν εμφανίζεται ο δοκιμαστικός σωλήνας, μετακινήστε τον πάνω από το στόμιο του δοχείου και κάντε κλικ για να προσθέσετε τη βάση.

Βοήθεια: Για τους σκοπούς του πειράματος αυτού, το χρώμα του βάμματος ηλιοτροπίου αλλάζει σε pH > 4 και pH > 7.



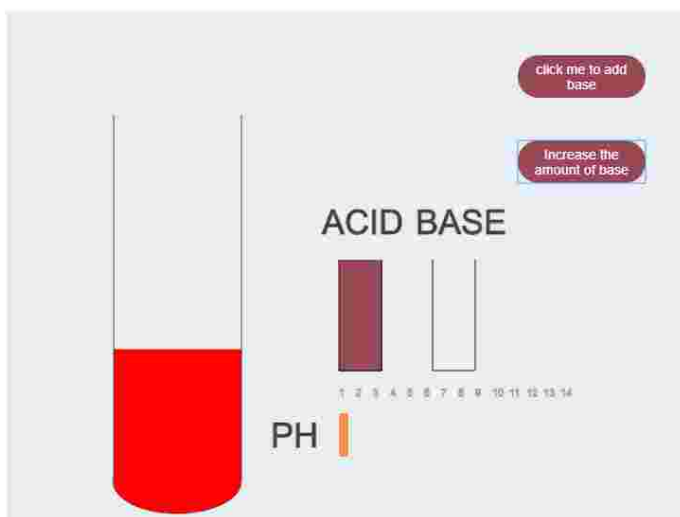
- Απεικονίστε κάθε κατάσταση του πειράματος

Προσομοίωση εξουδετέρωσης

Δοχείο με όξινο διάλυμα, έχει ως δείκτη βάμμα ηλιοτροπίου.
Ο δείκτης αλλάζει χρώμα σύμφωνα με την τιμή του pH.
Το διάλυμα περιέχει συγκέντρωση 0,1M ισχυρού οξέος.
Η βάση που πρόκειται να προστεθεί είναι μια ισχυρή βάση.

Για να επιλέξετε την ποσότητα βάσης που θα προστεθεί στο διάλυμα, κάντε κλικ στο κουμπί "Increase the amount of base".
Στη συνέχεια, κάντε κλικ στο κουμπί "Click me to add base" και, όταν εμφανίζεται ο δοκιμαστικός σωλήνας, μετακινήστε τον πάνω από το στόμιο του δοχείου και κάντε κλικ για να προσθέσετε τη βάση.

Βοήθεια: Για τους σκοπούς του πειράματος αυτού, το χρώμα του βάμματος ηλιοτροπίου αλλάζει σε pH > 4 και pH > 7.



- Γράψτε ανάδραση στο χρήστη για το αποτέλεσμα των ενεργειών του

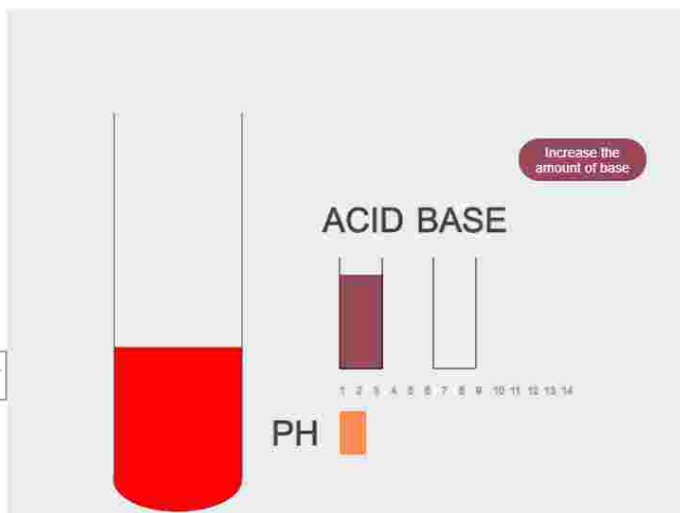
Προσομοίωση εξουδετέρωσης

Δοχείο με όξινο διάλυμα, έχει ως δείκτη βάμμα ηλιοτροπίου.
Ο δείκτης αλλάζει χρώμα σύμφωνα με την τιμή του pH.
Το διάλυμα περιέχει συγκέντρωση 0,1M ισχυρού οξέος.
Η βάση που πρόκειται να προστεθεί είναι μια ισχυρή βάση.

Για να επιλέξετε την ποσότητα βάσης που θα προστεθεί στο διάλυμα, κάντε κλικ στο κουμπί "Increase the amount of base".
Στη συνέχεια, κάντε κλικ στο κουμπί "Click me to add base" και, όταν εμφανίζεται ο δοκιμαστικός σωλήνας, μετακινήστε τον πάνω από το στόμιο του δοχείου και κάντε κλικ για να προσθέσετε τη βάση.

Βοήθεια: Για τους σκοπούς του πειράματος αυτού, το χρώμα του βάμματος ηλιοτροπίου αλλάζει σε pH > 4 και pH > 7.

The added base reacts with the acid present in the solution.
This results in decreasing the amount of acid



- Εστιάστε στην αλλαγή χρώματος του δείκτη

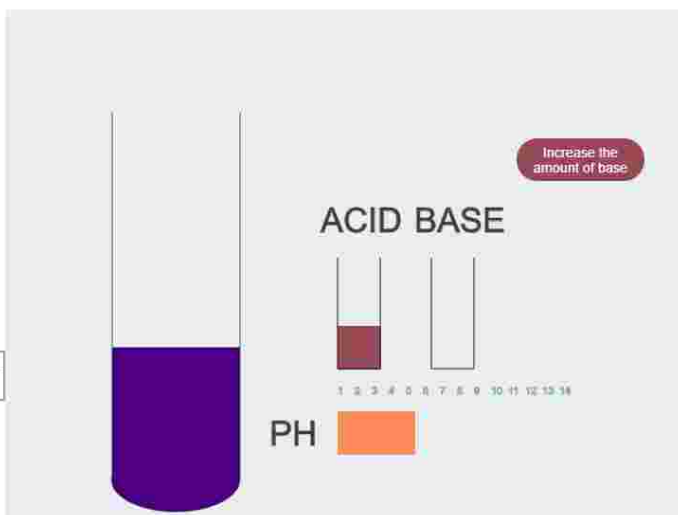
Προσομοίωση εξουδετέρωσης

Δοχείο με όξινο διάλυμα, έχει ως δείκτη βάρμα ηλιοτροπίου.
Ο δείκτης αλλάζει χρώμα σύμφωνα με την τιμή του pH.
Το διάλυμα περιέχει συγκέντρωση 0,1M ισχυρού οξέος.
Η βάση που πρόκειται να προστεθεί είναι μια ισχυρή βάση.

Για να επιλέξετε την ποσότητα βάσης που θα προστεθεί στο διάλυμα, κάντε κλικ στο κουμπί "Increase the amount of base". Στη συνέχεια, κάντε κλικ στο κουμπί "Click me to add base" και, όταν εμφανίζεται ο δοκιμαστικός σωλήνας, μετακινήστε τον πάνω από το στόμιο του δοχείου και κάντε κλικ για να προσθέσετε τη βάση.

Βοήθεια: Για τους σκοπούς του πειράματος αυτού, το χρώμα του βάρματος ηλιοτροπίου αλλάζει σε pH > 4 και pH > 7.

The added base reacts with the acid present in the solution.
This results in decreasing the amount of acid



- Εστιάστε στην πλήρη εξουδετέρωση του διαλύματος

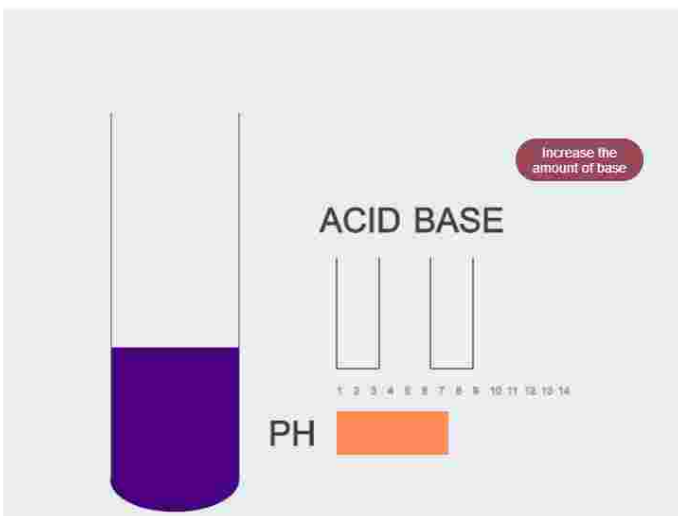
Προσομοίωση εξουδετέρωσης

Δοχείο με όξινο διάλυμα, έχει ως δείκτη βάρμα ηλιοτροπίου.
Ο δείκτης αλλάζει χρώμα σύμφωνα με την τιμή του pH.
Το διάλυμα περιέχει συγκέντρωση 0,1M ισχυρού οξέος.
Η βάση που πρόκειται να προστεθεί είναι μια ισχυρή βάση.

Για να επιλέξετε την ποσότητα βάσης που θα προστεθεί στο διάλυμα, κάντε κλικ στο κουμπί "Increase the amount of base". Στη συνέχεια, κάντε κλικ στο κουμπί "Click me to add base" και, όταν εμφανίζεται ο δοκιμαστικός σωλήνας, μετακινήστε τον πάνω από το στόμιο του δοχείου και κάντε κλικ για να προσθέσετε τη βάση.

Βοήθεια: Για τους σκοπούς του πειράματος αυτού, το χρώμα του βάρματος ηλιοτροπίου αλλάζει σε pH > 4 και pH > 7.

When all the acid present in the solution reacts with all the base present, neutralization happens.
In this phase, there is no acid or base in the solution.



- Εστιάστε στον βασικό χαρακτήρα πλέον του διαλύματος και στην επόμενη αλλαγή του χρώματος του δείκτη

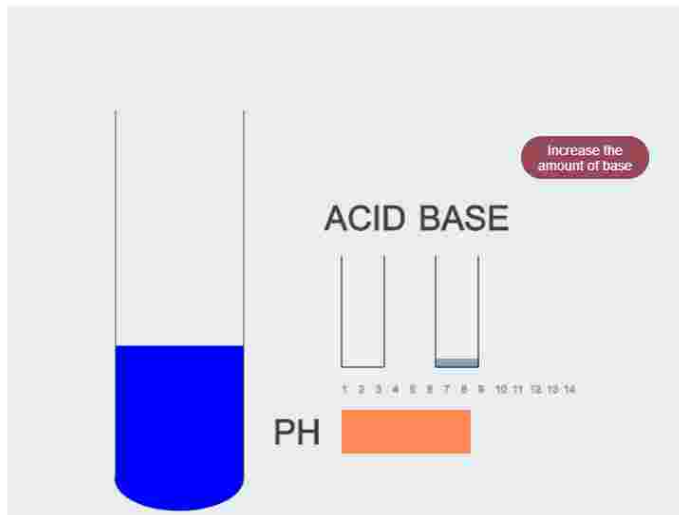
Προσομοίωση εξουδετέρωσης

Δοχείο με όξινο διάλυμα, έχει ως δείκτη βάμμα ηλιοτροπίου.
Ο δείκτης αλλάζει χρώμα σύμφωνα με την τιμή του pH.
Το διάλυμα περιέχει συγκέντρωση 0,1M ισχυρού οξέος.
Η βάση που πρόκειται να προστεθεί είναι μια ισχυρή βάση.

Για να επιλέξετε την ποσότητα βάσης που θα προστεθεί στο διάλυμα, κάντε κλικ στο κουμπί "Increase the amount of base".
Στη συνέχεια, κάντε κλικ στο κουμπί "Click me to add base" και, όταν εμφανίζεται ο δοκιμαστικός σωλήνας, μετακινήστε τον πάνω από το στόμιο του δοχείου και κάντε κλικ για να προσθέσετε τη βάση.

Βοήθεια: Για τους σκοπούς του πειράματος αυτού, το χρώμα του βάμματος ηλιοτροπίου αλλάζει σε pH > 4 και pH > 7.

After neutralization there is no acid in the solution.
The base that we add makes the solution more basic (increases its pH).



- Εστιάζετε στη μέγιστη τιμή του pH

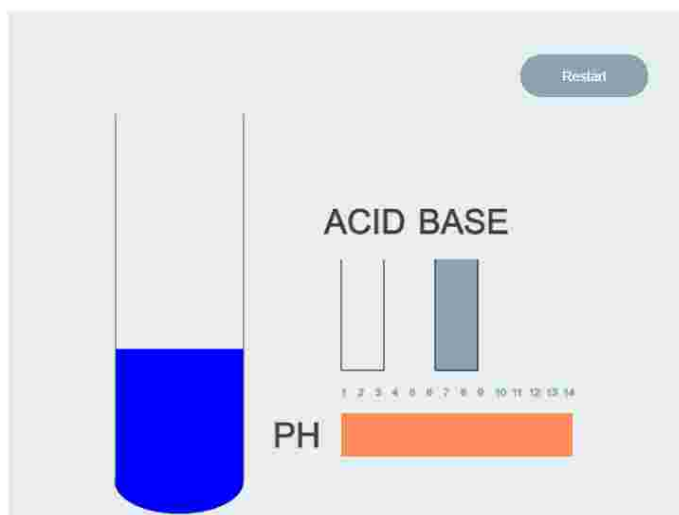
Προσομοίωση εξουδετέρωσης

Δοχείο με όξινο διάλυμα, έχει ως δείκτη βάμμα ηλιοτροπίου.
Ο δείκτης αλλάζει χρώμα σύμφωνα με την τιμή του pH.
Το διάλυμα περιέχει συγκέντρωση 0,1M ισχυρού οξέος.
Η βάση που πρόκειται να προστεθεί είναι μια ισχυρή βάση.

Για να επιλέξετε την ποσότητα βάσης που θα προστεθεί στο διάλυμα, κάντε κλικ στο κουμπί "Increase the amount of base".
Στη συνέχεια, κάντε κλικ στο κουμπί "Click me to add base" και, όταν εμφανίζεται ο δοκιμαστικός σωλήνας, μετακινήστε τον πάνω από το στόμιο του δοχείου και κάντε κλικ για να προσθέσετε τη βάση.

Βοήθεια: Για τους σκοπούς του πειράματος αυτού, το χρώμα του βάμματος ηλιοτροπίου αλλάζει σε pH > 4 και pH > 7.

After neutralization there is no acid in the solution.
The base that we add makes the solution more basic (increases its pH).



- Χρειάζεται αρκετός κώδικας!

Μέρος Β- Απεικόνιση δεδομένων σε χάρτη

- Εισάγετε έναν "WEB" χάρτη
- Αντιστοιχίστε τις γεωγραφικές συντεταγμένες με τα pixel της οθόνης



- Αντλήστε δεδομένα-data (json ή csv αρχείο) από τους παρόχους τους
- Απεικονίστε τα δεδομένα στον χάρτη
- Χρειάζεται αρκετός κώδικας!

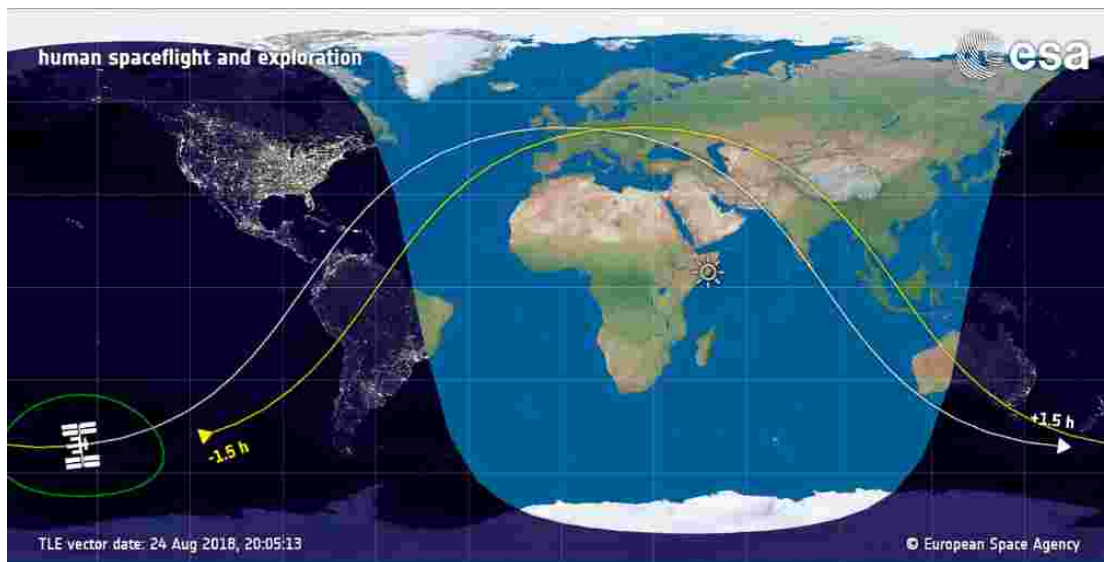
Η κίνηση του International Space Station

Η κίνηση του [International Space Station](#)

Τα [δεδομένα](#) ανανεώνονται κάθε 5 δευτερόλεπτα, και το p5 αντλεί τα ανανεωμένα δεδομένα κάθε δευτερόλεπτο, έτσι η τροχιά του δορυφόρου αποτυπώνεται στον χάρτη.



- Συγκρίνετε με την [πραγματική θέση](#) του δορυφόρου όπως αυτή δίνεται στο European Space Agency portal

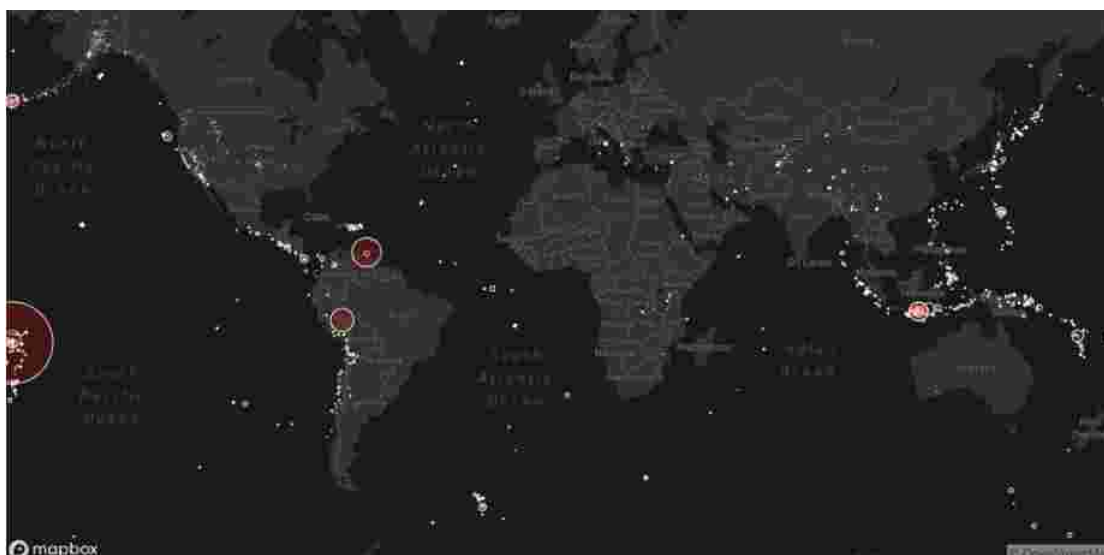


- Κρατήστε ενεργό το αρχείο σας για μερικές ώρες



Μια στατική εικόνα των σεισμών του τελευταίου μήνα

Τα [δεδομένα](#) ανανεώνονται κάθε 5 λεπτά, για να δούμε όμως κάποια αλλαγή πρέπει να ανανεώσουμε τον browser.



Έχει πιθανώς ενδιαφέρον να αντιπαραβάλλετε με μια εικόνα των λιθοσφαιρικών πλακών της Γης.



Αναφορές

p5.js. [Online] Available at: <https://p5js.org/reference/> [25/8/2018]

Wikipedia contributors. (2018, June 21). Litmus. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 17:35, August 25, 2018, from <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Litmus&oldid=846909097>

Wikipedia contributors. (2018, August 16). Neutralization (chemistry). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 17:37, August 25, 2018, from [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Neutralization_\(chemistry\)&oldid=855195190](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Neutralization_(chemistry)&oldid=855195190)

Χαρτογραφική προβολή: Χαρτογραφική προβολή. (2016, Δεκεμβρίου 30). *Βικιπαίδεια, Η Ελεύθερη Εγκυκλοπαίδεια*. Ανακτήθηκε 17:38, Αυγούστου 25, 2018 από το https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=%CE%A7%CE%B1%CF%81%CF%84%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%AE&oldid=6179068.

Web Mercator: Wikipedia contributors. (2018, August 14). Web Mercator. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved 17:40, August 25, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Web_Mercator&oldid=854955140

Στατικός χάρτης: <https://www.mapbox.com/api-documentation/#static>
Συντεταγμένες ISS : <http://open-notify.org/Open-Notify-API/>
Κίνηση ISS : http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/International_Space_Station/Where_is_the_International_Space_Station
Σεισμικά δεδομένα : <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/feed/v1.0/csv.php>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ο ιστότοπος που συνοδεύει λειτουργικά την παρουσίαση έχει URL <http://chocolation.eu/>
Βασικές γνώσεις και ικανότητες που σχετίζονται με την παρουσίαση αυτή, έχουν αναπτυχθεί στο μάθημα WEB II - Advanced design course (<https://elearn.ellak.gr/course/view.php?id=65>) από τους εισηγητές, για λογαριασμό της ΕΛ/ΛΑΚ ως μέρος του προγράμματος Code+Create

Η Ανακύκλωση με Αξιοποίηση της Κινητής Επαυξημένης Πραγματικότητας

Γρίλλια Ρωμαλέα Μαρία¹, Πασαλίδου Χριστίνα²

¹ Εκπαιδευτικός ΠΕ70 (Δασκάλα), Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια
gillia.romalea@gmail.com

² Εκπαιδευτικός ΠΕ70 (Δασκάλα), Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια
christinapasalidou@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το παρόν διδακτικό σενάριο επιδιώκει την αξιοποίηση της Επαυξημένης Πραγματικότητας και των κινητών συσκευών στα πλαίσια της STEM εκπαίδευσης. Το θέμα που πραγματεύεται αποτελεί η ανακύκλωση, η αξία της οποίας γίνεται αντιληπτή μέσα από βιοματικές δραστηριότητες και από ένα παιχνίδι που έχει τη μορφή ενός ψηφιακού κυνηγιού κρυμμένου θησαυρού. Το παιχνίδι σχεδιάστηκε για αυτόν τον σκοπό με την πλατφόρμα Actionbound, ενώ παράλληλα αξιοποιείται και η εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας Layar. Στόχος της διδακτικής παρέμβασης αποτελεί η κινητοποίηση των μαθητών και η ενεργή συμμετοχή τους στη διαδικασία της μάθησης. Εξάλλου, η συμβολή της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην διδασκαλία έχει αποδειχτεί σπουδαία αναφορικά με την παροχή κινήτρων και στην επίτευξη των μαθησιακών στόχων. Σε συνδυασμό με την προσέγγιση του game based learning, τα οφέλη είναι ακόμη περισσότερα, όπως φάνηκε και από την εφαρμογή του διδακτικού σεναρίου σε μαθητές Δ' Δημοτικού, οι οποίοι αφενός κατέκτησαν τους αρχικά τιθέμενους στόχους και αφετέρου βρήκαν τη διδασκαλία αυτής της μορφής πιο διασκεδαστική, συγκριτικά με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας μέσα στην σχολική αίθουσα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ανακύκλωση, Επαυξημένη Πραγματικότητα, κινητή μάθηση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διδακτική πρόταση στηρίζεται σε ένα παιχνίδι κινητής επαυξημένης πραγματικότητας με θέμα την ανακύκλωση. Δεδομένου ότι οι μαθητές είναι πλέον αρκετά εξοικειωμένοι με τις νέες τεχνολογίες, σχεδιάστηκε το παιχνίδι, μέσα από το οποίο οι μαθητές αναμένεται να μάθουν και να ανακαλύψουν τη γνώση. Μάλιστα, η αξιοποίηση ψηφιακών παιχνιδιών, επιδρούν θετικά τόσο στη μάθηση όσο και στην καλλιέργεια διαφόρων δεξιοτήτων των μαθητών (Koutromanos & Anraamidou, 2014). Πιο συγκεκριμένα, η **μάθηση μέσω παιχνιδιού (game based learning)** θεωρείται ένας σύγχρονος, εναλλακτικός και ιδιαίτερα αποτελεσματικός τρόπος διδασκαλίας με πιο θετικά μαθησιακά αποτελέσματα, συγκριτικά με τους παραδοσιακούς τρόπους διδασκαλίας. Σύμφωνα με τον Prensky (2003), τα ψηφιακά παιχνίδια κινητοποιούν τους μαθητές, επομένως θα ήταν θεμιτό σε αυτά να συγχωνεύσουμε το περιεχόμενο της μάθησης.

Επακόλουθο της μάθησης μέσω παιχνιδιού, αποτελεί η **κινητή μάθηση (mobile learning)**. Ο όρος αυτός, σύμφωνα με την Anraamidou (2013), αναφέρεται στη μάθηση που γίνεται μέσω της αλληλεπίδρασης με μια φορητή κινητή συσκευή (τάμπλετ, smartphone, PDA). Στα πλεονεκτήματα της μάθησης μέσω κινητών συσκευών ανήκει το γεγονός ότι δεν περιορίζεται στη σχολική αίθουσα, αλλά μπορεί να λαμβάνει χώρα και εκτός σχολείου (Seppala & Alamaki, 2003), ανά πάσα ώρα και στιγμή και οπουδήποτε (Jeong & Kim, 2009; Soomro, Ahmad, & Sulaiman, 2013).

Έρευνα των Koutromanos et al. (2015) έχει αποδείξει ότι η χρήση παιχνιδιών επαυξημένης πραγματικότητας έχει επιφέρει θετικά στοιχεία στη μάθηση. Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες προσδιορισμού του όρου **Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality)**. Σύμφωνα με τον Azuma (1997) η επαυξημένη πραγματικότητα είναι το σύστημα που συνδυάζει τόσο πραγματικά όσο και εικονικά αντικείμενα, δίνει ευκαιρίες αλληλεπίδρασης σε πραγματικό χρόνο και προσφέρει ακριβή καταγραφή τρισδιάστατων αντικειμένων. Οι Milgram et al. (1994) ισχυρίζονται ότι η επαυξημένη πραγμα-

ματικότητα βρίσκεται σε ένα «πραγματικό - εικονικό συνεχές» μεταξύ εικονικού και πραγματικού περιβάλλοντος, συνδυάζοντας στοιχεία και από τους δύο κόσμους. Οι Carmigniani & Furht (2011) την ορίζουν ως την έμμεση ή άμεση εικόνα του φυσικού περιβάλλοντος που ενισχύεται όταν σε αυτό προστεθούν εικονικές πληροφορίες δημιουργημένες στον υπολογιστή.

Σύμφωνα με τους Broll et al. (2008), η επαυξημένη πραγματικότητα δεν περιορίζεται σε μια μοναδική συσκευή. Όπως αναφέρουν οι Cheng & Tsai (2013) και Pence (2011) η επαυξημένη πραγματικότητα συναντάται σε δύο μορφές, αυτή που στηρίζεται στην εικόνα (image-based) η οποία αναγνωρίζει μια εικόνα για να εμφανίσει τα εικονικά στοιχεία, καθώς και αυτή που στηρίζεται στην τοποθεσία (location-based), η οποία χρησιμοποιεί δεδομένα από τις υπηρεσίες τοποθεσίας (GPS) και το ασύρματο δίκτυο για να αναγνωρίσει μια τοποθεσία και να επαυξήσει το φυσικό περιβάλλον της.

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα έχει εφαρμοστεί σε ποικίλους τομείς (Yuen, Yaouneyong & Johnson, 2011; Van Krevelen & Poelman, 2010) και τα τελευταία χρόνια και στην Εκπαίδευση. Στα πλεονεκτήματά της, πέρα από τα μαθησιακά αποτελέσματα, ανήκουν η ενίσχυση των κινήτρων των μαθητών (Johnson et al., 2010; Billinghamurst & Duenser, 2012), η αύξηση της αυτοεκτίμησής τους (Kamarainen et al., 2013), η ενθάρρυνση της συνεργασίας μεταξύ μαθητών, καθώς και η ανάπτυξη δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας (Squire & Jan, 2007).

Στο σημείο αυτό αξίζει να επισημανθεί ότι συνεχώς αυξάνεται το πλήθος των ψηφιακών παιχνιδιών που ενσωματώνουν τις έννοιες STEM (Perry, 2016). Ο όρος **STEM** αναφέρεται στις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά. Η εκπαίδευση που βασίζεται στην προσέγγιση αυτή περιλαμβάνει διαφόρων ειδών εκπαιδευτικές δραστηριότητες (Gonzalez & Kuenzi, 2012) και έχει ως στόχο την επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με την κοινωνία του σήμερα (Roehrig et al., 2012). Πιο συγκεκριμένα, η εκπαίδευση STEM επιδιώκει την εύρεση δημιουργικών τεχνικών επίλυσης προβλημάτων και την εξέλιξη των μαθητών σε μελλοντικούς πολίτες με καινοτόμες ιδέες και πρακτικές (Roberts, 2012). Σύμφωνα με την έκθεση του National Research Council (2011) για την επιτυχημένη εφαρμογή της εκπαίδευσης στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, υπάρχουν τρεις κύριοι στόχοι: α) η αύξηση των μαθητών που θα επιδιώξουν να σπουδάσουν και να ασχοληθούν με κάποιον τομέα του STEM, β) η διεύρυνση της συμμετοχικότητας στο εργατικό δυναμικό STEM και γ) η ανάπτυξη του αλφαριθμητισμού STEM σε όλους τους μαθητές. Όταν η εκπαίδευση STEM υλοποιείται με επιτυχία, καλλιεργείται η κριτική σκέψη των μαθητών, όπως επίσης και η μεταξύ τους συνεργατικότητα (Roberts, 2012).

Στα πλαίσια της STEM εκπαίδευσης αναπτύχθηκε το παιχνίδι κινητής επαυξημένης πραγματικότητας «Πάρτι Ανακύκλωσης», το οποίο αφορά την επίλυση του προβλήματος των απορριμμάτων που βρίσκονται έξω από τους κάδους και δεν τοποθετούνται στους κατάλληλους κάδους με βάση το υλικό τους. Στο σενάριο διδασκαλίας που ακολουθεί γίνεται εμφανές πως μπορούν να αξιοποιηθούν όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω στην πράξη και να υπάρξουν σημαντικά παιδαγωγικά οφέλη.

ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ

Τίτλος Διδακτικού Σεναρίου

Η Ανακύκλωση με Αξιοποίηση της Κινητής Επαυξημένης Πραγματικότητας

Δημιουργοί Σεναρίου

Γρίλλια Ρωμαλέα Μαρία, Πασαλίδου Χριστίνα

Διάρκεια Εφαρμογής Σεναρίου

2 διδακτικές ώρες (συνεχόμενες)

Τάξη Αναφοράς

Δ' Δημοτικού

Πρωτοτυπία Διδακτικού Σεναρίου

Η αξιοποίηση των κινητών συσκευών και της Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ) κατά τη διδασκαλία, εμπλουτίζοντας την, αποτελεί μία σύγχρονη πρόταση και μία εναλλακτική προσέγγιση τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς. Η πρωτοτυπία του σεναρίου οφείλεται στην ενεργό συμμετοχή και αλληλεπίδραση των μαθητών με τις κινητές συσκευές και τις εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας που χρησιμοποιούν κατά τη διάρκεια της δράσης. Εργαζόμενοι σε μικρές ομάδες, ανακαλύπτουν μόνοι τους τη γνώση με βιωματικές δραστηριότητες. Το παιχνίδι έχει τη

μορφή από ένα κυνήγι θησαυρού, μετατρέποντας τη διδακτική παρέμβαση σε μία διασκεδαστική διαδικασία που ξεπερνά τα στεγανά της σχολικής τάξης.

Θέμα/ Αντικείμενο Διδασκαλίας

Το διδακτικό σενάριο έχει ως κύριο θέμα του την Ανακύκλωση. Στα πλαίσια του μαθήματος της Μελέτης Περιβάλλοντος της Δ' Δημοτικού και ειδικότερα στο κεφάλαιο «Απορρίμματα: υπάρχουν λύσεις!», γίνεται αναφορά στους τρόπους με τους οποίους μπορούμε να διαφυλάξουμε το φυσικό πλούτο στον πλανήτη μας, δηλαδή με την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των απορριμμάτων. Η διαλογή τους και η τοποθέτηση τους στους σωστούς κάδους είναι άκρως σημαντική. Μέσα από το κυνήγι θησαυρού επαυξημένης πραγματικότητας οι μαθητές θα καθαρίσουν τον χώρο που περιβάλλει το σχολείο τους και θα μάθουν για την αξία της ανακύκλωσης σκουπιδιών, ανάλογα με το υλικό που είναι κατασκευασμένα.

Εμπλεκόμενα Γνωστικά Αντικείμενα – Διαθεματικότητα

Το σενάριο είναι διαθεματικό. Κύριο γνωστικό αντικείμενο αποτελεί η Μελέτη Περιβάλλοντος της Δ' Δημοτικού, καθώς η Ανακύκλωση και αξιοποίηση των απορριμμάτων εντάσσεται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα του μαθήματος. Παράλληλα, κατά τη διδασκαλία εμπλέκεται και το μάθημα της Γλώσσας (Δ' Δημοτικού) με την αντίστοιχη ενότητα «Εμένα με νοιάζει», όπου οι μαθητές μαθαίνουν να χρησιμοποιούν επιχειρήματα σε μια συζήτηση, γνωρίζοντας τρόπους ώστε να προστατεύεται το περιβάλλον. Τέλος, εμπλέκεται και το μάθημα των Μαθηματικών, καθώς οι μαθητές θα χρειαστεί να λύσουν ορισμένα προβλήματα μαθηματικών με αξιοποίηση της διαίρεσης και του πολλαπλασιασμού που έχουν ήδη διδαχτεί. Με την προσέγγιση αυτή τα στεγανά των διαφορετικών μαθημάτων καταργούνται, ενώ οι μαθητές αντιλαμβάνονται πως μπορεί να τους χρησιμεύσουν οι γνώσεις τους από άλλα μαθήματα στην πράξη.

Προαπαιτούμενες Γνώσεις

Οι μαθητές χρειάζεται να είναι σχετικά εξοικειωμένοι με τη χρήση κινητών συσκευών (smartphones, tablets). Επίσης, οφείλουν να γνωρίζουν ότι εκτός από τους πράσινους κάδους, υπάρχουν και οι μπλε, που ονομάζονται κάδοι ανακύκλωσης και είναι για συγκεκριμένα σκουπίδια. Ακόμη, απαραίτητο είναι να έχουν διδαχτεί την διαίρεση με διψήφιο διαιρέτη στα Μαθηματικά.

Διδακτικό Συμβόλαιο

Ο εκπαιδευτικός αναμένει από τους μαθητές να είναι συνεργάσιμοι, προσεκτικοί και να χρησιμοποιούν ορθά τις κινητές συσκευές. Οι μαθητές από τη μεριά τους αναμένουν από τον εκπαιδευτικό να διατηρεί έναν βοηθητικό και καθοδηγητικό ρόλο. Με τον τρόπο αυτό το σενάριο θα εκτελεστεί με επιτυχία και χωρίς προβλήματα.

Διδακτικός Θόρυβος

Στις ανεπιθύμητες δραστηριότητες που είναι πιθανό να επισκιάσουν τη διδακτική διαδικασία ανήκει το γεγονός ότι η εφαρμογή μπορεί να «κολλήσει» και να μην εμφανίζει το ψηφιακό περιεχόμενο. Επιπροσθέτως, οι μαθητές μπορεί να ενθουσιαστούν με τη νέα αυτή μορφή διδασκαλίας σε βαθμό που δεν θα εστιάζουν στο περιεχόμενο και τις πληροφορίες που θα ανακαλύψουν μέσω της Επαυξημένης Πραγματικότητας, αλλά στο να τερματίσουν πρώτοι.

ΙΔΕΑ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

Σκοπός του Σεναρίου

Οι μαθητές να ενημερωθούν για την ανακύκλωση απορριμμάτων και να ευαισθητοποιηθούν πάνω στο θέμα.

Αναμενόμενα Μαθησιακά Αποτελέσματα

Μετά το πέρας της διδασκαλίας, οι μαθητές αναμένεται να έχουν καταφέρει τα ακόλουθα:

Σε επίπεδο γνώσεων

- Να διακρίνουν τα ανακυκλώσιμα από τα μη ανακυκλώσιμα υλικά.
- Να αναγνωρίζουν το σήμα της ανακύκλωσης και τους αντίστοιχους κάδους.
- Να κατανοούν την αξία της ανακύκλωσης στη ζωή των ανθρώπων.
- Να γνωρίζουν τα σημεία που προσφέρονται για ανακύκλωση στη γειτονιά τους.

Σε επίπεδο ικανοτήτων – δεξιοτήτων

- Να χειρίζονται τις κινητές συσκευές με ορθό τρόπο.
- Να αλληλεπιδρούν με την εφαρμογή ΕΠ που σχεδιάστηκε για την ανακύκλωση απορριμμάτων.

- Να ερμηνεύουν και να αξιολογούν πληροφορίες που τους παρέχονται με οπτικοακουστικά μέσα.
- Να κατανέμουν δημοκρατικά και ισότιμα τις ευθύνες στις ομαδικές δραστηριότητες.

Σε επίπεδο στάσεων

- Να ευαισθητοποιούνται στο κομμάτι της ανακύκλωσης και να επιδιώκουν την καθιέρωσή της ως τρόπος ζωής τους.
- Να εκτιμούν την αξία της συνεργασίας με τους συμμαθητές τους και της ομαδικής χρήσης των κινητών συσκευών, ώστε να κυλά ομαλά η διδασκαλία αυτής της μορφής.

ΠΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Η συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση στηρίζεται στο είδος μάθησης που είναι βασισμένη στο παιχνίδι (*game based learning*). Παράλληλα, ενθαρρύνει την *ανακαλυπτική μάθηση*, βάζοντας τους μαθητές στη διαδικασία να ανακαλύψουν διάφορα στοιχεία, προκειμένου να φτάσουν στον τερματισμό του παιχνιδιού, συνδυάζοντας στοιχεία τόσο του *εποικοδομητισμού*, όσο και του *συμπεριφορισμού*, όπως οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής στις οποίες καλούνται να απαντήσουν οι μαθητές.

Οι μαθητές εμπλέκονται σε *ομαδοσυνεργατικές* δραστηριότητες, δημιουργώντας ομάδες εργασίας. Με τον τρόπο αυτό συνεργάζονται, συσκέπτονται και καταφεύγουν στο διάλογο προκειμένου να φέρουν εις πέρας τις «αποστολές» που τους ανατίθενται. Μαθαίνουν μέσω της εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας, επικοινωνούν και δίνουν λύσεις.

Ο εκπαιδευτικός, καθ' όλη τη διάρκεια της διδασκαλίας, έχει *καθοδηγητικό* και *διαμεσολαβητικό ρόλο*. Ενθαρρύνει την αλληλεπίδραση των μελών κάθε ομάδας και προσέχει διαρκώς τους μαθητές, καθώς βρίσκονται έξω από τη σχολική αίθουσα.

Εκπαιδευτικό υλικό – Υλικοτεχνική υποδομή

Το εκπαιδευτικό υλικό παρέχεται μέσα από τις εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας **Actionbound** και **Layar**. Η απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή για την υλοποίηση του διδακτικού σεναρίου είναι οι κινητές συσκευές (smartphones, tablets), μία συσκευή ανά τέσσερις/πέντε μαθητές. Ακόμη, αναγκαία είναι η δυνατότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο και η πρόσβαση στις υπηρεσίες τοποθεσίας (GPS) των συσκευών, ώστε να λειτουργήσουν οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην εφαρμογή Actionbound έχουν οριστεί συγκεκριμένες συντεταγμένες, γύρω από το σχολείο στο οποίο εφαρμόστηκε το σενάριο, επομένως το παιχνίδι ενεργοποιείται σε εκείνα τα σημεία. Εναλλακτικά, το συγκεκριμένο παιχνίδι θα μπορούσε να προσαρμοστεί σε οποιαδήποτε άλλη περιοχή, αλλάζοντας τις συντεταγμένες που έχουν δοθεί για τον εντοπισμό των σημείων - σταθμών από τις υπηρεσίες τοποθεσίας (GPS) των κινητών συσκευών. Τέλος, έχουν σχεδιαστεί πέντε φύλλα εργασίας, τα οποία ονομάστηκαν «Αποστολές» και ένα ατομικό φύλλο αξιολόγησης, για να διαπιστωθεί ο βαθμός επίτευξης των αρχικά τιθέμενων στόχων.

Περιγραφή Μαθησιακών Δραστηριοτήτων

Φάση 1η (10-15 λεπτά)

Ως αφόρμηση, ο εκπαιδευτικός αναφέρει ένα περιστατικό που συνέβη με σκουπίδια που ήταν πεταμένα στο δρόμο και πώς αυτά μολύνουν το περιβάλλον. Ρωτά τους μαθητές τι θα έκαναν εάν ήταν παρόντες σε ένα ανάλογο σκηνικό και εάν γνωρίζουν τι είναι η ανακύκλωση. Στόχος του είναι να διερευνήσει την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών σχετικά με το θέμα. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μία ενημέρωση για τις δραστηριότητες που θα ακολουθήσουν, δίνονται οι οδηγίες για το κνηγι θησαυρού επαυξημένης πραγματικότητας και ορίζονται κανόνες αναφορικά με την χρήση των κινητών συσκευών και την σωστή συμπεριφορά των μαθητών έξω από τη σχολική αίθουσα.

Φάση 2η (45 λεπτά)

Για να ξεκινήσουν οι δραστηριότητες με την αξιοποίηση της επαυξημένης πραγματικότητας χρειάζεται οι μαθητές να δημιουργήσουν ομάδες εργασίας των τεσσάρων και πέντε ατόμων. Έπειτα, δίνεται σε κάθε ομάδα από μία κινητή συσκευή – τάμπλετ και μία επαναχρησιμοποιούμενη τσάντα

ανακύκλωσης, στην οποία θα συλλέγουν τα ανακυκλώσιμα σκουπιδο-στοιχεία που θα εντοπίζουν κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού.

Δραστηριότητα 1:

Τα μέλη κάθε ομάδας συναποφασίζουν και ορίζουν το όνομα της ομάδας τους με το οποίο και θα τους αναγνωρίζει το παιχνίδι. Στη συνέχεια κάθε ομάδα σκανάρει με την κινητή συσκευή που διαθέτει έναν ειδικό QR κωδικό που τους έχει δοθεί με την εφαρμογή Actionbound και ξεκινά την αναζήτηση των κρυμμένων σκουπιδο-στοιχείων, ακολουθώντας το βέλος - πυξίδα προσανατολισμού της εφαρμογής. Στο σημείο αυτό αξίζει να επισημανθεί ότι σε όλες τις συσκευές είναι ενεργοποιημένα τα δεδομένα κινητής τηλεφωνίας προκειμένου να υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο, καθώς και οι υπηρεσίες τοποθεσίας (GPS).

Δραστηριότητα 2:

Μόλις οι υπηρεσίες τοποθεσίας (GPS) κάθε συσκευής αναγνωρίσουν ότι οι ομάδες έφτασαν στον πρώτο σταθμό, προστίθενται 150πόντοι για την ομάδα και εμφανίζεται ειδικό μήνυμα που ζητά από τις ομάδες να εντοπίσουν στον χώρο τον πρώτο κρυμμένο φάκελο και το πρώτο τους σκουπιδο-στοιχείο. Μέσα στον φάκελο βρίσκεται μια φωτογραφία και η πρώτη τους Αποστολή - Φύλλο Εργασίας 1. Αξιοποιώντας την εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας Layar, οι μαθητές καλούνται να σκανάρουν τη φωτογραφία προκειμένου να τους εμφανιστεί ένα βίντεο με το στοιχείο για τον εντοπισμό του επόμενου σταθμού.

Δραστηριότητα 3:

Στη συνέχεια, οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε δύο κουίζ σχετικά με την ανακύκλωση και να ολοκληρώσουν την πρώτη τους αποστολή απαντώντας στις ερωτήσεις του Φύλλου Εργασίας 1. Οι απαντήσεις τόσο στο ηλεκτρονικό κουίζ της εφαρμογής όσο και στις ερωτήσεις των φύλλων εργασίας επιβραβεύεται με πόντους και η ομάδα με τους περισσότερους πόντους θα είναι η νικήτρια. Αναλυτικότερα, κάθε σωστή απάντηση στο ηλεκτρονικό κουίζ προσφέρει 100 πόντους, ενώ κάθε λανθασμένη αφαιρεί 10 πόντους από τις ομάδες. Οι πόντοι από τα φύλλα εργασίας ποικίλουν, ανάλογα με τη δυσκολία της άσκησης.

Δραστηριότητα 4:

Στο σημείο αυτό αξίζει να επισημανθεί, ότι το μοτίβο: αναγνώριση σταθμού-σημείου από τις υπηρεσίες τοποθεσίας (GPS), εντοπισμός κρυμμένου φακέλου και σκουπιδο-στοιχείου, σκανάρισμα του περιεχομένου του φακέλου με την εφαρμογή Layar, ολοκλήρωση αποστολής, απάντηση σε κουίζ ανακύκλωσης και συμπλήρωση Φύλλων Εργασίας, ακολουθείται στους πέντε από τους έξι σταθμούς από τους οποίους αποτελείται το παιχνίδι.

Ο εκπαιδευτικός σε όλη τη διάρκεια του παιχνιδιού αφήνει τους μαθητές να επεξεργαστούν και να διερευνήσουν το επαυξημένο περιεχόμενο κατά βούληση. Βέβαια, επιβλέπει διαρκώς τη διαδικασία της διερεύνησης και μεριμνά για τον συντονισμό και την εμπύχωση των ομάδων.

Δραστηριότητα 5:

Στον τελευταίο σταθμό του παιχνιδιού (κάδος ανακύκλωσης) ζητείται από τους μαθητές να τοποθετήσουν στον κάδο ανακύκλωσης τα ανακυκλώσιμα σκουπιδο-στοιχεία που έχουν συλλέξει στη διάρκεια του παιχνιδιού και να κάνουν μια ηχογράφιση που σηματοδοτεί τη ολοκλήρωση του παιχνιδιού. Στη συνέχεια, καταμετρούνται αυτόματα οι πόντοι κάθε ομάδας από την εφαρμογή και βγαίνει μια αρχική κατάταξη των ομάδων ως προς το παιχνίδι.

Φάση 3η (20 λεπτά)

Οι μαθητές και ο δάσκαλος γυρίζουν στην τάξη και κάθονται σε κύκλο. Κάθε ομάδα αθροίζει τους ήδη υπολογισμένους πόντους της εφαρμογής Επαυξημένης Πραγματικότητας, με τους πόντους από τις απαντήσεις τους στις Αποστολές, υπολογίζεται το τελικό σκορ και ανακηρύσσεται η νικήτρια ομάδα. Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές να γράψουν σε ένα λευκό χαρτόνι που

στη μέση είχε κολλημένο το σήμα της ανακύκλωσης, σχετικές φράσεις και συμβουλές, σύμφωνα με όσα αποκόμισαν από το παιχνίδι κινητής επαυξημένης πραγματικότητας.

Φάση 4η (10 λεπτά)

Τέλος, ο εκπαιδευτικός μοιράζει στους μαθητές ένα ατομικό Φύλλο Αξιολόγησης με ερωτήσεις συμπλήρωσης κενών και σωστού λάθους που δημιουργήθηκε από τις εκπαιδευτικούς, ώστε να διερευνηθούν οι γνώσεις που κατέκτησαν μέσα από την εναλλακτική αυτή διαδικασία. Το φύλλο αξιολόγησης είναι ατομικό, διότι θέλουμε να είμαστε σίγουροι για την επίτευξη των αρχικά τιθέμενων στόχων από όλους τους μαθητές, οι οποίοι στο μεγαλύτερο μέρος εργάστηκαν χωρίς τη βοήθεια του εκπαιδευτικού, αλλά σε συνεργασία με τα μέλη της ομάδας τους.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Αξιολόγηση Μαθητών

Όπως αναφέρθηκε η αξιολόγηση των γνώσεων που απέκτησαν οι μαθητές έπειτα από τη διδασκαλία με την αξιοποίηση της κινητής επαυξημένης πραγματικότητας πραγματοποιείται με το ατομικό φύλλο αξιολόγησης που χορηγείται στους μαθητές. Παρόλα αυτά, μέρος της αξιολόγησης αποτελεί και η μετέπειτα συμπεριφορά των μαθητών. Παραδείγματος χάρη αν μετά το σχόλασμα πάρουν μαζί τους τα ανακυκλώσιμα σκουπιδο-στοιχεία που είχαν μαζέψει κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού για να τα τοποθετήσουν στον κάδο ανακύκλωσης, χωρίς να χρειαστεί κάποια παρότρυνση από τον εκπαιδευτικό, αλλά με καθαρά δική τους πρωτοβουλία να εφαρμόσουν στην πράξη όσα έμαθαν.

Αξιολόγηση Σεναρίου

Για την αποτίμηση του σεναρίου αρχικά ζητείται από τους μαθητές να κάνουν οι ίδιοι μία κριτική, να εκφράσουν τη γνώμη τους, τονίζοντας τα στοιχεία που τους άρεσαν, που τους βοήθησαν, αλλά και αυτά που θεώρησαν αρνητικά ή θα επιθυμούσαν να διαφέρουν σε επόμενη αντίστοιχης μορφής διδασκαλία. Έπειτα, ο εκπαιδευτικός, έχοντας παρατηρήσει καθ' όλη τη διάρκεια της υλοποίησης του σεναρίου, το πως κύλησε η διαδικασία, τη συνεργασία μεταξύ τους, τις απαντήσεις τους, τον χρόνο που διήρκεσε έχει μία σφαιρική εικόνα. Επομένως, κρίνοντας με βάση την πρότερη εμπειρία του μπορεί να διαπιστώσει εάν η διδασκαλία με το σενάριο αυτό διέθετε τα αναμενόμενα οφέλη.

ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ – ΚΡΙΤΙΚΗ

Το διδακτικό σενάριο που περιγράφηκε υλοποιήθηκε με επιτυχία στο 112ο Δημοτικό Σχολείο Αθηνών και συγκεκριμένα σε τμήμα της Δ' Τάξης. Οι μαθητές συνεργάστηκαν και πάνω από όλα το διασκέδασαν. Από τις απαντήσεις τους και τις συζητήσεις στην τάξη έγινε εμφανές ότι οι στόχοι του κατακτήθηκαν από όλους. Το ενδιαφέρον τους ήταν μεγάλο και η συμμετοχή τους ενεργή.

Μοναδικός περιορισμός στο παιχνίδι στάθηκε η βιασύνη με την οποία αντιμετώπιστηκε από κάποιους μαθητές. Ειδικότερα, κάποιες ομάδες από τον ενθουσιασμό και την προσπάθεια να συναγωνιστούν τις υπόλοιπες ομάδες, δεν διάβαζαν προσεκτικά τις οδηγίες ή προσπερνούσαν αποστολές χωρίς να τις έχουν φέρει εις πέρας, με αποτέλεσμα να φτάσουν στον τερματισμό του παιχνιδιού χάνοντας πολλούς πόντους και κατά συνέπεια τη νίκη.

Κάνοντας μία γενική αποτίμηση της εναλλακτικής αυτής διδασκαλίας συμπεραίνουμε ότι οι μαθητές έχουν ανάγκη από μία πιο παιγνιώδη μορφή διδασκαλίας. Η επαυξημένη πραγματικότητα και οι κινητές συσκευές κινητοποίησαν και δραστηριοποίησαν σε μεγαλύτερο βαθμό τους μαθητές, οι οποίοι έδειξαν ενθουσιασμό. Ακόμα και οι πιο «ντροπαλοί» ωφελήθηκαν, ως ενεργά μέλη μίας ομάδας. Οι δραστηριότητες ένωσαν τον βιωματικό χαρακτήρα με τις νέες τεχνολογίες σε ένα επιτυχές εγχείρημα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Avraamidou, L. (2013). The use of mobile technologies in project-based science: A case study. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 32(4), 361-379.

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385.

- Billinghurst, M., & Duenser, A. (2012). Augmented reality in the classroom. *Computer*, 45(7), 56-63.
- Broll, W., Lindt, I., Herbst, I., Ohlenburg, J., Braun, A. K., & Wetzel, R. (2008). Toward next-gen mobile AR games. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 28(4).
- Carmigniani, J., & Furht, B. (2011). Augmented reality: an overview. In *Handbook of augmented reality* (pp. 3-46). Springer New York.
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449-462.
- Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer. Congressional Research Service, Library of Congress.
- Jeong, E. J., & Kim, D. J. (2009). Definitions, key characteristics, and generations of mobile games. In *Mobile computing: Concepts, methodologies, tools, and applications*, 289-295. IGI Global.
- Johnson, L. F., Levine, A., Smith, R. S., & Haywood, K. (2010). Key emerging technologies for elementary and secondary education. *The Education Digest*, 76(1), 36.
- Kamarainen, A. M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S., & Dede, C. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers & Education*, 68, 545-556.
- Koutromanos, G., & Avraamidou, L. (2014). The use of mobile games in formal and informal learning environments: a review of the literature. *Educational Media International*, 51(1), 49-65.
- Koutromanos, G., Sofos, A., & Avraamidou, L. (2015). The use of augmented reality games in education: a review of the literature. *Educational Media International*, 52(4), 253-271.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 282-293.
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. National Academies Press.
- Pence, H. E. (2011). Smartphones, smart objects, and augmented reality. *The Reference Librarian*, 52(1-2), 136-145.
- Perry, D. (2016). *An Analysis of Game-Based Learning for the Design of Digital Science Games* (Doctoral dissertation).
- Prensky, M. (2003). Digital game-based learning. *Computers in Entertainment (CIE)*.
- Roberts, A. (2012). A justification for STEM education. *Technology and engineering teacher*, 71(8), 1-4.
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44.
- Seppälä, P., & Alamäki, H. (2003). Mobile learning in teacher training. *Journal of computer assisted learning*, 19(3), 330-335.
- Soomro, S., Ahmad, W. F. W., & Sulaiman, S. (2013). Evaluation of mobile games using playability heuristics. In *International Visual Informatics Conference* (pp. 264-274). Springer.
- Squire, K. D., & Jan, M. (2007). Mad City Mystery: Developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. *Journal of science education and technology*, 16(1), 5-29.
- Van Krevelen, D. W. F., & Poelman, R. (2010). A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *International journal of virtual reality*, 9(2), 1-21.
- Yuen, S. C. Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)*, 4(1), 11.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Φύλλα Εργασίας ΑΠΟΣΤΟΛΗ 1

α) Εντοπίστε γύρω σας το πρώτο σκουπιδο-στοιχείο, φωτογραφίστε το και ανεβάστε τη φωτογραφία στο παιχνίδι. Στη συνέχεια, βάλτε το σκουπιδο-στοιχείο στην σακούλα ανακύκλωσης που σας έχει δοθεί.

β) Ζωγραφίστε σωστά το σήμα της ανακύκλωσης (20 πόντοι) και συνεχίστε την αναζήτηση του επόμενου σταθμού του παιχνιδιού.

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 2

α) Κάπου γύρω σας βρίσκεται και το δεύτερο σκουπιδο-στοιχείο. Εντοπίστε το, γράψτε πάνω του τα ονόματα από τα μέλη της ομάδας σας και στη συνέχεια βάλτε το στη σακούλα που σας έχει δοθεί.

β) Μία οικογένεια μαζεύει 27 ανακυκλώσιμα σκουπίδια σε 1 ημέρα. Σε 1 χρόνο (365 ημέρες) πόσα σκουπίδια θα έχει ανακυκλώσει; (40 πόντοι).

γ) Αναφέρετε τρία υλικά που μπορούν να ανακυκλωθούν (20 πόντοι).

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 3

α) Εντοπίστε γύρω σας το τρίτο σκουπιδο-στοιχείο, αλλάξτε του σχήμα με τα χέρια σας, φωτογραφίστε το και στη συνέχεια ανεβάστε τη φωτογραφία στο παιχνίδι. Μην ξεχάσετε να το βάλετε στη σακούλα ανακύκλωσης και να το έχετε μαζί σας στη συνέχεια της αναζήτησής σας.

β) Συζητήστε με την ομάδα σας και σημειώστε τρεις λόγους που θεωρείτε σημαντική την ανακύκλωση στη ζωή μας (60 πόντοι).

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 4

α) Εντοπίστε γύρω σας το τέταρτο σκουπιδο-στοιχείο και τοποθετήστε το στη σακούλα σας. Στη συνέχεια, συμφωνήστε με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας σας και αναφέρετε πως μπορούμε να ξεχωρίσουμε τον κάδο ανακύκλωσης από τον κανονικό (30 πόντοι).

β) Στο σχολείο μαζέψαμε 975 ανακυκλώσιμα σκουπίδια. Θα τα μοιράσουμε σε 25 υφασμάτινες σακούλες για να τα μεταφέρουμε στους μπλε κάδους ανακύκλωσης. Αν κάθε σακούλα έχει τον ίδιο αριθμό σκουπιδιών, πόσα σκουπίδια θα έχει κάθε σακούλα; (50 πόντοι).

ΑΠΟΣΤΟΛΗ 5

α) Εντοπίστε γύρω σας το πέμπτο και τελευταίο σκουπιδο-στοιχείο. Ελέγξτε αν στη σακούλα σας υπάρχουν τα τέσσερα προηγούμενα σκουπιδο-στοιχεία και στη συνέχεια τοποθετήστε και το νέο μέσα σε αυτή. Αν λείπει κάποιο θα σας αφαιρεθούν πόντοι, επομένως γυρίστε να το βρείτε και μετά κατευθυνθείτε προς τον τερματισμό.

β) Θέλουμε να πείσουμε τον κόσμο να ανακυκλώνει περισσότερο και να μην πετάει σκουπίδια όπου βρει. Τι θα μπορούσαμε να κάνουμε και με ποια επιχειρήματα θα τους κάναμε να αλλάξουν στάση; (40 πόντοι).

Φύλλο Αξιολόγησης

1) Δίπλα σε κάθε πρόταση σημείωσε (Σ) αν είναι σωστή ή (Λ) αν τη θεωρείς λανθασμένη.

- Μία σακούλα ανακύκλωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολλές φορές.
- Τα τρόφιμα και το λάδι δεν ανακυκλώνονται.
- Οι κάδοι ανακύκλωσης έχουν πράσινο χρώμα.
- Τα υφάσματα ανακυκλώνονται.
- Τα ανακυκλώσιμα απορρίμματα οδηγούνται σε κέντρα συλλογής.
- Το χαρτί, το μέταλλο, το πλαστικό και το γυαλί μπορούν να ανακυκλωθούν.
- Το σήμα της ανακύκλωσης αποτελείται από δύο βελάκια.
- Οι μπαταρίες ανακυκλώνονται.

2) Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις της παρένθεσης που λείπουν.

(διαλογής, ανακύκλωση, χαρτί, γυαλί, μπλε, μέταλλο, πλαστικό)

Η είναι μια πολύ σημαντική διαδικασία. Τα υλικά που μπορούν να ανακυκλωθούν σε έναν κάδο ανακύκλωσης είναι:,,, Μετά τους κάδους ανακύκλωσης τα απορρίμματα οδηγούνται σε ειδικά κέντρα που ονομάζονται κέντρα

Παιγνιδοποίηση στην Εκπαίδευση (Gamification in Education) στο πλαίσιο της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης

Καραολή Φανή

Εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης
Ειδικότητα : Πληροφορική (ΠΕ86)
fkaraoli@gmail.com

Περίληψη

Η νέα προσέγγιση στην εκπαιδευτική διαδικασία που αναφέρεται στην Παιγνιδοποίηση της Εκπαίδευσης, με αντικείμενο τη χρήση μηχανισμών που διέπουν τα ηλεκτρονικά παιχνίδια, έχει ως απώτερο στόχο την αύξηση του κινήτρου και του ενδιαφέροντος των εκπαιδευομένων. Έχουν ήδη καταγραφεί σε έρευνες τα οφέλη καθώς και οι περιορισμοί από την εφαρμογή της.

Η παρούσα ερευνητική εργασία είχε ως βασικό στόχο τη σχεδίαση και την εφαρμογή μηχανισμών παιγνιδοποίησης στην εκπαιδευτική διαδικασία καθώς και τη διερεύνηση της κινητοποίησης των εκπαιδευομένων ως απόρροια της εφαρμογής της.

Οι επιμέρους στόχοι που διατυπώθηκαν ως ερευνητικές υποθέσεις, αφορούν στη μεταβολή και στη διατήρηση ή όχι, του επιπέδου κινητοποίησης των εκπαιδευομένων σε διάφορες φάσεις της εκπαιδευτικής διαδικασίας με τη χρήση μηχανισμών παιγνιδοποίησης. Οι φάσεις αναφέρονται πριν και μετά την εφαρμογή καθώς και μετά από ένα χρονικό διάστημα από τη διακοπή της. Επιπλέον, διερευνήθηκε η μεταβολή της κινητοποίησης σε συνάρτηση με την ικανοποίηση των εκπαιδευομένων από τους μηχανισμούς παιγνιδοποίησης που εφαρμόστηκαν.

Η έρευνα στηρίχθηκε τόσο σε ποιοτική όσο και σε ποσοτική ανάλυση, τα δεδομένα και η ανάλυση των οποίων, συνδυάστηκαν ώστε να εξαχθούν και να καταγραφούν τα συμπεράσματα της έρευνας.

Τα αποτελέσματα υπέδειξαν την αύξηση της κινητοποίησης των εκπαιδευομένων από την εφαρμογή μηχανισμών παιγνιδοποίησης. Τα επίπεδα της κινητοποίησης μειώθηκαν μετά την παρέλευση ενός χρονικού διαστήματος από τη διακοπή της. Εν τούτοις, τα εσωτερικά κίνητρα που αναπτύχθηκαν διατήρησαν μεγαλύτερα επίπεδα κινητοποίησης από αυτά που καταγράφηκαν πριν από την εφαρμογή της. Σχετικά με τους μηχανισμούς παιγνιδοποίησης, τόσο το σύστημα πόντων όσο και οι αποστολές επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό τη μεταβολή της κινητοποίησης των εκπαιδευομένων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Παιγνιδοποίηση, κινητοποίηση

Εισαγωγή

Η έλλειψη αφοσίωσης των μαθητών, το χαμηλό κίνητρο στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι δεδομένα και έχουν αναδειχθεί ως μείζονα προβλήματα σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπαιδευομένων δεν θα περιέγραφαν τη διαδικασία της μάθησης στα πλαίσια του εκπαιδευτικού ιδρύματος, ως μια διασκεδαστική και ευχάριστη δραστηριότητα.

Τα τελευταία χρόνια, αναδεικνύεται μια νέα τάση, που φιλοδοξεί να δώσει λύση στο παραπάνω πρόβλημα, η παιγνιδοποίηση της εκπαίδευσης. Υπάρχει ένας τρόπος να βοηθήσουμε τα παιδιά να μάθουν, χρησιμοποιώντας αυτό που μπορούν να κάνουν καλύτερα, το παιχνίδι. Έτσι θα τα βοηθήσουμε, όχι μόνο μέσω της ενθάρρυνσης και της ενίσχυσης μεταξύ μαθητών και δασκάλων αλλά και μεταξύ των ίδιων των μαθητών (Yu-Kau Chu, 2013).

Αναφορικά με την εκπαίδευση, η εφαρμογή της παιγνιδοποίησης αφορά στη χρήση των χαρακτηριστικών και των μηχανισμών των παιχνιδιών, καθώς και των θετικών στοιχείων που αυτά επιφέρουν, στα πλαίσια της μαθησιακής κοινότητας με κύριο στόχο την αύξηση της αφοσίωσης των εκπαιδευομένων μέσα σε ένα ευχάριστο και διασκεδαστικό περιβάλλον. Στην εκπαίδευση υπάρχουν ήδη κάποια στοιχεία παιγνιδοποίησης, μέσω αμοιβών και βραβείων. Οι εκπαιδευόμενοι αμείβονται για τις επιθυμητές τους συμπεριφορές, ενώ τιμωρούνται για τις ανεπιθύμητες, όπως είναι η απόδοση βαθμών στο τέλος των τριμήνων/τετραμήνων, η προαγωγή ή όχι στην επόμενη τάξη (level up), τα

αριστεία, και οι έπαινοι σε ετήσια βάση. Επιπλέον οι μαθητές βαθμολογούνται για δραστηριότητες που ολοκληρώνουν, όπως γραπτές ή προφορικές δοκιμασίες.

Παρόλα αυτά, το σύστημα επιβράβευσης αποτυγχάνει, αφενός γιατί ο κύκλος ανατροφοδότησης είναι πολύ μεγάλος, λίγες φορές το ακαδημαϊκό έτος, και αφετέρου, γιατί πρωτεύον κριτήριο είναι η απόκτηση γνώσεων και δευτερεύον η προσπάθεια που καταβάλλεται καθώς και οι δεξιότητες που αποκτούνται. Οι δεξιότητες αυτές αποτελούν κυρίως δεξιότητες του 21ου αιώνα, όπως επίλυση προβλήματος, επικοινωνία, ομαδική εργασία, κριτική σκέψη, συνεργασία και καθοδήγηση. Οι σχολικοί κανόνες δεν πρέπει να λαμβάνουν υπόψη μόνο τα τυπικά αποτελέσματα αλλά και την αφοσίωση των εκπαιδευομένων σε συναισθηματικό και κοινωνικό επίπεδο. Έτσι, η παιχνιδοποίηση μπορεί να αλλάξει τους κανόνες, επηρεάζοντας τις συναισθηματικές εμπειρίες των εκπαιδευομένων, την αίσθηση ταυτότητας καθώς και την κοινωνική τους θέση (Salen & Zimmerman, 2003).

Παιχνιδοποίηση της εκπαίδευσης

Η ύπαρξη στοιχείων παιχνιδιού δεν μεταφράζεται άμεσα σε εμπλοκή των εκπαιδευομένων στην μαθησιακή διαδικασία (Lee et., 2011). Στην παιχνιδοποίηση είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε ποια είναι τα προβλήματα που αυτή καλείται να επιλύσει. Επιπλέον επιβάλλεται προσεκτική και στοχευμένη σχεδίαση και ανάπτυξη τρόπων αξιολόγησης αυτών των εφαρμογών, καθώς ο κύριος στόχος είναι, τα θετικά αποτελέσματα που πιθανόν να προκύψουν, να διαρκέσουν στον χρόνο.

Από τη βιβλιογραφία (Lee et., 2011), προκύπτει ότι η ανάπτυξη παιχνιδοποίησης μπορεί να αναπτυχθεί στην πράξη και να αποτελέσει θετική παρέμβαση, βασισμένη σε τρία κύρια επίπεδα: το γνωστικό, το συναισθηματικό και το κοινωνικό (Εικόνα 1).



Εικόνα 1- Επίπεδα ανάπτυξης παιχνιδοποίησης

- **Γνωστικό επίπεδο**

Στο περιβάλλον του παιχνιδιού, οι παίχτες καλούνται να ανακαλύψουν και να πειραματιστούν. Οι προκλήσεις που τους παρέχει το παιχνίδι είναι πλήρως εναρμονισμένες με το επίπεδο δεξιοτήτων κάθε παίχτη, και το επίπεδο δυσκολίας αυξάνει όσο αυξάνονται οι ικανότητες και οι δεξιότητές τους. Στα καλύτερα σχεδιασμένα παιχνίδια, η ανταμοιβή για την επίλυση ενός προβλήματος είναι ένα πιο δύσκολο πρόβλημα. Οι στόχοι που καλούνται να πραγματοποιήσουν είναι άμεσοι και μικρής ή μέτριας δυσκολίας. Επιπλέον η επίτευξη του εκάστοτε στόχου είναι δυνατή με διαφορετικούς τρόπους.

Αντίστοιχα, στην εκπαίδευση, οι εκπαιδευόμενοι προτρέπονται να πειραματιστούν και να ανακαλύψουν τη γνώση. Κάθε φορά, ο βασικός στόχος διασπάται σε επιμέρους στόχους, μικρής ή μέτριας δυσκολίας, οι οποίοι είναι επιτεύξιμοι. Έτσι ακόμα και «αδύνατοι» μαθητές μπορούν να επιτύχουν ένα μικρό στόχο και να νιώσουν περηφάνεια και ικανοποίηση, καθώς και να ενισχύσουν την αυτοπεποίθησή τους. Επιπλέον η ανατροφοδότηση καθώς και η επιβράβευση είναι άμεση, ξεφεύγοντας από τα ασαφή και μακροπρόθεσμα οφέλη, όπως αυτά ορίζονται από το σχολείο και τους κανόνες του, και οι μαθητές αποκτούν ξεκάθαρους στόχους. Ένας πολύ σημαντικός στόχος είναι να διατηρείται το ενδιαφέρον των εκπαιδευομένων δίνοντάς τους συνεχόμενες προκλήσεις με βάση το επίπεδό τους καθώς και τις προσωπικές τους δεξιότητες.

- **Συναισθηματικό επίπεδο**

Οι παίχτες ενός παιχνιδιού βιώνουν πολύ δυνατά συναισθήματα, τόσο θετικά όσο και αρνητικά. Κύρια θετικά συναισθήματα είναι η αισιοδοξία, η περηφάνεια, η διασκέδαση, η ευχαρίστηση, η περιέργεια και ο ενθουσιασμός. Αντίστοιχα, αρνητικά συναισθήματα είναι κυρίως η αποτυχία και η απογοήτευση (Mc Gonigal, 2011). Ακόμα και όταν ο παίκτης αποτυγχάνει, το περιβάλλον του

παιχνιδιού τον βοηθά να διαχειριστεί την αποτυχία του και να τη μετασχηματίσει σε θετική συναισθηματική εμπειρία. Αυτό επιτυγχάνεται καθώς οι παίκτες μαθαίνουν να παίζουν το παιχνίδι και τελικά φέρουν σε πέρας τις δοκιμασίες, μετά από επαναλαμβανόμενες αποτυχίες. Το αποτέλεσμα είναι οι παίκτες να συνεχίζουν να προσπαθούν, μαθαίνοντας από τα λάθη τους σε ένα ελεύθερο και χαμηλού ρίσκου περιβάλλον.

Στα πλαίσια των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, οι εκπαιδευόμενοι δρουν σε ένα περιβάλλον με μεγάλο κύκλο ανατροφοδότησης, όπου δεν έχουν τη δυνατότητα να επαναλάβουν μια δραστηριότητα τόσες φορές, όσες χρειαστεί για να τη φέρουν εις πέρας. Κάθε αποτυχημένη προσπάθεια «κοστίζει» και τιμωρείται με χαμηλές βαθμολογίες, δημιουργώντας άγχος αντί για προσδοκίες. Έτσι, οι εκπαιδευόμενοι βιώνουν την αποτυχία, η οποία κατά κανόνα τους οδηγεί σε απογοήτευση και μείωση του κινήτρου για μάθηση.

Η παιχνιδοποίηση, στοχεύει στη διαχείριση της αποτυχίας, βάζοντας χαμηλούς και εφικτούς στόχους, προσφέροντας άμεση ανατροφοδότηση και δημιουργώντας ένα περιβάλλον όπου επιβραβεύεται η προσπάθεια (Lee, 2011).

- Κοινωνικό επίπεδο

Τα παιχνίδια επιτρέπουν στους παίκτες να πειραματιστούν αναλαμβάνοντας ρόλους και ταυτότητες που πιθανόν να δίσταζαν να αναλάβουν στον πραγματικό κόσμο. Αναλαμβάνουν αποστολές στα πλαίσια της ομάδας και απολαμβάνουν κοινωνική αναγνώριση για τα επιτεύγματά τους (π.χ. συλλογή πόντων και παρασήμων, καλή θέση στον πίνακα κατάταξης, ολοκλήρωση ενός επιπέδου-πίστας του παιχνιδιού) από τους συμπαίκτες τους.

Με αντίστοιχο τρόπο, η παιχνιδοποίηση σε κοινωνικό επίπεδο φιλοδοξεί να δώσει τη δυνατότητα στους εκπαιδευόμενους να αναλάβουν ρόλους, να αναπτύξουν μια νέα ταυτότητα στα πλαίσια της ομάδας και τελικά να λάβουν την κοινωνική καταξίωση.

Οφέλη και όρια της Παιχνιδοποίησης

Η παιχνιδοποίηση της εκπαίδευσης μπορεί να παρακινήσει τους μαθητές να συμμετάσχουν μέσα στην τάξη, να παρέχει στους εκπαιδευτικούς καλύτερα εργαλεία, ώστε να καθοδηγήσουν και να επιβραβεύσουν τους μαθητές τους. Φιλοδοξεί να ενισχύσει την ανάγκη των μαθητών για εμπλοκή στη μαθησιακή διαδικασία και να τους εμπνεύσει στην επιδίωξη για μάθηση δια βίου και όχι μόνο στα πλαίσια ενός εκπαιδευτικού ιδρύματος (Lee et., 2011). Εφαρμόζοντας παιχνιδοποίηση στην τάξη, οι εκπαιδευόμενοι κινητοποιούνται να μάθουν, με νέες μεθόδους καθώς και να διασκεδάσουν, συμμετέχοντας σε ευχάριστες μαθησιακές δραστηριότητες (Hanus et., 2014).

Οι έρευνες έχουν δείξει ότι, όντως η εφαρμογή της παιχνιδοποίησης στην εκπαίδευση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κινήτρου, της αφοσίωσης καθώς και της ικανοποίησης από τη μαθησιακή δραστηριότητα. Από την άλλη, τα αποτελέσματα βασίζονται συχνά και εξαρτώνται από το ίδιο το περιεχόμενο του μαθήματος καθώς και από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των εκπαιδευομένων.

Εν τούτοις, η παιχνιδοποίηση δεν αποτελεί πανάκεια για όλους τους τομείς εφαρμογής της. Η έλλειψη λεπτομερούς σχεδίασης και προσεκτικής προετοιμασίας από τους εκπαιδευτικούς μπορεί να επιφέρει τα αντίθετα αποτελέσματα. Η πιο σημαντική αιτία αποτυχίας της παιχνιδοποίησης είναι ένα κακώς σχεδιασμένο παιχνιδοποιημένο σύστημα. Ως εκ τούτου, απαιτείται ένα συγκεκριμένο πλάνο που αφορά τους στόχους που επιθυμούμε να επιτύχουμε, τους χρήστες που θα το χρησιμοποιήσουν καθώς και την επιθυμητή συμπεριφορά που επιδιώκεται.

Η παιχνιδοποίηση βασίζεται αρχικά στην παροχή εξωτερικών κινήτρων. Όμως, δεν πρέπει να σχετίζεται μόνο με τη χρήση πόντων και επιβραβεύσεων αλλά πρέπει να είναι άρρηκτα συνδεδεμένη και να στοχεύει στην ενδογενή παρακίνηση χρησιμοποιώντας εργαλεία εξωγενούς παρακίνησης όπως virtual μετάλλια, δώρα, άβαταρς, πόντους, παράσημα και άλλες τεχνικές παιχνιδιών. Αυτό είναι και το κύριο «στοίχημα» για την επιτυχία της παιχνιδοποίησης. Αυτό που πρέπει να αποφευχθεί είναι, οι εκπαιδευόμενοι να εμπλέκονται μόνο όταν τους παρέχονται εξωτερικές ανταμοιβές. Τι συμβαίνει όταν αυτές σταματήσουν να υφίστανται;

Το παιχνίδι από τη φύση του είναι μια δραστηριότητα συνυφασμένη με την ελευθερία και τη διασκέδαση, δεν είναι μια δραστηριότητα εξαναγκαστική. Κάνοντας το παιχνίδι (δηλαδή την

παιχνιδοποιημένη μάθηση) υποχρεωτικό, είναι σχεδόν βέβαιο ότι δεν θα επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα στην πλειοψηφία των εκπαιδευομένων (McGonigal, 2011).

Όπως αναφέρει ο Piet van den Boer στο «Introduction to Gamification», κατά την εφαρμογή της παιχνιδοποίησης και όσον αφορά το σύστημα ανταμοιβών ενδέχεται να αναπτυχθεί αντικίνητρο (over justification). Αυτό συμβαίνει όταν το εσωτερικό κίνητρο που ωθεί τον εκπαιδευόμενο μειώνεται εξαιτίας της εφαρμογής μιας εξωτερικής αμοιβής. Ενδιαφέρον είναι το πείραμα του παιδικού σταθμού, όπου πολλοί γονείς συνηθίζουν να παραλαμβάνουν τα παιδιά τους αργοπορημένα, κάτι που εξαναγκάζει το προσωπικό του σταθμού να εργάζεται περισσότερες ώρες χωρίς αμοιβή. Για την επίλυση του προβλήματος εφαρμόστηκε η απόδοση προστίμου, με τη μορφή έξτρα αμοιβής για όσους γονείς αργούσαν να παραλάβουν τα παιδιά τους περισσότερο από πέντε λεπτά. Το αποτέλεσμα ήταν ότι το πρόβλημα εντάθηκε, καθώς οι γονείς το θεώρησαν ως «νομιμοποίηση» της συμπεριφοράς τους, αφαίρεσε τις τύψεις τους για την αργοπορία τους και μείωσε το εσωτερικό τους κίνητρο να παραλαμβάνουν τα παιδιά τους την προκαθορισμένη ώρα.

Αντίστοιχο ήταν το αποτέλεσμα από έτερο πείραμα όπου ζητήθηκε από τρεις ομάδες παιδιών ηλικίας 3-5 ετών, να κάνουν μια ζωγραφιά. Είναι αντιληπτό, πως η ζωγραφική είναι μια ευχάριστη και διασκεδαστική δραστηριότητα, οπότε τα παιδιά διαθέτουν το εσωτερικό κίνητρο της ευχαρίστησης να ζωγραφίζουν. Στην πρώτη ομάδα δόθηκε η υπόσχεση για απόδοση ενός αυτοκόλλητου ως ανταμοιβή για την ολοκλήρωση της ζωγραφιάς. Στην δεύτερη ομάδα δεν δόθηκε υπόσχεση αλλά ανταμείφθηκαν επίσης με το αυτοκόλλητο. Τέλος στην τρίτη ομάδα, δεν δόθηκε ούτε υπόσχεση αλλά ούτε και ανταμοιβή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πρώτη ομάδα έδειξε το λιγότερο ενδιαφέρον για τη ζωγραφική αλλά και η ποιότητα των έργων τους ήταν σαφώς χαμηλότερη από αυτά των άλλων ομάδων.

Η αποτελεσματικότητα της παιχνιδοποίησης και ιδιαίτερα όσον αφορά στην κοινωνική εμπλοκή και καταξίωση των εκπαιδευομένων και τα επίπεδα ανταγωνισμού που προάγονται, ακόμα και όταν αυτά στηρίζονται σε ευγενή άμιλλα, εξαρτάται από το χαρακτήρα των εκπαιδευομένων. Η χρήση πινάκων κατάταξης (leader boards) αυξάνουν το κίνητρο των εκπαιδευομένων καθώς βλέπουν το αποτέλεσμα της προσπάθειάς τους και την πρόδοό τους δημόσια, συγκρίνοντάς τη με αυτή των συμμαθητών τους. Αυτό όμως δεν συμβαίνει πάντα, καθώς υπάρχουν εκπαιδευόμενοι που νιώθουν επιπλέον άγχος για την κατάταξή τους στον πίνακα και τελικά αποθαρρύνονται. Επιπλέον υπάρχουν εκπαιδευόμενοι που δεν επιθυμούν να ανταγωνίζονται με τους συμμαθητές τους, με αποτέλεσμα να παράγονται τα αντίθετα αποτελέσματα (Domínguez et., 2013).

Δυναμικές, μηχανισμοί και αισθητική παιχνιδοποίησης

Το πιο δημοφιλές πλαίσιο σχεδιασμού παιχνιδοποιημένου περιβάλλοντος είναι το MDA (Cunningham, 2013), το οποίο αναφέρεται σε τρία βασικά στοιχεία (Εικόνα 2), τους μηχανισμούς τις δυναμικές και την αισθητική.

Στη βιβλιογραφία καταγράφονται επτά βασικά εργαλεία παιχνιδοποίησης (Iosup et., 2015). Αυτά διαχωρίζονται σε τρεις μηχανισμούς και τέσσερις δυναμικές:



Στη βιβλιογραφία καταγράφονται επτά βασικά εργαλεία παιχνιδοποίησης (Iosup et., 2015). Αυτά διαχωρίζονται σε τρεις μηχανισμούς και τέσσερις δυναμικές:

- **Μηχανισμοί:**

- Τα σύστημα πόντων (Point System)

Τα συστήματα πόντων διαχειρίζονται την απόδοση πόντων, οι οποίοι είναι μονάδες που ποσοτικοποιούν την αποτελεσματικότητα και την πρόοδο των εκπαιδευομένων. Οι εκπαιδευόμενοι ανταμείβονται με πόντους που αντιστοιχούν στη βαθμολογία του μαθήματος. Για παράδειγμα 1000 πόντοι μπορεί να αντιστοιχούν στο 100% της βαθμολογίας του μαθήματος. Επίσης οι πόντοι που έχουν αποκτηθεί μπορούν να χρησιμοποιηθούν ή να «καταναλωθούν» από τους εκπαιδευόμενους ώστε να έχουν τη δυνατότητα να προτείνουν ένα θέμα που επιθυμούν για να συζητηθεί στο επόμενο μάθημα. Ενδέχεται οι πόντοι να χαρακτηριστούν ως «ανενεργοί», όταν παρέλθει ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, όπως μετά την ολοκλήρωση μιας ενότητας ή με τη λήξη προθεσμίας παράδοσης μιας εργασίας.

- Επίπεδα, δύναμη, πρόσβαση (Levels, power, access)

Τα επίπεδα, οι δυνάμεις και η πρόσβαση είναι τρόποι που δίνουν κίνητρα στους εκπαιδευόμενους να παίζουν και να επιτύχουν. Ένα επίπεδο μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της συσσωρευτικής εμπειρίας, δηλαδή του συνόλου των πόντων. Το επίπεδο που έχει φτάσει ένας εκπαιδευόμενος μπορεί να αντιστοιχεί στον τελικό βαθμό του μαθήματος. Η πρόσβαση περιγράφεται ως οι ενέργειες που μπορεί να κάνει ένας εκπαιδευόμενος μέσα στο παιχνιδιοποιημένο σύστημα και αποδίδονται μετά από τη συνεχή επιθυμητή συμπεριφορά του εκπαιδευόμενου. Για παράδειγμα, μπορεί να δοθεί πρόσβαση στον εκπαιδευόμενο σε επιπλέον εκπαιδευτικό υλικό ή επιπλέον διαλέξεις. Η δύναμη (power), αναφέρεται στο τι έχει δικαίωμα να κάνει ο εκπαιδευόμενος και μπορεί να επιτευχθεί μέσω της διαρκούς συμμετοχής του, όπως να αριστεύει στις εξετάσεις ή να βοηθά του ομότιμους του.

- Πίνακες κατάταξης (Leaderboards)

Οι πίνακες κατάταξης χρησιμοποιούνται συχνά για τη σύγκριση των επιτευγμάτων των εκπαιδευομένων. Υπάρχουν ανώνυμοι πίνακες κατάταξης, όπου κάθε εκπαιδευόμενος μπορεί να δει μόνο τη δική του θέση και όχι των άλλων. Επιπλέον, υπάρχουν δημόσιοι πίνακες κατάταξης, όπου εμφανίζονται όλοι οι συμμετέχοντες καθώς και οι θέσεις που καταλαμβάνουν. Καλύτερη προσέγγιση είναι να φαίνεται η θέση του εκπαιδευόμενου στον πίνακα κατάταξης, μόνο σε σχέση με τον προηγούμενο και τον επόμενο, ώστε να μην απογοητεύεται και να εγκαταλείπει αν βρεθεί στις τελευταίες θέσεις του πίνακα.

- **Δυναμικές**

- Παράσημα (badges)

Τα παράσημα είναι τρόποι που παρουσιάζουν τα επιτεύγματα των συμμετεχόντων. Τα παράσημα ποσοτικοποιούν τα επιτεύγματα μέσω των προκλήσεων και των αποστολών που αναλαμβάνουν κάθε φορά οι εκπαιδευόμενοι. Η χρήση τους μπορεί να έχει διασκεδαστικό χαρακτήρα, όπως για παράδειγμα ένα παράσημο «αργοπορημένος αλλά έξυπνος», το οποίο κερδίζει ένα εκπαιδευόμενος που αργεί να προσέλθει στην τάξη, και του ζητείται να απαντήσει σε μια ερώτηση για να λάβει το παράσημο.

- Επιβίβαση (Onboarding)

Η «επιβίβαση» αναφέρεται στη διαδικασία κατά την οποία ένας «αρχάριος» εισάγεται στο σύστημα παιχνιδιοποίησης. Ορίζοντας εύκολους και επιτεύξιμους στόχους, αποφεύγεται η απογοήτευση και η αποχώρηση από την αρχή. Επιπλέον μπορεί να του αποδοθούν πόντοι «καλωσορίσματος» ώστε να ενισχυθεί το ενδιαφέρον του.

- Κύκλοι κοινωνικής εμπλοκής (social engagement cycles).

Οι εκπαιδευόμενοι ως μέλη ομάδων έχουν πολύ σοβαρό κοινωνικό κίνητρο να είναι ενεργοί και παρόντες ώστε να συνεισφέρουν στην ομάδα για να έχει καλύτερα αποτελέσματα.

- Ξεκλειδώμα περιεχομένου (Unlocking content)

Το ξεκλειδώμα περιεχομένου είναι ένα δυνατό εργαλείο που μπορεί να ελέγχει την εξέλιξη του μαθήματος. Οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να ξεκλειδώσουν και να έχουν πρόσβαση στην επόμενη ενότητα του μαθήματος, μόνο εφόσον έχουν ολοκληρώσει την προηγούμενη ενότητα. Οι δυνατοί μαθητές μπορούν να ξεκλειδώσουν συμπληρωματικό υλικό και πιο απαιτητικές ασκήσεις και εργασίες.

Πλατφόρμα Παιχνιδιοποίησης

Για την εφαρμογή της παιχνιδιοποίησης στα πλαίσια της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, με τη χρήση νέων τεχνολογιών, χρησιμοποιήθηκε η εκπαιδευτική πλατφόρμα ClassDojo, η οποία υλοποιεί αρκετούς από τους μηχανισμούς παιχνιδιοποίησης που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Το ClassDojo είναι ένα Web 2.0 εργαλείο που δημιουργήθηκε στις Η.Π.Α., είναι δωρεάν και μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση εκπαιδευτικοί, μαθητές και γονείς. Αποδίδεται και στην ελληνική γλώσσα. Η είσοδος στην διαδικτυακή εφαρμογή γίνεται από την διεύθυνση www.classdojo.com ενώ λειτουργεί σε iOS, Android και σε κάθε υπολογιστή. Χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο, ιδιαίτερα στις ΗΠΑ, όπου ένα στα δύο σχολεία χρησιμοποιούν την πλατφόρμα στην εκπαιδευτική διαδικασία. Στην Ελλάδα, όπου έχει εφαρμοστεί παιχνιδιοποίηση στην εκπαίδευση μέσω νέων τεχνολογιών, το ClassDojo κατέχει εξέχουσα θέση. Η υποστήριξη των εκπαιδευτικών από την ίδια την πλατφόρμα είναι σε πολύ ικανοποιητικό επίπεδο καθώς παρέχει αναλυτικά εγχειρίδια χρήσης τόσο για εκπαιδευτικούς όσο και για γονείς και μαθητές. Παρέχει επίσης δυνατότητα συμμετοχής σε κοινότητες στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης (facebook, twitter). Η προστασία και η ιδιωτικότητα των δεδομένων είναι διασφαλισμένη καθώς χρησιμοποιούνται υπηρεσίες ασφάλειας δεδομένων (Amazon's Web Services).

Στοιχεία παιχνιδιοποίησης

- Χαρακτήρας (avatar) – ορισμός προφίλ εκπαιδευόμενου

Κάθε εκπαιδευόμενος δηλώνει το όνομά του, κάνοντας χρήση του πραγματικού ονόματος ή κάποιου ψευδώνυμου. Επιπλέον επιλέγει ένα εικονίδιο που εμφανίζεται δίπλα από το όνομά του και τον αντιπροσωπεύει.

Προσωπικός χαρακτήρας δηλώνεται επίσης και στις ομάδες εργασίας των εκπαιδευόμενων. Οι εκπαιδευόμενοι λειτουργούν σε μικρές ομάδες, 2-3 ατόμων (κάνοντας από κοινού χρήση μιας θέσης ηλεκτρονικού υπολογιστή, στο σχολικό υπολογιστικό εργαστήριο). Κάθε ομάδα επιλέγει ένα ψευδώνυμο όπως φαίνεται στην Εικόνα 3 (“Golden boys”, “Πονηρές Αλεπούδες” κ.α.).



Εικόνα 3 – Παιχνιδιοποιημένο περιβάλλον classdojo

- Σύστημα ανταμοιβών και ποινών

Το σύστημα ανταμοιβών και ποινών σχεδιάστηκε με την απόδοση θετικών και αρνητικών πόντων, σε ατομικό και ομαδικό επίπεδο. Η απόδοση θετικών πόντων αντιπροσωπεύεται από θετικές ενέργειες των εκπαιδευόμενων, ενώ αντίστοιχα η απόδοση αρνητικών πόντων αντιπροσωπεύει μη επιθυμητές ενέργειες.

Οι πόντοι που χρησιμοποιούνται αναλύονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

Πόντοι εμπειρίας (XP, experience points) : οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να ποσοτικοποιήσουν τη δραστηριότητα του εκπαιδευόμενου. Κάθε φορά που ο εκπαιδευόμενος ολοκληρώνει μία ενέργεια, αποστολή ή δραστηριότητα επιβραβεύεται με πόντους εμπειρίας οι οποίοι αποτελούν μία μέθοδο ώστε οι χρήστες να καθοδηγούνται μέσα στο παιχνιδιοποιημένο σύστημα και να περνούν σε επόμενα επίπεδα.

Πόντοι φήμης (RP, Reputation points): οι οποίοι επιβραβεύουν συμπεριφορές σε συγκεκριμένη περιοχή και θεματολογία, π.χ. προτείνοντας μια πρωτότυπη ιδέα ή λαμβάνοντας πρωτοβουλία. Οι πόντοι φήμης είναι ιδιαίτερα σημαντικοί καθώς συνδέονται με τη φήμη του εκπαιδευόμενου στο σχολικό περιβάλλον και την καταξίωσή του στην ομάδα αλλά και στην ολομέλεια της τάξης, ενισχύοντας την αυτοπεποίθησή του.

Πόντοι Κάρμα (Karma points) : οι οποίοι είναι οι μόνοι πόντοι που δεν λειτουργούν συσσωρευτικά, αλλά στόχο έχουν να αποδίδονται από τους εκπαιδευόμενους στους συνεκπαιδευμένους τους για διάφορους λόγους. Αν ο εκπαιδευόμενος δεν αποδώσει τους πόντους κάρμα, τότε αυτοί θεωρούνται αρνητική βαθμολογία.

Η σχεδίαση των πόντων βασίζεται σε ποικίλες κατηγορίες ενεργειών θετικές και αρνητικές όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4-Ανταμοιβές & Ποινές

Από τα ευρήματα της ποιοτικής ανάλυσης, η οποία πραγματοποιήθηκε μέσω συνεντεύξεων με εκπαιδευτικούς διαφόρων ειδικοτήτων, η χρήση των πόντων εστιάζει περισσότερο στις ανταμοιβές και λιγότερο στις ποινές καθώς η επιβράβευση και η ενθάρρυνση δημιουργεί θετικό κλίμα για περαιτέρω προσπάθεια και συμμετοχή. Επιπλέον, μετριάζει το φόβο της αποτυχίας, καθώς ανταμείβεται όχι μόνο η τελική επίδοση αλλά κυρίως η προσπάθεια και η επίτευξη έστω και μικρών, εφικτών στόχων.

Η χρήση των αρνητικών πόντων, έχει ως κύριο στόχο την διασφάλιση των κανόνων του «παιχνιδιού». Οι κανόνες αντιστοιχούν σε συμπεριφορές των εκπαιδευομένων, οι οποίες επιτρέπουν την ομαλή διεξαγωγή των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων.

Οι θετικοί πόντοι είναι σε κλίμακα, από 1 έως 5, ανάλογα με την κατηγορία. Οι κατηγορίες αναφέρονται στην απόδοση, τη συμμετοχή, την πρωτοτυπία, την προσπάθεια και τη συνεργασία του μαθητή στην ομάδα του αλλά και στην ολομέλεια, όταν αυτό καθορίζεται. Αναλυτικότερα οι θετικοί πόντοι καταγράφονται στον Πίνακα 5, και όπως έχουν σχεδιαστεί στο περιβάλλον παιχνιδιοποίησης Classdojo στην Εικόνα 5.

Θετικές ενέργειες	Περιγραφή	Πόντοι	Τύπος πόντων
Απόδοση	Ολοκλήρωση αποστολής	+2	Πόντοι εμπειρίας
	Ολοκλήρωση αποστολής - 1 ^{ος}	+4	Πόντοι φήμης
	Ολοκλήρωση αποστολής - 2 ^{ος}	+3	Πόντοι φήμης
	Εξαιρετική ποιότητα εργασίας	+4	Πόντοι φήμης
Συμμετοχή	Συμμετοχή	+2	Πόντοι εμπειρίας
Πρωτοτυπία	Πρωτότυπη ιδέα	+4	Πόντοι εμπειρίας
Προσπάθεια	Προσπάθεια βάση στόχου	+2	Πόντοι εμπειρίας
	Επιμονή για το καλύτερο	+3	Πόντοι εμπειρίας
Συνεργασία	Καλή συνεργασία με την ομάδα	+2	Πόντοι εμπειρίας

Πίνακας 1 - Ανταμοιβές - Θετικοί πόντοι



Εικόνα 2- Ανταμοιβές στο classdojo

Οι αρνητικοί πόντοι, αναφέρονται σε συμπεριφορές εκτός των κανόνων που έχουν προκαθοριστεί, ώστε να διεξάγεται με εύρυθμο τρόπο η εκπαιδευτική διαδικασία. Τέτοιες συμπεριφορές που παρεμποδίζουν την εκπαιδευτική διαδικασία αναφέρονται στα:

- Ασέβεια-αγένεια απέναντι στους συμμαθητές και στον εκπαιδευτικό,
- Αργοπορία προσέλευσης στο σχολικό εργαστήριο χωρίς δικαιολογία, και
- Ασκοπη περιήγηση στο διαδίκτυο.

Για την εφαρμογή της απόδοσης πόντων κάρμα μεταξύ συνεκπαιδευομένων, χρησιμοποιήθηκαν οι αρνητικοί πόντοι. Συγκεκριμένα, ένας εκπαιδευόμενος «χρεώνεται» πόντους κάρμα (πόντοι με αρνητικό πρόσημο), τους οποίους πρέπει να αποδώσει ως θετικούς πόντους, σε συνεκπαιδευομένους του, κρίνοντας τη θετική τους απόδοση, ως προς τη συμμετοχή, τη συνεργασία και την απόδοσή τους κατά τη διάρκεια των αποστολών. Για παράδειγμα, ένας μαθητής ο οποίος βοήθησε την ομάδα να ολοκληρώσει σε μικρό χρόνο την αποστολή, μπορεί να λάβει πόντους κάρμα από τους συμμαθητές του («Καλή συνεργασία με την ομάδα»).

Αναλυτικότερα οι αρνητικοί πόντοι καταγράφονται στον Πίνακα 6, και όπως έχουν σχεδιαστεί στο περιβάλλον παιχνιδοποίησης Classdojo στην Εικόνα 6.

Αρνητικές ενέργειες	Περιγραφή	Πόντοι
Άσκοπη χρήση του διαδικτύου	Άσκοπο surfing	-3
Αργοπορία	Αργεί να μπει στο εργαστήριο	-1
Ασέβεια- αγένεια	Αγενής απέναντι στους συμμαθητές και στον εκπαιδευτικό	-2
Πόντοι κάρμα που πρέπει να αποδοθούν στους συμμαθητές από τον εκπαιδευόμενο σε άλλους	Δώσε πόντους	-4

Πίνακας 2- Ποινές - Αρνητικοί πόντοι



Εικόνα 6- Ποινές στο classdojo

Οι πόντοι, αρνητικοί και θετικοί, αποδίδονται στο τέλος του δίωρου εβδομαδιαίου μαθήματος και χρησιμοποιούνται από τον εκπαιδευτικό με εγκράτεια και σύμφωνα με τους κανόνες που έχουν οριστεί. Για παράδειγμα η απόδοση πόντων για «Εξαιρετική ποιότητα εργασίας» δεν μπορεί να αποδίδονται όταν η εργασία δεν χαρακτηρίζεται από πληρότητα και πολύ καλή ποιότητα.

- Επιβίβαση (Onboarding)

Η «επιβίβαση» είναι ένας μηχανισμός παιχνιδιοποίησης που εφαρμόζεται για να ενθαρρύνει τους νέους εκπαιδευόμενους στην παιχνιδιοποίηση, με απώτερο στόχο την αποφυγή της απογοήτευσης και την μετρίαση του φόβου που απορρέει από την ενασχόληση με κάτι καινούριο και άγνωστο.

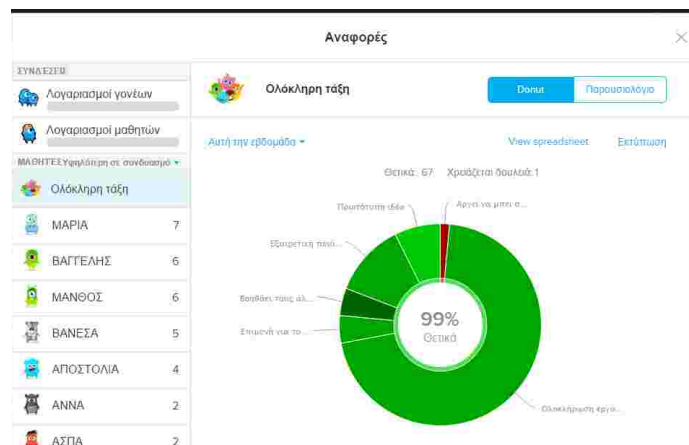
Έτσι, κατά την έναρξη της εφαρμογής παιχνιδιοποίησης, οι μαθητές ενθαρρύνονται και τους αποδίδεται εμπιστοσύνη από μέρους του εκπαιδευτικού. Αυτό επιτυγχάνεται με την απόδοση πόντων «συνεργασίας» (+2 πόντοι) και «συμμετοχής» (+2 πόντοι), αρχίζοντας με θετικό πρόσημο πόντων.

- Πίνακες κατάταξης

Οι πίνακες κατάταξης είναι ένας από τους μηχανισμούς παιχνιδιοποίησης, για τους οποίους έχουν ειπωθεί και αποδειχθεί θετικά και αρνητικά αποτελέσματα, τα οποία κρίνονται κυρίως από το προφίλ των εκπαιδευομένων. Σύμφωνα με τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών, όπως καταγράφηκαν και αναλύθηκαν στην ποιοτική ανάλυση, οι πίνακες κατάταξης, ενδέχεται να δημιουργήσουν αρνητικό ανταγωνισμό και τελικά να δυσαρεστήσουν και να αποθαρρύνουν τους εκπαιδευόμενους. Οι εκπαιδευόμενοι με χαμηλή απόδοση, βρίσκονται στις τελευταίες θέσεις του πίνακα κατάταξης και βιώνουν το αίσθημα της αποτυχίας και της χαμηλής αυτοεκτίμησης. Από την άλλη, μαθητές που είναι ανταγωνιστικοί ως στοιχείο του χαρακτήρα τους, δρουν αποδοτικά με την χρήση πινάκων κατάταξης.

Ένας πίνακας κατάταξης δίχως αξιολόγηση είναι μια μη ταξινομημένη λίστα ονομάτων και πόντων χωρίς νόημα (Landers et, 2015). Ως εκ τούτου η ενημέρωση του πίνακα κατάταξης βασίστηκε και συνδέθηκε με το συνολικό αριθμό πόντων των εκπαιδευομένων. Ο πρώτος που αναφέρεται στον πίνακα κατάταξης αντιστοιχεί στον εκπαιδευόμενο που έχει κερδίσει τους περισσότερους πόντους. Όπως έχει διατυπωθεί, το σύστημα ανταμοιβών και ποινών, βασίζεται σε ικανότητες και δεξιότητες των εκπαιδευομένων που δεν συνδέονται μόνο με την επίδοση του εκπαιδευόμενου. Έτσι επιβραβεύονται εκπαιδευόμενοι που ενώ έχουν χαμηλή επίδοση, χαρακτηρίζονται από δεξιότητες και ικανότητες συνεργασίας, έχουν φαντασία και πρωτότυπες ιδέες. Με αυτό τον τρόπο, δύναται να «αναρριχηθούν» στις πρώτες θέσεις του πίνακα κατάταξης.

Οι πίνακες κατάταξης χρησιμοποιήθηκαν ώστε να απεικονίζουν σε φθίνουσα σειρά τους εκπαιδευόμενους σε συνάρτηση με τους συνδυασμένους πόντους (θετικοί-αρνητικοί πόντοι), όπως εμφανίζεται στην Εικόνα 7. Επιπλέον, το σύνολο των συνδυασμένων πόντων που έχουν αποκτήθει από το σύνολο του τμήματος των εκπαιδευομένων μπορεί να συγκριθεί με τα σύνολα των άλλων τμημάτων, ώστε να δημιουργηθεί συναγωνισμός μεταξύ τμημάτων, προάγοντας την άμιλλα και την αλληλοβοήθεια των μαθητών του εκάστοτε τμήματος.







Εικόνα 3- Πίνακας κατάταξης - με συνδυασμένους πόντους(+,-)

- Παράσημα (Badges)

Η απόδοση παρασήμων – βραβείων έχει ως βασικό στόχο την ποσοτικοποίηση των επιτευγμάτων του εκπαιδευόμενου και τελικά την επιβράβευση. Τα παράσημα αποδίδονται σε εβδομαδιαία βάση, ανά εκπαιδευόμενο και σε συνάρτηση με την προσπάθεια και τη συμμετοχή του, καθώς και την απόδοσή του στις αποστολές. Έχουν οριστεί τέσσερα παράσημα που σχετίζονται με την προσπάθεια,

τη συμμετοχή, τη συνεργασία, την επιμονή προς το καλύτερο καθώς και το σύνολο των πόντων που έχουν κατακτηθεί (Πίνακας 7).

	Το παράσημο «Good work» (Καλή δουλειά) αποδίδεται στον εκπαιδευόμενο για την προσπάθεια και τη συμμετοχή του στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες
	Το παράσημο «Καλή συνεργασία» αποδίδεται στους εκπαιδευόμενους των ομάδων που συνεργάζονται με κοινό στόχο την ολοκλήρωση της εκάστοτε αποστολής.
	Το παράσημο «Διαμάντι» αποδίδεται στους εκπαιδευόμενους για την επιμονή τους προς το καλύτερο σε συνάρτηση με την ποιότητα και την ταχύτητα επίτευξης του εκπαιδευτικού στόχου.
	Το παράσημο «Πρωταθλητής» αποδίδεται στον/στους εκπαιδευόμενους που κατέλαβαν την 1η θέση στον πίνακα κατάταξης (σε εβδομαδιαία βάση).

Πίνακας 3-Παράσημα

Μεθοδολογία της έρευνας

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει το επίπεδο κινητοποίησης των μαθητών από την εφαρμογή της εκπαιδευτικής προσέγγισης της παιχνιδοποίησης. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα είναι 113 μαθητές, 53 αγόρια και 60 κορίτσια, ενός δημόσιου ελληνικού σχολείου πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ηλικίας από 10 έως 14 ετών. Η διεξαγωγή της έρευνας ως προς το εκπαιδευτικό περιεχόμενο βασίστηκε στην διδασκαλία του Scratch, ως περιβάλλοντος προγραμματισμού, στο μάθημα των ΤΠΕ (Τεχνολογία Πληροφοριών και Επικοινωνίας).

Για την επίτευξη του στόχου της έρευνας διατυπώθηκαν οι εξής ερευνητικές υποθέσεις:

Η εφαρμογή παιχνιδοποίησης, με στόχο την μακροπρόθεσμη αλλαγή στη συμπεριφορά των «παικτών», θα πρέπει να σχεδιαστεί ώστε να καταλήγει σε ένα τέλος και να τους επαναφέρει σε συνθήκες του πραγματικού κόσμου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί σταδιακά, μειώνοντας σε επίπεδα τους μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται. Ενδέχεται αυτή η μείωση να επιφέρει μείωση των κινήτρων που έχουν ήδη δημιουργηθεί από την παιχνιδοποίηση (Nicholson, 2015). Έτσι διατυπώνεται η εξής ερευνητική υπόθεση:

H1: Η διακοπή της παιχνιδοποίησης προκαλεί τη μείωση της κινητοποίησης των εκπαιδευόμενων

Κατά την εφαρμογή της παιχνιδοποίησης, δεν είναι προφανή, τα δυνατικά οφέλη ή οι επιπτώσεις, σε μακροχρόνιο επίπεδο. Οι «παίκτες» μπορούν να ενθαρρύνονται να κάνουν κάτι, οδηγούμενοι από εσωτερικά ή εξωτερικά κίνητρα. Μια μετα-ανάλυση από τους Deci, Koestner, και Ryan (2001) από 128 μελέτες που εξέτασαν το κίνητρο σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα διαπίστωσε ότι σχεδόν όλες οι μορφές ανταμοιβών μείωσαν τελικά την εσωτερική παρακίνηση.

Έτσι, εάν ο σχεδιασμός της παιχνιδοποίησης χρησιμοποιείται αποκλειστικά με την παροχή εξωτερικών κινήτρων-εξωτερικών ανταμοιβών και, στη συνέχεια, αποφασίζεται η διακοπή εφαρμογής της, οι «παίκτες» είναι λιγότερο πιθανό να συνεχίσουν την «καλή» συμπεριφορά χωρίς την εξωτερική ανταμοιβή (Deci, Koestner & Ryan, 2001).

Εντούτοις, ο σχεδιασμός του παιχνιδοποιημένου περιβάλλοντος, βασίζεται σε εξωτερικά αλλά και σε εσωτερικά κίνητρα, τα οποία ενδέχεται να μειωθούν μετά τη διακοπή της παιχνιδοποίησης. Η δεύτερη ερευνητική υπόθεση, έχει ως στόχο να διερευνήσει αν η εφαρμογή της παιχνιδοποίησης ήταν ικανή να διατηρήσει ένα μέρος των εσωτερικών κινήτρων, μετά τη διακοπή της.

H2: Η κινητοποίηση των εκπαιδευόμενων μετά τη διακοπή της παιχνιδοποίησης διατηρήθηκε σε επίπεδα μεγαλύτερα από την κινητοποίησή τους πριν από την εφαρμογή της παιχνιδοποίησης

Η εφαρμογή μηχανισμών παιχνιδοποίησης, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κινητοποίησης των εκπαιδευόμενων, στην διαδικασία της μάθησης. Εν τούτοις, κάποιες από αυτές έχουν πιο θετικά αποτελέσματα σε σύγκριση με άλλες. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή συστήματος ανταμοιβών με πόντους είχε ως αποτέλεσμα, οι εκπαιδευόμενοι κατά 50%, να προσπαθήσουν περισσότερο, ώστε να είναι σε

θέση να ολοκληρώσουν τις αποστολές και να λάβουν πόντους και ανταμοιβές (Seaborn et.,2014). Η εφαρμογή συστήματος πόντων αποτέλεσε μια πολύ ενδιαφέρουσα διαδικασία αξιολόγησης, εμπεριέχει την δημιουργία ανταγωνισμού και αποτελεί έναν μηχανισμό συνεχούς ανατροφοδότησης σχετικά με την πρόοδο των εκπαιδευομένων (Seaborn et.,2014).

Από την άλλη, η εφαρμογή πινάκων κατάταξης δεν είχε πάντα τα επιθυμητά αποτελέσματα. Οι απόψεις των εκπαιδευομένων ήταν ότι οι πίνακες κατάταξης συνδέονται άμεσα με τον ανταγωνισμό και αυτό μπορεί να αποτελέσει κίνητρο για να γίνουν καλύτεροι (Cheong et., 2014). Εντούτοις διακρίνεται ένας σημαντικός αριθμός εκπαιδευομένων που βιώνει δυσανεξία από τον ανταγωνισμό και θεωρεί ότι η κατάταξη δεν αντιστοιχεί με ακρίβεια στα επίπεδα γνώσης κάθε εκπαιδευόμενου (Dimonguez et., 2014).

Όσον αφορά την απόδοση παρασήμων, παρά το ότι η εφαρμογή τους προσδίδει μεγάλα επίπεδα ευχαρίστησης καθώς συνδέεται με τη διαδικασία απόκτησης συλλογών καθώς και με το αίσθημα της ιδιοκτησίας (Cheong et., 2014, Denny, 2013), η απόκτησή τους από τους εκπαιδευόμενους γίνεται σε μικρότερη συχνότητα, σε σύγκριση με αυτή που επιτυγχάνεται στο σύστημα πόντων.

Έτσι διατυπώνεται η τρίτη ερευνητική υπόθεση (H3) ως εξής:

H3: Η κινητοποίηση των εκπαιδευομένων μέσα σε ένα παιχνιδιοποιημένο περιβάλλον, επηρεάζεται περισσότερο από το σύστημα πόντων και λιγότερο από τις αποστολές, τους πίνακες κατάταξης, τα τυχαία γεγονότα και τα παράσημα.

Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα της έρευνας, αναλύονται σε κάθε μία από τις τρεις φάσεις της έρευνας, όπως αυτές καθορίστηκαν στη μέθοδο της έρευνας.

- Η φάση άνευ παιχνιδιοποίησης

Κατά την πρώτη φάση, της εκπαιδευτικής δραστηριότητας άνευ παιχνιδιοποιημένων μηχανισμών, καταγράφηκαν ήδη ικανοποιητικά επίπεδα κινητοποίησης των εκπαιδευομένων, με μέσο όρο κινητοποίησης 3,72 (+0,69) σε κλίμακα από 1 έως 5. Αυτό ενδεχομένως οφείλεται στη φύση και τη δομή του μαθήματος των ΤΠΕ, το οποίο ανήκει στα αντικείμενα με μεγάλο ενδιαφέρον για τους εκπαιδευόμενους.

- Η φάση της παιχνιδιοποίησης

Η έναρξη της φάσης της παιχνιδιοποίησης είχε εξαιρετικά θετικές αντιδράσεις από τους εκπαιδευόμενους, οι οποίοι παίζουν και απολαμβάνουν τα ηλεκτρονικά παιχνίδια σε ποσοστό 96,4%. Εξέφρασαν συναισθήματα ανυπομονησίας, ενθουσιασμού και περιέργειας. Οι αντιδράσεις, συνδέονται με το προφίλ των εκπαιδευομένων, οι οποίοι, σύμφωνα με τις προτιμήσεις τους ως προς τα χαρακτηριστικά των ηλεκτρονικών παιχνιδιών αρέσκονται περισσότερο στην κατάκτηση των πρώτων θέσεων στους πίνακες κατάταξης, καθώς και για παιχνίδια με αντίπαλους άλλους χρήστες.

Η εφαρμογή της παιχνιδιοποίησης, σε περίοδο πέντε εβδομάδων, είχε θετικά αποτελέσματα, ως προς την κινητοποίηση των εκπαιδευομένων στο μάθημα των ΤΠΕ. Ο μέσος όρος κινητοποίησης των εκπαιδευομένων μετά την εφαρμογή της παιχνιδιοποίησης ήταν 3,9447 (+0,66). Η διαφορά κινητοποίησης μεταξύ παιχνιδιοποίησης και μη, ήταν θετική και στατιστικά σημαντική, κατά 0,22197 μονάδες.

Η ποσοτική έρευνα ως προς την αύξηση της κινητοποίησης των εκπαιδευομένων από την εφαρμογή παιχνιδιοποίησης, ενισχύεται από την άποψή τους, σχετικά με το πόσο τους άρεσε η εφαρμογή του παιχνιδιοποιημένου περιβάλλοντος (Ερώτηση: «Μου άρεσε η χρήση του παιχνιδιοποιημένου περιβάλλοντος;», Ερωτηματολόγιο #2), όπου σε ποσοστό 77,3% είναι πολύ και πάρα πολύ ικανοποιημένοι ενώ μόνο σε 4,5 % δεν τους άρεσε καθόλου.

Από την ποιοτική ανάλυση, προκύπτει ότι η αρέσκειά τους, από την εφαρμογή παιχνιδιοποίησης οφείλεται στην δικαιοσύνη ως προς τον τρόπο αξιολόγησης της προσπάθειάς τους («μου άρεσε, γιατί υπήρχε δικαιοσύνη», «βोधήθησε να διακριθούν αυτοί που προσπαθούν περισσότερο και έκαναν καλή δουλειά»), στην καλή συνεργασία με την ομάδα για την επίτευξη του κοινού στόχου, να αποκτήσουν περισσότερους πόντους, παράσημα, και τελικά την αποδοχή και την καλή φήμη της ομάδας («Με έκανε να καταλάβω ότι όταν συνεργάζομαι καλά με την ομάδα μου μπορώ να ολοκληρώσω με επιτυχία τις αποστολές μου»). Επιπρόσθετα, αρέσκονται στην άμεση ανατροφοδότηση τόσο της

προσπάθειας όσο και της ανταμοιβής («Για την καλή μου δουλειά κέρδιζα πόντους και παράσημα και σιγά σιγά ανέβηκα στον πίνακα κατάταξης.», «Κάθε καλή μου προσπάθεια φαίνεται στο Classdojo.»). Η προτίμησή τους προς την εφαρμογή της παιχνιδοποίησης συνδέεται επίσης με τον παράγοντα της διασκέδασης («Τα τερατάκια είχαν πολύ πλάκα», «Το Classdojo είναι ένα πρόγραμμα πολύ ωραίο και διασκεδαστικό το οποίο δείχνει αυτούς που προσπαθούν περισσότερο»).

Εντούτοις, ένα ποσοστό 22,7% δεν αρέσκεται αρκετά (Μέτρια, Λίγο, Καθόλου), στην εφαρμογή του παιχνιδοποιημένου περιβάλλοντος. Από την ποιοτική ανάλυση προκύπτει ότι οι εκπαιδευόμενοι βιώνουν το αίσθημα της αποτυχίας και της απογοήτευσης, καθώς βρίσκονται στις τελευταίες θέσεις του πίνακα κατάταξης, και έχουν συλλέξει τα λιγότερα παράσημα («Κάποιοι συμμαθητές μου ένιωθαν άσχημα όταν δεν έπαιρναν πόντους», «Δεν μου άρεσε που ήμουν πάντα τελευταία στον πίνακα κατάταξης»). Επιπλέον δεν έχουν θετικά συναισθήματα για το επίπεδο ανταγωνισμού που αναπτύσσεται μεταξύ τους μέσα και έξω από τη σχολική τάξη («Δεν μου άρεσε που κάποιοι συμμαθητές μου κοροϊδεύουν αυτούς που έχουν λιγότερους πόντους και παράσημα»). Αξίζει να αναφερθεί, ότι τα αρνητικά συναισθήματα, τόσο από τον ανταγωνισμό όσο και την αποτυχία ολοκλήρωσης των αποστολών, είχαν καταγραφεί στις συνεντεύξεις με εκπαιδευτικούς στην ποιοτική έρευνα.

- Μηχανισμοί παιχνιδοποίησης

Όσον αφορά στους μηχανισμούς παιχνιδοποίησης, οι εκπαιδευόμενοι είναι ιδιαίτερα ικανοποιημένοι από το σύστημα πόντων, τις αποστολές και τα παράσημα, με μέσο όρο ικανοποίησης 4,1667 (σε κλίμακα από 1 έως 5), 4,0758 και 4,0727 αντίστοιχα. Μικρότερα επίπεδα ικανοποίησης αναφέρονται τόσο στον πίνακα κατάταξης, όσο και στα τυχαία γεγονότα, με μέσο όρο ικανοποίησης 3,8152 και 3,7364 αντίστοιχα.

Η ισχυρότερη προτίμηση για τους πόντους, ενισχύεται από την ποιοτική ανάλυση, όπου οι εκπαιδευόμενοι είναι ιδιαίτερα ενθουσιασμένοι σχετικά με τη συλλογή πόντων, οι οποίοι συνδέονται άμεσα με την ολοκλήρωση των αποστολών τους.

Η απόδοση αρνητικών πόντων δεν δημιούργησαν αντιδράσεις ή αρνητικό κλίμα, καθώς θεώρησαν ότι η απόδοσή τους έγινε με δίκαιο τρόπο. Επιπλέον, μειώθηκε δραστικά η απόσπαση των εκπαιδευομένων από την εκπαιδευτική διαδικασία. Οι πόντοι κάρμα, είχαν θετικό πρόσημο, καθώς η απόδοση πόντων στους εκπαιδευόμενους από συνεκπαιδευόμενους τους, δημιούργησε το αίσθημα της ευθύνης για την απόφασή τους, η οποία ανακοινώνεται στην ολομέλεια της ομάδας.

Τα μικρότερα επίπεδα ικανοποίησης για τον πίνακα κατάταξης αντιστοιχούν με τις απόψεις των εκπαιδευομένων, σχετικά με τη δυσαρέσκειά τους για τα επίπεδα ανταγωνισμού που καλλιεργήθηκαν κατά τη φάση της παιχνιδοποίησης. Εντούτοις, τα ευρήματα από την παρατήρηση και καταγραφή της ερευνήτριας, σε σχέση με τις αντιδράσεις και τη συμπεριφορά των εκπαιδευομένων, υπέδειξαν ότι η απογοήτευση μετριάζεται καθώς στις τελευταίες θέσεις του πίνακα κατάταξης δεν βρίσκεται ένας εκπαιδευόμενος αλλά περισσότεροι (λόγω των ομαδικών αποστολών), μετριάζοντας έτσι το αίσθημα της αποτυχίας.

- Παλινδρόμηση κινητοποίησης και μηχανισμών παιχνιδοποίησης

Από την ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης, για τον έλεγχο της υπόθεσης ότι η κινητοποίηση των εκπαιδευομένων μέσα σε ένα παιχνιδοποιημένο περιβάλλον, επηρεάζεται περισσότερο από το σύστημα πόντων και λιγότερο από τις αποστολές, τους πίνακες κατάταξης, τα τυχαία γεγονότα και τα παράσημα έγινε αποδεκτή.

Κατά την ανάλυση επιβεβαιώθηκε ότι η μεταβολή της ικανοποίησης των εκπαιδευομένων από το σύστημα πόντων επηρεάζει περισσότερο τη μεταβολή της κινητοποίησής τους, καθώς η αύξηση της τιμής της μεταβλητής των πόντων κατά μία μονάδα, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της κινητοποίησης κατά 0,308 μονάδες.

Ακολουθώς, οι μεταβολές των αποστολών και του πίνακα κατάταξης επηρεάζουν την μεταβολή της κινητοποίησης κατά 0,255 και 0,131 αντίστοιχα. Οι μηχανισμοί των παρασήμων και των τυχαίων γεγονότων δεν συμμετέχουν στο μοντέλο παλινδρόμησης, καθώς δεν είναι στατιστικά σημαντικοί.

- Διακοπή παιχνιδοποίησης

Μετά τη διακοπή της παιχνιδοποίησης και την παρέλευση τεσσάρων εβδομάδων, η κινητοποίηση των εκπαιδευομένων έχει μειωθεί, σε σχέση με την κινητοποίησή τους από την εφαρμογή παιχνιδοποίησης, από 3,9447 σε 3,8714, με διαφορά 0,0733 μονάδες. Ως εκ τούτου η πρώτη

ερευνητική υπόθεση (H1), ότι η διακοπή της παιχνιδοποίησης προκαλεί την μείωση της κινητοποίησης των εκπαιδευομένων, γίνεται αποδεκτή.

Εντούτοις, είναι ιδιαίτερα σημαντικό, τα επίπεδα κινητοποίησης των εκπαιδευομένων μετά τη διακοπή της παιχνιδοποίησης, να διατηρούν ένα μέρος των εσωτερικών κινήτρων που αναπτύχθηκαν. Από τη διερεύνηση της δεύτερης ερευνητική υπόθεσης (H2), ότι η κινητοποίηση των εκπαιδευομένων μετά τη διακοπή της παιχνιδοποίησης διατηρήθηκε σε επίπεδα μεγαλύτερα από την κινητοποίησή τους πριν από την εφαρμογή της παιχνιδοποίησης, προέκυψε ότι η H2 έγινε αποδεκτή.

Ο μέσος όρος κινητοποίησης μετά τη διακοπή της παιχνιδοποίησης, ήταν μεγαλύτερος από το μέσο όρο κινητοποίησης των εκπαιδευομένων πριν από την εφαρμογή της κατά 0,14867 μονάδες. Το αποτέλεσμα αυτό υποστηρίζει ότι η κινητοποίηση που αποκτήθηκε κατά τη φάση της παιχνιδοποίησης δημιούργησε εσωτερικά κίνητρα, ένα σημαντικό μέρος των οποίων, διατηρήθηκε και μετά τη διακοπή της.

Από την ποιοτική έρευνα προέκυψε ότι οι εκπαιδευόμενοι, επιθυμούν την επαναφορά της παιχνιδοποίησης σε ποσοστό 61,82%, ενώ το 38,18% επιθυμεί να συνεχίσει τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες χωρίς αυτήν. Το ποσοστό που δεν υποστηρίζει την εκ νέου εισαγωγή των μηχανισμών παιχνιδοποίησης, οφείλεται στην δυσαρέσκειά τους από την ανάπτυξη ανταγωνισμού και του αισθήματος της αποτυχίας και της απογοήτευσης.

Βιβλιογραφία

- Cheong, C., Filippou, J., & Cheong, F. (2014). Towards the gamification of learning: Investigating student perceptions of game elements. *Journal of Information Systems Education*, 25(3), 233.
- Deci, E. L., Ryan, R. M., & Koestner, R. (2001). The pervasive negative effects of rewards on intrinsic motivation: Response to Cameron (2001). *Review of educational research*, 71(1), 43-51.
- Denny, P. (2013, April). The effect of virtual achievements on student engagement. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 763-772). ACM.
- Domínguez, A., Saenz-de-Navarrete, J., De-Marcos, L., Fernández-Sanz, L., Pagés, C., & Martínez-Herráiz, J. J. (2013). Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. *Computers & Education*, 63, 380-392.
- Hanus, M. D., & Fox, J. (2015). Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. *Computers & Education*, 80, 152-161.
- Huang, D. W., Diefes-Dux, H., Imbrie, P. K., Daku, B., & Kallimani, J. G. (2004, October). Learning motivation evaluation for a computer-based instructional tutorial using ARCS model of motivational design. In *Frontiers in Education*, 2004. FIE 2004. 34th Annual (pp. T1E-30). IEEE.
- Iosup, A., & Epema, D. (2014, March). An experience report on using gamification in technical higher education. In *Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education* (pp. 27-32). ACM.
- Juliette Denny (2014). Gamification: Intrinsic Motivation for Lasting Engagement, Retrieved from <http://elearningindustry.com/gamification-intrinsic-motivation-lasting-engagement>
- Lee, J. J., & Hammer, J. (2011). Gamification in education: What, how, why bothers? *Academic Exchange Quarterly*, 15(2), 146.
- McGonigal, J. (2011). *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. Penguin.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2003). *Rules of play: Game design fundamentals*. MIT press.
- Seaborn, K., & Fels, D. I. (2015). Gamification in theory and action: A survey. *International Journal of Human-Computer Studies*, 74, 14-31.
- Yu-Kau Chu (April, 2003). Gamification in Education: Top 10 Gamification Case Studies that will Change our Future. Retrieved from: www.yukaichou.com/gamification-examples/top-10-education-gamification-examples

Παραγωγή και αξιολόγηση εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας για τον εμπλουτισμό σχολικού εγχειριδίου

Φίλιππος Τζόρτζογλου¹, Σωτήρης Γεωργίου², Σπύρος Σπύρου²

filippostz@aegean.gr, samgeorg@gmail.com, spspyrou13@gmail.com,

¹ Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

² Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η αξιολόγηση μιας εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας που δημιουργήθηκε με σκοπό τον εμπλουτισμό του σχολικού εγχειριδίου της Γεωγραφίας Στ' δημοτικού και τη διδασκαλία εννοιών της αστρονομίας. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με ερωτηματολόγιο, συνεντεύξεις και παρατήρηση από 30 μαθητές της Στ' Δημοτικού που χρησιμοποίησαν την εφαρμογή σε ταμπλέτα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές είχαν γενικά θετική στάση για την εφαρμογή, τη θεώρησαν εύκολη στη χρήση, χρήσιμη και αποτελεσματική για τη μάθησή τους και ότι διασκεδάσαν. Η πρόθεσή τους να τη χρησιμοποιήσουν ξανά καθώς και η στάση τους για τη χρήση της επηρεάζεται από το γεγονός ότι τη θεωρούν διασκεδαστική, χρήσιμη και αποτελεσματική. Κατά τη διάρκεια χρήσης της εφαρμογής αναπτύχθηκαν μεταξύ τους διάφορες αλληλεπιδράσεις που ενίσχυσαν τη συμμετοχή των μαθητών στο μάθημα ενώ δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερα προβλήματα κατά τη χρήση της στο περιβάλλον της τάξης.

Λέξεις κλειδιά: Επαυξημένη πραγματικότητα, σχολικό εγχειρίδιο, ταμπλέτες..

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια, οι τεχνολογικές εξελίξεις και η πρόοδος που παρατηρήθηκε στις φορητές συσκευές (όπως σε έξυπνα κινητά τηλέφωνα και ταμπλέτες) αλλά και στις τηλεπικοινωνίες έχουν επιφέρει τεράστιες αλλαγές στη μάθηση. Από τις αλλαγές αυτές δε εξαιρείται και το παραδοσιακό βιβλίο, το οποίο διαχρονικά εξελίχθηκε και επηρεάστηκε από τις κυρίαρχες τεχνολογικές τάσεις, παίρνοντας μορφές όπως: βιβλία ήχου, πολυμεσικά βιβλία σε CD ROM, διαδραστικά βιβλία στο διαδίκτυο και ψηφιακά βιβλία. Μια νέα μορφή βιβλίων, αποτέλεσμα των τεχνολογικών εξελίξεων, είναι τα βιβλία που αξιοποιούν την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας (Ε.Π.). Τα βιβλία αυτά, που στη βιβλιογραφία εμφανίζονται με τον όρο βιβλία Ε.Π. (augmented reality books), είναι ένας τομέας που χρήζει ιδιαίτερης ερευνητικής προσοχής, λόγω των πλεονεκτημάτων που προσφέρει στους χρήστες (Lim & Park, 2011).

Σύμφωνα με τους Carmigniani & Furht (2011), η Ε.Π. ορίζεται ως μια έμμεση ή άμεση σε πραγματικό χρόνο θέαση του πραγματικού φυσικού περιβάλλοντος το οποίο έχει επαυξηθεί με την πρόσθεση εικονικών πληροφοριών (βλ. Azuma, 1997, για βασικά χαρακτηριστικά της Ε.Π.). Όσον αφορά τα βιβλία Ε.Π., κατά τους Grasset et al. (2008), είναι βιβλία των οποίων το περιεχόμενο έχει εμπλουτιστεί με τρισδιάστατα εικονικά στοιχεία ή ψηφιακό υλικό. Οι ίδιοι κατατάσσουν τα βιβλία Ε.Π. στο συνεχές ανάμεσα στα φυσικά βιβλία και τα αμιγώς εικονικά, καθώς αυτά διατηρούν τις ιδιότητες και τα πλεονεκτήματα των έντυπων βιβλίων, επιτρέποντας παράλληλα στους χρήστες τους την ταυτόχρονη θέαση των ψηφιακών πληροφοριών Ε.Π.

Η παρούσα έρευνα έχει σκοπό να αξιολογήσει την εφαρμογή Ε.Π. «SchoolAR» η οποία δημιουργήθηκε με σκοπό τον εμπλουτισμό του σχολικού εγχειριδίου της Γεωγραφίας της Στ' δημοτικού. Η έρευνα αυτή αποτελεί μέρος της διαμορφωτικής αξιολόγησης της εφαρμογής. Στόχοι της είναι: 1) η εξέταση της αποδοχής της από τους μαθητές και η πρόθεσή τους να τη ξαναχρησιμοποιήσουν, 2) η μελέτη της διαδικασίας χρήσης της εφαρμογής από τους μαθητές και 3) η εξέταση των παραγόντων που εμποδίζουν/διευκολύνουν τη χρήση της.

ΒΙΒΛΙΑ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Μέχρι σήμερα, υπάρχει ένας αυξανόμενος αριθμός ερευνών οι οποίες εστιάζουν, μεταξύ άλλων, στη χρήση και επίδραση των βιβλίων επαυξημένης πραγματικότητας (Ε.Π.) σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα. Χάρη στα συστήματα Ε.Π. που λειτουργούν σε Η/Υ αλλά και- πιο πρόσφατα- σε κινητές συσκευές, τα βιβλία αυτά εμπλουτίζονται με ψηφιακές πληροφορίες και τρισδιάστατα αντικείμενα, παρέχοντας στους χρήστες ένα δυναμικό μέσο μάθησης, αλληλεπίδρασης αλλά και διασκέδασης.

Οι Martín-Gutiérrez & Contero (2011), δημιούργησαν και εφάρμοσαν ένα διδακτικό βιβλίο Ε.Π. με σκοπό την εκμάθηση μηχανολογικών εννοιών σε φοιτητές πανεπιστημιακής εκπαίδευσης. Το βιβλίο οπτικοποιούσε με τρισδιάστατο τρόπο μηχανολογικές έννοιες μέσω ενός συστήματος που έκανε χρήση της κάμερας και της οθόνης του Η/Υ. Το δείγμα της έρευνας αποτελούνταν από 25 φοιτητές, που διδάχθηκαν μέσω του βιβλίου Ε.Π και την καθοδήγηση του καθηγητή τους, καθώς και από 22 φοιτητές που αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου και οι οποίοι διδάχθηκαν μέσω παραδοσιακής διδασκαλίας. Τα αποτελέσματα από την έρευνα έδειξαν πως το βιβλίο Ε.Π. βοήθησε την πειραματική ομάδα να έχει καλύτερες επιδόσεις έναντι της ομάδας ελέγχου, ενώ οι φοιτητές δήλωσαν πως το νέο αυτό μέσο ήταν εύκολο στη χρήση και ενίσχυσε την εμπλοκή τους στο μάθημα.

Σε άλλη έρευνα, οι Mahadzir & Phung (2013) δημιούργησαν ένα βιβλίο Ε.Π. για τη κινητροδότηση των μαθητών στο μάθημα της αγγλικής γλώσσας. Το βιβλίο σχεδιάστηκε με το πρόγραμμα ZooBurst και εμφάνιζε το ψηφιακό υλικό Ε.Π. (βίντεο, ήχους, τρισδιάστατα αντικείμενα) κάνοντας χρήση της κάμερας και της οθόνης του Η/Υ. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσω ημιδομημένης συνέντευξης και παρατήρησης έδειξαν πως οι μαθητές βρήκαν το βιβλίο ιδιαίτερα ελκυστικό και πως το ψηφιακό υλικό που επιλέχθηκε, ενίσχυσε την πρόθεση να συμμετέχουν περισσότερο στο μάθημα.

Σε μια παρόμοια έρευνα, οι Papadaki et al.(2013) δημιούργησαν και αξιολόγησαν το “The book of Ellie”. Επρόκειτο για την επαυξημένη εκδοχή του κλασσικού σχολικού εγχειριδίου για τη διδασκαλία της Γλώσσας της Α' δημοτικού. Το βιβλίο είχε σκοπό να εισάγει τους μαθητές στην κατανόηση των γραμμάτων και των φωνημάτων της ελληνικής γλώσσας μέσα από παραδείγματα, ήχους φωνημάτων και σχετικές με το κάθε γράμμα εικόνες. Το σύστημα λειτουργούσε μέσω Η/Υ εμφανίζοντας στην οθόνη το υποστηρικτικό ψηφιακό υλικό κάθε φορά που ο χρήστης στόχευε με το δάκτυλό του το γράμμα που τον ενδιέφερε. Η αξιολόγηση του βιβλίου ήταν θετική ως προς την ευχρηστία, την ακρίβεια και την απόδοση, αναδεικνύοντας τις δυνατότητες του για μελλοντική χρήση από μαθητές.

Την ίδια χρονιά, οι Corrêa et al. (2013) δημιούργησαν ένα βιβλίο Ε.Π. με σκοπό τη διδασκαλία γεωμετρικών εννοιών σε μαθητές του δημοτικού. Οι μαθητές αλληλεπιδρούσαν με το ψηφιακό υλικό Ε.Π. μέσω της AgeRa, μιας εφαρμογής για κινητές συσκευές, που σχεδιάστηκε με βάση το προαναφερθέν βιβλίο. Τα αποτελέσματα από την πιλοτική έρευνα της εφαρμογής σε 15 μαθητές και τους εκπαιδευτικούς τους έδειξαν μεγάλη αποδοχή και θετική επίδραση στη μάθηση των γεωμετρικών εννοιών.

Η ανάγκη ύπαρξης ενός εργαλείου, το οποίο θα δύναται να μετατρέψει οποιοδήποτε συμβατικό βιβλίο σε βιβλίο Ε.Π., χωρίς τον προσχεδιασμό του περιεχομένου του που απαιτούνταν σε παλαιότερες έρευνες, οδήγησε τους Gazcón & Castro (2015) στη δημιουργία του ARBS. Η εφαρμογή λειτουργούσε σε Η/Υ και μέσω αυτής ο εκπαιδευτικός μπορούσε να εισάγει προκαθορισμένους δείκτες στις σελίδες του βιβλίου και εν συνεχεία να συνδέσει σε αυτούς ψηφιακό υλικό. Στην πιλοτική έρευνα τους οι συγγραφείς κάλεσαν 16 συμμετέχοντες να δημιουργήσουν 4 βιβλία Ε.Π. με τη χρήση του εργαλείου. Τα ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα που συλλέχθηκαν ανέδειξαν την ευκολία χρήσης του εργαλείου αλλά και τις δυνατότητες χρήσης του σε τυπικά και άτυπα περιβάλλοντα μάθησης.

Τέλος, οι Karamanoli & Tsinakos (2016) δημιούργησαν μια εφαρμογή Ε.Π. για κινητές συσκευές με σκοπό την επαύξηση του σχολικού εγχειριδίου της Ιστορίας της Δ' δημοτικού με ψηφιακές πληροφορίες. Η εφαρμογή χρησιμοποιούσε σαν βάση την πλατφόρμα δημιουργίας υλικού Ε.Π. Aurasma και σχεδιάστηκε μέσω της πλατφόρμας δημιουργίας εφαρμογών για κινητές συσκευές MIT App Inventor 2. Η πιλοτική εφαρμογή της σε δείγμα 30 μαθητών έδειξε πως η διαδικασία μάθησης μέσω της εφαρμογής Ε.Π. και του βιβλίου άρεσε στους μαθητές, ο συνδυασμός της χρήσης τους ήταν

εύκολος ενώ παράλληλα παρατηρήθηκε πως ενισχύθηκε η κατανόηση εννοιών και η εμπλοκή τους στο μάθημα.

Η παρούσα ερευνητική εργασία επιχειρεί να συνδράμει στη περαιτέρω διερεύνηση της χρήσης των βιβλίων Ε.Π. μέσω κινητών συσκευών, παράγοντας και αξιολογώντας μια εφαρμογή Ε.Π. για τον εμπλουτισμό σχολικού εγχειριδίου. Η έρευνα εστιάζει σε τομείς όπως η πρόθεση, η αντιληπτή ευκολία χρήσης και χρησιμότητα της εφαρμογής Ε.Π. καθώς και σε παράγοντες που διευκολύνουν/δυσχεραίνουν τη χρήση της από τους μαθητές. Επιπλέον, επεκτείνεται στη διερεύνηση και επιμέρους μεταβλητών που επηρεάζουν την αποδοχή της τεχνολογίας από τους χρήστες όπως η αντιληπτή διασκέδαση που λαμβάνουν χρησιμοποιώντας την, η αντιληπτή αποτελεσματικότητα της στη μάθηση τους αλλά και ο βαθμός της αντιληπτής απορρόφησης που βιώνουν κατά τη χρήση της. Τα δεδομένα αυτά θα δώσουν σημαντικές πληροφορίες για το τρόπο που αυτές οι παράμετροι επιδρούν στην αποδοχή της συγκεκριμένης τεχνολογίας από τους μαθητές καθώς και για τον σχεδιασμό πιο ελκυστικών και εύχρηστων εκπαιδευτικών εφαρμογών Ε.Π.

Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ «SCHOOLAR»

Ο σχεδιασμός της εφαρμογής

Ο σχεδιασμός της εφαρμογής υλοποιήθηκε σε τρία στάδια. Το Στάδιο Α' περιελάμβανε τον προσδιορισμό των διδακτικών και μαθησιακών αναγκών σε ψηφιακό υλικό Ε.Π. αλλά και των προτιμήσεων των ίδιων των μαθητών σχετικά με το τι θα έκανε το βιβλίο περισσότερο ελκυστικό. Για τον λόγο αυτό δόθηκε ειδικά σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο στους εκπαιδευτικούς των τάξεων και στους μαθητές του δείγματος αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, υλοποιήθηκε ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για παρόμοιες έρευνες, μέρος της οποίας παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα. Στο Στάδιο Β' έγινε ο σχεδιασμός της εφαρμογής και η επιλογή του ψηφιακού υλικού της Ε.Π.. Η επιλογή του κατάλληλου υλικού έλαβε υπόψη τις γνωστικές και μαθησιακές ανάγκες των μαθητών όπως αυτές αποτυπώθηκαν στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στο προηγούμενο στάδιο. Όσο να αφορά το είδος του ψηφιακού υλικού, η διαδικασία επιλογής βασίστηκε στην έρευνα των Diaz et al.(2015), επιλέγοντας τόσο στατικό (λ.χ. εικόνες, κείμενα) όσο και δυναμικό (βίντεο, 3D κινούμενα μοντέλα) ψηφιακό υλικό, γεγονός που φαίνεται να ενισχύει την εμπλοκή των μαθητών στο μάθημα και να βελτιώνει την εμπειρία μάθησης. Στο Στάδιο Γ', το περιεχόμενο της εφαρμογής αξιολογήθηκε από δύο ειδικούς της εκπαιδευτικής τεχνολογίας ως προς την ευχρηστία του και από δύο εκπαιδευτικούς ως προς το περιεχόμενό του.

Περιγραφή της εφαρμογής

Το κεντρικό μενού της εφαρμογής αποτελείται από τρεις επιμέρους ενότητες στις οποίες ο χρήστης έχει πρόσβαση μέσω αντίστοιχων κουμπιών. Αυτές είναι: i) η ενότητα «Σελίδες AR», στην οποία οι μαθητές πληροφορούνται για τις εικόνες του βιβλίου που είναι εμπλουτισμένες με ψηφιακό υλικό ii) η ενότητα «Κάμερα AR», η οποία ενεργοποιεί την κάμερα της κινητής συσκευής και μέσω της οποίας οι μαθητές μπορούν να δουν το υλικό της Ε.Π. στοχεύοντας τις εικόνες δείκτες και iii) η ενότητα «Δραστηριότητες», μέσω της οποίας οι μαθητές έχουν πρόσβαση σε επαναληπτικά κουίζ πολλαπλής επιλογής για κάθε μάθημα της ενότητας του βιβλίου. Παραδείγματα οθονών του κεντρικού μενού της εφαρμογής καθώς και του ψηφιακού υλικού Ε.Π. παρουσιάζονται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1: Παραδείγματα οθονών της εφαρμογής

Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας επιλέχθηκε ως βάση για τον σχεδιασμό της εφαρμογής η πρώτη ενότητα του σχολικού εγχειριδίου της Στ' δημοτικού που έχει τίτλο «Η Γη ως ουράνιο σώμα». Η επιλογή του συγκεκριμένου μαθήματος και της τάξης ήταν μια απόφαση που εξυπηρετούσε

μεθοδολογικά την έρευνα: οι μαθητές στην ηλικία αυτή δύνανται να χειριστούν ικανοποιητικά μια κινητή συσκευή (ταμπλέτα, έξυπνο τηλέφωνο) ενώ υπάρχει διαθέσιμη μια μεγάλη ποικιλία ψηφιακού υλικού (τρισεδιάστατα μοντέλα πλανητών, κινούμενες εικόνες, βίντεο κ.α.), που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εμπλουτισμό των εικόνων του βιβλίου. Η ενότητα αποτελείται από έξι επιμέρους μαθήματα τα οποία αναφέρονται σε θεματικά πεδία : i) στο σχήμα και τις κινήσεις της Γης, ii) στους πόλους, τον Ισημερινό και τα ημισφαίρια της Γης, iii) στους παράλληλους κύκλους και τους μεσημβρινούς iv) στον άξονα και την περιστροφή της Γης v) στην περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο και vi) το ηλιακό μας σύστημα. Για κάθε επιμέρους μάθημα επιλέχθηκαν μια ή δύο εικόνες του σχολικού εγχειριδίου, οι οποίες εμπλουτίστηκαν με στατικό ή δυναμικό ψηφιακό υλικό, που κατά τη κρίση των εκπαιδευτικών θα βοηθούσε τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα το περιεχόμενο του βιβλίου και παράλληλα θα κέντριζε το ενδιαφέρον τους. Για παράδειγμα, οι μαθητές θα δουν ένα μοντέλο του γεωειδούς σχήματος της Γης να περιστρέφεται στο αντίστοιχο μάθημα με το σχήμα της Γης ενώ θα έχουν την ευκαιρία να δουν σε κίνηση τρισδιάστατα μοντέλα πλανητών και του ηλιακού συστήματος στοχεύοντας τις αντίστοιχες εικόνες του βιβλίου. Η χρήση τρισδιάστατων μοντέλων Ε.Π. για τη διδασκαλία εννοιών της αστρονομίας έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα επωφελής για τους μαθητές καθώς όπως προκύπτει από έρευνες του παρελθόντος (Liarokapis & Anderson, 2010, Sin & Zaman, 2010) φαίνεται να βοηθάει στην καλύτερη κατανόηση των φαινομένων και των χωρικών σχέσεων ανάμεσα στα ουράνια σώματα.

Τα εργαλεία σχεδιασμού της εφαρμογής

Η εφαρμογή σχεδιάστηκε χρησιμοποιώντας τα ψηφιακά εργαλεία Unity3D και Vuforia SDK. Το Unity3D (<https://unity3d.com>) είναι ένα ολοκληρωμένο γραφικό περιβάλλον που προσφέρει εργαλεία για την σύνδεση των εικόνων-δεικτών (markers) με τα ψηφιακά αντικείμενα της εφαρμογής ενώ παράλληλα είναι συμβατό με την πλειοψηφία των προγραμμάτων τρισδιάστατων γραφικών. Το Vuforia SDK (<https://www.vuforia.com/>) χρησιμοποιεί μια τεχνολογία υπολογιστικής όρασης για αναγνώριση και εντοπισμό επίπεδων εικόνων και 3D αντικειμένων η οποία είναι συμβατή με Android, iOS και Unity3D. Τα παραπάνω λογισμικά επιλέχθηκαν για τους εξής λόγους: (i) διατίθενται δωρεάν, (ii) παρέχουν τη δυνατότητα εξαγωγής ενός αρχείου σε διάφορες πλατφόρμες (cross-platform) και (iii) δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε προγραμματισμό. Η εφαρμογή λειτουργεί σε κινητές συσκευές (ταμπλέτες ή έξυπνα τηλέφωνα) με σύστημα Android.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στην παρούσα έρευνα στηρίχθηκαν και αναλύθηκαν με βάση το θεωρητικό υπόβαθρο των θεωριών και μοντέλων αποδοχής της τεχνολογίας (βλ. περισσότερα στο θεωρητικό μέρος των Marangunic & Granic, 2015).

Το δείγμα

Στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν 30 μαθητές (15 αγόρια, 15 κορίτσια), δύο τμημάτων της Στ' τάξης των Ιδιωτικών Εκπαιδευτηρίων Ρόδου «Πυθαγόρας». Από αυτούς 16 (53%) μαθητές δήλωσαν ότι είχαν δική τους ταμπλέτα ενώ 7 (23%) χρησιμοποιούσαν την ταμπλέτα της οικογένειάς τους ή συγγενών και φίλων. Αμφότεροι οι εκπαιδευτικοί των τάξεων αξιοποιούσαν πολύ συχνά τις ταμπλέτες του σχολείου στη διδασκαλία τους.

Τα εργαλεία συλλογής δεδομένων

Για την αξιολόγηση της αποδοχής της τεχνολογίας χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο, προσαρμοσμένο για εφαρμογές Ε.Π., που βασίστηκε στην έρευνα των Balog & Pribeanu (2016). Αυτό αποτελούνταν από τρεις προτάσεις που μετρούσαν την πρόθεση/προτίμηση (intention to use) των μαθητών να ξαναχρησιμοποιήσουν την εφαρμογή (π.χ. *Επιθυμώ να χρησιμοποιήσω ξανά την εφαρμογή «SchoolAR»*) (Cronbach's $\alpha=0,82$), τρεις προτάσεις που μετρούσαν την αντιληπτή ευκολία (perceived ease of use) της χρήσης της εφαρμογής (π.χ. *Είναι εύκολο για μένα να θυμάμαι πώς να χρησιμοποιώ την εφαρμογή «SchoolAR»*) (Cronbach's $\alpha=0,79$), τρεις που μετρούσαν την αντιληπτή χρησιμότητα (perceived usefulness) της εφαρμογής (π.χ. *Η χρήση της εφαρμογής «SchoolAR» βοήθησε τις γνώσεις μου στη Γεωγραφία*) (Cronbach's $\alpha=0,75$), τρεις προτάσεις που μετρούσαν την αντιληπτή διασκέδαση (perceived enjoyment) από την εφαρμογή (π.χ. *Είναι συναρπαστικό το να χρησιμοποιώ*

την εφαρμογή «SchoolAR») (Cronbach's $\alpha=0,69$), τρεις προτάσεις που μετρούσαν την αντιληπτή αποτελεσματικότητα στη μάθηση (perceived efficiency) της εφαρμογής (π.χ. *Η εφαρμογή με βοήθησε να κατανοήσω το μάθημα καλύτερα*) (Cronbach's $\alpha=0,91$) και τέλος, τρεις προτάσεις που μετρούσαν την αντιληπτή γνωστική απορρόφηση κατά τη χρήση της εφαρμογής (perceived cognitive absorption) (π.χ. *Κατά τη διάρκεια χρήσης της εφαρμογής ήμουν απορροφημένος/η σε αυτή*) (Cronbach's $\alpha=0,72$). Οι προτάσεις αυτές μετρήθηκαν σε 5/βαθμη κλίμακα τύπου Likert (Διαφωνώ εντελώς=1 έως Συμφωνώ απόλυτα=5).

Επιπρόσθετα, μετρήθηκαν οι στάσεις απέναντι στη χρήση της εφαρμογής (attitude toward the use of application), διαμέσου 5/βαθμης διπολικής κλίμακας (1 έως 5) σημασιολογικής διαφοροποίησης και τέσσερα ζεύγη επιθέτων (π.χ. *Το να χρησιμοποιώ την εφαρμογή «SchoolAR» είναι για μένα: Βαρετό/Ενδιαφέρον, Δυσάρεστο/Ευχάριστο, Κακό/Καλό, Αχρηστο/Πολύτιμο*) (Cronbach's $\alpha=0,74$). Αυτή η ενότητα στηρίχθηκε στη Θεωρία της Προσχεδιασμένης Συμπεριφοράς (Ajzen, 2006).

Τέλος, συλλέχθηκαν δεδομένα διαμέσου ημερολογίου και συνεντεύξεων για να μελετηθεί το πώς οι μαθητές χρησιμοποιούσαν την εφαρμογή στο πλαίσιο της διδασκαλίας καθώς και για να εξεταστούν οι παράγοντες που εμποδίζουν/διευκολύνουν τη χρήση της.

Η διαδικασία

Η έρευνα διεξήχθη το διάστημα Σεπτεμβρίου-Οκτωβρίου 2017. Για τη διεξαγωγή της λήφθηκε άδεια από τη Διεύθυνση των εκπαιδευτηρίων και ενημερώθηκαν οι γονείς των μαθητών που θα εμπλέκονταν σε αυτή. Οι ερευνητές, σε συνεργασία με τους εκπαιδευτικούς των δύο τάξεων, φρόντισαν για την εύρυθμη λειτουργία του τεχνολογικού εξοπλισμού. Η εφαρμογή εγκαταστάθηκε στις ταμπλέτες του σχολείου, οι οποίες δόθηκαν στους μαθητές του δείγματος με αναλογία 1:2. Πριν τη χρήση τους, οι ερευνητές ενημέρωσαν τους μαθητές για τον τρόπο λειτουργίας της εφαρμογής και έδωσαν οδηγίες για την ορθή χρήση της. Για την αποφυγή πιθανών περισπασμών, που θα μπορούσαν να αλλοιώσουν τα ερευνητικά δεδομένα, ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να αξιοποιήσουν μόνο το σχολικό εγχειρίδιο και την εφαρμογή ως εποπτικά μέσα. Κατά την παράδοση του μαθήματος, προέτρεπαν τους μαθητές να αντλήσουν πληροφορίες από το ψηφιακό υλικό Ε.Π. που βρισκόταν σε κάθε ενότητα για την άντληση περισσότερων πληροφοριών. Παράλληλα οι μαθητές συμπλήρωναν φύλλο εργασίας, το οποίο απαιτούσε την αξιοποίηση στοιχείων και από τις δύο πηγές. Στο τέλος κάθε μαθήματος οι μαθητές δοκίμαζαν τις γνώσεις τους μέσω των κουίζ της εφαρμογής και ακολουθούσε ανατροφοδότηση με την υπόλοιπη τάξη αναφορικά με τις απαντήσεις τους.

Καθ' όλη τη διάρκεια των μαθημάτων, ένας ερευνητής κατέγραφε σε ημερολόγιο τη διαδικασία, δίνοντας έμφαση σε συμπεριφορές των μαθητών κατά τη χρήση της εφαρμογής αλλά και σε προάγοντες που επηρέαζαν τη χρήση της. Με το πέρας της ενότητας του σχολικού εγχειριδίου, οι μαθητές συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο που αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα ενώ δέκα από αυτούς συμμετείχαν σε συνέντευξη.

Η ανάλυση των δεδομένων

Τα δεδομένα των ερωτηματολογίων κωδικοποιήθηκαν στο SPSS (v. 20). Σε πρώτο επίπεδο, υλοποιήθηκε η ανάλυση αξιοπιστίας Cronbach α και η περιγραφική ανάλυση. Προκειμένου να διερευνηθεί ο βαθμός συσχέτισης που μπορεί έχουν οι επιμέρους μεταβλητές μεταξύ τους χρησιμοποιήθηκε η στατιστική μέθοδος της συσχέτισης Pearson (2-tailed). Τέλος, για να προβλεφθεί η τιμή της πρόθεσης καθώς και να συνεκτιμηθεί η επιρροή των υπολοίπων μεταβλητών σε αυτή χρησιμοποιήθηκε η ιεραρχική παλινδρομική ανάλυση. Τα ποιοτικά δεδομένα του ημερολογίου και των συνεντεύξεων κωδικοποιήθηκαν για να εμπλουτίσουν τα ευρήματα της ποσοτικής ανάλυσης και να αναδείξουν πτυχές που προκύπτουν από αυτά.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της περιγραφικής ανάλυσης, η πρόθεση για τη χρήση της εφαρμογής είχε μέσο όρο 4,73 (T.A.=0,365), η αντιληπτή διασκέδαση 4,52 (T.A.=0,551), η αντιληπτή ευκολία χρήσης 4,84 (T.A.=0,273), η αντιληπτή αποτελεσματικότητα στη μάθηση 4,46 (T.A.=0,687), η αντιληπτή χρησιμότητα 4,34 (T.A.=0,619) και η αντιληπτή γνωστική απορρόφηση 3,86

(T.A.=0,831). Οι στάσεις των μαθητών απέναντι στη χρήση της εφαρμογής είχαν μέσο όρο 4,62 και τυπική απόκλιση (T.A.= 0,387).

Τα αποτελέσματα των συσχετίσεων Pearson έδειξαν ότι η πρόθεση των μαθητών να χρησιμοποιήσουν ξανά την εφαρμογή συσχετιζόταν θετικά, κατά φθίνουσα σειρά, με την αντιληπτή διασκέδαση ($r=+,715$, $p=,000$), την αντιληπτή χρησιμότητα ($r=+,712$, $p=,000$) και την στάση ($r=+,651$, $p=,000$). Με τη σειρά της η στάση συσχετιζόταν θετικά με την αντιληπτή χρησιμότητα ($r=+,847$, $p=,000$), την αντιληπτή διασκέδαση ($r=+,746$, $p=,001$) και την αντιληπτή αποτελεσματικότητα ($r=+,720$, $p=,001$). Η αντιληπτή γνωστική απορρόφηση της εφαρμογής συσχετιζόταν μονάχα με την αντιληπτή ευκολία χρήσης ($r=+,741$, $p=,006$) και με την αντιληπτή χρησιμότητα ($r=+,682$, $p=,001$). Η ιεραρχική παλινδρομική ανάλυση έδειξε ότι η αντιληπτή διασκέδαση ($\beta=,715$, $t=5,419$, $p=,000$) ήταν η μοναδική μεταβλητή επίδρασης της πρόθεσης ($F=29,362$, $p=,000$) ενώ οι υπόλοιπες μεταβλητές εξήγησαν το 51,2% της διακύμανσης της.

Τα δεδομένα από το ημερολόγιο και τις συνεντεύξεις επιβεβαίωσαν σε μεγάλο βαθμό τα παραπάνω αποτελέσματα αναφορικά με την πρόθεση χρήσης, την ευκολία και τη διασκέδαση. Πολλοί από τους μαθητές δήλωσαν πως εγκατέστησαν την εφαρμογή και στην προσωπική τους συσκευή προκειμένου να έχουν ξανά πρόσβαση στο υλικό Ε.Π. και από το σπίτι. Επιπρόσθετα, μεταξύ των μαθητών της τάξης αναπτύχθηκαν διάφορες αλληλεπιδράσεις που σύμφωνα με τις συνεντεύξεις των μαθητών τους έκαναν το μάθημα πιο ενδιαφέρον όπως η εναλλαγή της χρήσης της ταμπλέτας, η διατύπωση ερωτήσεων για την κατανόηση του επιπρόσθετου ψηφιακού υλικού και η διατύπωση ιδεών ως προς τη σωστή απάντηση στις ερωτήσεις της ταμπλέτας και του φύλλου εργασίας. Τέλος, δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερα προβλήματα κατά τη χρήση της εφαρμογής από τους μαθητές.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της έρευνας ως προς την αποδοχή της εφαρμογής έδειξαν ότι οι μαθητές είχαν γενικά θετικές στάσεις για τη χρήση της, θεώρησαν ότι ήταν εύκολη, χρήσιμη και αποτελεσματική στη μάθησή τους καθώς και ότι ένιωθαν διασκέδαση από αυτή. Όλες αυτές μαζί οι μεταβλητές εξήγησαν ένα ικανοποιητικό ποσοστό της πρόθεσης, ωστόσο μόνο η αντιληπτή διασκέδαση είχε επίδραση σε αυτή. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι οι μαθητές πιθανόν προτιμούν να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή έχοντας ως ισχυρό κίνητρο την απόλαυση που θα βιώσουν από αυτή. Επίσης, το γεγονός ότι η αντιληπτή ευκολία επηρέασε σημαντικά την αντιληπτή γνωστική απορρόφηση αναδεικνύει τη σημασία του σχεδιασμού μιας εφαρμογής Ε.Π., ώστε να μην επιβαρύνει γνωστικά τον χρήστη που τη χρησιμοποιεί. Τα αποτελέσματα ως προς τη διαδικασία χρήσης του παιχνιδιού έδειξαν ότι η εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε από τους μαθητές με μεγάλη ευκολία χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού αναπτύχθηκαν διάφορες αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους που βοήθησαν τη συνεργασία μεταξύ τους και αύξησαν το ενδιαφέρον για τη μάθηση. Μελλοντική έρευνα χρειάζεται να εξετάσει την επίδραση της εφαρμογής στα μαθησιακά αποτελέσματα καθώς και να προσδιορίσει την προστιθέμενη αξία που επιφέρει η Ε.Π. στη μάθηση.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ajzen, I. (2006). *Constructing a Theory of Planned Behavior Questionnaire*. Retrieved 26 October 2015 from <http://people.umass.edu/~ajzen/pdf/tpb.measurement.pdf>

Azuma, R.T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence-Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.

Balog, A., Pribeanu, C. (2016). An Extended Acceptance Model for Augmented Reality Educational Applications in Neto, F.M., Souza, R (Eds.), *Handbook of Research on 3-D Virtual Environments and Hypermedia for Ubiquitous Learning*, 537-554, IGI Global. DOI: 10.4018/978-1-5225-0125-1.ch022

Carmigniani, J., & Furht, B. (2011). Augmented reality: An overview. In B. Furht (Ed.), *Handbook of augmented reality* (pp. 3–46). New York, NY: Springer.

Corrêa A. G. D., Tahira, A., Ribeir, J. B., Kitamura, R. K., Inoue, T.Y., Ficheman, I. K. (2013, June 19-22). *Development of an Interactive Book with Augmented Reality for Mobile Learning*. Proceedings of 8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Lisboa, Portugal.

Diaz, C., Hincapie, M., Moreno, G. (2015). How the Type of Content in Educative Augmented Reality Application Affects the Learning Experience. *Procedia Computer Science*, 75, 205-2012. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.239>

Gazcón, N., & Castro, S. (2015, August- September). ARBS: An Interactive and Collaborative System for Augmented Reality Books. In L. T. De Paolis & A. Mongelli (Eds.), *Augmented and Virtual Reality: Second International Conference, AVR 2015, Lecce, Italy, Proceedings* (pp. 89–108). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22888-4_8

Grasset, R., Dünser, A., & Billinghamurst, M. (2008, September 15-18.). *The design of a mixed-reality book: Is it still a real book?* Proceedings of Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2008. 7th IEEE/ACM International Symposium, 99-102. doi: 10.1109/ISMAR.2008.4637333

Karamanoli, P., & Tsinakos, A. (2016). A Mobile Augmented Reality Application for Primary School's History, *IOSR Journal of Research & Method in Education*, 6(6), 2320–7388. DOI: 10.9790/7388-0606035665

Liarokapis, F., Anderson, E. F. (2010). Using Augmented Reality as a Medium to Assist Teaching in Higher Education. *Eurographics 2010*, 9–16. <http://dx.doi.org/10.2312/eged.20101010>

Lim, C., & Park, T. (2011, November 8-11). *Exploring the Educational Use of an Augmented Reality Books*. Proceedings of the AECT International Convention, Hyatt Regency Jacksonville Riverfront, Jacksonville, FL. 2014-11-25 from http://citation.allacademic.com/meta/p512687_index.html

Mahadzir, N. N. N., & Phung, L. F. (2013). The Use of Augmented Reality Pop-Up Book to Increase Motivation in English Language Learning for National Primary. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME)*, 1(1), 26–38. DOI: 10.9790/7388-0112638

Marangunic, N., Granic, A. (2015). Technology acceptance model: a literature review from 1986 to 2013. *Universal Access in the Information Society*, 14 (1), 81-95. <https://doi.org/10.1007/s10209-014-0348-1>

Martín-Gutiérrez, J., & Contero, M. (2011). Improving academic performance and motivation in engineering education with augmented reality. *Communications in Computer and Information Science*, 174 (2), 509–513. http://doi.org/10.1007/978-3-642-22095-1_102

Papadaki, E., Zabulis, X., Ntoa, S., Margetis, G., Koutlemanis, P., Karamaounas, P., & Stephanidis, C. (2013, July 15-19). *The book of Ellie: An interactive book for teaching the alphabet to children*. In Electronic Proceedings of the 2013 IEEE International Conference ICMEW, San Jose, CA, USA. DOI: 10.1109/ICMEW.2013.6618341

Sin, A. K., & Zaman, H. B. (2010). Live Solar System (LSS): Evaluation of an Augmented Reality Book-Based Educational Tool. *2010 International Symposium on Information Technology (ITSim)*, 1, 1-6. <http://dx.doi.org/10.1109/ITSIM.2010.5561320>

Ανάπτυξη διδακτικού σεναρίου με χρήση Τηλεπισκόπησης, Γεωπληροφορικής και Τρισδιάστατης Εκτύπωσης βασισμένη στο πεδίο STEM

**Κωνσταντάκος Γεράσιμος¹, Γαλάνη Λία², Σκορδούλης Κωνσταντίνος³
Κουτρομάνος Γιώργος⁴**

¹Υπ. Διδάκτορας, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΕΚΠΑ
konstantakatos@yahoo.gr

²Επίκουρη Καθηγήτρια, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΕΚΠΑ
ligalani@primedu.uoa.gr

³Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΕΚΠΑ
kskordul@primedu.uoa.gr

⁴Επίκουρος Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΕΚΠΑ
koutro@math.uoa.gr

Περίληψη

Η αξιοποίηση της Τηλεπισκόπησης, της Γεωπληροφορικής και της Τρισδιάστατης Εκτύπωσης στη διδασκαλία έχουν, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, θετικά αποτελέσματα στην εκπαίδευση. Μεταξύ άλλων συμβάλλουν στην ανάπτυξη της χωρικής σκέψης, καθώς και χωρικών ικανοτήτων και δεξιοτήτων που θα πρέπει να χαρακτηρίζουν τους πολίτες του 21ου αι. Η παρούσα εργασία αποτελεί μια πρόταση καινοτόμου εκπαιδευτικού σχεδιασμού STEM, στο μάθημα επιλογής «Γεωλογία και Διαχείριση Φυσικών Πόρων» της Α' Λυκείου του Γενικού Λυκείου, για την διδασκαλία της ενότητας Φυσικές Καταστροφές.

Λέξεις κλειδιά: Γεωπληροφορική, Τηλεπισκόπηση, 3D printing.

Εισαγωγή

Η σύγχρονη εκπαίδευση και μαζί με αυτή το σύγχρονο σχολείο εστιάζει όλο και περισσότερο στην κατάργηση των διακριτών ορίων μεταξύ των διδακτικών αντικειμένων θεωρώντας τα ως «όλον», εκφράζοντας το σκεπτικό ότι τα σύγχρονα προβλήματα είναι αρκετά σύνθετα και πολυδιάστατα για να αντιμετωπισθούν από μια μόνο επιστήμη (Morrison & Bartlett, 2009). Η κατανόηση των βασικών επιστημονικών και μαθηματικών αρχών, η πρακτική γνώση των ηλεκτρονικών υπολογιστών, η δυνατότητα σχεδίασης και εφαρμογής καθώς και οι δεξιότητες για την επίλυση ρεαλιστικών προβλημάτων που αναπτύσσονται από τα μαθήματα σε περιβάλλον STEM, είναι απαραίτητα εφόδια για έναν μαθητή προκειμένου να ανταποκριθεί στις προαναφερόμενες απαιτήσεις.

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται ο συνδυασμός και η ενσωμάτωση στην τυπική εκπαίδευση και πιο συγκεκριμένα στο μάθημα επιλογής «Γεωλογία και Διαχείριση Φυσικών Πόρων» της Α' τάξης του Γενικού Λυκείου, αφενός των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γεωπληροφορική) και της απομακρυσμένης παρατήρησης της επιφάνειας της Γης μέσω δορυφορικών εικόνων (Τηλεπισκόπηση) και αφετέρου της τεχνολογίας της τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D printing) μέσα από την αξιοποίηση διδακτικού σεναρίου με μεθοδολογία STEM στο πλαίσιο ενός περιβάλλοντος τεχνολογικά υποστηριζόμενης μάθησης.

Μια σύντομη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας ως προς τους τρεις κλάδους της Τεχνολογίας που προτείνει το συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο στην εκπαίδευση καταδεικνύει τα ακόλουθα:

Τηλεπισκόπηση: Η μέθοδος της απομακρυσμένης παρατήρησης της επιφάνειας της Γης μέσω δορυφορικών εικόνων, δηλαδή Τηλεπισκόπησης (Remote Sensing - RS) χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο, λόγω της σημασίας της για την ερμηνεία του χώρου, το σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων που στοχεύουν στην πολιτική και διαχείριση του περιβάλλοντος. Οι σημερινοί μαθητές, που μελλοντικά θα χρειαστεί ως πολίτες να συμμετέχουν στο σχεδιασμό και να ενεργούν, θα πρέπει να γνωρίσουν τις τεράστιες δυνατότητες της τηλεπισκόπησης (Dransfeld et al., 2009). Στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, παρά τα οφέλη που προκύπτουν σύμφωνα με τη βιβλιογραφία από τη χρήση των δορυφορικών εικόνων για την ανάπτυξη της χωρικής σκέψης των μαθητών, η συστηματική εισαγωγή τους φαίνεται να καθυστερεί. Οι δορυφορικές εικόνες, ενώ προτείνονται από τα Προγράμματα Σπουδών γεωγραφίας ως υλικό συνοδευτικό του μαθήματος, χρησιμοποιούνται μόνο ως απλό μέσο οπτικοποίησης δεδομένων. Απουσιάζουν προτάσεις και οδηγίες για τον τρόπο αξιοποίησης και ανάγνωσής τους, το είδος των δορυφορικών εικόνων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη σχολική τάξη, όπως επίσης και προτάσεις για τις ενότητες στις οποίες μπορούν να ενταχθούν (Καρατζά κ.ά., 2017).

Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ): Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι μια οργανωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών συστημάτων, λογισμικού, χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού και έχουν ως σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά το γεωγραφικό περιβάλλον (Burrough, 1983; Κουτσόπουλος, 2005; Hwang, 2006). Ο Thomson (1987) χαρακτηρίζει τα ΓΣΠ ως «πηγή δεδομένων, με τα οποία μπορεί να διδάξει κανείς ότι έχει σχέση με τον κόσμο» (Audet, 1993). Οι Patterson, Reeve & Page (2003), επισημαίνουν ότι η χρήση των ΓΣΠ στη γεωγραφική εκπαίδευση αναπτύσσει δεξιότητες χωρικής αντίληψης στους μαθητές.

Τρισδιάστατη Εκτύπωση (3D printing): Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μια διαδικασία δημιουργίας τρισδιάστατων αντικειμένων από ένα ψηφιακό αρχείο χρησιμοποιώντας έναν εκτυπωτή υλικών, με τρόπο παρόμοιο με την εκτύπωση εικόνων σε χαρτί. Οι παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας της τρισδιάστατης μοντελοποίησης εξαρτώνται κυρίως από τη χρήση διαγραμμάτων τριών προβολών για να καθοδηγήσουν τους μαθητές στην αντίληψη του χώρου. Σε αυτές οι μαθητές υιοθετούν κατ' εξοχήν παθητικό ρόλο. Η χρήση στερεών μοντέλων έχει ως αποτέλεσμα καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα από εκείνα που επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας παραδοσιακά διαγράμματα τριών προβολών (Huang, T.-C., Lin, 2017). Ωστόσο, η εκπαιδευτική αποτελεσματικότητα της συγκεκριμένης τεχνολογίας περιορίζεται λόγω της αδυναμίας τρισδιάστατων απεικονίσεων εκ μέρους των εκπαιδευομένων η οποία βρίσκεται σε στενή σχέση και καταδεικνύει το κενό της εκπαίδευσης στην καλλιέργεια της χωρικής αντίληψης των μαθητών.

Διδακτικό σενάριο

Στο προτεινόμενο διδακτικό σενάριο οι μαθητές θα ασχοληθούν με ένα κατ'εξοχήν περιβαλλοντικό ζήτημα αυτό της αξιολόγησης και πρόληψης των επιπτώσεων των Φυσικών Καταστροφών. Πιο συγκεκριμένα θα ασχοληθούν με τις πυρκαγιές και τις πλημμύρες, των οποίων τα αποτελέσματα, επηρεάζουν αισθητά το φυσικό και δομημένο περιβάλλον του ανθρώπου. Το σενάριο προβλέπεται να διαρκέσει συνολικά 4 διδακτικές ώρες, κατανομημένες σε δυο μαθήματα των 2 ωρών, χρόνος που κρίνεται επαρκής και σύμφωνος με το εβδομαδιαίο πρόγραμμα του μαθήματος. Για την υλοποίηση του σεναρίου οι μαθητές πρέπει να έχουν κατανοήσει βασικές έννοιες της Γεωγραφίας (θέση, χώρος, τόπος, ανάγλυφο, κλίμα, κλίμακα στο χάρτη) της Φυσικής (δύναμη, μάζα, ορμή, ενέργεια, ταχύτητα), της Γεωλογίας (μορφολογία, τοπογραφία, διάβρωση) και των Μαθηματικών (μονάδες μέτρησης, γεωμετρία, κλίμακα στο χώρο) και να διαθέτουν στοιχειώδη άνεση στη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Το σενάριο έχει σχεδιαστεί ώστε να πραγματοποιηθεί σε σχολικό εργαστήριο που διαθέτει ηλεκτρονικούς υπολογιστές, σύνδεση με το διαδίκτυο και εκτυπωτή για τρισδιάστατη εκτύπωση αντικειμένων. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει ανάλογος εκτυπωτής χρησιμοποιούνται στερεά μοντέλα εδάφους έτοιμα προς χρήση τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν αφού γίνει ο απαραίτητος καθαρισμός τους. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων χρησιμοποιώντας έναν υπολογιστή και ένα στερεό μοντέλο εδάφους ανά ομάδα.

Σκοπός του διδακτικού σεναρίου είναι οι μαθητές να γίνουν ικανοί να αποτυπώνουν σε χάρτες και να αξιολογούν τις επιπτώσεις των πυρκαγιών και των πλημμυρών και να αναπτύξουν δεξιότητες που θα τους βοηθήσουν στην λήψη αποφάσεων και επίλυση περιβαλλοντικών ζητημάτων, αξιοποιώντας τις σύγχρονες τεχνολογίες (Τηλεπισκόπηση, Γεωπληροφορική, τρισδιάστατη εκτύπωση). Στους επιμέρους στόχους του σεναρίου μπορούν να αναφερθούν οι ακόλουθοι:

Ως προς τους γνωστικούς στόχους: να περιγράφουν και να εξηγούν βασικά γεωλογικά φαινόμενα και διαδικασίες, να αντιληφθούν και να κατανοήσουν τις επιπτώσεις των πυρκαγιών και πλημμυρών, να αποδεικνύουν ότι γνωρίζουν και κατανοούν βασικές αρχές, μοντέλα, νόμους και βασική ορολογία των γεωεπιστημών, να αποδεικνύουν ικανότητα εφαρμογής των γεωεπιστημονικών γνώσεων στον πραγματικό κόσμο ώστε να λαμβάνουν τις ενδεδειγμένες αποφάσεις, να κατανοούν το μέγεθος των μακροχρόνιων και κάποιες φορές δύσκολα αναστρέψιμων επιπτώσεων των πλημμυρών και των πυρκαγιών στην ποιότητα του περιβάλλοντος (φυσικού και ανθρωπογενούς).

Ως προς τους στόχους δεξιοτήτων: να χρησιμοποιούν τους γεωλογικούς χάρτες, να καταγράφουν και αναλύουν τους φυσικούς πόρους, να χρησιμοποιούν, επεξεργάζονται και διαχειρίζονται δορυφορικές εικόνες για την ερμηνεία φυσικών φαινομένων και την επίλυση περιβαλλοντικών ζητημάτων, να χρησιμοποιούν την τεχνολογία της Γεωπληροφορικής για την συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και ταξινόμηση χωρικών δεδομένων, να χρησιμοποιούν την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης με σκοπό την αποτύπωση και παρουσίαση τρισδιάστατων ανάγλυφων της επιφάνειας της Γης, να αναπτύξουν την κριτική τους σκέψη, να αναπτύξουν χωρικές δεξιότητες και ικανότητες, να είναι σε θέση να υλοποιούν πειράματα και να παρουσιάζουν τα ερευνητικά αποτελέσματα της εργασίας τους.

Ως προς τις στάσεις / συμπεριφορές: να εργάζονται σε ομάδες, να αιτιολογούν τις παρατηρήσεις τους και να επιχειρηματολογούν, να συνειδητοποιήσουν τον τρόπο που οι πυρκαγιές και οι πλημμύρες επηρεάζουν τη ζωή μας, να κατανοήσουν την προσωπική τους ευθύνη στη διατήρηση του περιβάλλοντος, να καλλιεργήσουν θετικές αξίες και στάσεις για την προστασία του περιβάλλοντος.

Περιγραφή του διδακτικού σεναρίου

Μάθημα 1ο (διάρκειας 2 ωρών):

Φάση 1η: Ο εκπαιδευτικός ζητάει από τους μαθητές να παρακολουθήσουν ένα βίντεο στο οποίο παρουσιάζονται μεγάλες πυρκαγιές και πλημμύρες. Αξιοποιώντας όχι μόνο το βίντεο αλλά και τις μέχρι τώρα γνώσεις και εμπειρίες τους, οι μαθητές συζητούν σε ομάδες για τα αίτια και τις συνέπειες των παραπάνω καταστροφών όπως επίσης και για την πρόληψη και αντιμετώπισή τους.

Φάση 2η : Στη συνέχεια ο εκπαιδευτικός θέτει το πρόβλημα το οποίο σχετίζεται με τη μεγάλη σε έκταση πυρκαγιά που συνέβη στη Θάσο στις 10/9/2016 και τις πιθανές επιπτώσεις από μια ισχυρή βροχόπτωση όπως εκείνη που ακολούθησε στη Θάσο στις 27/9/2017. Οι μαθητές με χρήση του διαδικτύου αναζητούν περισσότερες λεπτομέρειες για τα γεγονότα όπως αναφορές, εικόνες, δημοσιεύματα, χάρτες, βίντεο και καταγράφουν σε φύλλο καταγραφής τα στοιχεία που συνέλεξαν.

Φάση 3η: Ακολουθεί μια πρώτη επαφή με την χρήση και διαχείριση των δορυφορικών εικόνων και την εξ αποστάσεως παρατήρηση της γήινης επιφάνειας (Τηλεπισκόπηση) μέσω της ηλεκτρονικής πλατφόρμας Google Earth. Επιχειρείται μια γενική παρατήρηση της γεωμορφολογίας της νήσου Θάσου και ο εντοπισμός των φυσικών γεωγραφικών χαρακτηριστικών, των περιοχών με βλάστηση και των οικισμών του. Γίνεται σήμανση και ταξινόμηση των παραπάνω χωρικών δεδομένων αξιοποιώντας τις δυνατότητες των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών που παρέχονται από την ηλεκτρονική πλατφόρμα Google Earth (δημιουργία points, polyline, layers). Με την χρήση του εργαλείου history οι μαθητές προσεγγίζουν δορυφορικές εικόνες διαφορετικών χρονολογικών λήψεων, καλούνται να ανακαλύψουν, επισημάνουν και ταξινομήσουν τις περιοχές τις οποίες έκαψε η πυρκαγιά και τέλος να υπολογίσουν κατά προσέγγιση τις επιφάνειές τους. Συμπεραίνουν αν και κατά πόσο οι δορυφορικές απεικονίσεις του χώρου βοηθούν να εντοπιστούν οι επιφάνειες στις οποίες έχουν σημειωθεί πυρκαγιές, αντιλαμβάνονται και κατανοούν το εύρος της καμένης έκτασης σε σύγκριση με το μέγεθος της Θάσου όχι μόνο εμπειρικά αλλά και αριθμητικά έχοντας υπολογίσει την έκταση.

Φάση 4η: Στη συνέχεια τους ζητείται να εντοπίσουν και να αιτιολογήσουν, αξιοποιώντας την χρήση των δυνατοτήτων των δορυφορικών εικόνων (μέσω Google Earth), τα σημεία που θα πλήξει μια ενδεχόμενη πλημμύρα ως αποτέλεσμα ισχυρών βροχοπτώσεων, συνδυάζοντας τα δεδομένα των πυρκαγιών με τα χωρικά δεδομένα που έχουν συλλέξει (όρια οικισμών, οδικό δίκτυο), την γεωμορφολογία του νησιού, και την φυσική ροή του νερού. Σχηματίζουν πολύγωνα στο χάρτη και καταγράφουν στο φύλλο αξιολόγησης τις πιθανές συνέπειες. Επίσης συζητούν τις πιθανές βελτιώσεις (π.χ. έργα) που θα έκαναν προκειμένου να αποφευχθούν οι συνέπειες αυτές, και τεκμηριώνουν τα συμπεράσματά τους αναφέροντας ποια στοιχεία του χάρτη τους βοήθησαν.

Φάση 5η: Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τα βήματα που πρέπει να πραγματοποιηθούν προκειμένου να δημιουργηθεί ένα αρχείο .stl (stereoLithography file) για την εκτύπωση του στερεού μοντέλου επιφάνειας του νησιού υπό κλίμακα, κάνοντας χρήση της διαδικτυακής on line εφαρμογής touchterrain.geol.iastate.edu. Επιπλέον, ενημερώνει για τις δυνατότητες και τις ρυθμίσεις που απαιτεί η εφαρμογή. Η κάθε ομάδα των μαθητών επαναλαμβάνει την ίδια διαδικασία, δημιουργεί το αρχείο της και το εισάγει στον τρισδιάστατο εκτυπωτή. Ακολουθεί η εκτύπωση του μοντέλου διαστάσεων 400 mm x 400 mm. Το πρώτο μάθημα ολοκληρώνεται σε αυτό το σημείο λόγω της μεγάλης χρονικής διάρκειας που απαιτείται για την εκτύπωση του μοντέλου που φτάνει τις 8-9 ώρες. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει εκτυπωτής στην σχολική μονάδα δίδεται το αντίστοιχο μοντέλο εδάφους εκτυπωμένο.

Μάθημα 2ο (διάρκειας 2 ωρών):

Φάση 6η: Ζητείται από τις ομάδες να αντιπαραβάλουν το τρισδιάστατο μοντέλο εδάφους που έχουν δημιουργήσει με την δορυφορική απεικόνιση στο Google Earth, να παρατηρήσουν τα βασικά φυσικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά και να πραγματοποιήσουν μετρήσεις αποστάσεων μεταξύ σημείων τόσο στο μοντέλο όσο και στο Google Earth, προκειμένου να κατανοήσουν τις μονάδες μέτρησης και την έννοια της κλίμακας. Στην συνέχεια καλούνται να σημειώσουν στο στερεό μοντέλο, τις περιοχές με βλάστηση, τους οικισμούς του νησιού καθώς και να οριοθετήσουν την καμένη επιφάνεια που έχουν εντοπίσει στην Φάση 3 με διαφορετικά χρώματα, πραγματοποιώντας τις ανάλογες μαθηματικές πράξεις μετατροπής των αποστάσεων από το Google Earth.

Φάση 7η: Προκειμένου να επαληθεύσουν τις παρατηρήσεις που κατέγραψαν στο φύλλο καταγραφής στη Φάση 4, ζητείται από τις ομάδες να διεξάγουν ένα πείραμα στο στερεό τους μοντέλο, προσομοιώνοντας μια καταιγίδα. Οι ομάδες ξεκινάνε την διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης του πειράματος. Βρέχουν με νερό την επιφάνεια που έχει χαρακτηριστεί ως καμένη και τοποθετούν σε αυτή λεπτόκοκκη άμμο που συμβολίζει το σαθρό και απογυμνωμένο από βλάστηση έδαφος των καμένων περιοχών. Στις επιφάνειες που έχουν χαρακτηριστεί ότι διαθέτουν βλάστηση επικολλούν με κόλλα πορώδες υλικό (σφουγγάρι ή απορροφητικό χαρτί) που αναπαριστάει την βλάστηση των περιοχών. Η επιλογή της άμμου ως υλικό διευκολύνει πρακτικά και οπτικά να γίνει αντιληπτό από τους μαθητές η διάβρωση και μετακίνηση του εδάφους που δεν συγκρατείται από ρίζες φυτών και δέντρων ενώ η επιλογή του πορώδους υλικού προσομοιάζει την κατακράτηση του νερού σε εδάφη με εκτεταμένη βλάστηση. Στην συνέχεια μέχρι να στεγνώσει το μοντέλο, γίνεται αναφορά στο κλίμα, τον υδρολογικό κύκλο, τις μονάδες μέτρησης των βροχοπτώσεων και επιχειρείται η αναγωγή σε πραγματικά δεδομένα βροχόπτωσης προκειμένου να υπολογιστεί η ποσότητα του νερού με την οποία θα ψεκαστεί το μοντέλο (π.χ. 200mm σε διάρκεια 6 ωρών για την περίπτωση της βροχόπτωσης που σημειώθηκε στη Μάντρα Αττικής το 2017). Οι μαθητές ολοκληρώνουν το πείραμα προσομοιώνοντας την καταιγίδα με χρήση ποτιστηριού, ψεκαστήρα ή ανάλογου μέσου και παρατηρούν την ροή του νερού και τις περιοχές στις οποίες συγκεντρώνεται και κατακρατείται η μεγαλύτερη ποσότητα του. Μετά την υποχώρηση του νερού, προσπαθούν να ανακαλύψουν και να σημειώσουν τα σημεία στα οποία έχει συσσωρευτεί η άμμος. Όλες οι παραπάνω επιφάνειες καταχωρούνται στο Google Earth και μεταφέρονται στο στερεό μοντέλο κάνοντας τις ανάλογες μετατροπές. Οι μαθητές με βάση τα στοιχεία που παρατήρησαν από το πείραμα, εντοπίζουν τις περιοχές που διατρέχουν μεγάλο κίνδυνο λόγω πλημμύρας αλλά και λόγω απόθεσης φερτών υλών. Καλούνται να αντιληφθούν, κατανοήσουν και εξετάσουν την επικινδυνότητα λόγω της διάβρωσης του εδάφους και της μεταφοράς μέσω του νερού μεγάλων ποσοτήτων χώματος σε συγκεκριμένα σημεία και καταγράφουν τις απόψεις και παρατηρήσεις τους στο φύλλο καταγραφής.

Φάση 8η : Τέλος, συγκρίνουν τις παρατηρήσεις και τις ερμηνείες τους πριν και μετά τη χρήση του τρισδιάστατου μοντέλου και συμπεραίνουν αν το πείραμα της προσομοίωσης τους βοήθησε στην καλύτερη κατανόηση του χώρου, του ανάγλυφου και των συνεπειών που μπορεί να προέλθουν από φυσικές καταστροφές. Οι μαθητές αξιοποιώντας τις δυνατότητες των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών καλούνται να διαχειριστούν και επεξεργαστούν τα δεδομένα τα οποία έχουν καταχωρήσει, και σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες γεωεπιστημονικές τους γνώσεις να ορίσουν εκ νέου, σχέδιο διαχείρισης της περιοχής αιτιολογώντας τον σχεδιασμό και τις αποφάσεις τους και να προτείνουν μέτρα προφύλαξης και πρόληψης. Τα τελικά συμπεράσματα και οι προτάσεις σημειώνονται σε ανάλογο φύλλο εργασίας.

Πρόεκταση του παραπάνω θέματος θα μπορούσε να περιλαμβάνει την ελεύθερη αναζήτηση στο διαδίκτυο για τον εντοπισμό και άλλων ανάλογων περιοχών, οι οποίες έχουν υποστεί διαφορετικού τύπου φυσικές καταστροφές στον Ελλαδικό ή το Διεθνή χώρο τα αποτελέσματα των οποίων είναι ορατά στο έδαφος μέσω των δορυφορικών εικόνων.

Στο εκπαιδευτικό σενάριο που αναλύθηκε, για την προσέγγιση του θέματος των φυσικών καταστροφών χρησιμοποιήθηκε η διερευνητική/αποκαλυπτική μέθοδος κατά την οποία η γνώση προκύπτει ως συμπέρασμα μιας πειραματικής διαδικασίας. Η διαδικασία εστίασε στα ακόλουθα βήματα: Έναυσμα ενδιαφέροντος, Διατύπωση υποθέσεων, Πειραματισμός, Διατύπωση θεωρίας, Συνεχής έλεγχος (Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2018).

Συζήτηση - Προτάσεις

Το παραπάνω διδακτικό σενάριο αποτελεί μια ερμηνεία του Προγράμματος Σπουδών του μαθήματος επιλογής «Γεωλογία και Διαχείριση Φυσικών Πόρων της Α΄ τάξης του Γενικού Λυκείου. Ειδικότερα μπορεί να αποτελέσει πρόταση για την προσέγγιση της ανοιχτής ενδεικτικής δραστηριότητας της 7ης ενότητας του Π.Σ. με τίτλο «Βιβλιογραφική & διαδικτυακή έρευνα, μελέτη χαρακτηριστικών παραδειγμάτων φυσικών καταστροφών και παρουσίαση τους στην τάξη».

Ο μαθητής σε ένα πλαίσιο για μάθηση με δια-επιστημονικό τρόπο ο οποίος επιτυγχάνεται μέσα από τα γνωστικά πεδία του STEM, συνθέτει έννοιες από γνωστικά αντικείμενα που έχει ήδη διδαχθεί και διαπιστώνει την σύνδεση των παραπάνω εννοιών στον πραγματικό κόσμο (Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2018).

Όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 1, το διδακτικό σενάριο που προτείνεται φαίνεται ότι καλύπτει τις περιοχές του STEM και παρατηρείται ότι αρχές και έννοιες των επιστήμων της Γεωγραφίας, Γεωλογίας, Φυσικής και Μαθηματικών εναλλάσσονται στην πορεία της εφαρμογής και συνδυάζονται δυναμικά με την χρήση της Τεχνολογίας, τον σχεδιασμό και την υλοποίηση του πειράματος προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι τους μαθήματος.

Με την εφαρμογή στο παραπάνω διδακτικό σενάριο του συνδυασμού της απομακρυσμένης παρατήρησης της επιφάνειας της Γης μέσω δορυφορικών εικόνων και της ψηφιακής συλλογής, καταχώρησης, διαχείρισης και ανάλυσης χωρικών δεδομένων (Γ.Σ.Π.) οι μαθητές αναμένεται να αναπτύξουν χωρικές δεξιότητες/ικανότητες και να κατανοήσουν έννοιες της Γεωγραφίας και της Γεωλογίας ευκολότερα. Η χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην κατασκευή στερεού μοντέλου εδάφους της Θάσου και η αξιοποίησή του για την προσομοίωση του φαινομένου της πλημμύρας, θα βοηθήσει να αντιληφθούν την χρησιμότητα των εννοιών των επιστημών που διδάσκονται στο σχεδιασμό ενός πειράματος αλλά και στην κατανόηση και ερμηνεία των επιπτώσεων των φυσικών καταστροφών στο περιβάλλον (φυσικό και ανθρωπογενές). Με το σύμπραξη διαφορετικών γνωστικών πεδίων όπως της Μηχανικής (σχεδιασμός και υλοποίηση πειράματος), της Τεχνολογίας και των επιστημών της Γεωγραφίας, Γεωλογίας, Φυσικής και Μαθηματικών στην προσπάθεια επίλυσης ενός πραγματικού προβλήματος όπως αυτό της πρόληψης και αντιμετώπισης των πλημμυρών, οι μαθητές θα κατανοήσουν βασικά γεωλογικά φαινόμενα και διαδικασίες, θα καλλιεργήσουν θετικές αξίες και στάσεις για την προστασία του περιβάλλοντος και θα αναπτύξουν δεξιότητες που θα τους βοηθήσουν στην λήψη αποφάσεων. Επίσης, αναμένεται να συνεργαστούν, να προβληματιστούν, να δημιουργήσουν τις απαραίτητες συνθήκες για την επίλυση του προβλήματος, να αξιολογήσουν και να επιλέξουν τα πλέον ενδεδειγμένα μέτρα για την αντιμετώπιση του.

ΓΝΩΣΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ/ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ	ΓΝΩΣΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ STEM			
	ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ	X			
ΓΕΟΛΟΓΙΑ	X			
ΦΥΣΙΚΗ	X			
ΓΕΟΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ		X		
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ		X		
ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ		X		
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ/ ΕΦΑΡΜΟΓΗ			X	
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ/ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ				X

Να επισημάνουμε ότι προκειμένου να υλοποιηθεί μια προσέγγιση του τύπου που περιγράψαμε θα πρέπει ο εκπαιδευτικός να έχει καλή γνώση του επιστημονικού περιεχομένου, αλλά και παιδαγωγική γνώση του περιεχομένου του γνωστικού αντικειμένου ώστε να μπορέσει να μετασχηματίσει τα στοιχεία της επιστημονικής γνώσης από το πλαίσιο της παραγωγής της γνώσης στο σχολικό πλαίσιο (Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2018).

Αναφορές

Καρατζά, Α., Γαλάνη, Α., Κουτρομάνος, Γ. (2017). *Η ένταξη των ψηφιακών τεχνολογιών μέσω των δορυφορικών εικόνων στο σχολείο: Αξιολόγηση του σχεδίου εργασίας της ESA “Κλιματική αλλαγή και παγετώνες” – Προτάσεις*. Πρακτικά του 5ου Πανελλήνιου Επιστημονικού Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία», σελ 37-48, Αθήνα.

Κουτσόπουλος, Κ. (2005). *Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και ανάλυση χώρου*, Αθήνα, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου.

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

Audet R.H. (1993). *Developing a Theoretical Basis for Introducing Geographic Information Systems into High Schools: Cognitive Implications*, Doctorate Dissertation, Boston University.

Burrough, P.A. (1983). *Multi-scale sources of spatial variation in soil*. *Journal of Soil Science*, 34,577-620.

Dransfeld, S., Lichtenegger, J., Sorensen, P. B., Sarti, F., Serban, F., Kalogirou, V., & Stewart, C. (2009). LEOWorks for teaching Earth observation - Current state and future upgrades. 33rd International Symposium on Remote Sensing of Environment, 1390–1392.

Huang, T.-C., Lin, C.-Y. (2017). *From 3D modeling to 3D printing: Development of a differentiated spatial ability teaching model*, *Telematics and Informatics*, 34 (2), pp. 604-613.

Hwang, L. (2006). *Mapping it out. geographic information systems can help administrators make enrollment and facilities decisions*. *American school & University*, 4, 34-36.

Morrison, J., & Bartlett, R. (2009). STEM as curriculum. *Education Week*, 23, 28–31.

Patterson, M. W., Reeve K. & Page, D. (2003). *Integrating Geographic Information Systems into the Secondary Curricula*. *Journal of Geography*, 102 (6), 275-281.

Διδασκαλία εμμηνορυσιακού κύκλου με τη χρήση εκπαιδευτικού animation και φύλλου εργασίας στη Βιολογία Α΄ Λυκείου

Γιώτη Κατερίνα¹, Στασινάκης Κ. Παναγιώτης²

¹Εκπαιδευτικός Βιολόγος, M.Sc, Υποψήφια Διδάκτωρ, 2^ο Πειραματικό Λύκειο Αθηνών
catherine_geo@yahoo.com

²Εκπαιδευτικός Βιολόγος, MEd, PhD, Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Αμπελοκήπων
stasinakis@biologia.gr

Περίληψη

Ο εκπαιδευτικός για μπορέσει να διδάξει και για να γίνει κατανοητός, απαιτείται να διαθέτει ευρύτητα γνώσεων και δεξιοτήτων. Ειδικότερα, στη διδακτική της Βιολογίας που στοχεύει στην κατανόηση διαδικασιών και φαινομένων, οι διδάσκοντες θα πρέπει να ενισχύουν ποικιλότροπα τις ατομικές τους ικανότητες. Μία κατεύθυνση προς αυτό το στόχο είναι η διαπίστωση, η καλλιέργεια και η ανάπτυξη της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (ΠΓΠ)(Pedagogical Content Knowledge – PCK) ανά εκπαιδευτικό. Στα πλαίσια της ΠΓΠ ο εκπαιδευτικός πρέπει να επιλέγει τις καλύτερες διδακτικές πρακτικές, όπως για παράδειγμα το μοντέλο των 5E. Το εν λόγω διδακτικό μοντέλο στηρίζεται στον εποικοδομητισμό καθώς σημαντικό ρόλο έχει η πρότερη γνώση και η σταδιακή οικοδόμηση της καινούριας περιλαμβάνοντας τα εξής στάδια: Engagement (Ενεργοποίηση-Εμπλοκή), Exploration (Εξερεύνηση), Explanation (Επεξήγηση), Elaboration (Επεξεργασία), Evaluation (Εκτίμηση). Στην παρούσα εργασία μελετήσαμε τη διδασκαλία του εμμηνορυσιακού κύκλου σε μαθητές/μαθήτριες της Α Λυκείου, ζήτημα με δυσκολίες και κοινωνικές προεκτάσεις. Εντάξαμε τη χρήση των ΤΠΕ (animation σε συνδυασμό με φύλλα εργασίας) στη διδακτική μας προσέγγιση εφαρμόζοντας το μοντέλο των 5E, προκειμένου να αποκαλύψουμε στοιχεία της διδακτικής (παρανοήσεις, κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές, κτλ) που θα ενισχύουν την ατομική ΠΓΠ των εκπαιδευτικών σχετικά με το θέμα του εμμηνορυσιακού κύκλου.

Λέξεις κλειδιά: βιολογία, εμμηνορυσιακός κύκλος, χρήση ΤΠΕ, παιδαγωγική γνώση περιεχομένου, μοντέλο 5E

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια, οι αρμόδιοι φορείς που ασκούν εκπαιδευτική πολιτική στην Αμερική και στην Ευρώπη αναφέρονται στο STEM. Ο όρος STEM [Science, Technology, Engineering and Mathematics] αναφέρεται στη διδασκαλία και τη μάθηση στους τομείς της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Επιστήμης των Μηχανικών και των Μαθηματικών. Η εκπαιδευτική προσέγγιση κατά STEM ξεκίνησε από τις ΗΠΑ με βασικό σκοπό την εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες με θέματα σχετικά με τα γνωστικά αντικείμενα του STEM με απώτερο στόχο την αύξηση της ανταγωνιστικότητας σε αυτά τα πεδία. Αντίστοιχα, η Ευρωπαϊκή Ένωση χρηματοδοτεί έργα που προωθούν το STEM στην εκπαίδευση με σκοπό την προσέλκυση περισσότερων μαθητών στα πεδία του STEM λόγω των ελλείψεων που προβλέπονται τα επόμενα χρόνια.

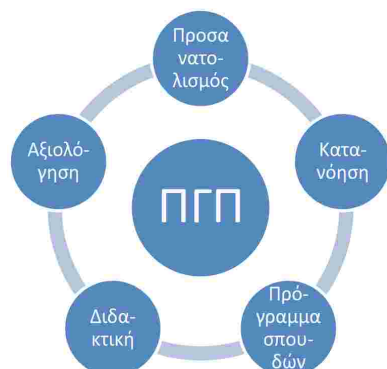
Σύμφωνα με τον Psycharis (2016) η μεθοδολογία που ακολουθεί το STEM είναι η εγκάρσια διεπιστημονικότητα κατά την οποία επιλέγονται θεωρίες, έννοιες και εργαλεία από διάφορες επιστήμες ώστε να λυθεί ένα αυθεντικό-πραγματικό πρόβλημα ή να δημιουργηθεί μια κατασκευή που να συνδυάζει έννοιες και εργαλεία από τις τέσσερις επιστήμες του STEM. Η υλοποίηση του STEM συνδυάζεται με την Υπολογιστική Επιστήμη (Computational Science), (Psycharis, 2016) ενώ ως μέθοδο επίλυσης προβλήματος χρησιμοποιείται η υπολογιστική σκέψη (computational thinking), (Wing, 2006). Βασικό πλεονέκτημα της υλοποίησης του STEM στην διδακτική και την εκπαίδευση, αποτελεί το γεγονός ότι δεν απαιτείται εξειδίκευση των μαθητών με έννοιες από τα τέσσερα γνωστικά πεδία ενώ παράλληλα μπορεί να ενσωματωθεί στα αναλυτικά προγράμματα των σχολείων σε συνδυασμό με την ανακαλυπτική/διερευνητική μάθηση μέσω καινοτόμων παιδαγωγικών μεθόδων, όπως η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΠΓΠ).

Για να μπορέσει ο εκπαιδευτικός να διδάξει και κυρίως για να γίνει κατανοητός, απαιτείται ευρύτητα πρακτικών γνώσεων. Είναι δύσκολο όμως να αναγνωρισθεί και να κατηγοριοποιηθεί η επαγγελματική του γνώση κι επομένως εξαιρετικά δύσκολο να παρουσιασθεί και να τεκμηριωθεί. Η έρευνα από παλιά (Berliner, 1998), πρότεινε στην εκπαιδευτική κοινότητα να δώσει μεγαλύτερη προσοχή στις γνώσεις των εκπαιδευτικών, εκτιμώντας περισσότερο την επαγγελματική τους πρακτική.

Για τους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν στα σχολεία υπάρχει ένα πλαίσιο που συνήθως είναι πιεστικό και καθόλου παιδαγωγικό: οι απαιτήσεις του χρόνου, της διδακτέας ύλης και της μαθητικής επιτυχίας σε διαγωνισμούς και εξετάσεις, τους αναγκάζουν να επικεντρώνονται στη διδασκαλία του περιεχομένου χωρίς να επεξηγούν τον σχετικό παιδαγωγικό συλλογισμό. Αν η διδακτική της Βιολογίας επιθυμεί την κατανόηση διαδικασιών και φαινομένων, οι διδάσκοντες θα πρέπει να ενισχύουν ποικιλότητα και ποικιλόμορφα τις ατομικές τους ικανότητες. Μία κατεύθυνση προς αυτό το στόχο είναι η διαπίστωση της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (ΠΓΠ) (Pedagogical Content Knowledge – PCK), η βελτίωση της οποίας ανά εκπαιδευτικό θα πρέπει να αποτελεί κυρίαρχο μέλημα κάθε επιμορφωτικής εκπαιδευτικής διαδικασίας (Στασινάκης & Αθανασίου, 2013).

Αν και η ΠΓΠ έχει οριστεί με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους, θα μπορούσε κανείς να συνοψίσει τρία σημαντικά χαρακτηριστικά της: ο μετασχηματισμός της γνώσης ειδικά για να διδαχθεί (van Driel et al., 1998), ένα αμάλγαμα της παιδαγωγικής του εκπαιδευτικού και της κατανόησης του επιστημονικού περιεχομένου (Loughran, 2004), ένα χαρακτηριστικό που διακρίνει τους έμπειρους από τους πρωτόπειρους εκπαιδευτικούς (Magnusson et al., 1999). Η ΠΓΠ έχει αναγνωρισθεί ως η βασική γνώση που θα πρέπει να διαθέτουν οι εκπαιδευτικοί, για να έχει αποτέλεσμα κάθε προσπάθεια εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης (Stasinakis & Athanasiou, 2016). Ο Shulman (1987) αναφέρει για την ΠΓΠ πως «... αναπαριστά το μίγμα μεταξύ περιεχομένου και παιδαγωγικής προκειμένου οι εκπαιδευτικοί να κατανοούν πώς εξειδικευμένα θεματικά πεδία, προβλήματα ή αντικείμενα συζήτησης οργανώνονται, παρουσιάζονται και προσαρμόζονται στα διαφορετικά ενδιαφέροντα και ικανότητες των μαθητών, και συστήνονται για διδασκαλία» (σελ. 9). Αυτός ο ορισμός συνεπάγεται πως «η ΠΓΠ είναι τόσο εξωτερικό όσο και εσωτερικό οικοδόμημα, καθώς δομείται από αυτά που ο καθηγητής γνωρίζει, αυτά που πράττει και οι λόγοι που επιλέγει να δρα με συγκεκριμένο τρόπο» (Baxter & Lederman, 2002, σελ. 158).

Οι Park & Oliver (2008) αναγνωρίζουν και χρησιμοποιούν πέντε συστατικά της ΠΓΠ (Σχήμα 1) για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕπ): α) προσανατολισμοί στη διδασκαλία των ΦΕπ, β) γνώση της κατανόησης των μαθητών για τις ΦΕπ, γ) γνώση του προγράμματος σπουδών (ΠΣ) των ΦΕπ, δ) γνώση διδακτικών στρατηγικών και αναπαραστάσεων για τη διδασκαλία των ΦΕπ και ε) γνώση των αξιολογήσεων – αποτιμήσεων για τη μάθηση των ΦΕπ. Συμφωνούν πως δεν υπάρχει ταύτιση απόψεων σχετικά με τα επιμέρους συστατικά της ΠΓΠ, εντούτοις διαπιστώνουν πως αυτά τα συστατικά είναι απαραίτητα και ευδιάκριτα για τη ανάπτυξη εργαλείων αξιολόγησης και αποτίμησης της ΠΓΠ.



Σχήμα 1. Τα πέντε συστατικά της ΠΓΠ (προσαρμογή από Park & Oliver, 2008).

Στα πλαίσια της ΠΓΠ ο εκπαιδευτικός πρέπει να επιλέγει τις καλύτερες διδακτικές πρακτικές. Το μοντέλο των 5E έχει αποδειχθεί μία πολύ καλή επιλογή (Στασινάκης, 2015). Το διδακτικό μοντέλο των 5E, αναφέρεται στα βήματα: Engagement (Ενεργοποίηση-Εμπλοκή), Exploration (Εξερεύνηση), Explanation (Επεξήγηση), Elaboration (Επεξεργασία), Evaluation (Εκτίμηση). Τα βήματα παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Ανάλυση φάσεων μοντέλου 5E (από Στασινάκης, 2015).

Φάση	Περιγραφή
Engagement (Ενεργοποίηση-Εμπλοκή)	Ο εκπαιδευτικός αποκτά πρόσβαση στις πρότερες γνώσεις των μαθητών και τους βοηθά να εμπλακούν σε καινούριες έννοιες μέσω της χρήσης σύντομων δραστηριοτήτων που επάγουν την περιέργεια και εκμιαεύουν την πρότερη γνώση.
Exploration (Εξερεύνηση)	Οι μαθητές/μαθήτριες υλοποιούν απλές δραστηριότητες στο πλαίσιο των οποίων οι υπάρχουσες έννοιες (π.χ. παρανοήσεις), διαδικασίες και δεξιότητες ταυτοποιούνται και διευκολύνεται η εννοιολογική αλλαγή.
Explanation (Επεξήγηση)	Η προσοχή των μαθητών/μαθητριών εστιάζεται σε συγκεκριμένη διάσταση των εμπειριών που απέκτησαν κατά την ‘ενεργοποίηση’ και την ‘εξερεύνηση’ και έχουν την ευκαιρία να εκφράσουν-παρουσιάσουν την εννοιολογική τους κατανόηση, τις αναπτυσσόμενες δεξιότητες και συμπεριφορές. Επιπλέον οι εκπαιδευτικοί έχουν την ευκαιρία να εισάγουν άμεσα μία έννοια, μία διεργασία ή μία δεξιότητα και οι μαθητές να παρουσιάσουν τον τρόπο κατανόησης της έννοιας. Μία επεξήγηση από τον εκπαιδευτικό τους οδηγεί σε βαθύτερη κατανόηση, που είναι σημαντικό μέρος αυτής της φάσης.
Elaboration (Επεξεργασία)	Οι εκπαιδευτικοί προκαλούν και επεκτείνουν την εννοιολογική κατανόηση και τις δεξιότητες των μαθητών τους.
Evaluation (Εκτίμηση)	Οι μαθητές ενθαρρύνονται να αξιολογήσουν ό,τι έχουν κατανοήσει και τις ικανότητες που απέκτησαν, ενώ οι εκπαιδευτικοί έχουν την ευκαιρία να αξιολογήσουν την πρόοδο των μαθητών τους ελέγχοντας αν έχουν επιτευχθεί οι προσδιορισμένοι διδακτικοί στόχοι.

Το συγκεκριμένο διδακτικό μοντέλο είναι εποικοδομητικό καθώς σημαντικό ρόλο έχει η πρότερη γνώση καθώς και η σταδιακή οικοδόμηση της καινούριας. Το μοντέλο των 5E έχει εμπλουτιστεί από το *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS) στις αρχές του 1980, ενώ την τελική του μορφή πήρε το 1987 ως μέρος της δημιουργίας και ανάπτυξης ενός προγράμματος σπουδών από το BSCS με τίτλο ‘*Science for Life and Living*’. Το BSCS από τη δεκαετία του ‘80 έχει χρησιμοποιήσει το μοντέλο των 5E ως βασική καινοτομία στην πρωτοβάθμια και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση της σχολικής βιολογίας καθώς και σε διαθεματικά επιστημονικά προγράμματα. Επιπλέον, το BSCS έχει δημιουργήσει μία σειρά υποστηρικτικού υλικού για το *National Institutes of Health* (NIH). Περισσότερα για το μοντέλο και τη χρήση του στο πλαίσιο του BSCS μπορείτε να δείτε στο Bybee et al. (2006).

Οι Shun Ho & Parmar (2014) διαπιστώνουν πως η σχηματική απεικόνιση του εμμηνορυσιακού κύκλου στα σχολικά εγχειρίδια μάλλον δημιουργεί παρά καταρρίπτει παρανοήσεις. Για το λόγο αυτό προτείνουν ένα κυκλικό διάγραμμα που είναι ανεξάρτητο από ένα καθορισμένο χρονικό πλαίσιο και δείχνει απλά κι εύκολα την κυκλική φύση των γεγονότων. Το προτεινόμενο διάγραμμα μπορεί να παρουσιαστεί διαδοχικά σε οργανωμένα επίπεδα και μπορεί να προσθέσει πολυπλοκότητα. Επιπλέον, παρουσιάζουν ερωτήσεις που μπορούν να προωθήσουν την αυτοεκμάθηση πριν και την κριτική σκέψη μετά τη συζήτηση του εμμηνορυσιακού κύκλου, για την καλύτερη κατανόηση των φυσιολογικών γεγονότων.

Η Oki (2011) μελέτησε την επίδραση των ψηφιακών παρουσιάσεων - πολυμέσων ως μεθόδου για τη διδασκαλία σύνθετων εννοιών στη φυσιολογία της αναπαραγωγής. Οι ψηφιακές παρουσιάσεις που αναπτύχθηκαν για την έρευνα αυτή αποτελούνταν από δισδιάστατα (2-D) και τρισδιάστατα (3-D) κινούμενα σχέδια (animations), γραπτά μηνύματα και αφήγηση. Υλοποιήθηκαν τέσσερα διαφορετικά πειράματα στα οποία οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν τυχαία σε ομάδες και τα μαθησιακά αποτελέσματα μετρήθηκαν με δοκιμασίες πολλαπλής επιλογής. Η ανάλυσή της έδειξε πως τα κινούμενα σχέδια βοηθούσαν να επιτευχθούν καλύτερες επιδόσεις, ανεξάρτητα από τον τύπο τους. Από το σύνολο των τεσσάρων πειραμάτων διαπιστώθηκαν πως οι ψηφιακές παρουσιάσεις πολυμέσων είναι αποτελεσματικές για τη διδασκαλία περίπλοκων εννοιών στη φυσιολογία της αναπαραγωγής. Η Tucker (1989) εξετάζοντας οικογενειακά πρότυπα σε πλήθος πληροφοριών που σχετίζονται με τον εμμηνορρυσιακό κύκλο, τη σεξουαλική συνεύρεση και την αντισύλληψη, διαπίστωσε πως συνήθως οι μητέρες ήταν η πιο πιθανή πηγή πληροφοριών για αυτά τα θέματα.

Στην παρούσα εργασία μελετάμε τη διδασκαλία του εμμηνορρυσιακού κύκλου σε μαθητές/μαθήτριες, ζήτημα με αρκετές δυσκολίες και κοινωνικές προεκτάσεις. Με αφορμή το εν λόγω θέμα, εντάσσουμε τη χρήση των ΤΠΕ στη διδακτική μας προσέγγιση εφαρμόζοντας το μοντέλο 5E, προκειμένου να αποκαλύψουμε στοιχεία της διδακτικής (παρανοήσεις, κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές, κτλ) που θα ενισχύουν την ατομική ΠΓΠ των εκπαιδευτικών (ειδικότερα στο συστατικό της διδακτικής) σχετικά με το θέμα του εμμηνορρυσιακού κύκλου.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το διδακτικό σενάριο εφαρμόστηκε τη σχολική χρονιά 2017-2018, σε δύο τμήματα του 2^{ου} Πειραματικού Γενικού Λυκείου Αθηνών. Σε αυτά υπήρχαν 54 μαθητές/μαθήτριες (29 αγόρια, 25 κορίτσια ηλικίας 15 ετών), οι οποίοι παρακολουθούσαν το αντικείμενο της Βιολογίας. Το μάθημα της Βιολογίας διδάσκεται στην Α Λυκείου ως υποχρεωτικό μάθημα, δύο ώρες την εβδομάδα. Σύμφωνα με τις σχετικές οδηγίες του Υπουργείου Παιδείας (2017), ο εμμηνορρυσιακός τίτλος θα πρέπει να διδαχθεί σε μία - δύο διδακτικές ώρες και επιπλέον προτείνεται ένα κείμενο ως διδακτικό υλικό και όχι η αντίστοιχη ενότητα του βιβλίου. Η επιλογή του κειμένου γίνεται, ώστε να μην διδάσκονται οι μαθητές λεπτομέρειες παρά μόνο τη κεντρική ιδέα και τα βασικά στάδια του εμμηνορρυσιακού κύκλου.

Οι μαθητές/μαθήτριες στη Β΄ Γυμνασίου, έχουν διδαχθεί πολύ αδρά (σε τρεις διδακτικές ώρες) κάποια βασικά θέματα για το ανδρικό και το γυναικείο αναπαραγωγικό σύστημα εστιάζοντας κυρίως στα σεξουαλικά μεταδιδόμενα νοσήματα και στην αντισύλληψη. Άρα, έχουν στοιχειώδεις πρότερες γνώσεις για τα σχετικά θέματα. Επιπλέον, επειδή το αναπαραγωγικό σύστημα εν γένει αφορά το σώμα τους και την ανάπτυξή τους κατά τη διάρκεια της εφηβείας, διαθέτουν και βιωματικές γνώσεις. Στις πρότερες και στις βιωματικές γνώσεις, συνήθως εμπλέκονται παρανοήσεις, που ευελπιστούμε να εντοπίσουμε, να διαχειριστούμε και να μεταβάλλουμε προς επιστημονικά ορθές αντιλήψεις.

Οι μαθητές/μαθήτριες της μελέτης μας χωρίστηκαν σε ομάδες. Κατά τη διάρκεια εφαρμογής του σχεδίου αναπτύχθηκε η όλη διαδικασία σύμφωνα με το μοντέλο 5E που περιγράφηκε παραπάνω. Η επιλογή του εν λόγω μοντέλου έγινε καθώς επιτρέπει συνεχούς κύκλους ανατροφοδότησης οι οποίοι εξασφαλίζουν τη βέλτιστη επίτευξη των μαθησιακών στόχων. Επιπλέον, διασφαλίζει μία διδακτική ροή η οποία καθορίζει το πλαίσιο της διδασκαλίας, προσαρμοσμένο στη δυναμική της εκάστοτε σχολικής τάξης. Σε αυτή την κατεύθυνση, βοήθησε η ατομική ΠΓΠ (επιστημονικές γνώσεις, προσαρμογή στο πλαίσιο των επιμέρους τμημάτων, κατάλληλη επιλογή υλικού) της εκπαιδευτικού που υλοποίησε το σενάριο.

Στο παράρτημα παρουσιάζεται αναλυτικά το φύλλο εργασίας του σεναρίου.

Στόχος της εργασίας μας είναι με τη χρήση των ΤΠΕ να προσθέσουμε στη βιβλιογραφία στοιχεία σχετικά με την ΠΓΠ όσο αφορά τον εμμηνορρυσιακό κύκλο, και ειδικότερα ζητήματα που προκύπτουν σχετικά με τις παρανοήσεις και τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών. Η ανάλυσή μας είναι ποιοτική και στηρίζεται στις συζητήσεις με τους μαθητές, ενώ καταγράφουμε και πως εφαρμόσαμε το μοντέλο 5E ώστε να πετύχουμε την εννοιολογική αλλαγή.

ΤΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Το σενάριο πραγματοποιήθηκε σε δύο διδακτικές ώρες στο εργαστήριο πληροφορικής. Είχε προηγηθεί η διδασκαλία των οργάνων του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος καθώς και των

βασικών λειτουργιών τους. Μετά την ολοκλήρωση του σεναρίου ακολούθησε η διδασκαλία των αιτιών στειρότητας στις γυναίκες προκειμένου να υπάρξει άμεση σύνδεση.

Οι στόχοι

Οι στόχοι μας, για τη διδασκαλία του εμμηνορυσιακού κύκλου μέσω του διδακτικού μας σεναρίου, είναι:

- Να αναγνωρίζουν οι μαθητές τα όργανα του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος (γνωστικός).
- Να κατανοήσουν τη λειτουργία του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος (παραγωγή ωαρίων- έμμηνος ρύση) και πώς σχετίζεται με την πιθανότητα σύλληψης (γνωστικός).
- Να ανακαλύψουν πιθανές αιτίες γυναικείας στειρότητας (γνωστικός).
- Να αποκτήσουν δεξιότητες στη χρήση της αγγλικής-διεθνούς επιστημονικής ορολογίας (δεξιοτήτων).
- Να ενισχύσουν την παρατηρητικότητα τους και την ικανότητα τους στον συνδυασμό γεγονότων-πληροφοριών για την εξαγωγή επιστημονικών συμπερασμάτων (δεξιοτήτων).
- Να κατανοήσουν οι μαθητές/μαθήτριες ότι στο ανθρώπινο σώμα συντελούνται συνεχώς μια σειρά από ακούσιες λειτουργίες απαραίτητες για τη διατήρηση της ζωής και τη διαίωσιση του είδους (αλλαγής στάσεων και συμπεριφορών).

Ροή διδασκαλίας

- Εμπλοκή. Πριν την έναρξη της δραστηριότητας με τη χρήση του υπολογιστή, γίνεται μια εισαγωγική - αναγνωριστική συζήτηση προκειμένου να παρουσιαστούν οι υπάρχουσες γνώσεις και στάσεις των μαθητών. Σε αυτό το στάδιο καθορίζεται ένα ξεκάθαρο πλαίσιο: μπορεί να συζητηθεί οτιδήποτε αφορά το θέμα, όμως θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο οι επιστημονικοί όροι, που είτε γνωρίζουν είτε θα διδαχθούν κατά τη διάρκεια της παρέμβασης.
- Εξερεύνηση. Ζητείται από τους μαθητές να παρουσιάσουν όλες τις απορίες τους σχετικά με τη λειτουργία του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος και την σύλληψη, αποτελώντας το κίνητρο για τη χρησιμοποίηση στη συνέχεια του animation και του φύλλου εργασίας. Παράλληλα, καταγράφονται όλες οι απορίες προκειμένου να συζητηθούν στο τέλος της δραστηριότητας και να υπάρξει ανατροφοδότηση.
- Επεξήγηση - Επεξεργασία. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των δύο ατόμων (διαφορετικού φύλου) και συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας με τη βοήθεια του animation. Οι ομάδες δίνουν τα φύλλα εργασίας στη διδάσκουσα. Τη δεύτερη διδακτική ώρα επιστρέφεται το φύλλο εργασίας και συμπληρώνεται με βάση και το δεύτερο animation. Τα φύλλα εργασίας δίνονται στη διδάσκουσα και ακολουθεί συζήτηση σχετικά με τις απαντήσεις που δόθηκαν.
- Εκτίμηση. Γίνεται παράλληλα προσπάθεια, οι ίδιοι οι μαθητές να απαντήσουν στις ερωτήσεις που είχαν θέσει στην αρχή του μαθήματος και δεν απαντήθηκαν στο φύλλο εργασίας.

Καθένα από τα παραπάνω βήματα είναι ανατροφοδοτικό. Όταν διαπιστώνονται αδυναμίες ή δυσκολίες στην υλοποίησή του, η ροή μεταβάλλεται ώστε να επανέλθουμε στην αρχή του σταδίου και να προσπαθήσουμε να το ολοκληρώσουμε. Στην περίπτωσή μας, διαπιστώσαμε πως η χρήση του συγκεκριμένου φύλλου εργασίας και του σχετικού ψηφιακού υλικού ήταν εύκολα κατανοητά και δεν χρειάστηκαν παρά ελάχιστοι ανατροφοδοτικοί κύκλοι, απλά για να μπορέσουν όλοι οι μαθητές/μαθήτριες να ακολουθήσουν το ρυθμό της διδασκαλίας.

Το ψηφιακό υλικό - Προστιθέμενη αξία από χρήση του

Με τη χρήση του animation επιτυγχάνεται η οπτικοποίηση ενός βιολογικού φαινομένου (εμμηνορυσιακός κύκλος) μέσω δισδιάστατων αναπαραστάσεων γεφυρώνοντας έννοιες με συγκεκριμένες απεικονίσεις. Το συγκεκριμένο animation έχει ως βασικό πλεονέκτημα ότι αναπαριστά τα γεγονότα του ωθηλακικού και του ενδομήτριου κύκλου, είτε ξεχωριστά είτε σε συνδυασμό, ανάλογα με την εξοικείωση του χρήστη, δίνοντάς του τη δυνατότητα να κατανοήσει το φαινόμενο, αρχικά τμηματικά και στη συνέχεια στο σύνολο του. Παράλληλα, επιτρέπει την αφήγηση ή την παρουσίαση των γεγονότων σε βήματα, δίνοντας έτσι τον απαιτούμενο χρόνο στο χρήστη να εξοικειωθεί με τις έννοιες και τα γεγονότα του φαινομένου.

Οι μαθητές/μαθήτριες έχουν επιπλέον τη δυνατότητα πολλαπλών επαναλήψεων και άμεσης ανατροφοδότησης. Έτσι, αξιοποιούνται μεταγνωστικές δεξιότητες των μαθητών/μαθητριών, προωθώντας την οικοδόμηση της γνώσης καθώς παρέχεται η δυνατότητα για μεγαλύτερη νοητική εμπλοκή των μαθητών/μαθητριών στο πλαίσιο της μαθησιακής δραστηριότητας. Οι μαθητές/μαθήτριες, τέλος μπορούν να εντοπίσουν τις δικές τους εναλλακτικές αντιλήψεις και να οδηγηθούν σε εννοιολογική αλλαγή.

Ως οπτική αναπαράσταση βέβαια, δεν επιτρέπει υψηλού βαθμού αλληλεπίδραση με το χρήστη καθώς οι μαθητές/μαθήτριες δεν μπορούν να τροποποιήσουν το μοντέλο ή να οριοθετήσουν ένα πρόβλημα ώστε να εξετάσουν εναλλακτικές προσεγγίσεις.

Το animation με τίτλο 'The ovarian and uterine cycles', δημιουργήθηκε από την εταιρεία Sumanas Incorporation. Η συνολική του διάρκεια 5 λεπτά, ενώ είναι ελεύθερα διαθέσιμο διαδικτυακά στο σύνδεσμο: <http://www.sumanasinc.com/webcontent/animations/content/ovarianuterine.html>

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τη βηματική χρήση των φύλλων εργασίας

Στόχος μας ήταν να εμπλουτίσουμε στοιχεία της ΠΠΠ (κυρίως στον τομέα της διδακτικής) σχετικά με τον εμμηνορυσιακό κύκλο. Η ανάλυση των φύλλων εργασίας, αποκαλύπτει τα εξής:

- Οι μαθητές/μαθήτριες έχουν περιορισμένες και πολλές φορές εσφαλμένες απόψεις για τη λειτουργία του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος, ενώ υπάρχουν μαθητές (αγόρια) που δεν γνωρίζουν τι είναι η έμμηνος ρύση ή την ύπαρξη του παρθενικού υμένα.
- Οι μαθητές/μαθήτριες ενώ παρακολουθούν το animation, απαντούν εσφαλμένα με βάση τις προηγούμενες πεποιθήσεις τους. Παρακάτω αναφέρονται λανθασμένες απαντήσεις που έχουν δοθεί από τους μαθητές/μαθήτριες:
 - Η γυναίκα παράγει εκατομμύρια ωάρια κατά τη διάρκεια της ζωής της.
 - Η γονιμοποίηση γίνεται στη μήτρα.
 - Το τοίχωμα της μήτρας θρέφει το έμβρυο για αυτό δεν αποδομείται κατά τη διάρκεια της κύησης.
 - Το τέλος της εμμήνου ρύσεως σηματοδοτεί την έναρξη του επόμενου εμμηνορυσιακού κύκλου.
- Η δυνατότητα πρόβλεψης των αιτιών στειρότητας την πρώτη διδακτική ώρα είναι περιορισμένη και στηρίζεται κυρίως στις εικόνες που έχουν δει στο animation, χωρίς να υπάρχει η ικανότητα για μια πιο σύνθετη απάντηση, όπως π.χ. μηχανικά ή ορμονικά αίτια. Οι απαντήσεις που δίνονται συνήθως είναι:
 - Αδυναμία παραγωγής ωαρίων χωρίς εξήγηση της αιτίας.
 - Αδυναμία ωορηξίας.

Μετά την δεύτερη διδακτική ώρα και τη χρήση του δεύτερου animation οι μαθητές/μαθήτριες αρχίζουν να κατανοούν τη σύνδεση των ορμονών με τη λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος και να προβλέπουν και άλλες αιτίες στειρότητας.

- Η χρήση του animation βοηθά στην καλύτερη κατανόηση του φαινομένου καθώς είναι πιο παραστατική η παρουσίασή του.
- Το αναπαραγωγικό σύστημα και η αναπαραγωγή αποτελούν ακόμα θέμα ταμπού, για το οποίο δυσκολεύονται να συζητήσουν οι μαθητές/μαθήτριες. Η ομάδα των δύο ατόμων αντίθετου φύλου αρχικά προκαλεί μια αμηχανία (κυρίως στα αγόρια), στη συνέχεια όμως βοηθά σε μια πιο θετική και απενοχοποιημένη στάση των μαθητών/μαθητριών.
- Μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας εγείρονται στους μαθητές/μαθήτριες πολλά ερωτήματα σχετικά:
 - με τη διατήρηση της καλής λειτουργίας του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος,
 - την αντισύλληψη,
 - τη σχέση διατροφής και γενικά του τρόπου ζωής με τα επίπεδα των ορμονών στο σώμα,
 - τη σχέση ορμονών και συμπεριφοράς.

Το γεγονός αυτό δείχνει πως οι μαθητές/μαθήτριες αρχίζουν να κατανοούν τη συνθετότητα της λειτουργίας του ανθρωπίνου σώματος, αποκτώντας μια πιο ολιστική αντίληψη. Έτσι, ανακαλύπτουν πως μια σειρά από παράγοντες συμβάλλουν στην ορθή λειτουργία του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος και σταδιακά συνειδητοποιούν (αν και το γνωρίζουν θεωρητικά) ότι στο ανθρώπινο σώμα συντελούνται συνεχώς μια σειρά από ακούσιες λειτουργίες απαραίτητες για τη διατήρηση της ζωής και τη διαίωσιση του είδους.

Παρανοήσεις – Αρχικές θεωρήσεις των μαθητών

Κατά το στάδιο της εμπλοκής, στην αρχική συζήτηση, διαπιστώνονται παρανοήσεις σχετικά με τον εμμηνορυσιακό κύκλο και τη γονιμοποίηση:

- Η γυναίκα μπορεί να συλλάβει όλες τις ημέρες του εμμηνορυσιακού κύκλου.
- Το αίμα της εμμήνου ρύσεως είναι ακάθαρμο.
- Με τις σύγχρονες μεθόδους της ιατρικής μπορούν και οι άντρες να κυοφορήσουν ένα έμβρυο.
- Όλες οι γυναίκες έχουν πολύ έντονο πόνο και πολλά νεύρα κατά τη διάρκεια της εμμήνου ρύσεως.
- Τα δίδυμα παιδιά γεννιούνται όταν δύο σπερματοζωάρια γονιμοποιήσουν ένα ωάριο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η χρήση του συγκεκριμένου animation αποτελεί μια αρκετά αξιόπιστη αναπαραγωγή του εμμηνορυσιακού κύκλου επιτρέποντας στους μαθητές να αναπαραστήσουν/οπτικοποιήσουν φαινόμενα που εξελίσσονται στον μικρόκοσμο. Ο συνδυασμός του animation και του φύλλου εργασίας, αποτελεί ένα πιο διαδραστικό τρόπο διδασκαλίας όπου διατηρεί τους μαθητές πιο ενεργούς κατά τη διδακτική διαδικασία, ενώ παράλληλα επιτρέπει την κατανόηση σύνθετων εννοιών και φαινομένων σε συντομότερο χρόνο από ότι ο κλασικός τρόπος μετωπικής διδασκαλίας. Οι μαθητές/μαθήτριες συνειδητοποιούν από μόνοι τους παρανοήσεις και ελλείψεις που έχουν σχετικά με την λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος και είναι σε θέση αυτόνομα να ανακαλύψουν τη νέα γνώση, μετασχηματίζοντας ταυτόχρονα προγενέστερες γνώσεις.

Επιπλέον, αρχίζουν να συνειδητοποιούν τη λειτουργία του ανθρωπίνου σώματος ως όλο, απομακρυνόμενοι σταδιακά από την αποσπασματική γνώση, γεγονός που τους δημιουργεί νέα επιστημονικά και πολλές φορές υπαρξιακά - φιλοσοφικά ερωτήματα. Ενδιαφέρον επίσης είναι το γεγονός της αλλαγής της στάσης των μαθητών/μαθητριών (και κυρίως των αγοριών) σε προκαταλήψεις - ιδέες που αφορούν το γυναικείο σώμα και τη γυναικεία συμπεριφορά. Έτσι, πολλοί εντυπωσιάζονται από τη συνθετότητα της λειτουργίας του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος και αρχίζουν να διαισθάνονται πώς αυτή η συνθετότητα συνδέεται με τη γυναικεία συμπεριφορά.

Οι όποιες παρανοήσεις των μαθητών/μαθητριών είναι υπαρκτές κυρίως λόγω της βιωματικής γνώσης του θέματος. Ο εντοπισμός αυτών των αντιλήψεων ενισχύει την έρευνα στη διδακτική του εμμηνορυσιακού κύκλου, εμπλουτίζοντας τα στοιχεία της ατομικής ΠΓΠ που πρέπει να έχει ο εκπαιδευτικός για να διδάξει το θέμα. Επιπλέον, διαπιστώσαμε πως το μοντέλο 5E κατόρθωσε να ενεργοποιήσει και να εμπλέξει τους μαθητές, ενώ η δημιουργία ομάδων από άτομα διαφορετικού φύλλου αποτέλεσε μία καλή επιλογή αφού επέτρεψε να γίνουν αρχικές συζητήσεις σε κλειστό κύκλο και να απενεχοποιηθούν οι μαθητές. Προς την ίδια κατεύθυνση, συνετέλεσε και η οδηγία μας να χρησιμοποιούνται μόνο επιστημονικοί όροι και όχι αυτοί της καθημερινότητας, κατορθώνοντας έτσι να πείσουμε πως πρόκειται για ένα θέμα που πρέπει να προσεγγιστεί με την κατάλληλη σοβαρότητα και την επιστημονική ματιά.

Την επόμενη σχολική χρονιά θα πραγματοποιηθεί το προτεινόμενο διδακτικό σενάριο σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών/μαθητριών προκειμένου να γίνει και ποσοτική αποτίμηση των παραμέτρων που έχουν εξεταστεί μέχρι στιγμής ποιοτικά. Τέλος, θα γίνει αναδόμηση του φύλλου εργασίας με βάση την αξιολόγηση και τις προτάσεις των μαθητών/μαθητριών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Στασινάκης, Π.Κ. & Αθανασίου, Κ. (2013). Διερεύνηση συστατικών στοιχείων της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου, μεταξύ εκπαιδευτικών Β/θμιας εκπαίδευσης σχετικά με τη θεωρία της

εξέλιξης, *Πρακτικά στο 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Δ. Βαβουγιός & Σ. Παρασκευόπουλος (επιμ.), Βόλος, σελ.: 829–837.

Στασινάκης, Π.Κ. (2015). Το διδακτικό μοντέλο των 5E και η εφαρμογή του στη Βιολογία: φύλλα εργασίας στην καθημερινή διδακτική πρακτική για τα μαθήματα του Λυκείου, Στο: Α. Πολύζος, Δ. Σχίζας, Π. Κ. Στασινάκης & Γ. Βαρδακόστας (επιμ.), *Πρακτικά στο 3ο Συνέδριο Η Βιολογία στην Εκπαίδευση*, σελ.: 93–100.

Υπουργείο Παιδείας (2017). Οδηγίες για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις Α΄, Β΄ Ημερήσιου ΓΕΛ και Α΄, Β΄, Γ΄ Εσπερινού ΓΕΛ για το σχολ. έτος 2017 – 2018», 05-10-2017//166080/Δ2.

Bybee, R.W., Taylor, J.A, Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J.C., Westbrook, A. and Landes, A. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. A Report Prepared for the Office of Science Education National Institutes of Health. BSCS, Colorado Springs, Τελευταία πρόσβαση στις 25/6/2018,

http://bscs.org/sites/default/files/legacy/BSCS_5E_Instructional_Model-Full_Report.pdf

Baxter, J. & Lederman, N.G. (2002) Assessment and Measurement of Pedagogical Content Knowledge. In: Gess-Newsome J, Lederman N, editors. *Examining Pedagogical Content Knowledge*: Springer Netherlands. pp.: 147-161.

Berliner, D. (1988). Implications of studies of expertise in pedagogy for teacher education and evaluation. New directions for teacher assessment, *Proceedings of the 1988 ETS Invitational Conference*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.

van Driel, J.H., Verloop N. & de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35: 673-695.

Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice, *Journal of Research in Science Teaching*, 41: 370-391.

Magnusson, S., Krajcik, J. & Borke, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge. In: Gess-Newsome J, Lederman NG, editors. *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer pp.: 95 - 132.

Oki, A.C. (2011). *Integrating Multimedia Instructional Design Principles with Complex Physiological Concepts in Reproductive Science*, ProQuest LLC, Ph.D. Dissertation, Washington State University, ISBN: 978-1-2671-9909-6.

Park, S. & Oliver, J. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals, *Research in Science Education*, 38: 261-284.

Psycharis, S. (2016). Inquiry Based-Computational Experiment, Acquisition of Threshold Concepts and Argumentation in Science and Mathematics Education, *Journal of Educational Technology & Society*, 19(3): 282-293.

Shulman, L.S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform, *Harvard Educational Review*, 57: 1-22.

Shun Ho, I. & Parmar, NK (2014). Using a Cyclical Diagram to Visualize the Events of the Ovulatory Menstrual Cycle, *The American Biology Teacher*, 76(1): 12-16, doi: 10.1525/abt.2014.76.1.4

Stasinakis, P.K. & Athanasiou, K. (2016). Investigating Greek Biology Teachers' Attitudes towards Evolution Teaching with Respect to Their Pedagogical Content Knowledge: Suggestions for Their Professional Development, *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(6): 1605–1617.

Tucker, S.K. (1989). Adolescent Patterns of Communication about Sexually Related Topics., *Adolescence*, 24(94): 269-278.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking, *Communications of the ACM*, 49: 33-35.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Φύλλο εργασίας - Εμμηνορυσιακός κύκλος

1^η ερώτηση: Πώς ονομάζεται η περίοδος σύμφωνα με την επιστημονική ορολογία;

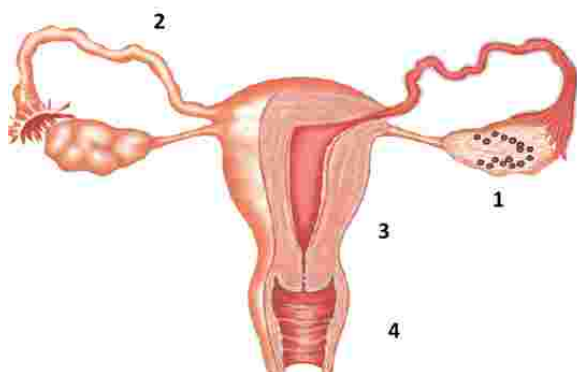
2^η ερώτηση: Σε ποια ηλικία ξεκινά η έμμηνος ρύση στις γυναίκες και σε ποια ηλικία τελειώνει;

3^η ερώτηση: Από πού προέρχεται ή τι είναι το αίμα της εμμήνου ρύσεως;

1^η Δραστηριότητα

Ανοίξτε το φυλλομετρητή (browser) στο υπολογιστή σας και κατευθυνθείτε στον ιστότοπο:
www.sumanasinc.com → Animation Gallery → General Biology → The ovarian and uterine cycles → Step through → Events of the ovarian and uterine cycle.

Α. Σύμφωνα με τις προηγούμενες γνώσεις σας να συμπληρώσετε τις ενδείξεις στην παρακάτω εικόνα



1.

2.

3.

4.

Β. Παρακολουθήστε μία φορά ολοκληρωμένο το animation και αντιστοιχίστε την ελληνική με την αγγλική ορολογία.

A. oviduct	1. Ωοθηλάκιο
B. oocyte	2. Ωχρο σωματίο
Γ. follicle	3. Ωοθήκη
Δ. ovary	4. Ωαγωγός
E. ovulation	5. Έμμηνος ρύση
ΣΤ. uterus	6. Ωορρηξία
Z. menses	7. Ωοκύτταρο
H. corpus luteum	8. Μήτρα

Γ. Παρακολουθήστε το βήμα 1 του animation και απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις.

1. Πόσα ανώριμα ωάρια βρίσκονται στις ωοθήκες μιας γυναίκας;

2. Πώς ονομάζεται το θυλάκιο (σακουλάκι) μέσα στο οποίο αναπτύσσεται ένα ανώριμο ωάριο;

Δ. Παρακολουθήστε το βήμα 2 του animation και απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις

3. Πόσο διαρκεί ο εμμηνορυσιακός κύκλος;

.....
4. Πόσες μέρες διαρκεί η περίοδος (έμμηνος ρύση);
.....

E. Παρακολουθήστε το βήμα 6 του animation και απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις.

5. Ποια μέρα του κύκλου απελευθερώνεται το ώριμο ωάριο από το ωθηλάκιο; Πώς ονομάζεται αυτό το φαινόμενο;

.....
6. Πού κατευθύνεται το ωάριο μετά την απελευθέρωση του από το ωθηλάκιο;
.....

7. Σε ποιο όργανο του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος γίνεται η γονιμοποίηση του ωαρίου από ένα σπερματοζωάριο;

.....
ΣΤ. Παρακολουθήστε το βήμα 7 του animation και απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις.

8. Τι είναι το ωχρό σώμα και ποιες ορμόνες παράγει;

.....
Z. Παρακολουθήστε τα βήματα 8-11 του animation και απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις.

9. Ποια θεωρείται η πρώτη μέρα του εμμηνορυσιακού κύκλου;

.....
10. Τι συμβαίνει με τα τοιχώματα της μήτρας τις μέρες 1-5 του εμμηνορυσιακού κύκλου;

.....
11. Τι συμβαίνει με τα τοιχώματα της μήτρας τις μέρες 6-28 του εμμηνορυσιακού κύκλου και για ποιο λόγο;

.....
H. Μετά την παρακολούθηση του animation προσπαθήστε να εξηγήσετε:

12. Γιατί όταν μια γυναίκα μένει έγκυος δεν έχει έμμηνο ρύση;

.....
13. Τι είδους προβλήματα στη λειτουργία του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε γυναικεία στειρότητα;

.....
14. Δεδομένου ότι η αναπαραγωγική ηλικία της γυναίκας διαρκεί από την εφηβεία μέχρι και την ηλικία περίπου των 48 ετών, πόσα ώριμα ωάρια παράγει σε όλη της τη ζωή;

2^η Δραστηριότητα

Επιστρέψτε στο αρχικό μενού του animation και επιλέξτε: Step through → Ovarian hormones control the uterine cycle.

Παρατηρώντας την εικόνα να απαντήσετε τις παρακάτω ερωτήσεις

1. Ποια μέρα του εμμηνορυσιακού κύκλου τα οιστρογόνα βρίσκονται στη μέγιστη ποσότητα τους στο σώμα της γυναίκας και τι ακολουθεί;

.....
2. Ποια μέρα του εμμηνορυσιακού κύκλου η προγεστερόνη βρίσκεται στην ελάχιστη ποσότητα της στο σώμα της γυναίκας και τι ακολουθεί;

.....
3. Τι είδους προβλήματα στη λειτουργία του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε γυναικεία στειρότητα;

.....
4. Τι νομίζετε ότι συμβαίνει με τις ορμόνες στο σώμα της γυναίκας όταν σταματάει η αναπαραγωγική της ικανότητα;

Διερεύνηση εφαρμογής τρισδιάστατης εκτύπωσης και υλικών χαμηλού κόστους σε σενάρια εκπαιδευτικής ρομποτικής στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Ανουςάκη Γεωργία¹, Αναγνωστάκης Σίμος²

1 Δρ Μηχανολόγος Μηχανικός, ΕΜΠ
g.anousaki@oaed.gr

2 ΕΔιΠ, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
sanagn@edc.uoc.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις σελίδες που ακολουθούν, θα παρουσιαστεί συνοπτικά ο ρόλος και η αναγκαιότητα της διδακτικής των STEM κατά την πρόσφατη ιστορία, όπως αυτή υπαγορεύτηκε από τις κοινωνικο-οικονομικές εξελίξεις. Στη συνέχεια, θα γίνει ανάλυση σε μία τεχνολογία που έγινε πρόσφατα ευρέως προσιτή, τη τρισδιάστατη εκτύπωση. Θα απαντηθούν ερωτήματα, όπως πώς μπορεί να συμβάλει στην εκπαιδευτική διαδικασία και τι μπορεί να προσφέρει σε μαθητές της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Θα παρουσιαστεί το γενικότερο παιδαγωγικό πλαίσιο στο οποίο λειτουργεί η διδασκαλία STEM και ειδικότερα η ρομποτική. Στα πλαίσια της νέας προσέγγισης που προτείνεται, θα περιγραφεί συγκεκριμένο παράδειγμα συνδυασμού τρισδιάστατης σχεδίασης και κατόπιν εκτύπωσης με την εκπαιδευτική ρομποτική που κάνει χρήση υλικών χαμηλού κόστους. Κλείνοντας θα δοθούν οδηγίες για ένα ρομποτικό kit DIY και ενδεικτικό σχέδιο μαθήματος που αφορά ενότητα γνώσεων στο συγκεκριμένο τομέα ενδιαφέροντος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εκπαιδευτική ρομποτική, τρισδιάστατη εκτύπωση, σενάρια μαθημάτων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

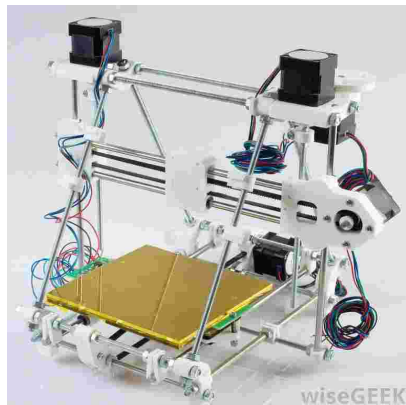
Σύμφωνα με την UNESCO, ο Επιστημονικός και Τεχνολογικός Αλφαριθμητισμός (ETA), με την ευρύτερη έννοια του όρου, σημαίνει πολύ περισσότερο από απλώς τη δυνατότητα ανάγνωσης, κατανόησης και γραφής για την επιστήμη και την τεχνολογία, αν και είναι σημαντικές αυτές. Το ETA περιλαμβάνει επίσης την ικανότητα εφαρμογής επιστημονικών και τεχνολογικών εννοιών και διαδικαστικών δεξιοτήτων στη ζωή, στην εργασία και στον πολιτισμό της ίδιας της κοινωνίας. Συνεπώς, συμπεριλαμβάνει συμπεριφορές και αξίες που επιτρέπουν σε κάποιον να διακρίνει μεταξύ χρήσιμων ή ακατάλληλων χρήσεων της επιστήμης ή της τεχνολογίας (UNESCO, 2000).

Από τον ανωτέρω ορισμό προκύπτει ότι ένα άτομο γίνεται επιστημονικά και τεχνολογικά εγγράμματο, χάρη σε κάποια εμπλοκή με εφαρμογές της επιστήμης ή της τεχνολογίας που το ενδιαφέρουν ή συνδέονται στενά με την καθημερινότητά του ή τις οποίες θεωρεί σημαντικές ή σπουδαίες πέραν οιοδήποτε εξετάσεων. Οι συμπεριφορές και η εμπιστοσύνη συνήθως αναπτύσσονται αποτελεσματικότερα μέσα από σημαντικές προσωπικές εμπειρίες ή από επιδιωκόμενες εμπειρίες.

Στις σύγχρονες εξαρτώμενες από την Τεχνολογία, κοινωνίες, ο Επιστημονικός και Τεχνολογικός Αλφαριθμητισμός (ETA) είναι κρίσιμος και απαραίτητος για την ευημερία και την περαιτέρω ανάπτυξη της κοινωνίας αλλά, επίσης, είναι και προϋπόθεση για την ύπαρξη της δημοκρατικής κοινωνίας. Η εξοικείωση με την τεχνολογία ανήκει πλέον στο σύνολο των απαραίτητων δεξιοτήτων του ατόμου που ζει στον 21ο αιώνα. Λόγω των ραγδαίων εξελίξεων, αυτός ο αλφαριθμητισμός, ιδιαίτερα στις Τεχνολογίες της Πληροφορικής, λείπει από την κοινωνία. Κατά συνέπεια, ο κοινωνικός περίγυρος δεν μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στον ETA που μπορεί πια να επιτευχθεί μόνο μέσω συστηματικής εκπαίδευσης (τυπικής και μη τυπικής). Στα πλαίσια αυτά, η υποχρεωτική εκπαίδευση, αποκτά ιδιαίτερη σημασία (Μιχαηλίδης & Αναγνωστάκης, 2007). Το εκπαιδευτικό σύστημα τίθεται προ τετελεσμένων γεγονότων και είναι αναγκασμένο να ανταποκριθεί ανάλογα στις σημαντικές αυτές

τεχνολογικές αλλαγές, ώστε να ανταπεξέλθει στις σύγχρονες απαιτήσεις μόρφωσης και κατάρτισης και στις ραγδαίες εξελίξεις της αγοράς εργασίας.

Υπό αυτό το πρίσμα, η συζήτηση για την χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης σε συνδυασμό με την εκπαιδευτική ρομποτική, λαμβάνει πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις από το απλοϊκό ερώτημα, αν όλα αυτά απευθύνονται μόνο σε μαθητές με κλίση “στα τεχνολογικά”. Η απάντηση σε αυτή τη σκέψη πρέπει ασφαλώς να είναι αρνητική. Οι εκπαιδευτικές αυτές προσεγγίσεις αφορούν όλους που καλούνται να λειτουργήσουν στην παρούσα κοινωνία. Η απουσία της τεχνολογίας από την εκπαιδευτική διαδικασία, στερεί από τους μαθητές τη μοναδική ευκαιρία για μία υγιή ενσωμάτωση της τεχνολογίας και της επιστήμης στην καθημερινότητά τους και δαιμονοποιεί έναν μεγάλο τομέα της ανθρώπινης εξέλιξης. Πρακτικά, οι μελλοντικοί επαγγελματίες που δεν έχουν κατακτήσει την επιστήμη και την τεχνολογία κινδυνεύουν περισσότερο από ανεργία ή χαμηλά αμειβόμενη εργασία.



ΠΡΟΟΔΟΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ ΑΝΟΙΚΤΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ

Η τρισδιάστατη εκτύπωση με τη μορφή FDM (Fused Deposition Modeling) είναι μια τμηματική κατασκευαστική διαδικασία όπου αποτίθενται στρώματα υλικού. Ο τρισδιάστατος εκτυπωτής παίρνει ένα λεπτό πλαστικό “σύρμα” ως αναλώσιμο, (το αντίστοιχο “μελάνι” ενός εκτυπωτή με τη μορφή που γνωρίζουμε) το οποίο και εισάγεται μέσα στο μηχάνημα και μεταφέρεται στο στόμιο της κεφαλής που έχει θερμοκρασία 210°C. Αυτό το στόμιο και η βάση εκτύπωσης κινούνται από κοινού κατά μήκος, πλάτος και ύψος. Με τον τρόπο αυτό το μηχάνημα δημιουργεί αλληπάλληλα στρώματα υλικού. Η ένωση αυτών των στρωμάτων δημιουργεί το τρισδιάστατο αντικείμενο. Η παρουσία του εξοπλισμού αυτού σε πολλά σπίτια και χώρους εκπαίδευσης, έφερε μία επανάσταση όπου ο παθητικός καταναλωτής μετατρέπεται σε ενεργό δημιουργό και εμπνευστή κατασκευών.

Η τεχνολογία για την 3D εκτύπωση ήταν γνωστή από τη δεκαετία του 1980, αλλά μόλις πρόσφατα έληξαν οι σχετικές πατέντες, γεγονός που άνοιξε το δρόμο για την εμφάνιση πολύ οικονομικών μηχανισμών με μεγάλες δυνατότητες, όπως στο Σχήμα 1. Η αγορά προσφέρει εκτυπωτές πολλών χιλιάδων έως και λίγων εκατοντάδων Ευρώ. Η διαφορά ανάμεσα σε αυτά τα μηχανήματα σχετίζεται με την ακρίβεια των μηχανισμών που κινούν την κεφαλή απόθεσης υλικού, καθώς και με το μέγεθος του εκτυπωμένου αντικειμένου. Επί της ουσίας, προσφέρονται πλέον αξιόπιστοι εκτυπωτές σε προσιτό κόστος, που μπορούν να υποστηρίξουν την εκπαιδευτική διαδικασία στα πλαίσια ενός δημόσιου σχολείου.

Η πράξη έχει αναδείξει συγκεκριμένα οφέλη της 3D εκτύπωσης στην εκπαίδευση, όπως (Quental D., 2012):

- Μεγαλύτερο κίνητρο, απόρροια του παράγοντα του ενθουσιασμού και το οποίο αυξάνει την δημιουργικότητα των μαθητών, την κριτική τους σκέψη και την ενασχόλησή τους μέσα στην τάξη.
- Εύκολα επαναλαμβανόμενο σχέδιο και μάθηση, εφόσον οι μαθητές ασχολούνται πιο εύκολα με δραστηριότητες πιο απτές, όπως η εννοιολογία, η οπτικοποίηση και η 3D εκτύπωση εξαρτημάτων. Οπότε έχουμε εκτύπωση, δοκιμασία και αξιολόγηση αυτών μέσω κάθε σταδίου

υλοποίησης, από το σχεδιασμό μέχρι το τελικό προϊόν και αν αυτό δεν φέρει αποτέλεσμα, τότε η προσπάθεια ξαναγίνεται. Συνεπώς, η αξιολόγηση του τελικού προϊόντος/αποτελέσματος, συνδέεται άμεσα με την ανατροφοδότηση της διαδικασίας, στοχεύοντας στη βελτίωση του αποτελέσματος και όχι του ελέγχου/βαθμολόγησης.

- Αποδοχή της πιθανότητας λάθους η οποία συμβάλλει καταλυτικά στην αυτοπεποίθηση του μαθητή και στις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων.
- Ομαδοποιώντας τα δύο προηγούμενα σημεία, μπορούμε να πούμε πως η καινοτομία διευκολύνεται καθώς το κόστος επανασχεδιασμού και επανεκτύπωσης είναι πολύ χαμηλό. Η όλη διαδικασία και η συλλογική δουλειά είναι αυτή που θεωρείται σημαντική, όχι το αποτέλεσμα. Τα λάθη είναι πλέον κομμάτι της δημιουργικής διαδικασίας: εκμάθηση και αποτυχία μαζί και προσπάθεια ξανά έως ότου το επιθυμητό προϊόν δημιουργηθεί.
- Οπτικά και απτά βοηθήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καλύτερη απεικόνιση εννοιών ώστε να γίνουν ευκολότερα κατανοητές.

Όπως είναι κατανοητό, η 3D εκτύπωση είναι συνυφασμένη με το πρόγραμμα μαθημάτων των θετικών και τεχνολογικών επιστημών (Φυσική, τεχνολογία, Μηχανολογία και Μαθηματικά), αλλά και όλα τα άλλα σχολικά μαθήματα μπορούν να επωφεληθούν της τεχνολογίας της 3D εκτύπωσης, καθώς φαίνεται στον Πίνακα 1 (Quental D., 2012).

Φυσικές επιστήμες
Εκτύπωση μοντέλων κυττάρων ή οργάνων ή δημιουργία οποιουδήποτε εξατομικευμένου μοντέλου ή εξοπλισμού για τη Χημεία ή τη Βιολογία. Αντί να γίνεται ο διαμελισμός ενός βατράχου μέσα στην τάξη, για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν πλέον να εκτυπώσουν τρισδιάστατα και να συναρμολογήσουν έναν ολόκληρο βάτραχο.
Μαθηματικά
Η σύνθετη γεωμετρία, ή οι τριγωνομετρικές συναρτήσεις μπορούν να απεικονιστούν με 3D εκτυπωμένα μοντέλα ώστε να βοηθήσουν τους μαθητές να απεικονίσουν μαθηματικά προβλήματα αρκετά πιο ρεαλιστικά μέσω απτών παρουσιάσεων.
Μηχανολογία
Οι μαθητές δύνανται να πάρουν την χαρά της σχεδίασης αντικειμένων μέσω εμπειρίας, από πρώτο χέρι και ολόκληρου του σχεδιασμού του αντικειμένου. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να χρησιμεύσει στην δοκιμή και την παραγωγή λειτουργικών πρωτοτύπων, επιδεικνύοντας καλά σχεδιασμένες λύσεις.
Καλλιτεχνικά
Η 3D εκτύπωση παρέχει έναν νέο και αυθεντικό τρόπο δημιουργίας της τέχνης. Οι διάφορες υφές, οι σύνθετες γεωμετρίες ή τα καλούπια που η 3D εκτύπωση μπορεί να παράγει δίνουν τη δυνατότητα για δημιουργία γλυπτών που υπό άλλες συνθήκες θα ήταν απίθανο να παραχθούν μέσω της παραδοσιακής διαδικασίας κατασκευής.
Σχέδιο
Η ικανότητα επαναλαμβανόμενης δοκιμασίας σχεδίων καθ' όλη τη διαδικασία σχεδιασμού έχει σαν αποτέλεσμα ένα τελικό προϊόν όπου οι μαθητές μπορούν να εκτυπώσουν πιο βελτιωμένα, φθηνότερα και πιο λειτουργικά οπότε τους καθιστά επίσης ικανούς να κατανοήσουν το σχήμα και τη λειτουργία.
Γεωγραφία/Γεωλογία
Ζούμε σε έναν τρισδιάστατο κόσμο άρα το να έχουμε την ευκαιρία να δούμε και να αγγίξουμε μια αναπαράσταση μέσω 3D printing της γεωγραφίας και γεωλογίας που διδασκόμαστε δίνει μια καινούργια διάσταση στην διδακτική εμπειρία. Η 3D εκτύπωση είναι ένας τρόπος, εξαιρετικός για τους μαθητές, ώστε να κατανοήσουν καλύτερα ποικίλους γεωλογικούς σχηματισμούς σε τέτοιο βαθμό που μέσω διδιάστατων εικόνων είναι συγκριτικά δύσκολο.

Ιστορία

Στα μαθήματα ιστορίας οι μαθητές μπορούν να εκτυπώσουν αντίγραφα εκθεμάτων που συναντώνται σε μουσεία, τα οποία μπορεί να αγγίξει κανείς, ενώ είναι πανομοιότυπα με τα αντίστοιχα πραγματικά εκθέματα.

Πίνακας 1. Παραδείγματα εφαρμογής 3D εκτύπωσης σε γνωστικές περιοχές

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ

Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι απλά η διαδικασία που θα "ζωντανέψει" ότι έχει σχεδιαστεί στον υπολογιστή με τη βοήθεια ενός λογισμικού τρισδιάστατης σχεδίασης. Υπάρχουν διάφορα λογισμικά σχεδίασης 3D που αντιστοιχούν σε διάφορα επίπεδα επιδεξιότητας και περιπλοκότητας απαιτήσεων. Στην προκειμένη περίπτωση που αφορά μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, μία εξαιρετική επιλογή είναι το Tinker CAD (TinkerCad, 2018). Το Tinker CAD είναι για παιδιά, καθώς και για χομπίστες ή ακόμα και σχεδιαστές. Εξ ολοκλήρου διαδικτυακά, αυτό το εργαλείο σχεδιάστηκε από την Autodesk. Το περιβάλλον είναι πολύχρωμο και ελκυστικό. Λειτουργεί με μπλοκ πολλαπλών σχημάτων που μπορείτε να προσθέσετε ή να αφαιρέσετε το ένα στο άλλο. Ένα ειδικό εργαλείο σας επιτρέπει επίσης να διαμορφώσετε τρύπες. Μπορείτε επίσης να φορτώσετε αρχεία τύπου STL και SVG για να δημιουργήσετε συνθέσεις. Το TinkerCAD επιτρέπει στους αρχαίους να μεταφέρουν τα βασικά σχήματα σε ένα χώρο εργασίας και να τα διαμορφώνουν. Έτσι ένα παιδί μπορεί να τοποθετήσει ένα κύβο στο χώρο εργασίας και στη συνέχεια να αρπάξει τις άκρες και τις γωνίες για να το μετατρέψει σε ένα μακρόστενο σχήμα ή κάποιο άλλο ορθογώνιο. Καθώς ο χρήστης ανασχηματίζει ένα αντικείμενο, οι διαστάσεις εμφανίζονται στις άκρες του σχήματος για να δείξουν ποιο μέγεθος είναι σε mm, κλπ. Παράλληλα, υπάρχει συλλογή ποικίλων κατασκευών, όπου μπορεί ο κάθε χρήστης έχει ελεύθερη πρόσβαση. Ο μαθητής μπορεί να "κατεβάσει" ότι τον ενδιαφέρει και να το διαμορφώσει στις ανάγκες της περίπτωσης που αντιμετωπίζει.

Η Sarah O'Rourke, που ασχολείται με την ανάπτυξη και εφαρμογή του TinkerCAD στα σχολεία, αναφέρει: *"τα παιδιά είναι φυσικά περίεργα. Την πρώτη φορά που ακούνε την πλάκα κατασκευής του τρισδιάστατου εκτυπωτή να τελειώνει και να κατεβαίνει είναι τόσο συναρπαστικό για αυτά! Είναι ένα ομαδικό "WOW". Ο τρόπος με τον οποίο κατασκευάζονται τα αντικείμενα, αλλάζει τον κόσμο, η τρισδιάστατη εκτύπωση δίνει στα σχολεία την ευκαιρία να φανταστούν οι μαθητές κάτι, να το σχεδιάσουν και μέσα σε λίγα λεπτά να το κρατήσουν στο χέρι τους. Αυτές οι εξελίξεις δίνουν στα παιδιά την αίσθηση πως μπορούν να κάνουν οτιδήποτε. Αυτό είναι πολύ ισχυρό. Ποιος ξέρει τι θα δημιουργήσουν."*

Είναι πραγματικά εύκολο να ξεκινήσετε με μαθηματικά ή γεωμετρία. Ειδικά με το Tinkercad, όπου βασίζεται στη μοντελοποίηση με στερεά σχήματα. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν εύκολα να συνδέσουν οπτικά τις έννοιες του όγκου, του πλάτους και του ύψους. Αυτό βοηθά τους μαθητές με διάφορους τύπους μάθησης να συνδεθούν με έναν νέο τρόπο.

Στο γενικότερο πλαίσιο βλέπουμε τη χρήση του ελεύθερου λογισμικού και των ανοικτών τεχνολογιών να διαδίδεται με ταχείς ρυθμούς. Το Ελεύθερο Λογισμικό / Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ) είναι το λογισμικό που ο καθένας μπορεί ελεύθερα να χρησιμοποιεί, να αντιγράψει, να διανέμει και να τροποποιεί ανάλογα με τις ανάγκες του.

Τα σχολεία οφείλουν να είναι ο φυσικός χώρος του ΕΛ/ΛΑΚ, καθώς εκεί διδάσκουμε στις επόμενες γενιές τις αξίες των κοινωνιών μας, αλλά επίσης και τη γνώση που χρειάζονται για να βρουν μια θέση στις κοινωνίες αυτές. Η δέσμευση/εξάρτηση από προϊόντα συγκεκριμένων εμπορικών εταιριών θα πρέπει να αποφεύγονται για χάρη της καλλιέργειας αρχών συνειδητού χρήστη/καταναλωτή της τεχνολογίας. Η χρήση ΕΛ/ΛΑΚ προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως αυτά περιγράφονται αναλυτικά στη σχετική ιστοσελίδα (Free Software Foundation Europe, 2015).

Το σημαντικό εργαλείο του Ελεύθερου λογισμικού, έρχεται να συμπληρώσει η διάθεση οικονομικού ηλεκτρονικού υλικού. Είναι πλέον πραγματικότητα, οι οικονομικοί επεξεργαστές που διαχειρίζονται ελεύθερο λειτουργικό σύστημα, οι οικονομικοί αισθητήρες ποικίλων δυνατοτήτων και ασφαλώς οι οικονομικοί κινητήρες υψηλής ακρίβειας, όπως οι σερβοκινητήρες. Τέλος, σε όλα αυτά προστίθεται και η δυνατότητα οικονομικής τρισδιάστατης εκτύπωσης, που "δένει" τα επιμέρους

εξαρτήματα και δίνει ολοκληρωμένη μορφή σε οποιαδήποτε ρομποτική ή μη κατασκευή οραματιστήκαμε. Όλα μαζί δίνουν άπειρες δυνατότητες για δημιουργία και πειραματισμό, που διαμορφώνουν ανθρώπους καινοτόμους και συνεργατικούς, ικανούς να προάγουν την κοινωνία μας.

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ STEM ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Στη διδασκαλία με μεθοδολογία STEM υπάρχει μετασχηματισμός της δασκαλοκεντρικής μεθόδου μάθησης σε ανακαλυπτική - διερευνητική μάθηση. Ο μαθητής εμπλέκεται δημιουργικά και συνεργατικά με τους συμμαθητές του, προκειμένου να δώσουν από κοινού λύσεις σε προβλήματα που τίθενται από τον εκπαιδευτικό. Απαραίτητη προϋπόθεση στην εφαρμογή μεθοδολογίας STEM είναι η ύπαρξη μεθόδου επίλυσης προβλήματος (problem solving).

Η διαθεματική προσέγγιση των STEM βασίζεται στις αρχές του εποικοδομισμού όπου η ενεργή συνδρομή των μαθητευόμενων οδηγεί στην οικοδόμηση της επικείμενης γνώσης με τον διδάσκοντα σε ρόλο μεσολαβητή (Sanders M., 2009). Τα πλεονεκτήματα της εκπαίδευσης STEM/ STEAM φαίνεται να είναι πολλαπλά. Οι έρευνες δείχνουν ότι βελτιώνονται οι δεξιότητες σκέψης, επίλυσης προβλημάτων και συγκράτησης της γνώσης, οι επιδόσεις στα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες (Roehrig H. G. & Stohlmann M. Moore J. T, 2012). Επιπλέον, οι μαθητές μεταφέρουν με ευκολία προηγούμενες γνώσεις που απέκτησαν, αντιμετωπίζοντας δημιουργικά νέα προβλήματα, ενώ η επιτυχής ενσωμάτωσή τους διεγείρει τη δημιουργικότητα, την περιέργεια και την ομαδική εργασία (Roberts A., 2012). Ένα από τα ενδεδειγμένα εργαλεία εκμάθησης STEM, αποτελεί η ρομποτική, λόγω της διαθεματικής και πειραματικής φύσης της. Από παιδαγωγική άποψη, τα πρακτικά πειράματα της ρομποτικής ακολουθούν το παράδειγμα μάθησης του κονστрукτιβισμού. Αυτές οι ιδέες βασίζονται στο παιδαγωγικό μοντέλο του Piaget, αλλά λαμβάνουν επίσης υπόψη τις ιδέες του Vygotskij σχετικά με την Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης και την άποψη του Bauer για τη σημασία της εμπειρίας που βιώνουν από κοινού οι εκπαιδευτικοί με τους μαθητές. Οι Piaget και Vygotskij πιστεύουν στην ανάγκη ενός ενεργητικού ρόλου του μαθητή στην ανάπτυξη της γνώσης του, με τον Vygotskij να δίνει ιδιαίτερη έμφαση στις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν ανάμεσα σε μαθητή, συμμαθητές και καθηγητή. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις, πιστεύει, πως οδηγούν την ανάπτυξη των ανώτερων νοητικών λειτουργιών και τη διαμόρφωση της προσωπικότητας γενικότερα. Μία από τις σημαντικότερες παιδαγωγικές συνέπειες αυτής της θεώρησης είναι η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, όπου ο εκπαιδευτικός είναι μεσολαβητής γνώσης, ρυθμίζει την επικοινωνία μέσα στην τάξη και διαμορφώνει τη μαθησιακή διαδικασία ανάλογα με τις δυναμικές που αναπτύσσονται στο σύνολο.

Η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης αποτελεί την τέλεια πλατφόρμα εφαρμογής των θεωριών των Piaget, Vigotsky και Papert. Η χρήση αυτής της τεχνολογίας στην τάξη, επιδεικνύει στην πράξη την ομαδοσυνεργατική μάθηση και τον εποικοδομισμό, ενώ παράλληλα αποτελεί ένα δυνατό εργαλείο στην υπηρεσία της διαθεματικότητας, μία προσέγγιση στη μάθηση που ο Dewey υποστήριξε από το 1966 (Dewey J., 1916). Κατά την άποψή του, η αποκομμένη προσέγγιση του ενός αντικειμένου από το άλλο, υποβαθμίζει τις σχέσεις μεταξύ τους και εμποδίζει τους μαθητές να αντιληφθούν την ενότητα των αναζητήσεών τους. Δήλωνε ότι *"η εισαγωγή [των αντικειμένων] στο παιδί, ξεχωριστά από την αρχή, οδηγεί σε αποδιοργάνωση και αποσύνθεση, αντί συντονισμού και συνδυαστικότητας"*. Ο Dewey συνεχίζει, υποστηρίζοντας ότι έξω από τον τεχνητό ρυθμό στα σχολεία, οι εμπειρίες μας είναι ολιστικές και μόνο μετά από σκέψη μπορούμε να εντοπίσουμε τα διαφορετικά θέματα μέσα σε αυτές. Μόλις ενσωματωθούν, τα προβλήματα μέσα στα θέματα προσομοιάζουν με μεγαλύτερη ακρίβεια πραγματικές καταστάσεις. Κατά την άποψή του, οι δραστηριότητες στο σχολείο πρέπει να μοντελοποιούν τις εμπειρίες εκτός σχολείου που θεωρούμε ενδιαφέρουσες και ικανοποιητικές, και αυτές οι δραστηριότητες συχνά έχουν κοινωνικό ή πολιτικό στοιχείο για εμάς. Αντί να επικεντρωνόμαστε στην προετοιμασία για μελλοντικές σταδιοδρομίες, υποστήριξε ότι, εστιάζοντας στην παρούσα αξία των εμπειριών θα προετοιμάσει τους μαθητές για συνεχή εξέλιξη, κάτι που χρειάζεται σε οποιαδήποτε καριέρα.

Ορισμένες τρέχουσες εφαρμογές αυτής της προσέγγισης έρχονται με τη μορφή εκμάθησης βασισμένης σε περιστατικά ή σε προβλήματα (Allen D.E et al., 2001; Duffy T.M & Savery J.R., 1995). Σε αυτή την προσέγγιση, αντί να προκληθούν οι μαθητές με ευθέα, απλοποιημένα προβλήματα, οι μαθητές λαμβάνουν σύνθετα προβλήματα που είναι «προσομοιώσεις εμπειριών

πραγματικής ζωής» (Lesh R. & Harel G., 2003). Σε ένα περιβάλλον STEM, αυτές οι ρεαλιστικές εμπειρίες μπορεί να είναι το εφελκυστικό σημείο προς την επιστήμη, την τεχνολογία ή τις έννοιες μηχανικής. Αυτό που είναι σημαντικό είναι ότι τα προβλήματα ή οι δραστηριότητες είναι ρεαλιστικά ή αυθεντικά και ότι, όπως ισχυρίστηκε και ο Dewey, οι μαθητές βλέπουν το σκοπό της συμμετοχής τους, όχι λόγω της μελλοντικής πιθανής χρησιμότητας τους, αλλά λόγω της εγγενούς αξίας τους. Οι Lesh και Dewey συμφώνησαν ότι τα προβλήματα των μαθητών στο σχολείο πρέπει να βασίζονται στον πραγματικό κόσμο, αλλά και οι τρεις (Lesh, Dewey, Harel) πίστευαν πως οι μαθητές πρέπει να εργάζονται από κοινού. Κάθε θεωρητικός, ωστόσο, προσέγγισε το θέμα από μια ελαφρώς διαφορετική προοπτική. Για τον Dewey (Dewey J., 1916) η εκπαίδευση ήταν και κοινωνικής φύσης και εξυπηρετούσε μια λειτουργία μέσα σε μια δημοκρατία, συνεπώς οι μαθητές έπρεπε να ενεργούν και να αντιμετωπίζονται ως μέλη μιας κοινότητας με όλες τις ελευθερίες των μελών μιας δημοκρατικής κοινωνίας. Οι επιδιώξεις που ο Dewey οραματιζόταν για τους μαθητές του ήταν επιδιώξεις κοινότητας, απαιτώντας από τους μαθητές να συνεργαστούν ως κοινότητα μαθητευομένων. Σύμφωνα με τον Lesh, ρεαλιστικά, διεπιστημονικά προβλήματα εκτός σχολείου αντιμετωπίζονται συνήθως από ομάδες, συχνά αποτελούμενες από μέλη με διαφορετικές δεξιότητες και γνώσεις (Lester F. et al., 2008; Lesh, R. et al., 2000). Εξαιτίας αυτού, είναι λογικό οι μαθητές να προσεγγίσουν τα προβλήματά τους επίσης σε ομάδες. Η ομαδική εργασία έχει επίσης το πρόσθετο πλεονέκτημα της ενθάρρυνσης της επικοινωνίας και της μεταγνώσης.

Η συμβολή των εκπαιδευτικών στην επιτυχή ενσωμάτωση του STEM/STEAM είναι ιδιαίτερα σημαντική. Συμμετέχοντας κυρίως ως διαμεσολαβητές πρέπει να επικεντρωθούν στη διεπιστημονική και διερευνητική μάθηση ώστε να ενισχύσουν την αυτονομία των μαθητών. Καλλιεργώντας τη δημιουργική σκέψη, παρακινούν τους μαθητές να αναλάβουν 'κινδύνους' και τους οδηγούν να αντιμετωπίζουν τα προβλήματα ως ευκαιρίες για μάθηση (Sir Robinson K., 2006).

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

Η ρομποτική μπορεί να θεωρηθεί εργαλείο μάθησης δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, που απαιτούνται στη μελλοντική αγορά εργασίας και στις κοινωνίες εν γένει. Αυτές οι δεξιότητες δίνουν έμφαση, μεταξύ άλλων, στη δημιουργία και την κριτική σκέψη, την επίλυση προβλημάτων, την επικοινωνία, τη συνεργασία και την παιδεία ΤΠΕ (Balanskat A. & Engelhardt K., 2015; Care P. & McGaw G., 2012). Προηγούμενη έρευνα κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών καταδεικνύει ότι η διδασκαλία της ρομποτικής είναι ένας καλός τρόπος για την προώθηση της μάθησης που βασίζεται στη διάγνωση προβλήματος και στη διερεύνηση, για την ενίσχυση της συνεργασίας των μαθητών και της δημιουργικής σκέψης. Ο ερευνητής Αλιμίσης δήλωσε: "Η χρήση της ρομποτικής στην εκπαίδευση στοχεύει στη [...] διαμόρφωση περιβάλλοντος μάθησης που θα ενισχύει την ενεργή συμμετοχή των εκπαιδευόμενων σε πειραματισμούς, έρευνα και στην αυθεντική επίλυση προβλημάτων" (Alimisis D., 2012). Τα ρομπότ καθαυτά είναι απλά εργαλεία για την ενσωμάτωση αυτών των μεθόδων διδασκαλίας και εκμάθησης στην πράξη, αλλά καθώς συνδυάζουν τόσο τη μάθηση μέσω πράξης όσο και τις συνεργατικές δράσεις, ενισχύουν στην τελική ανάλυση, τη διδασκαλία δεξιοτήτων του 21ου αιώνα (Balanskat A. & Engelhardt K., 2015; Care P. & McGaw G., 2012; Castellani A. Et al., 2006).

Η διαθεματική φύση της ρομποτικής την καθιστά ένα φυσικό εργαλείο για τη διδασκαλία της επιστήμης και της μηχανικής σε πολλά επίπεδα. Η ρομποτική έχει αποδειχθεί ένα εξαιρετικό εργαλείο για hands-on πειραματική μάθηση, όχι μόνο αυστηρά της ρομποτικής, αλλά γενικών θεμάτων στην επιστήμη, την τεχνολογία, την τεχνολογία, και τα μαθηματικά (STEM). Το πολύ χαμηλό πλέον κόστος των ηλεκτρονικών, έχει φέρει προϊόντα υψηλής τεχνολογίας σε όλα τα σπίτια και σχολεία.

Αδιαμφισβήτητος κυρίαρχος στο χώρο της εκπαιδευτικής ρομποτικής είναι η εταιρία LEGO με τα γνωστά σετ ρομποτικής Mindstorms. Η προσέγγιση που προσφέρει είναι όντως εξαιρετική και αποτέλεσμα σωστής εκτίμησης πολλών παραγόντων, όπως το νεαρό της ηλικίας, οι γνώσεις και ικανότητες μαθητών και δασκάλων. Τα προϊόντα της διατίθενται σε ολοκληρωμένα πακέτα που με λίγες οδηγίες μπορεί ο καθένας να φτάσει σε ένα αποτέλεσμα ικανό να τον δελεάσει για τα επόμενα βήματα. Επίσης, διατίθεται αναλυτικός οδηγός για τους εκπαιδευτικούς με σχέδια μαθημάτων και μεθοδολογίες βήμα-βήμα, για τη διευκόλυνσή τους. Εν ολίγοις, η LEGO έχει κατανοήσει το κοινό και έχει προσφέρει απλές και ολοκληρωμένες λύσεις. Βέβαια, αυτά όλα προσφέρονται σε ένα υψηλό

κόστος για το κάθε σχολείο και τη μέση οικογένεια. Συνεπώς, η πρόσβαση σε αυτή την τεχνολογία δεν είναι αυτονόητη και απλή για το ευρύ κοινό και ειδικά για τα δημόσια σχολεία, με τους περιορισμένους οικονομικούς πόρους. Πέρα του προφανούς, τίθεται και το θέμα της εμπορευματοποίησης της γνώσης που εμποδίζει την ίση πρόσβαση σε αυτή.

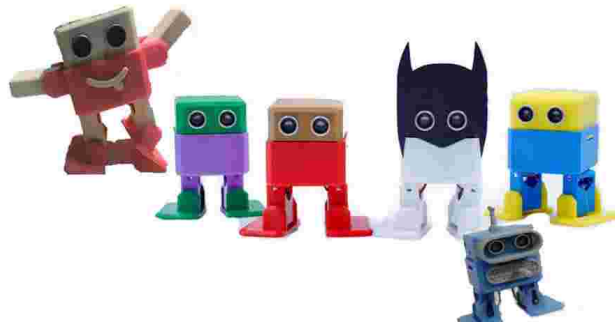
Ο Seymour Papert, μαθητής του Piaget, αξιοποιώντας τις θεωρίες του για τη γνώση και τη μάθηση προχώρησε ένα βήμα παραπάνω δημιουργώντας την θεωρία του κονστρουκτιονισμού (constructionism) (Papert S. M., 1999). Αυτό που προσθέτει ο κονστρουκτιονισμός είναι ότι η γνώση οικοδομείται καλύτερα όταν οι μαθητές κατασκευάζουν πράγματα που έχουν νόημα για τους ίδιους. Για το λόγο αυτό η θεωρία του Papert συχνά συνοψίζεται με τις φράσεις «μάθηση μέσω δημιουργίας» (learning by making) και «μάθηση μέσω σχεδιασμού» (learning by designing) (Jenkins C., 2012). Ο Papert, επίσης, είναι ο εμπνευστής της γλώσσας προγραμματισμού Logo, η οποία σχεδιάστηκε στα τέλη της δεκαετίας του '60 στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο Μασαχουσέτης (M.I.T.), με στόχο την καλλιέργεια δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου, την ενεργητική οικοδόμηση της γνώσης και τη μοντελοποίηση λύσεων. Ο ίδιος υποστήριξε ότι η δραστηριότητα προγραμματισμού των υπολογιστών θα μπορούσε να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη μάθηση. Τα προγράμματα των ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι ιδιαίτερα ενδιαφέροντα αντικείμενα για να τα κατασκευάσει ένας μαθητής, επειδή, σε αντίθεση με τα έγγραφα και τα άλλα παραδοσιακά αντικείμενα αυτής της κατηγορίας, είναι εκτελέσιμα (Koschmann T., 1997). Η μοντελοποίηση της ιδέας πραγματοποιείται με τα συγκεκριμένα δομικά υλικά, «τουβλάκια».

Στην Ελλάδα η Εκπαιδευτική Ρομποτική παρουσιάζεται συνήθως μέσα από προτάσεις της Lego (υλικά - τουβλάκια, κινητήρες, αισθητήρες - , μοντελοποίηση, προγραμματισμός). Μέχρι τώρα προτείνουμε (κατά κύριο λόγο) τη χρήση συνόλων Lego γιατί συνδυάζει την τεχνολογία με τα γνωστά τουβλάκια που αποτελούν το μέσο για να «χτίζουν» οι μαθητές τις ιδέες τους, σύμφωνα με τη θεωρία του κονστρουκτιονισμού.

ΝΕΑ ΠΡΟΤΑΣΗ - ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΟΤΤΟ

Η πρόταση που θέτουμε υπό σκέψη και πειραματισμό, αφορά την ενσωμάτωση της εκπαιδευτικής ρομποτικής σε συνδυασμό με την τρισδιάστατη εκτύπωση στην εκπαιδευτική διαδικασία. Τα δομικά υλικά των κατασκευών μπορούν να αντικατασταθούν με εκτυπωμένα κατά παραγγελία των ιδεών των μαθητών εξαρτήματα που, σε συνδυασμό με προγράμματα τρισδιάστατης σχεδίασης ανοικτού κώδικα και ηλεκτρονικά υλικά χαμηλού κόστους, προσφέρει ένα νέο πεδίο εφαρμογής στην εκπαίδευση.

Μία ενδεικτική περίπτωση ενσωμάτωσης όλων των τεχνολογιών/ λογισμικών αποτελεί η περίπτωση του OTTO (Thingiverse, 2016), που έχει ήδη δημιουργήσει κοινότητες στο Διαδίκτυο (EDU combo kits for STEAM classes, 2018). Αφορά σε ένα διαδραστικό ρομπότ που μπορεί να κατασκευαστεί από τον καθένα μας (Εικόνα 2).



Ο Otto μπορεί :

- να κινείται μπροστά, πίσω και να στρίβει,
- να αναγνωρίζει εμπόδια μέσω αισθητήρα υπερήχων,
- να σχεδιαστεί το σασί σε παραλλαγές, καθώς είναι εντελώς ανοικτή η σχεδίαση του,
- να παράγει ήχους,
- να είναι εκτυπώσιμο από 3D εκτυπωτή,
- να κατασκευάζεται εύκολα σε 1-2 ώρες,

- να προγραμματίζεται εύκολα, μέσω του περιβάλλοντος Ardublock για τους αρχάριους,
- να ελεγχθεί μέσω bluetooth από διάφορες συσκευές και υπάρχει και ελεύθερη εφαρμογή σε μορφή κώδικα,
- να προστεθεί και αισθητήρας αφής ώστε να ανταποκρίνεται στην αφή με διάφορα συναισθήματα και αντιδράσεις,
- να επεκταθεί εύκολα γι' αυτό υπάρχουν και πολλές παραλλαγές,
- να κατασκευαστεί με χαμηλό κόστος, καθώς και τα ηλεκτρονικά που απαιτούνται είναι ευρέως διαθέσιμα στο εμπόριο.

Λίστα εξαρτημάτων και εργαλείων:

- Arduino Nano; με pins έτοιμα κολλημένα,
- Arduino Nano Shield I/O Extension Board Expansion XD-212
- Mini usb καλώδιο,
- Mini servo SG90 9g x4 (με τις αντίστοιχες βίδες στερέωσης),
- αισθητήρα υπερήχων,
- 5V Buzzer,
- θηλυκό σε θηλυκό breadboard βύσματα 10cmx6,
- 4 AA χώρος μπαταρίας,



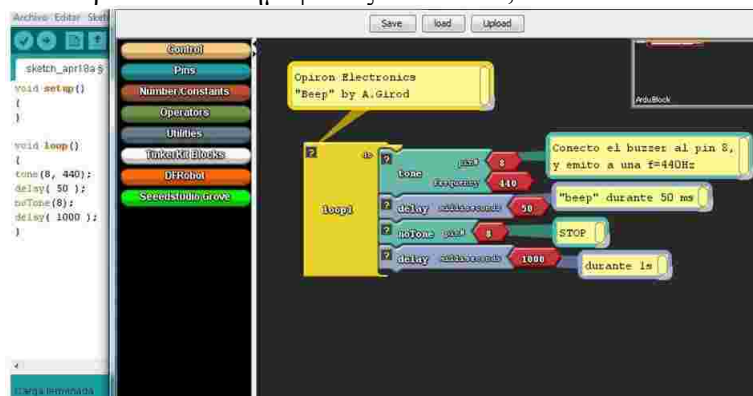
OTTO

- 1.5V AA μπαταρίες x 4,
- μίνι σταυροκατσάβιδο με μαγνητισμένη μύτη

Πλαστικά μέρη (Εικόνα 3):

- 3D εκτυπωμένη κεφαλή
- 3D εκτυπωμένο σώμα
- 3D εκτυπωμένο πόδι x2
- 3D εκτυπωμένες πατούσες

Για τον προγραμματισμό, θα χρειαστεί να "κατεβάσετε" το Arduino IDE και μπορείτε στην πιο απλή περίπτωση να χρησιμοποιήσετε το ελεύθερο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού Ardublock (Εικόνα 4), στημένο στα πρότυπα του δημοφιλούς στα παιδιά, scratch.



Εικόνα 4: Περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού Ardublock

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΓΙΑ Ε ΚΑΙ Στ ΤΑΞΕΙΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ

Διδακτικός Στόχος: Οι μαθητές θα είναι σε θέση να σχεδιάσουν, να δημιουργήσουν και να εκτυπώσουν ένα κομμάτι αγαπημένου επιτραπέζιου παιχνιδιού. Το μάθημα γίνεται σε αίθουσα Η/Υ, όπου μπορούν να βρίσκονται μέχρι 2 μαθητές, ανά υπολογιστή. Θα πρέπει να διατίθεται ασπροπίνακας/διαδραστικός και βιντεοπροβολέας.

Φάση 1: Προσέλευση ενδιαφέροντος των μαθητών. Η προβολή βίντεο με την εκτύπωση ενός γνωστού αντικειμένου, σε γρήγορη ταχύτητα, σίγουρα θα κεντρίσει το ενδιαφέρον των παιδιών. Παράλληλα, γνωστοποιείται ο διδακτικός στόχος και το γνωστικό αντικείμενο του μαθήματος.

Φάση 2: Πρώτες ιδέες. Οι μαθητές, υπό την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, θα αρχίσουν να σχεδιάζουν τις πρώτες ιδέες τους πρόχειρα στον πίνακα.

Φάση 3: Καθοδηγούμενη εξάσκηση στο περιβάλλον TinkerCAD. Η Autodesk διαθέτει σειρά σεναρίων για εξάσκηση και εκμάθηση του περιβάλλοντος, υπό την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού.

Φάση 4: Αφού τελειώσουν με τα μαθήματα, οι μαθητές σχεδιάζουν/ δημιουργούν το πiónι επιτραπέζιου παιχνιδιού όχι μεγαλύτερο από 15 cm, της επιλογής τους. Αφού ολοκληρωθούν τα σχέδια, ο εκπαιδευτικός θα χρησιμοποιήσει τον 3D εκτυπωτή για να εκτυπώσει τα αντικείμενα.

Φάση 5: Οι μαθητές θα παρουσιάσουν το αντικείμενο που σχεδίασαν και θα υποστηρίξουν τις σχεδιαστικές τους επιλογές.

Στην ίδια κατεύθυνση, μπορούμε να βασιστούμε στα σχέδια CAD του Otto ρομπότ, που διατίθενται ελεύθερα στο διαδίκτυο (Thingiverse, 2016), τα οποία θα κληθούν οι μαθητές να τροποποιήσουν, βάζοντας τη δική τους πινελιά. Το αποτέλεσμα θα είναι να εξοικειωθούν με το σχεδιαστικό πακέτο και να εκφραστούν δημιουργικά, δίνοντας μία μορφή δικής τους έμπνευσης στο ρομπότ. Το ενδιαφέρον επιπλέον βρίσκεται και σε ένα άλλο επίπεδο, καθώς υπάρχουν περιορισμοί στο αντικείμενο που θα τροποποιήσουν, οι οποίοι απορρέουν από τη χρήση του. Τα πλαστικά μέρη του ρομπότ, σε αυτή την περίπτωση, θα λειτουργήσουν για τη στέγαση των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και τη στήριξη του μηχανισμού. Αυτοί οι περιορισμοί μπορούν να αποτελέσουν θέμα συζήτησης ανάμεσα στις ομάδες και να ληφθούν υπόψη σε οποιαδήποτε τροποποίηση κάνουν, καθότι αν παρεκκλίνουν, το αποτέλεσμα τους θα είναι εκτός σκοπού. Ο σχεδιασμός αντικειμένου, έστω και σε επίπεδο τροποποίησης, εντός περιοριστικών πλαισίων λόγω λειτουργίας και σκοπού, είναι μία ολόκληρη φιλοσοφία που θα έρθουν σε επαφή και ο προβληματισμός που θα αναπτυχθεί, μπορεί να λειτουργήσει διαθεματικά, καλύπτοντας και άλλα γνωστικά αντικείμενα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως η χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής σε συνδυασμό με την τρισδιάστατη σχεδίαση και εκτύπωση είναι πλέον μία ρεαλιστική δυνατότητα κάθε σχολείου, αλλά και μία απαίτηση της εποχής. Όλες οι μελέτες δείχνουν πως πρόκειται για εργαλεία που έχουν εφαρμογή σε όλα τα αντικείμενα μάθησης, καλλιεργώντας τις δεξιότητες του 21ου αιώνα, όπως η ομαδικότητα, η συνεργατικότητα, η εφευρετικότητα, η κριτική σκέψη. Ενθαρρύνουν την ενεργή συμμετοχή του μαθητή στη διαδικασία της μάθησης, ενισχύοντας το ενδιαφέρον και την εμπλοκή του, οδηγώντας σε καλύτερα αποτελέσματα στην ανάπτυξη γνώσης. Λόγω της ευκολίας επανασχεδιασμού και δοκιμών, καλλιεργείται η διερευνητική και πειραματική προσέγγιση της γνώσης, ενώ απενεχοποιείται το λάθος, που τώρα λειτουργεί ως μοχλός εξέλιξης και βελτίωσης. Όλες οι αποδεδειγμένες ως αποτελεσματικές θεωρίες διδακτικής και παιδαγωγικής, βρίσκουν εύφορο έδαφος εφαρμογής σε αυτά τα εργαλεία. Χάρη στον συνδυασμό του προγραμματισμού, της ηλεκτρονικής καθώς και της τρισδιάστατης εκτύπωσης, οι μαθητές μπορούν να κάνουν πολλές εργασίες, συμπεριλαμβανομένης της ρομποτικής, δομικής και διαφόρων εφευρέσεων που γίνονται στο σπίτι και βοηθούν στην βαθύτερη γνώση του πως λειτουργούν τα πράγματα. Τέλος, ενθαρρύνεται η εξοικείωση με την τεχνολογία, στοιχείο που δεν πρέπει να υποτιμάται ως προς τη χρησιμότητα και την αναγκαιότητά του στην πραγματικότητα του 21ου αιώνα, όπου οι απαιτήσεις της αγοράς εργασίας αλλά και η καθημερινότητα απαιτεί ψηφιακά εγγραμματισμένους πολίτες.

Οι λύσεις που προσφέρονται είναι πολλές και καλύπτουν μεγάλο φάσμα δυνατοτήτων και κόστους. Οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν οδηγήσει στη μείωση του κόστους των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, οδηγώντας σε προσιτές λύσεις που δεν έχουν τίποτε να ζηλέψουν από τις ακριβές.

Αν θέλουμε να είμαστε ρεαλιστές, δεν πρέπει να αγνοήσουμε το γεγονός πως, ειδικά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ο εκπαιδευτικός της εποχής μας, είναι συνήθως άτομο που δεν έχει ασχοληθεί με την τεχνολογία στον προσωπικό του χρόνο και επίσης, δεν έχει ιδιαίτερα εκπαιδευτεί σχετικά, στα πανεπιστημιακά του χρόνια. Αυτή η έλλειψη γνώσης και εξοικείωσης οδηγεί σε πιο ώριμες και τυποποιημένες λύσεις τύπου LEGO Mindstorms, αλλά όταν αυτό δεν είναι δυνατό λόγω οικονομικών περιορισμών, δεν είναι πλέον λόγος να μην χρησιμοποιηθεί το εργαλείο. Οι λύσεις εξοπλισμού DIY (Do It Yourself) με στοιχεία “off the shelf” και ανοικτό λογισμικό, είναι πιο απαιτητικές σε χρόνο εκπαιδευτικού και πρέπει να υπάρχει διάθεση να βγει από τα στεγανά του για την δική του πρώτη εξοικείωση με τον εξοπλισμό και το λογισμικό που εμπλέκεται. Η ανταμοιβή έρχεται από την ευελιξία που δίνεται όταν κινούμαστε εκτός τυποποίησης και οι απεριόριστες κυριολεκτικά δυνατότητες για δημιουργία και εξερεύνηση πεδίων. Κινούμενοι σε αυτό το χώρο νοιώθουμε, εκπαιδευτικοί και μαθητές, πραγματικά μέλη μίας κοινότητας ανάπτυξης και εξέλιξης γνώσης, καθώς οι διάφορες ομάδες υποστήριξης που έχουν σχηματιστεί διαδικτυακά (π.χ. η πλατφόρμα www.instructables.com), παρέχουν ελεύθερα πληροφορίες για τα έργα τους, τις προσπάθειες τους, τις επιτυχίες και αποτυχίες τους.

Σε αυτά τα πλαίσια, σκοπός μας είναι η δοκιμαστική υλοποίηση σεναρίων που εμπλέκουν τρισδιάστατη σχεδίαση και εκτύπωση, καθώς και ηλεκτρονικές πλατφόρμες τύπου Arduino, στις τελευταίες τάξεις του Δημοτικού Σχολείου και στις πρώτες του Γυμνασίου, μέσα από τις επισκέψεις σχολείων στο ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης, αξιολογώντας έτσι τις προτάσεις, ως προς την εκπαιδευτική τους αξία, τις δυσκολίες εφαρμογής και τους τρόπους βελτίωσής τους.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Μιχαηλίδης, Π. Γ. & Αναγνωστάκης, Σ. (2007). *Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής: Ένα προπτυχιακό μάθημα στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Alimisis D. (2012). *Integrating robotics in science and technology teacher training curriculum*. Proceedings of 3rd International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics Integrating Robotics in School Curriculum. Riva del Garda, Italy, pp. 170–179.

Allen D.E, Duch B.J. ,Groh S.E.(2001). *Why problem-based learning? A case study of institutional change in undergraduate education*. The power of problem-based learning. Sterling: VA:Stylus.

Balanskat A. & Engelhardt K. (2015). *Computing our future - Computer programming and coding.Priorities, school curricula and initiatives across Europe*. European Schoolnet.

Care P. E. & McGaw G. (2012). *Assessment and teaching of 21st century skills*. Dordrecht: Springer.

Castellani A., Fiorini P., Galvan S., Botturi D. (2006). *Innovative robotics teaching using Lego sets*. IEEE International Conference on Robotics and Automation. pp. 721–726.

Dewey J. (1916). *Democracy and Education: An Introduction to the Philosophy of Education*. New York: The Macmillan company.

Duffy T.M & Savery J.R. (1995). *Problem-based learning: An instructional model and its constructivist framework*. Constructivist learning environments: Case studies in instructional design. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

EDU combo kits for STEAM classes (2018). *Build your own robot*. Ανακτήθηκε στις 3/6/2018 από τη διεύθυνση <https://www.ottodiy.com/>

Free Software Foundation Europe (2015). *Free Software and Education*. Ανακτήθηκε στις 3 Ιουνίου 2018. <https://fsfe.org/freesoftware/education/education.en.html>

Koschmann T. (1997). *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm- Paradigm shifts and instructional technology: An introduction*. Lawrence Erlbaum Associates.

Lesh R. & Harel G. (2003). *Problem Solving, Modeling, and Local Conceptual Development*. Mathematical Thinking and Learning. 5. 10.1207/S15327833MTL0502&3_03.

Lesh R., Hoover M., Hole B., Kelly A., & Post T. R. (2000). *Principles for Developing Thought-Revealing Activities for Students and Teachers*. A. Kelly, & R. Lesh (Eds.), *Research Design in Mathematics and Science Education* (pp.591-646). Mahwah,NJ:Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Lester F., Hamilton E., Lesh R., Brilleslyper M. (2008). *Model-Eliciting Activities (MEAs) as a bridge between engineering education research and mathematics education research*. *Advances in Engineering Education*, Volume 1.

Papert S. M. (1999). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, Second ed. New York: Basic Books.

Quental D. (12/5/2012). *3D Printing in Education, shall we give it a go?* Ανακτήθηκε στις 3 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <https://www.linkedin.com/pulse/3d-printing-education-diogo-quental/>

Roberts A (May 2012). *A Justification for STEM Education*. *Technology and Engineering Teacher*.

Roehrig H. G. Stohlmann M. Moore J. T. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)* 2, pp. 28–34.

Jenkins C. (2012). *Microworlds: building powerful ideas in the secondary school*. ICICTE Proceedings.

Sanders M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*.

Sir Robinson K. (2006). *How schools kill creativity*. TED Talks.

Thingiverse (2016). *Otto DIY build your own robot*. Ανακτήθηκε στις 3/6/2018 από τη διεύθυνση <https://www.thingiverse.com/thing:1568652>

Tinkercad (2018). *Tinkercad is a simple, online 3D design and 3D printing app for everyone*. Ανακτήθηκε στις 3 Ιουνίου 2018. <https://www.tinkercad.com/>

UNESCO (2000). *The meaning of Scientific and Technological Literacy*. Ανακτήθηκε στις 3 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση: <http://www.unesco.org/education/educprog/ste/projects/2000/meaning.htm>.

Ένας απλός και γρήγορος αλγόριθμος για την αποκοπή γραμμών στο Scratch

Δημήτριος Ματθές¹, Μαγουλάς Αντώνιος²

¹Εκπαιδευτικός Πληροφορικής ΠΕ20
dimmat@gmail.com

²Εκπαιδευτικός Πληροφορικής ΠΕ03
amagul@gmail.com

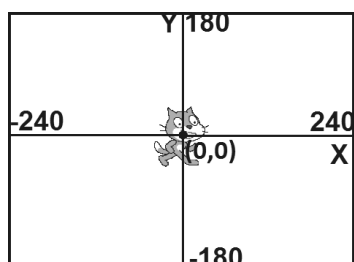
Περίληψη

Στην εργασία αυτή προτείνεται ένας αλγόριθμος για την αποκοπή γραμμών (*line clipping*) στο προγραμματιστικό περιβάλλον Scratch. Οι περισσότεροι γνωστοί αλγόριθμοι αποκοπής γραμμών βασίζονται στους δύο πιο δημοφιλείς: α) των Cohen-Sutherland και β) των Liang-Barsky. Και οι δύο αυτοί αλγόριθμοι κατά την εφαρμογή τους στο Scratch, απαιτούν πολλές συγκρίσεις και πραγματοποιούν έναν μεγάλο αριθμό υπολογισμών για το επιθυμητό αποτέλεσμα και, εν γένει, δεν είναι τόσο απλοί στην υλοποίησή τους. Ο προτεινόμενος αλγόριθμος είναι απλός, σημαντικά γρήγορος και μπορεί πολύ εύκολα να ενταχθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Λέξεις κλειδιά: αποκοπή γραμμής, αλγόριθμος, απλός.

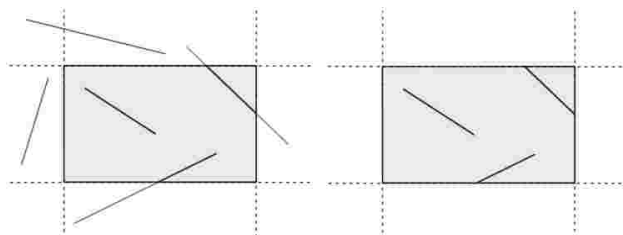
Εισαγωγή

Η εύρεση του αλγορίθμου προέκυψε από την ανάγκη για την αποκοπή γραμμών και τη σχεδίαση γραφικών στο Scratch. Η οθόνη του Scratch είναι συγκεκριμένων διαστάσεων (480 εικονοστοιχεία πλάτος x 360 εικονοστοιχεία ύψος) στην οποία ο χρήστης μπορεί να κινεί τις διάφορες μορφές ή να σχεδιάζει σχήματα με τη βοήθεια της πένας. Το Scratch όπως και πολλές άλλες γλώσσες προγραμματισμού, δεν επιτρέπει στις μορφές ή στην πένα να «βγουν» εκτός των ορίων της οθόνης του. Αν για παράδειγμα, ο προγραμματιστής θελήσει να σχεδιάσει μία πάρα πολύ μεγάλη γραμμή η οποία εκτείνεται εκτός των ορίων, αυτό δεν είναι εφικτό με τις ήδη υπάρχουσες επιλογές (Scratch Wiki, 2017).



Σχήμα 1: Διαστάσεις οθόνης του Scratch

Τη λύση στο πρόβλημα της σχεδίασης μιας μεγάλης γραμμής ή γενικότερα ενός μεγάλου σχήματος έρχεται να δώσει η τεχνική που ονομάζεται «αποκοπή γραμμής» (*line clipping*). Ως αποκοπή γραμμής ορίζεται η διαδικασία αφαίρεσης των τμημάτων της γραμμής τα οποία βρίσκονται εκτός μιας επιθυμητής περιοχής (Hearn, 1997).

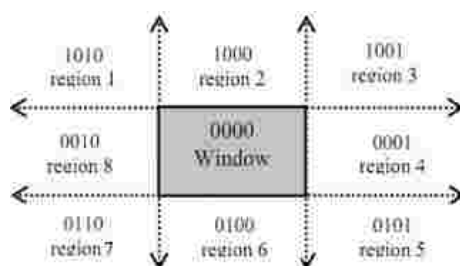


Σχήμα 2: Περιοχή πριν και μετά την αποκοπή γραμμών

Η διαδικασία της αφαίρεσης των περιττών τμημάτων γίνεται χρησιμοποιώντας τα μαθηματικά. Ο προγραμματιστής σχεδιάζει το τμήμα της γραμμής που βρίσκεται εντός των ορίων χρησιμοποιώντας είτε την εξίσωση της ευθείας $y=m*x+b$ είτε κάνοντας χρήση διανυσμάτων.

Οι πιο γνωστοί αλγόριθμοι για την αποκοπή γραμμών είναι δύο: α) Ο αλγόριθμος των Cohen-Sutherland και β) ο αλγόριθμος των Liang-Barsky. Πάνω σε αυτούς βασίστηκαν κι άλλοι αλγόριθμοι, όπως οι Cyrus-Beck, Nicholl-Lee-Nicholl, Kodituwakku (Nicholl & Lee & Nicholl, 1987), Wijeweera & Chamikara (Kodituwakku & Wijeweera & Chamikara, 2013) οι οποίοι όμως θεωρούνται παραλλαγές της βασικής ιδέας των πρώτων.

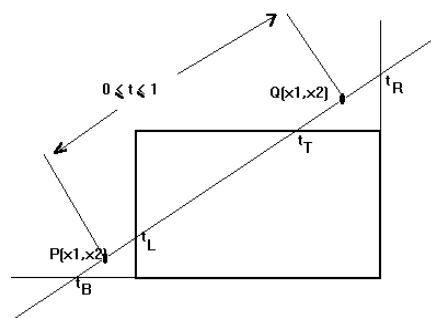
Ο αλγόριθμος των Danny Cohen και Ivan Sutherland αναπτύχθηκε το 1967 κατά τη δημιουργία ενός εξομοιωτή πτήσεων. Θεωρείται ένας από τους πρώτους αλγόριθμους αποκοπής γραμμής στην ιστορία της σχεδίασης γραφικών. Σύμφωνα με αυτόν, ο δισδιάστατος χώρος στον οποίο βρίσκεται η προς αποκοπή γραμμή χωρίζεται σε εννέα τμήματα προκειμένου να εντοπιστούν σε ποια από αυτά βρίσκονται τα δύο σημεία που ορίζουν την γραμμή. Ανάλογα με τις περιοχές αυτές, ο αλγόριθμος πραγματοποιεί πλήρη, μερική ή καθόλου σχεδίασή της (Foley, 1996).



Σχήμα 3: Τα εννέα τμήματα που χωρίζει τον δισδιάστατο χώρο ο αλγόριθμος Cohen-Sutherland

Η υλοποίηση του συγκεκριμένου αλγορίθμου στο Scratch απαιτεί έναν σχετικά μεγάλο αριθμό συγκρίσεων που πρέπει να γίνουν προκειμένου να προσδιοριστούν οι περιοχές που βρίσκονται τα δύο σημεία που ορίζουν τη γραμμή. Επιπλέον, η εύρεση των περιοχών αυτών απαιτεί πράξεις λογικού ΚΑΙ (bitwise AND) κάτι το οποίο δεν είναι άμεσα εφικτό και για τον λόγο αυτό θα πρέπει να δημιουργηθούν οι αντίστοιχες υπορουτίνες. Η κατασκευή όμως μιας τέτοιας υπορουτίνας επιβαρύνει κατά πολύ σε ταχύτητα τον αλγόριθμο.

Ο αλγόριθμος των You-Dong Liang και Brian Barsky χρησιμοποιεί την εξίσωση της ευθείας καθώς και κάποιες ανισότητες για να βρει την περιοχής αποκοπής και να προσδιορίσει τα σημεία τομής της με την προς σχεδίαση γραμμή (Liang & Barsky, 1984). Και αυτός όμως ο αλγόριθμος, στην υλοποίησή του στο Scratch, απαιτεί έναν σχετικά μεγάλο αριθμό συγκρίσεων προκειμένου να σχεδιαστεί η γραμμή με αποτέλεσμα να μην είναι ιδιαίτερα αποδοτικός.



Σχήμα 4: Προσδιορισμός της προς αποκοπή γραμμής με τον αλγόριθμο Liang-Barsky

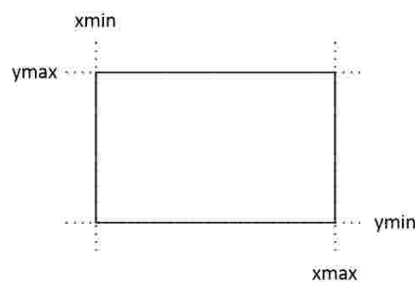
Τα παραπάνω προβλήματα των δύο γνωστών αλγορίθμων αποκοπής γραμμής στο Scratch φαίνεται ότι ξεπερνά ο προτεινόμενος αλγόριθμος. Στοχεύει στην απλότητα και την ταχύτητα και πραγματοποιεί μόνο τις απολύτως απαραίτητες συγκρίσεις προκειμένου να προσδιορίσει αν η αρχή και το τέλος της γραμμής βρίσκονται εντός της περιοχής αποκοπής. Επιπλέον, κάνει χρήση μόνο των απολύτως απαραίτητων μεταβλητών.

Το παρόν άρθρο έχει την εξής διάρθρωση: Στην αρχή γίνεται παρουσίαση του προτεινόμενου αλγορίθμου για αποκοπή γραμμής, κατόπιν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν μετά τη σύγκριση του αλγορίθμου αυτού με τους δύο πιο δημοφιλείς αντίστοιχους αλγόριθμους (Cohen-Sutherland και Liang-Barsky) στο Scratch και τέλος αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την μελέτη και την χρήση του αλγορίθμου στην πράξη καθώς και γίνονται προτάσεις για βελτίωση και ένταξη του στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Ο προτεινόμενος αλγόριθμος αποκοπής γραμμών

Θεωρητικό υπόβαθρο

Θεωρούμε ότι θέλουμε να αποκόψουμε μια γραμμή εντός μιας ορθογώνιας περιοχής η οποία προσδιορίζεται από τα εξής σημεία: (xmin, ymax) και (xmax, ymin). Η περιοχή αυτή φαίνεται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5: Περιοχή αποκοπής

Έστω (x1, y1) και (x2, y2) δύο γνωστά σημεία που προσδιορίζουν τη γραμμή που θέλουμε να σχεδιάσουμε. Σύμφωνα με τα μαθηματικά, η κλίση m της γραμμής είναι πάντα σταθερή και προσδιορίζεται από τον λόγο:

$$m = \frac{(y2 - y1)}{(x2 - x1)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y2 - y1 = m * (x2 - x1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y2 = m * (x2 - x1) + y1$$

Για ένα οποιοδήποτε σημείο (x,y) της γραμμής, ο παραπάνω τύπος μπορεί να γραφεί υπό τη μορφή εξίσωσης ως εξής:

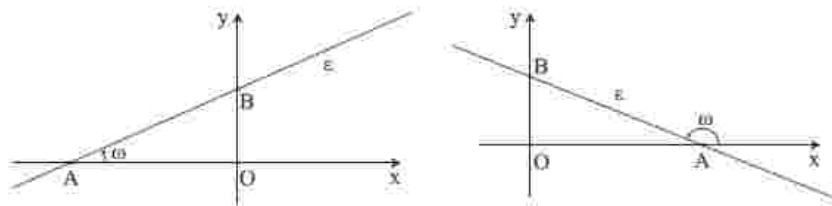
$$y = m * (x - x1) + y1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y = \frac{(y2 - y1)}{(x2 - x1)} \cdot (x - x1) + y1 \quad (1)$$

Ομοίως, αν λύσουμε ως προς x, η παραπάνω εξίσωση γίνεται:

$$x = \frac{(x2 - x1)}{(y2 - y1)} \cdot (y - y1) + x1 \quad (2)$$

Οι δύο παραπάνω εξισώσεις (1) και (2) αποτελούν την γνωστή από τα μαθηματικά συνάρτηση $f(x) = ax+b$ σε ένα ορθοκανονικό σύστημα συντεταγμένων, όπου η παράμετρος m είναι η κλίση της ευθείας και είναι η εφαπτόμενη της γωνίας ω



Σχήμα 5: Η παράμετρος m είναι η κλίση της ευθείας και είναι η εφαπτόμενη της γωνίας ω .

Αν γνωρίζουμε 2 σημεία (με τις καρτεσιανές συντεταγμένες) της ευθείας η οποία αποτελεί την γραφική παράσταση της $f(x) = mx+b$, τότε οι συντεταγμένες θα ικανοποιούν τον τύπο της συνάρτησης και προσθέτοντας κατά μέλη έχουμε

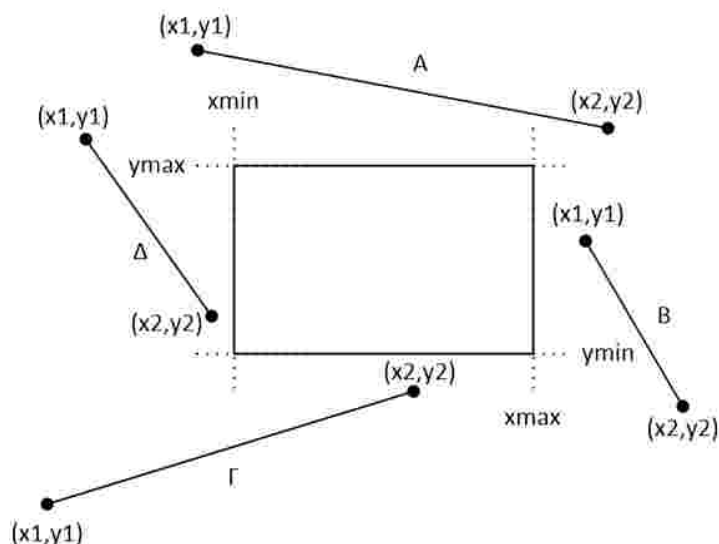
$$m = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

Τα παραπάνω αποτελούν βασικές γνώσεις Άλγεβρας Α' ΓΕΛ και ΕΠΑΛ τα οποία διδάσκονται αναλυτικότερα στην συνεχεία στην Β' τάξη καθώς και στα Μαθηματικά Γενικής Παιδείας στην Γ' ΓΕΛ. Άρα, σε έναν τουλάχιστον μέτριο μαθητή του Οικονομικού Τομέα είναι σίγουρο ότι θα είναι κατανοητά τα παρακάτω.

Βήματα του αλγορίθμου

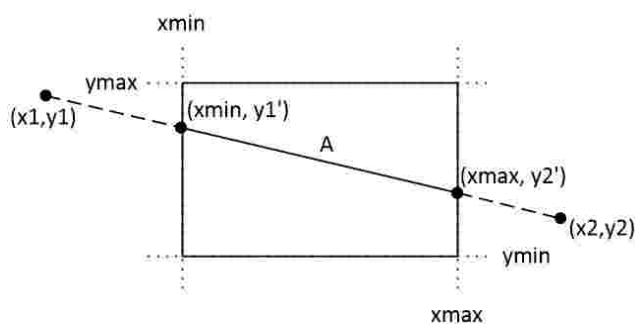
Έστω ότι η προς αποκοπή γραμμή προσδιορίζεται από τα σημεία (x_1, y_1) και (x_2, y_2) . Κατά το πρώτο βήμα του αλγορίθμου ελέγχεται αν και τα δύο σημεία της γραμμής βρίσκονται εκτός της περιοχής αποκοπής και ταυτόχρονα στο ίδιο τμήμα (πάνω, κάτω, δεξιά, αριστερά). Αν κάτι από τα παρακάτω συμβαίνει τότε ολόκληρη η γραμμή είναι εκτός της περιοχής αποκοπής και ο αλγόριθμος δεν την σχεδιάζει (βλ. Σχ. 7):

$x_1 < x_{min}$	ΚΑΙ	(η γραμμή βρίσκεται αριστερά της περιοχής αποκοπής)
$x_2 < x_{min}$		
$x_1 > x_{max}$	ΚΑΙ	(η γραμμή βρίσκεται δεξιά της περιοχής αποκοπής)
$x_2 > x_{max}$		
$y_1 < y_{min}$	ΚΑΙ	(η γραμμή βρίσκεται κάτω από την περιοχή αποκοπής)
$y_2 < y_{min}$		
$y_1 > y_{max}$	ΚΑΙ	(η γραμμή βρίσκεται πάνω από την περιοχή αποκοπής)
$y_2 > y_{max}$		



Σχήμα 7: Οι γραμμές A, B, Γ, Δ δεν σχεδιάζονται σύμφωνα με το 1^ο βήμα του αλγορίθμου

Στο δεύτερο βήμα, ο αλγόριθμος συγκρίνει τις συντεταγμένες των δύο σημείων με τα όρια της περιοχής αποκοπής. Δηλαδή συγκρίνει κάθε ένα από τα x_1 και x_2 με τα όρια x_{min} και x_{max} αντίστοιχα καθώς και κάθε ένα από τα y_1, y_2 με τα όρια y_{min} και y_{max} . Αν κάποια από τις παραπάνω συντεταγμένες είναι εκτός ορίων τότε το συγκεκριμένο όριο χρησιμοποιείται στην εξίσωση που προσδιορίζει την γραμμή μας προκειμένου αλλάξουν τα σημεία της γραμμής και να επιτευχθεί αποκοπή (βλ. Σχ. 8).



Σχήμα 8: Αλλαγή των σημείων που προσδιορίζουν τη γραμμή βάσει των ορίων της περιοχής αποκοπής

Για κάθε μία από τις συντεταγμένες των δύο σημείων και σύμφωνα με τις εξισώσεις (1) και (2), οι συγκρίσεις και οι αλλαγές που γίνονται είναι:

- Αν το $x_i < x_{min}$ τότε

$$x_i = x_{min}$$

$$y_i = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \cdot (x_{min} - x_1) + y_1$$

- Αν το $x_i > x_{max}$ τότε

$$x_i = x_{max}$$

$$y_i = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \cdot (x_{max} - x_1) + y_1$$

- Αν το $y_i < y_{min}$ τότε

$$y_i = y_{min}$$

$$x_i = \frac{(x_2 - x_1)}{(y_2 - y_1)} \cdot (y_{\min} - y_1) + x_1$$

- Αν το $y_i > y_{\max}$ τότε

$$y_i = y_{\max}$$

$$x_i = \frac{(x_2 - x_1)}{(y_2 - y_1)} \cdot (y_{\max} - y_1) + x_1$$

όπου i : από 1 έως 2.

Το τρίτο και τελευταίο βήμα του αλγορίθμου συγκρίνει τα νέα σημεία που προέκυψαν μετά τις αλλαγές κι αν κι αυτά είναι εντός των ορίων της περιοχής αποκοπής τότε σχεδιάζει τη γραμμή που προσδιορίζεται από αυτά.

Ο αλγόριθμος σε ψευδογλώσσα

Για λόγους ευκολίας και πρακτικότητας, παρατίθεται ο αλγόριθμος της αποκοπής γραμμών σε ψευδογλώσσα:

Αλγόριθμος	Scratch_Line_Clippping
Δεδομένα //	$x[2], y[2], x_{\min}, y_{\max}, x_{\max}, y_{\min}$ //
Αν	όχι ($x[1] < x_{\min}$ και $x[2] < x_{\min}$) και όχι ($x[1] > x_{\max}$ και $x[2] > x_{\max}$) τότε
Αν	όχι ($y[1] < y_{\min}$ και $y[2] < y_{\min}$) και όχι ($y[1] > y_{\max}$ και $y[2] > y_{\max}$) τότε
	$i < -1$
	Αρχή_επανάληψης
	Αν $x[i] < x_{\min}$ ΤΟΤΕ
	$x[i] < -x_{\min}$
	$y[i] < - ((y[2] - y[1]) / (x[2] - x[1]) * (x_{\min} - x[1]) + y[1])$
	Τέλος_αν
	Αν $x[i] > x_{\max}$ ΤΟΤΕ
	$x[i] < -x_{\max}$
	$y[i] < - ((y[2] - y[1]) / (x[2] - x[1]) * (x_{\max} - x[1]) + y[1])$
	Τέλος_αν
	Αν $y[i] < y_{\min}$ ΤΟΤΕ
	$y[i] < -y_{\min}$
	$x[i] < - ((x[2] - x[1]) / (y[2] - y[1]) * (y_{\min} - y[1]) + x[1])$
	Τέλος_αν
	Αν $y[i] > y_{\max}$ ΤΟΤΕ
	$y[i] < -y_{\max}$
	$x[i] < - ((x[2] - x[1]) / (y[2] - y[1]) * (y_{\max} - y[1]) + x[1])$
	Τέλος_αν
	$i < -i + 1$
	Μέχρις_ότου $i > 2$
Αν	όχι ($x[1] < x_{\min}$ και $x[2] < x_{\min}$) και όχι ($x[1] > x_{\max}$ και $x[2] > x_{\max}$) τότε
Αν	όχι ($y[1] < y_{\min}$ και $y[2] < y_{\min}$) και όχι ($y[1] > y_{\max}$ και $y[2] > y_{\max}$) τότε
	Σχεδίασε_γραμμή($x[1], y[1], x[2], y[2]$)
	Τέλος_αν
	Τέλος_αν

Σύγκριση με άλλους αλγόριθμους αποκοπής γραμμών

Προετοιμασία

Για να προσδιορίσουμε την αποδοτικότητα του προτεινόμενου αλγορίθμου αποφασίσαμε να τον συγκρίναμε με τους δύο πιο γνωστούς αλγόριθμους αποκοπής γραμμών: τον αλγόριθμο των Cohen-Sutherland και τον αλγόριθμο των Liang-Barsky. Όλοι οι αλγόριθμοι υλοποιήθηκαν έχοντας ως βασικούς άξονες την απλότητα και την αποδοτικότητα και καταβλήθηκε προσπάθεια προκειμένου να έχουν την ίδια περίπου δομή.

Το προγραμματιστικό περιβάλλον του Scratch πλεονεκτεί σε τέτοιου είδους συγκρίσεις σε σχέση με άλλα περιβάλλοντα για τους ακόλουθους λόγους: α) το Scratch διαθέτει ενσωματωμένη οθόνη/περιοχή σχεδίασης όπου μπορεί να δει κανείς άμεσα το οπτικό αποτέλεσμα του αλγορίθμου, β) διαθέτει εντολές χρονομέτρησης με συνέπεια την εύκολη μέτρηση του απαιτούμενου χρόνου εκτέλεσης, γ) ο αλγόριθμος είναι προσβάσιμος από όλους μέσω του διαδικτύου, δ) επιτρέπει την προσωρινή παρέμβαση των χρηστών στις εντολές του αλγορίθμου για πειραματισμό.

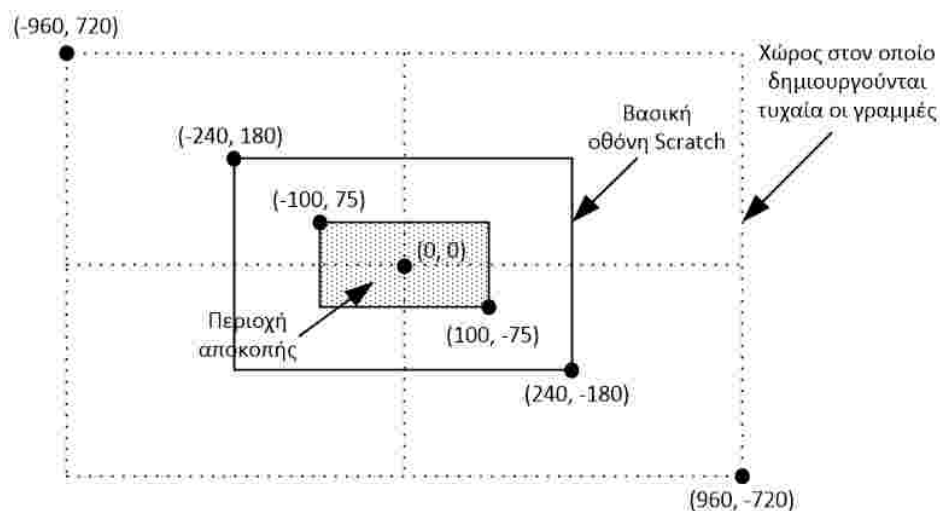
Το πείραμα που διεξήχθη ήταν το εξής: Κάθε ένας από τους αλγόριθμους θα έπρεπε να δημιουργεί 10.000 τυχαίες γραμμές σε ένα δισδιάστατο χώρο τετραπλάσιο από την βασική οθόνη σχεδίασης του Scratch. Ένας τέτοιος χώρος προσδιορίζεται από τα σημεία (-960, 720) και (960,-720). Η περιοχή αποκοπής θα έπρεπε να βρίσκεται στο κέντρο της οθόνης σχεδίασης του Scratch και ορίζεται από τα σημεία (-100, 75) και (100,-75), δηλαδή έχει πλάτος 200 εικονοστοιχεία, ύψος 150 εικονοστοιχεία. Η γραμμές θα έπρεπε να εκτείνονται τυχαία, οπουδήποτε μέσα στον μεγάλο δισδιάστατο χώρο, να αποκόπτονται τα περιττά τμήματά τους και να σχεδιάζονται μόνο τμήματα εκείνα που βρίσκονται εντός της περιοχής αποκοπής (βλ. Σχ. 9).

Ο χρόνος που απαιτείται για τη σχεδίαση και των 10.000 γραμμών καταγράφεται για κάθε έναν από τους αλγόριθμους μετά το πέρας τους. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται 10 φορές και στο τέλος υπολογίζεται ο μέσος χρόνος εκτέλεσης.

Το υπολογιστικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή των μετρήσεων διέθετε τα εξής χαρακτηριστικά: α) Επεξεργαστή AMD FX 4300 Quad Core στα 3.80GHz , β) Μνήμη RAM 8GB, γ) Λ/Σ Windows 10 Professional, δ) Scratch 2.0

Αλγόριθμος	Διεύθυνση URL
Cohen-Sutherland	https://scratch.mit.edu/projects/166917422
Liang-Barsky	https://scratch.mit.edu/projects/166820820
Προτεινόμενο	https://scratch.mit.edu/projects/166877443

Πίνακας 1: Διευθύνσεις URL με τις υλοποιήσεις των αλγορίθμων στο Scratch



Σχήμα 9: Προσδιορισμός του διδιάστατου χώρου για τη δημιουργία των γραμμών καθώς και προσδιορισμός της περιοχής αποκοπής

Αποτελέσματα

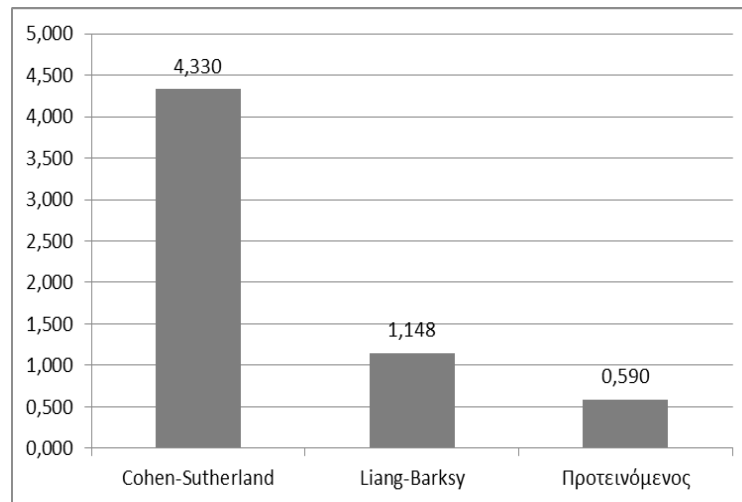
Στον Πίνακα 2 φαίνονται οι χρόνοι εκτέλεσης των συγκρινόμενων αλγορίθμων:

Εκτέλεση	Cohen-Sutherland (sec)	Liang-Barsky (sec)	Προτεινόμενος Αλγόριθμος (sec)
1	4,245	1,159	0,625
2	4,279	1,149	0,632
3	4,456	1,159	0,592
4	4,364	1,135	0,618
5	4,275	1,132	0,592
6	4,352	1,142	0,427
7	4,347	1,167	0,630
8	4,356	1,132	0,620
9	4,295	1,143	0,577
10	4,326	1,159	0,587
Μέσος χρόνος :	4,330	1,148	0,590

Πίνακας 2: Χρόνοι εκτέλεσης των αλγορίθμων για 10000 γραμμές

Συμπεράσματα

Μελετώντας τα αποτελέσματα και συγκρίνοντας τους χρόνους εκτέλεσης μεταξύ τους παρατηρούμε ότι ο προτεινόμενος αλγόριθμος είναι περίπου 10 φορές πιο γρήγορος από τον αλγόριθμο των Cohen-Sutherland και σχεδόν 2 φορές πιο γρήγορος από τον αλγόριθμο των Liang-Barsky στο περιβάλλον του Scratch.



Σχήμα 9: Γράφημα με τους χρόνους σύγκρισης μεταξύ των αλγορίθμων (μικρότερη τιμή → καλύτερο)

Παρατηρούμε επίσης ότι ο αλγόριθμος των Cohen-Sutherland είναι πιο αργός στην υλοποίησή του στο Scratch σε σχέση με τους άλλους δύο διότι οι πράξεις του λογικού ΚΑΙ (bitwise AND) που απαιτούνται σε κάθε επανάληψη καθυστερούν σημαντικά την εκτέλεση του. Όπως προαναφέρθηκε, το Scratch δεν διαθέτει εγγενή πράξη λογικού ΚΑΙ μεταξύ αριθμών και συνεπώς ο προγραμματιστής θα πρέπει να βρει έμμεσα το ζητούμενο αποτέλεσμα κάνοντας διαδοχικά υπολογισμούς με το υπόλοιπο της διαίρεσης των προς σύγκριση αριθμών.

Ο αλγόριθμος των Liang-Barsky δείχνει αρκετά πιο γρήγορος σε σχέση με τον Cohen-Sutherland και μοιάζει να πλησιάζει τον προτεινόμενο αλγόριθμο σε ταχύτητα αλλά θεωρείται πιο πολύπλοκος στην υλοποίησή του και ελαφρώς πιο δυσνόητος διότι εμπεριέχει δυσκολότερες μαθηματικές έννοιες.

Αν το παραπάνω πείραμα επαναληφθεί με διαφορετικές παραμέτρους (π.χ. σχεδίαση περισσότερων γραμμών, διαφορετικός διαστάτος χώρος δημιουργίας των γραμμών, διαφορετική περιοχή αποκοπής, άλλο υπολογιστικό σύστημα) τα αποτελέσματα είναι ανάλογα. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει και η πιθανή υλοποίηση του προτεινόμενου αλγορίθμου στις τρεις διαστάσεις. Με τις κατάλληλες τροποποιήσεις και με μια σειρά επιπλέον συγκρίσεων ο αλγόριθμος μπορεί εύκολα να αποκόπτει 3Δ γραμμές στον χώρο, ενδεχομένως το ίδιο γρήγορα και αποδοτικά με τις δύο διαστάσεις.

Όσον αφορά την εκπαιδευτική διαδικασία, ο αλγόριθμος μπορεί εύκολα να διδαχθεί σε οποιαδήποτε βαθμίδα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και άνω. Προαπαιτούμενες γνώσεις είναι η εξίσωση της ευθείας από την Άλγεβρα και τα Μαθηματικά ενώ επιθυμητές γνώσεις είναι τα βασικά στοιχεία του δομημένου προγραμματισμού καθώς και η έννοια της μεταβλητής.

Μία προτεινόμενη προσέγγιση για τη διδασκαλία της αποκοπής γραμμής με τη χρήση του συγκεκριμένου αλγορίθμου είναι η εξής: Αρχικά, ζητείται από τους μαθητές να δημιουργήσουν μία νέα μορφή της οποίας οι διαστάσεις είναι 1x1 εικονοστοιχεία. Στη συνέχεια ζητείται από αυτούς, γράφοντας κώδικα σε Scratch και κάνοντας χρήση της πέννας, να προσδιορίσουν τρία σημεία εντός των ορίων της περιοχής σχεδίασης και να σχεδιάσουν το τρίγωνο που σχηματίζεται από τα σημεία αυτά. Μετά, ζητείται από αυτούς να προσδιορίσουν τρία νέα διαφορετικά σημεία που βρίσκονται εκτός της περιοχής σχεδίασης και να σχεδιάσουν πάλι το αντίστοιχο τρίγωνο. Αποτέλεσμα της όποιας προσπάθειας σχεδίασης εκτός των ορίων είναι ότι το τρίγωνο παραμένει σταθερό όσο κι αν προσπαθήσει να ξεπεράσει κανείς τα όρια της οθόνης του Scratch. Στο επόμενο βήμα, ο διδάσκων εξηγεί τους περιορισμούς της σχεδίασης που έχει το Scratch καθώς και κάνει μια μικρή εισαγωγή στην εξίσωση της γραμμής από τα μαθηματικά και πως αυτή εφαρμόζεται στις δύο διαστάσεις (2Δ). Τέλος, κάνει την παρουσίαση του προτεινόμενου αλγορίθμου αποκοπής γραμμών ως έναν τρόπο επίλυσης του προβλήματος στην σχεδίαση του τριγώνου αφού οι γραμμές του τριγώνου μπορούν απλά να αποκοπούν και αυτό να σχεδιάζεται σωστά εντός των ορίων της οθόνης.

Εν κατακλείδι, ο αλγόριθμος αποκοπής γραμμών που παρουσιάστηκε, φαίνεται να είναι αρκετά γρήγορος στην υλοποίησή του στο Scratch αφού δύναται να σχεδιάσει 10.000 γραμμές σε χρόνο κάτω του 1 δευτερολέπτου και είναι αρκετά απλός. Δίνει τη δυνατότητα σε όσους προγραμματίζουν στο Scratch και θέλουν να σχεδιάσουν πάρα πολύ γρήγορα οτιδήποτε εκτείνεται πέρα από τα όρια να άρουν τους περιορισμούς του συγκεκριμένου περιβάλλοντος. Τέλος, δίνει τη δυνατότητα σε εκπαιδευτικούς να διδάξουν την έννοια της αποκοπής γραμμής πολύ απλά και με πολύ γρήγορα αποτελέσματα.

Αναφορές

- Foley, J., & Van Dam, A., & Feiner, S., & Hughes, J. (1996). Computer Graphics: Principles and Practice. Addison-Wesley Publishing Company.
- Godse, A. P. (2009): Computer Graphics. Technical Publications Pune.
- Hearn, D., & Baker, M., P. (1997). Computer Graphics C Version. Prentice Hall.
- Iraji, Mazandarami & Motameni, An efficient line clipping algorithm based on Cohen-Sutherland line clipping algorithm. American journal of Scientific Research, 14, 2011.
- Kodituwakku, Wijeweera & Chamikara. An efficient algorithm for line clipping in computer graphics programming.
- Liang, Y. D., & Barsky, B. (1984). A New Concept and Method for Line Clipping. ACM Transactions on Graphics, 3(1):1–22.
- Lu, G., & Wu, X., & Peng, Q. (2001). An efficient line clipping algorithm based on adaptive line rejection. Best Papers of CAD and CB 2001.
- Nicholl, T., M., & Lee, D., T., & Nicholl, R., A. (1987). An Efficient New Algorithm for 2-D Line Clipping: Its Development and Analysis, Computers and Graphics, Vol. 21, No. 4, pp. 253-262.
- Pandey & Jain. (2013). Comparison of various line clipping algorithms for Improvement. International Journal of Modern Engineering Research.
- Pachghare, V. K. (2011). Comprehensive Computer Graphics. Laxmi Publications LTD.
- Scratch Wiki. (2017). Stage. Ανακτήθηκε 29 Απριλίου, 2017, από Wiki: <https://wiki.scratch.mit.edu/wiki/Stage>
- Wikipedia. (2017). Line clipping. Ανακτήθηκε 30 Απριλίου, 2017, από Wiki: https://en.wikipedia.org/wiki/Line_clipping
- Wikipedia. (2017). Cohen–Sutherland algorithm. Ανακτήθηκε 30 Απριλίου, 2017, από Wiki: https://en.wikipedia.org/wiki/Cohen-Sutherland_algorithm
- Wikipedia. (2017). Liang–Barsky algorithm. Ανακτήθηκε 30 Απριλίου, 2017, από Wiki: https://en.wikipedia.org/wiki/Liang-Barsky_algorithm

Μοντελοποίηση της Απλής Αρμονικής Ταλάντωσης με το Λογισμικό Ανάλυσης Βίντεο Tracker

Βασίλης Νούσης

Υπ. ΕΚΦΕ Θεσπρωτίας
ekfethesp@sch.gr

Περίληψη

Ίσως το σημαντικότερο, αν όχι το μόνο, λογισμικό που σε ένα ενιαίο περιβάλλον εργασίας συνδυάζει δυνατότητες υλοποίησης πραγματικής -και όχι εικονικής- εργαστηριακής άσκησης, καθώς και δυνατότητες μοντελοποίησης είναι το ελεύθερο λογισμικό ανάλυσης βίντεο Tracker του Douglas Brown. Αυτές τις δυνατότητες του Tracker στην περίπτωση της απλής αρμονικής ταλάντωσης και την εφαρμογή τους στην τάξη εξετάζουμε στην παρούσα εργασία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: μοντελοποίηση, ανάλυση βίντεο, Tracker

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα επιστημονικό μοντέλο στοχεύει στην εξήγηση ή την κατανόηση μιας πτυχής του πραγματικού κόσμου (Zwickl, Hu, Finkelstein, & Lewandowski, 2015), δηλαδή, αντίθετα από τη θεωρία, τα μοντέλα αναφέρονται πάντα σε ένα συγκεκριμένο φυσικό σύστημα (Hestenes, 1997). Στη Φυσική τα μοντέλα είναι συνήθως μαθηματικά, δηλαδή οι φυσικές ιδιότητες αναπαριστώνται από κατάλληλες ποσοτικές μεταβλητές (Hestenes, 1987), και προκύπτουν με αφαίρεση και απλοποίηση του συστήματος, εστιάζοντας μόνο στα σημαντικά χαρακτηριστικά του (Schwarz, et al., 2009), ώστε να γίνει δυνατή η εφαρμογή της θεωρίας στη σύνθετη πραγματικότητα (Δεβελάκη, 2009). Πρόκειται δηλαδή για απλοποιημένες/εξιδανικευμένες αναπαραστάσεις του συστήματος, και γι' αυτό υπόκεινται σε περιορισμούς, είναι προσωρινές και αναθεωρούνται (Schwarz, et al., 2009). Συνεπώς επιδέχονται αλλαγές ή βελτιώσεις οι οποίες είναι αποτέλεσμα της εμπειρικής δοκιμής του μοντέλου, με την οποία αφενός αξιολογείται η αξιοπιστία των υποθέσεων του και αφετέρου συγκρίνονται οι προβλέψεις του με τα αντίστοιχα πειραματικά δεδομένα. Επιπλέον όταν νέα πειράματα, που διεξάγονται υπό ευρύτερο φάσμα περιστάσεων ή με μεγαλύτερη ακρίβεια, καθιστούν ανεπαρκείς τις προηγουμένως ικανοποιητικές εξηγήσεις του μοντέλου, είναι επιβεβλημένη η αναθεώρησή του. Με τον όρο μοντελοποίηση, εννοούμε αυτή τη δυναμική διαδικασία κατασκευής και χρήσης μοντέλων (Zwickl, Hu, Finkelstein, & Lewandowski, 2015).

Τα μοντέλα λειτουργούν ως γέφυρα μεταξύ θεωρίας και πειράματος (Gilbert, 2004), έχοντας με τη θεωρία τη σχέση του ειδικού προς το γενικό (Frigg, 2009), ενώ η σχέση με το πείραμα είναι αμφίδρομη (Koronen, 2007): αφενός η εγκυρότητα του μοντέλου ελέγχεται μέσω της συμφωνίας των αποτελεσμάτων του (εξηγήσεις, προβλέψεις) με τα πειραματικά δεδομένα (γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στην αναθεώρηση του μοντέλου), και αφετέρου λαμβάνοντας υπόψη τους ανελαστικούς περιορισμούς του μοντέλου νέα πειράματα σχεδιάζονται, ώστε να βελτιωθεί η συμφωνία μοντέλου - πειραματικών δεδομένων.

Συνεπώς προς το πλαίσιο αυτό εκπαιδευτική πρακτική είναι η χρήση των λογισμικών μοντελοποίησης παράλληλα και αλληλεπιδραστικά με την πραγματική πειραματική άσκηση. Αυτό ακριβώς αναδεικνύει και το σημαντικό πλεονέκτημα του λογισμικού Tracker σε σχέση με άλλα λογισμικά μοντελοποίησης, αφού πρόκειται πρωτίστως για ένα λογισμικό με το οποίο πραγματικά πειράματα μηχανικής (και όχι μόνο) μπορούν να διεξαχθούν με τη μοντέρνα τεχνική της ανάλυσης βίντεο, αλλά διαθέτει επιπλέον και δυνατότητες μοντελοποίησης του υπό μελέτη φαινομένου.

Δύο ειδών μοντέλα μπορούμε να δημιουργήσουμε με το Tracker:

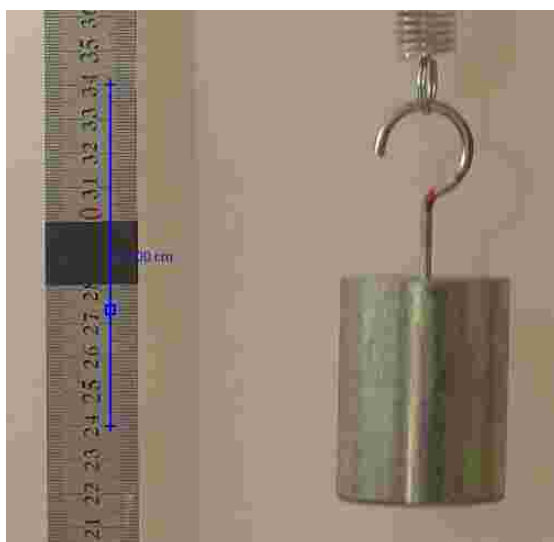
1. Δυναμικά: όπου απαιτείται να εισάγουμε τις δυνάμεις που δρουν σε κάποιο σώμα καθώς και τις αρχικές συνθήκες (θέση, ταχύτητα) και το λογισμικό αναλαμβάνει την εξαγωγή της εξίσωσης κίνησης.
2. Κινηματικά (αναλυτικά): όπου απαιτείται η απευθείας εισαγωγή της εξίσωσης κίνησης του σώματος.

Στη συνέχεια το λογισμικό έχει τη δυνατότητα να «επισυνάψει» στα διάφορα καρτέ του βίντεο το ίχνος του υλικού σημείου-μοντέλου. Έτσι δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης της πραγματικής κατάστασης και του θεωρητικού της μοντέλου και μάλιστα σε δύο επίπεδα: Σε πρώτο επίπεδο μέσω άμεσης και ταυτόχρονης παρατήρησης στην οθόνη της εξέλιξης τόσο της πραγματικής κατάστασης όσο και του θεωρητικού της μοντέλου (με την καρτέ-καρτέ αναπαραγωγή του βίντεο), και σε δεύτερο επίπεδο μέσω σχεδιασμού των σχετικών γραφικών παραστάσεων και προσδιορισμού των αντίστοιχων εξισώσεων.

Τις δυνατότητες μοντελοποίησης του Tracker στην περίπτωση της απλής αρμονικής ταλάντωσης εξετάζουμε στη συνέχεια. Θα αναλύσουμε το βίντεο «shm_exp9.mp4», το οποίο μπορεί να μεταφορτωθεί μέσω του συνδέσμου «goo.gl/xdvce6», και στο οποίο καταγράφεται η ταλάντωση ενός κυλίνδρου μάζας 1002 g, που είναι αναρτημένος στο κάτω άκρο ενός κατακόρυφου ελατηρίου άγνωστης σταθεράς.

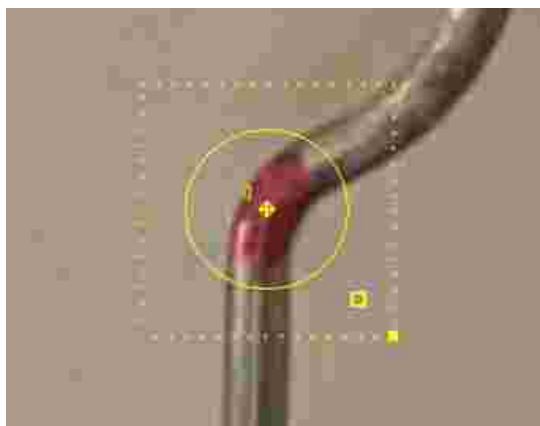
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΒΙΝΤΕΟ

Θα αναλύσουμε τα καρτέ 53 μέχρι και 705 του βίντεο στα οποία περιλαμβάνονται λίγο πάνω από 12 πλήρεις ταλαντώσεις. Η βαθμονόμηση του βίντεο γίνεται με βάση τον ενσωματωμένο στο βίντεο χάρακα (Εικόνα 1).



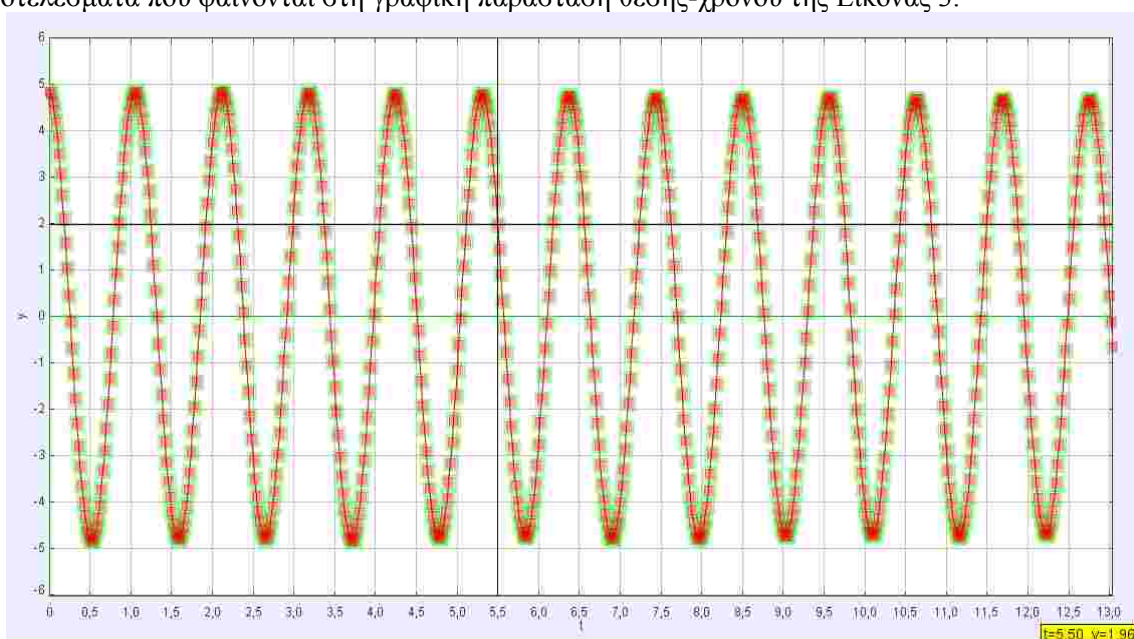
Εικόνα 1: Βαθμονόμηση βίντεο

Στη συνέχεια δημιουργούμε ένα υλικό σημείο από την ιχνηλασία του οποίου θα πάρουμε τα δεδομένα θέσης-χρόνου για την κίνηση του κυλίνδρου. Πήραμε τα καλύτερα δεδομένα ορίζοντας το πρότυπο ταύτισης του υλικού σημείου (στο γάντζο του κυλίνδρου) στο πρώτο καρτέ του βίντεο-κλιπ καθορίζεται όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2: Το πρότυπο ταύτισης

Ολοκληρώνουμε με αυτόματο τρόπο την ιχνηλασία του υλικού σημείου και παίρνουμε τα αποτελέσματα που φαίνονται στη γραφική παράσταση θέσης-χρόνου της Εικόνας 3.



Εικόνα 3: Η γραφική παράσταση $y = f(t)$ για την κίνηση του κυλίνδρου

Για τη σωστή εμφάνιση της γραφικής παράστασης θέσης-χρόνου για τον κύλινδρο έχουμε μετατοπίσει την αρχή του εξ ορισμού συστήματος αξόνων του Tracker στο μέσο της απόστασης ανάμεσα στις ακραίες θέσεις της κίνησης. Με τη δυνατότητα μέτρησης της των συντεταγμένων κατευθείαν από τη γραφική παράσταση που διαθέτει το Tracker υπολογίζουμε το χρόνο που απαιτείται για να ολοκληρωθούν 12 πλήρεις ταλαντώσεις του κυλίνδρου. Είναι:

$$\Delta t = 12,76 \text{ s} \quad \text{και συνεπώς η περίοδος της κίνησης προκύπτει} \quad T = \frac{\Delta t}{12} = 1,063 \text{ s}$$

Επιλέγοντας την εμφάνιση των στατιστικών στο Εργαλείο δεδομένων του Tracker διαπιστώνουμε πως η μέγιστη τιμή της απόστασης του κυλίνδρου από την αρχή των αξόνων έχουν την ίδια απόλυτη τιμή, ίση με: $A = 4,841 \text{ cm}$.

ΤΟ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ

Υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν απώλειες ενέργειας λόγω τριβών και αντιστάσεων το κινηματικό μοντέλο της απλής αρμονικής ταλάντωσης ενός υλικού σημείου περιγράφεται με την εξίσωση:

$$y = A \cdot \eta\mu(\omega t + \varphi)$$

Για την περίπτωση του κυλίνδρου:

- Το πλάτος της ταλάντωσης είναι ίσο με τη μέγιστη απόστασή του από την αρχή των αξόνων, δηλ. $A = 4,814 \text{ cm}$.
- Η κυκλική συχνότητα της κίνησης είναι: $\omega = \frac{2\pi}{T} = 5,909 \text{ rad/s}$.
- Επιπλέον, αφού η κίνηση του κυλίνδρου αρχίζει πρακτικά από ακραία θέση ($y = +A$), θεωρούμε ως μια καλή εκτίμηση της αρχικής φάσης την τιμή: $\varphi = \frac{\pi}{2} \text{ rad} \approx 1,57 \text{ rad}$.

Στο μενού «Τροχιές» του Tracker επιλέγουμε «Νέο/Αναλυτικό μοντέλο σωματιδίου» και στο παράθυρο «Δημιουργός μοντέλου» που ανοίγει:

1. Εισάγουμε τις παραμέτρους: «A» με τιμή 4,841 για το πλάτος της ταλάντωσης, «w» με τιμή 5,909 για την κυκλική συχνότητα και «phi» με τιμή 1,57 για την αρχική φάση. Η τιμή για την εξ' ορισμού παράμετρο «m» (μάζα) είναι αδιάφορη για το κινηματικό μοντέλο του κυλίνδρου.
2. Στη συνάρτηση θέσης «y» εισάγουμε τη συνάρτηση $A \cdot \sin(w \cdot t + \text{phi})$, ενώ αφήνουμε ως έχει τη συνάρτηση για τη θέση «x».

Κλείνοντας το παράθυρο «Δημιουργός μοντέλου» και σαρώνοντας με το «μοχλό σάρωσης» το βίντεο από το πρώτο μέχρι το τελευταίο του καρέ το Tracker επισυνάπτει στα διάφορα καρέ το ίχνος του μοντέλου για την κίνηση του κυλίνδρου, που μόλις δημιουργήσαμε.

Συμφωνία μοντέλου – πειραματικών δεδομένων

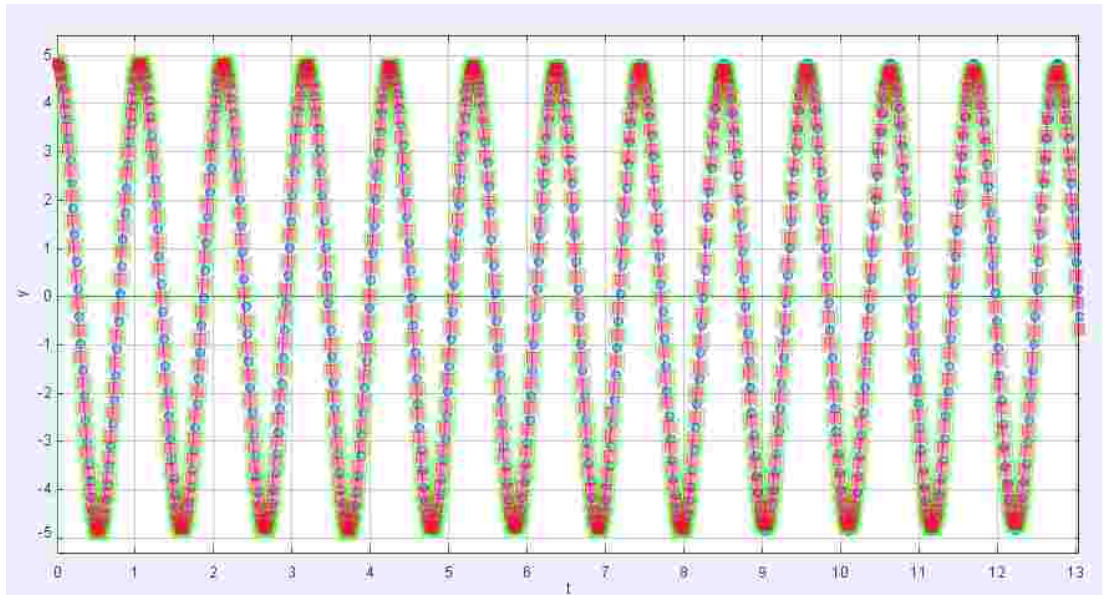
Η συμφωνία του μοντέλου με τα πειραματικά δεδομένα της κίνησης μπορεί να ελεγχθεί με διάφορους τρόπους:

A) Με την αναπαραγωγή του βίντεο στο Tracker (και μάλιστα αναπαραγωγή καρέ-καρέ) και χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες εμφάνισης λιγότερων ή περισσότερων ιχνών στην οθόνη αλλά και τη δυνατότητα παύσης της αναπαραγωγής σε συγκεκριμένο καρέ (Εικόνα 4), εύκολα διαπιστώνουμε την ύπαρξη κάποιων αποκλίσεων μεταξύ μοντέλου και πειραματικών δεδομένων.



*Εικόνα 4: Σύγκριση κινηματικού μοντέλου - πειραματικών δεδομένων
Με κίτρινους ρόμβους σημειώνονται τα πειραματικά δεδομένα
Με μπλε κύκλους σημειώνονται τα ίχνη του μοντέλου*

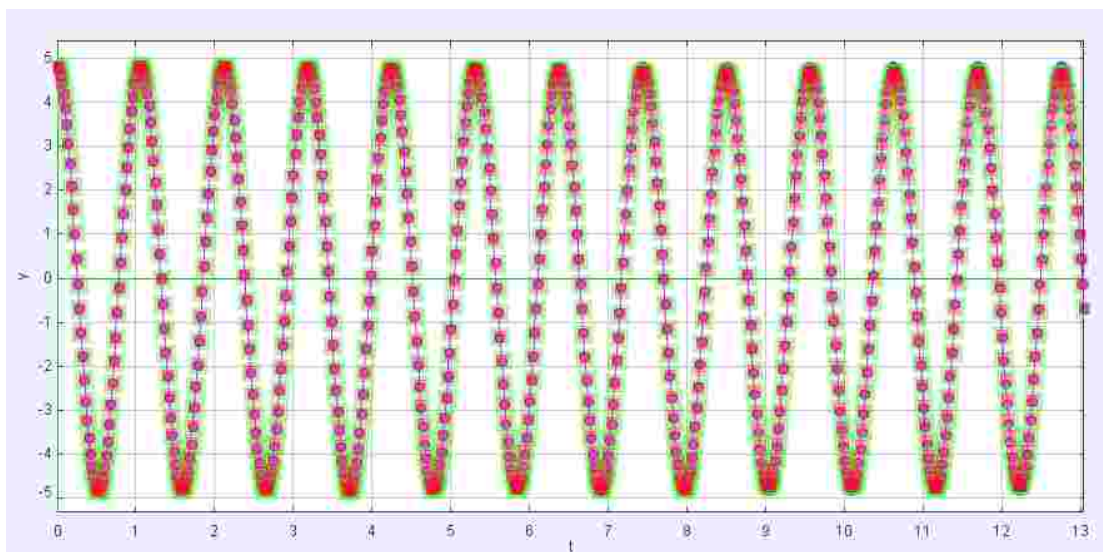
B) Λεπτομερέστερη σύγκριση μπορεί να γίνει σχεδιάζοντας στο Tracker και σε κοινό σύστημα αξόνων τις γραφικές παραστάσεις θέσης-χρόνου τόσο για τα πραγματικά πειραματικά δεδομένα, όσο και για το μοντέλο της κίνησης (Εικόνα 5).



Εικόνα 5: Σύγκριση κινηματικού μοντέλου - πειραματικών δεδομένων μέσω γραφικών παραστάσεων
Με κόκκινα τετράγωνα τα πειραματικά δεδομένα, και με μπλε κύκλους το μοντέλο

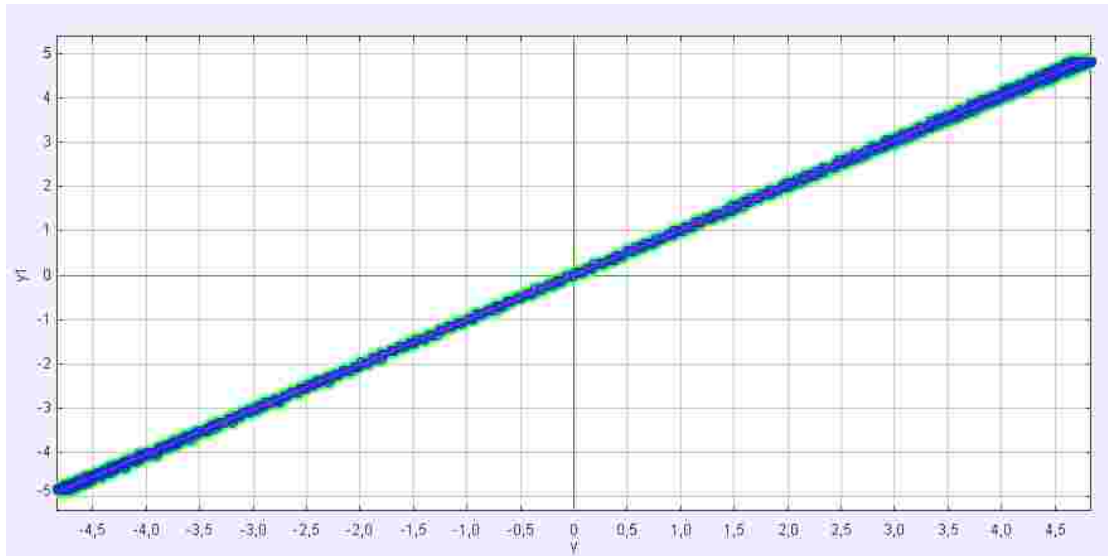
Παρατηρούμε πως:

1. Υπάρχει εξαιρετική σύμπτωση στα μέγιστα (αλλά και στα ελάχιστα) στις δύο γραφικές παραστάσεις, γεγονός που δηλώνει ότι η περίοδος της κίνησης (άρα και η κυκλική συχνότητα) έχουν προσδιοριστεί με ικανοποιητική ακρίβεια.
2. Στις ακραίες θέσεις και μάλιστα προς το τέλος των γραφικών παραστάσεων οι θέσεις με βάση το μοντέλο είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις αντίστοιχες πειραματικές τιμές. Αυτό ήταν αναμενόμενο αφού η πραγματική κίνηση είναι φθίνουσα ταλάντωση λόγω της αντίστασης του αέρα. Θα συζητήσουμε αναλυτικότερα το θέμα αυτό στη συνέχεια.
3. Προφανώς οι άλλες ασυμφωνίες μοντέλου-πειράματος θα οφείλονται στην τιμή της τρίτης παραμέτρου του μοντέλου (της αρχικής φάσης). Πράγματι με τη μέθοδο της δοκιμής και του λάθους εύκολα βρίσκουμε πως η συμφωνία αυξάνεται σημαντικότητα (Εικόνα 6) αν αλλάζουμε σε $1,63 \text{ rad}$ την τιμή της αρχικής φάσης στο κινηματικό μοντέλο.



Εικόνα 6: Σύγκριση διορθωμένου κινηματικού μοντέλου - πειραματικών δεδομένων

Γ) Ένας ακόμη τρόπος ελέγχου της συμφωνίας μοντέλου – πειραματικών δεδομένων είναι μέσω της γραφικής παράστασης $y_l = f(y)$ όπου y_l οι θέσεις του κυλίνδρου με βάση το κινηματικό μοντέλο και y οι αντίστοιχες πειραματικές θέσεις (Εικόνα 7).



Εικόνα 7: Σύγκριση μοντέλου - πειραματικών μέσω γραφικής παράστασης $y_l = f(y)$

Παρατηρούμε πως:

1. Η κλίση της καλύτερης ευθείας προσαρμογής στα δεδομένα έχει κλίση $\lambda = 1,015$, σε απόκλιση 1,5% από την αναμενόμενη τιμή ($\lambda_{αν} = 1$).
2. Οι μεγαλύτερες αποκλίσεις (μεγαλύτερη διασπορά των σημείων) από την καλύτερη ευθεία εμφανίζονται στις ακραίες θέσεις της ταλάντωσης ($y = -4,5$ cm και $y = 4,5$ cm).

Βελτίωση της συμφωνίας μοντέλου-πειραματικών δεδομένων μπορεί να επιτευχθεί είτε με αναθεώρηση του μοντέλου με βάση τις εξισώσεις της φθίνουσας αρμονικής ταλάντωσης, είτε με προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων στο μοντέλο (Κορονη, 2007). Η δεύτερη αυτή επιλογή μπορεί να υλοποιηθεί αν για τον έλεγχο της συμφωνίας μοντέλου-πειράματος επιλέξουμε ένα μικρότερο τμήμα των πειραματικών δεδομένων (π.χ. δύο πλήρεις περιόδους ή από το καρέ 53 μέχρι και το 159), τόσο μικρό ώστε το αποτέλεσμα της αντίστασης του αέρα να μπορεί να θεωρηθεί ασήμαντο. Πράγματι (Εικόνα 8) στην περίπτωση αυτή η απόκλιση της κλίσης στη γραφική παράσταση $y_l = f(y)$ από την αναμενόμενη τιμή μόλις που αγγίζει το 0,1%.



Εικόνα 8: Αποτελέσματα μετά την προσαρμογή των πειραματικών δεδομένων στο μοντέλο

Ένα ακόμη πλεονέκτημα της «προσαρμογής των πειραματικών δεδομένων στο μοντέλο» είναι και η ανάδειξη των περιορισμών του μοντέλου στο συγκεκριμένο φαινόμενο.

Δ) Τέλος η σύγκριση μοντέλου-πειραματικών δεδομένων μπορεί να γίνει και σε επίπεδο εξισώσεων, αφού μέσω του Tracker μπορούμε να προσδιορίσουμε την καλύτερη ημιτονοειδή καμπύλη προσαρμογής στα πειραματικά δεδομένα. Προκύπτει:

$$y = 4,835 \cdot \eta\mu(5,911 \cdot t + 1,627) \text{ cm}$$

Η αντίστοιχη εξίσωση για το κινηματικό μοντέλο είχε τη μορφή:

$$y_1 = 4,841 \cdot \eta\mu(5,909 \cdot t + 1,63) \text{ cm}$$

Οι αποκλίσεις είναι σε κάθε περίπτωση μικρότερες του 0,2%.

ΤΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Θα στηρίζουμε το δυναμικό μοντέλο για την κίνηση του κυλίνδρου στις εξής παραδοχές:

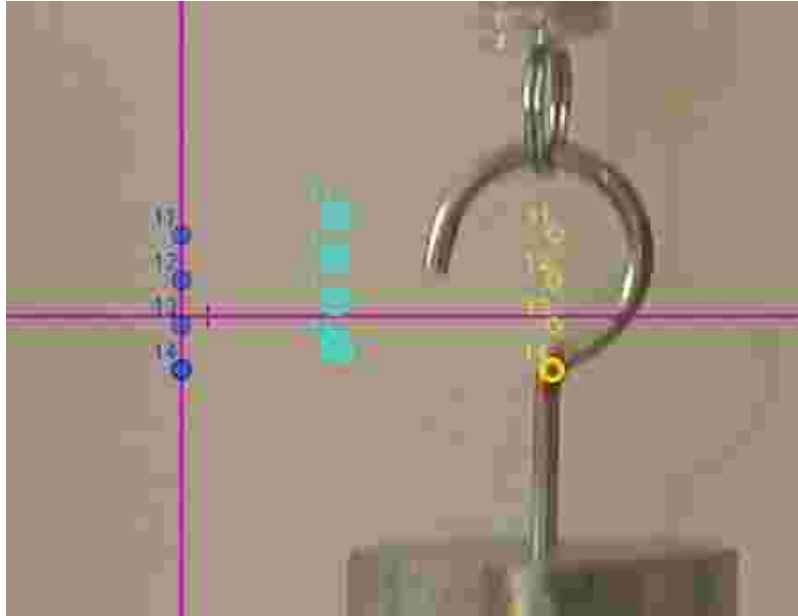
1. Ο κύλινδρος συμπεριφέρεται ως υλικό σημείο.
2. Το ελατήριο είναι ιδανικό.
3. Η αντίσταση του αέρα είναι ασήμαντη.
4. Η συνισταμένη των δυνάμεων που δρουν στον κύλινδρο είναι της μορφής: $\sum F = -Dx$ με

$$D = m\omega^2$$

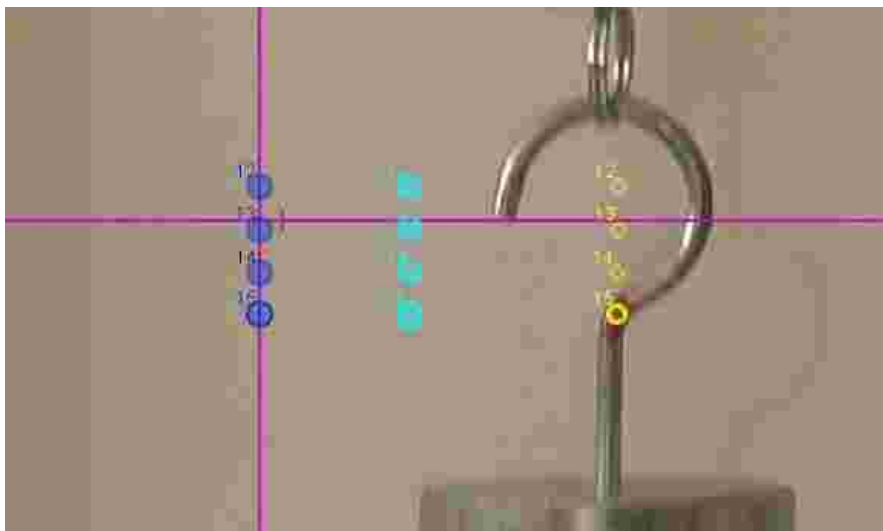
Μέσω του μενού «Τροχιές/Νέο/Δυναμικό μοντέλο σωματιδίου/Καρτεσιανό» δημιουργούμε το μοντέλο εισάγοντας στο παράθυρο «Δημιουργός μοντέλου» που ανοίγει:

1. Ως εναρκτήρα το υλικό σημείο με το οποίο ιχνηλατήσαμε την κίνηση του κυλίνδρου.
2. Την παράμετρο « ω » με τιμή 5,909 για την κυκλική συχνότητα.
3. Την τιμή 1,002 στην εξ ορισμού παράμετρο « m » (μάζα του κυλίνδρου).
4. Την τιμή 2 στην αρχική θέση « x », ώστε τα ίχνη του δυναμικού μοντέλου στην οθόνη να μη συμπέσουν οριζόντια με τα άλλα ίχνη που εμφανίζονται στην οθόνη, ενώ αφήνουμε χωρίς μεταβολή τα υπόλοιπα μεγέθη που αφορούν τις αρχικές συνθήκες.
5. Στη συνάρτηση δύναμης « f_y » τη συνάρτηση $-m \cdot \omega^2 \cdot y$, ενώ αφήνουμε ως έχει τη συνάρτηση για τη δύναμη « f_x ».

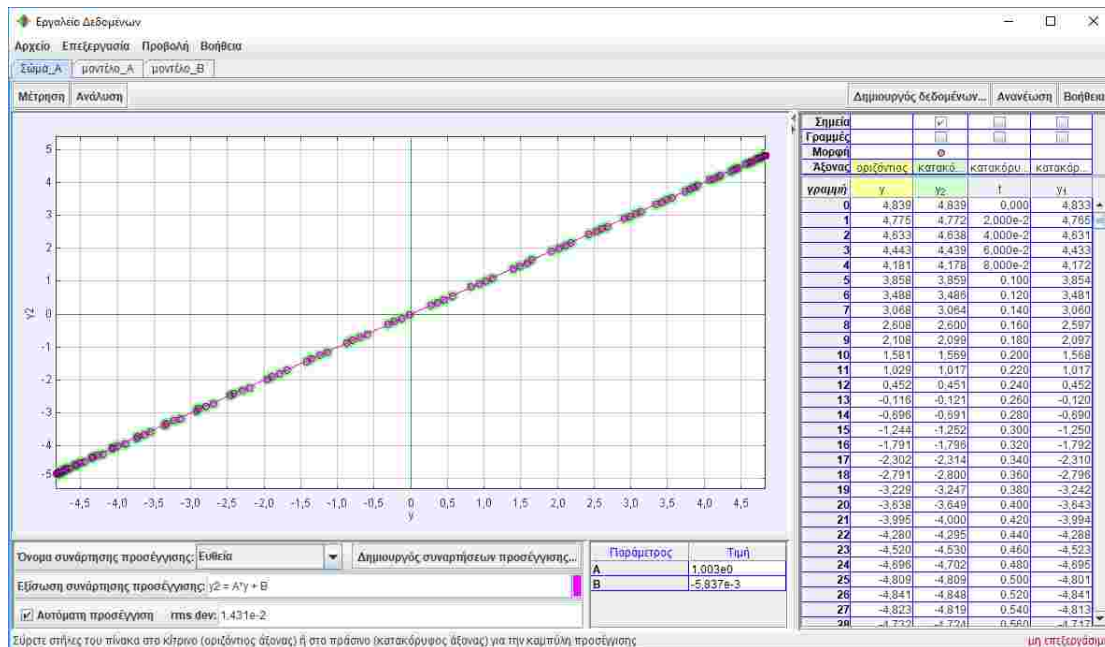
Κλείνοντας το παράθυρο «Δημιουργός μοντέλου» και σαρώνοντας με το «μοχλό σάρωσης» το βίντεο από το πρώτο μέχρι το τελευταίο του καρέ, το Tracker, αφού λύσει εσωτερικά (αδιαφανώς) τη διαφορική εξίσωση που προκύπτει από το θεμελιώδη νόμο της μηχανικής, επισυνάπτει στα διάφορα καρέ το ίχνος του δυναμικού μοντέλου για την κίνηση του κυλίνδρου που μόλις δημιουργήσαμε. Διαπιστώνεται κάποια ασυμφωνία μοντέλου-πειραματικών δεδομένων (Εικόνα 9), ή οποία πρακτικά αίρεται (Εικόνες 10 & 11) λαμβάνοντας υπόψη πως τη χρονική στιγμή $t = 0$ η αρχική ταχύτητα του κυλίνδρου στην κατακόρυφη διεύθυνση δεν είναι μηδέν, αλλά έχει μια μικρή τιμή περίπου $-1,7 \text{ cm/s}$, η οποία μπορεί να προσδιοριστεί είτε μέσω της μεθόδου δοκιμής και λάθους, είτε μέσω της εξίσωσης ταχύτητας που μέσω του κινηματικού μοντέλου μπορούμε να εξάγουμε.



Εικόνα 9: Ασυμφωνία του δυναμικού μοντέλου (γαλάζιοι κύκλοι) με τα πειραματικά δεδομένα (κίτρινοι ρόμβοι) και με το κινηματικό μοντέλο (μπλε κύκλοι)



Εικόνα 10: Συγκριτική εμφάνιση πειραματικών δεδομένων, κινηματικού και του διορθωμένου δυναμικού μοντέλου
κίτρινοι ρόμβοι: πειραματικά δεδομένα, μπλε και γαλάζιοι κύκλοι: κινηματικό και δυναμικό μοντέλο αντίστοιχα



Εικόνα 11: Σύγκριση διορθωμένου δυναμικού μοντέλου – πειραματικών δεδομένων μέσω γραφικής παράστασης $y_m = f(y)$

Οι αποκλίσεις μετά την αναθεώρηση του μοντέλου μόλις που αγγίζουν το 0,3%.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρότι το ελεύθερα διανεμόμενο Tracker δε διαθέτει το εύρος των δυνατοτήτων που διαθέτουν άλλα λογισμικά δημιουργίας μοντέλων (π.χ. Interactive Physics), το θεμελιώδες πλεονέκτημά του είναι η ενσωμάτωση σε ενιαίο περιβάλλον εργασίας ενός πειραματικού εργαλείου και ενός εργαλείου μοντελοποίησης, και υπ' αυτή την έννοια το ίδιο το λογισμικό λειτουργεί ως οδηγός για τη συνεπή εφαρμογή της μοντελοποίησης στην εκπαίδευση.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Δεβελάκη, Μ. (2009). *Φύση και λειτουργίες των μοντέλων στη διδασκαλία και στη χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών*. (Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπίδης, Επιμ.) Ανάκτηση Ιούνιος 2018, από Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών: <http://www.uowm.gr/kodifeet/>
- Frigg, R. (2009). *Models in Physics*. Ανάκτηση Ιούνιος 2018, από http://www.romanfrigg.org/writings/Models_in_Physics_REP.pdf
- Gilbert, J. (2004, Ιούνιος). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, σσ. 115-130.
- Hestenes, D. (1987, Μάιος). Toward a modeling theory of physics instruction. *Am. j. Phys.*, 55, σσ. 440-454.
- Hestenes, D. (1997). Modeling methodology for Physics teachers. Στο E. Redish, & J. Ridgen (Επιμ.), *The changing role of the physics department in modern universities. II*, σσ. 935-957. American Institute of Physics.
- Koronen, I. (2007, Αύγουστος). Models and Modelling in Physics Education: A Critical Re-analysis of Philosophical Underpinnings and Suggestions for Revisions. *Science & Education*, σσ. 751-773.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., και συν. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), σσ. 632-654.

Zwickl, B. M., Hu, D., Finkelstein, N., & Lewandowski, H. C. (2015, Σεπτέμβριος). *Model-based reasoning in the physics laboratory: Framework and initial results*. Ανάκτηση Ιούνιος 2018, από <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevSTPER.11.020113>

Ρομποτική στη Βιολογία: χρήση Arduino στα μαθήματα της Βιολογίας Λυκείου

Στασινάκης Κ. Παναγιώτης¹, Γιώτη Κατερίνα²

¹Εκπαιδευτικός Βιολόγος, MEd, PhD, Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Αμπελοκήπων

stasinakis@biologia.gr

²Εκπαιδευτικός Βιολόγος, Υποψήφια Διδάκτωρ, 2^ο Πειραματικό Λύκειο Αθηνών

catherine_geo@yahoo.com

Περίληψη

Η χρήση συσκευών αυτόματης λήψης-καταγραφής, είναι μία καινοτομία που εντάσσεται όλο και περισσότερο στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση μέσω των δραστηριοτήτων STEM. Δημιουργούμε και προτιθέμεθα να χρησιμοποιήσουμε φύλλα εργασίας, για εργαστηριακές ασκήσεις Βιολογίας όπου θα έχει ενταχθεί η χρήση του μικροελεγκτή Arduino. Τα φύλλα εργασίας αφορούν την Α και Β Λυκείου, με στόχο να καταγραφούν παράμετροι όπως ο καρδιακός ρυθμός και η ταχύτητα απόκρισης σε ερέθισμα στον άνθρωπο, καθώς και ο ρόλος του φωτός και της υγρασίας στην ανάπτυξη των φυτών. Στην παρούσα εργασία περιγράφουμε το είδος των δραστηριοτήτων που θα υλοποιήσουμε ενώ καταγράφουμε και τις μελλοντικές μας προοπτικές.

Λέξεις κλειδιά: βιολογία, arduino, εκπαιδευτική τεχνολογία, ρομποτική

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Arduino είναι μια απλή μητρική ανοικτού κώδικα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους. Προγραμματίζεται με τη γλώσσα C++ ενώ χρησιμοποιεί και βιβλιοθήκες κατασκευασμένες στην ίδια γλώσσα. Κατασκευάστηκε το 2005 ως συσκευή για τον έλεγχο προγραμμάτων διαδραστικών σχεδίων από μαθητές με βασικό στόχο το χαμηλό κόστος. Οι περισσότερες εκδόσεις του Arduino μπορούν να αγοραστούν προ-συναρμολογημένες ενώ τα διαγράμματα και οι πληροφορίες για το υλικό είναι ελεύθερα διαθέσιμα για ιδιοκατασκευές.

Η επιλογή του Arduino έγινε επειδή διαθέτει πλήθος αισθητήρων οι οποίοι μπορούν να καταγράψουν διαφορετικά δεδομένα ενώ παράλληλα είναι σχετικά φθηνό. Επιπλέον, οι εμπλεκόμενοι μαθητές έχουν το πλεονέκτημα πως έρχονται σε επαφή με τη δημιουργία κώδικα γλώσσας προγραμματισμού.

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΧΡΗΣΗ

Ο Κουντουριώτης (2018), χρησιμοποίησε τον αισθητήρα της θερμοκρασίας στη διδασκαλία της ενότητας «Από τη Θερμότητα στη Θερμοκρασία – Η Θερμική ισορροπία», στο μάθημα της Φυσικής Α' Γυμνασίου. Στη διδακτική παρέμβαση συμμετείχαν 64 μαθητές, ενώ πραγματοποιήθηκαν προ- και post- tests τα οποία κατέγραψαν σημαντική βελτίωση της (γνωστικής) επίδοσης των μαθητών, αν και δεν κατορθώθηκε να βελτιωθούν οι εξηγήσεις των θερμικών φαινομένων με στοιχεία του μικρόκοσμου. Ως επιπλέον πλεονέκτημα, αναφέρεται και το μικρό κόστος για την απόκτηση ενός τέτοιου συστήματος συγχρονικής λήψης, επιτρέποντας έτσι την ύπαρξη αρκετών τέτοιων συστημάτων ώστε να τα χρησιμοποιούν οι μαθητές σε ομάδες.

Οι Τσιαστούδης & Πολάτογλου (2017) ερεύνησαν την εφαρμογή STEM, με τη χρήση Arduino, σε μαθητές, μεταξύ των οποίων και μαθητές με αναπηρίες, μειωμένης όρασης και κώφωσης. Διαπιστώθηκε πως οι κωφοί μαθητές ανταπεξήλθαν πλήρως στις απαιτήσεις της διαδικασίας, με πλήρη εμπλοκή και επίτευξη επιμέρους στόχων. Ως αδυναμία κυρίως και όχι ως μειονέκτημα, διαπιστώθηκε η απουσία εξειδικευμένων όρων στη νοηματική γλώσσα, αν και οι μαθητές κατόρθωσαν σχετικά γρήγορα να νοηματοδοτήσουν τις έννοιες στο δικό τους λεξιλόγιο, την Ελληνική Νοηματική Γλώσσα. Ένα άλλο ιδιαίτερο στοιχείο ήταν πως οι κωφοί μαθητές κατόρθωσαν να γίνουν

άμεσα και ικανά μέλη της κοινότητας που παρήγαγαν γνώση. Η χρήση του Arduino κέρδισε το ενδιαφέρον τους, παρακινώντας τους να εμπλουτίζουν το λεξιλόγιό τους ώστε να μπορούν να επικοινωνούν με μεγαλύτερη ευχέρεια κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας.

Οι Ξουρής και συν. (2016) ανέθεσαν σε 12 μαθητές της Γ' τάξης εσπερινού ΕΠΑ.Λ. της Πάτρας να υλοποιήσουν σειρά φύλλων εργασίας με τη χρήση του Arduino. Οι μαθητές ανέφεραν πως δεν δυσκολεύτηκαν ιδιαίτερα στο κατασκευαστικό και προγραμματιστικό μέρος των εργασιών, ενώ δήλωσαν ενθουσιασμένοι επιθυμώντας να συνεχίσουν τον πειραματισμό τους με το Arduino. Ενδιαφέρον ήταν το γεγονός πως προεκτείνανε την εμπειρία τους λέγοντας πως πήραν ιδέες για να φτιάξουν εφαρμογές στο σπίτι (π.χ. να ενεργοποιούν το ποτιστικό στον κήπο τους), ενώ έδειξαν ενθουσιασμένοι που κατανόησαν τη βασική ιδέα πίσω από κάθε εφαρμογή αυτοματισμού. Καταγράφηκε υψηλή διάθεση συνεργασίας μέσα στην ομάδα, αφού σε κάθε δυσκολία προσπαθήσαν να επιλύσουν το πρόβλημα εσωτερικά, στα πλαίσια της ομάδας τους, και όταν αδυνατούσαν να βρουν λύση μόνο τότε απευθύνονταν στον εκπαιδευτικό τους. Όπως καταλήγουν οι συγγραφείς (σελ. 69): «.. τέτοιες δραστηριότητες και καινοτόμα εργαλεία μπορούν να συμβάλλουν ουσιαστικά στην αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης μέσα σε εκπαιδευτικά πλαίσια οικοδόμησης της γνώσης, ανάπτυξης της κριτικής σκέψης των μαθητών και άμεσης σύνδεσης της γνώσης με τις ανάγκες και της εφαρμογές της καθημερινής και επαγγελματικής ζωής».

Ο Αρβανιτάκης (2017) κατασκεύασε με το Arduino ένα σύστημα αυτόματου πότισματος. Στα πλαίσια του ομίλου 'Μικροί Χάκερ» του σχολείου του 'Πειραματικό Δημοτικό Σχολείο Φλώρινας', κατασκεύασαν μια συσκευή την οποία τοποθετούν στις γλάστρες, ειδοποιώντας αν χρειάζεται πότισμα. Η κατασκευή περιλαμβάνει έναν αισθητήρα υγρασίας εδάφους, έναν κινητήρα servo, ένα λαμπάκι και ένα ηχείο. Ο αισθητήρας υγρασίας διαβάζει συνεχώς την υγρασία του χώματος στη γλάστρα. Όταν η υγρασία μειωθεί περισσότερο από ένα όριο, η συσκευή ειδοποιεί με τρεις τρόπους: (i) αναβοσβήνει το λαμπάκι, (ii) ακούγεται ήχος από το ηχείο και (iii) περιστρέφεται μία πινακίδα ειδοποίησης με την βοήθεια του κινητήρα servo. Έτσι η ομάδα ειδοποιείται για πότισμα.

Οι Μαστρογιάννης & Σωτηρίου (2018), προτείνουν τη χρήση του mBlock ως προγραμματιστικό περιβάλλον για την ανάπτυξη κώδικα για το Arduino. Το mBlock βασίζεται στο Scratch, διαθέτοντας το ίδιο 'drag&drop' γραφικό περιβάλλον εντολών. Δεν απαιτείται η εγκατάσταση κάποιου επιπλέον λογισμικού οδήγησης (driver). Ο παραγόμενος κώδικας μπορεί να μεταφορτωθεί άμεσα στον μικροελεγκτή Arduino, ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει στη συνέχεια αυτόματα χωρίς την ανάγκη σύνδεσης με Η/Υ. Μία από τις επιπλέον λειτουργίες του mBlock είναι πως με την επιλογή 'Arduino mode', επιτρέπει τη μετάβαση σε προγραμματιστικό περιβάλλον Arduino IDE (C/C++). Η χρήση του mBlock (όπως άλλωστε και του Scratch) έχει το πλεονέκτημα του οπτικού προγραμματισμού (blocks όπως στο Scratch) σε σχέση με το γράψιμο εντολών στο κλασσικό περιβάλλον (Πουλάκης, 2015).

Τέλος, ο Baker (2014), χρησιμοποίησε έναν μικροελεγκτή Arduino για να πραγματοποιήσει ένα citizen science project (επιστήμη των πολιτών). Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας κατόρθωσε να κατασκευάσει μία μονάδα η οποία καταγράφει περιβαλλοντικές παραμέτρους και τις αποθηκεύει σε έναν σκληρό δίσκο. Στη συνέχεια τα δεδομένα μεταφέρονται σε υπολογιστές συνδεδεμένους με κεντρικό server, ώστε να δημιουργηθεί μία παγκόσμια βάση δεδομένων με περιβαλλοντικά δεδομένα.

Η ΠΡΟΤΑΣΗ ΜΑΣ

Η εισαγωγή της ρομποτικής και του αυτοματισμού στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, αποτελεί όπως είδαμε ενδεικτικά και παραπάνω, μία πρακτική που αφορά όλο και περισσότερα αντικείμενα. Η πρόθεσή μας είναι να εντάξουμε ανάλογες πρακτικές, με τη χρήση του Arduino και των σχετικών αισθητήρων (Πάλλας & Ορφανάκης, 2016) και στο μάθημα της Βιολογίας.

Σχεδιάζουμε φύλλα εργασίας τα οποία αποσκοπούμε να χρησιμοποιήσουμε τη σχολική χρονιά 2018-2019. Σε αυτά θα περιέχονται βασικές διατάξεις για την εξοικείωση των μαθητών με τα προγραμματιστικά και κατασκευαστικά μέρη του Arduino, ενώ σταδιακά αυξάνεται το επίπεδο δυσκολίας. Ακόμα και στις σύνθετες διατάξεις θα γίνει προσπάθεια να γίνει κατανοητό πως είναι ουσιαστικά απλούστερες υλοποιήσεις – μέρη, όπως ακριβώς συμβαίνει και στο προγραμματιστικό μέρος.

Στα σχετικά φύλλα εργασίας θα γίνονται και επεκτάσεις σχετικά με τις πιθανές εφαρμογές του αυτοματισμού στην καθημερινότητά μας. Θα σχεδιαστούν ώστε να επάγουν τη συνεργατικότητα και να καλλιεργούν την ανάπτυξη θετικής στάσης«...*απέναντι στην καινοτομία και την χρήση συστημάτων αυτομάτου ελέγχου στην καθημερινή ζωή καθώς και η πρόκληση ενδιαφέροντος για τέτοιες εφαρμογές ως προοπτική στην επαγγελματική τους ενασχόληση*» (Ξουρής και συν., 2016, σελ.: 69).

Οι δραστηριότητες που σχεδιάζουμε είναι:

- Α Λυκείου: Μέτρηση του χρόνου αντίδρασης σε οπτικό ερέθισμα: χρησιμοποιείται ένα λαμπάκι led, μία αντίσταση, ένας διακόπτης (κουμπί). Το λαμπάκι ανάβει για μισό δευτερόλεπτο, για να καθορίσει την έναρξη της διαδικασίας. Στη συνέχεια και εντελώς τυχαία χρονική στιγμή μεταξύ του επόμενου 1ου και 4ου δευτερολέπτου, ανάβει ξανά. Τότε ο μαθητής πρέπει να πατήσει το διακόπτη. Ο χρόνος που μεσολαβεί από το δεύτερη άναμμα έως το πάτημα του διακόπτη, καταγράφεται και δίνεται στην έξοδο ως αντίδραση σε ένα οπτικό ερέθισμα. Επαναλαμβάνεται το πείραμα αρκετές φορές ανά άτομο, ενώ συλλέγονται τα δεδομένα ανά ομάδα και στο τέλος ανά τμήμα. Με αφορμή τα αποτελέσματα θα συζητηθεί η λειτουργία του νευρικού συστήματος καθώς και η ταχύτητα μεταφοράς του μηνύματος μάτι-εγκέφαλος-δάκτυλο. Η συζήτηση μπορεί να επεκταθεί περαιτέρω αναφέροντας το πώς διάφορες ουσίες (αλκοόλ, ηρεμιστικά, κτλ) θα μπορούσαν να επιδράσουν σε αυτή την αντίδραση και με τι αποτελέσματα.
- Α Λυκείου: Μέτρηση καρδιακού ρυθμού και ρύθμιση δραστηριότητας: χρησιμοποιούνται δύο λαμπάκια led (πράσινο, κόκκινο), ένας αισθητήρας καταγραφής καρδιακού ρυθμού στο δάκτυλο. Αρχική γίνεται μέτρηση του καρδιακού ρυθμού των ατόμων της τάξης, ανάλογα με το φύλο, με τη δραστηριότητά τους, τις διατροφικές τους επιλογές, κτλ. Έτσι παράγεται ένα προφίλ από το μέσο όρο των παραπάνω μετρήσεων, δημιουργώντας την 'κανονική τιμή καρδιακού ρυθμού' ανά τάξη σε σχέση με τους παραπάνω παράγοντες. Ακολουθεί κάποια δραστηριότητα (ακόμα και μία συναισθηματική φόρτιση) και καταγράφονται οι νέες τιμές ανά μαθητή. Ανάλογα με τη μέτρηση του αισθητήρα, ανάβει το πράσινο (κανονική μέτρηση) ή κόκκινο (υψηλή ή χαμηλή μέτρηση). Γίνεται περαιτέρω συζήτηση για τα οφέλη της διατροφής και των υγιών συνηθειών ζωής, σχετίζοντας τα με τον καρδιακό ρυθμό, ενώ καταγράφονται παθολογικές καταστάσεις από τη βιβλιογραφία όπου ο καρδιακός ρυθμός εμφανίζει αστάθεια ή είναι προβληματικός. Ολοκληρώνεται η δραστηριότητα συζητώντας για τα οφέλη των αυτόματων μετρήσεων και πώς αυτές θα μπορούσαν να σώσουν ζωές και να λειτουργήσουν ως ρυθμιστές καλής υγείας ή χορήγησης φαρμάκων.
- Β Λυκείου: Μέτρηση παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη-φωτοσύνθεση των φυτών: α) Χρησιμοποιούνται δύο αισθητήρες υγρασίας, δύο αισθητήρες χρώματος και δύο γλάστρες με γεράνι. Σε κάθε γλάστρα τοποθετείται ένας αισθητήρας υγρασίας και ένας αισθητήρας χρώματος. Το ένα φυτό ποτίζεται τακτικά ενώ το δεύτερο πολύ σπάνια. Καταγράφεται η υγρασία και η αλλαγή στο χρώμα των φύλλων σε διάρκεια δύο εβδομάδων. Τα δεδομένα συλλέγονται και αναλύεται η επίδραση του νερού στην ανάπτυξη - φωτοσύνθεση του φυτού. Ακολουθεί περαιτέρω συζήτηση για την επίδραση του φαινομένου του θερμοκηπίου στο κλίμα του πλανήτη και στη διαθεσιμότητα του νερού και πώς μπορεί να επηρεαστεί η ανάπτυξη των φυτών και κατ' επέκταση η αγροτική παραγωγή. Η δραστηριότητα ολοκληρώνεται με τα οφέλη των αυτόματων μετρήσεων στις καλλιέργειες για βελτιστοποίηση της απόδοσής τους. β) Χρησιμοποιούνται δυο αισθητήρες φωτός, δύο χρώματος και δύο διαφορετικά είδη φυτών. Σε κάθε γλάστρα τοποθετείται ένας αισθητήρας φωτός και ένας αισθητήρας χρώματος. Τα δύο φυτά εκτίθενται καθημερινά σε φως για 12 ώρες. Καταγράφεται η ένταση του φωτός και η αλλαγή στο χρώμα των φύλλων σε διάρκεια δύο εβδομάδων. Τα δεδομένα συλλέγονται και αναλύεται η επίδραση του φωτός στην ανάπτυξη - φωτοσύνθεση του φυτού. Ακολουθεί περαιτέρω συζήτηση για τις διαφορετικές ανάγκες των φυτών σε φως προκειμένου να αναπτυχθούν (καθώς για κάποια φυτά η υπερβολική έκθεση στο φως είναι βλαβερή για την ανάπτυξη τους) και πώς αυτή η γνώση χρησιμοποιείται στη γεωργία και στα θερμοκήπια. Η δραστηριότητα ολοκληρώνεται με τα οφέλη των αυτόματων μετρήσεων στα θερμοκήπια για βελτιστοποίηση της απόδοσής των καλλιέργειών.

Στα σχετικά φύλλα εργασίας περιέχονται και ερωτήσεις που αποτελούν αξιολόγηση, τόσο των δραστηριοτήτων όσο και της διδακτικής παρέμβασης με το Arduino. Επιδιώκουμε να κάνουμε μία πρώτη αποτίμηση της χρήσης ρομποτικής στη σχολική Βιολογία, ώστε να ξεκινήσουμε έναν σχετικό

διάλογο και επιπλέον να διαθέσουμε στην εκπαιδευτική κοινότητα το υλικό μας προς κοινή χρήση. Θέλουμε να προσεγγίσουμε με διαφορετικό τρόπο τη μέχρι τώρα εργαστηριακή πρακτική της Βιολογίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Πάντα, σε κάθε φύλλο εργασίας, υπάρχουν στόχοι αλλαγής στάσεων και συμπεριφορών. Καθώς, αυτός πρέπει να είναι και ένας βασικός στόχος της εκπαίδευσης με όποιον τρόπο και αν αυτή υλοποιείται. Οι δραστηριότητές μας θα θεωρηθούν επιτυχημένες αν κατορθώσουν και μεταβάλλουν την οπτική των εμπλεκόμενων μαθητών, προς περισσότερο αιεφόρες δράσεις και υγιεινούς τρόπους διαβίωσης. Αναμένουμε, η θετική διάθεσή των μαθητών ως προς τη χρήση των Arduino, να μας βοηθήσει προς αυτή την κατεύθυνση.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Baker, E. (2014). Open source data logger for low-cost environmental monitoring. *Biodiversity Data Journal*, 2: e1059, <https://doi.org/10.3897/BDJ.2.e1059>

Αρβανιτάκης, Γ. (2017). Συσκευή ειδοποίησης ποτίσματος με arduino, Μαθητικό Φεστιβάλ Φηφιακής Δημιουργίας, 27-28 Απριλίου 2017, http://digifest-flo.blogspot.com/2017/04/arduino_25.html , τελευταία προσπέλαση 22 Ιουνίου 2018.

Κουντουριώτης, Γ. (2018). Χρήση του Arduino για τη λήψη μετρήσεων θερμοκρασίας, Στο: Κολτσάκης Π. & Σαλονικίδη, Ι (επιμ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Κεντρικής Μακεδονίας «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας Και των Επικοινωνιών στη Διδακτική Πράξη, Τέχνες & Πολιτισμός στην Εκπαίδευση»*, 27-29 Απριλίου 2017, Θεσσαλονίκη, ISBN: 978-960-99301-5-4, Τόμος Γ, σ. 332-345.

Μαστρογιάννης, Ι. & Σωτηρίου, Σ. (2018). Scratch+Arduino = mBlock για Ρομποτική, *Επιμορφωτικό-βιωματικό σεμινάριο στο 5ο Πανελλήνιο Εκπαιδευτικό Συνέδριο Κεντρικής Μακεδονίας «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας Και των Επικοινωνιών στη Διδακτική Πράξη, Τέχνες & Πολιτισμός στην Εκπαίδευση»*, 27-29 Απριλίου 2017, Θεσσαλονίκη, https://5syn-thess2018.ekped.gr/ergasies/viomatika-ergastiria/scratch_arduino/ , τελευταία πρόσβαση 22 Ιουνίου 2018.

Ξουρής, Χ., Πανταζόπουλος, Σ., Καρατράντου, Α. & Παναγιωτακόπουλος, Χ. (2016). Απλά συστήματα αυτομάτου ελέγχου και Arduino στην εκπαίδευση, *iTeacher*, 12: 62-70.

Πάλλας, Α. & Ορφανάκης, Σ. (2016). Η αξιοποίηση των αισθητήρων του Arduino στις εργαστηριακές και ερευνητικές δραστηριότητες, Στο: Σαλονικίδη, Ι. (επιμ.), *Πρακτικά του 4ου Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Κεντρικής Μακεδονίας «Αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. στη διδακτική πράξη»*, 8 – 10 Απριλίου 2016, Θεσσαλονίκη, ISBN: 978-960-99301-2-3, Τόμος Δ, σ. 212-223.

Πουλάκης, Ε. (2015). *Προγραμματίζοντας με τον μικροελεγκτή Arduino*, Ε. Πουλάκης: Ηράκλειο.

Τσιαστούδης, Δ. & Πολάτογλου, Μ. Χ. (2017). Το Arduino ως παιδαγωγικό εργαλείο για την εκπαίδευση STEM σε μαθητές με προβλήματα ακοής, Στο: Κ. Παπανικολάου, Α. Γόγουλου, Δ. Ζυμπίδης, Α. Λαδιάς, Ι. Τζωρτζάκης, Θ. Μπράτιτσης, Χ. Παναγιωτακόπουλος (επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»*, σ. 679-688, Ανώτατη Σχολή ΠΑΙδαγωγικής & Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, 21-23 Απριλίου 2011. ISSN 2529-0924, ISBN 978-618-83186-0-1.

Σύγχρονες Ηλεκτρονικές και Μαθηματικές Μέθοδοι στην Υπηρεσία του Εργαστηρίου ΦΕ

Ν. Παναγιωτίδης

Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ιωαννίνων
ekfe@dide.ioa.sch.gr

Περίληψη

Μέσω παραδειγμάτων θα δείχθει ότι η χρήση της σύγχρονης ηλεκτρονικής τεχνολογίας καθώς και της μαθηματικής μεθοδολογίας μπορεί να κάνει ένα πείραμα φυσικής πιο ακριβές, πιο γρήγορο και πιο άνετο στην εκτέλεσή του. Τα πειραματικά παραδείγματα που θα παρουσιάσουμε προς το σκοπό αυτό είναι δύο: ο προσδιορισμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας βάσει της γραμμικής σχέσης του τετραγώνου της περιόδου του εκκρεμούς και του μήκους του και ο προσδιορισμός της ροπής αδράνειας ομογενούς κυλίνδρου που βασίζεται στη χρονομέτρηση της κύλισής του σε κεκλιμένο επίπεδο.

Λέξεις κλειδιά: Μικροελεγκτής, Arduino, Αισθητήρες.

Εισαγωγή

Ένα μεγάλο μέρος των πειραμάτων του Λυκειακού εργαστηρίου φυσικής είναι αυτά στα οποία το ζητούμενο είναι η επαλήθευση κάποιας φυσικής αρχής (πχ η Αρχή Διατήρησης της Μηχανικής Ενέργειας, η Αρχή Διατήρησης της Ορμής σε μια Έκρηξη) ή ο προσδιορισμός κάποιας ποσότητας (πχ της επιτάχυνσης της βαρύτητας, της ροπής αδράνειας κυλίνδρου κλπ). Τα μέσα όμως με τα οποία προτείνεται η εκτέλεση αυτών των πειραμάτων χαρακτηρίζονται από:

- Έλλειψη σύγχρονης τεχνολογίας (πχ τα μήκη μετρώνται με μετροταινία και οι χρόνοι με χειροκίνητο χρονόμετρο).
- Έλλειψη προχωρημένων μαθηματικών τεχνικών (πχ η περίοδος του εκκρεμούς μετριέται διαιρώντας τη χρονική διάρκεια N πλήρων ταλαντώσεων δια του N).

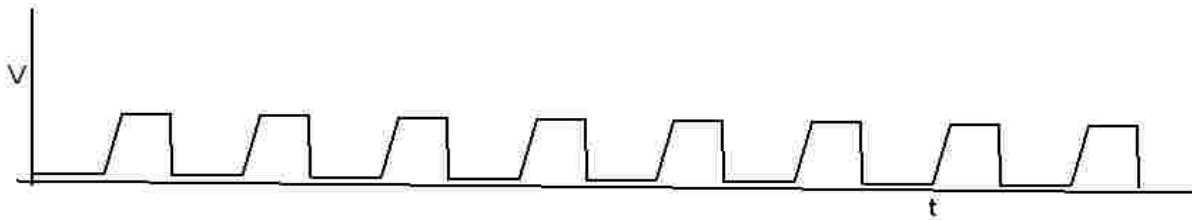
Το αποτέλεσμα αυτών των ελλείψεων είναι ότι, σε ένα πείραμα φυσικής που διαρκεί μια διδακτική ώρα, αν το ζητούμενο είναι η επαλήθευση κάποιας φυσικής αρχής, η αρχή αυτή να μην επαληθεύεται ικανοποιητικά, ενώ, αν το ζητούμενο είναι ο προσδιορισμός κάποιας ποσότητας, η ακρίβεια προσδιορισμού της να είναι μέτρια.

Ο περιορισμός αυτών των ελλείψεων μπορεί να επιτευχθεί με χρήση Ηλεκτρονικών και Μαθηματικών (ΗΜ) μεθόδων. Στις Ηλεκτρονικές μεθόδους περιλαμβάνονται η χρήση σύγχρονων αισθητήρων (πχ range finder, αισθητήρες θερμοκρασίας, πίεσης, φωτός, μαγνητικού πεδίου κλπ), οι οποίοι μπορούν να συνεργαστούν με μικροελεγκτές (πχ Arduino). Περιλαμβάνονται επίσης ηλεκτρονικά κυκλώματα σε breadboard ή σε PCB τα οποία περιέχουν microchips, όπως τελεστικούς ενισχυτές, counters, κλπ και displays. Στις Μαθηματικές μεθόδους περιλαμβάνονται η Αρχή των Ελαχίστων Τετραγώνων και η επίλυση συστήματος γραμμικών εξισώσεων που μπορούν να ενσωματωθούν στον κώδικα προγραμματισμού ενός μικροελεγκτή, όπως του Arduino.

Σε έναν μικροελεγκτή Arduino εφαρμόσαμε ΗΜ μεθόδους και κατορθώσαμε να εκτελέσουμε με επιτυχία τα πειράματα προσδιορισμού της επιτάχυνσης της βαρύτητας με τη μέθοδο του εκκρεμούς και προσδιορισμού της ροπής αδράνειας κυλίνδρου με χρονομέτρηση της κύλισης του σε κεκλιμένο επίπεδο, τα οποία θα σας παρουσιάσουμε στη συνέχεια.

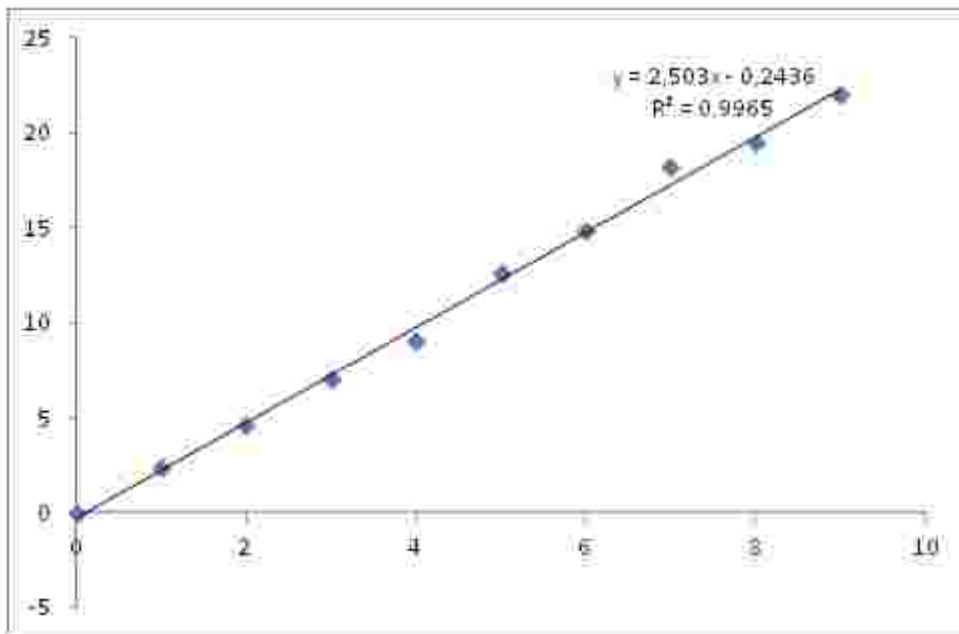
Ο προσδιορισμός της περιόδου επανάληψης ενός φαινομένου με τη μέθοδο της γραφικής παράστασης του t ως προς n .

Κατά τη διάρκεια ενός πειράματος, έστω ότι καταγράφεται η εμφάνιση ενός παλμού σε τακτικά χρονικά διαστήματα, όπως στο **Σχήμα 1**:



Σχήμα 1: Η καταγραφή ενός περιοδικά επαναλαμβανόμενου παλμού.

Η χρονική στιγμή t εμφάνισης του n -οστού παλμού εξαρτάται από το n από τη σχέση $t = nT$, όπου T η περίοδος. Επειδή όμως κάθε μετρητική συσκευή προσδιορίζει τη στιγμή έναρξης του κάθε παλμού με πεπερασμένη ακρίβεια, η προκύπτουσα γραφική παράσταση του t ως προς n , περιμένουμε να έχει μια μορφή όπως του **Σχήματος 2**:



Σχήμα 2: Η πειραματική γραφική παράσταση του χρόνου έναρξης του n -οστού παλμού ως προς n .

Ο ακριβέστερος τρόπος προσδιορισμού της περιόδου με βάση αυτή τη γραφική παράσταση είναι να εξισώσουμε την περίοδο με την κλίση της καλύτερης ευθείας που περνά ανάμεσα από τα σημεία της παράστασης. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, η κλίση δίνεται από τη σχέση:

$$\tan\varphi = T = 6 \frac{2 \sum_{n=0}^N nt_n - (N+1) \sum_{n=0}^N t_n}{N(N+1)(N-1)} \quad (1)$$

Στην έκφραση αυτή N είναι το πλήθος των παλμών και t_n η χρονική στιγμή εμφάνισης του n -οστού παλμού. Στα δυο πειράματα που θα παρουσιάσουμε στη συνέχεια, θα εφαρμόσουμε αυτή τη μέθοδο προσδιορισμού του T .

Ηλεκτρονική καταγραφή-επεξεργασία ταλαντώσεων εκκρεμούς.

Το σύστημα ηλεκτρονικής καταγραφής των ταλαντώσεων του εκκρεμούς αυτού αποτελείται από έναν μικρό δισκοειδή μαγνήτη κολλημένο στο κάτω μέρος της μάζας του, από ένα ζεύγος αισθητήρων Hall και τα απαραίτητα ηλεκτρονικά κυκλώματα. Το μήκος του εκκρεμούς μπορεί να αλλάζει χωρίς

να σηκώνεται η μάζα και να απομακρύνεται από τους αισθητήρες. Μπορούμε να αλλάζουμε το μήκος του εκκρεμούς χωρίς να αλλάζουμε το μήκος του νήματος, μετακινώντας απλά «το κέντρο αιωρήσεων». Το κέντρο αιωρήσεων ορίζεται από ένα μικρό πλαστικό δίσκο (πχ ένα καπάκι εμφιαλωμένου νερού ή γάλακτος) μέσω του οποίου περνάει το νήμα του εκκρεμούς. Όταν αυτός ο δίσκος μένει σταθερός σε ένα οριζόντιο επίπεδο, η τρύπα του δίσκου μέσα από την οποία περνάει το νήμα ορίζει το κέντρο αιωρήσεων. Το σύστημα που κρατάει σταθερό το δίσκο μπορεί να μετακινείται εύκολα πάνω-κάτω, αλλάζοντας έτσι το κέντρο αιωρήσεων, άρα αλλάζοντας το μήκος του εκκρεμούς χωρίς να απομακρύνει το μαγνήτη από τους αισθητήρες (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Το εκκρεμές με το ηλεκτρονικό κύκλωμα που παράγει παλμούς της ίδιας συχνότητας με τη συχνότητα των ταλαντώσεών του. Διακρίνονται επίσης ο μετρητικός ορθοστάτης (στα δεξιά) και ο δίσκος (στο κέντρο) μέσω του οποίου περνάει το νήμα.

Το σήμα από τις εξόδους των αισθητήρων ενισχύεται από έναν τελεστικό ενισχυτή ο οποίος με τη σειρά του το περνάει σε ένα κύκλωμα αποτελούμενο από λογικά ολοκληρωμένα κυκλώματα. Στην έξοδο αυτού του κυκλώματος υπάρχει ένα ζεύγος δεκαδικών απαριθμητών οι οποίοι συνδέονται με ένα ζεύγος αποκωδικοποιητών ψηφίων LED των 7 segments. Το ζεύγος των ψηφίων LED στην έξοδο των αποκωδικοποιητών καταγράφει το πλήθος των ταλαντώσεων του εκκρεμούς.

Η έναρξη των καταγραφών των ταλαντώσεων του εκκρεμούς είναι η στιγμή που ο χειριστής πατάει το reset button. Περίπου ένα δευτερόλεπτο μετά το πάτημα αυτού του πλήκτρου ανάβει ένα LED που ειδοποιεί το χρήστη να ξεκινήσει το χρονόμετρο. Στην εκπνοή κάθε ταλάντωσης ανάβει ένα δεύτερο LED, ώστε ο χρήστης να σταματήσει το χρονόμετρο αφού ολοκληρωθεί ένα συγκεκριμένο πλήθος ταλαντώσεων.

Η χρήση αυτής της μεθόδου περιμένουμε να μας δώσει ακριβέστερη μέτρηση της περιόδου των ταλαντώσεων, επειδή η εντολή για το πάτημα του start και του stop δίνεται από το άναμμα ενός LED και, επομένως, οι αντίστοιχες χρονικές στιγμές γίνονται πιο σαφείς σε σύγκριση με την κλασική μέθοδο. Πολύ ακριβέστερη μέτρηση της περιόδου θα είχαμε αν, αντί για το χειροκίνητο ξεκίνημα και σταμάτημα του χρονομέτρου, χρησιμοποιούσαμε έναν μικροελεγκτή, όπως ένα Arduino, για τον προσδιορισμό της περιόδου.

Για να μετρήσουμε την περίοδο με μικροελεγκτή πρέπει το ηλεκτρονικό κύκλωμα του εκκρεμούς να διαθέτει έξοδο τετραγωνικών παλμών περιόδου ίσης με την περίοδο των ταλαντώσεων. Αυτή η έξοδος πρέπει να συνδεθεί με μια θύρα εισόδου δεδομένων του μικροελεγκτή και, καθώς θα δημιουργούνται $n=1,2,\dots$ τετραγωνικοί παλμοί, ο μικροελεγκτής θα προσδιορίζει το $t(n)$ μέχρι μια μέγιστη τιμή του n , έστω μέχρι $n=10$. Η γραφική παράσταση του $t(n)$ ως προς n θα έχει μια μορφή σαν αυτή του **Σχήματος 2** και η περίοδος των τετραγωνικών παλμών θα είναι η κλίση της γραφικής παράστασης. Ο μικροελεγκτής θα κάνει τους υπολογισμούς σύμφωνα με τις εξισώσεις που δώσαμε κάτω από τη γραφική παράσταση, και θα μας δίνει την περίοδο στο display.

Όμως, κατά την διεξαγωγή ενός πειράματος προσδιορισμού της επιτάχυνσης της βαρύτητας με τη μέθοδο του εκκρεμούς, εκτός του σφάλματος της μέτρησης της περιόδου, υπάρχει και αυτό της μέτρησης του μήκους του εκκρεμούς. Το σφάλμα αυτό μπορεί να περιοριστεί κατά πολύ με τη χρήση των παρακάτω δυο τεχνικών:

- Του μετρητικού ορθοστάτη,
- Της γραφικής παράστασης του T^2 ως προς z αντί αυτής του T^2 ως προς l .

Ο μετρητικός ορθοστάτης είναι ένας ορθοστάτης που φέρνει χαραγές κατά κανονικά διαστήματα, έστω κατά διαστήματα των 20 mm .

Ο δίσκος μέσω του οποίου περνάει το νήμα του εκκρεμούς ορίζει, όπως έχουμε πει, το κέντρο αιωρήσεων του εκκρεμούς το οποίο χαρακτηρίζεται από μια κατακόρυφη συντεταγμένη, έστω z . Αν ο δίσκος βρίσκεται σε έναν πιαστήρι το οποίο κρατιέται στον ορθοστάτη μέσω ενός συνδέσμου, μετακινώντας αυτό το σύνδεσμο πάνω ή κάτω, αλλάζουμε το z του κέντρου αιωρήσεων. Για παράδειγμα, μετακινώντας τον σύνδεσμο μία, δύο ή περισσότερες χαραγές προς τα πάνω (ή προς τα κάτω), η τιμή του z αυξάνεται (ή μειώνεται) κατά $20\text{ mm}, 40\text{ mm}, \dots$

Το z συνδέεται με το μήκος του εκκρεμούς l με τη σχέση $l=z-z_0$, όπου z_0 η τιμή του z στο κέντρο μάζας του σφαιριδίου. Επομένως, και σύμφωνα με τον γνωστό τύπο της περιόδου του μαθηματικού εκκρεμούς, η σχέση μεταξύ του τετραγώνου της περιόδου και του z είναι:

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{z-z_0}{g} = \frac{4\pi^2}{g} z - \frac{4\pi^2 z_0}{g} \quad (2)$$

επομένως η γραφική παράσταση του T^2 ως προς z είναι ευθεία γραμμή με κλίση $\frac{4\pi^2}{g}$.

Προσδιορίζοντας όμως το g με τη βοήθεια της γραφικής παράστασης του T^2 ως προς z , πετυχαίνουμε καλύτερη ακρίβεια σε σχέση με την κλασική μέθοδο στην οποία χρησιμοποιούμε τη γραφική παράσταση του T^2 ως προς l επειδή, χάρη στον μετρητικό ορθοστάτη, η ακρίβεια προσδιορισμού του z είναι $\pm 0,5\text{ mm}$ ενώ, όταν κάνουμε μια συνηθισμένη μέτρηση του l με μετροταινία, η ακρίβεια μέτρησης είναι $1-2\text{ mm}$. Ένα άλλο πλεονέκτημα της μεθόδου που παρουσιάσαμε είναι ότι έχουμε μεγάλο κέρδος σε χρόνο επειδή, κάθε φορά που αλλάζουμε το μήκος του εκκρεμούς, μετακινούμε απλά τον σύνδεσμο κατά ορισμένες χαραγές προς τα πάνω ή προς τα κάτω και δεν κάνουμε χρονοβόρες μετρήσεις μήκους. Ο τυπικός χρόνος εκτέλεσης ενός πειράματος προσδιορισμού του g από την κλίση μιας ευθείας 10 σημείων, υπό την προϋπόθεση ότι η γραφική παράσταση γίνεται στο excel, είναι 5 λεπτά και η ακρίβεια είναι της τάξης του $\pm 0,2\%$ μέχρι $\pm 0,5\%$.

Ηλεκτρονική καταγραφή-επεξεργασία κύλισης κυλίνδρου σε κεκλιμένο επίπεδο.

Η αρχή λειτουργίας του συστήματος είναι η εξής: καθώς κυλίεται ο κύλινδρος με επιτάχυνση a , δίνει σήμα στον αισθητήρα κατά κανονικά χρονικά διαστήματα που απέχουν χρόνο T . Αυτό πετυχαί-

νεται αν τοποθετήσουμε τον πρώτο αισθητήρα σε απόσταση l από την αρχή, τον δεύτερο σε απόσταση $4l$ από την αρχή, τον τρίτο σε απόσταση $9l$ κοκ.

Ο χρόνος t για να κινηθεί ο κύλινδρος από το σημείο $x=0$ μέχρι τον πρώτο αισθητήρα σε απόσταση l δίνεται από την εξίσωση:

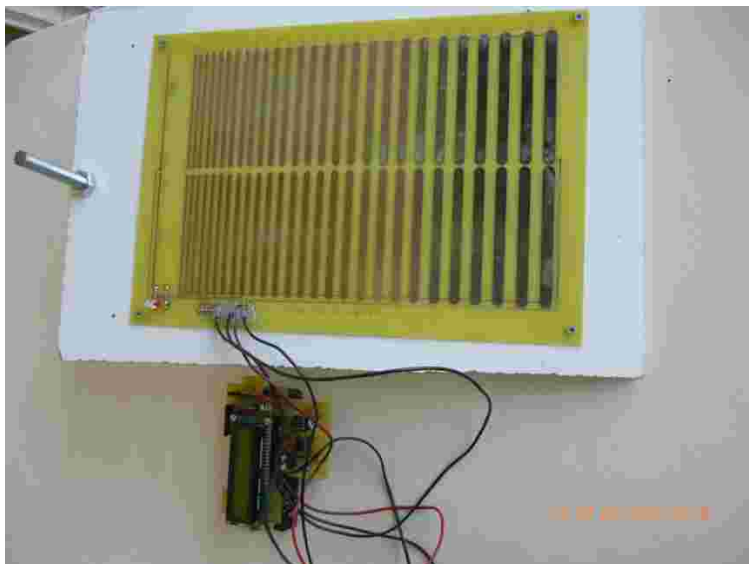
$$l = \frac{1}{2} a t^2 \quad (3)$$

Ο χρόνος t είναι το κανονικό χρονικό διάστημα T κατά το οποίο δίνει σήμα ο αισθητήρας. Αν προσδιοριστεί το T , μπορούμε να λύσουμε την (3) ως προς a και να πάρουμε:

$$a = \frac{2l}{T^2} \quad (4)$$

Όπως και με το εκκρεμές, το T μπορεί να προσδιοριστεί από τη συνάρτηση $t(n)$, δηλαδή του χρόνου κατά τον οποίο ο κύλινδρος φτάνει στον n -όστο αισθητήρα ως προς n , όπου $n=1,2,\dots,N$ (N το πλήθος των αισθητήρων). Επειδή $t(n)=nT$, η κλίση της γραφικής παράστασης του $t(n)$ ως προς n είναι η περίοδος T .

Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου μπορεί να γίνει με τη διαδικασία που θα περιγράψουμε παρακάτω, η οποία δεν απαιτεί τη χρήση κάποιου συγκεκριμένου τύπου αισθητήρα. Το κεκλιμένο επίπεδο μπορεί να αποτελείται από ένα επίπεδο ξύλο πάνω στο οποίο θα τοποθετηθεί μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (PCB) μεγέθους A4 έτσι ώστε η κλίση να είναι κατά μήκος της μεγάλης πλευράς της. Η πλακέτα αυτή (**Σχήμα 4**) έχει διαμορφωθεί έτσι ώστε στο αριστερό και στο δεξί τμήμα της να έχουν δημιουργηθεί δύο πανομοιότυπες διατάξεις που κάθε μια τους αποτελείται από ένα σύνολο 36 παράλληλων αγωγών με την απόστασή τους να αυξάνεται από πάνω προς τα κάτω σύμφωνα με την εξής αρχή: αν η αρχή του πρώτου αγωγού απέχει κατά l από την αρχή, η αρχή του δεύτερου αγωγού απέχει κατά $4l$ από την αρχή, του τρίτου κατά $9l$ κοκ.



Σχήμα 4: Ο διάδρομος χρονομέτρησης της κλίσης του κυλίνδρου. Διακρίνονται οι δυο διατάξεις (αριστερή και δεξιά) με τους 36 παράλληλους αγωγούς η κάθε μία. Στο κάτω μέρος της φωτογραφίας διακρίνεται το display στο οποίο ο Arduino (είναι κάτω από το display και δεν διακρίνεται) εμφανίζει την επιτάχυνση και την κλίση του επιπέδου.

Έστω ότι η αριστερή διάταξη είναι συνδεδεμένη με τη γείωση του μικροελεγκτή και η δεξιά με το δυναμικό των $+8V$ μέσω αντιστάτη. Αν βάλουμε έναν μεταλλικό κύλινδρο στην αρχική γραμμή, δηλ. τη γραμμή $x=0$, και τον αφήσουμε να κυλίσει, αυτός κάθε φορά που θα περνάει από το ζεύγος αγωγών της αριστερής και της δεξιάς διάταξης θα τους βραχυκυκλώνει ρίχνοντας έτσι το δυναμικό

της δεξιάς διάταξης στην τιμή των 0 V της γείωσης. Αν η δεξιά διάταξη είναι συνδεδεμένη σε μια θύρα του Arduino, στη θύρα αυτή θα δημιουργείται ένα περιοδικά μεταβαλλόμενο δυναμικό καθώς θα κυλίνεται ο κύλινδρος, δηλαδή ένα δυναμικό της μορφής του **Σχήματος 1**. Έχουμε δηλαδή μια διάταξη αισθητήρων, των ζευγών των αγωγών πάνω από τους οποίους περνά ο κύλινδρος, που δίνουν ένα περιοδικό σήμα του οποίου η περίοδος μπορεί να προσδιοριστεί με τη μέθοδο που ήδη έχουμε περιγράψει. Και επειδή το l είναι γνωστό, η εξίσωση $a = \frac{2l}{T^2}$ μας δίνει την επιτάχυνση του κυλίνδρου.

Προσδιορισμός της κλίσης του κεκλιμένου επιπέδου.

Ρυθμίζοντας κατάλληλα τη βίδα στο επάνω μέρος του κεκλιμένου επιπέδου, μπορούμε να μεταβάλλουμε την κλίση του. Η τιμή της κλίσης μπορεί να προσδιοριστεί αν μετρήσουμε το μήκος της βίδας και το διαιρέσουμε με το μήκος του επιπέδου. Στο κεκλιμένο επίπεδο όμως έχει προσαρμοστεί ένας κατάλληλος αισθητήρας που δίνει άμεσα την κλίση του. Είναι το τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο ADXL335.

Το ADXL335, όταν είναι ακίνητο, μας δίνει τις συνιστώσες του g σε καθέναν από τους τρεις άξονες ενός Καρτεσιανού συστήματος συντεταγμένων. Συγκεκριμένα, κάθε μια από τις τρεις αναλογικές εξόδους του (X, Y, Z), έχει δυναμικό ως προς τη γη $\frac{V_{cc}}{2} + V$ όπου V μια τάση ανάλογη της συνιστώσας του g στον συγκεκριμένο άξονα. Για τον προσδιορισμό της κλίσης χρησιμοποιούμε τον άξονα X που έχει πάντα την κλίση του κεκλιμένου επιπέδου. Η τάση της εξόδου X ενισχύεται με τελεστικό ενισχυτή και διαβάζεται από την αναλογική είσοδο A0 του Arduino. Η τάση μετατρέπεται σε κλίση από τον κώδικα και εμφανίζεται στο display του Arduino μετά την κύλιση του κυλίνδρου στο κεκλιμένο επίπεδο. Μια φωτογραφία του ADXL335 στο πίσω μέρος του κεκλιμένου επιπέδου φαίνεται στο **Σχήμα 5**.



Σχήμα 5: Η κάτω πλευρά του κεκλιμένου επιπέδου με τον αισθητήρα επιτάχυνσης ADXL335.

Πείραμα προσδιορισμού της ροπής αδράνειας του κυλίνδρου.

Όταν ένα σώμα με ροπή αδράνειας I κυλίνεται σε κεκλιμένο επίπεδο κάνει ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με επιτάχυνση:

$$a = \frac{g \sin \theta}{1 + \frac{I}{m R^2}} \quad (5)$$

όπου m η μάζα του, R η ακτίνα του και θ η γωνία του κεκλιμένου επιπέδου.

Από τον παραπάνω τύπο βλέπουμε πως, αν προσδιορίσουμε την επιτάχυνση, η ροπή αδράνειας προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$I = m R^2 \left(\frac{g \sin \theta}{a} - 1 \right) \quad (6)$$

Συμπέρασμα

Κάνοντας πειράματα φυσικών επιστημών στα οποία η τεχνολογία και τα μαθηματικά καλούνται να παίξουν ένα σημαντικό ρόλο, ικανοποιούμε μια από τις απαιτήσεις της εποχής μας, ότι η επιστήμη, η τεχνολογία και τα μαθηματικά πρέπει να ακολουθούν τον ίδιο δρόμο και στη διδασκαλία το καθένα από αυτά τα αντικείμενα να δίνει το δικό του παρόν. Δώσαμε δυο θαυμάσια παραδείγματα στα οποία, κάνοντας πειράματα φυσικής με τη βοήθεια της τεχνολογίας και των μαθηματικών, όχι μόνο το πείραμα γίνεται ταχύτερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια, αλλά ανοίγουν και τα μάτια των μαθητών στις τεχνολογικές προκλήσεις του μέλλοντος.

Φυσική στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό

Πετρίδης Παναγιώτης¹, Τσιπλίδης Κωνσταντίνος², Γκάτσος Γεώργιος³

¹Φυσικός ΓΕΛ Χαλάστρας
sch@sch.gr

²Πληροφορικός ΓΕΛ Χαλάστρας
tsiplidis@sch.gr

³Μαθηματικός ΓΕΛ Χαλάστρας
gatsos9@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις ημέρες μας η ανάγκη μιας διεπιστημονικής προσέγγισης της Φυσικής, της Τεχνολογίας, της Πληροφορικής και των Μαθηματικών είναι περισσότερο επιτακτική από ποτέ. Προσπαθώντας να καλύψει αυτή την ανάγκη το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών της Αμερικής (National Science Foundation, NSF) εισήγαγε την εκπαίδευση STEM (Science, Technology, Engineering, Experience, Experiment and Mathematics). Τον Οκτώβριο του 2016 ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος (European Space Agency, ESA) προσκάλεσε ομάδες μαθητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης να συμμετάσχουν στο πρώτο European Astro Pi challenge. Τον Σεπτέμβριο του 2017 ο ίδιος Οργανισμός, έδωσε στους μαθητές την ευκαιρία να διεξάγουν τα πειράματά τους στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό (International Space Station, ISS). Η παρούσα εργασία αποτελεί μια περίληψη της προσπάθειας που έκαναν συνάδελφοι και μαθητές του Γενικού Λυκείου Χαλάστρας καθώς συνεργάστηκαν στους τομείς των Μαθηματικών, της Φυσικής και της Πληροφορικής. Η συνεργασία αφορούσε στη διατύπωση της ιδέας ενός πειράματος, στον σχεδιασμό και τέλος στην υλοποίησή του.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: STEM, AstroPi, ISS

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

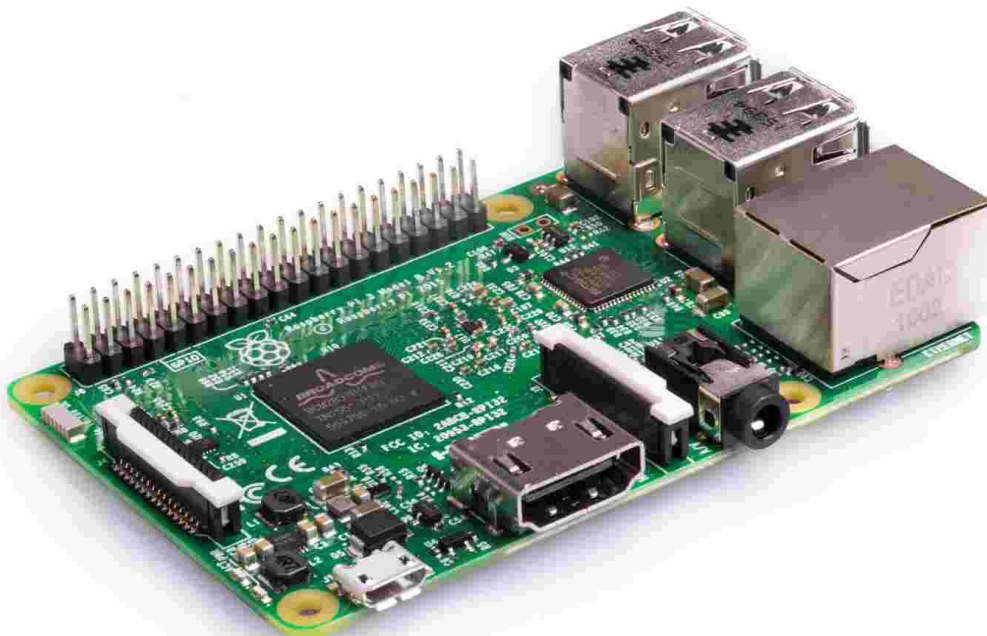
Ο αριθμός π είναι μια μαθηματική σταθερά που ορίζεται ως ο λόγος της περιφέρειας προς τη διάμετρο κάθε κύκλου. Για χιλιάδες χρόνια οι άνθρωποι προσπαθούν να υπολογίσουν αυτόν τον αριθμό. Οι πρώτοι που προσπάθησαν με επιτυχία αυτή την μέτρηση είναι ο Αρχιμήδης, ο Liu Hui, ο Sanamagrama, ο Ισαάκ Νεύτωνας, ο Λέοναρντ Όιλερ, ο Καρλ Φρίντριχ Γκάους και ο Σρινιβάσα Ραμανούτζαν. Το π βρίσκεται σε πολλούς τύπους της Τριγωνομετρίας, της Γεωμετρίας, της Κοσμολογίας, της Θεωρίας των αριθμών, της Στατιστικής, της Θερμοδυναμικής, της Μηχανικής, του Ηλεκτρομαγνητισμού. Όπως αναφέρει ο Ουίλιαμ Σαφ στο βιβλίο του “Nature and History of Pi” ίσως κανένα άλλο μαθηματικό σύμβολο δεν γέννησε τόσο μυστήριο, ρομαντισμό, παρανόηση και ανθρώπινο ενδιαφέρον όσο ο αριθμός του π (Blatner 1999). Με αφορμή την συμμετοχή του ΓΕΛ Χαλάστρας στο δεύτερο European Astro Pi challenge, σκεφτήκαμε ότι θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε τον αριθμό π με έναν πρωτότυπο τρόπο στηριζόμενοι μόνο σε νέες τεχνολογίες. Μετρώντας την περίοδο περιστροφής T και των γωνιακή ταχύτητα ω μιας συσκευής (Astro Pi) που έχει τοποθετηθεί στον Διεθνή Διαστημικό σταθμό και με γνώσεις Φυσικής Λυκείου σκεφτήκαμε να υπολογίσουμε προσεγγιστικά την αριθμητική τιμή του π . Η συμμετοχή μας στο διαγωνισμό European Astro Pi challenge με την εργασία “Pi to astro Pi” μας έφερε σε επαφή με τη συγκεκριμένη τεχνολογία και μας έδωσε την δυνατότητα να αποκτήσουμε γνώσεις και δεξιότητες χρήσιμες και για εμάς και για τους μαθητές μας. Η συγκεκριμένη εργασία περιγράφει την προσπάθειά μας να συνταιριάξουμε την Φυσική, την Πληροφορική και τα Μαθηματικά με σκοπό να λύσουμε ένα δεδομένο πραγματικό πρόβλημα. Η βιωματική μάθηση όχι μόνο για τους μαθητές αλλά και για εμάς τους ίδιους, καλλιεργεί δεξιότητες όπως συνεργασία, κριτική ικανότητα και δημιουργικότητα, ενώ απελευθερώνει την φαντασία μας και οδηγεί στην επιτυχή επίλυση ενός πραγματικού ανοιχτού προβλήματος. Επιμέρους

στόχοι αυτής της εργασίας, είναι η γνωριμία των συναδέλφων καθηγητών με συγκεκριμένες τεχνολογίες με σκοπό να καταστεί δυνατή η χρήση αυτών των τεχνολογιών στην καθημερινή πρακτική της σχολικής τάξης, η προτροπή για συμμετοχή σε διεθνείς και ευρωπαϊκούς διαγωνισμούς αλλά και η ανάδειξη των προτερημάτων της διαθεματικής προσέγγισης όσον αφορά την επίλυση ενός προβλήματος.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

1. Raspberry Pi

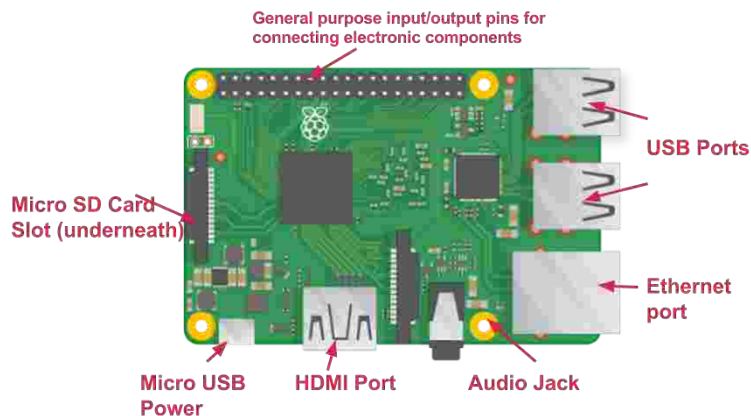
Το Raspberry Pi είναι η βασική τεχνολογία hardware πάνω στην οποία στηρίξαμε όλη την προσπάθειά μας. Είναι ένας υπολογιστής “τσέπης” με μικρό όγκο και χαμηλό κόστος ο οποίος κυκλοφόρησε για πρώτη φορά τον Φεβρουάριο του 2012 στο Ηνωμένο Βασίλειο από το Raspberry Pi Foundation σε συνεργασία με το πανεπιστήμιο του Cambridge (Johnston 2017) μετά από έρευνες που διήρκεσαν τέσσερα χρόνια. Εμπνευστές του καινοτόμου αυτού συστήματος είναι οι Eben Upton, Rob Mullins, Jack Lang και Alan Mycroft. Η δημιουργία ενός υπολογιστή σε διαστάσεις πιστωτικής κάρτας έγινε με σκοπό να κεντρίσει το ενδιαφέρον των μαθητών σχετικά με τον προγραμματισμό, κυρίως των μαθητών εκείνων που φοιτούν σε σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αλλά δευτερευόντως και των φοιτητών πολυτεχνικών σχολών και σχολών θετικών σπουδών.



Εικόνα 1. Raspberry Pi 3, Model B

Στην εργασία μας στο Λύκειο Χαλάστρας χρησιμοποιήσαμε το πλέον πρόσφατο μοντέλο Raspberry Pi 3, Model B, που φαίνεται στην εικόνα 1, και αποτελεί μοντέλο τρίτης γενιάς. Διαθέτει έναν 64bit τετραπύρρηνο επεξεργαστή ARMv8 που χρονίζει στη συχνότητα των 1.2GHz, μνήμη RAM 1GB, τέσσερις θύρες USB, μια θύρα Ethernet, μια θύρα HDMI, μια επαφή σύνδεσης για κάμερα, μια υποδοχή για Micro SD Card και 40 GPIO Pins. Στην εικόνα 2 φαίνονται επιπλέον η θύρα Micro USB που χρησιμοποιείται για την παροχή ισχύος και η θύρα εξόδου για τον ήχο. Στα μοντέλα τρίτης γενιάς, υπάρχουν ενσωματωμένες κάρτες ασύρματης δικτύωσης με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η

συνδεσιμότητα της συσκευής με το διαδίκτυο, ιδίως στα σχολικά συγκροτήματα όπου η ενσύρματη σύνδεση αποτελεί τις περισσότερες φορές μονόδρομο. Το λειτουργικό σύστημα της συσκευής (Rasbian) ήταν προ εγκατεστημένο στην SD Card.



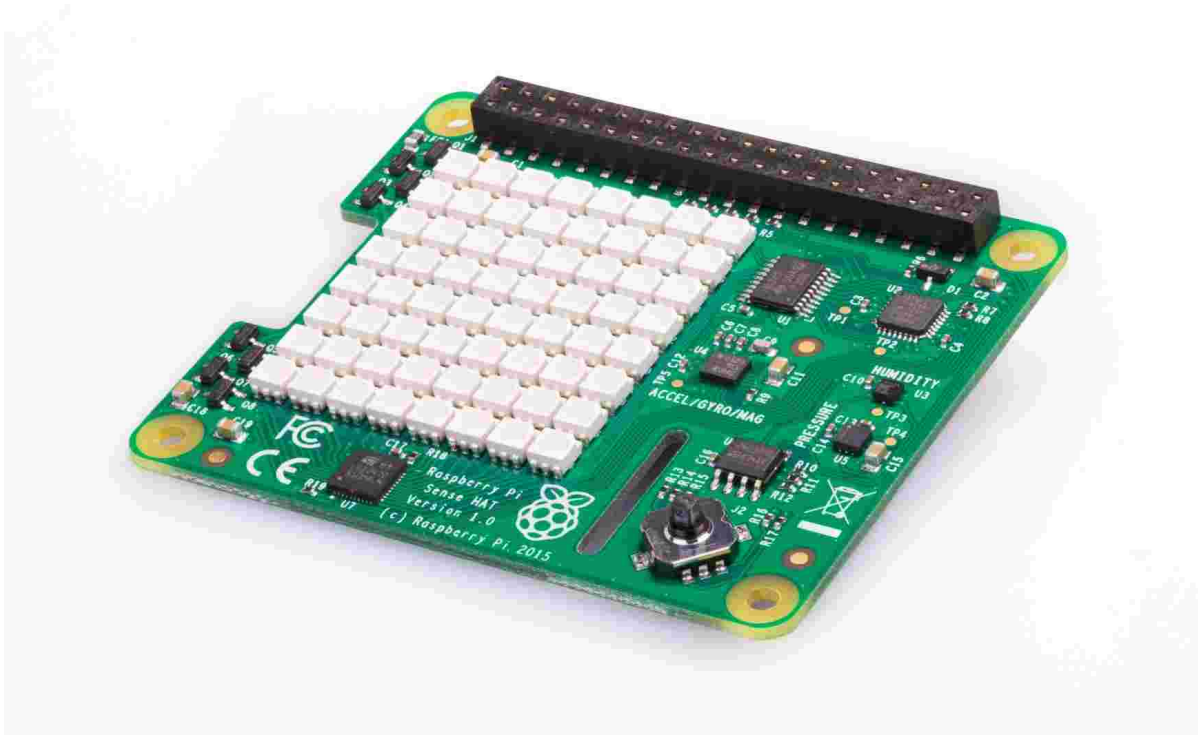
Εικόνα 2. Raspberry Pi - Αναλυτικά

2. Astro Pi

Astro Pi ονομάζεται ο ετήσιος διαγωνισμός επιστήμης που διοργανώνει η Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (ESA, European Space Agency) και αφορά μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης όλων των κρατών μελών της ESA. Στο διαγωνισμό Astro Pi οι μαθητές σε συνεργασία με τους καθηγητές τους, σχεδιάζουν ένα πείραμα και στη συνέχεια γράφουν κώδικα ο οποίος μπορεί να τρέξει στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό. Ο διαγωνισμός αποσκοπεί στο να ενθαρρύνει την σχολική κοινότητα να βελτιώσει τις ψηφιακές της δεξιότητες και να εντείνει το ενδιαφέρον της για θέματα STEM, φέρνοντας σε επαφή όλους τους εμπλεκόμενους, με τις τεχνολογίες αιχμής που τρέχουν αυτή την στιγμή στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό με αποτέλεσμα την ενεργό συμμετοχή και όχι την παθητική παρατήρηση.

Astro Pi ονομάζουμε ταυτόχρονα και την τεχνολογία hardware που αποτελείται από ένα Raspberry Pi και ένα επιπρόσθετο ολοκληρωμένο κύκλωμα (ονομάζεται Sense Hat) που περιλαμβάνει αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, βαρομετρικής πίεσης, μαγνητόμετρο, επιταχυνσιόμετρο και γυροσκόπιο.

Στην εικόνα 3 φαίνονται το joystick και τα 64 led με τα οποία είναι εφοδιασμένο το συγκεκριμένο επιπρόσθετο ολοκληρωμένο κύκλωμα που από τον Δεκέμβριο του 2015 έχει τοποθετηθεί στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό.



Εικόνα 3. Sense Hat

Το Astro Pi συνοδεύεται από μία κάμερα ορατής και μια κάμερα υπέρυθρης ακτινοβολίας των 5 Megapixel με δυνατότητα λήψης υψηλής ποιότητας φωτογραφίας και βίντεο, ενώ σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί τόσο στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό, όσο και στις σχολικές αίθουσες (Honest 2017). Έχουμε δηλαδή στα χέρια μας ένα πλήρες εξοπλισμένο εργαστήριο Φυσικής για χρήση μέσα στην σχολική τάξη με την δυνατότητα να μετρήσουμε και να απεικονίσουμε μεγέθη όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η υγρασία, η επιτάχυνση της βαρύτητας, το μαγνητικό πεδίο της γης, ενώ ταυτόχρονα λόγω της ύπαρξης ακριβώς του ίδιου hardware στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό, μπορούμε να σχεδιάσουμε πειράματα που θα τρέξουν στο διάστημα, να γράψουμε κώδικα που θα αναλύει τα δεδομένα αυτών των πειραμάτων και να παρουσιάσουμε τα αποτελέσματά μας με έναν διαφορετικό τρόπο.

3. Wolfram Mathematica

Τεχνολογία λογισμικού (software) που υπάρχει εγκατεστημένη σε κάθε υπολογιστή Raspberry Pi. Η γλώσσα προγραμματισμού Wolfram Language και η Mathematica είναι λογισμικά με πάρα πολλές δυνατότητες σε όλους τους τομείς των Μαθηματικών (Άλγεβρα, Θεωρία συνόλων, Ανάλυση, Διαφορικές εξισώσεις και Στατιστική), ενώ πρόσφατα με την τεχνολογία Wolfram Demonstrations Project έχουν επεκταθεί σε όλους τους τομείς της επιστήμης, όπως Φυσική, Βιολογία, Αρχιτεκτονική, Computer science, Earth science, Algorithms, Engineering & Technology και πολλούς άλλους. Ο υπολογιστής Raspberry Pi είναι μόλις ο δεύτερος υπολογιστής στον οποίο έχει ποτέ συνδυαστεί η Mathematica για δωρεάν χρήση. (Εκτός αυτού, φυσικά και όλοι οι υπολογιστές στα πανεπιστήμια με άδειες τοποθεσίας, ενώ στο ΑΠΘ δίνεται η δυνατότητα χρήσης τους λογισμικού μόνο στο προσωπικό και μόνο από υπολογιστές του πανεπιστημίου). Ο πρώτος υπολογιστής στον οποίο είχε συνδυαστεί η Mathematica για δωρεάν χρήση ήταν ο υπολογιστής NeXT του Steve Jobs το μακρινό 1988. Στην εικόνα 4 φαίνεται από screenshot και η γλώσσα προγραμματισμού Wolfram και η Mathematica που είναι προεγκατεστημένα στο λειτουργικό σύστημα Rasbian (Raspberry Pi + Debian) του υπολογιστή Raspberry Pi. Η ειδοποιός διαφορά της Mathematica από τις κοινές γλώσσες προγραμματισμού και τα συναφή προγράμματα έγκειται στην ικανότητά της να εκτελεί όχι μόνο αριθμητικούς αλλά και πολύπλοκους αλγεβρικούς υπολογισμούς που καλύπτουν όλο το φάσμα από τον ακριβή υπολογισμό των ριζών ενός πολυωνύμου ή της “τιμής” ενός ολοκληρώματος έως την ακριβή επίλυση μιας διαφορικής εξίσωσης μέσω γνωστών συναρτήσεων. Πρόκειται επομένως για μια θεμελιώδη διαφορά

χονδρικά ισοδύναμη με τη διαφορά ανάμεσα στην κοινή Αριθμητική και την Άλγεβρα (Τραχανάς 2004).



Εικόνα 4. Mathematica στο Raspberry Pi

Η Mathematica είναι ένα πρόγραμμα υψηλής περιεκτικότητας σε αφηρημένες μαθηματικές έννοιες και γι αυτό πολύ κομψότερο στην εσωτερική δομή και τον τρόπο λειτουργίας του απ' ότι τα κοινά προγράμματα καθαρά αριθμητικών υπολογισμών. Τα παραπάνω σε συνδυασμό με τις εκπληκτικές δυνατότητες για γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων, καθιστούν τη Mathematica ένα μοναδικό εργαλείο στην υπηρεσία της μαθηματικής επιστήμης και των εφαρμογών της.

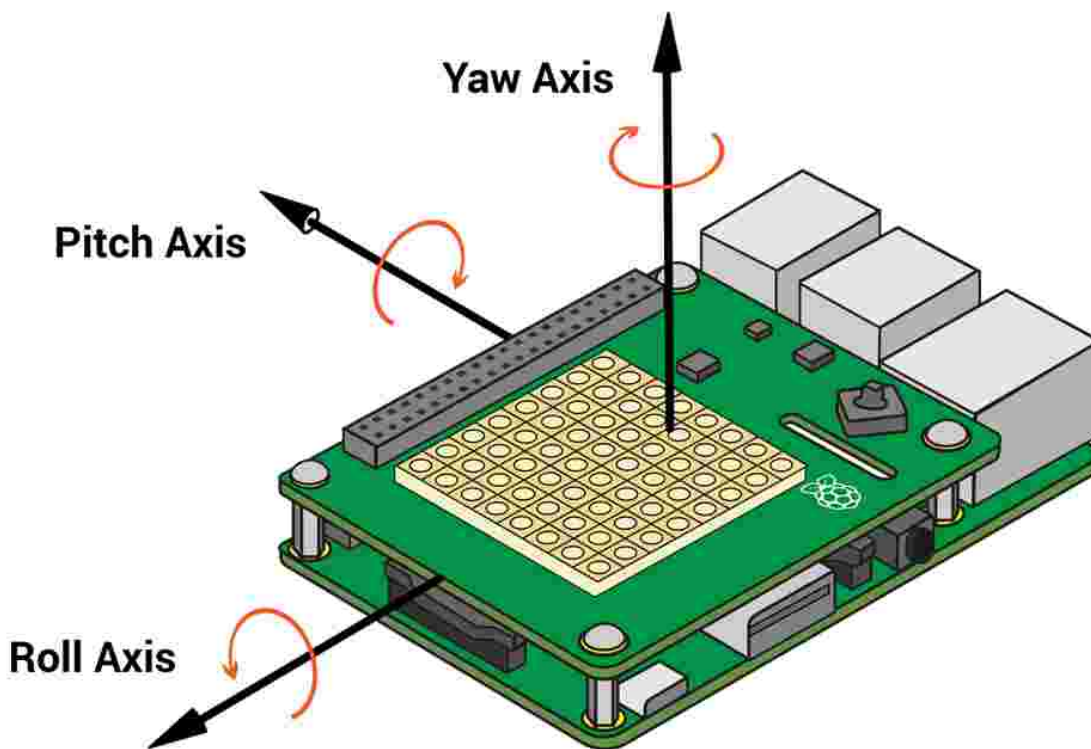
4. Python

Η γλώσσα προγραμματισμού Python δημιουργήθηκε το 1989 από τον Guido Van Rossum και το όνομά της προέρχεται από τους Βρετανούς κωμικούς Monty Pythons τηλεοπτικούς παραγωγούς της κωμωδίας Monty Python's Flying Circus. Η python σήμερα αναπτύσσεται ως ανοιχτό λογισμικό (open source) και η διαχείρισή της γίνεται από τον μη κερδοσκοπικό οργανισμό Python Software Foundation. Στο λειτουργικό σύστημα Rasbian υπάρχει εγκατεστημένη η έκδοση python-3. Η γλώσσα σεναρίων python είναι σήμερα ίσως η πιο δημοφιλής γλώσσα προγραμματισμού παγκοσμίως. (<https://spectrum.ieee.org/static/interactive-the-top-programming-languages-2017>). Τα κύρια χαρακτηριστικά της, στα οποία οφείλεται και η τεράστια διάδοσή της είναι τα παρακάτω:

Είναι δωρεάν (Free Interpreters), είναι γλώσσα σεναρίων (scripting), είναι δυναμική (dynamic typed), είναι γενικού σκοπού (general purpose), έχει τεράστιο αριθμό διαθέσιμων βιβλιοθηκών (modules), είναι αλληλεπιδραστική (interactive), είναι αντικειμενοστραφής (object oriented), είναι διερμηνευόμενη (interpreted) και έχει τέλος τεράστια ενεργή κοινότητα.

Περιγραφή της διαδικασίας

Ο κώδικας που γράψαμε διάβαζε δεδομένα των αισθητήρων του Sense Hat και συγκεκριμένα τα δεδομένα από τον αισθητήρα κίνησης και με την βοήθεια αυτών των δεδομένων τύπων στον πίνακα που σχηματίζουν τα 64 led μια προσέγγιση της τιμής του π . Ο αισθητήρας κίνησης στο Sense Hat ονομάζεται IMU (Inertial Measurement Unit).



Εικόνα 5. Αισθητήρας κίνησης IMU – Άξονες

Ο αισθητήρας μπορεί να καταγράψει το είδος της κίνησης που κάνει ο ίδιος. Ο IMU (Lavage 2014) αποτελείται ουσιαστικά από τρεις αισθητήρες, ένα γυροσκόπιο που μετράει την ορμή και την περιστροφή, ένα επιταχυνσιόμετρο που μετράει τις δυνάμεις που έχουν να κάνουν με τον ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βρει την κατεύθυνση της βαρύτητας και ένα μαγνητόμετρο που μετράει το μαγνητικό πεδίο της γης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πυξίδα. Ο αισθητήρας κίνησης IMU χρησιμοποιείται σε όλα τα επανδρωμένα και μη επανδρωμένα διαστημόπλοια για την παρακολούθηση των κινήσεών τους και την διατήρηση της κατανόησης του προσανατολισμού τους. Για να περιγραφεί ο προσανατολισμός με τον αισθητήρα κίνησης χρησιμοποιούνται οι άξονες που φαίνονται στην εικόνα 5. Δηλαδή ο άξονας Pitch (όπως ο άξονας ενός αεροπλάνου που απογειώνεται), ο άξονας Roll (όπως ο άξονας ενός αεροπλάνου που περιστρέφεται γύρω από άξονα παράλληλο προς την άτρακτο) και ο άξονας Yaw (κατακόρυφος άξονας κάθετος στην άτρακτο). Εμείς για να μελετήσουμε την κίνηση του Διεθνή Διαστημικού Σταθμού, χρησιμοποιήσαμε τα δεδομένα που σχετίζονται με την περιστροφή γύρω από τον άξονα Yaw. Κατεβάσαμε από το διαδίκτυο το αρχείο csv με τα καταγεγραμμένα δεδομένα της χρονιάς που πέρασε και με την βοήθεια της Mathematica ανακαλύψαμε ότι τα δεδομένα που σχετίζονται με την

```
data = Import["astro.csv", "CSV", "HeaderLines" -> 1]
```

```
ListPlot[data[[All, {5, 3}]]]
```

Εικόνα 6. Κώδικας -1

περιστροφή γύρω από τον άξονα Yaw, εμφανίζουν περιοδικότητα 92.65 λεπτά όση δηλαδή είναι και η περίοδος περιστροφής του Διεθνή Διαστημικού Σταθμού γύρω από την Γη (Catchpole 2008). Με τους μαθητές εντοπίσαμε και φωτογραφίσαμε τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό αφού τον εντοπίσαμε με την βοήθεια της ιστοσελίδας.

<http://iss.astroviewer.net/index.php>

Ο Σταθμός είναι ορατός δια γυμνού οφθαλμού μιας και οι διαστάσεις του είναι αυτές ενός γηπέδου ποδοσφαίρου (109 x 73 μέτρα). Είναι πιο εύκολη η παρατήρησή του λίγο μετά την δύση του ήλιου που συνεχίζει και ανακλά τις φωτεινές ακτίνες του ήλιου. Στην ιστοσελίδα μπορούμε να συμπληρώσουμε την τοποθεσία παρατήρησης μας και να γνωρίζουμε ακριβή ώρα και θέση που θα εμφανισθεί ο Διεθνής Διαστημικός Σταθμός, πόσο φωτεινός εμφανίζεται στο ουράνιο στερέωμα και για πόση ώρα είναι ορατός. Ο Σταθμός ταξιδεύει με ταχύτητα περίπου 7.7 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο σε μια από τις χαμηλότερες τροχιές (LEO Low Earth Orbit) που μπορεί να ταξιδέψει δορυφόρος, περίπου πάνω από τα 390 χιλιόμετρα από την επιφάνεια της θάλασσας. Φωτογραφία του Σταθμού από τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό είναι διαθέσιμη στο site του σχολείου.

```
30 sense_data.append(orientation["roll"])
31 mag = sense.get_compass_raw()
32 sense_data.append(mag["x"])
33 sense_data.append(mag["y"])
34 sense_data.append(mag["z"])
35 acc = sense.get_accelerometer_raw()
36 sense_data.append(acc["x"])*3.3
37 sense_data.append(acc["y"])
38 sense_data.append(acc["z"])
39 gyro = sense.get_gyroscope_raw()
40 sense_data.append(gyro["x"])
41 sense_data.append(gyro["y"])
42 sense_data.append(gyro["z"])
43 sense_data.append(datetime.now())
44 return sense_data
45
46 def compute_pi(dy,dt0,period):#get my pi
47 df=math.radians(dy)
48 if dt0!=0 :
49 w=df/dt0
50 p=w*period/2
51 return p
52 else:
53 return 0
54
55 timestamp=datetime.now()
56 timestamp0=timestamp
57 delay=5
58 mydata=[]
```

Εικόνα 7. Κώδικας -2

Όπως φαίνεται από τον κώδικα στην εικόνα 7 υπολογίσαμε το π στηριζόμενοι στην παραδοχή ότι ο Διεθνής Διαστημικός Σταθμός κινείται σε κυκλική τροχιά με σταθερή γωνιακή ταχύτητα. Κάναμε δηλαδή χρήση της σχέσης

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Leftrightarrow \pi = \frac{\omega T}{2}$$

που ισχύει στην ομαλή κυκλική κίνηση. Ο υπολογισμός του προσανατολισμού με την βοήθεια των δεδομένων του γυροσκοπίου γίνεται κάνοντας χρήση της σειράς Taylor (Wetzstein 2017). Εάν γνωρίζουμε την γωνία $\theta(t)$ κάποια χρονική στιγμή t , το βήμα Δt , την γωνιακή ταχύτητα ω , το σφάλμα προσέγγισης ε , και θέλουμε την γωνία $\theta(t+\Delta t)$, αυτή δίνεται από τη σχέση:

$$\theta(t+\Delta t) \approx \theta(t) + \frac{\partial}{\partial t}\theta(t)\Delta t + \varepsilon, \varepsilon \sim O(\Delta t^2)$$

Βέβαια η κίνηση του Σταθμού είναι αρκετά πολύπλοκη μιας και δεν γίνεται σε σταθερό υψόμετρο, κατά διαστήματα ενεργοποιούνται οι μηχανές του για να περιστρέφεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο, ενώ η τροχιά μοιάζει με μια σπείρα, αφού ο σταθμός σαρώνει διαρκώς διαφορετικές περιοχές του πλανήτη. Σε αυτή την κίνηση αν προσθέσουμε και την περιστροφή της γης, καταλαβαίνουμε το πόσο “ανοιχτό” είναι το πρόβλημα που προσπαθήσαμε να λύσουμε.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά τη διάρκεια κάθε σχολικής χρονιάς τα σχολεία κατακλύζονται από μηνύματα σχετικά με πανελλήνιους, πανευρωπαϊκούς ή άλλους διεθνείς διαγωνισμούς. Beamline for Schools, European,

Astro Pi challenge, Google Summer of Code, F1 in Schools, First Lego League, EUSO, European Schools Science Symposium για να αναφέρουμε ενδεικτικά τους πλέον γνωστούς. Σε αυτούς αν προσθέσουμε τις κάθε είδους ολυμπιάδες μαθηματικών, φυσικής, πληροφορικής και μαθητικά συνέδρια, συνεργατικά έργα etwinning καταλαβαίνουμε ότι έχουμε πολλές αφορμές να ασχοληθούμε με τους μαθητές μας με αντικείμενα πέρα από αυτά που υποχρεωτικά αναγράφονται στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών.

Θα μπορούσε η εργασία μας να ενταχθεί στα πλαίσια του μαθήματος της ερευνητικής εργασίας στην Α' ή στην Β' Λυκείου. Η ερευνητική εργασία όπως και η εργασία μας, αντιλαμβάνεται τους μαθητές ως μικρούς «διανοούμενους», «επιστήμονες» και «ερευνητές», που συνεργάζονται στενά σε πλαίσιο πρωτοβουλιών και επιλογών και προσεγγίζουν βιωματικά και με διαφορετικούς τρόπους τη νέα σχολική γνώση μέσα από διεπιστημονικής φύσης ερωτήματα, πειραματισμούς και διερευνήσεις (Ματσαγγούρας 2017). Πρόκειται, ασφαλώς, με τα δεδομένα του ελληνικού Λυκείου, για σημαντική εκπαιδευτική καινοτομία, η οποία βασίζεται σε σύγχρονες και δοκιμασμένες παιδαγωγικές αρχές και αποσκοπεί να ενισχύσει τον εκπαιδευτικό ρόλο του Νέου Λυκείου.

```

59 pilist=[]
60 with open('logfile.csv', 'w', newline='') as f:
61     data_writer = csv.writer(f)
62     data_writer.writerow(['temp', 'pres', 'hum',
63                           'yaw', 'pitch', 'roll',
64                           'mag_x', 'mag_y', 'mag_z',
65                           'acc_x', 'acc_y', 'acc_z',
66                           'gyro_x', 'gyro_y', 'gyro_z',
67                           'datetime'])
68 dt2=timestamp-timestamp0
69 dy=rounds=0
70 while (dt2.seconds<7200):# begin logging for the next two hours almost 1 and a half orbits...
71     data=get_sense_data()
72     dt=data[-1]-timestamp
73     dt2=data[-1]-timestamp0#computing time delta from starting point
74     dt0=float(str(dt2.seconds+float('0.'+str(dt2.microseconds)[4:])))
75     if dt.seconds>delay:
76         timestamp=datetime.now()
77         data_writer.writerow(data)
78         mydata.append([data[3],data[15]])#keeping yaw and time in a seperate list
79         dyprev=dy
80         if mydata[rounds][0]<mydata[-1][0]:#compute yaw degrees movement from the start point
81             dy=mydata[-1][0]-mydata[rounds][0]
82         else:
83             dy=mydata[-1][0]-mydata[rounds][0]+360
84         #compute pi for the last measurement
85         mypi=compute_pi(dy,dt0,92)
86         pilist.append(mypi)
87         #print('pi computed:',mypi)

```

Εικόνα 8. Κώδικας -3

Η καθιερωμένη πρακτική στη σχολική πραγματικότητα είναι να γίνεται ανάθεση των ερευνητικών εργασιών στην αρχή της χρονιάς με άξονα την συμπλήρωση του ωραρίου των συναδέλφων καθηγητών, οπότε η συμμετοχή μας στο European Astro Pi challenge ή και σε οποιοδήποτε άλλο διαγωνισμό εκ προοιμίου αδυνατεί να ενταχθεί στο ωρολόγιο πρόγραμμα του σχολείου. Ωστόσο τέτοιες προσπάθειες μπορούν να ενταχθούν στην σχολική κοινότητα στο πλαίσιο των δημιουργικών εργασιών. Το άρθρο 8 του πδ 46/2016 που αντικαταστάθηκε από το άρθρο 8 Δημιουργικές εργασίες, αναφέρει ρητά ότι οι μαθητές καλούνται είτε να επιλύσουν με τρόπο δημιουργικό ένα πρόβλημα / ερώτημα που τους κινεί το ενδιαφέρον και το οποίο σχετίζεται με κάποιο θέμα της διδασκόμενης ύλης σε ένα ή περισσότερα μαθήματα, εμβαθύνοντας τις γνώσεις τους γύρω από το συγκεκριμένο ζήτημα ή / και αναπλαισιώνοντας τες με τρόπο κριτικό, πρωτότυπο, ευρηματικό, είτε να εκφραστούν δημιουργικά, μέσα από ένα δικό τους καλλιτεχνικό έργο, εμπνεόμενοι από κάποια ενότητα που έχουν μελετήσει, είτε να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν μια κατασκευή / ένα τέχνημα, που σχετίζεται με κάποια διδακτική ενότητα. Η εργασία μας πληρεί όλα τα παραπάνω ακόμη και την περίπτωση σχεδιασμού και υλοποίησης μιας κατασκευής αφού οι μαθητές κατασκεύασαν μόνοι τους το Astro Pi, στηριζόμενοι σε οδηγίες που υπήρχαν διαθέσιμες στο διαδίκτυο.

Σύμφωνα με το βασικό νόμο για την εκπαίδευση (Ν.1566/1985), σκοπός της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι να συμβάλει στην ολόπλευρη, αρμονική και ισόρροπη ανάπτυξη

των διανοητικών και ψυχοσωματικών δυνάμεων των μαθητών, ώστε, ανεξάρτητα από φύλο και καταγωγή, να έχουν τη δυνατότητα να εξελιχθούν σε ολοκληρωμένες προσωπικότητες και να ζήσουν δημιουργικά. Όλες αυτές οι επιδιώξεις μπορούν να υπηρετηθούν αποτελεσματικά μέσα από την εφαρμογή παρόμοιων προσπαθειών. Γενικότερα, στο επίπεδο της σχολικής μονάδας η συμμετοχή σε έναν διεθνή διαγωνισμό και η εκπόνηση στη συνέχεια κάποιας Εργασία μπορεί να αποβεί, με την κατάλληλη αξιοποίησή της, ένα σημαντικό παιδαγωγικό εργαλείο που θα ευνοήσει την οικοδόμηση μιας κοινότητας μάθησης στο πλαίσιο της, τη δημιουργία πιο θετικών και συνεργατικών σχέσεων μεταξύ των μελών της, την εξοικείωση με τις απαιτήσεις και τις προϋποθέσεις του επιστημονικώς εργάζεσθαι, την καλλιέργεια των δεξιοτήτων αξιοποίησης της βιβλιοθήκης (library skills) και την ανάπτυξη επικοινωνιακών δεξιοτήτων των μαθητριών και μαθητών.

```

88     #if we're on the second round
89     if dt2.seconds>5520 and rounds==0 and mydata[rounds][0]<=mydata[-1][0]:
90         rounds=len(mydata)-1#mark the beginning of 2nd round since the start
91         timeforaround=dt0/60#period in min
92         mypi=compute_pi(dy,dt0,timeforaround)
93         pilist.append(mypi)
94         #print('pi computed:',mypi)
95 #having all measurements at hand we
96 #compute all combinations
97 i=1
98 while True:
99     #searching timespot that station have done one orbit
100    #so we can compute time period of a full orbit
101    dstart=mydata[i][0]
102    prev_temp=dstart
103    temp=i+1
104    while mydata[temp][0]-dstart or prev_temp>=start:
105        if mydata[temp][0]<dstart:
106            dy=dstart-mydata[temp][0]+360
107        else:
108            dy=mydata[temp][0]-dstart
109        prev_temp=mydata[temp][0]
110        dt=mydata[temp][1]-mydata[start][1]
111        dt0=float(str(dt.seconds+float('0.'+str(dt.microseconds)[:4])))
112        mypi=compute_pi(dy,dt0,timeforaround)
113        pilist.append(mypi)
114        if temp<len(mydata)-1:
115            temp+=1
116        else:

```

Εικόνα 9. Κώδικας -4

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- David Blatner (1999) The joy of pi. Walker Books.
- John Catchpole (2008) The International Space Station, Building for the Future. Praxis Publishing.
- David Honess (2017) Astro Pi: Running your code aboard the International Space Station. Acta Astronautica vol. 138; p. 43-52.
- Steven Johnston (2017) The Raspberry Pi: A Technology Disrupter, and the Enabler of Dreams. Electronics vol. 6; no 3; p. 51.
- Steven Lavallo (2014) Head tracking for the Oculus Rift. IEEE International Conference on Robotics and Automation.
- Gordon Wetzstein (2017) EE267: Virtual Reality, Stanford University
- Ηλίας Ματσαγγούρας (2017) Η καινοτομία των ερευνητικών εργασιών στο Νέο Λύκειο.
- Στέφανος Τραχανάς (2004) Mathematica και εφαρμογές για Μαθηματικούς, Φυσικούς και Μηχανικούς. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Astro Pi Guide. Ανακτήθηκε στις 27 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση:

<https://github.com/raspberrypilearning/astro-pi-guide>

European Astro Pi Challenge. Ανακτήθηκε στις 27 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση:

https://www.esa.int/Education/AstroPI/European_Astro_PI_Challenge_2017_-_2018

International Space Station. Ανακτήθηκε στις 27 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση:

https://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html

Where is ISS now. Ανακτήθηκε στις 27 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση:

http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/International_Space_Station/Where_is_the_International_Space_Station

Mathematica online. Ανακτήθηκε στις 27 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση:

<https://www.wolfram.com/mathematica/online/>

Raspberry Pi foundation. Ανακτήθηκε στις 27 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση:

<https://www.raspberrypi.org/>

Get started with python. Ανακτήθηκε στις 27 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση:

<https://www.python.org/>

```
106     dy=dstart-mydata[temp][0]+360
107     else:
108         dy=mydata[temp][0]-dstart
109     prev_temp=mydata[temp][0]
110     dt=mydata[temp][1]-mydata[start][1]
111     dt0=float(str(dt.seconds+float('0.'+str(dt.microseconds)[:4])))
112     mypi=compute_pi(dy,dt0,timeforaround)
113     pilist.append(mypi)
114     if temp<len(mydata)-1:
115         temp+=1
116     else:
117         break
118     timeforaround=dt0/60#period in min
119
120     if i<len(mydata)-1:#ending the loop
121         i+=1
122     else:
123         break
124     finalpi=str(round(sum(pilist)/len(pilist),2))
125     sense.show_message("Average Computed Pi="+finalpi, text_colour=[255, 0, 0])
126     m=100
127     for mypi in pilist:
128         d=math.abs(mypi-math.pi)
129         if d<m:
130             m=d
131             bestpi=mypi
132     sense.show_message("Best Pi Found="+str(bestpi), text_colour=[255, 0, 0])
133
134
```

Εικόνα 10. Κώδικας -5

A case study: Visualizing Coulomb Forces with the aid of Augmented Reality

Tomara Marina¹, Gouscos Dimitris²

¹ Faculty of Communication and Media Studies, University of Athens, Greece

mtomara@sch.gr

² Faculty of Communication and Media Studies, University of Athens, Greece

gouscos@media.uoa.gr

ABSTRACT

In this work we describe an educational approach based on Augmented Reality (AR) and mobile technology that has been developed with the aim to engage students in a learning procedure regarding the electric forces as well as Coulomb's Law. Initially, we present the Augmented Reality learning environment and we explain its design principles with respect to the educational goals we aim to accomplish. The idea behind the present approach has been to present students with a novel learning environment that aligns well with their familiarization with mobile technology and the pleasure they take in making use of this technology, in order to stimulate their intrinsic motivation and learning performance.

In addition, we demonstrate the early results of a classroom study performed in order to estimate students' reaction to the AR approach and get an indication of their motivation levels and ease of use, with respect to the AR tool. An estimation of students learning benefits has also been attempted. Based on the study results, we conclude that students have demonstrated positive attitudes towards the AR learning approach and we claim that the AR tool may potentially induce a significant learning effect on students' knowledge.

KEYWORDS: *Augmented Reality, Physics learning, Coulomb force*

INTRODUCTION

The present study involves the design and implementation of an Augmented Reality learning environment to teach electric forces to third-grade secondary school students (14–15 years of age).

Evidently, electric forces as the result of electric interactions between charges are not directly observable in the real world. To this respect, one can perceive the learners' difficulties in conceiving the underlying concepts of this process, let alone observe and study Coulomb's law, the formula that describes their relation.

Regarding everyday school education, students often demonstrate little enthusiasm towards traditional, lecture-oriented teaching schemes. In addition, school practices don't always seem to keep up with the ways modern children like to learn new things and communicate new ideas and knowledge among them.

Recently, educational practices seem to be slowly shifting towards mobile and augmented reality systems. AR technology is increasing rapidly and several AR learning applications have been developed to promote knowledge in many fields (Wu et al., 2013; Dunleavy & Simmons, 2011). For science education in particular, AR's intrinsic feature of enabling ubiquitous interaction with digital information superimposed on physical objects seems to render this technology appropriate for enabling the conceptualization of the "unseen concepts" that compose the world of science (Cai et al., 2014; 2013; Tomara & Gouscos, 2014; Kamarainen et al., 2013; Enyedy et al., 2012, Kerawalla et al., 2006) In addition, AR technology that exploits the features of mobile technology introduces a new potential for in situ learning without the need for special equipment (Teemu, 2018; Dunleavy & Simmons, 2014).

Yet, given the limited penetration of mobile devices in public schools for learning purposes in combination with the fact that AR technology has not been widely known until recently, there is still a

lot to discover regarding these technologies' potential to support science learning, particularly inside school premises.

The idea behind the present approach has been to present students with a novel learning environment that aligns well with their familiarization with mobile technology and the pleasure they take in making use of this technology. In addition, we believe that by designing the present learning approach to be developed on mobile devices allows for the learners' experimenting and making observations at their school desks in a more collaborative manner rather than being in a computer class experimenting on a computer simulation.

METHOD

The experimental design and testing process was conducted in three stages, described as follows.

First Stage of Development: Research Process

During the first stage of development, a literature review of studies relevant to the employment of mobile and AR technologies for instructional purposes has been conducted, in order to determine the feasibility of the proposed learning approach, combining mobile learning and augmented reality. In addition, the learning objectives of the approach have been identified based on the Greek curriculum. To this end, the AR model has been designed to help students:

- investigate the attractive/repulsive nature of forces between like/opposite charges
- identify the action-reaction interaction between charges
- comprehend the underlying relationships among electrical force, quantity of charge, and separation distance.

Second Stage of Development: AR Application Implementation

In light of the above, an Augmented Reality interface has been developed, targeting to:

1. enable the visualization of the "unseen" electric forces superimposed on virtual electric charges as 3D vectors,
2. allow interaction with the real and virtual elements of the environment in order to observe the parameters that affect the electric forces, based on Coulomb's Law,
3. allow students to observe and manipulate an educational experience in a participatory and collaborative manner, sitting at their desks and without the need for further equipment other than a mobile device and a couple of printed pieces of paper.

From a technical perspective, the application deploys the vision-based AR (Uematsu & Saito, 2008; Azuma, 1997) that is used for image recognition and provides the users with augmented data only after they point their device onto a specific physical object. The application has been programmed in CSharp and it has been built to run on android mobile platforms (smartphones and tablets) with minimum API level 18 (Android 4.3 "Jellybean"). Unity 3D 5.4.03 has been used as the development platform since it offered many relevant development tools including the Unity 3D plugin for AR development.

Third Stage of Development: Instructional Design

The instructional design of the approach has been developed based on the outcomes of the previous stages of development and with respect to the target audience, class conditions and available equipment. A worksheet has been designed to guide the exploration with the purpose of both helping students handle correctly the variables of the AR environment as well as targeting the learning goals outlined previously. In addition, assessment tools have been developed, in order to:

1. explore students' attitude towards learning using the AR instructional activity and estimate the degree of their motivation,
2. ensure that the interface is functional and use students' feedback to determine how to improve system performance and usability,
3. get an indication of potential didactic benefits from the use of the approach.

In order to estimate students' motivation, a reduced version of Keller's Instructional Materials Motivation Survey (IMMS) Tool (Keller, 2015; 2010; 1987) has been used, translated in Greek and adapted to the learning material by the authors of this work. The RIMMS test is a 12-item scale and it

has been applied and proved to have good internal consistency and validity in measuring learners' motivation levels (Loorbach et al., 2014). In particular, the RIMMS instrument scale is used to measure students' motivation with respect to four dimensions: Attention, Relevance, Confidence, and Satisfaction (ARCS). In the present work, motivation was measured by students' average score on each of the four subscales, accounting for attention(A), relevance (R), confidence (C), and satisfaction (S). The following values have been used to indicate students' response to each item: 1=not true, 2=slightly true, 3=moderately true, 4=mostly true, 5=very true. Each subscale in the RIMMS comprises 3 items as presented in table 1.

	Item	Dimension
1	The quality of the AR application helped to hold my attention.	Attention
2	The way the information is arranged on the interface of the AR application helped keep my attention.	Attention
3	The variety of content, tasks, graphics, text, etc., helped keep my attention on the user instructions.	Attention
4	It is clear to me how the content of this learning material is related to things I already know.	Relevance
5	The content and presentation style in this lesson convey the impression that its content is worth knowing.	Relevance
6	The content of this lesson will be useful to me.	Relevance
7	As I worked on this lesson, I was confident that I could learn the content.	Confidence
8	After working on this lesson for a while, I was confident that I would be able to pass a test on it.	Confidence
9	The good organization of the content helped me be confident that I would learn this material.	Confidence
10	I enjoyed this lesson so much that I would like to learn more about this subject.	Satisfaction
11	I really enjoyed working on this lesson.	Satisfaction
12	It was a pleasure to work on such well-designed lesson.	Satisfaction

Table 1: Items in the RIMMS.

Item	Degree of encountered difficulty with respect to:
1	The use of the mobile device
2	Cooperation with fellow students
3	Manipulation of the application menu
4	Managing augmented targets
5	Decoding of digital data overlaid on augmented targets
6	Entering/Changing arithmetic variables
7	Distinguishing between real and augmented data
8	Decoding screen data
Item	Experienced enjoyment with respect to
1	The use of the mobile device
2	Cooperation with fellow students
3	Manipulation of the application menu
4	Managing augmented targets

Table 2: The questionnaire items targeting student feedback with respect to the level of difficulty (8 items) and enjoyment (4 items) students experienced during the intervention.

To address the second goal, a simple questionnaire has been developed by the authors. It consists of twelve items using Likert scale. The values regarding the «difficulty» construct scaled from 1 to 5 as follows: 5=none, 4=slight, 3=moderate, 2=quite much, 1=very much. The values regarding the «enjoyment» construct scaled from 1 to 5 as follows: 1=none, 2=slight, 3=moderate, 4=quite much, 5=very much. The questionnaire attempts to target certain aspects of the approach with respect to the level of difficulty (8 items) and enjoyment (4 items) students experienced during the intervention, as in table 2. For this purpose, the average score on each item has been calculated.

In addition, a simple test was administered, serving both as a pre-test and a post-test, in order to estimate the students' ability to draw coulomb forces as vectors in terms of direction and starting point between a) opposite and b) like charges. Students were simply asked to draw the forces between a) two opposite charges and b) two like charges, both before and right after the approach, in order to test their learning progress with respect to four learning goals, as presented in table 3.

Item	Measured learning goal
1	Students' ability to draw coulomb forces as vectors in terms of direction between opposite charges.
2	Students' ability to draw coulomb forces as vectors in terms of starting point between opposite charges.
3	Students' ability to draw coulomb forces as vectors in terms of direction between like charges.
4	Students' ability to draw coulomb forces as vectors in terms of starting point between like charges.

Table 3: Pre/posttest measured learning goals.

RESULTS

The Intervention

So far, a single intervention of five 45-minute sessions has been conducted. The approach has been implemented in a Greek secondary school with one group of 12 3rd grade 14-15 year old students. Students were divided into three groups of three and one group of four, based on friendship patterns. The experiment was conducted in the school class (see Figure 1). Students had received traditional instruction of the subject six months prior to the intervention according to the Greek curriculum. Students were asked to bring their own android mobile devices after ensuring their availability and were asked to have preinstalled the application by means of internet downloading.

During the first lesson unit, we had to handle certain issues regarding the application compatibility with some of the devices. After selecting the most appropriate devices (based on compatibility, screen size and camera resolution) students answered the pretest questions and were shown how to use the AR interface.



Figure 1: Students experimenting in groups on the AR application.

During the following two lesson units students experimented on the AR application. The students interacted with the interface variables and observed how these interactions affected the electric forces overlaid on top of the electric charges (see Figure 2). As part of the group, each student has been assigned a role: one targeting the mobile device to the frame markers, one moving around the markers and the third (the third and the fourth in the case of the four student group) reading instructions and filling in the worksheet guiding the intervention. The students changed roles after one or two worksheet tasks have been completed. During the two last lesson units 13 students answered the posttest questions, and 12 out of 13 students answered the RIMMS questionnaire and the «difficulty/enjoyment» questionnaire (one was absent at the moment of the test).



Figure 2: Augmenting charges and forces in the case of opposite charges of different values.

Student Feedback

Based on the results of the RIMMS questionnaire, a scale reliability test was conducted to evaluate the RIMMS test's consistency. The overall reliability of each scale on Cronbach Alpha is summarized in table 4. The data suggests a good reliability of the test results.

The measured motivation results based on the average score on each of the four subscales of the RIMMS are summarized in table 5.

Scale	Cronbach's alpha
Attention	0,98
Relevance	0,97
Confidence	0,94
Satisfaction	0,75
Total	0,97

Table 4: Reliability of the RIMMS test (n=12).

Item	Minimum	Maximum	Mean
------	---------	---------	------

Attention	3,69	4,38	3,72
Relevance	3,54	4,23	3,79
Confidence	3,08	4,08	3,51
Satisfaction	3,92	4,92	4,26
Total	3,08	4,54	3,82

Table 5: Students' average scores on the four subscales of the RIMMS questionnaire (n=12).

In the attention dimension, the total mean score was 3.72, indicating upper-medium attention levels. In the relevance dimension, the total mean score was 3.79, which implies that learners were quite convinced that the learning materials were relevant to their interest, with respect to the learning object. In the confidence dimension, the total mean score was 3.51, indicating a confidence level well above average. Finally, based on the mean score in the satisfaction dimension (M=4.26) we assume that students experienced a high sense of satisfaction during the approach.

Based on the results of the «difficulty/enjoyment» questionnaire, a scale reliability test has also been conducted to evaluate its consistency. The reliability of both sets of questions on Cronbach Alpha is presented in table 6, suggesting a good internal consistency of the questionnaire.

Scale	Cronbach's alpha
Experienced difficulty (8 items)	0,95
Experienced enjoyment (4 items)	0,95

Table 6: Reliability of the «difficulty/enjoyment» questionnaire (n=12).

The results of the survey (table 7) indicate that students found it quite straightforward to handle the AR application. In particular, students encountered almost no difficulty in using the mobile devices during the approach (M= 4.67), manipulating the augmented targets (M=4.25), distinguishing between real and augmented data (M=4.25) and decoding digital data overlaid on augmented targets (M=4.17). In addition, they cooperated rather effortlessly with their fellow students (M=4.25). Finally, they encountered a certain difficulty with respect to entering or modifying numeric variables (M=3.67), such as charge values. On the other hand, students appeared to have experienced high levels of enjoyment in terms of using the mobile devices (M=4.75) and cooperating with fellow students (M= 4.17). In addition, they were rather pleased with the manipulation of the augmented targets (M=3.83) and the application menus (M=3.15).

Item	Degree of encountered difficulty with respect to:	Mean score
1	The use of the mobile device	4,67
2	Cooperation with fellow students	4,25
3	Manipulation of the application menus	4,25
4	Managing frame targets	4,58
5	Decoding of digital data overlaid on frame targets	4,17
6	Changing application parameters	3,67
7	Distinguishing between real and augmented data	4,08
8	Decoding screen data	4,16
Item	Experienced enjoyment with respect to	
1	The use of the mobile device	4,75
2	Cooperation with fellow students	4,17
3	Manipulation of the application menus	3,25
4	Manipulation of the frame targets	3,83

Table 7: Students' average scores on the two constructs of the «difficulty/enjoyment» questionnaire (n=12).

Regarding potential learning benefits, in order to estimate if there is a statistically significant improvement in students' ability to draw coulomb forces as vectors in terms of direction and starting point between a) opposite and b) like charges, the one-tailed McNemar test has been used. P-values for the McNemar test regarding each of the four items in the pre/posttest are demonstrated in table 8.

Pre/posttest item	p-value (significance level $\alpha=.05$)
Item 1	0.0067
Item 2	0.0038
Item 3	0.2398
Item 4	0.0067

Table 8: Paired samples, one-tailed McNemar test.

According to the table's data we can assume that for item 3 we cannot reject the null hypothesis and therefore there is not sufficient evidence to assume that there is improvement in students' ability to draw correctly the forces' starting point in the cases of like charges. For items 1, 2 and 4 the data indicate that we can assume an improvement in students' ability to correctly draw the direction of forces in the cases of both opposite (item 2) and like (item 4) charges as well as to correctly draw the forces' starting point in the case of like charges (item 3).

Due to the small sample of students, the lack of a control group and the limited number of items in the pre/posttest, these results are only meant as a preliminary estimation regarding the effects of the presented approach on students' learning. Therefore, additional experimental designs need to be employed in order to provide solid evidence towards this direction.

DISCUSSION

Regarding the students' reaction to the AR learning approach, we can claim that they responded with enthusiasm, followed instructions easily and seemed very comfortable with the use of mobile devices as a learning tool. They adapted quickly to the novel conditions and followed instructions without being disoriented neither by the use of the mobile device nor by the target manipulation.

Based on both observation of the students in the process of using the AR environment and post examination of the worksheets they followed, it appeared that students encountered little or no difficulty in perceiving the visual representation of forces by augmented arrows of variable size on top of the augmented charges. We believe that this fact facilitated students' understanding of the qualitative relation of the forces' size to the charges' values and distance.

Yet, the measurable dependence of the above quantities based on the numeric data on the screen of the AR interface appeared to be less straightforward; although students seemed to perceive the qualitative dependence of forces from the charges' size based on the visual representation of forces by arrows of variable size, they demonstrated difficulties in exploiting the relevant numeric data on the screen to draw conclusions. This last observation could be possibly attributed to the fact that students tended to pay more attention to the graphical evolution of augmented elements rather than to numeric values on the screen of the device. To this end, we believe that attention is required during the design of similar approaches regarding the integration of arithmetic data to the AR application interface.

Overall, the outcomes of the intervention were very encouraging, which we believe fortifies the argument that augmented reality and mobile technology may be leveraged for educational purposes in physics curricula, in order to synchronize with modern students' interests and ways of learning and communicating. In such ways we may eventually be able to offer students more interesting, enjoyable and thus, more effective learning experiences.

Future work is required in order to further evaluate the parameters that potentially affect the AR approach as well as to assess its learning outcomes. Regarding our future aims, we wish to further investigate the potential learning benefits of the AR approach. In addition, we wish to expand the AR

approach to other instruction units of physics with the aim to confront conceptual barriers and alternative conceptions in students' thinking regarding key-concepts in physics learning, such as velocity and force (Tomara, Gouscos & Tselfes, 2017).

REFERENCES

- Azuma, R.T.(1997). A survey of augmented reality. *Presence*, 355–385.
- Cai, S., Wang, X., & Chiang, F. K. (2014). A case study of augmented reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31-40.
- Cai, S., Chiang, F. K., & Wang, X. (2013). Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. *International Journal of Engineering Education*, 29(4), 856-865.
- Dunleavy, M. & Simmons, B. (2014). Augmented reality teaching and learning. In J.M. Spector, M.D Merrill, J. Elen, & M.J. Bishop (Eds.), *The Handbook of Research for Educational Communications and Technology* (4th ed.). Springer, New York.
- Dunleavy, M. & Simmons, B. (2011). Assessing learning and identity in augmented reality science games. In L. Annetta & S. Bronack (Eds.), *Serious educational games assessment* pp. 221-240. Sense Publishers, Rotterdam.
- Enyedy, N., Danish, J. A., Delacruz, G., & Kumar, M. (2012). Learning physics through play in an augmented reality environment. *International Journal of Computer-supported Collaborative Learning* 7(3), 347–378.
- Kamarainen, A.M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M.S., & Dede, C.(2013). EcoMobile: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers & Education*, 68, 545-556.
- Keller, J.M. (2015). Motivation Survey (IMMS) in a self-directed instructional setting aimed at working with technology. *British journal of educational technology*, 46(1), 204-218.
- Keller, J.M. (2010). Motivational Design for Learning and Performance: *The ARCS Model Approach*, Springer, New York.
- Keller, J.M. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2–10.
- Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., & Woolard, A. (2006). “Making it real”: exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*, 10(3), 163–174.
- Loorbach, N., Peters, O., Karreman, J., & Steehouder, M. (2014). Validation of the Instructional Materials Motivation Survey IMMS in a self-directed instructional setting aimed at working with technology. *British Journal of Educational Technology*, 46(1), 204-218.
- Tomara, M. & Gouscos, D.(2014). Using augmented reality for the reformation of learners' misconceptions in science education: Issues and prospects. *eLearning Papers*, 39, 26-33.
- Tomara, M., Tselfes, V. & Gouscos, D.(2017). Instructional strategies to promote conceptual change about force and motion: A review of the literature. *Themes in Science & Technology Education*, 10(1), 1-16.
- Teemu, H.L.(2018). Mobile Educational Augmented Reality Games: A Systematic Literature Review and Two Case Studies. *Computers*, 2018, 7(1), 19.
- Uematsu, Y., & Saito, H. (2008): Vision-Based Augmented Reality Applications. *Computer Vision I-Tech*.
- Wu, H.K., Lee, S. W.Y., Chang, H.Y. & Liang, J.C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41–49.

Design and Implementation of an Arduino-based artifact by school students, for the measurement of atmospheric pollutants. Researching the Learning and the Environmental stances' outcomes

**Dimakos Constantine¹, Gkiolmas Aristotelis², Chalkidis Anthimos³
& Angelidou Margarita⁴**

¹ Electronics' Teacher in the Greek Secondary Education, Hellenic Open University
kdimakos@sch.gr

² Physicist, PhD, Co-operating Teaching Staff, Hellenic Open University
agkiolm@primedu.uoa.gr

³ PhD, ICT's Teacher in the Greek Secondary Education
achalkid@gmail.com

⁴ Architect, Urban and Regional Planning Engineer, PhD, Co-operating Teaching Staff, Hellenic Open University
mangel@auth.gr

ABSTRACT

In the present work, both an educational Environmental project and the simultaneously ongoing educational research are described, within which the students of a Vocational Senior High-School (Chryssoupoli, Kavala, Greece) created a device in order to measure the environmental pollutant-particles PM 2.5 and PM 10 (the numbers refer to the diameter). The work revolved around three main axes: (i) the creation and the programming of the “artifact” (the Arduino based device), as a STEM-educational procedure, (ii) the evolving environmental project with the group of students, as a case study, and (iii) – at the same time – an autonomous research measuring the learning outcomes of the whole, together with the – measurable – changes in the attitudes and stances towards environmental issues. After the completion of the stages of the environmental project and the accumulation of the – indicative – research results, the latter seem encouraging as to the extend in which the action presented here helped the students learn about specific environmental problems and change their attitudes towards them.

KEY-WORDS: *Arduino, Atmospheric pollutants, Environmental Education*

INTRODUCTION

Hovering particulate matter in the atmosphere (“Particulate Matter”: PM) is one of the most burdening pollutants for the human health (EEA, 2017). Greenpeace characterises them as “silent killers” (Greenpeace, 2013). According to the World Health Organization (WHO), 80% of the people inhale non-safe gases in the places where they live (WHO, 2013). The European Environmental Agency (EEA) argues that, only in the European continent, within 2014, particulate matter can be held responsible for the deaths of 428.000 people. Due to their great pervasiveness and their serious consequences to the human health and way of living (WHO, 2016), the study of these particles on behalf of the students, especially of the particles having a diameter of less than 2.5 micrometers (PM_{2.5}), as well as those with a diameter of less than 10 micrometers (PM₁₀), is considered as of extreme importance (University of Montana, 2018). Thus, in the present work, an Environmental Educational project is presented, concerning the study, as well as the measurement of the values of PM in the atmosphere, in a local context. The measurement tool used had the Arduino as its basis. The construction of the tool was carried out by the students themselves, within the school unit (a Vocational High-School), by applying basic principles of STEM education and of Constructionism's learning theory (Papert, 1980).

In the Greek and the international scientific literature, there exist a lot of suggestions for the use of the Arduino platform, in the settings of various educational projects. Many of them are related to Science Education and especially the learning and teaching of “measurements” of physical quantities (Nelson, 2014; Peto, 2017; Oprea & Miron, 2013; Paliouras and Psycharis, 2017). These researchers argue that, by using Arduino within educational Science projects in the secondary Education, important benefits come up, such as:

- economy of time, space and resources.
- the teaching and learning procedures are taking place in an amusing and energetic manner
- many attractive Science applications can be created
- significant improvement of the students emerges, both in programming and in the learning achievements
- there is an enormous variety of devices that can be combined and work together with Arduino.

The use of STEM learning and Arduino together is also encouraged by the United States' Environmental Protection Agency (EPA, 2018), which provides a proposal for the construction of a measurement tool for the Particulate Matter (PM), concerning the students of grades between 5th and 12th, of the USA school system.

In the present work, there were two main research aims: a) The setting and recording of the time-evolution of an educational Environmental project, based on the principles of Constructionism. Its central idea was the design of an “artifact”-a “measurement” tool for air pollutants, based on Arduino, by the students, with limited guidance and based on previous knowledge of them, as well as the implementation and use of the latter for taking the measurements and recording them. b) The follow-up and research/recording both of the cognitive and learning outcomes, as well as of the social-emotional changes and the shift of stances towards the environment that the sample (experimental Group) of the students undergoes, during the process of construction and of implementing the artifact. Based on these research aims, the following research questions were posed:

- How can an Environmental Educational project be structured, having as its theme the measurement of atmospheric pollutants?
- In what way can a measurement tool for atmospheric PM (“particulate matter”) be constructed, in a feasible way, and with a low cost, suitable for the level of Vocational School students, who have no specific Scientific knowledge and Skills?
- Which exactly is the contribution of the aforementioned construction and implementation processes, to the acquisition of the cognitive and socio-emotional objectives, as the latter are set in the context of a respective school environmental project?

THE RESEARCH METHODOLOGY – THE SAMPLE AND THE SETTINGS

The methodological framework of developing the proposed plan of action has a “Constructionist” orientation and is primarily based on the proposal of Carborano, Rex & Chambers (2004), who suggest *five phases* of such an educational project: activation, exploration, inquiry, creation and presentation. This proposal constitutes a semi-structured environment of teaching and learning based on projects (Project Based Learning - PBL) combining concepts such as inquiry or interdisciplinarity, in the sense of construction (Fragou, Grigoriadou & Papanikolaou, 2010).

Due to the necessity of gathering data within the “natural environment” of the school classroom, as well as the necessity of the direct involvement of the (educator-) researcher in the learning process, the qualitative research approach was selected as the method of work, having the “participatory observation” as its main axis (Katerelos, 2008). The research was conducted in the natural context of the school class (the school Laboratory of Electronic Measurements of the 1st Vocational Senior High-School of Chryssoupolis), by the teacher, who was also the responsible of the Environmental project, being also the (qualitative) researcher and – partly – the observer of the sample (the Experimental Group). The sample of the research (the experimental group) were the Environmental Team of the school, consisting of seven (7) students. The team had the study of the Particulate Matter (PM) in the atmosphere (of their school and houses), as the topic of its project. It is obvious that the small number of the participants in the research does not allow a great generalisation potential of the results (Cohen, Manion, & Morrison, 2008).

The subjectivity of the method of participatory observation (Issari & Pourkos, 2015) necessitates the collection of data with various tools. The data collection tools chosen here were: the recording of field notes in a diary (observation protocol), the filling in of a personal diary by each of the participating students after each meeting, as well as the filling in of a semi-structured questionnaire by the students at the end of the whole project (Katerelos, 2008)

The method used for the analysis of the data which evolved from the procedures of: the observation, of the personal diaries and of the semi-structured questionnaire, was the method of “thematic analysis” (Braun & Clarke, 2006, cited in Issari & Pourkos, 2015). The categories of data which came out from the processing of the data, corresponded to concepts related to:

- The processes of “carrying out”, including “construction”, “search for information” and “writing”.
- The knowledge field itself, such as “the consequences of being exposed to PM, for the humans and the environment”, “the limiting higher values, as defined by international organisations and institutions” and “the manner of application of the Arduino, in the process of creating the measuring tool”.
- The domain of skills as “I assemble – I construct”, “I program” and “I handle”.
- The framework of organising and functioning, such as “creating groups/teams”, “ways of decision taking” and “determining the person in charge”.
- The emotional domain, such as “joy-satisfaction”, “disappointment” and “pride”.

From the aforementioned categories (code numbers), the thematic axes evolved which concern:

- The manner of constructing the measurement tool.
- The knowledge benefits that the students obtained.
- The social skills that the students cultivated.
- The sentiments that the students experienced throughout the whole course of the work.

Regarding the value of the data gathered by “participative observation” Lincoln & Guba argue that in qualitative research, in general, there is no possibility of generalising the results, given that the size of the sample is very limited and its representative ability does not follow the general population. As these authors say: «The only generalisation is: there is no generalisation!» (Lincoln & Guba, 2000). Nevertheless, Mason (2002) argues that the principle of “transferability” applies. According to this specific principle, if the results stemming from the analysis of the findings are related within a certain context, they can be applied to other, quite similar (social in this case) contexts (Tsiolis, 2014). In the case of the current work, the project took place within a school environment of a Greek Vocational Senior High-School (2nd Class). The class consisted of students with no previous notable experience related to the construction and use of the Arduino platform.

A measure of the “transferability” is also the dense description of the events and the reference to the latter, within the narrations of the participants (Issari & Pourgos, 2015). The original sections of the speech of the participants (the members of the students' group) who were integrated in the “results” section of the work, evolved from the semi-structured questionnaires and their individual diaries.

Another important criterion of evaluation for the qualitative researches, is the “credibility”, which concerns the correspondence of the views of the participants of the research with the social phenomena under study, and the way these views are presented by the researcher (Tsiolis, 2014). For the harassment of credibility, the method of “triangulation” was used (Cohen, Manion & Morrison, 2008). The data collected through the observation protocol, which – in its turn – was used as the main resource, had to be confirmed, for every thematic area separately, by using the corresponding data of the questionnaire and of the personal diaries of the students (the Experimental Group).

RESULTS AND DISCUSSION

As regards the realisation of the project, this was completed in the five aforementioned phases, explained in Figure 1.

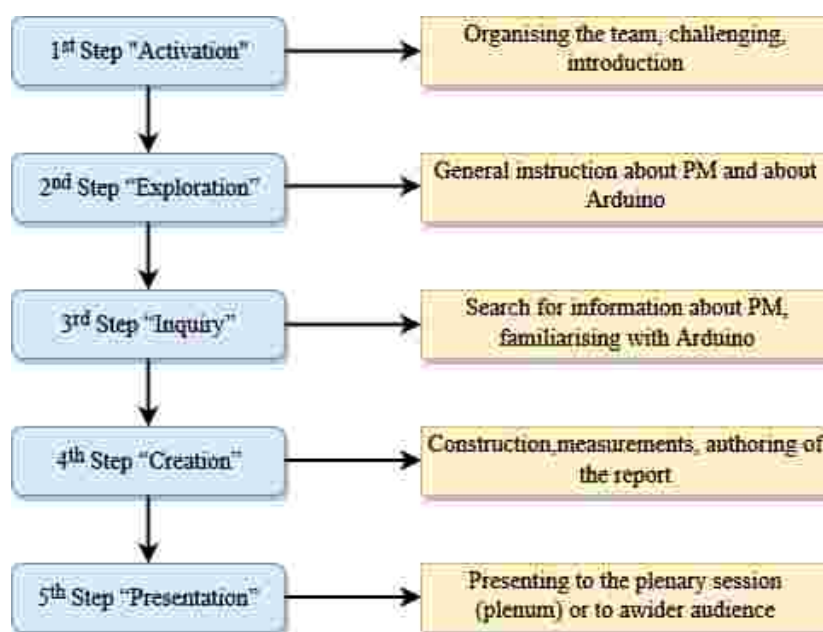


Figure 1: Steps of the course of work of the environmental team of the school.

The result of the work of the team was mainly the artifact, the measuring tool, which has the technical characteristics displayed in Table 1.

Recorded (Values)	Quantities	Date, time, PM10, PM2,5, temperature, relative humidity
Displayed (Values)	Quantities	PM10, PM2,5, temperature, relative humidity, battery voltage, non existence of memory card.
Operating Voltage		9 – 12 V, DC
Batteries		8 X 1,2V AA Ni-MH
Range of values of the PM measurements		0,0 – 999,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Speed of response		<10 sec

Table 1: The characteristics of the measurement tool

The measuring tool has an Arduino Uno, as its basis. It consists also of a hovering particles (PM) SDS011 sensor, a DHT22 temperature and relative humidity sensor, an ITC screen of four lines for the depiction of the measurements and – finally – of a Data Logger Shield for the insertion of the SD card, aiming at the recording and saving of the measured values. Optionally, a Sensors' Shield can be used, for the connection of the peripheral devices with the Arduino. The final pattern of the electrical connections of the parts of the measuring tool is depicted in Figure 2.

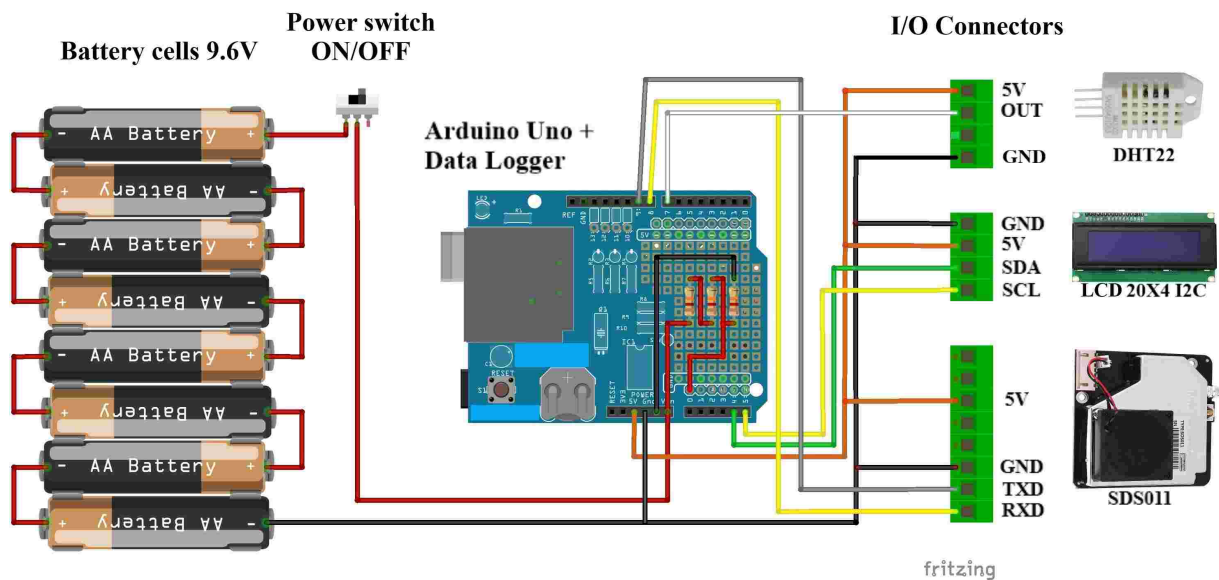


Figure 2: A drawing of the connections between the parts of the measurement tool

The final form of the artifact is depicted in Figure 3.

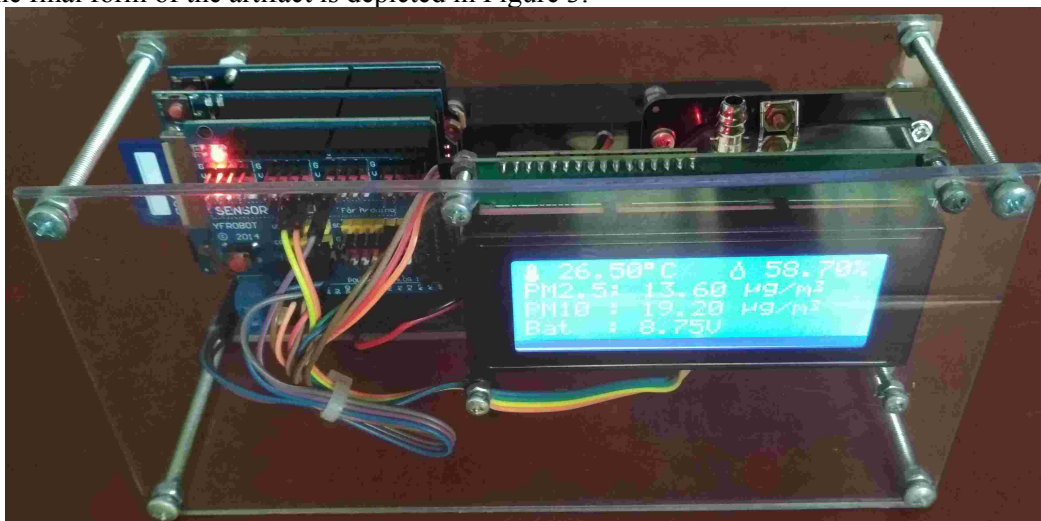


Figure 3: The final form of the artifact

For the programming of the artifact, the Arduino IDE programming environment was used, whereas for simplifying the structure of the programming code, ready libraries were used, through which Arduino was communicating with the other devices. The remaining of the programming code was composed in discrete sections, which are referred to, on each peripheral device. The flowchart of the program is depicted in Figure 4.

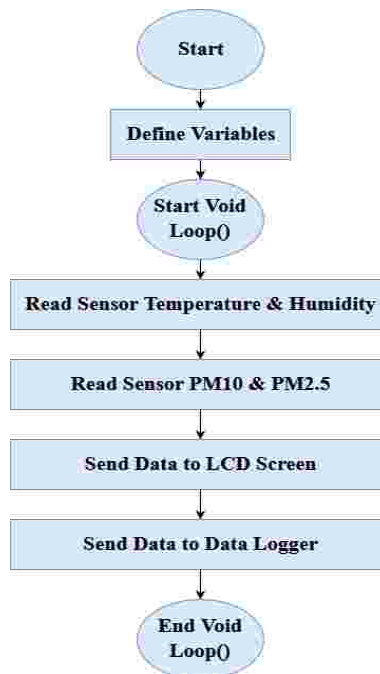


Figure 4: A Flowchart of the programming algorithm

The taking of measurements was performed by the students in indoor areas of their school, in the area of the school yard, as well as in the houses of specific students, who – since the beginning of the project – were highly motivated by the issue of constructing the artifact/measurement tool and were challenged by the question on how they could pull through with the construction process. Even as early as in the second meeting of the team, high expectations showed up: «...let's create and start strongly, to make everyone crazy!... », «...it's very nice to get involved with the programming...».

During the third and the fourth meeting of the team, the students were involved exclusively with the design of the artifact and the programming of it: «...we started the construction...we mounted the LCD screen, as well as the battery case ...[together with] the main sensor, SDS011». Their will for the rapid completion of the project was so strong, that the majority of the students did not ask or take any brake, in a meeting which lasted four consecutive teaching hours!

When the process of constructing the tool was completed, the students expressed the opinion that they are able from now on – alone or with a little help by someone – to create something similar: «...it was a nice work with the Arduino; it teaches us what we can do on our own», «...the construction was very interesting and I enjoyed it very much. It is relatively easy in the building, but difficult in the programming». An indicative fact is that in a related question in the Questionnaire, all the students answered that they are now in a position to construct their own measuring tool, with 2 of them stating that they believe that they can do it with no help at all. Selected answers are depicted in Table 3. As far as the skills they acquired with their participation in the construction are concerned, their statements vary, depending on each one's degree of involvement in the construction: «...[I acquired] experience [in order] to involve in my own projects», «we learned how to use tools [and] to program the Arduino», but also «I learned insignificant things».

Generalising, as far as the construction of the artifact is concerned, it can be said that most of the students were involved. The motive of the quick completion of the construction worked positively, whereas the construction itself motivated 5 out of the 7 students of the team, in an extent depending on everyone's degree of involvement. All of the students also stated, in the end, that they believe that they can now construct something similar in the future.

As regards the cognitive objectives, these were mainly related to the conceptualisation, on behalf of the students, of the ways that the hovering particles of diameter up to 2.5 μm and up to 10 μm are released in the atmosphere. Additionally, an objective was the realisation of the consequences of PM

to the human way of life and health and to the natural environment. The students worked in this field, from the onset of their work, in a parallel manner with their work in constructing the artifact : “...[this project] teaches us what is happening in the air and what we are breathing”. From the answers to the Questionnaire, as depicted in Table 2, it stems that the students the negative impact of the pollution of the atmosphere with PM, to the plant growth: “[negative consequences} to the plants and the trees”.

Questions from the Questionnaire	Students' answers
1. Which are the main consequences – in your opinion – of the release of Particulate Matter, for the natural environment?	<p><i>They cause damage to the people, to the Nature and to the animals.</i></p> <p><i>To the plants and the trees</i></p> <p><i>They pollute a lot</i></p> <p><i>Consequences to plants</i></p> <p><i>Interests</i></p> <p><i>Fireplaces, cars, factories</i></p>
2. Which, according to your beliefs, are the main consequences of the release of PM for the human beings?	<p><i>Addiction</i></p> <p><i>Substances that cause damage to the human organism</i></p> <p><i>They do harm, they reach till the blood</i></p> <p><i>Respiratory problems, reaching even death</i></p> <p><i>Cancer, death</i></p> <p><i>Respiratory, illnesses</i></p> <p><i>Cancer</i></p>
3. What do you think that this process of constructing the measurement tool offered to you, as far as the skills of handling tools are concerned?	<p><i>The experience to work with my own projects</i></p> <p><i>We learned how to use tools, how to program the Arduino</i></p> <p><i>I learned trifle</i></p> <p><i>You know where you are “stepping on”</i></p>
4. Do you think that you can create a measurement tool, based on Arduino, on your own? (e.g. a system for measuring temperature)	<p><i>Of course. Now I can create such tools in a much easier way and much faster.</i></p> <p><i>I think that yes, if I have some help.</i></p> <p><i>Yes, provided that I have the tools and some help.</i></p> <p><i>Yes!</i></p> <p><i>If I am given specific instructions, I think that I am able.</i></p> <p><i>Yes, but with some difficulty.</i></p> <p><i>After all these that we have done, I do not think that it is such a difficult task to make something using Arduino.</i></p>
5. Suggest ways for the reduction of hovering PM in the atmosphere (in general).	<p><i>If all the inactive citizens turn into being active and become aware (sensitised) on the issue, then everything will be fixed.</i></p> <p><i>To stop working the fireplaces in towns, to turn cars into electric ones and the factories stop working simultaneously.</i></p> <p><i>Very few things can be done, as is, for example to reduce the use of cars, and go on foot, by bicycle or by Public Transport Media (PTM), as much as possible.</i></p> <p><i>To reduce the usage of cars etc, and to replace them with electric ones. To stop oil or/and carbon combustion and use instead only Renewable Energy Sources (RES).</i></p> <p><i>To reduce combustion a bit.</i></p>

Table 2: Selective students' answers which have a cognitive content (related to the questionnaire)

As far as the consequences on human health from the exposure to such environments are concerned, the students were impressed from the very first meeting, after they were informed about the findings of the European Environment Agency’s (2017) report about air quality in Europe. According to the report, fine particular matter can pose detrimental effects on human health, causing

respiratory damage, severe diseases such as lung cancer and potentially death. In parallel, the statements that were put forward by the students imply the achievement of a deeper level of understanding of the causal relationship between fossil fuel combustion and particulate matter emissions: «...restriction of internal combustion engine car use and use of electric vehicles instead. Stop using oil and coal as energy sources. Use only renewable energy sources», «reduction of combustion for energy production», «stop using fireplaces, industries should take turns in terms of operation», «promote active mobility and use bicycles», are some characteristics suggestions made by the students.

Question	Student answers grouped in conceptually similar categories		
Negative consequences on the environment from PM concentration	Many/several 5	Some/none 0	I don't know 1
Negative effects on humans from PM concentration	Many/several 7	Some/none 0	I don't know 0
What did the project offer you?	New knowledge 2	New experiences 2	I don't know
I can construct a similar device with Arduino	Yes 6	No 0	Maybe 1
Ways to reduce PM	Reduction of combustion 4	Citizen mobilization 1	I don't know
Suggested behavior for residents in order to reduce PM concentration	Reduction of combustion 3	Citizen mobilization 3	I don't know
My feelings	Positive 6	Negative 0	
Group Function	Smooth cooperation 6	Non-smooth cooperation 1	

Table 3: Student answers grouped in conceptually similar categories (from questionnaire) [in some cases, students did not answer]

Regarding the feelings of the students during the course of the project, since the very first day the majority of the students exhibited excitement, interest and anticipation for the project (Table 5). At the same time, some were feeling cautious. After the completion of the construction of the measurement tool, very strong feelings came out, such as «I feel proud for the software [development team] that completed the project...». After this point and until the end of the project, the feelings that were expressed were happiness, enthusiasm and satisfaction. The students appeared to be specifically satisfied with the outcome of their work, which –although tedious- compensatory in intellectual terms: «a mix of pride with satisfaction...», «I would like to try this again». In Table 4 we can see the questionnaire answers about the kinds of feelings that the students felt after the completion of the construction of the measurement tool (artifact).

Question	Student Answers
7. Describe your feelings after the completion of the construction of the measurement tool	<p><i>A mix of pride with satisfaction...</i></p> <p><i>Happiness and enthusiasm</i></p> <p><i>I am happy that I completed it, because I learnt so much but I also felt relieved from not having to do any more work</i></p> <p><i>I am happy that I participated in such a construction and I would like to try similar ones again</i></p>

	<p><i>Tiredness and joy</i> <i>My feelings are good, because I learnt that will team work you can make so many things easier</i></p>
--	---

Table 4: Student answers for the 7th question of the questionnaire

Meeting	Registration of feelings – expressions– judgments of students from their personal diaries
1 st	<p><i>It will be nice to work in this program</i> <i>The results of our search were fascinating</i> <i>We can so do many impressive things</i> <i>It is too early...</i> <i>Interesting information</i></p>
2 nd	<p><i>We are advancing well. In the next meeting we will try to begin constructing and everyone will go crazy!</i> <i>Very well-designed project with immense potential</i> <i>The lesson was very nice</i> <i>It was a good experience</i></p>
3 rd	<p><i>As a leader [coordinator] I want to thank the good team that we have. I feel proud for the software [group] that completed the code</i> <i>X wanted to do everything by himself and this is not very nice</i></p>
4 th	<p><i>Today the lab went great. Our project has strong educational characteristics and it is worth doing it.</i> <i>The Arduino task was nice</i> <i>The measurement tool is very interesting and I really liked it. It is relatively simple in terms of construction but developing its code is difficult</i> <i>Today was a good day, albeit somewhat boring. The hours I spend in class were pleasant and went by fast. I hope for the remaining days to be like this.</i></p>
5 th	<p><i>Generally, the entire project is interesting, we learnt a lot of things as well as how to work as a team</i> <i>I liked it, it was really nice</i> <i>I know that no matter how much I want to change things, I cannot do this alone</i></p>

Table 5: Registration of feelings – expressions– judgments of students (from the personal diaries)

Conceptual categories		Total number of references from students
Judgments	Positive	11
	Negative	2
	Neutral / in waiting	1
Feelings	Positive	2
	Negative	0
Behaviours	Liking, good impression	2
	Team player, team work	3

Table 6: Grouped conceptual categories of judgments, feelings and behaviours of students (from their personal diaries)

In social terms, the observed function of the team was deemed satisfactory, as in the majority of the circumstances the students collaborated well for the attainment of their common goal. In some cases, they even self-organised, forming sub-groups responsible for the theoretical analysis and the development of the final report.

	Learning outcome – «I am aware of...»	Number of Students

PM	...the impacts of high PM concentration on ecosystems	6
	...the impacts of high PM concentration on human health	7
	...the most important emission sources of PM into the atmosphere	6
	...the upper concentration limits as defined by international organizations	2
	...to make measurements of PM concentration levels	6
Ardui no	...to connect hardware on Arduino	4
	...how Arduino is programmed	4
	...to write code for Arduino	1

Table 7: Combination of combined learning outcomes (from questionnaire, personal diaries and activities' observation calendar)

Most students believed that they had a good cooperation among them: «...I would like to thank the great team that we have...» with «interesting ideas, good work coming from all» but also on operation level «it was our first smooth collaboration», «...with teamwork you can build so many things easily». In two of the seven cases of students there were collaboration challenges as internal competition developed between the aforementioned two students: «X ... was playing it leader... he thought that he could do everything by himself and he wouldn't take any of our help». Fortunately, this competition did not get out of control and it did not affect the other members of the group or the team as a whole. In sum, the team functioned well, making largely autonomous decisions after the third meeting. Each student assumed their own role, and despite the aforementioned competition instance they worked as a team for the fulfillment of a common goal «...we learned many things, as well as how to work as a team...».

CONCLUSIONS

Based on the results presented in the previous section, the conclusions of the work can be outlined in three discrete basic axes, related to the initial research questions: a) whether or not the students were rendered capable of constructing the measurement tool of PM₁₀ and PM_{2.5} themselves, b) whether they carried out successfully – or not – an Environmental Education project of this type, having as its topic the study and measurement of hovering air pollutants (PM₁₀ and PM_{2.5}) and c) the contribution of the whole process of construction to the conquer of cognitive and socio-sentimental objectives.

The construction of the measurement tool by the students seemed to be feasible, even in the cases where they were not familiar with the Arduino platform. In order to achieve this, though, an arrangement of the whole procedure (teaching course) was needed, in the model of “declining guidance”, while, in the meantime, the educator in charge who was supervising the project would be necessary to possess some basic construction principles of electronic circuits and programming of Arduino. The most difficult stage in the course towards the construction proved to be the design. The students who are not familiar with Arduino found it very difficult to design a diagram of the connections of the devices, even if they received external help. A similar difficulty came up, in their effort to write programming code. To overcome the two difficulties, it was considered as proper to provide the whole team both with the diagram of the connections and with the programming code, in sections, for every input and output device. The students managed, this way, to “assemble” the material on the one hand, and, on the other hand, to put the devices together, by understanding the use of each part.

The current Environmental Education project described here, in which the construction process was integrated, was developed in five (5) phases. Starting out with a general introduction to the topic (atmosphere pollutants, general things about Arduino), the project was specialised, during its course, in the study of hovering particles (PM), in the construction details of the – based on Arduino – measurement tool, reaching finally to the taking of the measurements and the extraction of knowledge outcomes. The students seemed to respond quite satisfactorily too all this course of action, by participating in all of its phases, more and more actively, conquering – during the last steps – a relative autonomy, expressed by doing actions that were not designed from the onset (such as

measuring values of particles in smokers' areas and rooms). This good action is depicted in the answers to the questionnaires, their personal diaries' notes and their recorded statements. In these regards, the project is considered as being completed quite successfully.

During the evolution of the project, in parallel with the construction, the students were introduced into fields concerned with many knowledge components, the latter mainly being related to hovering PM. The students' overall experience with the construction provided, as we conclude, the prerequisites for the discovery on their behalf, to an important degree, of the aforementioned knowledge aspects, which are related to the ways of PM emission, the problems of the living organisms who are exposed to environments lusted up with PM10 and PM2.5, as well as to the ways of facing the problem and the ways of terminally solving it. Most of the students seemed also to have conquered the basic knowledge and creating skills about the Arduino platform, as well the programming of the latter, since, in a meta-cognitive stage, they all refer that they are in a position to create something similar, with no help or with some external help.

Finally, at the socio-sentimental domain, at first the whole procedure is considered to have been, at least, pleasant for the students. Sentiments such as “joy”, “satisfaction” and “pride” are not learners' sentiments that one comes faced to with often, especially in the Greek schooling system. Yet, these were quite regularly expressed by the participating students. As far as the team is concerned, it is considered as having functioned satisfactorily, especially after the third meeting, and that it had enough cohesion and autonomy in decision-making. The students undertook roles, took initiatives, and, despite the fact that an event of competition between them occurred, they worked for the fulfillment of a common aim, realising, above all the need for team-action: “...no matter how much I want to change them, I can achieve nothing only on my own...”.

REFERENCES

Greek Language:

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2008). *Research Methods in Education* [Greek language] (translation: S. Kyranakis). Athens: Metaichmio Publishers.

Fragkou, S., Grigoriadou, M., & Papanikolaou, K. (2010). *Designing Robotics' Activities for Junior High-School Students*. [Greek language]. Presentation at the 5th Pan-Hellenic Conference: “Didactics of Informatics”. Athens: April 2010. Retrieved by: <http://www.etpe.gr/custom/pdf/etpe1542.pdf>, on the 6th June of 2018.

Issari, F., & Pourkos, M. (2015). *Qualitative Methodology of Research: Applications to Psychology and Education*. [Greek language]. Athens: National Technical University of Athens.

Katerelos, I. (2008). *Introduction to Social Research – Lecture Notes*. [Greek language] Athens: Panteion University.

Paliouras, A., & Psycharis, S. (2017). A teaching proposal for the lesson of “PC programming” in the Lyceum, with the STEM Methodology. [Greek language] *Proceedings of the 5th Pan-Hellenic Conference “Inclusion and Use of ICTs in the Educational Process”*, pp. 735-746. Athens: ASPAITE University, April 2017.

Tsiolis, G. (2014). *Methods and Techniques of Analysis in Qualitative Social Research*. [Greek language] Athens: Kritiki.

English Language:

Carborano, M., Rex, M., & Chambers, J. (2004). Using LEGO Robotics in a Project-Based Learning Environment. *The Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning*, 6(1). Retrieved by: <http://imej.wfu.edu/articles/2004/1/02/index.asp> on the 6th June of 2018.

EPA (United States' Environmental Protection Agency) (2018). “Build your own Particle Sensor”. Retrieved by: <https://www.epa.gov/climate-research/build-your-own-particle-sensor>, on the 6th June 2018.

European Environment Agency. (2017). *Air quality in Europe — 2017 report*. Retrieved by: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>, on the 6th June of 2018.

Greenpeace. (2013). *Silent Killers*. Retrieved by: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2013/Silent-Killers.pdf>, on the 6th June of 2018.

Lincoln, Y., S., & Guba, E., G. (2000). "The Only Generalization is: There is No Generalization". In: Gomm, R., Hammersley, M., & Foster, P. (Editors): *Case Study Method*. London: SAGE Publishers.

Mason, J. (2002). *Qualitative researching* (2nd ed.). London: SAGE Publishers.

Nelson, M. (2014). *Teaching students science and engineering with high altitude balloons and Chip Kits*. Paper presented at the: 121st ASEE Annual conference & exposition, Indianapolis.

Oprea, M. & Miron, C. (2013, August). *Applied Physics Projects Using the Arduino Platform*. Paper presented at the 8th International Conference on Virtual Learning, Bucharest.

Papert, S. (1980). *Mind-storms: Children, Computer and Powerful Ideas* New York: Basic Books Inc.

Peto, M. (2017, February). *Space research and mini-satellites in secondary high school*. Paper presented at the 3rd International Conference on Research Technology and Education of Space, Budapest.

Rafferty, J., & Laird, G.S. (2013). Children's Observations of Place-Based Environmental Education: Projects Worlds apart Highlight Education for Sustainability Inherent in Many Programs. *Journal of Sustainability Education*, Vol. 5, May 2013.

University of Montana (2018). *Center for Environmental Health Sciences (CEHS) Teachers' resources and Lesson Plans*. Retrieved by: <https://education.cehs.health.umt.edu/sites/default/files/PM%20Lesson%201%209.28.15.pdf> on the 6th June of 2018.

World Health Organization. (2013). *Health effects of Particulate Matter*. Retrieved by: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf on the 6th of June 2018.

World Health Organization. (2016). *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*. Retrieved by: <http://who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/> on the 6th of June 2018.

Playing with Protons: Σχεδιάζοντας ένα ταξίδι στο Διάστημα με δραστηριότητες STEM στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Α. Μίχου¹, Φ. Συλιγάρδου², Θ. Καραμάνου³

¹Εκπαιδευτικός ΠΕ70, 2^ο Δημοτικό Σχολείο Βουτών
agathi30michou@gmail.com

²Εκπαιδευτικός ΠΕ86, M.Sc., 2^ο Δημοτικό Σχολείο Βουτών
silfot@sch.gr

³Εκπαιδευτικός ΠΕ70, 2^ο Δημοτικό Σχολείο Βουτών
Thomkar@outlook.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τον τρόπο υλοποίησης ενός προγράμματος με τίτλο «Από τη Γη στη Σελήνη. Σχεδιάζοντας ένα ταξίδι στο Διάστημα» το οποίο εκπονήθηκε κατά το σχολικό έτος 2017 – 2018 στα μαθήματα Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (Τ.Π.Ε.), Φυσικής, Γεωγραφίας και Γλώσσας της ΣΤ' τάξης. Η προτεινόμενη δράση αξιοποιεί και διευρύνει τις γνώσεις των μαθητών στη Φυσική και στις Τ.Π.Ε. για την προσέγγιση και κατανόηση του επιστημονικού τρόπου σκέψης, της σύγχρονης φυσικής και του προγραμματισμού ηλεκτρονικών υπολογιστών, μέσα από δραστηριότητες STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Επιπροσθέτως, ενισχύει την ανάπτυξη δεξιοτήτων συνεργασίας με σκοπό την επίλυση προβλημάτων, δημιουργικής εμπλοκής στην ανακάλυψη της λύσης, ανάλυσης, αξιολόγησης των αποτελεσμάτων και επικοινωνίας. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα στηρίχθηκε στην πρωτοβουλία του πειράματος CMS του CERN με τίτλο “Playing with Protons”, υποστηρίχθηκε από το Ευρωπαϊκό έργο CREATIONS και χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα «Μαθαίνουμε Παρέα» του Κοινωνικού Ιδρύματος Ιωάννη Σ. Λάτση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: STEM, Playing with Protons, Μαθαίνουμε Παρέα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια, η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας και η συνεπακόλουθη επιστημονική πρόοδος, έχουν προκαλέσει μια νέα δυναμική στη σχολική πραγματικότητα. Καθώς η δυναμική αυτή είναι πολυδιάστατη, αγγίζοντας ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων, προκύπτει η ανάγκη νέων εκπαιδευτικών προσεγγίσεων αλλά και αλλαγής στην διδακτική αναπλαισίωση των γνωστικών αντικειμένων (Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017). Από την άλλη, το σύγχρονο σχολείο, ως ζωντανός οργανισμός μάθησης, είναι ανάγκη να λειτουργεί ως μια ασφαλής νησίδα θαλπωρής, κοινωνικοποίησης, μάθησης και πειραματισμού. Σε αυτό το πλαίσιο, ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι πολύ σημαντικός, καθώς λειτουργώντας διαμεσολαβητικά και υποστηρικτικά μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να οργανώσουν τις ήδη υπάρχουσες γνώσεις και αντιλήψεις τους σε συνεκτικές έννοιες, και να κτίσουν πάνω σε αυτές τη νέα γνώση (Pine, Messer & John, 2001).

Στο Πρόγραμμα Σπουδών των Φυσικών Επιστημών για την τελευταία τάξη του Δημοτικού Σχολείου δίνεται έμφαση στην καλλιέργεια της παρατήρησης, τη διατύπωση υποθέσεων και της διερεύνησης των υποθέσεων αυτών με συστηματικό τρόπο, προτρέποντας τους μαθητές στο να σχεδιάζουν και να δοκιμάζουν τις δικές τους λύσεις. Με αυτό τον τρόπο οδηγούνται στον έλεγχο των υποκειμενικών τους απόψεων και στην υιοθέτηση αντικειμενικών αποτελεσμάτων που προκύπτουν από το σχεδιασμό και την υλοποίηση των ερευνών τους (Vosniadou κ.ά., 2001).

Οι Τ.Π.Ε. μπορούν να βελτιώσουν την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες και να αποτελέσουν τη βάση για την ανάπτυξη ανώτερων γνωστικών δεξιοτήτων οι οποίες είναι απαραίτητες για την οικοδόμηση της νέας γνώσης από τους ίδιους τους μαθητές (Underwood, 2009). Το Πρόγραμμα Σπουδών για τις ΤΠΕ στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην ολοκλήρωση των γνώσεων και των τεχνικών δεξιοτήτων, στην καλλιέργεια ικανοτήτων μεθοδολογικού χαρακτήρα και, τελικά, στην αυτόνομη ανάπτυξη όλων των μαθητών. Προτείνεται η υλοποίηση διαθεματικών σχεδίων εργασίας, ενθαρρύνοντας τη διερευνητική προσέγγιση των νέων γνώσεων, τη συνεργατική μάθη-

ση, την αυτενέργεια και τη δημιουργικότητα των μαθητών (Ford & Forman, 2006; Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007).

Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες, στην κορυφή των εκπαιδευτικών στόχων σχετικά με την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες τίθεται η ανάπτυξη δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου μέσα από δραστηριότητες STEM. Στις δεξιότητες αυτές συγκαταλέγονται η δυνατότητα επίλυσης προβλημάτων, η διενέργεια επιστημονικών διερευνήσεων, η ανάπτυξη μοντέλων και η ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων (Psycharis, 2016). Η υλοποίηση του STEM μπορεί να συνδυαστεί με τη διερευνητική μάθηση μέσω καινοτόμων παιδαγωγικών μεθόδων, παρέχοντας ευκαιρίες για την ανάπτυξη δεξιοτήτων και ενθαρρύνοντας τα παιδιά να απαντούν σε ερωτήματα και να εμπλέκονται σε παιγνιώδεις δραστηριότητες (Bell κ.ά., 2010).

Μία ενδιαφέρουσα πρόταση για την υλοποίηση του STEM στο Δημοτικό Σχολείο θα μπορούσε να αποτελέσει ο προγραμματισμός ρομποτικών κατασκευών καθώς και ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή Arduino. Ο προγραμματισμός ρομποτικών κατασκευών δημιουργεί ένα εντελώς νέο περιβάλλον μάθησης, που αναπτύσσει τις ικανότητες επίλυσης προβλήματος των μαθητών και την ανάπτυξη υψηλών γνωστικών και μεταγνωστικών διεργασιών (Τσοβόλας & Κόμης, 2008). Με τον μικροελεγκτή Arduino οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να επέμβουν με ποικίλους τρόπους στην πειραματική διαδικασία και να ελέγξουν τις υποθέσεις τους (Rubio, Hierro & Pablo, 2013). Σε συνδυασμό με το λογισμικό Scratch4Arduino μπορεί να προσφέρει ένα περιβάλλον για την κατασκευή μοντέλων και την αξιολόγηση της συμπεριφοράς τους (López & Hernández, 2015). Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές μπορούν να αναπτύξουν ικανότητες όπως η αλγοριθμική σκέψη, η οργάνωση και ανάλυση δεδομένων, η αποτελεσματικότητα και η δημιουργικότητα (Przybylla & Romeike, 2014).

Το πρόγραμμα «Από τη Γη στη Σελήνη. Σχεδιάζοντας ένα ταξίδι στο Διάστημα» εκπονήθηκε κατά το σχολικό έτος 2017 – 2018 στο 2ο Δημοτικό Σχολείο Βουτών σε δύο τμήματα της ΣΤ' τάξης με συνολικά 48 μαθητές. Ο βασικός σκοπός του προγράμματος ήταν αφενός να μυήσει τους μαθητές στον επιστημονικό τρόπο σκέψης και την κοσμολογία και αφετέρου να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις Τ.Π.Ε. ως ένα εργαλείο διερεύνησης, απόκτησης γνώσης και επίλυσης προβλήματος. Οι δραστηριότητες σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να εμπλέξουν τους μαθητές στην επίλυση προβλημάτων και στηρίχθηκαν στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και της δημιουργικότητάς τους. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα στηρίχθηκε στην πρωτοβουλία του πειράματος CMS του CERN με τίτλο [“Playing with Protons”](#) (Alexopoulos & Nantsou, 2017).

ΓΕΝΙΚΟΣ ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΧΟΙ

Ο βασικός σκοπός του προγράμματος ήταν να εξοικειωθούν οι μαθητές με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, έννοιες της σύγχρονης φυσικής και τον προγραμματισμό ηλεκτρονικών υπολογιστών μέσα από διασκεδαστικές δραστηριότητες STEM με θέμα ένα ταξίδι στο Διάστημα. Επιπροσθέτως, να μάθουν να επικοινωνούν και να συνεργάζονται με σκοπό την επίλυση προβλημάτων, τη δημιουργική εμπλοκή στην ανακάλυψη της λύσης, την ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Στους επιμέρους στόχους συγκαταλέγονται οι παρακάτω:

- Κατανόηση της εξέλιξης των γνώσεων για το Σύμπαν από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα
- Κατανόηση της εξέλιξης του Σύμπαντος
- Κατανόηση ότι η Γη είναι ένα πολύ μικρό μέρος ενός ηλιακού συστήματος που με τη σειρά του είναι ένα πολύ μικρό μέρος του σύμπαντος
- Απόκτηση δεξιοτήτων επιστημονικής έρευνας
- Ανάπτυξη κριτικής σκέψης και έκφραση με ποικίλα μέσα
- Χρήση των Τ.Π.Ε. ως μέσου ανακαλυπτικής μάθησης στις φυσικές επιστήμες
- Ανάπτυξη αλγοριθμικής σκέψης
- Επινόηση στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων
- Δημιουργική εμπλοκή στην ανακάλυψη λύσεων
- Ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων
- Αποδοχή της διαφορετικότητας απόψεων και δεξιοτήτων
- Ικανότητα προσαρμογής των μαθητών στις αποφάσεις της πλειοψηφίας των μελών της ομάδας τους

- Εφαρμογή κανόνων για την εύρυθμη λειτουργία της ομάδας
- Δημιουργία ευχάριστου παιδαγωγικού περιβάλλοντος
- Ενίσχυση της αυτοπεποίθησης και της αυτενέργειας
- Ικανότητα παρουσίασης των έργων τους

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Για την υλοποίηση του προγράμματος εφαρμόστηκε η ομαδοσυνεργατική και η διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας. Η πρώτη επιλέχθηκε με σκοπό να βελτιωθούν οι σχέσεις μεταξύ των μαθητών, να μειωθούν τα επίπεδα άγχους σε περίπτωση λάθους, να ενισχυθεί η δεξιότητα επινόησης πρακτικών για την επίλυση προβλημάτων και να εξασφαλιστεί η ενεργός συμμετοχή όλων των μαθητών (Ματσαγγούρας, 2005). Η δεύτερη χρησιμοποιήθηκε καθώς πρόκειται για μια δομημένη μαθητοκεντρική μέθοδο επίλυσης προβλημάτων, αναζήτησης πληροφοριών και ερμηνείας δεδομένων που ενδείκνυται σε δραστηριότητες STEM. Βασίζεται στην αναλυτική σκέψη, απαιτεί λογική ακολουθία, έχει αντικειμενικό χαρακτήρα και προϋποθέτει εξοικείωση με τους κανόνες της λογικής καθώς υπάρχει πλήρης συνείδηση του σκοπού του κάθε βήματος. Ο ρόλος των εκπαιδευτικών κατά την υλοποίηση των δραστηριοτήτων ήταν συμβουλευτικός και οι παρεμβάσεις γίνονταν μόνο όταν το ζητούσαν οι μαθητές (Helm & Katz, 2012).

Για την υποστήριξη των δραστηριοτήτων χρησιμοποιήθηκε η διαδικτυακή πλατφόρμα διερευνητικής μάθησης GoLab (De Jong, Sotiriou, & Gillet, 2014). Δημιουργήθηκαν κατάλληλοι χώροι ηλεκτρονικής μάθησης, ακολουθώντας για κάθε δραστηριότητα τα στάδια διερευνητικής μάθησης: προσανατολισμός, διατύπωση υποθέσεων, ανακάλυψη, συμπέρασμα και συζήτηση (Bell κ.ά., 2010). Επίσης, οι μαθητές είχαν στη διάθεση τους πολυμεσικό υλικό μέσω κατάλληλα διαμορφωμένων [ιστοσελίδας](#) που δημιουργήθηκε για αυτό το σκοπό.

Για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων οι μαθητές χρησιμοποίησαν πακέτα εκπαιδευτικής ρομποτικής Lego WeDo, μικροελεγκτές Arduino και 3D εκτυπωτή. Επίσης, χρησιμοποίησαν τα λογισμικά MS Word, MS PowerPoint, MovieMaker, Scratch, Scratch4Arduino και τα Διαδικτυακά εργαλεία Padlet, Preceden και TinkerCad. Επιπλέον, είχαν στη διάθεσή τους απλά υλικά για τις κατασκευές τους και υλικά από το εργαστήριο Φυσικής. Μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν έναν υπολογιστή ανά δύο ή τρία άτομα και με βάση την αναλογία αυτή δημιουργήθηκαν και οι ομάδες.

Το πρόγραμμα υλοποιήθηκε από τον Οκτώβριο του 2017 έως και τον Μάιο του 2018 χωριζόμενο σε 8 διαφορετικές φάσεις. Η πρώτη φάση αποτέλεσε τη γνωριμία με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και η δραστηριότητα που επιλέχθηκε βασίστηκε στο πρόγραμμα "[Be a Physicist](#)" του Πανεπιστημίου της Γενεύης. Οι μαθητές προσπάθησαν να προσδιορίσουν το περιεχόμενο έξι κουτιών χωρίς να τα ανοίξουν. Κάθε ομάδα διατύπωσε υποθέσεις και μελέτησε τις ενδείξεις για να καταλήξει σε συμπέρασμα. Επίσης, δημιούργησε μία ηλεκτρονική παρουσίαση και όλες οι ομάδες παρουσίασαν τα αποτελέσματά τους στην ολομέλεια προσομοιώνοντας ένα επιστημονικό συνέδριο.

Στη δεύτερη φάση οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με τις ιδέες των διαφόρων πολιτισμών για το Σύμπαν και θα τις συνέκριναν με τις σύγχρονες θεωρίες της κοσμολογίας. Από τους αρχαίους Έλληνες έως το Γαλιλαίο, τον Κοπέρνικο και τη σύγχρονη κοσμολογία οι μαθητές μέσω κατάλληλα διαμορφωμένου ηλεκτρονικού χώρου διερευνητικής μάθησης της διαδικτυακής πλατφόρμας GoLab, διερεύνησαν τα δεδομένα και δημιούργησαν μία ταινία με την εξέλιξη των απόψεων για το Σύμπαν από την αρχαιότητα έως σήμερα. Επίσης, δημιούργησαν μία μακέτα των φάσεων της μεγάλης έκρηξης με απλά υλικά και μία προσομοίωση χρησιμοποιώντας λάμπες led, τον μικροελεγκτή Arduino και το λογισμικό Scratch4Arduino. Τέλος, ασχολήθηκαν με τη δομή της ύλης και δημιούργησαν μοντέλα ατόμων και μορίων με απλά υλικά.

Στην τρίτη φάση οι μαθητές διερεύνησαν τους παράγοντες που κάνουν δυνατή τη ζωή πάνω στη Γη και εξέτασαν τις συνθήκες που επικρατούν στη Σελήνη. Αφού αναζήτησαν στο Διαδίκτυο τις κατάλληλες τιμές του περιβάλλοντος χρησιμοποίησαν μικροελεγκτές Arduino και αισθητήρες θερμοκρασίας, ώστε να ελέγξουν τις τιμές σε διάφορα σημεία του σχολείου τους. Στη συνέχεια ενσωμάτωσαν την κατασκευή αυτή στο όχημα που δημιούργησαν για την εξερεύνηση της Σελήνης.

Στην τέταρτη φάση οι μαθητές ασχολήθηκαν με τα διαστημικά ταξίδια. Σκοπός της φάσης αυτής ήταν να μάθουν ότι τα διαστημικά ταξίδια αποτελούν απόσταγμα της ανθρώπινης ευφυΐας και καρπό της συνεργασίας πλήθους επαγγελματικών ειδικοτήτων. Οι μαθητές ερευνήσαν τις διάφορες αποστολές που έχουν γίνει στη Σελήνη και δημιούργησαν μία ιστοριογραμμή των αποστολών αυτών με το Διαδικτυακό εργαλείο Preceden. Επίσης, κατασκεύασαν ρομποτικά εξαρτήματα με απλά υλικά.

Στην πέμπτη φάση οι μαθητές χρησιμοποίησαν τις γνώσεις που απέκτησαν στην προηγούμενη φάση, τη δημιουργικότητα και τη φαντασία τους για να δημιουργήσουν τη δική τους ιστορία για ένα ταξίδι στο Διάστημα και να εκδώσουν το δικό τους βιβλίο με τις φανταστικές ιστορίες τους κατάκτησης της Σελήνης.

Στην έκτη φάση οι μαθητές έπρεπε να σχεδιάσουν ένα δικό τους ταξίδι στη Σελήνη. Χρησιμοποίησαν το Διαδικτυακό εργαλείο Padlet για τον προγραμματισμό τους και δημιούργησαν το δικό τους μοντέλο επιφάνειας της Σελήνης καθώς και το όχημα εξερεύνησής της. Για την επιφάνεια της Σελήνης, χρησιμοποιήθηκαν ανακυκλώσιμα υλικά ενώ για τις διαστημοσυσκευές χρησιμοποιήθηκαν τόσο απλά και ανακυκλώσιμα υλικά όσο και ο 3D εκτυπωτής και το Διαδικτυακό εργαλείο τρισδιάστατης σχεδίασης Tinkercad. Για το όχημα εξερεύνησης χρησιμοποιήθηκαν τα πακέτα εκπαιδευτικής ρομποτικής Lego WeDo και το λογισμικό Scratch. Δημιουργήθηκε επίσης ένα μοντέλο του ουρανού της Σελήνης που ζωγραφίστηκε με την τεχνική dripping με τέμπερα και προστέθηκαν αστερισμοί με λαμπάκια led που προγραμματίστηκαν με τον μικροελεγκτή Arduino. Στην έβδομη φάση, οι μαθητές χρησιμοποίησαν όλες τις γνώσεις από το πρόγραμμα για να κατασκευάζουν ένα παιχνίδι ερωτήσεων σε Scratch.

Στην όγδοη και τελική φάση οι μαθητές παρουσίασαν τα ψηφιακά έργα τους και τον τρόπο υλοποίησής τους στο 8^ο Μαθητικό Φεστιβάλ Ψηφιακής Δημιουργίας. Επίσης, διοργανώθηκε ειδική εκδήλωση στο χώρο του σχολείου όπου είχαν τη δυνατότητα να παρουσιάσουν όλα τα έργα τους σε μαθητές, εκπαιδευτικούς και γονείς.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το πρόγραμμα, πέτυχε τόσο τον κεντρικό του στόχο όσο και τους επιμέρους υπερβαίνοντας τις αρχικές προσδοκίες. Οι μαθητές συμμετείχαν ενεργά σε όλες τις φάσεις υλοποίησής του δουλεύοντας ομαδικά και δημιουργώντας εξαιρετικά έργα. Ιδιαίτερη εντύπωση προξένησε το γεγονός ότι οι ομάδες ακόμη κι αν είχαν τελειώσει το δικό τους έργο ενώνονταν από μόνες τους με τις υπόλοιπες ομάδες που δούλευαν ακόμη. Αυτό ήταν μία ισχυρή ένδειξη του ενθουσιασμού τους για την υλοποίηση της κάθε δραστηριότητας αλλά και της κατανόησης ότι η κάθε μία δραστηριότητα αποτελούσε ένα ενιαίο σύνολο όπου όλα τα επιμέρους κομμάτια θα έπρεπε να είναι έτοιμα για να ολοκληρωθεί.

Η επιτυχία του προγράμματος αποδεικνύει ότι οι δραστηριότητες STEM μέσα από ένα ομαδοσυνεργατικό πνεύμα στη σχολική τάξη μπορεί να έχει ιδιαίτερα ικανοποιητικά αποτελέσματα ακόμη και για την κατανόηση δύσκολων εννοιών της σύγχρονης Φυσικής και προγραμματισμού από παιδιά Δημοτικού. Μπορεί να ξετυλίξει τη δημιουργικότητά τους, να αναπτύξει την κριτική και υπολογιστή τους σκέψη, να ενισχύσει τις ικανότητες συνεργασίας και την αυτοπεποίθησή τους.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά του υπεύθυνους του προγράμματος Playing with Protons Δρ. Άγγελο Αλεξόπουλο και κα Τίνα Νάντσου για την επιστημονική και παιδαγωγική καθοδήγησή τους. Επίσης, το Κοινωνικό Ιδρυμα Ιωάννη Σ. Λάτση καθώς μέσω της χρηματοδότησης του προγράμματος «Μαθαίνουμε Παρέα» απέκτησε το σχολείο τον απαραίτητο εξοπλισμό για την υλοποίηση του προγράμματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alexopoulos, A., Nantsou, T. (2017). Playing with Protons CREATIONS Demonstrator Διαθέσιμο on line: <http://cds.cern.ch/record/2258255> προσπελάστηκε στις 24/5/2018.

Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S., & Ploetzner, R. (2010). Collaborative inquiry learning: models, tools and challenges. *International Journal of Science Education*, 32(3), 349-377.

De Jong, T., Sotiriou, S., Gillet, D. (2014): Innovations in STEM education: The Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*, 1(3).

- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. Washington, DC: National Academies Press.
- Ford, M. J., & Forman, E. A. (2006). Redefining disciplinary learning in classroom contexts. In J. Green & A. Luke (Eds.), Review of research in education (Vol. 30, pp. 1–32). Washington, DC: American Educational Research Association.
- Helm, H., Katz, L. (2012) Η μέθοδος Project στην προσχολική και πρωτοσχολική εκπαίδευση (μτφ. Α. Βεργιοπούλου, Ε. Εκκεκάκη), Αθήνα: Μεταίχμιο
- López, V., & Hernández, M.I. (2015). Scratch as a computational modelling tool for teaching physics. *Physics Education*, 50 (3), 310-316.
- Ματσαγγούρας, Η. (2005). Η σχολική τάξη. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Pine, K., Messer, D. & John, K. (2001). Children's Misconceptions in Primary Science: a survey of teachers' views. *Research in Science & Technological Education*, 19 (1), 79-96.
- Przybylla, M., Romeike, R. (2014) Key competences with physical computing. In: *Proceedings of Key Competencies in Informatics and ICT (KEYCIT) 2014*. Universitätsverlag Potsdam, Potsdam.
- Psycharis, S. (2016). The impact of computational experiment and formative assessment in inquiry-based teaching and learning approach in STEM education. *Journal of Science Education and Technology*, 25(2), 316–326.
- Rubio, M. A., Hierro, C.M. & Pablo, A.P.D.M. (2013). "Using Arduino to Enhance Computer Programming Courses in Science and Engineering," Edulearn13 Proceedings, pp.5127-5133.
- Τσοβόλας, Σ., & Κόμης, Β. (2008). Προγραμματισμός ρομποτικών κατασκευών: μελέτη περίπτωσης με μαθητές δημοτικού. Στο Β. Κόμης (επιμ.), *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Πάτρα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Underwood, J. (2009). The Impact of Technology: Value-added classroom practice, Coventry: Becta. Διαθέσιμο on line: <http://www.ictliteracy.info/rf.pdf/impact-digital-tech.pdf> προσπελάστηκε στις 21/5/2018.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., and Papademetriou, E., (2001), Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381-419.
- Ψυχάρης, Σ., Καλοβρέκτης, Κ. (2017). *Διδακτική και Σχεδιασμός Εκπαιδευτικών Δραστηριοτήτων STEM και ΤΠΕ*. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.

RoboPathFinder: Η εκπαίδευση STEAM στην πράξη

Αδαμαντία Στάμου

Υπ. Δρ. ΗΜΜΥ ΕΜΠ
stamouad@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα οφέλη της εκπαίδευσης STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics), έχουν ήδη αναγνωρισθεί σε σχέση με τις απαιτήσεις της κοινωνίας στο σύγχρονο περιβάλλον της παγκόσμιας Οικονομίας της Γνώσης, προσφέροντας εφόδια εφ'όρου ζωής στους συμμετέχοντες. Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζεται μια καινοτόμος εκπαιδευτική προσέγγιση για την εκπαίδευση STEAM, βασισμένη στο συνεργατικό και το μαθητοκεντρικό μοντέλο, τα οποία στοχεύουν στην καλλιέργεια της δημιουργικής σκέψης και της αποτελεσματικής συνεργασίας μεταξύ των μελών. Επιπροσθέτως, παρουσιάζεται ένα πρότζεκτ εκπαιδευτικής ρομποτικής το οποίο υλοποιήθηκε από μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μέσω καθοδήγησης από τους εκπαιδευτές-μέντορες, ακολουθώντας την προτεινόμενη εκπαιδευτική μεθοδολογία. Το RoboPathFinder πρότζεκτ εμπνεύστηκε από το ρομπότ Mars Pathfinder και υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ανοιχτό λογισμικό και υλικό.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: STEM/STEAM, εκπαιδευτική ρομποτική, Οικονομία της Γνώσης, ανοιχτό λογισμικό, ανοιχτό υλικό.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γνώση αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα για την καινοτομία και την ανάπτυξη στην σύγχρονη κοινωνία και οικονομία, γνωστή ως Οικονομία της Γνώσης. «Βαδίζουμε προς μια εποχή όπου η γνώση θα αποτελεί τον κύριο στρατηγικό παράγοντα βιώσιμης οικονομικής ανάπτυξης, βασιζόμενοι σε κατάλληλα εκπαιδευμένους ανθρώπους και τις ιδέες τους» (Duderstadt et al., 2005). Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, το ζητούμενο για τους εκπαιδευόμενους της τρέχουσας γενιάς (οι λεγόμενοι millennials) είναι να αναπτύξουν δεξιότητες, χρήσιμες για το μέλλον τους όπως η αποτελεσματική επικοινωνία, η συνεργατικότητα και η δυνατότητα για ερευνητικό πνεύμα προς την κατεύθυνση της διεπιστημονικότητας (Stamou, 2017).

Η εκπαιδευτική ρομποτική στοχεύει στην ενθάρρυνση της κατανόησης και της ενασχόλησης μαθητών και νέων ανθρώπων με την επιστήμη και την τεχνολογία αιχμής, με το να τους προσφέρει διαδραστικές δραστηριότητες σε σχέση με την επιστήμη, τεχνολογία, μηχανική, τέχνη και μαθηματικά, γνωστή παγκοσμίως ως “STEAM”, με τρόπους που η συμβατική εκπαίδευση δεν μπορεί να προσφέρει. Πλέον έχει ήδη αναγνωρισθεί η αξία των γνώσεων σχετικά με τον προγραμματισμό και την ρομποτική σε επίπεδο πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς παίζουν καθοριστικό ρόλο στην σύγχρονη παγκόσμια κοινωνία της γνώσης. Επίσης, στο πλαίσιο ενός καινοτομικού μοντέλου εκπαίδευσης, κρίσιμο ρόλο παίζει η ενσωμάτωση των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (ΤΠΕ) στην διαδικασία μάθησης. Ο ρόλος των ΤΠΕ στην εκπαίδευση έχει λάβει ιδιαίτερη αξία τα τελευταία χρόνια, με τις ΤΠΕ να εξελίσσονται συνεχώς, προσφέροντας πιο πλούσιο και αποτελεσματικό εκπαιδευτικό περιεχόμενο, κάνοντας την ερευνητική μάθηση εφικτή (Gomez, 2011).

Θεωρείται πολύ σημαντική η προώθηση της συμμετοχής κοριτσιών, αφού υπο-εκπροσωπούνται σε αντίστοιχες σχολές μηχανικών αλλά και εταιριών σχετικών με την τεχνολογία παγκοσμίως. Για αυτόν τον λόγο έχουμε επιλέξει να προσθέσουμε το στοιχείο της τέχνης (“A” in STEAM), με σκοπό την προσέλκυση περισσότερων συμμετοχών κοριτσιών. Γενικά, η εκπαιδευτική ρομποτική δεν απευθύνεται μόνο σε μαθητές που παρουσιάζουν υψηλές επιδόσεις στο σχολείο, αλλά σε όλους τους μαθητές. Ειδικότερα οι μαθητές που παρουσιάζουν χαμηλές ή μέτριες σχολικές επιδόσεις ευνοούνται από την συμμετοχή τους στο προσφερόμενο συνεργατικό μοντέλο μάθησης, αποκτώντας κατανόηση σε βάθος των επιστημονικών εννοιών που μαθαίνουν μόνο επιδερμικά στο σχολείο (Connor et al., 2015). Βάση ερευνών παρόμοια προγράμματα έχουν βοηθήσει τους συμμετέχοντες στην βελτίωση της σχολικής / σπουδαστικής τους επίδοσης, αύξηση της αυτοπεποίθησης, της κοινωνικότητας και της δυνατότητας

συνεργασίας σε ομάδα (Basham & Marino, 2013). Ο πολυτεχνικός τρόπος σκέψης αναπτύσσει την φαντασία καθώς απαιτεί την εξεύρεση λύσεων σε προβλήματα της πραγματικής ζωής, την συνεργατικότητα, την επικοινωνία και το ήθος (Basham&Marino, 2013).

Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζεται μια καινοτόμος εκπαιδευτική μεθοδολογία για την εκπαίδευση STEAM, στοχευμένη στην γενιά των millennials, και πιο συγκεκριμένα ακολουθώντας το μαθητοκεντρικό και το συνεργατικό μοντέλο, στοχεύοντας στην καλλιέργεια της δημιουργικής σκέψης και της αποτελεσματικής συνεργασίας μεταξύ των μελών, υποστηρίζοντας ένα «πολυτεχνικό» τρόπο σκέψης, με την μάθηση μέσω κινήτρου. Παρουσιάζουμε επίσης, την εφαρμογή του προτεινόμενου εκπαιδευτικού μοντέλου στην πράξη, μέσω του RoboPathFinder πρότζεκτ, το οποίο υλοποιήθηκε από μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μέσω καθοδήγησης από τους εκπαιδευτές-μέντορες. Το RoboPathFinder πρότζεκτ εμπνεύστηκε από το ρομπότ Mars Pathfinder και υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ανοιχτό λογισμικό και υλικό. Ο στόχος για τους εκπαιδευόμενους ήταν να μάθουν να εργάζονται αποτελεσματικά ως ομάδα, ώστε να σχεδιάσουν, να δημιουργήσουν και να προγραμματίσουν ένα λειτουργικό ρομπότ, καθώς και να παρουσιάσουν τα αποτελέσματα της εργασίας τους στο κοινό. Ακολουθεί η συνοπτική παρουσίαση της μαθητοκεντρικής και της συνεργατικής εκπαιδευτικής προσέγγισης, καθώς και ο ρόλος των ΤΠΕ στην εκπαίδευση (Παιδαγωγικό Υπόβαθρο). Αμέσως μετά, παρουσιάζεται η προτεινόμενη εκπαιδευτική μεθοδολογία για STEAM και η εφαρμογή της στο RoboPathFinder πρότζεκτ και τέλος τα συμπεράσματα.

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Το εκπαιδευτικό μοντέλο της Βιομηχανικής εποχής δεν είχε σχεδιαστεί με γνώμονα τις ανάγκες του κάθε εκπαιδευόμενου, καθώς διαιρούσε τη γνώση σε αυστηρές κατηγορίες μαθημάτων και οι εκπαιδευόμενοι υποχρεούνταν να αφομοιώσουν την ύλη μέσα σε αυστηρά καθορισμένο χρόνο, τον ίδιο για όλους τους συμμετέχοντες (Reigeluth, 1993). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αναγκάζεται ένα μέρος των εκπαιδευόμενων να προχωρά μαζί με τους υπόλοιπους χωρίς όμως να έχει αφομοιώσει την ύλη και να έχει επιτύχει την γνώση, παρουσιάζοντας μειωμένες επιδόσεις και τελικά μεγάλο αριθμό αποχωρήσεων. Αυτό το φαινόμενο της γενικευμένης μη ικανοποιητικής εικόνας του εκπαιδευτικού συστήματος, έφερε την ανάγκη για νέα καινοτόμα μοντέλα εκπαίδευσης, τα οποία θα ανταποκρίνονται στις σύγχρονες ανάγκες της κοινωνίας της γνώσης.

Οι τελευταίες γενιές φοιτητών συμπεριλαμβανομένης της τρέχουσας, αποτελούνται από τους λεγόμενους millennials, οι οποίοι παρουσιάζουν κάποια ξεχωριστά χαρακτηριστικά (Monaco & Martin, 2007). Millennials θεωρούνται αυτοί που γεννήθηκαν από το 1982 και μετά, και επηρεάζουν και θα συνεχίσουν να επηρεάζουν την εκπαίδευση, καθώς επιστρέφουν σε αυτήν ως εκπαιδευτές. Οι millennials έχουν αυτοπεποίθηση, έχοντας την πίστη ότι η γενιά τους είναι αυτή που θα διορθώσει τα κακώς κείμενα των προηγούμενων (Monaco & Martin, 2007). Επίσης, παρουσιάζουν ευχέρεια με την τεχνολογία, με τους νεώτερους εκπρόσωπους της γενιάς να είναι γεννημένοι μέσα στην τεχνολογική επανάσταση που έφερε το Διαδίκτυο, και συνηθίζουν να περνούν αρκετό χρόνο σε εφαρμογές κοινωνικής δικτύωσης (Monaco & Martin, 2007).

Ο Rickes (2009) επισημαίνει ότι ο σημερινός εκπαιδευτής πρέπει να κατανοήσει την γενιά των millennials και τον τρόπο με τον οποίο συνηθίζουν να εισπράττουν πληροφορία και γνώση, με στόχο να δημιουργήσει ένα περιβάλλον εξατομικευμένης μάθησης και να λειτουργεί περισσότερο ως μέντορας και όχι να παίζει αυστηρά τον ρόλο της αυθεντίας. Η μεταστροφή σε πιο καινοτόμες στρατηγικές μάθησης μπορεί να υλοποιηθεί εισάγοντας δημιουργικό περιεχόμενο, το οποίο θα κρατά τους εκπαιδευόμενους σε εγρήγορση μέσα και έξω από την αίθουσα διδασκαλίας. Επίσης, στο πλαίσιο ενός καινοτομικού μοντέλου εκπαίδευσης, κρίσιμο ρόλο παίζει η ενσωμάτωση των ΤΠΕ στην διαδικασία μάθησης. Ο ρόλος των ΤΠΕ στην εκπαίδευση έχει λάβει ιδιαίτερη αξία τα τελευταία χρόνια, με τις ΤΠΕ να εξελίσσονται συνεχώς, προσφέροντας πιο πλούσιο και αποτελεσματικό εκπαιδευτικό περιεχόμενο, κάνοντας την ερευνητική μάθηση εφικτή (Gomez, 2011).

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, ένα νέο εκπαιδευτικό μοντέλο είναι αναγκαίο να υιοθετηθεί, το οποίο θα στοχεύει στις ανάγκες του κάθε εκπαιδευόμενου, το οποίο αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως μαθητοκεντρικό μοντέλο (Lee et al., 2016). Αυτό το μαθητοκεντρικό μοντέλο στοχεύει στο να δημιουργήσει μια αίθουσα διδασκαλίας με βάση τις ανάγκες μάθησης των εκπαιδευόμενων και όχι με βάση την αυθεντία του εκπαιδευτή (Monaco & Martin, 2007). Πιο συγκεκριμένα, βασικές αρχές του

μαθητοκεντρικού μοντέλου αποτελούν η καλλιέργεια της στρατηγικής σκέψης ώστε ο εκπαιδευόμενος να μάθει να αναγνωρίζει και να επιτελεί τους διδακτικούς στόχους, καθώς και η μάθηση μέσω κινήτρου, όπου ο εκπαιδευόμενος μαθαίνει με γνώμονα τα ενδιαφέροντά του, τον δικό του τρόπο μάθησης και τους προσωπικούς του στόχους (Lee et al., 2016). Με αυτόν τον τρόπο απελευθερώνεται η δημιουργικότητα και σε συσχέτιση με την φυσική περιέργεια και την ανάγκη για μάθηση το αποτέλεσμα της μαθησιακής διαδικασίας βελτιστοποιείται. Επίσης, η μαθητοκεντρική προσέγγιση λαμβάνει υπόψιν τον παράγοντα της κοινωνικής επιρροής στην διαδικασία μάθησης, όπως οι διαπροσωπικές σχέσεις, η κοινωνικότητα και η επικοινωνία με τους άλλους (Lee et al., 2016).

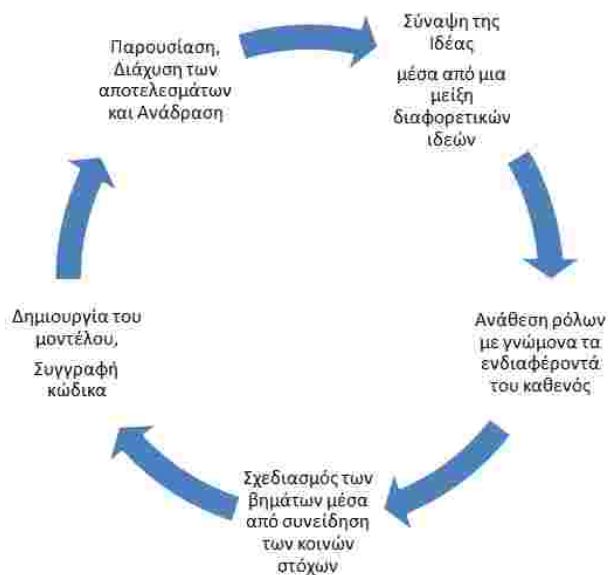
Ένα άλλο σχετικό καινοτόμο εκπαιδευτικό μοντέλο είναι το συνεργατικό, το οποίο έχει εμπνευστεί από τις αρχές της αθλητικής εκπαίδευσης και της προπονητικής, στοχεύοντας στην αξία της δράσης και της μάθησης μέσω έρευνας (Dyson et al., 2004). Αυτές οι αρχές μπορούν να υλοποιηθούν πιο εύκολα μέσω της δημιουργίας μικρών ομάδων, όπου ο εκπαιδευτής δρα ως μέντορας, και μέσω της διάδρασης και της συνεργασίας, η ομάδα βρίσκει λύσεις στα προβλήματα που καταπιάνεται (Slavin, 1996). Σε αυτό το πλαίσιο, ο ρόλος του εκπαιδευτή είναι να ενθαρρύνει την ομάδα ως προς την ανάπτυξη δεξιοτήτων που θα ενισχύουν την συνεργατικότητα μεταξύ των μελών. Ως επιτυχής ορίζεται η συνεργασία όπου τα συλλογικά αποτελέσματα είναι καλύτερα από το αν ο καθένας προσπαθούσε μόνος του, καταφέροντας να συνδυαστούν τα καλά χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες του κάθε μέλους της ομάδας.

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για επιτυχημένη συνεργασία είναι η επικοινωνία. Τα μέλη της ομάδας πρέπει να μπορούν να εκφράζονται ελεύθερα και να έχουν συνείδηση των κοινών στόχων. Η ικανότητα συμβιβασμού είναι επίσης πολύ σημαντική, όχι μόνο σε σχέση με το επιθυμητό αποτέλεσμα αλλά και ως προς την δυναμική της ομάδας και την ικανοποίηση των μελών, φθάνοντας στην καλύτερη δυνατή λύση μέσα από μια μείξη διαφορετικών ιδεών. Κάθε μέλος της ομάδας πρέπει να παρουσιάζει συνεργατική συμπεριφορά, στοχεύοντας στον κοινό στόχο, συνεισφέροντας ανάλογα με τις ικανότητές του/της, και εμπνέοντας εμπιστοσύνη ο ένας στον άλλον (Slavin, 1996).

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEAM

Υπό το φως όλων αυτών των εξελίξεων στην εκπαιδευτική διαδικασία, μια νέα προσέγγιση που θα συνδυάζει όλα τα καλά χαρακτηριστικά των προαναφερθέντων μοντέλων είναι επιθυμητή. Προς αυτήν την κατεύθυνση, προτείνουμε μια εκπαιδευτική διαδικασία για την εκπαίδευση STEAM, στοχευμένη στην εκπαιδευτική ρομποτική, η οποία συνδυάζει το συνεργατικό και το μαθητοκεντρικό μοντέλο, αξιοποιώντας τις ΤΠΕ στην διαδικασία μάθησης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία αποτελείται από πέντε στάδια και αφορά μικρές ομάδες εκπαιδευόμενων (2-7 άτομα) ώστε να έχουν συνοχή, σε συνεργασία με τους εκπαιδευτές που θα λειτουργούν ως μέντορες αναλαμβάνοντας υποστηρικτικό ρόλο. Το πρώτο στάδιο αφορά την σύναψη της ιδέας, μέσω διερεύνησης. Η κύρια ιδέα προς υλοποίηση θα καθοριστεί μέσα από μια μείξη διαφορετικών ιδεών οι οποίες προέρχονται από όλα τα μέλη της ομάδας (βλ. Σύναψη Ιδέας). Ακολουθεί η ανάθεση ρόλων ανάλογα με τα ενδιαφέροντα του κάθε μέλους (βλ. Ανάθεση Ρόλων). Αφού καθοριστούν οι κοινοί στόχοι και γίνουν κατανοητοί από όλα τα μέλη της ομάδας, απαιτείται να σχεδιαστεί το πλάνο που αφορά στις δεξιότητες που χρειάζονται για την επίτευξή του καθώς και τα απαιτούμενα τεχνολογικά και όχι μόνο μέσα (βλ. Σχεδιασμός). Το τέταρτο στάδιο αφορά την πραγμάτωση των εργασιών, κάνοντας χρήση του εκπαιδευτικού υλικού και του τεχνολογικού εξοπλισμού, καθώς και το καθαυτό κομμάτι του προγραμματισμού. Το τελευταίο στάδιο, αφορά στην ανάδραση από τα προηγούμενα στάδια και την διάχυση της γνώσης, κλείνοντας τον κύκλο των πέντε σταδίων της εκπαιδευτικής διαδικασίας.



Σχήμα 1: Προτεινόμενη Εκπαιδευτική Μεθοδολογία

Η προτεινόμενη εκπαιδευτική μεθοδολογία επιτρέπει την μάθηση μέσω κινήτρου και έχει ως στόχο να δημιουργήσει ένα περιβάλλον εξατομικευμένης μάθησης εισάγοντας δημιουργικό περιεχόμενο, το οποίο κρατά τους εκπαιδευόμενους σε εγρήγορση μέσα και έξω από την αίθουσα διδασκαλίας. Με αυτόν τον τρόπο υλοποιείται μεταστροφή σε πιο καινοτόμες στρατηγικές μάθησης όπου καθηγητής καλείται να λειτουργεί περισσότερο ως μέντορας και όχι να παίζει αυστηρά τον ρόλο της αυθεντίας. Η προτεινόμενη εκπαιδευτική προσέγγιση που βασίζεται στο συνεργατικό και στο μαθητοκεντρικό εκπαιδευτικό μοντέλο, βοηθά τους συμμετέχοντες να αποκτήσουν σε βάθος επιστημονικές γνώσεις και μάλιστα συνδυάζοντας γνώσεις από διαφορετικά επιστημονικά αντικείμενα (όπως ηλεκτρονική, μαθηματικά, φυσική, προγραμματισμός με συγγραφή κώδικα κτλ.), ενισχύοντας την διεπιστημονικότητα. Ταυτόχρονα, οι συμμετέχοντες καλούνται να καλλιεργήσουν τις δεξιότητές τους, όπως την αποτελεσματική επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ των μελών ώστε να καταφέρουν να λειτουργήσουν ως ομάδα για να φέρουν εις πέρας το ζητούμενο πρότζεκτ. Ο απώτερος στόχος είναι να καταφέρουν οι εκπαιδευόμενοι να καλλιεργήσουν την αυτοπεποίθησή τους και την γνωστική τους ικανότητα, ώστε να πετύχουν αυξημένες σχολικές και ακαδημαϊκές επιδόσεις και να γίνουν ενεργά μέλη της κοινωνίας, καθώς και μελλοντικοί ηγέτες.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ROBOPATHFINDER ΠΡΟΤΖΕΚΤ

Η προτεινόμενη εκπαιδευτική μεθοδολογία εφαρμόστηκε στην πράξη, στο πλαίσιο πρότζεκτ. Η ομάδα των εκπαιδευομένων αποτελούνταν από τρεις έφηβους μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, και πιο συγκεκριμένα δύο κορίτσια και ένα αγόρι, τα οποία δεν γνωρίζονταν εκ των προτέρων. Ο στόχος για τους εκπαιδευόμενους ήταν να μάθουν να συνεργάζονται αποτελεσματικά ως ομάδα, ώστε να σχεδιάσουν, να δημιουργήσουν και να προγραμματίσουν ένα λειτουργικό ρομπότ χρησιμοποιώντας ανοιχτό λογισμικό και υλικό, καθώς και να παρουσιάσουν τα αποτελέσματα της εργασίας τους στο κοινό. Οι συμμετέχοντες είχαν την βοήθεια των εκπαιδευτών-μεντόρων, οι οποίοι ενθάρρυναν τα παιδιά να ανακαλύψουν και να κατανοήσουν μόνα τους τα γνωστικά αντικείμενα, λειτουργώντας υποστηρικτικά.

Το συγκεκριμένο πρότζεκτ πήρε το όνομα RoboPathFinder, μετά από κοινή συζήτηση και καταγιγισμό ιδεών, εμπνευσμένο από το ρομπότ Mars Pathfinder, το οποίο είχε χρησιμοποιηθεί στον πλανήτη Άρη, εξάπτοντας την φαντασία των εκπαιδευομένων. Το πρότζεκτ υλοποιήθηκε με την ενεργή συμμετοχή όλων των συμμετεχόντων. Παρόλα αυτά ο κάθε εκπαιδευόμενος στράφηκε περισσότερο στο κομμάτι που ήταν πιο κοντά στα ενδιαφέροντά του, λαμβάνοντας ηγετικό ρόλο για το συγκεκριμένο

αντικείμενο και ταυτόχρονα η ίδια/ο ίδιος κλήθηκε να λειτουργήσει αποτελεσματικά ως μέλος της ομάδας με βάση τον κοινό στόχο.

Το ρομπότ RoboPathFinder σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε από τους ίδιους τους συμμετέχοντες με ανοιχτό λογισμικό και υλικό, χρησιμοποιώντας για την εξωτερική κατασκευή χαρτόνια, ρόδες, ξυλάκια και μια ταμπέλα με 3D εκτύπωση. Στο υλικό περιλαμβάνονται μια πλακέτα Arduino Uno, ένας ψηφιακός αισθητήρας υπερήχων, ο οποίος παράγει ηχητικά κύματα και διαβάζει την ηχώ τους για την ανίχνευση και τη μέτρηση της απόστασης από τα αντικείμενα, δύο σερβοκινητήρες (οι σερβομηχανισμοί μπορούν να μετακινηθούν με ακρίβεια, έτσι ώστε να είναι ιδανικοί για ενσωματωμένες ηλεκτρονικές εφαρμογές, καθώς έχουν ενσωματωμένα γρανάζια και έναν άξονα που μπορεί να ελεγχθεί με ακρίβεια), και μια ηλιακή μπαταρία με φωτοβολταϊκό (βλέπε Σχήματα 2 και 3).

Πιο συγκεκριμένα, τα μέλη της ομάδας κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν το θέμα της καθοδήγησης του ρομπότ μέσα από το Arduino σε συνεργασία με έναν υπολογιστή Raspberry Pi. Επίσης, έπρεπε να συνδύαζαν τους αισθητήρες με τους σερβοκινητήρες μέσω του Arduino, ώστε όταν βλέπουν αντικείμενα (εμπόδια) να κινούνται ανάλογα μπροστά ή πίσω. Οι εκπαιδευόμενοι προγραμματίσαν το ρομπότ με χρήση του περιβάλλοντος Snap4Arduino, ενώ το εργαλείο Ardublock λειτούργησε ως ενδιάμεσος για το περιβάλλον Arduino IDE μετατρέποντας τις εντολές στον απαραίτητο κώδικα ώστε να λειτουργεί το ρομπότ. Τέλος, η ταμπέλα με το εκτυπωμένο σε 3D όνομα του “RoboPF²” όπως φαίνεται στο Σχήμα 3, υλοποιήθηκε με χρήση 3D εκτυπωτικών εργαλείων (Tinkercad and Cura).



Σχήμα 2 : Το RoboPathFinder (κατά την διαδικασία κατασκευής).

Κατά την διαδικασία προέκυψαν κάποια τεχνικά θέματα που η ομάδα κλήθηκε να αντιμετωπίσει και αντιμετώπισε με επιτυχία, όπως τα ακόλουθα. Οι κινητήρες χρειάζονται μεγαλύτερη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος από ένα απλό LED το οποίο συνδέεται κατευθείαν πάνω στην πλακέτα του Arduino. Έτσι, χρειάστηκε να χρησιμοποιηθεί ένα ξεχωριστό κύκλωμα. Επίσης, οι τιμές των αισθητήρων έπρεπε να βελτιστοποιηθούν περνώντας μέσω του εργαλείου Arduino IDE Serial Monitor. Έτσι, οι τιμές που διάβαζε το Arduino IDE έπρεπε να περνούν μέσω του εργαλείου Ardublock, ώστε να δείχνουν την απόσταση μεταξύ των αισθητήρων και των αντικειμένων σε εκατοστά και να κοπούν τα λάθος αποτελέσματα λόγω αντανάκλασεων.



Εικόνα 3: The RoboPathFinder (ολοκληρωμένο).

Τα μέλη της ομάδας έμαθαν πώς να συνεργάζονται αποτελεσματικά μεταξύ τους και πώς να επικοινωνούν εποικοδομητικά, αναπτύσσοντας τις δεξιότητές τους, εκτός από τις τεχνικές και επιστημονικές γνώσεις που απέκτησαν. Επίσης, κατάφεραν να επικοινωνήσουν το αποτέλεσμα της εργασίας τους σε κοινό, επιτελώντας διάχυση της γνώσης. Η ομάδα εμφάνισε συμπληρωματικότητα, καθώς ο κάθε συμμετέχοντας ανέλαβε τον ρόλο που την/τον εξέφραζε αλλά πάντα με συναίσθηση του κοινού στόχου. Επίσης παρατηρήθηκε ότι ενώ στην αρχή το κάθε μέλος ασχολούνταν περισσότερο με το αντικείμενο που είχε ευχέρεια, στο τέλος κατάφερε να ασχοληθεί και με θέματα που αρχικά του φαίνονταν δύσκολα, αποκτώντας αυτοπεποίθηση ότι μπορεί να τα καταφέρει. Για παράδειγμα, το ένα μέλος της ομάδας ενώ είχε ευχέρεια στις κατασκευές και την σχεδίαση, δυσκολευόταν αρχικά στην παρουσίαση και την επικοινωνία με το κοινό, ενώ μετά από κάποιους γύρους παρουσιάσεων ανέλαβε μόνος του την πρωτοβουλία να παρουσιάσει και αυτός.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε μια καινοτόμος εκπαιδευτική προσέγγιση για την εκπαίδευση STEAM, με βάση το μαθητοκεντρικό και το συνεργατικό μοντέλο, στοχευμένο στην γενιά των millennials. Ο στόχος της προτεινόμενης εκπαιδευτικής προσέγγισης είναι να καλλιεργήσει την δημιουργική σκέψη και την αποτελεσματική συνεργασία μεταξύ των μελών, την επικοινωνία και το ήθος, καθώς αφορά την εξεύρεση λύσεων σε προβλήματα της πραγματικής ζωής, προσφέροντας πλεονεκτήματα εφ' όρου ζωής στους συμμετέχοντες στο σύγχρονο περιβάλλον της παγκόσμιας Οικονομίας της Γνώσης. Επιπροσθέτως, παρουσιάστηκε η εφαρμογή της προτεινόμενης εκπαιδευτικής μεθοδολογίας μέσω του RoboPathFinder πρότζεκτ, το οποίο υλοποιήθηκε από μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μέσω καθοδήγησης από τους εκπαιδευτές-μέντορες. Το RoboPathFinder πρότζεκτ εμπνεύστηκε από το ρομπότ Mars Pathfinder και υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ανοιχτό λογισμικό και υλικό. Ο στόχος επετεύχθη για τους εκπαιδευόμενους, καθώς έμαθαν να εργάζονται αποτελεσματικά ως ομάδα, ώστε να σχεδιάσουν, να δημιουργήσουν και να προγραμματίσουν ένα λειτουργικό ρομπότ, καθώς και να παρουσιάσουν τα αποτελέσματα της εργασίας τους στο κοινό.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η συγγραφέας θα ήθελε να ευχαριστήσει τον Δρ. Δημήτριο Λουκάτο, τον Δρ. Εμμανουήλ Ζούλια και τον Δρ. Δημήτριο Αλιμήση για την υποστήριξη τους κατά την διάρκεια του πρότζεκτ, καθώς και τον κ. Κωσταντίνο Κρόκο για την συνεισφορά του ως συνεργάτη μέντορα της ομάδας. Επίσης, τον Δρ. Ιωάννη Μανωλόπουλο για την υποστήριξη του κατά την συγγραφή της παρούσας εργασίας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Atkinson, R., & Mayo, M. (2010). Refueling the US innovation economy: Fresh approaches to science, technology, engineering and mathematics (STEM) education. *The Information Technology & Innovation Foundation*, Forthcoming.
- Basham, J. D., & Marino, M. T. (2013). Understanding STEM education and supporting students through universal design for learning. *Teaching Exceptional Children*, 45(4), 8-15.
- Connor, A. M., Karmokar, S., & Whittington, C. (2015). From STEM to STEAM: Strategies for enhancing engineering & technology education. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 5(2), 37-47.
- Duderstadt, J. J., Wulf, W. A., & Zemsky, R. (2005). Envisioning a Transformed University. *Issues in Science and Technology*, 22(1), 35-42.
- Dyson, B., Griffin, L. L., & Hastie, P. (2004). Sport education, tactical games, and cooperative learning: Theoretical and pedagogical considerations. *Quest*, 56(2), 226-240.
- Gómez Galán, J. (2011). New Perspectives on Integrating Social Networking and Internet Communications in the Curriculum. *eLearning Papers*, 26, 1-7.
- Lee, D., Myers, R. D., & Reigeluth, C. M. (2016). The Learner-Centered Paradigm of Education. *In Instructional-Design Theories and Models*, Volume IV (pp. 21-48). Routledge.
- Monaco, M., & Martin, M. (2007). The millennial student: A new generation of learners. *Athletic Training Education Journal*, 2(2), 42-46.
- Rickes, P. C. (2009). Make way for millennials! How today's students are shaping higher education space. *Planning for Higher Education*, 37(2), 7.
- Slavin, R. E. (1996). Research on cooperative learning and achievement: What we know, what we need to know. *Contemporary educational psychology*, 21(1), 43-69.
- Stamou, A. (2017). Knowledge management in doctoral education toward knowledge economy. *International Journal of Educational Management*, 31(3), 320-331.

Thymio το Ρομποτάκι: Προγραμματισμός και Ρομποτική στις πρώτες τάξεις του Δημοτικού

Ιωσηφίδου Μαρία

Εκπαιδευτικός πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, ειδικότητα Πληροφορικής,
Δημοτικό σχολείο Ποσειδωνίας Σύρου
miosifid@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή παρουσιάζει τις δραστηριότητες που πραγματοποίησαν μαθητές και μαθήτριες της Α' και Β' τάξης του Δημοτικού σχολείου στο πλαίσιο της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Διαχειρίστηκαν το ρομπότ Thymio κατά τη διάρκεια των μαθημάτων Πληροφορικής (Τ.Π.Ε.) κατά τις οποίες ήρθαν σε επαφή με τον οπτικό προγραμματισμό και με τα δομικά στοιχεία της ρομποτικής. Οι δραστηριότητες είναι αυξανόμενης δυσκολίας και με την τελευταία να αποτελεί ένα σενάριο σε συνεργασία με το μάθημα των Εικαστικών με σκοπό να συνειδητοποιήσουν τη διασύνδεση πραγματικού και ψηφιακού κόσμου. Επίσης, καταγράφονται και δραστηριότητες που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν σε μια επόμενη φάση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εκπαιδευτική ρομποτική, προγραμματισμός, ρομπότ Thymio

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στον σύγχρονο κόσμο η προγραμματιστική ικανότητα αξιολογείται σημαντική όσο η ανάγνωση και η γραφή καθώς ο προγραμματισμός αναπτύσσει την κριτική σκέψη, την αλγοριθμική σκέψη, τη δημιουργικότητα και την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων. Οι μαθητές κι οι μαθήτριες ασκούμενοι στον προγραμματισμό γίνονται δημιουργικοί, καινοτομούν και παράλληλα συνεργάζονται αποδοτικά, επικοινωνούν με σαφήνεια (Γλέζου, Κ., Ιωσηφίδου, Μ., 2016) και καταλήγουν σε έργα που ενισχύουν την αυτοπεποίθησή τους.

Σε σχολικές μονάδες της χώρας μας προσπαθούν εκπαιδευτικοί να εντάξουν στα μαθήματά τους δραστηριότητες Εκπαιδευτικής Ρομποτικής ακόμα και σε τάξεις του Δημοτικού για τις οποίες η Εκπαιδευτική Ρομποτική δεν συμπεριλαμβάνεται στο Πρόγραμμα Σπουδών και στο Αναλυτικό Πρόγραμμα στο μάθημα των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας. Η προσπάθεια αυτή χρησιμοποιεί την προσέγγιση STEM (Science – Technology □ Art □ Engineering – Mathematics) υλοποιείται με εποικοδομιστικές διδακτικές πρακτικές σε ένα ομαδοσυνεργατικό περιβάλλον (Γλέζου κ.α. 2017).

Η Εκπαιδευτική Ρομποτική περιλαμβάνει ρομπότ με τα οποία ενθαρρύνονται οι μαθητές κι οι μαθήτριες να σκεφτούν καλύτερα ένα πρόβλημα, να συνεργαστούν, να αποκτήσουν γνώσεις, κριτική σκέψη, να εξοικειωθούν με τους υπολογιστές (Ομάδα Εργασίας Ανοιχτού Λογισμικού Περιεχομένου και Εξοπλισμού Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, 2016). Μ' αυτό το περιβάλλον προσφέρεται η δυνατότητα να αναγνωρίζουν καταστάσεις που λειτουργούν γύρω τους με αισθητήρες και να μπορούν να τις ερμηνεύσουν και να προγραμματίζουν με ένα τρόπο που συνδέει εποικοδομητικά τον πραγματικό κόσμο με τον ψηφιακό. Καθώς τα παιδιά που ήδη διαθέτουν κάποιες γνώσεις, καλούνται να συμμετέχουν ενεργά και να γίνονται οι ίδιοι πρωταγωνιστές στην οικοδόμηση των γνώσεών τους (Κόμης, 2005). Κατά τη διάρκεια του προγραμματισμού του ρομπότ, επίσης μεγάλο ρόλο καταλαμβάνει η αποσφαλμάτωση καθώς αναδεικνύεται θεμελιώδης δραστηριότητα μάθησης και αυτορύθμισης των μαθητών και μαθητριών που παρατηρούν διαφορές ανάμεσα στα προβλεπόμενα και στα αναμενόμενα αποτελέσματα. Κατ' αυτόν τον τρόπο βελτιώνουν τα προγράμματά τους. Σύμφωνα με όλα αυτά η ρομποτική ως παιδαγωγική προσέγγιση εγγράφεται στον εποικοδομισμό (Ομάδα Εργασίας Ανοιχτού Λογισμικού Περιεχομένου και Εξοπλισμού Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, 2016).

Στα μειονεκτήματα της εκπαιδευτικής ρομποτικής συμπεριλαμβάνεται και το μεγάλο κόστος (Ομάδα Εργασίας Ανοιχτού Λογισμικού Περιεχομένου και Εξοπλισμού Πρωτοβάθμιας και Δευτερο-

βάθμιας Εκπαίδευσης, 2016) εφόσον θέλουμε να παρέχουμε ένα σετ ρομποτικής ανά μικρό αριθμό μαθητών και μαθητριών και να επιλύσουν κατασκευαστικά προβλήματα. Όμως, σε επίπεδο προγραμματισμού και για παιδιά που έρχονται πρώτη φορά σε επαφή με τον προγραμματισμό, μπορεί να υλοποιηθεί πρόγραμμα εκπαιδευτικής ρομποτικής με ένα σετ ρομποτικής κι ακολουθώντας παιδαγωγικές προσεγγίσεις με συζήτηση, ερωτο-απαντήσεις και καταγίγισμό ιδεών. Δημιουργούμε ένα παιδαγωγικό περιβάλλον όπου οι μαθητές κι οι μαθήτριες παίρνουν πρωτοβουλίες, δεν νιώθουν συνεχώς ότι αξιολογούνται, με λιγότερο άγχος κι έχοντας την αίσθηση ότι ανακαλύπτουν πράγματα μαζί με τον εκπαιδευτικό (Mercer, 2000)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ ΤΗΜΙΟ

Το ρομπότ Thymio είναι ένα ρομπότ εδάφους το οποίο μπορεί εύκολα να προγραμματιστεί με ποικιλία αποτελεσμάτων: από το να κινηθεί στον χώρο μέχρι να παίξει μουσική, να κινηθούν διάφορα αντικείμενα προσαρτημένα σ' αυτό, να εμφανίζει χρώματα. (<https://www.thymio.org/en:thymio>). Είναι ένα μικρό λευκό ρομπότ στο οποίο είναι εμφανείς δυο τροχοί συνδεδεμένοι με κινητήρες, πέντε αισθητήρες απόστασης μπροστά, δύο αισθητήρες απόστασης πίσω, δύο αισθητήρες απόστασης από κάτω, αισθητήρα θερμοκρασίας, μικρόφωνο, ηχείο. Μπορεί να δεχθεί μολύβι ώστε κινούμενο το ρομπότ να αφήνει αποτύπωμα καθώς και στοιχεία Lego (π.χ. τουβλάκια και άξονες) με τα οποία υλοποιούνται ποικίλες δράσεις πέραν της κίνησης.

Το ρομπότ διατίθεται με έξι προεγκατεστημένα προγράμματα με χαρακτηριστικές ονομασίες: με τον “φιλικό” το ρομπότ ακολουθεί προπορευόμενο αντικείμενο, με τον “εξερευνητή” πηγαίνει μπροστά εκτός αν συναντήσει αντικείμενο οπότε και στρίβει, με τον “φοβιτσιάρη” απομακρύνεται όταν εντοπίσει αντικείμενα, με τον “εξεταστή” ακολουθεί μια μαύρη γραμμή, με τον “υπάκουο” ανταποκρίνεται κατάλληλα όταν ακουμπάμε τα κουμπιά του και με τον “προσεκτικό” ανταποκρίνεται στον ήχο του κτυπήματος των χεριών μας.

Το ασύρματο Thymio το οποίο διαθέτει το εργαστήριο Πληροφορικής του σχολείου μας, συνοδεύεται από ένα dongle για διασύνδεση ρομπότ και υπολογιστή και ένα τηλεχειριστήριο.

Για τον προγραμματισμό του ρομπότ είναι διαθέσιμα τέσσερα διαφορετικά περιβάλλοντα:

A) Visual Programming (Οπτικός Προγραμματισμός βασισμένος σε εικονίδια και στην ιδέα του ζεύγους event (γεγονός) → action (Δράση))

B) Blockly Programming (Προγραμματισμός βασισμένος στο BLOCKLY της Google με άμεσο επηρεασμό από το Scratch)

Γ) Scratch Programming (Προγραμματισμός βασισμένος σε εμπλουτισμένο Scratch)

Δ) Text Programming (Προγραμματισμός σε γλώσσα κειμένου ASEBA για το Thymio) (Δαπόντες, N. <https://www.eduportal.gr/drastiriotites-exikiosis-me-ti-rompotiki-ke-ton-programmatismo-me-to-rompotaki-thymio/>)

ΣΤΟΧΟΙ ΤΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

1. Γνωστικοί - Οι μαθητές κι οι μαθήτριες:
 - να αναγνωρίζουν τους αισθητήρες (απόστασης, φωτός, ήχου) που μπορούν να συναντήσουν στην καθημερινή τους ζωή.
 - να γνωρίσουν ένα προγραμματιστικό περιβάλλον.
 - να αναγνωρίζουν τους όρους: εντολή, πρόγραμμα, εκτέλεση προγράμματος.
 - να διακρίνουν στη ρομποτική κατασκευή κινητήρες, αισθητήρες, άξονες, γρανάζια.
2. Δεξιότητες - Οι μαθητές κι οι μαθήτριες:
 - να είναι σε θέση να επιλέγουν τα κατάλληλα εικονίδια που αναπαριστούν γεγονότα και δράσεις.
 - να εξοικειωθούν με τη διαχείριση της διαδικασίας δοκιμής και πλάνης.
 - να ασκηθούν στη σχέση γεγονότος (event) και δράσης (action).
3. Στάσεις - Οι μαθητές κι οι μαθήτριες:
 - να συνειδητοποιήσουν ότι η τεχνολογία και οι υπολογιστές επηρεάζουν την καθημερινότητα του ανθρώπου.
 - να αντιληφθούν ότι το ρομπότ δεν είναι ένα τηλεκατευθυνόμενο αλλά η δράση του εξαρτάται από τις εντολές που θέτουμε στο πρόγραμμά του.

- να ενισχύσουν την αυτοπεποίθησή τους.
- να αναπτύξουν τη δημιουργικότητά τους.
- να αναπτύξουν πνεύμα ομαδικής συνεργασίας. (Στριφτού, Α. κ.α. 2017).
- να αντιληφθούν τη σχέση επιλογής προγράμματος και συμπεριφοράς του ρομπότ.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕ ΤΟ ΡΟΜΠΟΤ ΘΥΜΙΟ

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΓΥΡΩ ΜΑΣ

Στο πλαίσιο του μαθήματος Τ.Π.Ε (Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας) με τους μαθητές και τις μαθήτριες της Α' και Β' τάξης του Δημοτικού ασχοληθήκαμε με το ρομπότ Thymio. Με στόχο να αντιλαμβάνονται τη σπουδαιότητα και τις προεκτάσεις της χρήσης των Τ.Π.Ε. στην καθημερινότητά τους και θέλοντας να ξεκινήσουμε από τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και μαθητριών, συζητήσαμε για τους αισθητήρες που υπάρχουν στην καθημερινότητά τους. Πόρτες που ανοιγοκλείνουν, βρύσες αυτόματες, αυτοκίνητα που προειδοποιούν στην όπισθεν πορεία τους, φώτα που ανοίγουν όταν τα πλησιάσουμε... Όλα τα παιδιά έχουν κάτι σχετικό να περιγράψουν κι έτσι έχουν εικόνα όταν πλέον αναφερόμαστε στους αισθητήρες.

ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ ΘΥΜΙΟ

Και σ' αυτό το σημείο κάναμε επίδειξη του ρομπότ Thymio. Είδαμε τους αισθητήρες του και τους τροχούς του. Έχοντας τα προεγκατεστημένα προγράμματα, τα παιδιά καλέστηκαν να πειραματιστούν με τις συμπεριφορές του κι ιδιαίτερα με τον “φιλικό” και τον “φοβισιάρη”. Μία οδηγία που δόθηκε στα παιδιά ήταν να θέτουν το χέρι τους μπροστά από τους αισθητήρες έτσι ώστε το ρομπότ να πηγαίνει από το ένα παιδί προς το άλλο- πράγμα που δεν αποδείχτηκε τόσο απλή διαδικασία καθώς είτε τα παιδιά δεν αντιλαμβάνονταν άμεσα τη σχέση της θέσης του χεριού τους και της αντίδρασης του ρομπότ είτε δεν ήθελαν να “αποχωριστούν” το ρομπότ.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΝΤΑΣ ΤΟ ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΟ

Θέλοντας να εισάγουμε τους μικρούς μας μαθητές και τις μικρές μας μαθήτριες στον προγραμματισμό αλλά ταυτόχρονα ωθώντας τους να συνειδητοποιήσουν ότι το ρομποτάκι Thymio δεν είναι απλά ένα τηλεκατευθυνόμενο, εισερχόμαστε σε διαδικασίες προγραμματισμού του. Χρησιμοποιήσαμε το προγραμματιστικό περιβάλλον Visual Programming Language (VPL) όπου σ' αυτή τη φάση έχει πλεονεκτήματα καθώς προγραμματίζεις σέρνοντας εικονίδια που αναπαριστούν γεγονότα και ενέργειες και φυσικά δεν τίθεται ζήτημα συντακτικών λαθών. Προγραμματίσαμε το Thymio ώστε να κινείται μπροστά, πίσω, δεξιά κι αριστερά και να σταματάει χρησιμοποιώντας το τηλεχειριστήριο που διαθέτει το ρομπότ. Δώσαμε ιδιαίτερη έμφαση στον τρόπο που θα ρυθμίζαμε τις ταχύτητες των κινητήρων ώστε να στρέφεται δεξιά κι αριστερά. Στο πλαίσιο ενός στοιχειώδους θεατρικού παιχνιδιού, ένα παιδί σηκώθηκε ώστε να το βλέπουν όλοι και του δώσαμε την εντολή να στρίψει το σώμα του προς τη μια μεριά. Στην αρχή στράφηκε απότομα αλλά στη συνέχεια είδαμε τη λεπτομέρεια, δηλαδή τη θέση και την κίνηση των ποδιών του, το ένα πόδι σταθερό και το άλλο να κάνει περιστροφή. Αυτό που παρατηρήσαμε στο παιδί, το μεταφέραμε αναλογικά στον προγραμματισμό των κινητήρων, ο ένας σταθερός κι ο άλλος να κινείται. Σε κάθε φάση του προγραμματισμού δοκιμάζαμε τη συμπεριφορά του ρομπότ κι ελέγχαμε αν ήταν η αναμενόμενη σύμφωνα με τις εντολές που είχαμε εισάγει. Θέλοντας τα παιδιά να χειρίζονται το τηλεχειριστήριο και μέσω αυτού το ρομπότ σε μια δομημένη διαδρομή, αλλά όχι, ακόμα, με μια μαύρη γραμμή από κάτω, υλοποιήσαμε ένα σενάριο συνεργαζόμενοι με τις συναδέλφους δασκάλες οι οποίες εκείνη την περίοδο δούλευαν πάνω σε ζητήματα διατροφής. Δημιουργήσαμε λοιπόν σταθερά μεγάλα εμπόδια στα οποία κολλήσαμε εικόνες με σωστές για τον οργανισμό τροφές (φρούτα, λαχανικά,...) και εικόνες με τροφές που καλό είναι να μην καταναλώνονται συχνά (γλυκά, παγωτά, σνακ,...). Τοποθετήσαμε τα εμπόδια ανακατεμένα και ζητήσαμε από κάθε παιδί που είχε το τηλεχειριστήριο να οδηγήσει το ρομπότ προσεγγίζοντας τα εμπόδια με τις σωστές τροφές και βρισκόμενο κάθε φορά μακριά από τα εμπόδια με τροφές που χρειάζεται να αποφεύγουμε.

ΕΙΣΑΓΟΝΤΑΣ ΕΝΤΟΛΕΣ ΓΙΑ ΧΡΩΜΑΤΑ

Αξιοποιώντας τις δυνατότητες του ρομπότ για χρώματα και μάλιστα διαφορετικό στο πάνω μέρος και διαφορετικό στο κάτω μέρος και τη δυνατότητά του να έχει ήχους, τα παιδιά στη συνέχεια προ-

γραμμάτισαν το ρομπότ ώστε να εμφανίζει κατά τη διάρκεια των κινήσεών του διαφορετικά χρώματα και να ακούγονται διαφορετικοί ήχοι. Σ' αυτό το σημείο επισημαίνουμε ότι με ένα γεγονός μπορούν να συσχετιστούν πολλές ενέργειες: με κλικ στο βελάκι του τηλεχειριστηρίου προς τα πάνω μπορούμε να κινήσουμε το ρομποτάκι προς τα μπροστά και ταυτόχρονα να παρουσιάζει ένα χρώμα στο πάνω μέρος του, ένα άλλο χρώμα στο κάτω μέρος του και να ακούγονται και ήχοι. Στη διάρκεια των μαθημάτων όλα τα παιδιά είχαν την ευκαιρία να θέσουν εντολές και να καθοδηγήσουν το ρομποτάκι, πάντα με μεγάλη χαρά κι ικανοποίηση.



Εικόνα 2: Κίνηση, χρώματα, ήχοι

ΠΑΛΑΜΑΚΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Συνεχίζοντας τον προγραμματισμό με μια αυξανόμενη δυσκολία θέσαμε ένα πρόβλημα: το ρομπότ μας να υπακούει στον ήχο από τα παλαμάκια μας. Αν κτυπήσουμε μια φορά παλαμάκια να προχωράει μπροστά κι αν κτυπήσουμε και πάλι μια φορά παλαμάκια να σταματάει. Η πρώτη εντολή τέθηκε σωστά από την ομάδα των παιδιών. Όμως όταν επρόκειτο να θέσουν τη δεύτερη εντολή παρουσιάστηκε ένα ζήτημα: το ίδιο το προγραμματιστικό περιβάλλον έβγαλε μήνυμα λάθους (δεν μπορούμε με το ίδιο γεγονός -ήχος με παλαμάκια, να έχουμε διαφορετικό αποτέλεσμα – πότε να προχωράει και πότε να σταματάει). Το σκεπτικό αυτό φάνηκε λογικό στα παιδιά κι αναζητήθηκε λύση. Το προγραμματιστικό περιβάλλον δίνει τη δυνατότητα να καθορίζεται μια κατάσταση. Κάθε κατάσταση οπτικοποιείται με τέσσερα τεταρτημόρια ενός κύκλου τα οποία έχουν χρώμα είτε πορτοκαλί (on) είτε λευκό (off). Θέσαμε επομένως το πρώτο κτύπημα με τα παλαμάκια σε μια κατάσταση και το επόμενο κτύπημα με μια άλλη. Αυτό το μικρό πρόγραμμα έφερε τους μαθητές και τις μαθήτριες σε μια πρώτη επαφή με την έννοια του λογικού τελεστή (ή θα είναι η κατάσταση κάπως ή δεν θα είναι). Από πριν είχαμε εξηγήσει στην τάξη για τον αισθητήρα του ήχου κι ότι χρειάζεται απόλυτη ησυχία ώστε το ρομπότ να μπορεί να προσλαμβάνει μόνο τον ήχο από τα παλαμάκια και να μην μερδεύεται από άλλους ήχους που τους προσλαμβάνει κι αυτούς και δρα. Ενώ στην αρχή τα παιδιά ακολούθησαν τις οδηγίες στη συνέχεια υπήρξε μια ανυπομονησία ο καθένας/ η καθεμία να χτυπήσει παλαμάκια κι η κατάσταση “ξέφυγε” για λίγο μέχρι που να επανέλθουμε. Ο ενθουσιασμός ήταν μεγάλος!

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Σε επόμενη φάση αναδείξαμε τη χρησιμότητα των αισθητήρων απόστασης τους οποίους δεν είχαμε χρησιμοποιήσει ως τώρα. Ενεργοποιώντας τον μπροστινό κεντρικό αισθητήρα απόστασης, προγραμματίσαμε κατ' αρχάς το ρομπότ ώστε να σταματά όταν συναντήσει εμπόδιο μπροστά και σε ένα άλλο πρόγραμμα το προγραμματίσαμε ώστε να στρίβει.

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΓΙΑ ΜΟΥΣΙΚΗ

Δημιουργήσαμε επίσης πρόγραμμα το οποίο εκτελώντας το, παράγει ήχους ως μουσική. Για κάθε έναν από τους μπροστινούς αισθητήρες θέτουμε διαφορετικό ήχο ο οποίος καλείται όταν η απόσταση από το αισθητήρα μικρύνει. Τα παιδιά έχοντας μπροστά τους το ρομπότ, περνούν το χέρι τους μπροστά από τους αισθητήρες, πολλές φορές και με όποια σειρά θέλουν, και παράγεται “μουσική”!

“ΑΠΟ ΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ” - ΜΙΑ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΤΩΝ ΕΙΚΑΣΤΙΚΩΝ

Ακολούθησε η τελευταία δραστηριότητα η οποία είχε ένα νοηματοδοτούμενο σενάριο συνδεδεμένο με τα Εικαστικά. Τα παιδιά ήδη στο μάθημα των Εικαστικών είχαν συζητήσει για τα κυκλαδικά ειδώλια κι είχαν κάνει αντίστοιχες κατασκευές. Αποφασίσαμε το ρομπότ Thymio να φέρει επάνω του ένα κυκλαδικό ειδώλιο από αυτά που είχαν φτιάξει και συγκεκριμένα μια Χαλανδριανή (κυκλαδικό ειδώλιο της Σύρου, τόπου των παιδιών). Ως Χαλανδριανή πλέον να προχωράει μόνη της σε έναν λαβύρινθο και να συναντάει στο τέλος του λαβυρίνθου ένα ρομπότ μελλοντικό και ο τίτλος του σεναρίου: “Από το παρελθόν στο μέλλον”, από την αρχαιότητα στο μέλλον. Τη μελλοντική φιγούρα την ονόμασαμε “Μητσάκο”. Πριν προχωρήσουμε στον προγραμματισμό της κίνησης θεωρήσαμε ότι θα ήταν όμορφο όσο προχωράει η Χαλανδριανή να είναι έτσι τοποθετημένη στο ρομπότ Thymio ώστε ταυτόχρονα να γυρίζει γύρω από τον εαυτό της. Κατ’ αυτόν τον τρόπο θα εκμεταλλευόμασταν και τη δυνατότητα που έχει το ρομπότ να προσαρτώνται σ’ αυτό εξαρτήματα Lego. Χωρίστηκαν οι μαθητές κι οι μαθήτριες σε δυο ομάδες εργασίας: η πρώτη έφτιαξε τη μελλοντική φιγούρα κι η δεύτερη τον μηχανισμό περιστροφής για τη Χαλανδριανή. Η ομάδα κατασκευής της μελλοντικής φιγούρας του “Μητσάκου” πήρε γενικές οδηγίες για την κατασκευή όσον αφορά το μέγεθος κυρίως και αφέθηκε στη φαντασία της. Η ομάδα που ανέλαβε να κάνει τον μηχανισμό περιστροφής συζήτησε το θέμα και πήρε οδηγίες καθώς για πρώτη φορά τα παιδιά καλέστηκαν να συνδυάσουν το ρομπότ Thymio και τα στοιχεία Lego, τα οποία μάλιστα έπρεπε να είναι λειτουργικά. Ξεκίνησε από την ενσωμάτωση ενός άξονα σε ένα τροχό και συνέχισε με γρανάζια κι άλλα στοιχεία Lego. Με βάση τις οδηγίες υλοποιήθηκε η κατασκευή και δοκιμάστηκε με ένα απλό πρόγραμμα ώστε το ρομπότ Thymio με ενσωματωμένα τα υλικά της Lego να πηγαίνει μπροστά και να στρίβει χρησιμοποιώντας το τηλεχειριστήριο. Η κατασκευή λειτούργησε αλλά τοποθετώντας και την κατασκευή της Χαλανδριανής η συμπεριφορά άλλαξε. Επομένως, τέθηκε θέμα τα παιδιά πλέον μόνα τους, χωρίς οδηγίες, να κάνουν αλλαγές στις προσαρτήσεις των κομματιών Lego πάνω στο ρομπότ Thymio. Αυτή τη φορά οι μαθητές κι οι μαθήτριες βρήκαν τη λύση μόνοι τους επιλέγοντας διαφορετικά γρανάζια και τοποθετώντας τα σε άλλη θέση σε σχέση με τη στήριξη της Χαλανδριανής.



Εικόνα 2: Προγραμματίζοντας



Εικόνα 3: Για τη μελλοντική φιγούρα του "Μητσάκου"



Εικόνα 4: Για τη στήριξη της Χαλανδριανής



Εικόνα 5: Thymio, Lego και Χαλανδριανή

Για τον προγραμματισμό της κίνησης του ρομπότ Thymio με τη Χαλανδριανή θέσαμε την προϋπόθεση ότι το ρομπότ θα προχωρούσε μέσα σε έναν προκαθορισμένο λαβύρινθο κι όχι σε οποιονδήποτε, ως μια πιο πρόσφορη επιλογή για το προγραμματιστικό επίπεδο των παιδιών, δηλαδή με μια στροφή δεξιά, μια στροφή αριστερά κι άλλη μια στροφή αριστερά μετά από την οποία και να σταματάει συναντώντας τη φιγούρα του μέλλοντος. Για την ενεργοποίηση κάθε στροφής θα χρησιμοποιούσαμε τον κεντρικό μπροστινό αισθητήρα και την απόστασή του από το τοίχωμα του λαβυρίνθου. Γρήγορα τέθηκε εκ νέου το ζήτημα: πώς το ρομπότ θα αναγνωρίζει ποια κίνηση θα πραγματοποιεί όταν ο μπροστινός-κεντρικός αισθητήρας προσεγγίζει το τοίχωμα; Ανακάλεσαν τα παιδιά τη γνώση που είχαν αποκτήσει με τη δραστηριότητα με τα παλαμάκια για τη χρησιμοποίηση ορισμού των καταστάσεων. Ο προγραμματισμός του ρομπότ πραγματοποιήθηκε βήμα-βήμα και κάθε φορά με

ερωτο-απαντήσεις και συζήτηση με τα παιδιά και συνεχείς εκτελέσεις του προγράμματος. Έχοντας θέσει την εντολή να στρέφεται ρομπότ όταν πλησιάζει το ρομπότ το τοίχωμα του λαβύρινθου, παρατηρήσαμε ότι το ρομπότ συνέχιζε να στρέφεται χωρίς να σταματά αυτή η κίνηση. Εξαρχής δεν είχαμε θέσει το πρόβλημα στους μαθητές και τις μαθήτριες ώστε οι ίδιοι να αναρωτηθούν και να κινητοποιηθούν για την επίλυση. Είδαμε λοιπόν ότι διατίθεται από το προγραμματιστικό περιβάλλον και το εικονίδιο που αναπαριστά τον χρόνο. Για να διορθώσουμε το πρόγραμμα, εισάγαμε λοιπόν το χρονόμετρο κι αρχίσαμε τις δοκιμές ώστε να συνδυάσουμε διάρκεια στο χρονόμετρο και ταχύτητα στον κινητήρα για να έχουμε στο τελικό αποτέλεσμα μία στροφή του ρομπότ σε ορθή γωνία. Όλα αυτά με τις ρυθμίσεις που μας επιτρέπουν τα εικονίδια του προγράμματος καθώς τα παιδιά είναι μικρά και δεν μπορούμε να υπεισέλθουμε σε επιστημονικούς όρους Φυσικής, π.χ. ταχύτητας. Το πρόγραμμα, φάνηκε από την αρχή ότι δεν ήταν τόσο απλό όσο τα προηγούμενα και χρειαζόταν κάθε φορά να καθορίζουμε την κατάσταση στην οποία λαμβάνει χώρα το γεγονός. Για να μπορούν να δίνουν οδηγίες όλοι οι μαθητές κι οι μαθήτριες της τάξης, τα παιδιά είχαν μια ιδέα: ονόμασαν το λευκό τεταρτημόριο της κατάστασης σε “φασολάκι” και το πορτοκαλί τεταρτημόριο “γαριδάκι”. Ήταν μια ιδέα που απέσπασε χειροκροτήματα!



Εικόνα 6: Μέρος του προγράμματος για την κίνηση στον λαβύρινθο

ΕΚΔΗΛΩΣΗ

Σε μια εκδήλωση του σχολείου που πραγματοποιήθηκε για να παρουσιαστούν τα προγράμματα του σχολείου, αποφασίσαμε να παρουσιάσουμε κι εμείς τη διαδρομή του Thymio μέσα στον λαβύρινθο. Εκτός από το ίδιο το ρομποτάκι το οποίο παρουσιάστηκε να πηγαίνει μόνο του στον λαβύρινθο κουβαλώντας τη Χαλανδριανή και καταλήγοντας στον Μητσάκο, αποφασίσαμε να εξηγήσουμε στο κοινό μας τι κάναμε και κυρίως να δείξουμε ότι δεν πρόκειται για ένα τηλεκατευθυνόμενο αλλά πραγματικά για ένα ρομπότ το οποίο εμείς οι ίδιοι είχαμε προγραμματίσει.

Απόσπασμα από την παρουσίαση των παιδιών στην εκδήλωση

“...Με ένα μόνο πάτημα στο ρομποτάκι, αυτό θα πάει όπου του έχουμε πει. Για να δούμε.

Στην αρχή πάει ευθεία. Κινούνται κι οι δυο του κινητήρες.

Συναντάει εμπόδιο. Ουπς! Στρίβει δεξιά. Άρα κινείται μόνο ο αριστερός κινητήρας για κάποια δευτερόλεπτα.

Όταν τελειώσει ο χρόνος που έχουμε βάλει, η Χαλανδριανή πηγαίνει και πάλι ευθεία.

Ξανασυναντάει τον τοίχο του λαβύρινθου. Στρίβει αριστερά. Κινείται μόνο ο δεξιός κινητήρας.

Τελειώνει ο χρόνος της στροφής και πάλι πάει ευθεία. Με το επόμενο εμπόδιο, ξαναστρίβει αριστερά.

Και πάλι ευθεία. Αλλά τότε, επιτέλους συναντάει τον Μητσάκο.

Κι έτσι φτάνει στην άλλη άκρη του λαβύρινθου. Τώρα θα το ξαναδούμε.....

Και να σας εξηγήσουμε και κάτι δύσκολο! Πώς θα καταλάβει το ρομπότ thymio ότι συνάντησε εμπόδιο; Έχουμε ενεργοποιήσει τον κεντρικό αισθητήρα απόστασης.

Και κάτι ακόμα δυσκολότερο! Όταν συναντήσει εμπόδιο, πώς θα καταλάβει αν θα στρίψει αριστερά ή δεξιά ή να σταματήσει τελείως; Να σας εξηγήσουμε...

Χρησιμοποιήσαμε στο πρόγραμμά μας το «φασολάκι» και το «γαριδάκι»! Με αυτά ορίζουμε σε ποια κατάσταση βρίσκεται το ρομπότάκι μας.

Αν έχει η κατάσταση του έχει 1 «γαριδάκι» στρίβει δεξιά.

Αν έχει η κατάσταση του έχει 2 «γαριδάκια» στρίβει αριστερά την πρώτη φορά.

Αν έχει η κατάσταση του έχει 3 «γαριδάκια» στρίβει αριστερά τη δεύτερη φορά.

Αν έχει η κατάσταση του έχει 4 «γαριδάκια» και συναντάει εμπόδιο, σταματάει.

Και τώρα να χαρούμε τη διαδρομή του χωρίς να μιλάμε. Ας απολαύσουμε τη διαδρομή ακούγοντας μουσική...”

Να επισημάνουμε ότι είναι αρκετά χρήσιμη η διαδικασία που διατίθεται από τους κατασκευαστές του ρομπότ ώστε να γίνει βαθμονόμηση (calibration) και όταν δίνουμε εντολή να πηγαίνει ευθεία, πραγματικά να πηγαίνει ευθεία.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Υπάρχουν προτάσεις για περαιτέρω δραστηριότητες οι οποίες θα μπορούσαν να υλοποιηθούν ενδεχομένως σε μεγαλύτερες τάξεις του Δημοτικού.

Ακολουθώντας μια μαύρη γραμμή: Μπορούμε να θέσουμε το ζήτημα της ανταπόκρισης των αισθητήρων, δηλαδή τι είναι αυτό που μετράνε και πώς “καταλαβαίνουν” οι αισθητήρες ότι το αντικείμενο είναι μακριά ή κοντά; Στέλνοντας φως και παίρνοντας το πίσω. Προσπαθούμε να εξηγήσουμε ότι δεν είναι ορατά όλα τα είδη ακτινοβολίας κι ότι με μια μαύρη γραμμή στο έδαφος κάτω από το ρομπότ Thymio, αυτό δεν δέχεται ανακλώμενη τόση ακτινοβολία όση θα δεχόταν αν έχει λευκό έδαφος κάτω από τους αισθητήρες εδάφους (Moti, 2016). Αρκεί να σχεδιάσουμε μια μαύρη γραμμή πλάτους 5 εκ. και να προγραμματίσουμε κατάλληλα. Η μαύρη γραμμή θα μπορούσε να “οδηγεί” το ρομπότ ανάμεσα από εμπόδια που αναπαριστούν μια ομάδα αντικειμένων, π.χ. ανάμεσα σε τοπόσημα πόλεων της Ελλάδας, η πιο απλά η γραμμή μπορεί να περιτρέπει ένα τερνέ με ζωγραφιές των παιδιών σχετικές με ένα θέμα.

Μέτρηση μήκους και χρόνου: Προγραμματίζουμε ώστε το ρομπότ να κινείται ευθεία πάνω σε χαρτί και του τοποθετούμε και ένα μολύβι στην υποδοχή που διαθέτει. Κατ’ αυτόν τον τρόπο χαράζεται η γραμμή από το ρομπότ. Επίσης, το ρομπότ σταματά όταν πατήσουμε το κεντρικό πλήκτρο πάνω του. Ζητούμε από τους μαθητές μας και τις μαθήτριάς μας να καταγράψουν το μήκος που διήνυσε το ρομπότ όταν κινήθηκε για ένα δευτερόλεπτο (Κόμης κ.α., 2017). Μπορούμε να επαναλάβουμε και να παρατηρήσουμε την αναλογία απόστασης και χρόνου.

Μια διαδρομή μέσα σε πλαίσιο: Αυτή τη φορά θέτουμε ένα άλλο πρόβλημα σε σχέση με τη δραστηριότητα με τίτλο “Από το παρελθόν στο μέλλον”. Να κινείται το ρομπότ μέσα σε ένα ορθογώνιο πλαίσιο από εμπόδια, στρεφόμενο αριστερά όταν βρίσκει τοίχο του εμποδίου. Θέτουμε ως προϋπόθεση να μην χρησιμοποιηθεί αυτή τη φορά χρονόμετρο για τη διάρκεια της στροφής, οπότε και τίθεται θέμα του τρόπου που θα σταματήσει η στροφή. Ένας τρόπος είναι να ορίσουμε τους αισθητήρες σε “μαύρους” που σημαίνει

ότι δέχονται ελάχιστη ανακλώμενη ακτινοβολία, άρα δεν έχουν πλέον εμπόδιο κοντά τους. Μπορούμε να δοκιμάσουμε τη συμπεριφο-



ρά του ρομπότ θέτοντας αρχικά μόνο τον κεντρικό αισθητήρα και στη συνέχεια να προσθέτουμε αισθητήρες.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την Εκπαιδευτική Ρομποτική μπορούμε να επιτύχουμε κατ' αρχάς το ενδιαφέρον των παιδιών και ακολούθως να τα εισάγουμε στην αλγοριθμική σκέψη. Το ρομπότ Thymio διαθέτοντας το προγραμματιστικό περιβάλλον με τον οπτικό προγραμματισμό καθίσταται κατάλληλο για τα πρώτα βήματα στον προγραμματισμό για τους μικρούς μαθητές και τις μικρές μαθήτριες. Δεν προϋποθέτει κατασκευές κι επομένως διαθέτοντας ένα μόνο ρομπότ μπορούμε να το προγραμματίζουμε συζητώντας με το σύνολο των παιδιών της τάξης. Μ' αυτό μπορούμε να δώσουμε έμφαση σε προγραμματιστικά προβλήματα κατάλληλα για μικρές ηλικίες χωρίς όμως να δίνονται ευκαιρίες για προβληματισμούς πάνω σε κατασκευαστικά ζητήματα. Μπορούμε να έχουμε και κατασκευαστικά ζητήματα αλλά αυτά θα απαιτούσαν την ύπαρξη περισσότερων του ενός ρομπότ μέσα σε μια τάξη.

Η ενασχόληση των μαθητών και μαθητριών με τον οπτικό προγραμματισμό του ρομπότ μπορεί να αποτελέσει και εισαγωγική διαδικασία στην ενασχόλησή τους με άλλα προγραμματιστικά περιβάλλοντα, όπως εκείνο του Scratch., καθώς εισάγει τη λογική της σχέσης γεγονός και συμβάντος και γενικότερα τις βασικές έννοιες προγραμματισμού.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Γλέζου, Κ. & Ιωσηφίδου, Μ. (2016). *Δημιουργώντας ψηφιακά παιχνίδια με αξιοποίηση του Scratch 2.0 στην τάξη – Παρουσίαση εργασιών μαθητών*, στο Σαλονικίδης Ιωάννης (επιμ.), *Πρακτικά του 4ου Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Δυτικής Μακεδονίας*, τόμος Δ', σ.25-30

Γλέζου, Κ., Ιωσηφίδου, Μ., Ξηρίδου, Α. (2018). *Αξιοποίηση του Εκπαιδευτικού πακέτου ρομποτικής Lego Wedo 2.0*, στο Τζιμόπουλος Νίκος (επιμ.) *Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ - "Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη"*, Σύρος, σ.1075-1081.

Δαπόντες, Ν. *Εισαγωγικό σημείωμα* (ανακτήθηκε από τη διεύθυνση 10/6/2018) <https://www.eduportal.gr/drastiriotites-exikiosis-me-ti-rompotiki-ke-ton-programmatismo-me-ton-rompotaki-thymio/>

Κόμης, Β. (2015). *Εισαγωγή στη Διδακτική της Πληροφορικής*, Εκδόσεις Κλειδάριθμος

Κόμης, Β., Δημοπούλου, Α., Θεοδωροπούλου, Ι., Ζιάτα, Χ., Μισιρλή, Α., Τσοβόλας, Σ., Δαπόντες, Ν. (2017). *Εισαγωγή στη Ρομποτική και τον Προγραμματισμό με τη χρήση του ρομπότ Thymio και του λογισμικού Aseba*. Στο *Πρακτικά του 5ου Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου "Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία"*, Παιδαγωγικό Τμήμα- Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής και τεχνολογικής Εκπαίδευσης, Αθήνα.

Ομάδα Εργασίας Ανοιχτού Λογισμικού Περιεχομέ. και Εξοπλισμού Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (2016). *Η εισήγηση-μελέτη της Ομάδας Εργασίας Ανοιχτού Λογισμικού Περιεχομένου και Εξοπλισμού Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης* <https://www.minedu.gov.gr/news/22255-14-07-16-i-eisigisi-meleti-tis-omadas-ergasias-anoixtoy-logismikoy-periexomenou-kai-eksoplismoy-protovathmias-kai-defterovathmias-ekpaidefsis>

Στριφτού, Α. Ζυγούρης, Ν. Ιωσηφίδου, Μ. Τζιμόπουλος, Ν. (2017). *Η Ρομποτική στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*, <http://www.infostrag.gr/syros/wp-content/uploads/2017/07/robotiki-1.pdf>

Mercer, N. (2000). *Η συγκρότηση της γνώσης – Γλωσσική αλληλεπίδραση μεταξύ εκπαιδευτικών και εκπαιδευομένων*, Εκδόσεις Μεταίχμιο.

Moti, B. et al. (2016). *First steps in Robotics with the Thymio Robot and the Aseba/VPL* <https://aseba.wdfiles.com/local--files/en.visualprogramming/thymio-vpl-tutorial-en.pdf>

Εμπλουτισμός των Μαθημάτων Φυσικής και Μαθηματικών με την Χρήση του LEGO Mindstorms EV3

Νικόλαος Διαμαντόπουλος¹, Ηλίας Σπανός²

¹ Καθηγητής ΠΕ86 στο 1^ο ΓΕΛ Αιγίου, Dr Πληροφορικής
ndiaman@sch.gr

² Καθηγητής ΠΕ86 στο 1^ο ΓΕΛ Αιγίου, Scientix Ambassador
hliasspa@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αυτό το άρθρο παρουσιάζει μια σειρά δραστηριοτήτων για την Φυσική και τα Μαθηματικά, που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του Erasmus+ KA201 έργου PROBOT (*Learning PROgramming with ROBots*), για μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου και έχουν ως βάση το kit ρομποτικής LEGO Mindstorms EV3. Οι δραστηριότητες αναπτύχθηκαν από την παιδαγωγική ομάδα του έργου, σε συνεργασία με τους καθηγητές του 1^{ου} ΓΕΛ Αιγίου και ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένους στόχους κάθε μαθήματος. Για να μετρήσουμε την αποτελεσματικότητα της χρήσης των LEGO δραστηριοτήτων στα μαθήματα της Φυσικής και των Μαθηματικών, όλοι οι συμμετέχοντες μαθητές συμμετείχαν σε έρευνα αξιολόγησης πριν και μετά τη διδασκαλία με ερωτήσεις που αφορούσαν τόσο το περιεχόμενο όσο και μια γενικότερη αποτίμηση της μεθόδου διδασκαλίας. Σε αυτή την εργασία, αναλύουμε: ποιο ήταν το κίνητρό μας να διερευνήσουμε την αποτελεσματικότητα των μαθημάτων που βασίζονται στα LEGO Mindstorms, περιγράφουμε πέντε βασισμένες στα Lego Mindstorms δραστηριότητες Φυσικής και Μαθηματικών καθώς και τη σχετική αξιολόγηση, κάνουμε στατιστική ανάλυση, αναστοχαζόμαστε για την αποτελεσματικότητα των μαθημάτων και καταθέτουμε προτάσεις για μελλοντικές επεκτάσεις της έρευνας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: STEM, LEGO Mindstorms, Ρομποτική

ΚΙΝΗΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στο βιβλιογραφικό του έργο (Papert1, 1993), ο Papert απέδειξε ότι τα παιδιά μαθαίνοντας να χρησιμοποιούν υπολογιστές έχουν σημαντικά εφόδια στη διαμόρφωση του τρόπου σκέψης, μάθησης και κατανόησης άλλων κλάδων, όπως π.χ. των Μαθηματικών. Το έργο του Papert οδήγησε σε μια σειρά από έρευνες, όπως τις (Harel, 1991) - (Papert2, 1993) - (Papert, 1996) - (Wilensky, 1993), για την οικοδόμηση της μαθηματικής κατανόησης μέσω των υπολογιστών και άλλων των σύγχρονων τεχνολογιών, όπως π.χ. της ρομποτικής (Church κ.α., 2010) – (Erwin κ.α., 2000) – (Rogers και Portsmore, 2004) – (Shoop, 2016) – (Norton κ.α., 2007) – (Mukai και McGregor, 2005) – (Cejka και Rogers, 2005). Οι έρευνες αυτές απέδειξαν ότι οι δραστηριότητες με επίκεντρο τη ρομποτική προσφέρουν σημαντικές ευκαιρίες μάθησης για το ρόλο της επιστήμης και της μηχανικής στην κοινωνία μας, προσφέρουν ευκαιρίες σταδιοδρομίας σε αυτούς τους τομείς καθώς και δεξιότητες που σχετίζονται με το χώρο εργασίας, όπως ικανότητα συνεργασίας με άλλους σε μια ομάδα και διαχείριση του χρόνου (*Evaluation of the FIRST LEGO League, 2005*).

Σε αυτή την εργασία, εστίασαμε στην ανάπτυξη πειραματικών ρομποτικών συσκευών που αναδεικνύουν την δημιουργικότητα των μαθητών, διευκολύνουν τον επιστημονικό πειραματισμό και κάνουν τη χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας φιλική προς τους μαθητές. Η ποικιλία των αισθητήρων που διατίθενται με τη ρομποτική πλατφόρμα LEGO Mindstorms EV3 επιτρέπει την ανάκτηση και επεξεργασία πολλών φυσικών ερεθισμάτων που προκύπτουν σε θέματα επιστήμης, επιτρέποντας τη σύνδεση αφηρημένων εννοιών ή μαθηματικών τύπων με απτές μετρήσεις που εκτελούνται από τους μαθητές.

Παρόλο που η ρομποτική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διδασκαλία και την εμπέδωση πολυάριθμων επιστημονικών και μαθηματικών εννοιών, στην πράξη, πολλά προγράμματα ρομποτικής επικεντρώνονται αποκλειστικά στις μηχανικές, σχεδιαστικές και προγραμματικές πτυχές του ρομπότ. Μια τέτοια προσέγγιση αποτυγχάνει να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες που προσφέρει η ρομποτική

για την μάθηση της Φυσικής και των Μαθηματικών. Στις τάξεις της Φυσικής και των Μαθηματικών, η ρομποτική τεχνολογία μπορεί να παρουσιαστεί στους μαθητές ως εργαλείο για την εκτέλεση πραγματικών πειραματικών ερευνών, δημιουργώντας έτσι μια γέφυρα μεταξύ της θεωρίας και της πράξης. Για παράδειγμα, καθώς οι μαθητές αναπτύσσουν στρατηγικές για τη μετακίνηση ενός ρομπότ που κινείται για συγκεκριμένη απόσταση, αυτοί μπορούν να κατακτήσουν την κατανόηση της γεωμετρίας ενός κύκλου, ο οποίος συνδέει την απόσταση που διανύει το ρομπότ με την περιφέρεια των τροχών του. Μια τέτοια προσέγγιση απαιτεί την απομάκρυνση από τα παραδοσιακά ρομποτικά προγράμματα της κατασκευής και του προγραμματισμού για μια συγκεκριμένη εργασία, σε μια προσέγγιση με έμφαση στους παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά του ρομπότ καθώς και τα δεδομένα που συλλέγονται από αυτό. Αυτή η εναλλακτική προσέγγιση επιτρέπει στους μαθητές να επικεντρωθούν στην ανάλυση τάσεων και μοτίβων στα δεδομένα και στη δημιουργία συμπερασμάτων ή προβλέψεων όταν αλλάζουν οι πειραματικές παράμετροι.

Στην παρούσα εργασία μας κάνουμε επισκόπηση και αξιολόγηση πέντε δραστηριοτήτων, η μία αφορά την Φυσική και οι τέσσερις τα Μαθηματικά, με βάση το LEGO Mindstorms EV3. Αυτές οι δραστηριότητες προσφέρουν στους μαθητές αυθεντικές εργαστηριακές εμπειρίες που ενισχύουν την παραδοσιακή διδασκαλία στην τάξη, υποστηρίζουν τη βαθύτερη κατανόηση του αντικείμενου (Church κ.α., 2010) – (Erwin κ.α., 2000) και προωθούν την ενεργό συμμετοχή μέσω της ανακάλυψης (Hotaling κ.α., 2006). Τα πέντε μαθήματα διεξήχθησαν σε 2 τμήματα της Α' τάξης του σχολείου μας. Οι εκπαιδευτικοί των αντίστοιχων τμημάτων συνεργάστηκαν πολύ πρόθυμα στη διεξαγωγή των δραστηριοτήτων.

Όλα τα μαθήματα Μαθηματικών μπορούν να ληφθούν ελεύθερα από τον Moodle server του Εργαστηρίου Πληροφορικής του σχολείου μας, στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://srv-1lyk-aigiou.ach.sch.gr/moodle/course/view.php?id=9>. Το μάθημα Φυσικής είναι διαθέσιμο στην διαδικτυακή κοινότητα LAMS (αφού πρώτα εγγραφείτε δωρεάν) στην ηλεκτρονική διεύθυνση http://lamscommunity.org/lamscentral/sequence?seq_id=2264829.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Οι δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν και πραγματοποιήθηκαν κατά το πρώτο έτος του Erasmus+ KA201 προγράμματος PROBOT (Learning PROgramming with ROBoTs) και βασίζονται στην εκπαιδευτική πλατφόρμα Lego MINDSTORMS EV3.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

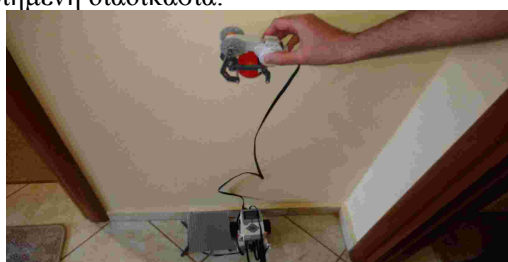
Επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας (g)

Χρησιμοποιώντας το kit LEGO Mindstorms EV3, οι μαθητές κατασκευάζουν μια πειραματική συσκευή που την χρησιμοποιούν για να μετρήσουν το χρόνο που κάνει ένα ελεύθερο σώμα που πέφτει από μια συγκεκριμένη απόσταση (Εικόνες 1, 2). Οι μαθητές χρησιμοποιούν έναν αισθητήρα φωτός/αφής και ένα έξυπνο τούβλο LEGO Mindstorms EV3, για να μετρήσουν τον χρόνο πτώσης του αντικείμενου που πέφτει από διαφορετικά ύψη. Μια ρομποτική λαβή συγκρατεί το αντικείμενο και το απελευθερώνει μετά τη λήψη της εντολής από τον χειριστή. Όταν το αντικείμενο φτάσει στο τελικό σημείο της διαδρομής του, ενεργοποιείται ο αισθητήρας αφής/φωτός και ο χρόνος πτώσης του αντικείμενου από την απελευθέρωση μέχρι το κτύπημα στον αισθητήρα αφής/φωτός καταγράφεται και εμφανίζεται στην οθόνη του LEGO Mindstorms. Χρησιμοποιώντας διαφορετικά σημεία απελευθέρωσης, οι μαθητές υπολογίζουν την αντίστοιχη μέση ταχύτητα του αντικείμενου που πέφτει. Στη συνέχεια, σχεδιάζουν στο Excel ένα γράφημα με την μέση ταχύτητα έναντι του χρόνου και δημιουργούν την γραμμή βέλτιστης προσαρμογής (best-fit line) για αυτό το γράφημα. Τέλος, οι μαθητές υπολογίζουν την κλίση αυτής της γραμμής, που είναι το μισό του g, και συγκρίνουν την πειραματική τιμή του g που βρήκαν με την τυπική τιμή του g, δηλ. το 9.81 m/sec^2 . Αυτή η εργαστηριακή δραστηριότητα εμπεδώνει την έννοια της βαρυτικής επιτάχυνσης με μια πειραματική μέθοδο για τον προσδιορισμό αυτής της σταθεράς.



Σχήμα 1: Δραστηριότητα «Επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας (g) με αισθητήρα φωτός»

Οι μαθητές έχουν την δυνατότητα να αποδείξουν πειραματικά ότι τα αντικείμενα με ίδιο περίπου σχήμα και διαφορετικά βάρη έχουν την ίδια επιτάχυνση στην ελεύθερη πτώση. Επίσης, οι μαθητές μπορούν να συνειδητοποιήσουν την προστιθέμενη αξία της ρομποτικής στην διεξαγωγή μιας πειραματικής διαδικασίας, αφού το g δεν μπορεί εύκολα να μετρηθεί με ακρίβεια και αξιοπιστία χρησιμοποιώντας συμβατικά ρολόγια για χρόνους μικρότερους από 1 δευτερόλεπτο καθώς επίσης είναι δύσκολος ο συγχρονισμός της διαδικασίας «αφήνω το αντικείμενο και μετράω τον χρόνο πτώσης» χωρίς μια αυτοματοποιημένη διαδικασία.



Σχήμα 2: Δραστηριότητα «Επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας (g) με αισθητήρα αφής»

Επιπλέον, η εργαστηριακή αυτή δραστηριότητα εμπεδώνει και αρκετές γνωστές έννοιες από τα Μαθηματικά, όπως: την έννοια της εξίσωσης της γραμμής βέλτιστης προσαρμογής ($y = mx + b$) για τη σχέση ταχύτητας / χρόνου, την έννοια του γραφήματος για οπτικοποίηση και κατανόηση της σχέσης δύο φυσικών μεγεθών (ταχύτητα έναντι χρόνου), καθώς και την έννοια της κλίσης της γραμμής που συμπίπτει με τον συντελεστή (m) της εξίσωσης της γραμμής και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του g.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Προχώρησε 50 εκ. προς τα εμπρός

Η πρώτη δραστηριότητα απαιτεί από τους μαθητές να σχεδιάσουν ένα απλό τροχήλατο ρομπότ με 3 τροχούς και να υπολογίσουν πόσες μοίρες περιστροφής πρέπει να κάνουν οι τροχοί του ρομπότ για να προχωρήσει 50 εκ.



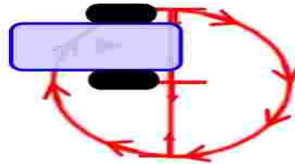
Σχήμα 3: Δραστηριότητα «προχώρησε 50 εκ. προς τα εμπρός»

Με την ολοκλήρωση της δραστηριότητας, οι μαθητές θα είναι σε θέση να κατασκευάσουν ένα απλό τροχήλατο ρομπότ και να το προγραμματίσουν να κάνει μια ευθύγραμμη κίνηση εμπρός για 50 εκ., χρησιμοποιώντας τον μαθηματικό τύπο της περιφέρειας ενός κύκλου. Πρέπει να σκεφτούν ότι κάθε φορά που ένας τροχός του ρομπότ κάνει μια περιστροφή, ολόκληρη η περιφέρεια του τροχού

κυλάει κατά μήκος του εδάφους. Πρέπει να μετρήσουν την διάμετρο των ελαστικών του EV3, που είναι περίπου 5,6 εκ. έτσι ώστε να υπολογίσουν την περιφέρεια του τροχού που είναι $5,6 \text{ εκ.} * \pi = 5,6 \text{ εκ.} * 3,14 = 17,6 \text{ εκ.}$ Στο τέλος, για να βρουν τον αριθμό των περιστροφών που είναι απαραίτητες για να μετακινήσουν το ρομπότ 50 εκ. προς τα εμπρός, πρέπει να διαιρέσουν τα 50 εκ. με την απόσταση που μετακινείται σε κάθε περιστροφή του τροχού (δηλ. την περιφέρεια του τροχού) η οποία είναι 17,6 εκ. Έχοντας βρει τον απαραίτητο αριθμό περιστροφών, μπορούν να τον μετατρέψουν στον αντίστοιχο αριθμό μοιρών, πολλαπλασιάζοντας με το 360.

Πλήρης επιτόπια περιστροφή

Στη δεύτερη δραστηριότητα το ρομπότ πρέπει να κάνει μια πλήρη περιστροφή επί τόπου, όπως φαίνεται στο σχήμα 4 παρακάτω.

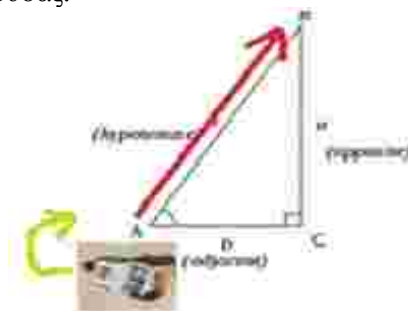


Σχήμα 4: Δραστηριότητα «Πλήρης επιτόπια περιστροφή»

Με την ολοκλήρωση της δραστηριότητας, οι μαθητές είναι σε θέση να σχεδιάσουν μια επιτόπια περιστροφή, εμποδώνοντας ακόμα καλύτερα τον μαθηματικό τύπο της περιφέρειας ενός κύκλου. Πρέπει να σκεφτούν ότι το ρομπότ θα πρέπει να χρησιμοποιήσει μόνο τον αριστερό κινητήρα, αφού ο δεξιός κινητήρας θα πρέπει να παραμείνει ακίνητος. Πρέπει να αντιληφθούν ότι πρέπει να σχηματίσουν έναν κύκλο του οποίου η ακτίνα είναι η απόσταση μεταξύ των τροχών. Με βάση τη λογική της προηγούμενης δραστηριότητας (κίνηση προς τα εμπρός 50 εκ.) μπορούν να βρουν πόσες μοίρες πρέπει να περιστρέψουν τον αριστερό κινητήρα για να κάνει το ρομπότ έναν πλήρη κύκλο.

Μετακίνηση κατά μήκος της υποτεινούς ενός ορθογώνιου τριγώνου

Στην δραστηριότητα αυτή, το ρομπότ υποθέτουμε ότι έχει ήδη μετακινηθεί κατά μήκος των δύο κάθετων πλευρών ενός ορθογώνιου τριγώνου, όπου η κάθε μία πλευρά έχει μήκος 25 εκ. Το ρομπότ έπειτα πρέπει να διασχίσει την υποτεινούσα του τριγώνου. Σημειωτέον ότι το ρομπότ δεν δείχνει προς τη σωστή κατεύθυνση της υποτεινούς.



Σχήμα 5: Δραστηριότητα «Μετακίνηση κατά μήκος της υποτεινούς ενός ορθογώνιου τριγώνου»

Οι μαθητές πρέπει πρώτα να υπολογίσουν τις 2 γωνίες του τριγώνου πλην της ορθής γωνίας, που καθεμία είναι 45° . Στην συνέχεια πρέπει να σκεφτούν ότι το ρομπότ πρέπει να περιστραφεί επί τόπου για να δείχνει στην κατεύθυνση της υποτεινούς. Για τον σκοπό αυτό θα χρησιμοποιήσουν τον αισθητήρα γυροσκοπίου που διαθέτει το κιτ. Το ρομπότ θα πρέπει να σταματήσει να περιστρέφεται όταν ο αισθητήρας γυροσκοπίου ανιχνεύσει γωνία περιστροφής 135° , δηλ. $180^\circ - 45^\circ$. Στη συνέχεια, οι μαθητές μπορούν να υπολογίσουν το μήκος της υποτεινούς χρησιμοποιώντας το Πυθαγόρειο θεώρημα. Τέλος, με βάση τις προηγούμενες 2 δραστηριότητες μπορούν να υπολογίσουν τον αντίστοιχο αριθμό περιστροφών και μοιρών που χρειάζεται να κινηθεί το ρομπότ κατά μήκος της υποτεινούς, δεδομένου ότι η περιφέρεια του τυπικού Lego τροχού είναι περίπου 17,6 εκ.

Με την ολοκλήρωση της δραστηριότητας, οι μαθητές θα μπορούν να χρησιμοποιούν τον αισθητήρα γυροσκοπίου για να πειραματίζονται με στροφές συγκεκριμένου αριθμού μοιρών και να σχεδιάζουν σχετικές κινήσεις. Θα πρέπει επίσης να χρησιμοποιήσουν τους μαθηματικούς τύπους για

την περιφέρεια ενός κύκλου και για το Πυθαγόρειο Θεώρημα και να αντιλαμβάνονται την έννοια της συμπληρωματικής γωνίας.

Σχεδίαση γεωμετρικών σχημάτων

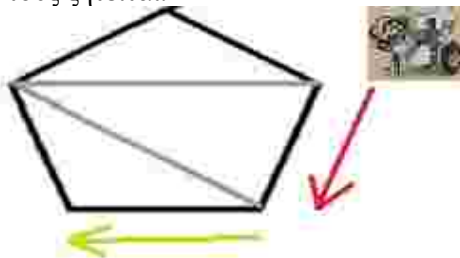
Σε αυτήν την δραστηριότητα οι μαθητές πρέπει να προγραμματίσουν ένα τροχήλατο ρομπότ να διατρέξει:

- ένα ισόπλευρο τρίγωνο
- ένα τετράγωνο
- ένα κανονικό πεντάγωνο
- ένα κανονικό 100 - γωνο.

Για κάθε σχήμα πρέπει οι μαθητές να το σχεδιάσουν πρώτα στο χαρτί και να προσδιορίσουν τις εσωτερικές γωνίες καθώς και τις συμπληρωματικές γωνίες του. Με βάση τις συμπληρωματικές γωνίες που αποτελούν τις γωνίες περιστροφής του ρομπότ και την βοήθεια του αισθητήρα γυροσκοπίου θα πραγματοποιούν τις κατάλληλες περιστροφές.

Για να προσδιορίσουν όμως κάθε γωνία θα πρέπει να γνωρίζουν το άθροισμα των γωνιών για κάθε σχήμα. Και αν για το τρίγωνο και το τετράγωνο είναι γνωστό ότι το άθροισμα των γωνιών τους είναι 180° και 360° αντίστοιχα, κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει με το πεντάγωνο και το 100-γωνο. Στο πεντάγωνο λοιπόν θα μάθουν ότι αρκεί να τραβήξουν όλες τις δυνατές διαγώνιους από μία κορυφή και να παρατηρήσουν ότι σχηματίζονται 3 τρίγωνα, άρα το άθροισμα των γωνιών του πενταγώνου είναι $180^\circ \cdot 3 = 540^\circ$. Επομένως, το μέτρο μιας γωνίας του πενταγώνου είναι 108° ($540^\circ / 5 = 108^\circ$) και άρα το μέτρο της συμπληρωματικής γωνίας που πρέπει να περιστρέφεται είναι $180^\circ - 108^\circ = 72^\circ$.

Οι μαθητές θα μάθουν επίσης τη μέθοδο της γενίκευσης γνωστών ιδιοτήτων, δηλαδή πώς να καθορίσουν τον τύπο για το μέτρο της συμπληρωματικής γωνίας σε κανονικά n-γωνο, ο οποίος είναι $180 - (180 \cdot (n-2)) / n$. Με αυτόν τον τρόπο, θα είναι σε θέση να σχεδιάσουν οποιοδήποτε κανονικό πολύγωνο, όπως το 100-γωνο που τους ζητείται.



Σχήμα 6: Δραστηριότητα «Σχεδίαση ενός κανονικού πεντάγωνου»

Ως επέκταση αυτής της δραστηριότητας, προσφέρουμε στους μαθητές την δυνατότητα να κατανοήσουν την έννοια του ορίου (limit). Συγκεκριμένα, υπολογίζουμε με τους μαθητές την τιμή του ορίου της παραπάνω ακολουθίας $a_n = 180 - (180 \cdot (n-2)) / n$, που είναι η τιμή 0. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές συνειδητοποιούν μια πρακτική εφαρμογή της έννοιας του ορίου, δηλ. ότι ένα κανονικό πολύγωνο με έναν αυξανόμενο αριθμό γωνιών προσεγγίζει στην ουσία το σχήμα ενός κύκλου, αφού η ακολουθία a_n έχει όριο το 0.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Για να μετρηθεί η αποτελεσματικότητα της χρήσης των εργαστηριακών δραστηριοτήτων που αναπτύχθηκαν στα μαθήματα Φυσικής και Μαθηματικών, πραγματοποιήθηκαν έρευνες αξιολόγησης πριν και μετά το μάθημα. Οι έρευνες αυτές αποτελούνται από ερωτήσεις που αφορούν τόσο το περιεχόμενο (βλ. Πίνακα 1) όσο και την προσέγγιση διδασκαλίας (βλ. Πίνακα 2) και αναπτύχθηκαν με την συνεργασία της παιδαγωγικής ομάδας του PROBOT προγράμματος και των εκπαιδευτικών Φυσικής και Μαθηματικών που συμμετείχαν στην έρευνα.

Οι ερωτήσεις περιεχομένου (Πίνακας 1), τρεις ερωτήσεις για κάθε δραστηριότητα, αναπτύχθηκαν αξιοποιώντας τις συνήθεις ερωτήσεις που καλούνται οι μαθητές να απαντήσουν σε τεστ και διαγωνίσματα του μαθήματος. Οι ερωτήσεις περιεχομένου επιδιώκουν να εξετάσουν τις γνώσεις των μαθητών πριν και μετά το μάθημα.

Δραστηριότητα	Ερωτήσεις περιεχομένου
---------------	------------------------

Επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας (g)	<ul style="list-style-type: none"> • Τι είναι δύναμη; • Τι είναι ταχύτητα; • Τι είναι επιτάχυνση;
Προχώρησε 50 εκ. προς τα εμπρός	<ul style="list-style-type: none"> • Τι είναι η περίμετρος ενός κύκλου; • Υπολόγισε την περίμετρο ενός κύκλου. • Επίλυση ενός σχετικού λεκτικού προβλήματος.
Πλήρης επιτόπια περιστροφή	<ul style="list-style-type: none"> • Με ποια γνωστή μαθηματική σταθερά σχετίζεται η περιφέρεια ενός κύκλου και ποια είναι η τιμή της; • Η παραπάνω σταθερά πως ορίζεται σε σχέση με τις ιδιότητες ενός κύκλου; • Δώστε χρήσεις της παραπάνω σταθεράς σε καθημερινές εφαρμογές και επιστημονικούς τομείς.
Μετακίνηση κατά μήκος της υποτείνουσας ενός ορθογώνιου τριγώνου	<ul style="list-style-type: none"> • Ποια είναι η υποτείνουσα ενός ορθογώνιου τριγώνου; • Υπολόγισε το μέτρο της υποτείνουσας ενός ορθογώνιου τριγώνου. • Επίλυση ενός σχετικού λεκτικού προβλήματος.
Σχεδίαση γεωμετρικών σχημάτων	<ul style="list-style-type: none"> • Ποιο είναι το άθροισμα των γωνιών ενός κανονικού πεντάγωνου; • Υπολόγισε μια οποιαδήποτε συμπληρωματική γωνία ενός κανονικού εξάγωνου. • Ποια είναι το μέτρο μιας οποιαδήποτε γωνίας ενός κανονικού δεκάγωνου; .

Πίνακας 1: Ερωτήσεις περιεχομένου για τις δραστηριότητες Φυσικής και Μαθηματικών με βάση το Lego Mindstorms EV3

Οι ερωτήσεις για την προσέγγιση διδασκαλίας (Πίνακας 2) αποτελούνται από ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών και ερωτήσεις σύντομης απάντησης με φιλική προς τον μαθητή μορφή. Τα ερωτήματα αυτά επιδιώκουν να αντλήσουν πληροφορίες σχετικά με την αντίληψη των μαθητών για την Φυσική και τα Μαθηματικά, τις προηγούμενες εμπειρίες τους με τη ρομποτική και τη γνώμη τους για τα μαθήματα Φυσικής και Μαθηματικών με βάση τα Lego Mindstorms. Για τις ερωτήσεις έρευνας της διδακτικής προσέγγισης που απαιτούσαν περιγραφικές απαντήσεις, οι απαντήσεις των μαθητών αναλύθηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν είτε ως θετικές ή αρνητικές (ερώτηση 1) είτε ως «μου αρέσει», «δεν μου αρέσει», «καμία απάντηση» (ερωτήσεις 4 και 5).

Έρευνα πριν από το μάθημα	<ol style="list-style-type: none"> 1. Τι σας ενθουσιάζει στην φυσική / στα μαθηματικά; 2. Εάν σας δινόταν η ευκαιρία να δημιουργήσετε ένα μάθημα, ποια μέθοδο θα χρησιμοποιούσατε: <ul style="list-style-type: none"> (α) Διάλεξη; (β) Ανάγνωση εγχειριδίου; (γ) Παρακολούθηση ταινίας; (δ) Διεξαγωγή πρακτικής άσκησης; (ε) Έρευνα στο Διαδίκτυο; 3. Πιστεύετε ότι η ρομποτική μπορεί να είναι χρήσιμη όταν χρησιμοποιείται για τη συλλογή δεδομένων σε επιστημονικά / μαθηματικά πειράματα; <ul style="list-style-type: none"> (α) Ναι. (β) Όχι. (γ) Δεν είμαι βέβαιος/η.
Έρευνα μετά από το μάθημα (περιλαμβάνει και τις ερωτήσεις 1-3 παραπάνω)	<ol style="list-style-type: none"> 4. Τι σας άρεσε ή δεν σας άρεσε στο μάθημα; 5. Τι σας άρεσε ή δεν σας άρεσε στη ρομποτική συσκευή; 6. Αξιολογήστε αυτό το μάθημα χρησιμοποιώντας τα παρακάτω <ul style="list-style-type: none"> (α) Δεν μου άρεσε καθόλου (β) Δεν μου άρεσε (γ) Μου άρεσε (δ) Μου άρεσε πολύ 7. Πιστεύετε ότι η χρήση της ρομποτικής για τη συλλογή δεδομένων: <ul style="list-style-type: none"> (α) Διευκόλυνε το μάθημα. (β) Έχει κάνει το μάθημα πιο δύσκολο (γ) Δεν έκανε καμία διαφορά στο μάθημα.

Πίνακας 2: Ερωτήσεις αξιολόγησης της διδακτικής προσέγγισης πριν και μετά το μάθημα

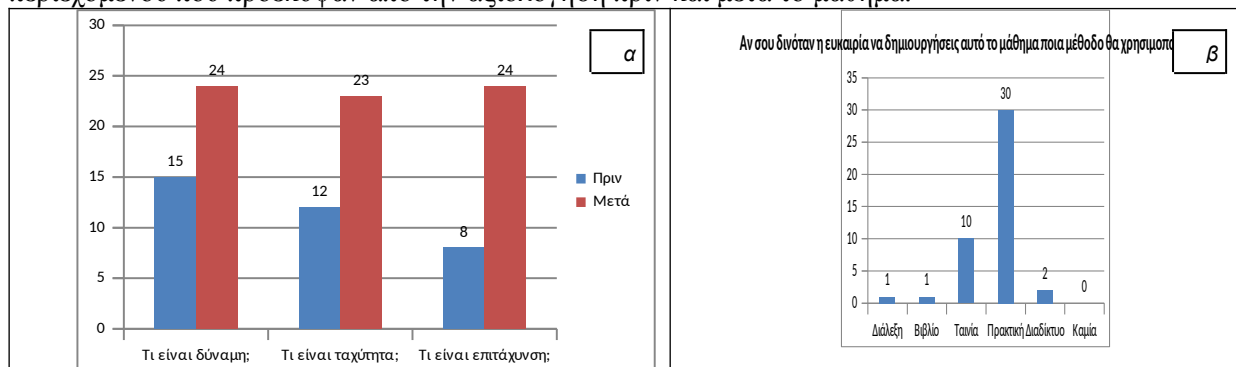
για τις δραστηριότητες της Φυσικής και των Μαθηματικών που βασίζονται στο LEGO Mindstorms EV3.

Οι απαντήσεις στις ερωτήσεις των ερωτηματολογίων αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας ραβδογράμματα και τεστ στατιστικής ανάλυσης. Τα ραβδογράμματα συνοψίζουν τις επιδόσεις των μαθητών πριν και μετά τη δραστηριότητα. Μια t-test δοκιμασία (Sheskin, 2007) για τα ζεύγη δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε για να εκτιμηθεί η διαφορά στις μέσες βαθμολογίες των μαθητών στις ερωτήσεις περιεχομένου πριν και μετά το μάθημα. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ένα τεστ McNemar (Sheskin, 2007) σε ζεύγη-αναλογίες χρησιμοποιώντας τον αριθμό των μαθητών που βαθμολογήθηκαν πάνω και κάτω από τον μέσο όρο της τάξης στις ερωτήσεις περιεχομένου πριν και μετά το μάθημα.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

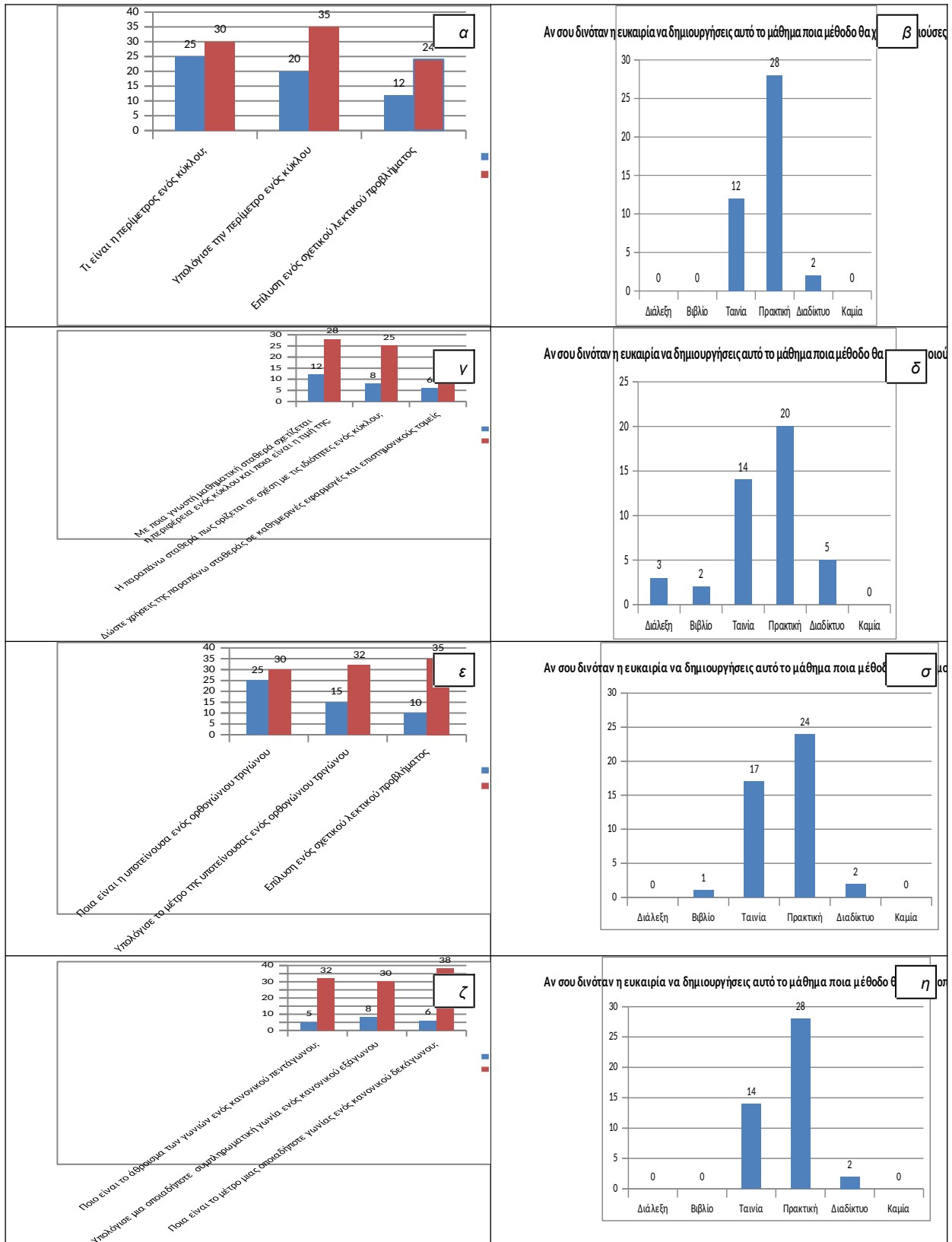
Οι δραστηριότητες Φυσικής και Μαθηματικών που περιγράφηκαν παραπάνω αξιολογήθηκαν σε δύο τάξεις της Α' Λυκείου του 1ου ΓΕΛ Αιγίου που αποτελούνταν από συνολικά 44 μαθητές. Οι δραστηριότητες διεξήχθησαν σε τμήματα όπου οι μαθητές είχαν προηγούμενη γνώση των εννοιών που διαπραγματεύονται οι δραστηριότητες. Για τη μελέτη μας, κάθε δραστηριότητα με την αντίστοιχη αξιολόγηση (πριν και μετά) πραγματοποιήθηκε σε δύο ως τέσσερις διαδοχικές συνεδρίες διδασκαλίας, και οι αξιολογήσεις έγιναν σε δύο περιόδους 20 λεπτών πριν από την 1η συνεδρία και μετά από την τελευταία συνεδρία, αντίστοιχα.

Η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των αξιολογήσεων στα Σχήματα 7 (α) και 8 (α), (γ), (ε) και (ζ) δείχνει το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά στις ερωτήσεις περιεχομένου πριν και μετά τις δραστηριότητες Φυσικής και Μαθηματικών, αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα αξιολόγησης που δίδονται στα σχήματα 7 (β) και 8 (β), (δ), (στ) και (η) δείχνουν το ποσοστό των προτιμήσεων των μαθητών στις μεθόδους διδασκαλίας πριν και μετά τη διεξαγωγή των δραστηριοτήτων Φυσικής και Μαθηματικών, αντίστοιχα. Σημειωτέον ότι η συνολική μέση αύξηση των βαθμολογιών στις ερωτήσεις περιεχομένου ήταν 35% και 42% για την Φυσική και τα Μαθηματικά, αντίστοιχα. Όπως αποδεικνύεται από την δοκιμή t-test [15] για τα ζευγαρωμένα δείγματα και τη δοκιμή McNemar [15] στις συνδυασμένες αναλογίες, η βελτίωση της γνώσης των μαθητών ήταν στατιστικά σημαντική. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν με βάση τις μέσες βαθμολογίες των μαθητών στις ερωτήσεις περιεχομένου που προέκυψαν από την αξιολόγηση πριν και μετά το μάθημα.



Σχήμα 7: Απαντήσεις των μαθητών για την δραστηριότητα που αφορά στην επιτάχυνση της βαρύτητας (g).

Το Σχήμα 7 (α) απεικονίζει μια μεγάλη βελτίωση στην κατανόηση από τους μαθητές των εννοιών γύρω από την επιτάχυνση της βαρύτητας με βελτίωση σωστών απαντήσεων που κυμαίνεται από 23% ως 50%. Το σχήμα 8 (ζ) για τα μαθηματικά απεικονίζει μια μεγάλη βελτίωση στην κατανόηση από τους μαθητές του τρόπου υπολογισμού των γωνιών ενός οποιαδήποτε κανονικού ν-γωνου με σωστές απαντήσεις που βελτιώνονται από 57% έως 73%. Ανάλογα αποτελέσματα υπάρχουν και στις υπόλοιπες δραστηριότητες. Η αλληλεπίδραση με πραγματικά δεδομένα επέτρεψε στους μαθητές να συνδυάσουν τις μαθηματικές έννοιες που διδάχθηκαν στο συμβατικό μάθημα με την αυθεντική χρήση τους στην καθημερινότητα από μηχανικούς και επιστήμονες. Πιστεύουμε ότι ο συνδυασμός της παραδοσιακής διδασκαλίας, της αλληλεπίδρασης των μαθητών με πραγματικά δεδομένα και η παρουσία ενός ρομπότ φιλικού προς τους μαθητές τους βοηθά ιδιαίτερα στην εμπέδωση εννοιών και μεθοδολογιών.



Σχήμα 8: Οι απαντήσεις των μαθητών για τις δραστηριότητες Μαθηματικών.

ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα πειράματα με βάση το LEGO Mindstorms χρησιμοποιήθηκαν για την ενίσχυση της παραδοσιακής διδασκαλίας της Φυσικής και των Μαθηματικών στην τάξη, κατά τη διάρκεια δύο έως τεσσάρων συνεχόμενων συνεδριών 45 λεπτών. Αν και υπάρχουν πολλοί παράγοντες (Donovan και Bransford, 2005) που καθορίζουν εάν ένα μάθημα είναι επιτυχές, τα στοιχεία της έρευνας αποκαλύπτουν ότι οι μαθητές ενδιαφέρονται για τη χρήση του LEGO Mindstorms. Οι μαθητές ενδιαφέρονται να χρησιμοποιήσουν τις αισθήσεις τους για να μάθουν θέματα επιστήμης και μαθηματικών με διερευνητικό τρόπο (Mataric κ.α, 2007).

Δύο γενικές αρχές για τη χρήση του LEGO Mindstorms ή για παρόμοιες ρομποτικές πειραματικές συσκευές στην τάξη έγιναν εμφανείς. Πρώτον, πρέπει να διατεθεί επαρκής αριθμός μονάδων για να διατηρηθεί σχετικά χαμηλός ο λόγος αριθμού μαθητών με τον αριθμό των συσκευών LEGO (π.χ. 3 ή χαμηλότερος). Αυτό εξασφαλίζει ότι όλοι οι μαθητές παραμένουν αφοσιωμένοι στο έργο τους και μπορούν να ακολουθήσουν τις δομημένες και διερευνητικές συνιστώσες του πρακτικού μαθήματος, πετυχαίνοντας έτσι τους στόχους του μαθήματος. Δεύτερον, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας όπως τα LEGO Mindstorms στην τάξη προϋποθέτει ότι οι μαθητές και οι καθηγητές έχουν μια θεμελιώδη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της ρομποτικής πλατφόρμας έτσι ώστε να μπορούν να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητές της.

Καταλήγοντας, προτείνουμε τις εξής κατευθύνσεις για μελλοντική επέκταση της έρευνας. Πρώτον, η βελτίωση στις απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις περιεχομένου αποτελούν ένδειξη της αποτελεσματικότητας των LEGO Mindstorms στη διδασκαλία και εκμάθηση των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών. Απαιτείται όμως περαιτέρω μελέτη με τη συμμετοχή μιας ομάδας αρκετών σχολείων για όλο το σχολικό έτος για να διαπιστωθεί κατά πόσον οι μαθητές με την βοήθεια του LEGO Mindstorms επιτυγχάνουν καλύτερη μάθηση σε επιπλέον θέματα Φυσικής και Μαθηματικών, κάτι που δεν ήταν εφικτό να γίνει στην παρούσα μελέτη. Δεύτερον, θα ήταν επίσης πολύ χρήσιμο να διεξαχθεί μια συγκριτική μελέτη όπου διδάσκονται πανομοιότυπα θέματα Φυσικής και Μαθηματικών χρησιμοποιώντας συμβατικές, διδακτικές μεθόδους και παράλληλα την προσέγγιση που περιγράφεται στην παρούσα εργασία.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Cejka, E., and Rogers, C., “Inservice Teachers and the Engineering Design Process,” Proc. Amer. Soc. Eng. Ed., Portland, OR, 2005.

Church, W., Ford, T., Perova, N., and Rogers, C., “Physics with Robotics Using LEGO MINDSTORMS in High School Education,” Association for the Advancement of Artificial Intelligence Spring Symposium, Palo Alto, CA, 2010. Available from <http://www.aaai.org/ocs/index.php/SSS/SSS10/paper/viewFile/1062/1398>.

Donovan, M.S., and Bransford, J.D., (eds.), “How Students Learn”, National Research Council, Washington, DC: National Academy Press, 2005. Available from http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=10126.

Erwin, B., Cyr, M., and Rogers, C., “Lego Engineer and RoboLab: Teaching Engineering with LabView from Kindergarten to Graduate School,” International Journal of Engineering Education, 16(3): 181–192, 2000.

Evaluation of the FIRST LEGO League, Center for Youth and Communities, Waltham, MA: Brandeis University, 2005.

Harel, I., Children Designers: Interdisciplinary Constructions for Learning and Knowing Mathematics in a Computer-Rich School, Ablex Publishing, Norwood, NJ, 1991

Hotaling, L., Sheryll, R., and Stolkin, R., “Discovery Based Learning in the Engineering Classroom using Underwater Robotics,” Proc. Amer. Soc. Eng. Ed., Session 1553. Chicago, IL, 2006

Mataric, M. J.; Koenig, N.; Feil-Seifer, D., “Materials for Enabling Hands-on Robotics and STEM Education,” AAAI Spring Symposium on Robots and Robot Venues: Resources for AI Education, 2007

Mukai H., and McGregor, N., “Robot Control Instruction for Eighth Graders,” IEEE Control Systems Magazine, 24(5): 20–23, 2005.

Norton, S.J., McRobbie, C.J., and Ginns, I.S., “Problem Solving in a Middle School

Robotics Design Classroom,” *Research in Science Education*, 37(3): 261–277, 2007.

Papert, S., “An Exploration in the Space of Mathematics Educations,” *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1): 95–123, 1996.

Papert, S., “*Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas*, Basic Books”, New York, NY, 1993

Papert, S., “*The Children’s Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*”, Basic Books, New York, NY, 1993.

Rogers, C., and Portsmore, M., “Bringing Engineering to Elementary School.” *Journal of STEM Education*. 5(3): 17–28, 2004.

Sheskin, D., “*Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures*”, Chapman & Hall/CRC Press, Boca Raton, FL, 2007

Shoop, R., “*Robotics Educator 2.5 Curriculum Guide*”. Robotics Academy. Pittsburg, PA: Carnegie Mellon University. Available from <https://www.cmu.edu/roboticsacademy/roboticscurriculum/>.

Wilensky, U.J., *Connected Mathematics—“Building Concrete Relationships with Mathematical Knowledge”*, Ph.D. Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Boston, MA, 1993.

Μελέτη κίνησης με φωτοπύλες (Arduino) και πρόγραμμα Tracker

Νούλας Γιώργος¹, Καρούλιας Σωτήρης², Παπαϊωάννου Μαρία³

¹Φυσικός, Ιδ. Γυμνάσιο ΠΑΛΛΑΔΙΟ
giorgos.noulas@palladio.edu.gr

²Φυσικός, Ιδ. Γυμνάσιο ΠΑΛΛΑΔΙΟ
sotiris.kaproulias@palladio.edu.gr

³Καθηγήτρια πληροφορικής, Ιδ. Γυμνάσιο ΠΑΛΛΑΔΙΟ
mariza.papaioannou@palladio.edu.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια πρόταση για μια διαθεματική προσέγγιση των μαθημάτων της φυσικής και της πληροφορικής με τρόπο ώστε αυτή να είναι σύμφωνη με το πνεύμα της εκπαίδευσης STEM. Μια προσέγγιση στην φιλοσοφία του STEM απαιτεί τη χρήση καινοτόμων και εναλλακτικών μεθόδων μάθησης που αποσκοπούν στην άμεση εμπλοκή των μαθητών για την επίλυση ενός πραγματικού προβλήματος. Στο πνεύμα αυτό και με αφορμή την μελέτη των κινήσεων που αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της διδακτέας ύλης της φυσικής στη Β Γυμνασίου, οι μαθητές με την καθοδήγηση των καθηγητών της πληροφορικής και της φυσικής, κατασκεύασαν και προγραμματίσαν με τη γλώσσα προγραμματισμού Scratch μια πειραματική διάταξη αποτελούμενη από τον μικροεπεξεργαστή Arduino και από αυτοσχέδιες φωτοπύλες κατασκευασμένες με την μέθοδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Με την συσκευή που κατασκεύασαν πραγματοποίησαν πειράματα με σκοπό αφενός τη συλλογή δεδομένων και τη μελέτη των ευθύγραμμων κινήσεων στο εργαστήριο φυσικών επιστημών του σχολείου, και αφετέρου τον εμπλουτισμό του εργαστηρίου φυσικής με μια χρήσιμη εργαστηριακή συσκευή για την πραγματοποίηση πειραμάτων φυσικής. Ταυτόχρονα, με την χρήση του προγράμματος ιχνηλασίας Tracker, οι μαθητές πραγματοποίησαν έναν πρώτο έλεγχο της αξιοπιστίας της πειραματικής τους συσκευής. Με αυτό τον τρόπο θεωρούμε ότι οι μαθητές εκτός από τις θεωρητικές γνώσεις των φυσικών φαινομένων που κατακτούν τους δίνεται η δυνατότητα να κατανοήσουν τη διαδικασία καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων, με αποτέλεσμα την ουσιαστική κατανόηση φαινομένων που μόνο η θεωρητική περιγραφή τους τα καθιστά δυσνόητα. Επίσης η ενασχόληση των μαθητών με τον προγραμματισμό, την τρισδιάστατη σχεδίαση (3d modeling) και την τρισδιάστατη εκτύπωση, τους βοηθά να αναπτύζουν δεξιότητες οι οποίες καθίστανται αναγκαίες για τον 21^ο αιώνα.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Arduino, Φωτοπύλες, Πρόγραμμα ιχνηλασίας Tracker

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρακάτω διδακτικό σενάριο αποτελεί μια προσπάθεια ώστε στα μαθήματα της φυσικής και της πληροφορικής της Β' Γυμνασίου να εισαχθεί η φιλοσοφία της εκπαίδευσης STEM. Στον πυρήνα της εκπαίδευσης STEM βρίσκεται η διαθεματικότητα των εκπαιδευτικών αντικειμένων. Τα εκπαιδευτικά αντικείμενα δεν προσεγγίζονται απομονωμένα όπως παραδοσιακά συνέβαινε μέχρι τώρα, αλλά σε ένα πλαίσιο όπου αναδεικνύονται οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ τους με σκοπό την ολοκληρωμένη μελέτη ενός πραγματικού προβλήματος (Asghar, 2012).

Με αφορμή το μάθημα της Φυσικής και συγκεκριμένα την ενότητα της κινηματικής οι μαθητές κλήθηκαν να κατασκευάσουν και να προγραμματίσουν μια πειραματική συσκευή για τη μελέτη των κινήσεων.

Αρκετές δημοσιεύσεις αναφέρονται στα προβλήματα των μαθητών σε ότι έχει να κάνει με την ποσοτική αλλά και με την ποιοτική κατανόηση των εννοιών της φυσικής (Carey, 1985). Ένα από τα πιο σημαντικά πεδία όπου οι μαθητές αυτής της ηλικίας φαίνεται να αντιμετωπίζουν προβλήματα είναι στη δημιουργία και την επεξεργασία γραφημάτων, καθώς και στην άντληση πληροφοριών από αυτά, ειδικά, στην περίπτωση της μηχανικής που αποτελεί και την πρώτη ουσιαστική επαφή του μαθητή με την ποσοτική περιγραφή του φυσικού κόσμου. (Beichner, 1994), (Glazer, 2011).

Για την άρση αυτών των δυσκολιών έχει προταθεί από παλιά μια ευρεία γκάμα εκπαιδευτικών τεχνικών.(Tinker & Stringer, 1978) (Thornton, 1992). Πολλές από αυτές τις τεχνικές στηρίζονται στην χρήση της τεχνολογίας των υπολογιστών. (Blikstein, 2011)

Μια πολύ διαδεδομένη τεχνική είναι αυτή της χρήσης, μικροεπεξεργαστών και συγκεκριμένα της ανοιχτού λογισμικού πλατφόρμας Arduino (Huang, 2015).

Χρησιμοποιώντας αυτή την πλατφόρμα οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές μπορούν να σχεδιάσουν πειράματα των φυσικών επιστημών ώστε οι μαθητές να μπορούν να κάνουν την σύνδεση μεταξύ φυσικών φαινομένων και της γραφικής τους αναπαράστασης μέσω της συλλογής και της ανάλυσης δεδομένων (Nichols, 2017). Στην πλατφόρμα Arduino συνδέονται αισθητήρες, οι οποίοι συλλέγουν δεδομένα και με τον κατάλληλο προγραμματισμό, μπορούν αυτά τα δεδομένα να παρασταθούν γραφικά αναδεικνύοντάς την σε ένα πολύτιμο εργαλείο για το σχεδιασμό και την πραγματοποίηση πειραμάτων στο εργαστήριο.

Η δική μας πρόταση προσπαθεί να συνδυάσει την επιτυχημένη αυτή πρακτική με μια σύγχρονη πρακτική στην εκπαίδευση, αυτή της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Αρκετά σχολεία έχουν στην διάθεσή τους τρισδιάστατους εκτυπωτές με τους οποίους οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές μπορούν και κατασκευάζουν φυσικά αντικείμενα που τα χρησιμοποιούν στην εκπαιδευτική διαδικασία. Τα οφέλη που αποκομίζουν οι μαθητές από την ενασχόληση τους με την τρισδιάστατη εκτύπωση είναι πολλαπλά (Peels, 2017). Η τρισδιάστατη σχεδίαση αντικειμένων σε λογισμικά CAD βοηθάει στην ανάπτυξη της αντίληψής τους για τον τρισδιάστατο χώρο και ενισχύει την κριτική τους σκέψη. (Trust & Maloy, 2017). Επίσης η ενασχόληση των μαθητών με την τρισδιάστατη εκτύπωση βοηθάει στην εν γένει θετική τους στάση απέναντι στην εκπαιδευτική διαδικασία και τους φέρνει κοντά σε μια σημαντική τεχνολογία η οποία αναμένεται να κυριαρχήσει τα επόμενα χρόνια (Holstermann et al., 2010).

Στο συγκεκριμένο σενάριο χρησιμοποιείται επίσης επικουρικά και το λογισμικό Tracker για έναν πρώτο έλεγχο της λειτουργίας της πειραματικής συσκευής και για την αντιπαραβολή διαγραμμάτων της κίνησης. Το πρόγραμμα ιχνηλασίας Tracker έχει αναδειχθεί σε ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο πειραμάτων για κάθε σχολικό εργαστήριο φυσικής (Beichner, 1996). Πρόκειται για λογισμικό το οποίο επιτρέπει την ανάλυση ενός φυσικού φαινομένου με την βοήθεια video, καθώς και την μοντελοποίηση ενός φυσικού φαινομένου.

ΤΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Οι στόχοι που θέσαμε για το συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο ήταν οι μαθητές:

- Να κατανοήσουν τη λειτουργία των φωτοπυλών και την χρησιμότητά τους σε ένα εργαστήριο φυσικής
- Να συλλέξουν και να επεξεργαστούν πειραματικά δεδομένα
- Να πραγματοποιούν γραφικές παραστάσεις και να αντλούν πληροφορίες από αυτές
- Να χρησιμοποιούν προγράμματα λογιστικών φύλλων για να πραγματοποιούν γραφικές παραστάσεις
- Να κατασκευάζουν απλά ηλεκτρικά κυκλώματα
- Να προγραμματίζουν σε περιβάλλον Scratch
- Να σχεδιάζουν 3d μοντέλα σε λογισμικά CAD και να χρησιμοποιούν την τρισδιάστατη εκτύπωση

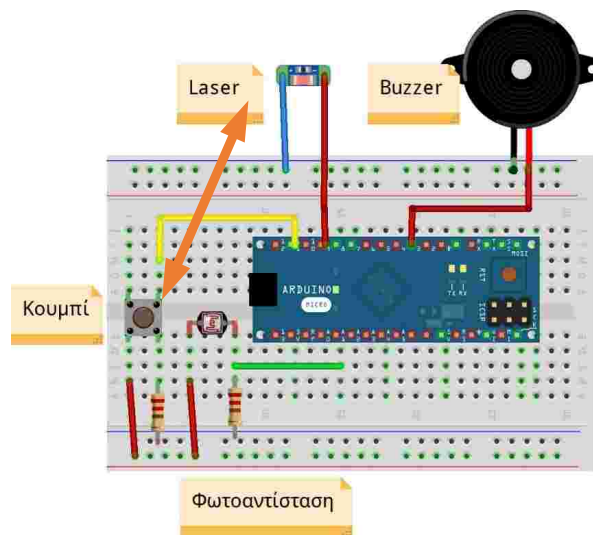
Το σενάριο που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία υλοποιήθηκε στα εκπαιδευτήρια ΠΑΛΛΑΔΙΟ ΒΑΡΗΣ το σχολικό έτος 2017-2018 με μαθητές της Β' Γυμνασίου. Το σενάριο χωρίστηκε στις παρακάτω φάσεις:

- Σχεδιασμός κυκλώματος φωτοπυλών
- Προγραμματισμός του Arduino
- Σχεδιασμός πειραματικής συσκευής–τρειςδιάστατη εκτύπωση των φωτοπυλών

- Πειράματα μελέτης κινήσεων

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΦΩΤΟΠΥΛΩΝ

Αρχικά οι μαθητές πληροφορήθηκαν από τους εκπαιδευτικούς και το διαδίκτυο για την αρχή λειτουργίας των φωτοπυλών και για την μεγάλη χρησιμότητα που έχουν σε πειράματα φυσικής και ιδιαίτερα σε πειράματα κινήσεων όπου η ακρίβεια στην μέτρηση του χρόνου παίζει πολύ μεγάλο ρόλο στην μελέτη των φαινομένων. Παρακολούθησαν βίντεο με διατάξεις φωτοπυλών που υπάρχουν διαθέσιμες στο εμπόριο και κατέγραψαν τα βασικά τους μέρη. Στη συνέχεια δόθηκε στους μαθητές το διάγραμμα που φαίνεται στο Σχήμα 1 μαζί με τα απαραίτητα εξαρτήματα για να το κατασκευάσουν. Στο Σχήμα 1 φαίνεται η συνδεσμολογία για μια φωτοπύλη. Οι μαθητές κατασκεύασαν συνολικά τέσσερις.



Σχήμα 1: Συνδεσμολογία συστήματος φωτοπυλών

Η κάθε φωτοπύλη δημιουργείται από ένα laser ρυθμισμένο να ρίχνει τη δέσμη φωτός του απευθείας σε ένα φωτοαντιστάτη. Τα δύο στοιχεία συνδέονται σε ένα Arduino nano.

Ο φωτοαντιστάτης είναι αναλογικός αισθητήρας και μετρά την ένταση του φωτός που προσπίπτει πάνω του. Στη συγκεκριμένη περίπτωση μετρά την ένταση της δέσμης φωτός του αντίστοιχου λέιζερ. Οι τιμές που διαβάζει σε αυτή την κατάσταση κυμαίνονται γύρω στο 990-1200. Όταν ένα αντικείμενο περάσει ανάμεσα στον φωτοαντιστάτη και το λέιζερ, τότε αμέσως η τιμή που διαβάζει πέφτει στο 200-400 αναλόγως τον φωτισμό του χώρου. Αυτή τη διαφορά των τιμών στις δυο καταστάσεις, την εκμεταλλευόμαστε για να δημιουργήσουμε το πρόγραμμα των φωτοπυλών που τελικά θα διαβάζει τις χρονικές στιγμές. Σ' αυτή τη φάση οι μαθητές εξοικειώθηκαν με την λειτουργία του κυκλώματος και τις τιμές που μετρούσαν οι φωτοαντιστάτες.

Για την ευκολότερη χρήση του συστήματος φωτοπυλών, κατά την διάρκεια επανειλημμένων μετρήσεων, προστέθηκε ένα buzzer και ένα κουμπί. Το buzzer κάνει έναν ήχο κάθε φορά που διακόπτεται η δέσμη φωτός σε μια φωτοπύλη ώστε να καταλαβαίνουμε αν όντως έχει γίνει η μέτρηση και το κουμπί χρησιμεύει για το μηδενισμό των μετρήσεων.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ARDUINO

Το Arduino προγραμματίστηκε αρχικώς από τους εκπαιδευτικούς με την γλώσσα προγραμματισμού Wiring στο περιβάλλον προγραμματισμού IDE του Arduino. Στη συνέχεια, το πρόγραμμα δημιουργήθηκε μαζί με τους μαθητές στη γλώσσα οπτικού προγραμματισμού Scratch, η οποία είναι πιο εύκολα κατανοητή σε μικρές ηλικίες. Το σύστημα καταγράφει την χρονική στιγμή

που διακόπτεται η δέσμη φωτός ενός λέιζερ, δηλαδή κάθε φορά που ένα αντικείμενο διασχίσει μια φωτοπύλη. Με αυτό τον τρόπο καταγράφονται τέσσερις χρονικές στιγμές t_1 , t_2 , t_3 και t_4 κατά την ευθύγραμμη πορεία του αντικειμένου πάνω στην επιφάνεια. Στη συνέχεια, εκλαμβάνοντας την πρώτη χρονική στιγμή ως έναρξη των μετρήσεων υπολογίζεται ο χρόνος που χρειάστηκε ένα αντικείμενο να περάσει την δεύτερη, την τρίτη και την τέταρτη φωτοπύλη (Dt_1 , Dt_2 και Dt_3).

Για την πιο εύκολη επανάληψη των πειραμάτων και των μετρήσεων, προστέθηκε ένα κουμπί έτσι ώστε πατώντας το, να μηδενίζει όλες τις προηγούμενες μετρήσεις.

Ακολουθούν στιγμιότυπα τόσο από το πρόγραμμα σε γλώσσα προγραμματισμού Wiring όσο και σε γλώσσα προγραμματισμού Scratch.



```
Fotopyles_s4_PHYSICS_v2.ino
//Erase times and differences
buttonState = digitalRead(button);

digitalWrite(laser1,HIGH); //Lasers on
digitalWrite(laser2,HIGH);
digitalWrite(laser3,HIGH);
digitalWrite(laser4,HIGH);

photoresistorValueA1 = analogRead(A1);
photoresistorValueA2 = analogRead(A2);
photoresistorValueA3 = analogRead(A3);
photoresistorValueA4 = analogRead(A4);

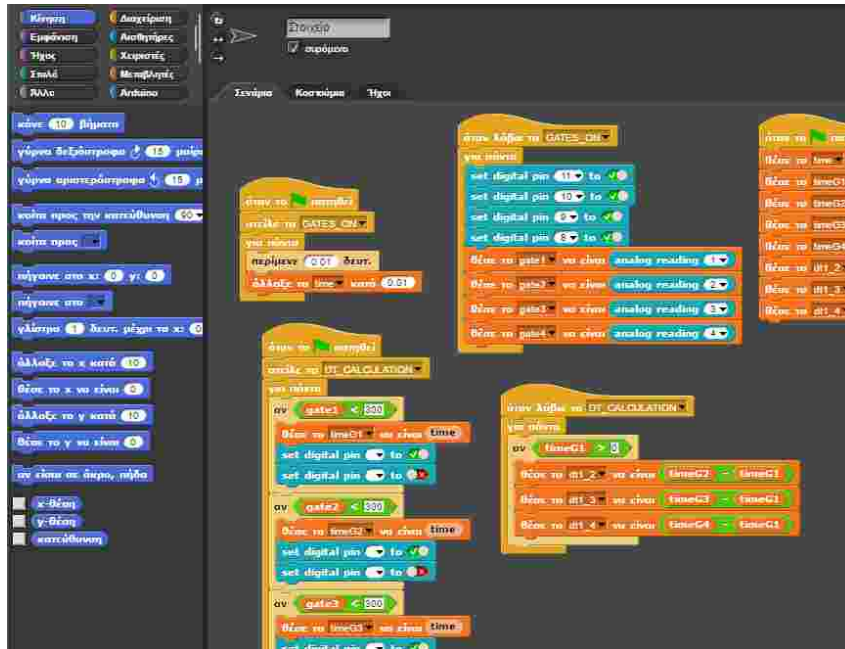
//prints photoresistors values
Serial.println("");
Serial.println ("Photoresistors values");
Serial.println(photoresistorValueA1);
Serial.println(photoresistorValueA2);
Serial.println(photoresistorValueA3);
Serial.println(photoresistorValueA4);

delay(100); // value updated every 0.1 second, 100milliseconds.

//Get time stamps

if (photoresistorValueA1 < photoresistorInput)
{
```

Σχήμα 2: Στιγμιότυπο προγράμματος φωτοπυλών στην γλώσσα Wiring του Arduino



Σχήμα 3: Στιγμιότυπο προγράμματος φωτοπυλών στη γλώσσα Scratch

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ – ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΦΩΤΟΠΥΛΩΝ

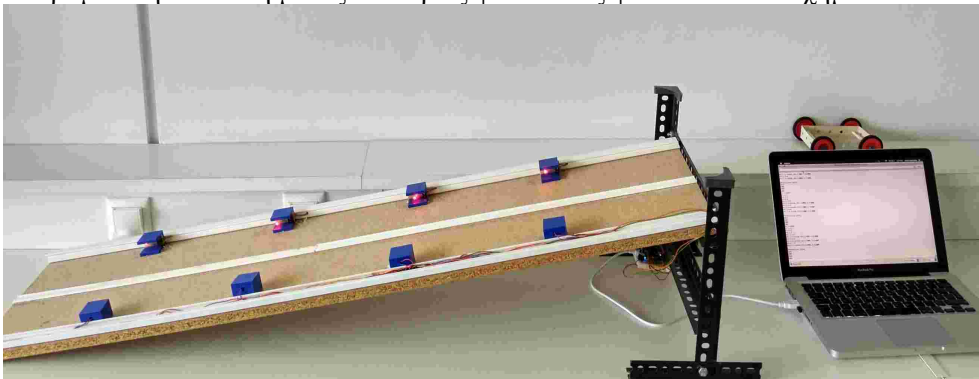
Στη φάση αυτή έγιναν οι επιλογές για το σχεδιασμό της πειραματικής συσκευής. Δεδομένου ότι οι φωτοπύλες έπρεπε να είναι σταθερά προσαρμοσμένες στην συσκευή για την σωστή λειτουργία τους, χρησιμοποιήσαμε μια σανίδα τύπου MDF 120cm x 30cm, πάνω στην οποία προσαρμόσαμε το σύστημα των φωτοπυλών.

Για να καλύψουμε όσο το δυνατόν περισσότερες περιπτώσεις κινήσεων, αποφασίσαμε μαζί με τους μαθητές να φτιάξουμε μια αυτοσχέδια βάση ώστε να δημιουργήσουμε ένα κεκλιμένο επίπεδο. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήσαμε σιδερογωνιές τύπου Dexion, οι οποίες συναρμολογήθηκαν από τους μαθητές. Με την κατασκευή αυτή μπορούμε να μελετάμε τις κινήσεις των αντικειμένων σε δύο προκαθορισμένες γωνίες, έχοντας πάντα τη δυνατότητα παρατήρησης των σχεδόν ομαλών κινήσεων, όταν τοποθετούμε την σανίδα παράλληλα στον πάγκο εργασίας.

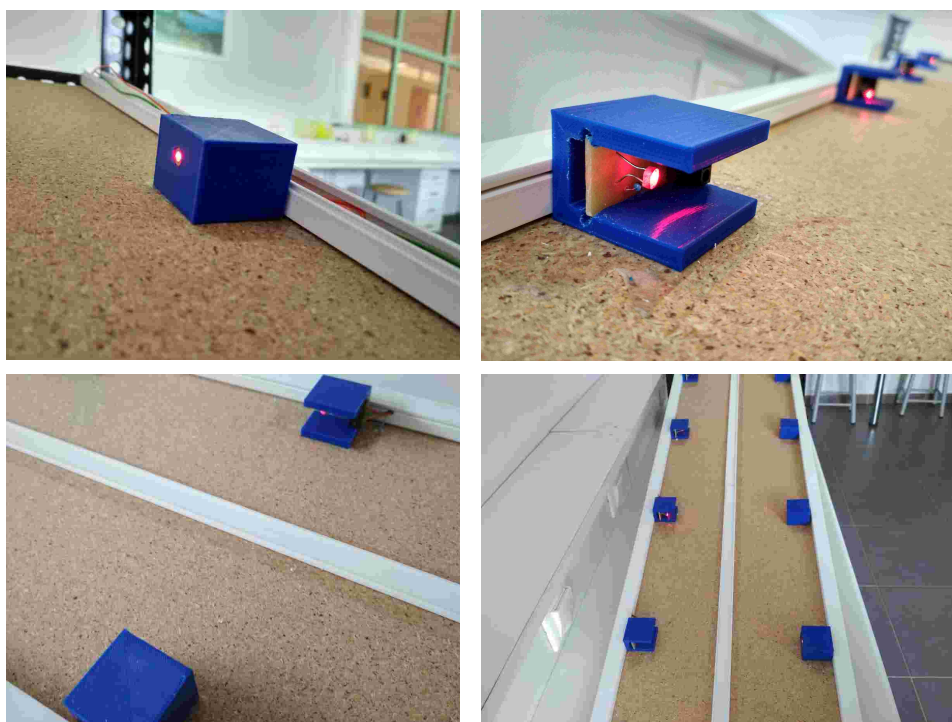
Για την στήριξη των φωτοπυλών οι μαθητές σχεδίασαν πλαστικές βάσεις οι οποίες σχεδιάστηκαν στην πλατφόρμα τρισδιάστατης σχεδίασης Tinkercad, και τις εκτύπωσαν στον τρισδιάστατο εκτυπωτή του σχολείου.

Οι φωτοπύλες τοποθετήθηκαν σε απόσταση 25cm η μια από την άλλη. Στόχος μας είναι το τελικό σχέδιο της πειραματικής διάταξης να έχει τουλάχιστον 10 φωτοπύλες, ώστε να μπορούμε να βγάλουμε αξιόπιστα διαγράμματα από τα πειραματικά σημεία.

Η πειραματική συσκευή με τις τέσσερις φωτοπύλες φαίνονται στο Σχήμα 4 και στο Σχήμα 5.



Σχήμα 4: Η πειραματική συσκευή με τις τέσσερις φωτοπύλες



Σχήμα 5: Η πειραματική συσκευή με τις τέσσερις φωτοπύλες

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ

Πείραμα 1 : Μελέτη της κίνησης κατά την άνοδο σε κεκλιμένο επίπεδο

Η άνοδος ενός σώματος σε κεκλιμένο επίπεδο αποτελεί περίπτωση επιβραδυνόμενης κίνησης, η οποία κατά προσέγγιση μπορεί να θεωρηθεί ομαλά επιβραδυνόμενη.

Από την βάση του επιπέδου εκτοξεύσαμε παράλληλα στο επίπεδο μια μπάλα με σκοπό να εκτελέσει κύλιση. Τη στιγμή διέλευσης από την πρώτη φωτοπύλη ξεκινούν οι μετρήσεις και με τον τρόπο αυτό παίρνουμε τις ενδείξεις για τις χρονικές στιγμές που διέρχονται από τις υπόλοιπες θέσεις για τις οποίες γνωρίζουμε τις θέσεις.

Από τις μετρήσεις που πήραμε υπολογίσαμε τα πηλίκα των μετατοπίσεων προς τις χρονικές διάρκειες και με τον τρόπο αυτό υπολογίσαμε την ταχύτητα.

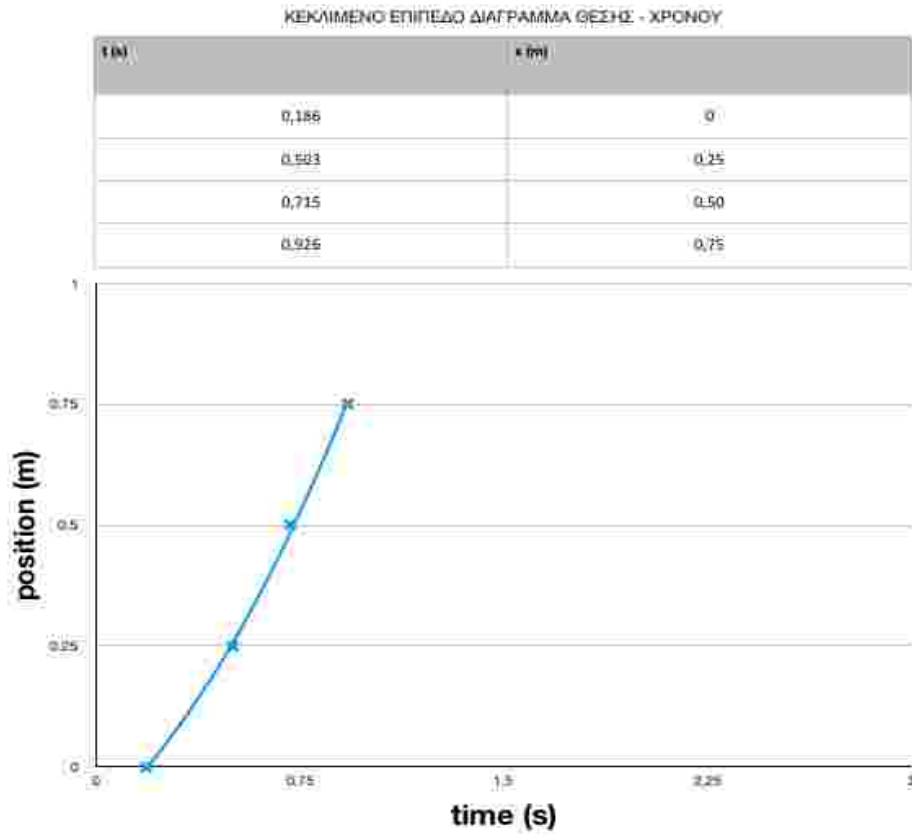
Παράλληλα, έχουμε τη δυνατότητα να κάνουμε τη γραφική παράσταση της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο και τη θέση σε συνάρτηση με το χρόνο.

Την ίδια κίνηση την καταγράψαμε σε video και την αναλύσαμε με το πρόγραμμα Tracker.

Πείραμα 2 : Μελέτη της κίνησης κατά την κάθοδο σε κεκλιμένο επίπεδο

Η κάθοδος ενός σώματος σε κεκλιμένο επίπεδο είναι επιταχυνόμενη κίνηση, η οποία κατά προσέγγιση μπορεί να θεωρηθεί ομαλά επιταχυνόμενη.

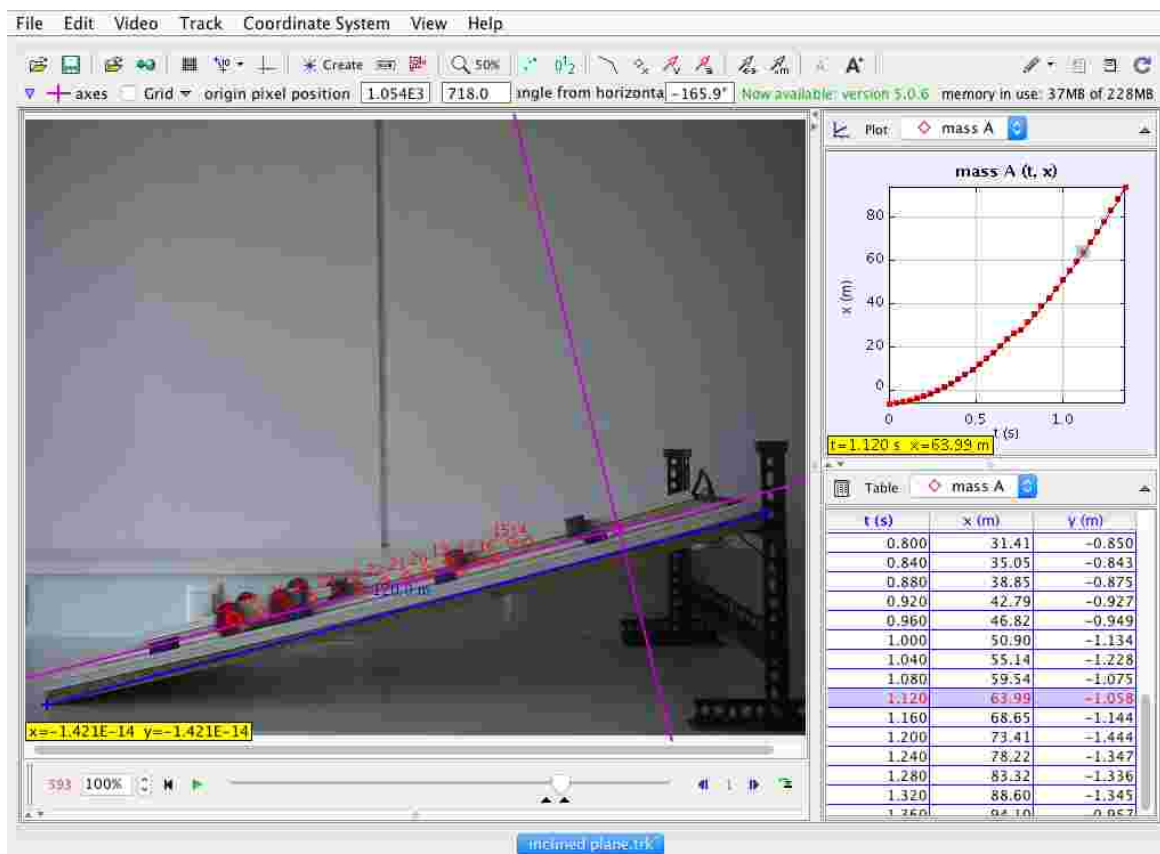
Από την κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου αφήνουμε να κυλήσει ένα αυτοκινητάκι και ακολουθούμε την ίδια μεθοδολογία με το πρώτο πείραμα. Καταγράφουμε τις μετρήσεις θέσης και χρόνου και πραγματοποιούμε το αντίστοιχο διάγραμμα. Η γραφική παράσταση για την κάθοδο σε κεκλιμένο επίπεδο φαίνεται στο Σχήμα 6. Με το λογισμικό Tracker και την ανάλυση του video του ίδιου πειράματος κατασκευάσαμε την γραφική παράσταση θέσης – χρόνου όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 6: Κάθοδος σε κεκλιμένο επίπεδο, διάγραμμα θέσης-χρόνου

Πείραμα 3: Μελέτη κύλισης σε οριζόντιο επίπεδο

Στο οριζόντιο επίπεδο η κύλιση χωρίς ολίσθηση αποτελεί κίνηση που μπορεί να θεωρηθεί Ευθύγραμμη Ομαλή. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στα προηγούμενα πειράματα με τη βοήθεια των φωτοπυλών και του Tracker μας οδηγεί σε συλλογή μετρήσεων, η επεξεργασία των οποίων μας οδηγεί σε συμπεράσματα για την κίνηση αυτή.



Σχήμα 7: Κάθοδος σε κεκλιμένο επίπεδο, διάγραμμα θέσης-χρόνου με το λογισμικό Tracker

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

Στο συγκεκριμένο εκπαιδευτικό σενάριο παρουσιάστηκε μια πρόταση για διεπιστημονική προσέγγιση των μαθημάτων της Φυσικής και της Πληροφορικής που στοχεύει στην καλλιέργεια από τους μαθητές, δεξιοτήτων που σχετίζονται με τον προγραμματισμό, τις κατασκευές, την τρισδιάστατη εκτύπωση καθώς και με την επεξεργασία και ανάλυση ορθών πειραματικών μετρήσεων από πειράματα της κинηματικής. Τα αποτελέσματα από τα πειράματα που διεξήγαγαν οι μαθητές ήταν σε πολύ καλό βαθμό σύμφωνα με τα θεωρητικώς αναμενόμενα. Επίσης παρατηρήθηκε μια έντονη αύξηση στο ενδιαφέρον των μαθητών όσον αφορά στις δραστηριότητες του προγράμματος αλλά και των μαθημάτων της φυσικής και της πληροφορικής γενικότερα.

Στα μελλοντικά μας plána συγκαταλέγονται η τελειοποίηση της πειραματικής μας συσκευής ώστε να περιλαμβάνει περισσότερες φωτοπύλες για περισσότερες και πιο έγκυρες πειραματικές μετρήσεις, καθώς και η δημιουργία αντίστοιχων σεναρίων που θα συνδυάζουν τις διάφορες τεχνολογίες μικροεπεξεργαστών για την συλλογή και την ανάλυση δεδομένων από διάφορα πειράματα στο πεδίο των θετικών επιστημών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Asghar A., Ellington R., Rice E., Johnson F., & Prime, G. M. (2012), Supporting STEM education in secondary science contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 6(2), 4.
- Beichner R.J. (1994), Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics* 1994 62:8, 750-762.
- Beichner R.J. (1996), The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. *American Journal of Physics* 64, 1272.
- Blikstein P. (2013), Gears of our childhood: constructionist toolkits, robotics, and physical computing, past and future Proceeding of the 12th International Conference on Interaction Design and Children Pages 173-182.
- Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge, M.I.I. Press.
- Holstermann, N., Grube, D. & Bögeholz, S. *Res Sci Educ* (2010) 40: 743.
- Huang, B. (2015), Open-source Hardware – Microcontrollers and Physics Education – Integrating DIY Sensors and Data Acquisition with Arduino Paper presented at 2015 ASEE Annual Conference & Exposition, Seattle, Washington. 10.18260/p.24542.
- Huleihil M (2017), 3D printing technology as innovative tool for math and geometry teaching applications IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 164 012023.
- Nichols D. (2017), Arduino-Based Data Acquisition into Excel, LabVIEW, and MATLAB. *The Physics Teacher* 55, 226.
- Peels J. (2017), 3D Printing in Education: How Can 3D Printing Help Students? <https://3dprint.com/165585/3d-printing-in-education/>
- Tinker R.F., Stringer G.A. (1978), Microcomputers! Applications to physics teaching *The Physics Teacher* 16, 436.
- Thornton R.K. (1992), Tools for Scientific Thinking: Learning Physical Concepts with Real-Time Laboratory Measurement Tools. In: Scanlon E., O’Shea T. (eds) *New Directions in Educational Technology*. NATO ASI Series (Series F: Computer and Systems Sciences), vol 96. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Torrey Trust & Robert W. Maloy (2017) Why 3D Print? The 21st-Century Skills Students Develop While Engaging in 3D Printing Projects, *Computers in the Schools*, 34:4, 253-266.

Η συμβολή της Αστρονομίας στην ανάπτυξη των Επιστημών

Νικολόπουλος Γιάννης¹ Στεφανίδης Κωνσταντίνος²

¹Μαθηματικός - Ειδικός Παιδαγωγός, Υπ. Δρ. Π.Τ.Δ.Ε. (ΕΚΠΑ)

johnikol@yahoo.gr

²Δρ. ΕΚΠΑ Σχολικός Σύμβουλος Πειραιά ΠΕ.04

stefanidis581@gmail.com

Περίληψη

Η συγκεκριμένη εισήγηση ευελπιστεί να προσεγγίσει την συμβολή της Αστρονομίας στην ανάπτυξη της Επιστήμης. Στοιχεί επίσης να δείξει ότι ο Μακρόκοσμος (Αστρονομία & Αστροφυσική), που έχει καταργηθεί στην Β/θμια Εκπαίδευση, έχει ένα αντίστοιχα σπουδαίο ρόλο όπως η Μηχανική, ο Ηλεκτρισμός και επίσης η Φυσική του Μικρόκοσμου (Κβαντομηχανική κ.τ.λ.) στην ανάπτυξη των Επιστημών. Ερωτήματα: Γιατί οι πλανήτες περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο; Τι μας δείχνει ο 2^{ος} Νόμος του Κεπλερ; Ποιος είναι ο κύριος παράγοντας διαμόρφωσης της δομής του Ηλιακού μας Συστήματος; Πρέπει να απασχολήσουν τους μαθητές.

Η Διδασκαλία STEM και ο συνδυασμός με την Δομημένη Διερευνητική Μάθηση είναι οι βάσεις της Διδακτικής-Παιδαγωγικής μας πρότασης. Η χρήση προσομοιώσεων είναι σημαντική στα project και αποδείχθηκε ελκυστική στα παιδιά του Γυμνασίου που έλαβαν μέρος.

Λέξεις Κλειδιά: Αστρονομία, Δομημένη, Διερευνητική, Ανακαλυπτική, Διδασκαλία στην Πράξη.

Εισαγωγή

Είναι αναγκαίο να προσδιορίσουμε πως αντιλαμβανόμαστε το ακρωνύμιο STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematics). Τι είναι όμως η Διδασκαλία-STEM; Υπάρχουν συνάδελφοι που την προσδιορίζουν:

1. Αποκλειστικά στην Ρομποτική ενώ άλλοι,
2. Προσανατολίζονται στην Τεχνητή Νοημοσύνη και μερικοί
3. Επικεντρώνονται στην Αυτοματοποίηση της Βιομηχανίας.

Αυτοί οι ανωτέρω προσδιορισμοί και όχι μόνο είναι θετικοί αλλά εμείς πιστεύουμε ότι ο συνδυασμός των Θετικών Επιστημών είναι μια μέθοδος μια καινοτομία, μια συναρτησιακή σχέση με την Διδακτική.

Η πρότασή μας θα στηριχθεί στα project που πραγματοποιήσαμε την σχολική χρονιά 2017-2018 με θέμα: «Η συμβολή της Αστρονομίας στην ανάπτυξη των επιστημών: Το Ηλιακό μας Σύστημα και ο Δεύτερος Νόμος του Κεπλερ».

Σκοπός των σεναρίων διδασκαλίας ήταν οι μαθητές να μάθουν μέσα από τη διδασκαλία τη δομή και μορφή των φυσικών νόμων και κατ' επέκταση τη συνεισφορά της Αστρονομίας στη διαμόρφωση των νόμων της Φυσικής και γενικότερα στην ανάπτυξη της Επιστήμης.

Η Αστρονομία και η Συμβολή της στην Επιστήμη

Υπάρχουν ερωτήματα όπως: Είναι η φιλοσοφία σε αντίθεση κατεύθυνση με την Επιστήμη και σε αντιπαράθεση με την Φυσική, τις ανακαλύψεις του μικρόκοσμου ή και του μακρόκοσμου; Σήμερα έχουν συσσωρευθεί τα σύννεφα της μεταφυσικής με την διάδοση των αντιεπιστημονικών τάσεων όπως για παράδειγμα του μυστικισμού, της αστρολογίας κ.τ.λ., μάλιστα σε έρευνα στις ΗΠΑ καταγράφηκε μεγάλο ποσοστό νέων που πιστεύουν ότι η γη είναι επίπεδη. Έτσι το 4% των νέων 18-24 ετών απάντησε: «πάντα πίστευα ότι ο κόσμος είναι επίπεδος», στις ίδιες ηλικίες, ένα πρόσθετο 5% απάντησε: «πάντα πίστευα ότι ο κόσμος είναι επίπεδος αλλά πρόσφατα έχω αμφιβολίες περί αυτού», ένα 9% δήλωσε: «πάντα πίστευα ότι ο κόσμος είναι σφαιρικός, αλλά πρόσφατα έχω αμφιβολίες γι' αυτό» και τέλος, ένα ακόμη 16% απάντησε «άλλο / δεν είμαι σίγουρος» από έρευνα της YouGov σε 8.215 άτομα. Άρα στις μέρες μας, 23 αιώνες μετά από το Πείραμα Ερατοσθένη που υπολόγισε την περιφέρεια της γης, μπαίνει σε αμφισβήτηση η σφαιρικότητά της.

Καταρχάς οι μαθητές νομίζουν ή δυστυχώς τους έχει μεταδοθεί να πιστεύουν ότι οι νόμοι της Φυσικής συμπεραίνονται αποκλειστικά από τα φαινόμενα της καθημερινής ζωής. Εδώ να τονίσουμε ότι στα αναλυτικά προγράμματα σωστά συμπεριλαμβάνεται, έστω και μη ολοκληρωμένα, η μελέτη του Μικρόκοσμου, αντίθετα απουσιάζει ολοκληρωτικά η μελέτη του Μακρόκοσμου, ως εκ τούτου τα παιδιά δεν κατανοούν την συνεισφορά της Αστρονομίας και Αστροφυσικής στην ανάπτυξη της Επιστήμης και την διαμόρφωση των Επιστημονικών Νόμων.

Στο γυμνάσιο η Θεωρία της Σχετικότητας δεν διδάσκεται και ούτε έχουμε μια πρώτη παρουσίαση. Επιμονή και παραμονή στην Κλασσική Φυσική (Νεύτωνας) όπως και αντίστοιχα στα Μαθηματικά η προσκόλληση στην Κλασσική Γεωμετρία (Ευκλείδης). Δεν υπάρχει σοβαρή αναφορά στην Σύγχρονη Φυσική και στις Μη Ευκλείδειες Γεωμετρίες. Έτσι η διδασκαλία στο Γυμνάσιο κινείται στο 18^ο αιώνα, δηλαδή λίγο πριν την δημιουργία του Νεοελληνικού Κράτους, έτσι δυστυχώς τα παιδιά σήμερα πιστεύουν στο αναλλοίωτο του Σύμπαντος.

Θα πρέπει να διδάσκονται τα παιδιά ότι η Θεωρία της Σχετικότητας αλλά και η Κβαντομηχανική προέκυψαν σαν αποτέλεσμα της ανικανότητας της Κλασσικής Φυσικής να εξηγήσει διάφορα φαινόμενα. Απλά μπορούν και πρέπει να μάθουν ότι η ανακάλυψη της Θεωρίας της Σχετικότητας συνέβη στην κλίμακα του πολύ μεγάλου (π.χ. ο Γαλαξίας, οι Πλανήτες...), αλλά γρήγορα 'συμπληρώθηκε' από μια ανακάλυψη στην κλίμακα του πολύ μικρού (π.χ. ο Πυρήνας, τα Ηλεκτρόνια...) δηλαδή την Κβαντομηχανική.

Σύγχρονες εξελίξεις της Επιστήμης

Επίσης αναγκαίο να τονίσουμε ότι τόσο στον Μακρόκοσμο όσο και στον Μικρόκοσμο αναπτύχθηκαν θεωρίες σε συγκρουσιακή κατεύθυνση που αμφότερες είχαν στηριχθεί και στους 'δύο κόσμους'. Οι εν λόγω θεωρίες με όποιες επιμέρους παραλλαγές έχουν δύο αφητηρίες: 1. Μπορούμε ή δεν μπορούμε να γνωρίσουμε και να εξηγήσουμε τον υλικό κόσμο; 2. Είναι υπαρκτός ο κόσμος (π.χ. ο Γαλαξίας, το Υδρογόνο) έξω από τον άνθρωπο ή είναι η αντανάκλαση των ιδεών του;

Τι γίνεται όμως στο 'αναλλοίωτο' Σύμπαν; Οι αστρικοί σχηματισμοί στο σύμπαν δεν είναι αιώνιοι. Σήμερα γνωρίζουμε άστρα που σχηματίστηκαν τελευταία. Ενώ άλλα βρίσκονται στη φάση της καταστροφής. Επίσης τι γίνεται στον κβαντικό χώρο; Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα στη μία πλευρά η «Σχολή της Κοπεγχάγης» (Bohr, Heisenberg ...) και στην άλλη η «Ρεαλιστική Σχολή» (Einstein, Planck ...). Μάλιστα το 1927, στο 5ο Συνέδριο στο Κόμο της Ιταλίας, η ερμηνεία από την «Σχολή της Κοπεγχάγης» εδραιώνεται ως κυρίαρχη, θεμελιωμένη στις δύο αρχές, την Αρχή της Απροσδιοριστίας (Heisenberg) σύμφωνα με την οποία: «όταν πλησιάζουμε την θέση ενός μικροσωματιδίου χάνουμε την ορμή» και αντίστροφα, επίσης η Αρχή της Συμπληρωματικότητας (Bohr), σύμφωνα με την οποία κάθε συστατικό στη φύση έχει δύο διακριτούς και αμοιβαία αποκλειόμενους χαρακτήρες, έναν σωματιδιακό και έναν κυματικό. Όμως η έρευνα και η επιστήμη συνεχίζει και τα τελευταία έτη έχουν γίνει δύο παρατηρήσεις... Η πρώτη παρατήρηση αφορά την διαπίστωση των τροχιών de Broglie-Bohm με χρησιμοποίηση μερικώς απροσδιόριστων θέσεων των σωματιδίων, που παρακάμπτουν την αρχή της απροσδιοριστίας του Heisenberg (Σημείωση δικιά μας: Αρχή που ενίσχυε την άποψη ότι δεν θα μάθουμε τουλάχιστον τον Μικρόκοσμο). Αυτό επετεύχθη κατά πρώτον στις τροχιές μέσω δύο οπών οι οποίες συνδυάζουν τη σωματιδιακή και την κυματική ιδιότητα των σωματιδίων (φωτονίων ή υλικών σωματιδίων) (Kocsis et al., 2011). Η δεύτερη παρατήρηση αφορά την διαπίστωση ότι παρ' όλον ότι τα περισσότερα συμπεράσματα της ερμηνείας των de Broglie-Bohm είναι τα ίδια με τα συμπεράσματα της ερμηνείας της Κοπεγχάγης, εν τούτοις υπάρχουν και εξαιρέσεις, σε περιπτώσεις όπου τα μετρούμενα μεγέθη περιλαμβάνουν το χρόνο. (Σημείωση δικιά μας: Είναι αναγκαίο να συμπεριλαμβάνεται και ο χρόνος). Πράγματι η θεωρία της σκεδάσεως των σωματιδίων από έναν στόχο είναι διαφορετική στις δύο ερμηνείες (Κοντόπουλος et al., 2017). Στηριγμένοι σε αυτούς τους προβληματισμούς και βέβαιοι χωρίς να φιλοδοξούμε ούτε να απαντήσουμε αλλά και ούτε να καλύψουμε διδακτικά τα παραπάνω θέματα επιλέξαμε να διδάξουμε τα ανωτέρω Project που εξετάζουν ζητήματα όπως: Η έννοια της βαρυτικής δύναμης μέσω των καμπυλώσεων του χωροχρόνου με παρουσία μάζας. Να εισαγάγουμε τα παιδιά στη λογική ότι ο Αϊνστάιν παρουσίασε μια θεωρία που αντικαθιστούσε την εξήγηση του Νεύτωνα για τη βαρύτητα. Να μια ενδιαφέρουσα άποψη που συνδέει κατευθείαν Βαρύτητα με Γεωμετρία δηλαδή μια STEM Διδασκαλία: «Κεντρική ιδέα της γενικής

σχετικότητας είναι ότι η βαρύτητα προέρχεται από την καμπύλωση του χωροχρόνου, την τετραδιάστατη ενοποίηση του χώρου και του χρόνου. Η Βαρύτητα είναι Γεωμετρία» (Hartle, 2011).

Επίσης οι πλανήτες που περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο επαληθεύουν τον 2ο νόμο του Kepler όταν ο Νόμος προσδιορίζει ότι η ακτίνα που συνδέει Ήλιο και Πλανήτη διαγράφει ίσα εμβαδά σε ίσα χρονικά διαστήματα. Διαλέξαμε θέματα της Αστρονομίας που δεν βρίσκονται στην διδακτική σχολική ύλη. Με σαφή στόχο να περάσουμε από το πείραμα/βίωμα στην κατανόηση των Επιστημονικών Νόμων. Οι μαθητές να μάθουν μέσα από τη διδασκαλία των Project τη δομή και τη μορφή ενός φυσικού νόμου και τη συνεισφορά της Αστρονομίας στη διαμόρφωση επιστημονικών νόμων.

Σήμερα επικρατεί η εξειδίκευση και σωστά οι επιστήμονες, οι τεχνικοί ασχολούνται με την βελτίωση και την τελειοποίηση ενός μηχανήματος ή μιας ιατρικής επέμβασης π.χ. μέσω Computer στον εγκέφαλο. Τι έχει χαθεί στις μέρες μας; Η επιστροφή από το ειδικό/μερικό στο γενικό. Στόχος, οι μαθητές με την ολοκλήρωση του μαθήματος να είναι σε θέση να πουν ότι, από την εξήγηση του μερικού/συγκεκριμένου οι επιστήμονες εξελίσσουν μία θεωρία, ένα φυσικό νόμο, μία γενίκευση ώστε να συμβάλλουν στην πρόβλεψη και στην εξήγηση των φυσικών φαινομένων.

Διδακτική Μέθοδος

Η διδακτική πρόταση της Δομημένης Διερευνητικής Διδασκαλίας και Μάθησης όπου ο διδασκόμενος αρχικά παρακολουθεί τον STEM καθηγητή να «εκτελεί μια γνωστική διαδικασία» ενώ επίσης έχουν καλλιεργηθεί στα παιδιά δεξιότητες ερωτήσεων και αυτοερωτήσεων. Γιατί κυρίαρχος στόχος της εκπαίδευσης σήμερα, αποτελεί η καλλιέργεια βασικών δεξιοτήτων που πρέπει να έχουν οι μαθητές για να μπορέσουν να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις και ευκαιρίες (Ananiadou & Claro, 2009; Binkley et al., 2010). Απαραίτητη προϋπόθεση για να σκέφτονται λογικά και να αναπτύξουν την επιστημονική τους γνώση είναι να διαθέτουν δεξιότητες κριτικής σκέψης (Wimbarti, 2012). Επίσης μεγάλος αριθμός ερευνών προτείνει τη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας ως ένα πολύ πιο αποτελεσματικό τρόπο της μάθησης από τις παραδοσιακές μορφές διδασκαλίας (Hu, Kuh, & Li, 2008; Donham, Bishop, Kuhlthau, & Oberg, 2001) χωρίς ωστόσο να είναι γνωστό σε ποιο βαθμό χρησιμοποιείται (Engeln, Euler, & Maass, 2013) και χωρίς να έχει συνδεθεί αυτόματα με την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης (Παπαντωνίου & Παναούρα, 2017). Χρησιμοποιήσαμε την συγκεκριμένη διδακτική πρόταση με βάση τις παρακάτω θεωρητικές παραδοχές:

A. Η νέα γνώση κατασκευάζεται από το μαθητή. Η προϋπάρχουσα γνώση παίζει σημαντικό ρόλο στη μάθηση. Με βάση την κοινωνική διάσταση της γνώσης, η μάθηση γίνεται με κοινωνική αλληλεπίδραση.

B. Η διδασκαλία δομείται από το συγκεκριμένο στο αφηρημένο ή από το μερικό στο γενικό.

Γ. Η χρησιμοποίηση των αναλογιών στη διδασκαλία συνδέει την κατεκτημένη γνώση του μαθητή με την νέα γνώση.

Δ. Η συνεργασία των μαθητών σε μικρές ομάδες διευκολύνει την κοινωνική αλληλεπίδραση και τη μάθηση των μαθητών, ιδιαίτερα για δύσκολους γνωστικούς στόχους.

E. Η διδασκαλία στόχων σχετικών με την επιστήμη είναι προτιμότερο να γίνεται άμεσα στους μαθητές, όπου φαίνεται εμφανώς το κάθε στάδιο της επιστημονικής μεθοδολογίας και αξιολογείται.

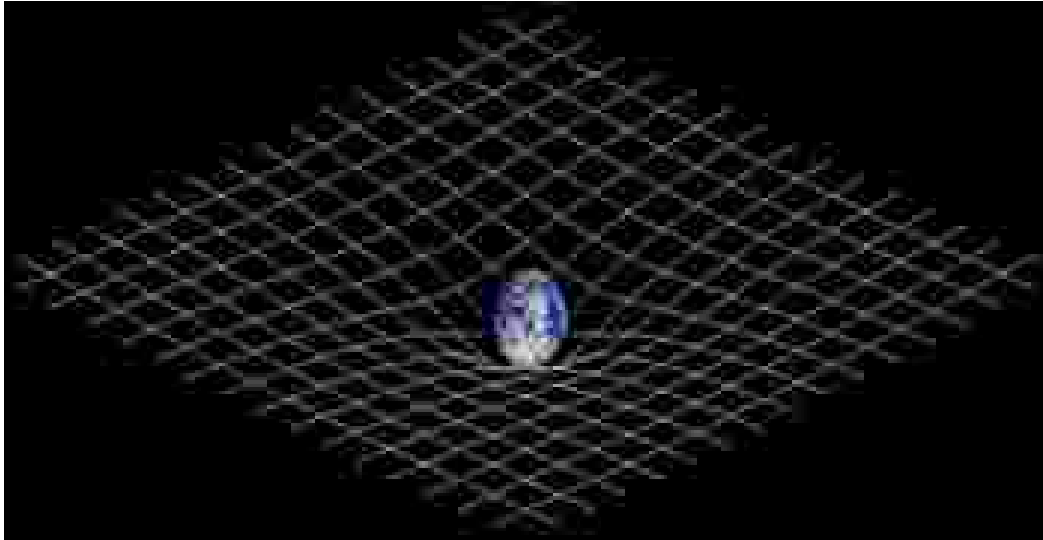
Όπως αναφέρεται η διδασκαλία της επιστημονικών διαδικασιών μπορεί να βασισθεί στις παρακάτω ιδέες:

α. Να κάνουμε στους μαθητές τις διαδικασίες της επιστήμης εμφανείς (explicit) αντί για κρυφές (implicit).

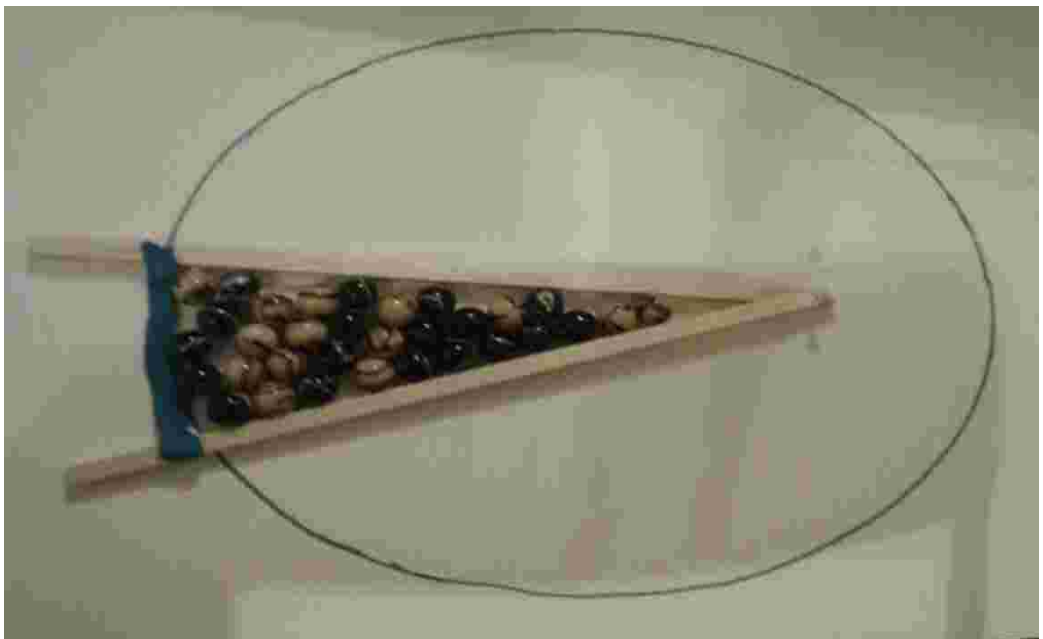
β. Να χρησιμοποιήσουμε ιστορίες, να δημιουργούμε σενάρια, αλλά να στηριζόμαστε σε πραγματικά δεδομένα.

γ. Η διδασκαλία της διαδικασίας μπορεί να υποστηρίξει τη διδασκαλία του περιεχομένου και θα βοηθήσει να ενσωματώσετε τη διαδικασία της επιστήμης στη διδασκαλία σας (Egger, 2009).

Στα σενάρια διδασκαλίας οι διαδικασίες της επιστήμης είναι εμφανείς, χρησιμοποιήσαμε προσομοιώσεις και εικόνες αντί για αληθινά δεδομένα. Η διδασκαλία παρουσιάζεται σαν ιστορία για την ανακάλυψη του νόμου.



Μοντελοποίηση τροχιών στο Ηλιακό Σύστημα.



Η ακτίνα που συνδέει τον Ήλιο με τον Πλανήτη διαγράφει ίσα εμβαδά σε ίσα χρονικά διαστήματα, για να συ-

Κάποιες Δραστηριότητες:

1. Παρουσιάζεται το βίντεο με την αφήγηση της ιστορίας και εικόνες ώστε να δημιουργηθούν και ερωτήματα στους μαθητές.

Αφήγηση: «Κοιτάζω τα αστέρια με το γυαλί. Ποτέ μου δεν είδα καθαρότερο ουρανό. Ποτέ μου δεν ένιωσα όσο απόψε τη μαγανεία των άστρων. Το Άλφα του Μεγάλου Ταύρου, ο θαυμάσιος Αλντεμπαράν εκπέμπει σ' όλο μου το κορμί το δηλητήριο της γοητείας του. Ο Αλτάιρ, το Άλφα του Αετού, το Άλφα της Ανδρομέδας, ο Ακενάρ του Ηριδανού και άλλες χιλιάδες, αμέτρητα φωτεινά στίγματα που οι Άραβες πρώτοι τα εβάφτισαν με τα γοητευτικότερα ονόματα που θα μπορούσε κανείς να φανταστεί. Οι κύκλοι που διαγράφουνε στο στερέωμα ορίζουν τη μοίρα μας, δυναστεύουν τη ζωή μας, οδηγούν τα βήματά μας.» (Καββαδίας, Γράμματα εν πλω.).....

Και αφήγηση τελειώνει: «Ποια είναι τελικά η αρχέγονη δύναμη που κινητοποιεί την επιθυμία μέσα μας να ανακαλύψουμε τα μυστικά του ουρανού, να ακολουθήσουμε τις διαδρομές των άστρων, να λύσουμε όλα τα αινίγματα και τα μυστήρια που αυτός κρύβει; Είναι ίσως επειδή, όπως λένε και οι αστροφυσικοί, «είμαστε πράγματι καμωμένοι από αστερόσκονη».

2. Τα φαινόμενα: Ο εκπαιδευτικός προβάλλει εικόνες σχετικές με το Ηλιακό μας Σύστημα. Οι μαθητές πληροφορούνται ότι: οι πλανήτες είναι 8, ξεκινώντας από τον κοντινότερο σε απόσταση από τον Ήλιο που είναι ο Ερμής, η Αφροδίτη, η Γη, ο Άρης, ο Δίας, ο Κρόνος, ο Ουρανός και ο Ποσειδώνας. Οι εσωτέροι πλανήτες αποτελούνται κυρίως από πετρώματα και μέταλλα και γι' αυτό καλούνται γήινοι. Ενώ οι 4ρις εξώτεροι πλανήτες, μεγαλύτεροι σε μέγεθος από τους γήινους, αποτελούνται από αέρια και ονομάζονται αέριοι γίγαντες.
3. Ερωτήματα των μαθητών. Οι μαθητές καθοδηγούνται (δομημένη διερευνητική) ώστε να διατυπώσουν τα ερωτήματά τους σε σχέση με την αφήγηση και τις εικόνες και τα καταγράφουν στο Φύλλο Εργασίας.
4. Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τα ερωτήματα του μαθήματος:

- ✓ Ποιος είναι ο τελικός σκοπός της επιστήμης;
- ✓ Ποια είναι η δομή και η μορφή ενός φυσικού νόμου;
- ✓ Γιατί οι πλανήτες εκτελούν ελλειπτικές τροχιές γύρω από τον ήλιο;
- ✓ Πώς κατασκευάζω μία έλλειψη με απλά μέσα;
- ✓ Πώς θα μπορούσε ο Kepler να διαπιστώσει την ισότητα των εμβαδών;
- ✓ Πώς εφαρμόζω του νόμους του Kepler;

5. Από προσομοιώσεις οι μαθητές συμπεραίνουν τους νόμους του Kepler και άλλες γενικεύσεις π.χ. ([link για προσομοιώσεις](#)).

6. Δραστηριότητες μέτρησης εμβαδού με απλά υλικά (φωτογραφίες με μαθητές)

7. Κατασκευή έλλειψης με οδηγίες από επιστημονικές κινηματογραφικές ταινίες.

Στη συνέχεια των παραπάνω δραστηριοτήτων και μετά από συζήτηση στις ομάδες εργασίας δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο-συνέντευξη. Οι απαντήσεις των παιδιών στο ερωτηματολόγιο έδειξε στοιχεία πέρα από τις προσδοκίες μας. Καταρχάς τα παιδιά ζητούσαν να γίνονται τακτικά τέτοια μαθήματα, επίσης ήταν πολύ ενθουσιασμένα. Τέλος σχετικά με τις επιστημονικές διαδικασίες και το γνωστικό αντικείμενο οι μαθητές κατέληξαν στα παρακάτω συμπεράσματα:

Ένας από τους σκοπούς της επιστήμης είναι να ανακαλύπτει φυσικούς νόμους;

- Ένας από τους σκοπούς της επιστήμης είναι η πρόβλεψη και η εξήγηση των φυσικών φαινομένων;
- Ένας από τους σκοπούς της επιστήμης είναι να κάνει κατασκευές;
- Η επιστημονική ανακάλυψη αρχίζει με ένα ερώτημα;
- Η επιστημονική ανακάλυψη περιέχει πάντοτε πείραμα στο εργαστήριο;

Επίσης σχετικά με τις τροχιές:

- Οι τροχιές των πλανητών είναι κυκλικές;
- Οι τροχιές των πλανητών είναι ελλείψεις;

- Οι ακτίνες των πλανητών σε σχέση με τον Ήλιο διανύουν σε ίσους χρόνους ίσα τόξα στην τροχιά τους;
- Η ακτίνα που συνδέει τον Ήλιο με τον κάθε πλανήτη διαγράφει σε ίσους χρόνους ίσα εμβαδά;

Εφαρμοσμένες Πρακτικές

Από το National Research Council (ΗΠΑ, 2012) πρακτικές ή στάδια:

- Έναρξη με προσανατολισμένη ερώτηση του Εκπαιδευτικού STEM,
- Χρησιμοποίηση μοντέλων και συλλογή δεδομένων,
- Επιστημονική έρευνα με Πείραμα ή/και Προσομοίωση για την προσέγγιση του αρχικού ερωτήματος,
- Προβληματισμός και ερμηνεία δεδομένων από αντίστοιχες έρευνες.
- Χρήση των Μαθηματικών ως εργαλείο για την αναπαράσταση μεταβλητών, σχέσεων και επαλήθευση αυτών.

Όπου εδώ σαφέστατα υποδεικνύονται τα βήματα/πλαίσια της Δομημένης Διερευνητικής Μάθησης.

Επανερχόμαστε στον εντοπισμό του Διδακτικού και Παιδαγωγικού ρόλου της Διδασκαλίας STEM; Προβληματιζόμαστε για τη μονοδιάστατη σχεδόν αποκλειστική σύνδεση της εν λόγω διδασκαλίας με την Ρομποτική η οποία πράγματι ενθουσιάζει τα παιδιά ως «παιχνίδι» αλλά δεν πρέπει τα παιδιά στο γυμνάσιο και στο λύκειο να μην συνδέουν την εμπειρία, το πείραμα ή/και την προσομοίωση με την επιστήμη. Άρα ακόμη και η Ρομποτική θα πρέπει να συνδέει τις δράσεις της, με Μαθηματικά, με Προγραμματισμό, και με Φυσική, γιατί πάνω από όλα θα δείξουμε στα παιδιά τον συνδυασμό των επιστημών δηλαδή την Διεπιστημονικότητα.

Να προσθέσουμε, έχει ερευνηθεί, ότι η STEM διδασκαλία βελτιώνει την μνήμη και την μάθηση γιατί: Τα νευρωνικά κυκλώματα που έχουν σχέση με την αντίληψη, σχηματίζουν συναπτικές συνδέσεις σταθερές, ενώ αντίθετα τα νευρωνικά κυκλώματα που έχουν σχέση με την μνήμη έχουν συναπτικές συνδέσεις που αλλάζουν ισχύ με την μάθηση (Kandel, 2008). Αυτή η θέση συνδυασμένη με την άποψη ότι η STEM διδασκαλία, είναι αποτελεσματική στην ολιστική κατάκτηση εννοιών και θεμάτων, επειδή οι βασικές ιδιότητες της γνώσης διευκολύνουν τις συνδεδεμένες έννοιες, περισσότερο από τις σκόρπιες και τις ανεξάρτητες έννοιες (Honey et al., 2014) μας οδηγεί στην πρόκριση της Διεπιστημονικής Διδασκαλίας.

Από τη διδακτική σκοπιά, εκεί όπου οι μαθητές έχουν συνηθίσει να μαθαίνουν σε μία παραδοσιακή τάξη, συνιστάται να αρχίζει κανείς τη διαδικασία της μεταστροφής με δραστηριότητες Ανακαλυπτικής και να καταλήγει σε δραστηριότητες Διερευνητικής. Η Διδασκαλία στην Πράξη, στηριγμένη στο Βίωμα και στην Εμπειρία δηλαδή μάθηση μέσα από το Πείραμα και την Προσομοίωση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

Ananiadou, K., & Claro, M. (2009). 21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries. (OECD Education Working Papers. No. 41.) Paris: OECD.

Application of the scientific method. Teach-nology: The web portal for educators.

<http://www.teach-nology.com/gold/new/ScientificMethod.html>

Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., & Rumble, M. (2010). Defining 21st century skills. Assessment and teaching of 21st century skills draft white paper. The University of Melbourne.

Bunterm, T., Lee, K., Kong, J., Srikoon, S., Vangpoomyai, P., Rattanavongsa, J., Rachahoon, G. (2014). Do Different Levels of Inquiry Lead to Different Learning Outcomes? A comparison between guided and structured inquiry, International Journal of Science Education, 36:12, 1937-1959, DOI: 10.1080/09500693.2014.886347.

Egger, A. (2009a). How Do I Teach the Process of Science? Pedagogy in Action the SERC portal for Educators

https://serc.carleton.edu/sp/library/process_of_science/how_process_science.html

Egger, A. (2009b). Misconceptions and missing conceptions about the process of science. *Process of Science*.

http://serc.carleton.edu/sp/process_of_science/misconceptions.html

Hartle, J., (2011). Βαρύτητα - Εισαγωγή στην Γενική Σχετικότητα του Einstein. Εκδόσεις Τζιόλα Αθήνα.

Honey, M. & Pearson, G., & Schweingruber, H., (2014). *STEM Integration in K-12 Education*. Committee on Integrated STEM Education; National Academy of Engineering; National Research Council. Printed in the United States of America.

Κασσωτάκης, Μ. (2010). Η αξιολόγηση της επίδοσης των μαθητών: Μέσα-Μέθοδοι-Προβλήματα-Προοπτικές, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Kandel, E. (2008). Αναζητώντας την Μνήμη. Από Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Kocsis S., Braverman B., Ravets S., Stevens M. J., Mirin R. P., Shalm L. K. and Steinberg A. M., 2011, *Science*, 332:1170–1173.

Κοντόπουλος, Γ., Ευθυμιόπουλος, Χ., Τζέμος, Α. (2017). Πως εισάγεται το Χάος στην Κβαντομηχανική. Αποτελέσματα ερευνών του Κέντρου Ερευνών Αστρονομίας και Εφαρμοσμένων Μαθηματικών της Ακαδημίας Αθηνών. ΝΕΟΤΕΡΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ. Αθήνα.

Tang, X. (2016). Rasch analysis of responses to the Colorado learning attitudes about science survey. Master Thesis. Texas State University. Department of Physics.

Παπαντωνίου, Α. & Παναούρα, Ρ. (2017). Η επίδραση της διερευνητικής διδασκαλίας και της κριτικής σκέψης στην κατανόηση εννοιών στερεομετρίας. 7^ο Συνέδριο ΕΝΕΔΙΜ Πρακτικά Αθήνα 2017.

Κατασκευή και Διδακτική Αξιοποίηση του Hydrobot από Μελλοντικούς Εκπαιδευτικούς, στο Πλαίσιο μιας Εκπαίδευσης STEM με Στόχο τον Επιστημονικό Γραμματισμό

Μαρώση Κανέλλα-Μαρία¹, Γκιόλμας Αριστοτέλης² Σκορδούλης
Κωνσταντίνος³, Μαυρικάκη Ευαγγελία⁴, Γαλάνη Αποστολία⁵

¹Εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ

nellymarosi@hotmail.gr

²Ε.ΔΙ.Π, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ

agkiolm@primedu.uoa.gr

³Καθηγητής, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ

kskordul@primedu.uoa.gr

⁴Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ

emavrikaki@primedu.uoa.gr

⁵Επίκουρη Καθηγήτρια, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ

lia.galani@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκπαίδευση STEM αποτελεί προτεραιότητα σε πολλές χώρες τα τελευταία χρόνια για λόγους που σχετίζονται κυρίως με την οικονομία των εθνών. Ένα από τα προγράμματα STEM εκπαίδευσης είναι το πρόγραμμα Hydrobot που έφερε στην Ελλάδα το Ίδρυμα Ευγενίδου και αποτελεί την ελληνική έκδοση του προγράμματος SeaPerch που δημιουργήθηκε από το MIT το 2003. Το Hydrobot είναι ένα απλό, τηλεκατευθυνόμενο, υποβρύχιο όχημα (ROV - Remotely Operated Vehicle) το οποίο μπορούν να κατασκευάσουν μαθητές από απλά υλικά. Στην Ελλάδα δεν έχει εφαρμοστεί το πρόγραμμα από μαθητές ή εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Στην παρούσα έρευνα επιχειρήθηκε σύντομη προετοιμασία μελλοντικών εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας για το πρόγραμμα Hydrobot. Διερευνήσαμε α) τη δυνατότητα των εκπαιδευτικών να κατασκευάσουν το Hydrobot και β) το αίσθημα ανεπάρκειας τους ως προς την καθοδήγηση μαθητών στην κατασκευή. Επιπλέον τη δυνατότητά τους να σχεδιάσουν μαθησιακά πλαίσια ένταξης του Hydrobot με στόχο τον Επιστημονικό Γραμματισμό, και συγκεκριμένα το εγγραμματισμό σε σχετικές με την επιστήμη καθημερινές καταστάσεις.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Hydrobot, Εκπαίδευση STEM, Επιστημονικός Γραμματισμός,

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

Ο όρος χρησιμοποιείται ευρέως από τα τέλη του 1950 σε πολλές χώρες, σε συζητήσεις και αναλύσεις των στόχων της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Χρησιμοποιείται για να εκφράσει «τι πρέπει να υπάρχει σε ένα μάθημα Φυσικών Επιστημών» που απευθύνεται σε όλους τους μαθητές (Roberts, 2007). Ωστόσο παρά τις πολλές προσπάθειες ορισμού, δεν έχει διατυπωθεί ένας κοινά αποδεκτός ορισμός του επιστημονικού γραμματισμού (DeBoer, 2000).

Ο Roberts (2007) κάνοντας μια εκτενή μελέτη της βιβλιογραφίας, διακρίνει δύο προσεγγίσεις του Επιστημονικού Γραμματισμού, τις οποίες ονομάζει *Οπτικές*. Στην Οπτική I (Vision I) ο εγγραμματισμός ταυτίζεται με το περιεχόμενο, τα προϊόντα και τις διαδικασίες της ίδιας της επιστήμης, ενώ στην Οπτική II (Vision II) ταυτίζεται με τον εγγραμματισμό σε σχετικές με την επιστήμη καταστάσεις, καταστάσεις τις οποίες θα συναντήσει καθημερινά στη ζωή του ο μελλοντικός πολίτης.

Οι Kollas & Halkia (2016) κατηγοριοποιούν τις θεωρητικές προσεγγίσεις σχετικά με το σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων για τον επιστημονικό γραμματισμό (πίνακας 1). Στις υποκατηγορίες της

Οπτικής II μπορούν να αξιοποιηθούν κοινωνικοπολιτικά ζητήματα, αυθεντικά προβλήματα με σκοπό την ανάδειξη πολιτικών ζητημάτων.

Αντίληψη για τον επιστημονικό γραμματισμό	Περιεχόμενο Α.Π.
<p>Οπτική I Εγγραμματισμός στις έννοιες των φυσικών επιστημών.</p>	<p>Θέματα που δίνουν έμφαση στην κατανόηση του φυσικού κόσμου (π.χ. Νόμοι του Νεύτωνα).</p>
<p>Οπτική II 1. Εγγραμματισμός σε καθημερινές καταστάσεις σχετικές με την επιστήμη. 2. Εγγραμματισμός σε καθημερινές καταστάσεις σχετικές με την επιστήμη με έμφαση στο πλαίσιο της τοπικής κοινωνίας που ζουν οι εκπαιδευόμενοι.</p>	<p>1. Καθημερινά θέματα σχετικά με την επιστήμη και την τεχνολογία. Θέματα γενικού ενδιαφέροντος (π.χ. ποιότητα αέρα). 2. Α) Θέματα που πηγάζουν από την εργασιακή ζωή των ανθρώπων (π.χ. η Χημεία στην αγροτική ζωή). Β) Θέματα που πηγάζουν από την προσωπική και κοινωνική ζωή των ανθρώπων στο πλαίσιο της τοπικής κοινωνίας (π.χ. η δημιουργία ΧΥΤΑ σε ένα δήμο).</p>

Πίνακας 1: Προσεγγίσεις της βιβλιογραφίας σε σχέση με τον επιστημονικό γραμματισμό (Kollas & Halkia, 2016)

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM

Ο όρος “STEM” [Science, Technology, Engineering and Mathematics] είναι ακρωνύμιο που στην πιο απλή εκδοχή, περιλαμβάνει τα πεδία: Φυσικές Επιστήμες, Τεχνολογία, Επιστήμη των Μηχανικών και Μαθηματικά (Breiner, Harkness, Johnson & Koehler, 2012). Είναι σημαντικό να γίνεται διάκριση ανάμεσα στον όρο STEM και τον όρο Εκπαίδευση STEM (Sanders, 2009). Η Εκπαίδευση STEM αναφέρεται στη διδασκαλία και μάθηση στα πεδία STEM, σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης: από το προσχολικό μέχρι το μεταδιδακτορικό. Η διδασκαλία λαμβάνει χώρα είτε εντός της σχολικής τάξης είτε εκτός (Gonzalez & Kuenzi, 2012).

Η στροφή προς την Εκπαίδευση STEM σχετίζεται με την παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη και την ανταγωνιστικότητα των χωρών (Friedman, 2005· Sanders, 2009· Gonzalez & Kuenzi, 2012· Kennedy & Odell, 2014· Bates, 2016· Kelley & Knowles, 2016).

Οι τομείς STEM είναι κατά τον Bates (2016) ζωτικής σημασίας για την ανταγωνιστικότητα των ΗΠΑ στην παγκόσμια οικονομία και αγορά. Ωστόσο πολλές έρευνες έχουν δείξει ότι το ενδιαφέρον των μαθητών προς τις κατευθύνσεις STEM έχει μειωθεί, ιδιαίτερα σε χώρες της Δύσης. Απαντώντας σε αυτές τις προκλήσεις, οι ΗΠΑ προχώρησαν σε μαζικές εκπαιδευτικές μεταρρυθμίσεις με άξονα την Εκπαίδευση STEM (Kelley & Knowles, 2016). Ανησυχίες για την αναμενόμενη έλλειψη πτυχιούχων STEM αγγίζουν και την Ευρωπαϊκή Ένωση (<http://www.stem4youth.eu/>).

Μια διδασκαλία STEM θα πρέπει να ξεκινάει από μία πρόκληση ή ένα πρόβλημα που εισάγεται στους μαθητές κατάλληλο για την ηλικία τους, την τάξη τους και το επίπεδο ανάπτυξής τους (Bybee, 2010). Στην προσπάθειά τους να εξετάσουν τις εναλλακτικές επιλογές και να κατανοήσουν το πρόβλημα, οι μαθητές θα χρειαστεί να εφαρμόσουν γνώσεις Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών και να χρησιμοποιήσουν την Τεχνολογία για βρουν μια λύση του προβλήματος (Kennedy & Odell, 2014). Η Εκπαίδευση STEM είναι μία *μέτα-γνωστική* περιοχή (meta-discipline) που βασίζεται στην ολοκλήρωση των άλλων γνωστικών περιοχών σε μία νέα “ολότητα”. Δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να αντιληφθούν τον κόσμο και όχι επιμέρους κομμάτια του και μεμονωμένα φαινόμενα (Morrison, 2006).

Ο Sanders (2009) περιέγραψε την Ολοκληρωμένη Εκπαίδευση STEM (Integrated STEM Education) ως προσέγγιση που διερευνά τη διδασκαλία και τη μάθηση μεταξύ δύο ή περισσότερων θεματικών περιοχών STEM -μέσα σε ένα αυθεντικό πλαίσιο συμπληρώνουν οι Kelley και Knowles (2016)- με σκοπό τη σύνδεση των θεματικών περιοχών και την ενίσχυση της διαδικασίας μάθησης. Οι Kelley και Knowles (2016) χρησιμοποιούν μια αναλογία για να περιγράψουν το εννοιολογικό

πλαίσιο για την Ολοκληρωμένη Εκπαίδευση STEM. Τέσσερις "τροχαλίες" δουλεύουν μαζί ώστε να ανυψωθεί η πλαισιωμένη μάθηση (situated learning) ενώ τον ρόλο του σχοινού που τις συνδέει, παίζει η εκπαιδευτική κοινότητα μάθησης. Οι τροχαλίες αναπαριστούν: α) το Σχέδιο του Μηχανικού, β) την Επιστημονική Διερεύνηση, γ) τον Τεχνολογικό Γραμματισμό, δ) τη Μαθηματική Σκέψη.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SEAPERCH/ HYDROBOT

Ανησυχίες για την αναμενόμενη έλλειψη πτυχιούχων STEM δεν άφησαν ανεπηρέαστο το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ. Στην έρευνα των Shulenberg & Olsonbaker (2009), αναφέρονται οι προσπάθειες του Ναυτικού των ΗΠΑ να αντιμετωπίσει τη μελλοντική έλλειψη προσωπικού στα εργαστήριά του. Το Ναυτικό για να εξασφαλίσει τους δεκάδες χιλιάδες πτυχιούχους STEM που χρειάζονται για να στελεχώσουν τα εργαστήριά του, επενδύει σε προγράμματα Εκπαίδευσης STEM, που αφορούν σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης.

Παράδειγμα τέτοιας πρωτοβουλίας είναι το εκπαιδευτικό πρόγραμμα SeaPerch. Δημιουργήθηκε από το Τεχνολογικό Ινστιτούτο Μασαχουσέτης (MIT- Massachusetts Institute of Technology) και χρηματοδοτείται από το Γραφείο Ναυτικών Ερευνών των ΗΠΑ (Office of Naval Research) (www.seaperch.org). Βασικότερος στόχος του SeaPerch προγράμματος και ένα από τα κυριότερα προσδοκώμενα οφέλη είναι να προκαλέσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για περαιτέρω σπουδές και για τα επαγγέλματα που προέρχονται από τα πεδία STEM (Nelson, Cooper & Djarpic, 2015· Perry, 2013 Shulenberg & Olsonbaker, 2009· Wright, Hurd, Hacking & Truscott, 2014· Nair & Frye, 2017).

Το πρόγραμμα αυτό είναι ένα πρωτότυπο πρόγραμμα θαλάσσιας ρομποτικής το οποίο εκπαιδεύει εκπαιδευτικούς στις ΗΠΑ και στον υπόλοιπο κόσμο, να κατασκευάσουν το SeaPerch, ένα υποβρύχιο ρομπότ. Οι εκπαιδευτικοί με τη σειρά τους, εκπαιδεύουν τους μαθητές τους στην κατασκευή του δικού τους ρομπότ (<http://seagrant.mit.edu>). Το SeaPerch είναι ένα απλό, υποβρύχιο, τηλεκατευθυνόμενο ρομπότ (Remotely Operated Vehicle-ROV) που κατασκευάζεται από μαθητές με σωλήνες PVC και άλλα φθηνά και εύκολα διαθέσιμα υλικά, από ένα κιτ. Το πρόγραμμα απευθύνεται σε μαθητές κάθε ηλικίας από στ' Δημοτικού έως και πρώτο έτος κολλεγίου.

Τα κύρια οφέλη συνοψίζονται στο τρίπτυχο "Teach-Built-Become". Οι μαθητές *μαθαίνουν* καθώς η κατασκευή επιτρέπει πολλές συνδέσεις με τα αναλυτικά προγράμματα, π.χ. ηλεκτρισμός, άνοση κ.λπ. *Κατασκευάζουν*, συνεργάζονται, αποκτούν δεξιότητας και τέλος *γίνονται* υποψήφιοι μηχανικοί, (Resource Activity Guide- www.seaperch.org).

Το πρόγραμμα SeaPerch διαδόθηκε πέρα από το MIT, σχεδόν σε όλες τις 50 πολιτείες των ΗΠΑ, σε πάνω από 200 σχολεία. Διαδόθηκε διεθνώς σε άλλες χώρες, όπως η Κύπρος και η Γαλλία και μέσα από τη συνεργασία του Ιδρύματος Ευγενίδου με το MITSG, είναι διαθέσιμο και στην Ελλάδα με τη μορφή του Hydrobot (www.hydrobots.gr).

Οι μαθητές με τη βοήθεια απλών οδηγιών, συνδυάζουν τα υλικά προκειμένου να κατασκευάσουν τη βασική έκδοση του SeaPerch ή Hydrobot: σκελετός του οχήματος, σύστημα προώθησης, τηλεχειριστήριο. Μετά την ολοκλήρωση της βασικής έκδοσης μπορούν να βελτιώσουν το όχημά τους με προσθήκες που επεκτείνουν τις δυνατότητές του: κάμερα για υποθαλάσσιες φωτογραφίες και video, αισθητήρες για να πάρουν μετρήσεις, επιπλέον κινητήρες, φώτα LED, υδρόφωνα, συστήματα λήψης δειγμάτων νερού, δαγκάνες για συλλογή αντικειμένων από το βυθό (<http://hydrobots.gr>).

Επιστημονικά δεδομένα από διάφορες θάλασσες, λίμνες, ποτάμια συλλέγονται με το SeaPerch από μαθητές σε όλο τον κόσμο και εισάγονται σε μια παγκόσμια βάση δεδομένων, τον Ψηφιακό Ωκεανό (Digital Ocean) (http://seaperch.mit.edu/digital_ocean.php). Το Hydrobot επίσης επιτρέπει τη συλλογή δεδομένων με αισθητήρες (θερμοκρασία, φωτεινότητα, πίεση) και την αποθήκευσή τους σε ειδική κάρτα μνήμης. Το κύκλωμα βασίζεται στην ανοιχτή πλατφόρμα ανάπτυξης arduino.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

Το πρόγραμμα Hydrobot απευθύνεται αποκλειστικά σε μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (www.hydrobots.gr). Στην Ελλάδα δεν έχει υπάρξει καμία περίπτωση εφαρμογής από μαθητές Δημοτικού ούτε από εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Επιπλέον, στην Ελλάδα δεν δίνεται η δυνατότητα εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών πάνω στην κατασκευή, μία δυνατότητα που παρέχει η ομάδα τους SeaPerch στο εξωτερικό.

Η ολοκλήρωση της κατασκευής του Hydrobot απαιτεί κατασκευαστικές δεξιότητες οι οποίες απέχουν πολύ από το πρόγραμμα σπουδών των εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας. Η κατασκευή απαιτεί χρήση κόφτη σωλήνων PVC, δράπανου, συγκόλληση με κολλητήρι και καλάι, στεγανοποίηση με κερί κ.α. Αυτό εγείρει ένα ερώτημα σχετικά με το εάν είναι σε θέση οι εκπαιδευτικοί Πρωτοβάθμιας να καθοδηγήσουν μαθητές σ' αυτή τη κατασκευή. Ο παραπάνω προβληματισμός, δημιούργησε και την ανάγκη σχεδιασμού ενός πλαισίου παρέμβασης για την προετοιμασία εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας προκειμένου να εφαρμόσουν το πρόγραμμα Hydrobot.

Γνωρίζουμε ωστόσο ότι ελάχιστες πληροφορίες για το πού πρέπει να εστιάζει η προετοιμασία των STEM εκπαιδευτικών έχουν συλλεχθεί (Stohlmann, Moore & Roehrig, 2012· Wilson, 2011). Οι Stohlmann et al. (2012) προτείνουν ένα πλαίσιο εκπαίδευσης εκπαιδευτικών STEM που κατέχει επίσης το ακρωνύμιο STEM «Support (=Υποστήριξη), Teaching (=Διδασκαλία), Efficacy (=Επάρκεια), Material (=Υλικά)». Η εξοικείωση των εκπαιδευτικών με τα υλικά (Material) που απαιτούνται για το πρόγραμμα SeaPearch/Hydrobot είναι ένα στοιχείο που λείπει από την εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας.

Αυτό εγείρει και έναν ακόμη προβληματισμό σχετικά με το εάν μπορούν οι εκπαιδευτικοί Πρωτοβάθμιας να αναπτύξουν το αίσθημα αυτεπάρκειας (self-efficacy beliefs) ως προς την καθοδήγηση μαθητών πάνω στην κατασκευή, εάν οι ίδιοι δεν έχουν την εξοικείωση με τα υλικά και τις δεξιότητες που απαιτούνται για να το κατασκευάζουν. Πολλές έρευνες ασχολούνται το αίσθημα αυτεπάρκειας του εκπαιδευτικού και το πώς μπορεί να επηρεάσει την επιτυχία του μαθητή σε διάφορους τομείς (Carpaga et al., 2006· Stohlmann et al., 2012). Τα παραπάνω στοιχεία (Υλικά, Αίσθημα Αυτεπάρκειας) θα μπορούσαν να είναι μέρος της προετοιμασίας εκπαιδευτικών για την εφαρμογή του προγράμματος Hydrobot.

Ο επόμενος προβληματισμός αφορά τη προετοιμασία των εκπαιδευτικών σχετικά με τη διδακτική αξιοποίηση του Hydrobot. Στις επίσημες ιστοσελίδες των SeaPerch και Hydrobot, το “Teach” (και το αντίστοιχο “Μαθαίνουν”) από το λογότυπο “Teach-Built-Become” που συνοψίζει τα κυριότερα προσδοκώμενα οφέλη, αναφέρεται στη διδασκαλία *εννοιών* των Φυσικών Επιστημών (π.χ. ηλεκτρισμός και άνοση). Υπό αυτό το πρίσμα βλέπουμε μια κατεύθυνση προς την Οπτική Ι του Επιστημονικού Γραμματισμού κατά την εφαρμογή του προγράμματος. Εξάλλου όπως αναφέραμε, ο επαγγελματικός προσανατολισμός (“Become”) είναι από τους βασικότερους σκοπούς του προγράμματος.

Στη δική μας έρευνα επιλέξαμε να διαφοροποιηθούμε από την παραπάνω πρόταση. Η τάση σήμερα, εστιάζει στις σχετικές με την επιστήμη καταστάσεις (Οπτική ΙΙ του Επιστημονικού Γραμματισμού) καθώς αποτελούν εφόδιο για τους μαθητές-μελλοντικούς πολίτες σε μια εποχή κατά την οποία η ανθρωπότητα έρχεται συνεχώς αντιμέτωπη με κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα (Κόλλας, 2015). Εξάλλου και η ολοκληρωμένη προσέγγιση STEM είναι κατά τον Bybee (2010) μια ευκαιρία να εισάγουμε τους μαθητές και μελλοντικούς πολίτες σε σημαντικά θέματα της εποχής μας όπως η κλιματική αλλαγή ή το ενεργειακό πρόβλημα. Για τους παραπάνω λόγους επιχειρήσαμε να συσχετίσουμε το Hydrobot με σκοπούς της Οπτικής ΙΙ του Επιστημονικού Γραμματισμού δηλαδή καθημερινές με την επιστήμη καταστάσεις.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η έρευνα έλαβε χώρα στα πλαίσια ενός εργαστηρίου προετοιμασίας μελλοντικών εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας για το πρόγραμμα Hydrobot. Σκοπός της έρευνας ήταν να διερευνήσουμε α) τη δυνατότητα των μελλοντικών εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας να κατασκευάσουν το Hydrobot και β) το αίσθημα αυτεπάρκειας μελλοντικών εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας ως προς την καθοδήγηση μαθητών στην κατασκευή του Hydrobot. Επιπλέον, σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνήσουμε τη δυνατότητα μελλοντικών εκπαιδευτικών να σχεδιάσουν μαθησιακά περιβάλλοντα για τη διδακτική αξιοποίηση του Hydrobot.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

1.Μπορούν οι συμμετέχοντες με την κατάλληλη καθοδήγηση να αναπτύξουν τις απαραίτητες δεξιότητες για την κατασκευή του Hydrobot;

2. Κατά πόσο αισθάνονται οι συμμετέχοντες επαρκείς μετά την παρέμβαση, να καθοδηγήσουν μαθητές Δημοτικού στην κατασκευή του Hydrobot;

3. Μπορούν οι συμμετέχοντες να μεταβούν από α) μια αντίληψη αναφορικά με τη διδακτική αξιοποίηση του Hydrobot που εστιάζει σε έννοιες STEM, σε β) μια αντίληψη που εστιάζει στον εγγραμματισμό των μαθητών σε καθημερινές καταστάσεις (μετάβαση από Οπτική Ι σε Οπτική ΙΙ);

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

ΔΕΙΓΜΑ

Το δείγμα μας ήταν βολικό και σκόπιμο. Αποτελούνταν από 16 μελλοντικούς εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Το εργαστήριο έγινε στα πλαίσια του εργαστηρίου ενός υποχρεωτικού μαθήματος του ΠΤΔΕ Αθηνών ώστε να εξασφαλισθεί η υποχρεωτική παρουσία των συμμετεχόντων σε όλες τις συναντήσεις. Τα «βολικά» δείγματα είναι άμεσα προσβάσιμα ωστόσο η αντιπροσωπευτικότητά τους είναι αμφισβητήσιμη (Fraenkel, Wallen & Hyun, 2012).

Το δείγμα μας ήταν επίσης «σκόπιμο». Επιλέξαμε το εργαστήριο να αφορά δευτεροετείς φοιτητές με την προοπτική να υπάρξει συνέχεια της έρευνας στη συνέχεια των σπουδών τους.

ΣΤΑΔΙΑ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ

Οι συναντήσεις του εργαστηρίου ήταν πέντε. Στην αρχή της πρώτης συνάντησης συλλέξαμε πληροφορίες για τις δεξιότητες των συμμετεχόντων (pretest για το α' ερευνητικό ερώτημα). Στη συνέχεια ακολούθησε εκμάθηση της χρήσης των εργαλείων και των πρακτικών που απαιτούνται για την κατασκευή του Hydrobot. Οι δεξιότητες αφορούσαν στη χρήση των ακόλουθων εργαλείων: μέτρο, μέγγενη, κόφτης σωλήνων, δράπανο και τις διαδικασίες της συγκόλλησης με κολλητήρι και καλάι, και της στεγανοποίησης με κερί. Η εκμάθηση έγινε με ένα κυκλικό σύστημα σταθμών. Οι φοιτητές περνούσαν διαδοχικά από κάθε ένα σταθμό εκμάθησης, όπου καθοδηγούνταν από έναν υπεύθυνο στη χρήση εργαλείου ή την απαιτούμενη διαδικασία. Στη δεύτερη συνάντηση πραγματοποιήθηκε η κατασκευή, από 4 ομάδες των 4 φοιτητών. Οι ομάδες καθοδηγούνταν από τους υπεύθυνους. Η κατανομή της εργασίας έγινε λόγω χρονικών περιορισμών. Η πρώτη ομάδα ανέλαβε το α' μέρος της κατασκευής: σκελετός οχήματος. Η δεύτερη ομάδα ανέλαβε το β' μέρος κατασκευής: σύστημα προώθησης. Η τρίτη και η τέταρτη ομάδα χώρισαν μεταξύ τους τις εργασίες του γ' μέρους κατασκευής: τηλεχειριστήριο. Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής συλλέχθηκαν ξανά πληροφορίες για τις δεξιότητες των συμμετεχόντων (posttest για το α' ερευνητικό ερώτημα).

Στην επόμενη συνάντηση συζητήθηκαν αναλυτικά τα βήματα κατασκευής, παρουσία ενός φυσικού κι ενός ηλεκτρολόγου μηχανικού προκειμένου να αναδειχθεί η σύνδεση των δύο επιστημών, να κατανοηθεί σε τι εξυπηρετεί το κάθε βήμα και να αναφερθούν εναλλακτικές προτάσεις σε περίπτωση που προκύψουν προβλήματα. Παράλληλα, οι συμμετέχοντες καλούνταν να εντοπίζουν συνδέσεις των βημάτων με αναλυτικά βήματα Φυσικών του Δημοτικού.

Στην τέταρτη συνάντηση ασχοληθήκαμε με τη διδακτική αξιοποίηση τους Hydrobot. Αρχικά οι φοιτητές συζήτησαν σε ομάδες και παρέδωσαν πρόταση για μαθησιακό πλαίσιο αξιοποίησης του Hydrobot (pretest για το γ' ερευνητικό ερώτημα). Ακολούθησε εισήγηση του Επιστημονικού Γραμματισμού και της πλαισιωμένης μάθησης.

Η τελευταία συνάντηση έγινε στο Πάρκο Τρίτση προκειμένου να γίνει καθέλκυση του Hydrobot στις λίμνες αλλά και παρουσίαση μιας δικής μας διδακτικής πρότασης αξιοποίησής του. Το Πάρκο Τρίτση επιλέχθηκε λόγω του περιβαλλοντικού προβλήματος που αντιμετωπίζει τα τελευταία χρόνια, επειδή δε λειτουργεί το σύστημα ανακύκλωσης του νερού των λιμνών που θα εξασφάλιζε τη ροικότητα των νερών. Η πρόταση που παρουσιάστηκε στους φοιτητές, αξιοποιεί τις μετρήσεις που παίρνει συνήθως το Hydrobot (θερμοκρασία και φωτεινότητα) σε συνδυασμό με κάποιες χημικές και βιολογικές αναλύσεις που θα διεξάγονταν με τη βοήθεια ειδικών, με σκοπό να διερευνηθεί η πιθανότητα ρύπανσης των νερών. Στο τέλος του εργαστηρίου οι φοιτητές έδωσαν νέες προτάσεις αξιοποίησης του Hydrobot (posttest για το γ' ερευνητικό ερώτημα).

Στο τέλος του εργαστηρίου, οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο με το οποίο συλλέξαμε πληροφορίες για το αίσθημα ανεπάρκειάς τους ως προς την καθοδήγηση μαθητών στην κατασκευή, πριν και μετά το εργαστήριο.

ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Το **πρώτο ερευνητικό ερώτημα** αφορούσε το εάν οι συμμετέχοντες μπορούν να αναπτύξουν, με την κατάλληλη καθοδήγηση, τις απαραίτητες δεξιότητες για την κατασκευή του Hydrobot. Για την απάντηση του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος, συλλέξαμε πληροφορίες με δύο τρόπους. Οι δεξιότητες των συμμετεχόντων αξιολογήθηκαν από τους υπεύθυνους του εργαστηρίου πριν και μετά την εκμάθηση-εξάσκηση δεξιοτήτων και την κατασκευή. Επιπλέον οι ίδιοι οι φοιτητές αξιολόγησαν τις δεξιότητές τους πριν και μετά την παρέμβαση. Οι υπεύθυνοι βαθμολογούσαν τις δεξιότητες των συμμετεχόντων, για κάθε εργαλείο/ πρακτική ξεχωριστά, χρησιμοποιώντας μια **κλείδα παρατήρησης**. Ενώ οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ένα **ερωτηματολόγιο αυτοαναφοράς** με σκοπό την αξιολόγηση των δεξιοτήτων τους.

Τόσο η κλείδα παρατήρησης που συμπλήρωναν οι υπεύθυνοι, όσο και το ερωτηματολόγιο αυτοαναφοράς, συγκέντρωναν βαθμολογίες με μία κλίμακα τύπου Likert από το 1 (Απόλυτη Αδυναμία) έως το 5 (Άριστες Δεξιότητες). Η δηλωτική πρόταση της κλείδας και του ερωτηματολογίου ανέφερε: «Μπορεί να χρησιμοποιήσει τα παρακάτω εργαλεία» και «Μπορώ να χρησιμοποιήσω τα παρακάτω εργαλεία» αντίστοιχα.

Το **δεύτερο ερευνητικό ερώτημα** αφορούσε το αίσθημα αυτεπάρκειας των συμμετεχόντων ως προς την καθοδήγηση μαθητών στην κατασκευή του Hydrobot. Οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ένα **ερωτηματολόγιο**. Για την πρόταση *Μπορώ να καθοδηγήσω μαθητές Δημοτικού στα παρακάτω επιμέρους βήματα της κατασκευής* οι συμμετέχοντες έπρεπε να επιλέξουν απάντηση μιας πεντάβαθμης κλίμακας τύπου Likert, στην οποία 1=Καθόλου, 2= Λίγο, 3=Μέτρια, 4= Καλά και 5=Πολύ καλά.

Το **τρίτο ερευνητικό ερώτημα** αφορούσε το εάν οι συμμετέχοντες είναι σε θέση να προτείνουν μαθησιακά πλαίσια για τη διδακτική αξιοποίηση του Hydrobot με στόχο τον εγγραμματισμό των μαθητών σε καθημερινές σχετικές με την επιστήμη καταστάσεις. Για την απάντησή του, πραγματοποιήθηκε **ανάλυση περιεχομένου** στις προτάσεις που παρέδωσαν οι φοιτητές χωρισμένοι σε ομάδες των τεσσάρων ατόμων.

Το δείγμα μας αποτελούνταν από φοιτητές του δεύτερου έτους οι οποίοι δεν είχαν διδαχθεί Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Δεν μπορούσαμε να ζητήσουμε από τους φοιτητές σχέδιο μαθήματος. Γνωρίζοντας πως οι περισσότεροι από αυτούς δεν αντιλαμβάνονται τι εννοούμε με τον όρο μαθησιακό πλαίσιο επιλέξαμε να θέσουμε δύο ακόμα ερωτήσεις (ανοιχτού τύπου). Συγκεκριμένα τους ζητήσαμε να απαντήσουν στις ερωτήσεις: «*Με ποια αφορμή εντάσσω το Hydrobot στη τάξη;*» και «*Μετά την κατασκευή αξιοποιώ το Hydrobot; Αν ναι, πώς;*».

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση περιεχομένου στις απαντήσεις των φοιτητών. Μελετήσαμε τις απαντήσεις (το σύνολο του κειμένου) και επιχειρήσαμε να τις κωδικοποιήσουμε και να τις κατατάξουμε σε κατηγορίες. Η μονάδα ανάλυσης ήταν τα θέματα.

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τα δύο ποσοτικά ερευνητικά ερωτήματα, χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο IBM SPSS 22 για Windows (2007). Το επίπεδο σημαντικότητας των ελέγχων υπόθεσης ορίστηκε $p=0,05$ για αμφίπλευρο έλεγχο. Χρησιμοποιήθηκε περιγραφική στατιστική: συχνότητα (frequencies) και μέσοι όροι (mean). Χρησιμοποιήθηκε επίσης επαγωγική στατιστική: έλεγχος διαφορών στους μέσους όρους (Wilcoxon Matched Pairs Test).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΠΡΩΤΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑ

Στον πίνακα 2 βλέπουμε τη συχνότητα των απαντήσεων ανά βαθμίδα κλίμακας του ερωτηματολογίου. Πριν την παρέμβαση οι απαντήσεις είναι διασκορπισμένες, ενώ η απάντηση *Καθόλου*, είναι αυτή που συγκεντρώνει τις περισσότερες. Οι τιμές μετά την παρέμβαση έχουν μετακινηθεί όλες προς τις βαθμίδες «*Μέτρια*, *Καλά*, *Πολύ καλά*», ενώ κανένας δεν απάντησε *Καθόλου*. Ο μέσος όρος από το 2,22 ανέβηκε στο 4,19· στατιστικά σημαντική διαφορά σύμφωνα με τα αποτελέσματα επαγωγικής ανάλυσης.

ΔΕΥΤΕΡΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑ

Στον πίνακα 3 φαίνεται η συχνότητα των απαντήσεων των συμμετεχόντων για το αίσθημα αυτεπάρκειας ως προς την καθοδήγηση μαθητών σε ολόκληρη τη κατασκευή του Hydrobot πριν και

μετά την παρέμβαση. Από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης φάνηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή. Επιπλέον όλες οι τιμές όλων των φοιτητών που αποδίδουν το αίσθημα αυτεπάρκεια ως προς την καθοδήγηση μαθητών σε κάθε επιμέρους βήμα της κατασκευής, ανέβηκαν βαθμίδα στην κλίμακα του ερωτηματολογίου μετά το τέλος του εργαστηρίου (π.χ. από 1= Καθόλου στο 4=Καλά), με τη συντριπτική πλειοψηφία των απαντήσεων να βρίσκονται στο μέτρια, καλά, πολύ καλά

Εργασία	Συλλογή Δεδομένων από	Βαθμός Επίδοσης Πριν (N=16)					Βαθμός Επίδοσης Μετά (N=16)				
		Απόλυτη Αδυναμία	Μόνο με καθοδήγηση	Και χωρίς καθοδήγηση	Άρκετα Καλά	Άριστες Δεξιότητες	Απόλυτη Αδυναμία	Μόνο με καθοδήγηση	Και χωρίς καθοδήγηση	Άρκετα Καλά	Άριστες Δεξιότητες
Μέτρο	Αυτοαναφορά	1		2	8	5			1	4	11
	Παρατήρηση	1	7	4	2					1	15
Μέγνη	Αυτοαναφορά	1	4	1	5	5				3	13
	Παρατήρηση	12			2	1				1	14
Κόφτης	Αυτοαναφορά	6	2	4	1	2			3	7	8
	Παρατήρηση	12	2		1			2	2	4	5
Δράπανο	Αυτοαναφορά	3	5	3	4	1			3	6	7
	Παρατήρηση	5	8	2	1				3	4	9
Κατασβίδι	Αυτοαναφορά	1		3	8	4			2	3	12
	Παρατήρηση	1	2	10	2				1	1	14
Απαγυμνωστής	Αυτοαναφορά	0	3	3	2				4	6	6
	Παρατήρηση	15	1						4	9	3
Κολλητήρι	Αυτοαναφορά	4	2	5				2	5	5	4
	Παρατήρηση	15		1					10	5	1
Στεγανωτική	Αυτοαναφορά	10	4	1	1				1	4	9
	Παρατήρηση	15							13	3	

Πίνακας 2: Συχνότητα απαντήσεων ανά βαθμό επίδοσης της κλίμακας Likert, ΠΡΙΝ και ΜΕΤΑ την παρέμβασή μας.

	Συχνότητα Απαντήσεων N=16				
	Καθόλου	Λίγο	Μέτρια	Καλά	Πολύ καλά
Πριν	3	10	2	1	
Μετά			3	10	3

Πίνακας 3: Συχνότητα απαντήσεων για το αίσθημα αυτεπάρκειας ως προς την καθοδήγηση μαθητών σε ολόκληρη τη κατασκευή του Hydrobot.

ΤΡΙΤΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑ

Πριν την παρέμβαση, οι απαντήσεις και των 4 ομάδων (πίνακας 4) εντάσσονταν στην Οπτική Ι του Επιστημονικού Γραμματισμού (επιστημονικός γραμματισμός μέσα από περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών). Μετά την παρέμβαση, οι απαντήσεις και των 4 ομάδων (πίνακας 5) εντάχθηκαν σε υποκατηγορίες της Οπτικής ΙΙ (επιστημονικός γραμματισμός μέσα από καθημερινές καταστάσεις, και μέσα από καθημερινές καταστάσεις με έμφαση στην τοπική κοινότητα). Ο αριθμός της 2^{ης} στήλης στους πίνακες αντιπροσωπεύει τον αύξοντα αριθμό της ομάδας, και το κείμενο αποτελεί απόσπασμα των απαντήσεων. Σημειώνεται ότι οι ομάδες μπορούσαν να δώσουν παραπάνω από μία απαντήσεις.

	«Με ποια αφορμή εντάσσω το Hydrobot στην τάξη;»	Ομάδες
Οπτική Ι: Επιστημονικός γραμματισμός μέσα από περιεχόμενο των Φ.Ε.	1. Να καλυφθούν πολλαπλές θεματικές ενότητες	4
	2. «επειδή βασίζεται σε θεματικές του μαθήματος»	
	3. «Ηλεκτρομαγνητισμός, Ενέργεια, Διατήρηση ενέργειας, το φως αλλάζει κατεύθυνση (...)»	
	4. Όχι συγκεκριμένη αφορμή- εφαρμογή των γνώσεων	

Πίνακας 4: Μαθησιακά πλαίσια που πρότειναν οι συμμετέχοντες πριν την παρέμβαση (σε ομάδες των τεσσάρων).

	«Με ποια αφορμή εντάσσω το Hydrobot στην τάξη;»	Ομάδες
Οπτική ΙΙ Επιστημονικός γραμματισμός μέσα από καθημερινές καταστάσεις	2. Ευτροφισμός σε λίμνες	3
	3. Κλιματική αλλαγή, υπερθέρμανση, μόλυνση των υδάτων, επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα της περιοχής.	
	4. «Έχετε παρατηρήσει ότι πονάνε τα αυτιά μας όταν κολυμπάμε πιο βαθιά; Πόσο αλλάζει η πίεση και γιατί συμβαίνει αυτό;»	
	4. Αύξησης των πλημμυρικών φαινομένων, ερημοποίηση και μείωση πόσιμου νερού. 4. «Με ποιο ρυθμό αλλάζει η θερμοκρασία της θάλασσας από το χειμώνα προς το καλοκαίρι και αντίστροφα;» 4. «Μέχρι πόσα μέτρα στο νερό φτάνουν οι ακτίνες του ηλίου και πώς επηρεάζει αυτό την πανίδα και την χλωρίδα της περιοχής;»	
Οπτική ΙΙ Επιστημονικός γραμματισμός μέσα από καθημερινές καταστάσεις, με έμφαση στο πλαίσιο της τοπικής κοινότητας	1. Προστασία και της διατήρηση της καθαριότητας της κοντινής τους παραλίας και θάλασσας	4
	2. Συνθήκες διαβίωσης των υδρόβιων οργανισμών στη λίμνη του Μαραθώνα σήμερα	
	3. «(...)την ερώτηση εάν κάποια λίμνη/ποτάμι της περιοχής μας αντιμετωπίζει πρόβλημα.»	
	4. «πόσο καθαρό ή κατάλληλο για κολύμπι είναι το νερό της περιοχής μας» 4. Ποιότητα του διαθέσιμου πόσιμου νερού σε τοπικές δεξαμενές	

Πίνακας 5: Μαθησιακά πλαίσια που πρότειναν οι συμμετέχοντες μετά την παρέμβαση (σε ομάδες των τεσσάρων).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΖΗΤΗΣΗ

Τα δεδομένα της έρευνας που πραγματοποιήθηκε έδωσαν θετική απάντηση στο πρώτο ερώτημα. Μετά την παρέμβασή μας οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Πρωτοβάθμιας που συμμετείχαν στην έρευνα, ανέπτυξαν τις απαραίτητες δεξιότητες για την κατασκευή του Hydrobot. Οι συμμετέχοντες πριν την παρέμβαση δεν αισθάνονταν έτοιμοι να καθοδηγήσουν μαθητές στην κατασκευή του Hydrobot, ενώ μετά την παρέμβαση αισθάνονταν έτοιμοι. Αποδίδουμε τη μετακίνηση αυτή, στο γεγονός ότι εξασκήθηκαν στις δεξιότητες, ολοκλήρωσαν την κατασκευή και τη καθέλκυση με επιτυχία και

συζήτησαν για κάθε επιμέρους βήμα της κατασκευής προσπαθώντας να συνδέσουν τη Φυσική και την Επιστήμη των Μηχανικών.

Τα μαθησιακά πλαίσια που πρότειναν οι συμμετέχοντες μετακινήθηκαν μετά την παρέμβαση από την Οπτική Ι στην Οπτική ΙΙ του επιστημονικού γραμματισμού. Από την επιλογή που εστιάζει καθαρά στην παροχή γνώσεων και μάλιστα εκτός πλαισίου, μετακινήθηκαν προς την επιλογή μαθησιακού πλαισίου που υποστηρίζει τον εγγραμματισμό των μαθητών σε σχετικές με την επιστήμη καθημερινές καταστάσεις. Η αντίληψη των συμμετεχόντων αναφορικά με τη διδακτική αξιοποίηση του Hydrobot μετακινήθηκε μετά την παρέμβαση. Η μετακίνηση αυτή, δεν θεωρείται καθόλου εύκολη καθώς οι μαθησιακές, διδακτικές και ακαδημαϊκές τους εμπειρίες περιλαμβάνουν αναλυτικά προγράμματα που αποσκοπούν στη διδασκαλία του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών (Κόλλας, 2015).

Οι δυσκολίες τις οποίες εντοπίζουμε στις προτάσεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών συμφωνούν με κάποιες από αυτές που συνάντησαν οι συμμετέχοντες στην έρευνα του Κόλλα (2015). Τα μαθησιακά περιβάλλοντα που σχεδίασαν οι συμμετέχοντες «άνοιγαν» το εύρος των επιστημονικών γνώσεων που ήταν απαραίτητες για την κατανόηση του εκάστοτε προβλήματος.

Από τις απαντήσεις των συμμετεχόντων προέκυψαν ωστόσο ενδιαφέρουσες προτάσεις που συμπεριλαμβάνουν την εμπλοκή γονέων και κοινότητας, την ενημέρωση των υπεύθυνων φορέων και της κοινότητας για τα ευρήματα των ερευνών με το Hydrobot, καθώς και τη σύσταση ομάδας μαθητών για τη συνεχή καταγραφή της κατάστασης των νερών. Ωστόσο καμία ομάδα δεν αξιοποίησε κοινωνικοπολιτικά ζητήματα. Ενδεχομένως απαιτείται διαφορετική παρέμβαση για μια τέτοια μετακίνηση αντίληψης ως προς τον σχεδιασμό μαθησιακών πλαισίων.

Το δείγμα της έρευνας προέκυψε από συμπτωματική δειγματοληψία, και αποτελεί μη αντιπροσωπευτικό δείγμα. Επιπλέον, λόγω χρονικών περιορισμών η παρέμβαση δεν ακολούθησε τον αρχικό σχεδιασμό. Αναφέρουμε για παράδειγμα, ότι στον αρχικό σχεδιασμό, οι συμμετέχοντες θα βίωναν σαν μαθητές τη δική μας πρόταση διδακτικής αξιοποίησης, προκειμένου να αποκτήσουν μια εμπειρία αξιοποίησης του Hydrobot με σκοπό τον εγγραμματισμό των μαθητών σε καθημερινές καταστάσεις.

Όλοι οι συμμετέχοντες της έρευνας απάντησαν πως είναι πρόθυμοι να πάρουν μέρος σε συνέχεια της έρευνας. Προτάσεις για συνέχεια της έρευνας αφορούν την εκπαίδευση του ίδιου δείγματος στην προετοιμασία των αισθητήρων ή επεκτάσεων καθώς και σε θέματα Διδακτικής Αξιοποίησης του Hydrobot και σε επόμενο στάδιο η καθοδήγηση μαθητών Στ' Δημοτικού από τους συμμετέχοντες. Μία άλλη προέκταση της έρευνας θα μπορούσε να διερευνηθεί οφέλη του Hydrobot ως εργαλείο μελέτης πεδίου, δεδομένου ότι προορίζεται για καθέλκυση και μετρήσεις σε υδάτινο περιβάλλον της περιοχής. Πολλές έρευνες συσχετίζουν την κατάλληλα οργανωμένη μελέτη πεδίου με ανάπτυξη γνώσεων και δεξιοτήτων, περιβαλλοντική υπευθυνότητα και ευαισθητοποίηση, εξοικείωση των μαθητών με τη φύση και άλλα οφέλη (Βασάλα, 2007· Bogner, 1998· Parkin, 1998).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βασάλα, Π. (2007). Μελέτες πεδίου στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στο πλαίσιο των σχολικών περιπάτων στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Πρακτικά 3ου Συνεδρίου ΠΕΕΚΠΕ Εκπαίδευση για την Αειφορία και ΠΕ: Κοινωνία- Οικονομία- Περιβάλλον- Πολιτισμός. Αθήνα: ΠΕΕΚΠΕ

Κόλλας, Σ. (2015). *Επιστημονικός Γραμματισμός στα σχολεία δεύτερης ευκαιρίας: εκπαίδευση εκπαιδευτικών στο σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων*. (Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή). Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αθήνα

Bogner, F. (1998). The Influence of Short-Term Outdoor Ecology Education on Long-Term Variables of Environmental Perspective. *The Journal of Environmental Education*, Vol 29 (No4). 17-29. doi: 10.1080/00958969809599124

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*, Vol 3 (No1), 3-11. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>

Bates, D. G. (2016). *An Investigation of the Impact A ROV Competition Curriculum has on Student Interest in sTEM, Specifically Technology and Engineering* (Μεταπτυχιακή εργασία). School of Technology Brigham, Young University, Provo.

Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, Vol 70 (No1), 30–35. Ανακτήθηκε 19/4/2018, από <https://www.scribd.com/doc/177557399/bybee-integrated-stem-plan>

DeBoer, E. G. (2000). Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. Στο *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 37 (No 6), 582-601.

Caprara, G., Barbaranelli, C., Steca, P., & Malone, P. (2006). Teachers' self-efficacy beliefs as determinants of job satisfaction and students' academic achievement: A study at the school level. *Journal of School Psychology*, (Volume 44, Issue 6), σ. 473-490, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2006.09.001>

Fraenkel, J. R., Wallen N. E. & Hyun, H. H. (2012). *How to Design and Evaluate Research in Education*. New York. McGraw-Hill

Friedman (2005). *The world is flat. A brief history of the twenty-first century*. New York: Farrar, Straus and Giroux.

Gonzalez, H.B. & Kuenzi J. (2012). Congressional Research Service Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer. Ανακτήθηκε 16/4/2018, από <https://fas.org/sgp/crs/misc/R42642.pdf>

Kelley, T. R., Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, Vol3 (No11), 1-11. doi: 10.1186/s40594-016-0046-z

Kennedy, E. T. J. & Odell, M. R. L. (2014). Engaging Students In STEM Education. *Science Education International Vol. 25 (No3)* 246-258. Ανακτήθηκε στις 19/4/2018, από <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1044508.pdf>

Kollas, S., & Halkia, K. (2016) (in press). Second Chance Schools in Greece: A Critical Analysis of Science Teachers' Views and Practices on Designing Scientific Literacy Curricula. Στο N. Papadouris, A. Hadjigeorgiou, C. Constantinou (επιμ.) *Insights from Research in Science Teaching and Learning, Contributions from Science Education Research, Selected papers from ESERA Conference, Vol. 2*, σ. 289-304, Springer.

Morrison, J. (2006). Attributes of STEM education: The student, the school, the classroom. Baltimore, MD: The Teaching Institute for Excellence in STEM

Nair, S.C. & Frye M. (2017). miniGEMS 2016 –STEM Summer Camp for Middle School Girls. Στο *2017 ASEE Annual Conference & Exposition, June 24-28 2017*. Columbus

Nelson, S. G., Cooper, K. B. & Djapic, V. (2015). SeaPerch: How a start-up hands-on robotics activity grew into a national program. Στο *OCEANS 2015 – Genova, 18-21 May 2015* (σσ. 651-653). Genova: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Parkin, D. (1998). Is Outdoor Education Environmental Education? *International Journal of Environmental Education and Information*, Vol 17 (No3), 275-86. Ανακτήθηκε 2 Φεβρουαρίου, 2018 από <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.566.9571&rep=rep1&type=pdf>

Perry, P. C. (2013). *Influences on Visual Spatial Rotation: Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Experiences, Age, and Gender*. Maryland: Notre Dame of Maryland University

Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. Στο S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.). *Handbook of research in science education* (σσ. 729-779). Mahwah: Erlbaum.

Shulenberg, E. & Olsonbaker, J. (2009). *Solving the shortage of STEM personnel in navy laboratories: Strategic plan for navy investments in STEM education targeted at the "navy after next*. Seattle: University of Washington Applied Physics Lab

Stohlmann, M., Moore, T. J. & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*: Vol. 2 (No1), Article 4. 20-28. doi: <https://doi.org/10.5703/1288284314653>

Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *Technology Teacher*, Vol 68 (No4), 20-26. Ανακτήθηκε 16 Απριλίου, 2018, από <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51616/STEMmania.pdf?sequence>

Wright, G.A., Hurd, R.C., Hacking, K.S. & Truscott, T.T. (2014). Using ROVs to teach a blended STEM curriculum. Στο *2014 ASEE Annual Conference & Exposition, June 15-18 2014*.

Wilson, S. M. (2011). Effective STEM teacher preparation, induction, and professional development. Paper presented at the National Research Council's Workshop on Successful STEM Education in K–12 Schools, Washington, DC, May 10–12, 2011.

Μετεωρολογία – Κλιματική Αλλαγή - Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα STEM

Αναστασιάδου Σοφία¹, Τρυφέρνη Βικτωρία²,
Τσερκίντζελι Γεωργία³, Σοϊλεμές Ανδρέας⁴

¹Φυσικός MSc, 1^ο Γυμνάσιο Ξάνθης
sofanastasiadou@gmail.com

²Γεωπόνος, 1^ο Γυμνάσιο Ξάνθης
viktryferi@gmail.com

³Καθηγήτρια Πληροφορικής, 1^ο Γυμνάσιο Ξάνθης
gtserki@sch.gr

⁴Φυσικός Msc, PhD, Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας Μύκης
asoilemes@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πρακτική που ακολουθήθηκε είχε σκοπό να κινήσει το ενδιαφέρον των μαθητών στις φυσικές επιστήμες, ενώ ταυτόχρονα να επισημάνει στους μαθητές τη χρησιμότητά τους, αν συνδυαστούν με τα μαθηματικά την τεχνολογία και τη μηχανική (STEM). Ξεκίνησε κατά το σχολικό έτος 2012-2013 και συνεχίζεται έως και σήμερα.

Η αφορμή δόθηκε από ένα περιβαλλοντικό πρόγραμμα που υλοποιήθηκε από τους παραπάνω εισηγητές με τίτλο «Πειραματιστές meteo bloggers». Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού κατασκευάστηκε ένας μετεωρολογικός σταθμός για το σχολείο, έγινε επεξεργασία δεδομένων με χρήση υπολογιστή και μέσω σχετικών πειραμάτων, με αρωγό την επιστημονική μέθοδο, προσεγγίστηκαν έννοιες της φυσικής που αφορούσαν την μετεωρολογία. Το σχολικό έτος 2017-2018 η ιδέα εξελίχθηκε ακόμη περισσότερο με αφορμή το επίκαιρο θέμα της κλιματικής αλλαγής. Κατασκευάστηκαν όργανα μέτρησης μετεωρολογικών παραμέτρων και αερίων του θερμοκηπίου με σκοπό την εξοικείωση των μαθητών στην πλήρη κατασκευή ενός έργου που θα είναι χρήσιμο και θα τους δώσει τη δυνατότητα να αισθανθούν ενεργοί και ενημερωμένοι πολίτες. Επίσης τους δόθηκε η δυνατότητα να ενημερωθούν και να μάθουν τρόπους επιλογής και χρήσης δεδομένων από διάφορες δορυφορικές μετρήσεις.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Κλιματική αλλαγή, Μετεωρολογία, STEM

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

Στο αναλυτικό πρόγραμμα της Φυσικής του Γυμνασίου περιλαμβάνονται θεματικές ενότητες που συνδέονται με έννοιες που αφορούν την ατμόσφαιρα και τα καιρικά φαινόμενα όπως η πίεση, οι δυνάμεις και τα ηλεκτρικά φορτία.

Η αναζήτηση διδακτικών μεθόδων προσαρμοσμένων στις ανάγκες ενός σύγχρονου σχολείου, η προσπάθεια για κινητοποίηση του ενδιαφέροντος των μαθητών, η οικοδόμηση της γνώσης με τρόπο εύληπτο και αποτελεσματικό και η ανάγκη καλλιέργειας προσδοκιών για τη χρήση της νέας γνώσης στην κατανόηση της καθημερινής ζωής, οδηγούν αναπόφευκτα στην οργάνωση διδακτικών πρακτικών με ενεργό εμπλοκή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Η κατασκευή και η βαθμονόμηση των οργάνων ενός μετεωρολογικού σταθμού, η επεξεργασία των μετρήσεων για την εξαγωγή μετεωρολογικών αποτελεσμάτων, η αναζήτηση πληροφοριών σε δορυφορικές μετρήσεις, η χρήση ενός blog για την διάχυση των αποτελεσμάτων, η συμμετοχή σε ένα πρόγραμμα e-twinning, η παρουσίαση πειραμάτων και κατασκευών από τους μαθητές μας είχαν σαν σκοπό:

- την ανάπτυξη δεξιοτήτων κατασκευής οργάνων μέσα στα πλαίσια της φιλοσοφίας STEM
- τη χρήση της επιστημονικής - πειραματικής μεθόδου για την ανάπτυξη της σκέψης του εφήβου
- την ανάπτυξη δεξιοτήτων επεξεργασίας της πληροφορίας

- την κινητοποίηση σε θέματα μετεωρολογίας και κλιματικής αλλαγής
- την ανάπτυξη διαπροσωπικών σχέσεων
- την αύξηση της κοινωνικοποίησης των μαθητών (Χρυσοφίδης, 2000)
- την κινητοποίηση του ενδιαφέροντος, της λογικής σκέψης και των συναισθημάτων.

Στο κυρίως σώμα θα αναπτυχθούν τρεις ενότητες:

- Λειτουργία του προγράμματος «Πειραματιστές meteo bloggers» σε παλιότερα σχολικά έτη.
- Εξέλιξη του πρωτογράμματος κατά τη σχολική χρονιά 2017-2018.
- Αξιολόγηση της πρακτικής αυτής.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΕΤΗ

Κατά τα προηγούμενα σχολικά έτη (από το 2012-2013) στο σχολείο μας πραγματοποιήθηκε η κατασκευή και η εγκατάσταση ενός μετεωρολογικού σταθμού, η επεξεργασία των μετρήσεων αυτού του σταθμού με τη χρήση υπολογιστικών φύλλων και ακολούθησε η διάχυση των αποτελεσμάτων στους μαθητές και την κοινωνία. Ο μετεωρολογικός και τα επί μέρους εξαρτήματά του (αισθητήρες, data logger κλπ), σχεδιάστηκαν, αναπτύχθηκαν, προγραμματίστηκαν και κατασκευάστηκαν από τον επιστημονικό συνεργάτη κο Ανδρέα Σοϊλεμέ (MSc, PhD).



Εικόνα 3: Αισθητήρες μετεωρολογικού σταθμού

Η εγκατάσταση του μετεωρολογικού σταθμού (3) έγινε με την επίβλεψη του εν λόγω επιστημονικού μας συνεργάτη και αποτελείται από:

- Αισθητήρες θερμομέτρου PT1000 ξηρού και υγρού βολβού.
- Βροχόμετρο
- Σύστημα DATA LOGGER στην αίθουσα της πληροφορικής για τη συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες.
- Υπολογιστή συνδεδεμένο με τον DATA LOGGER ο οποίος εμφανίζει στην οθόνη του μέσες τιμές δεκαλέπτου και τις καταγράφει ανά ημέρα. (4)

Οι μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες:

- Η ομάδα τεχνολογίας ασχολήθηκε με την συναρμολόγηση των μερών του μετεωρολογικού σταθμού και υλοποίησε τη βαθμονόμηση του βροχόμετρου και την συντήρηση όλων των μερών του σταθμού.
- Η ομάδα φυσικής ασχολήθηκε με την κατανόηση της αρχής λειτουργίας των οργάνων και με την εύρεση φυσικών μεγεθών που χρειαζόμαστε για την μελέτη της ατμόσφαιρας, και πειραμάτων που βοηθούν στην κατανόησή τους.
- Η ομάδα πληροφορικής επεξεργάστηκε τις μετρήσεις με τη χρήση μαθηματικών σχέσεων και λογιστικών φύλλων και παρήγαγε τις γραφικές παραστάσεις που με τη βοήθεια των φυσικών, χρησιμοποίησε για την εξαγωγή συμπερασμάτων.



Εικόνα 4: Οθόνη - Data Logger - Υπολογιστής

Όλες οι ομάδες ασχολήθηκαν με τη διάχυση των αποτελεσμάτων στους μαθητές και στην κοινωνία με τους εξής τρόπους:

- Έκδοση τευχών μετεωρολογίας (5) με τα αποτελέσματα της ομάδας αλλά και διάφορα καιρικά φαινόμενα της επικαιρότητας.



Εικόνα 5: Τεύχος Μετεωρολογίας

- Δημιουργία ενός blog (6) όπου αναρτήθηκαν βιντεοσκοπήσεις πειραμάτων που διεξήγαγαν παιδιά του προγράμματος, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των μεγεθών που διέπουν τα μετεωρολογικά φαινόμενα. Τα βίντεο τα επεξεργάστηκαν οι μαθητές με τη βοήθεια των καθηγητών του προγράμματος



Εικόνα 6: Blog πριν από το τρέχον σχολικό έτος

- Δημιουργία αφισών, όπου υπήρχαν φωτογραφίες από όλες τις δραστηριότητες του προγράμματος.
- Παρουσίαση πειραμάτων σε διάφορα σχολεία (7) με σκοπό την κατανόηση των μετεωρολογικών μεγεθών και των καιρικών φαινομένων αλλά και την εξοικείωση των μαθητών με την επιστημονική μέθοδο, (1ο Γυμνάσιο Ξάνθης (2014, 2015, 2016), 4ο Γυμνάσιο Καστοριάς (2015), Γυμνάσιο Σμίνθης (2015), 4^ο και 12^ο Δημοτικό Ξάνθης (2015, 2016), 13^ο Γυμνάσιο Θεσ/νίκης (2016))

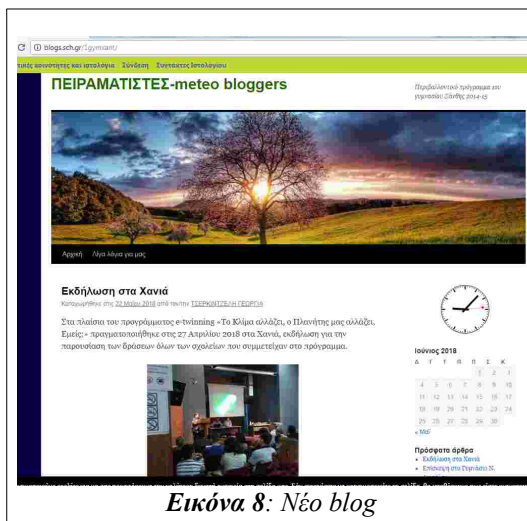


Εικόνα 7: Παρουσίαση πειραμάτων

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΧΟΛΙΚΗ ΧΡΟΝΙΑ 2017-2018

Κατά την τρέχουσα σχολική χρονιά, το ενδιαφέρον της ομάδας στράφηκε σε δύο τομείς. Την επέκταση του προγράμματος σε θέματα κλιματικής αλλαγής ώστε να ενεργοποιήσουμε τη σχολική κοινότητα σε αυτό το τόσο επίκαιρο θέμα και στην προσπάθεια μεγαλύτερης εμπλοκής των μαθητών στο κατασκευαστικό κομμάτι, χρησιμοποιώντας μεθόδους που θα μπορούσαν να υλοποιηθούν από τους μαθητές μας και να τους δώσουν να καταλάβουν την αξία του να σχεδιάζεις και να κατασκευάζεις χρησιμοποιώντας τις φυσικές επιστήμες την τεχνολογία, τη μηχανική και τα μαθηματικά, ένα έργο εξαρχής, το οποίο θα είναι χρήσιμο για εσένα και τη μικρή σου κοινωνία. Βασικότερος στόχος η ικανοποίηση των μαθητών μας από τη δημιουργία ενός έργου εξολοκλήρου από αυτούς. Έτσι προετοιμάζονται απολύτως ομαλά και λειτουργικά για την τεχνολογική κοινωνία της πληροφορίας και επικοινωνίας, στην οποία θα ζήσουν και στις απαιτήσεις της οποίας θα πρέπει να αντεπεξέλθουν επιτυχώς (Βακαλούδη, 2003).

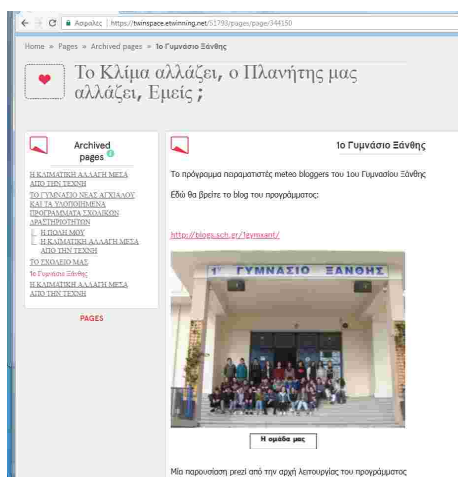
Συνέχισε να είναι σημαντική η διάχυση των αποτελεσμάτων μέσω παρουσίασης πειραμάτων, του blog που διαμορφώθηκε εκ νέου (1), αφισών πιο σύγχρονων (χρήση ΠΙΚΤΟΧΑΡΤ και χρήση QR_CODE (8)) και συμμετοχή σε πρόγραμμα e-Twinning με άλλα 7 σχολεία της Ελλάδας. “Το κλίμα αλλάζει, ο Πλανήτης αλλάζει, Εμείς;” (9).



Εικόνα 8: Νέο blog

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Το πρώτο βήμα αφορούσε την κατανόηση των εννοιών που διέπουν τις κινήσεις των αερίων μαζών και την ύπαρξη των καιρικών φαινομένων ώστε να γίνει κατανοητή και η αλλαγή στο κλίμα λόγω της αλλαγής των τιμών των μετεωρολογικών παραμέτρων.



Εικόνα 9: Πρόγραμμα e-twinning

Για να γίνει αυτό πραγματοποιήθηκαν με τους μαθητές πειράματα και έγιναν σχετικές συζητήσεις για την εξήγηση των πειραμάτων.

Αυτά αφορούσαν την πίεση, τη θερμοκρασία, την υγρασία, την άσκηση δυνάμεων, την πυκνότητα, την αδράνεια, την κίνηση λόγω διαφοράς θερμοκρασίας ή λόγω της διαφοράς πίεσης, το σχηματισμό του σύννεφου, του χιονιού, του κεραυνού και του τυφώνα (10). Τα πειράματα παρουσιάστηκαν στο Γυμνάσιο Νέας Αγχιάλου (11) που συμμετείχε και αυτό στο πρόγραμμα e-Twinning και αναρτήθηκαν στο blog και την πλατφόρμα e-Twinning.



Εικόνα 10: Τυφώνες-στρωμάτωση



Εικόνα 11: Παρουσίαση Ν. Αργιάλος

ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Κατά τη σχολική χρονιά 2017-2018 κατασκευάστηκαν όργανα μέτρησης μετεωρολογικών παραμέτρων και αερίων του θερμοκηπίου. Κάποια κατασκευάστηκαν με απλά μέσα και κάποια άλλα με τη χρήση arduino uno. Σκοπός ήταν η κατανόηση της αρχής λειτουργίας τους, (Φυσικές επιστήμες) η εξοικείωση με την δυνατότητα κατασκευής (Μηχανική -Τεχνολογία) και η απόκτηση εμπειρίας στη βαθμονόμηση οργάνων (Μαθηματικά). Έτσι κάθε ομάδα που αναλάμβανε μία κατασκευή, με τη συνεργασία των μαθητών, πραγματοποιούσε ένα ολοκληρωμένο έργο, όπως ακριβώς θα συμβαίνει αργότερα στον εργασιακό τους χώρο.

Κατασκευάστηκαν (12) με απλά μέσα (χαρτόνια, μολύβια, πλαστικά πιάτα, μπαλάκια επιτραπέζιας αντισφαίρισης, κόλα, σιλικόνη, βάζα, μακετόχαρτα, καλαμάκια, μπαλόνια, τρίχα ανθρώπου, σοβάς), τα εξής:

3. Ανεμόμετρο, στο οποίο μετρήθηκε η συχνότητα περιστροφής με άνεμο προσομοίωσης ώστε να γίνει κατανοητή η αρχή λειτουργίας του και συζητήθηκε η βαθμονόμηση του με χρήση παρόμοιας μεθόδου αλλά με άνεμους γνωστής ταχύτητας.



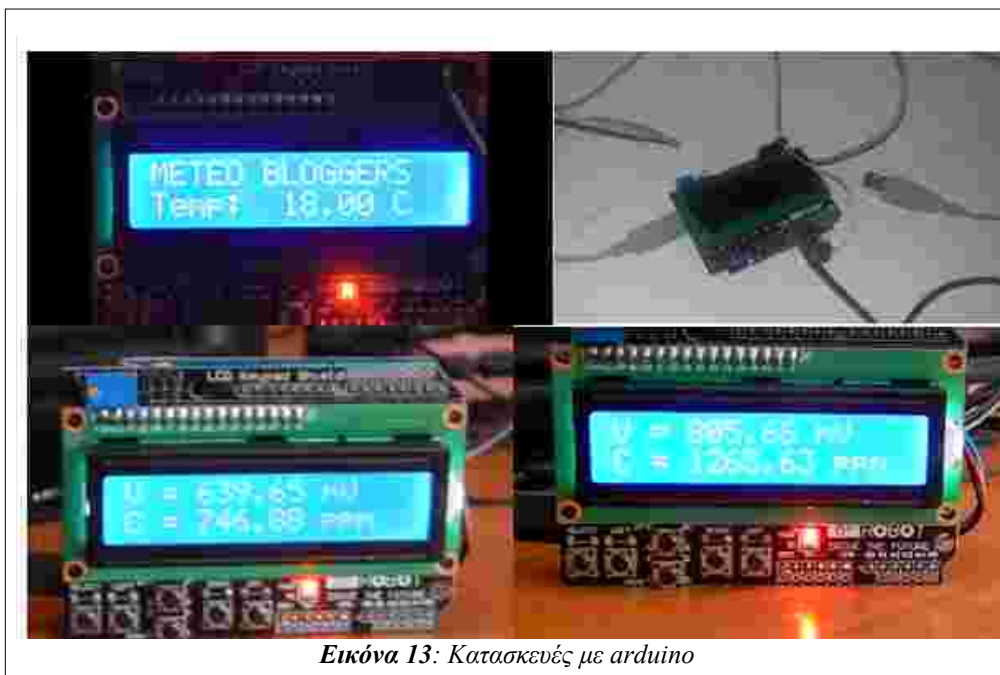
Εικόνα 12: Κατασκευές με απλά μέσα

4. Ανεμοδείκτης, που προσανατολίστηκε με τη βοήθεια πυξίδας και συζητήθηκε ο τρόπος καθορισμού της κατεύθυνσης του ανέμου, της προέλευσης και των συνεπειών αυτού.
5. Βαρόμετρο, που βαθμονομήθηκε ποιοτικά μετρώντας την ένδειξη του δείκτη για μέρες διαφορετικής ατμοσφαιρικής πίεσης και συζητήθηκε κατόπιν η επίδραση της ατμοσφαιρικής πίεσης στον καιρό.
6. Υγρόμετρο τρίχας, που βαθμονομήθηκε για ξηρή και υγρή μέρα και συζητήθηκαν οι συνέπειες της υγρασίας στην αντοχή του ανθρώπου.
7. Βροχόμετρο, για το οποίο συζητήθηκε ο τρόπος μέτρησης της βροχής (σε ύψος βροχής) και το γεγονός ότι η μέτρηση είναι ανεξάρτητη από την επιφάνεια του βροχόμετρου. Επίσης συζητήθηκε η κατάλληλη τοποθέτηση του οργάνου ώστε να μην υπάρχουν εμπόδια για την μέτρηση.

Κατασκευάστηκαν με arduino uno (13) τα εξής:

8. Ψηφιακή συσκευή μέτρησης θερμοκρασίας ξηρού και υγρού βολβού.
Χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20 που τροφοδοτήθηκε με 5V. Η στάθμη σήματος των 0V δίνεται με τη βοήθεια εσωτερικών διακοπών των ολοκληρωμένων, ενώ των 5V με τη βοήθεια αντίστασης pull-up. Με τη βοήθεια μιας vero-board δόθηκε η δυνατότητα να φιλοξενήσουμε τρεις συνολικά αισθητήρες.
Για την απεικόνιση της θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκε ένα LCD shield. Το shield (piggy-back πλακέτα για arduino) της LCD οθόνης έχει διάφορους διακόπτες που δε χρησιμοποιήθηκαν και μια LCD 16x2 (δηλαδή οθόνη LCD 16 χαρακτήρων και 2 γραμμών) οθόνη, βασισμένη στο HD44780, για την απεικόνιση της θερμοκρασίας. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε είναι σε γλώσσα arduino και χρησιμοποιεί τις βιβλιοθήκες OneWire, DallasTemperature και LiquidCrystal.
9. Ψηφιακή συσκευή μέτρησης της συγκέντρωσης του CO₂.
Ο arduino uno συνδέθηκε με έναν αισθητήρα CO₂, τύπου MH-Z14, τοποθετημένο σε πλακέτα “Gravity: Analog Infrared CO2 Sensor For Arduino” της DFROBOT. Ο εν λόγω αισθητήρας έχει ψηφιακή έξοδο UART, έξοδο PWM και αναλογική έξοδο. Για λόγους απλότητας στον προγραμματισμό, επιλέχθηκε η αναλογική έξοδος. Ο αισθητήρας αυτός είναι τύπου NDIR

(non-dispersive infrared) και έχει μεγάλη διάρκεια ζωής μικρή εξάρτηση από άλλου είδους αέρια, όπως οξυγόνο και μικρό μέγεθος. Επιπλέον, έχει σημαντικές ενσωματωμένες λειτουργίες, όπως αυτοβαθμονόμηση.



Εικόνα 13: Κατασκευές με arduino

ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΑΠΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Οι μαθητές μας χωρισμένοι σε ομάδες περιηγήθηκαν σε διαδικτυακές πλατφόρμες ψάχνοντας για στοιχεία που θα αποτελούσαν ένδειξη για το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Ασχολήθηκαν με τα διάφορα είδη δορυφόρων, με τα είδη δορυφορικών δεδομένων, με τις μεθόδους επεξεργασίας και ανάγνωσης των δορυφορικών εικόνων, με τις πλατφόρμες εκείνες στις οποίες μπορεί κανείς να βρει δεδομένα από την παρακολούθηση του πλανήτη μας από το διάστημα αλλά και κάποια αρχικά συμπεράσματα για το θέμα της κλιματικής αλλαγής. Κατόπιν παρουσίασαν σχετικές εργασίες που αναρτήθηκαν στο blog της ομάδας αλλά και στην πλατφόρμα e-Twinning. Ορισμένοι από τους διαδικτυακούς τόπους που επισκέφτηκαν είναι:

10. European Space Agency (ESA)
11. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
12. Space Science and Engineering Center (SSEC)
13. Learning Zone (L-Zone)

Βρήκαν διάφορα είδη δορυφόρων που περιέχουν αισθητήρες με τους οποίους συλλέγουν διάφορες μετρήσεις για την ατμόσφαιρα όπως ο Envisat και μελέτησαν τα χαρακτηριστικά ενός δορυφόρου που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της κλιματικής αλλαγής.

Εντόπισαν στοιχεία για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας (14), για την συγκέντρωση του CO₂ στη θάλασσα, με την παρακολούθηση από δορυφορικές φωτογραφίες, του χρώματος των ωκεανών που είναι ενδεικτικό της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη και της δυνατότητας φωτοσύνθεσης στο φυτοπλαγκτόν. Βρήκαν πληροφορίες για τα είδη, τις συνέπειες και την συχνότητα των τυφώνων σε διάφορες περιοχές τα τελευταία χρόνια.

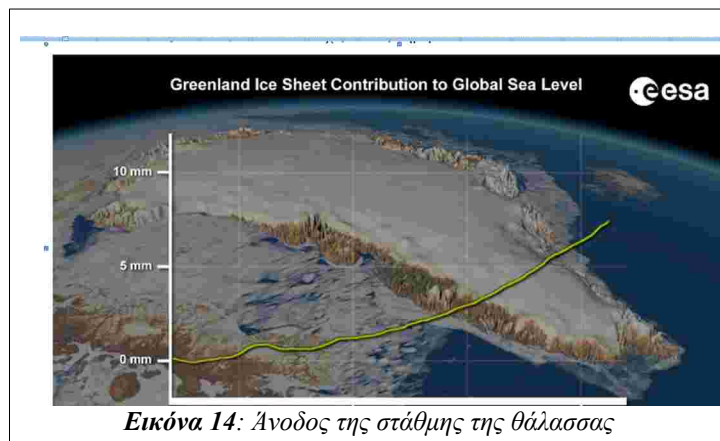
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ενδιαφέρον των μαθητών που συμμετείχαν για τις φυσικές επιστήμες αυξήθηκε.

Στο πρόγραμμα μπορούσε να συμμετέχει οποιοσδήποτε μαθητής ανεξάρτητα από την τάξη φοίτησης ή από την επίδοσή του. Υπήρξαν κατά συνέπεια πολλοί μαθητές που δεν είχαν πολύ καλές

επιδόσεις στην τάξη, αλλά παρόλα αυτά η συμμετοχή τους, τους ενθάρρυνε και αύξησε σημαντικά το ενδιαφέρον τους για όλη την εκπαιδευτική διαδικασία.

Σε μια εποχή που πάρα πολλοί έφηβοι ασχολούνται μόνο με τον υπολογιστή τους, ο συνδυασμός των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών για τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου έργου που θα είχε άμεση εφαρμογή και χρησιμότητα για ένα τόσο επίκαιρο θέμα όπως η κλιματική αλλαγή, λειτούργησε καθοριστικά στην εξέλιξη της σκέψης τους, αλλά και του συναισθηματικού τους κόσμου. Κατανόησαν ότι η γνώση χρησιμοποιείται και δεν είναι ένα θεωρητικό κατασκεύασμα. Εφαρμόζεται και αποτελεί μέρος του κόσμου μας όπως τον ξέρουμε και για το λόγο αυτό προσπαθούμε να την κατακτήσουμε. Για παράδειγμα η γνώση που απέκτησαν στο πρόγραμμα χρησιμοποιείται για να δουλέψει ένας μετεωρολογικός σταθμός βοηθώντας έτσι την καθημερινότητά των ανθρώπων.



Επίσης, η συνεργασία σε ομάδες και η παρουσίαση από αυτές, αύξησε τους δεσμούς μεταξύ των μαθητών και βοήθησε στην κοινωνικοποίησή τους.

Η χρήση του υπολογιστή σαν εργαλείο ανίχνευσης της κλιματικής αλλαγής και η ενασχόλησή τους με σύγχρονες πλατφόρμες επιστημονικών δεδομένων, όπως και η κατανόηση και επεξεργασία γλώσσας προγραμματισμού, τους βοήθησε να καταλάβουν μια ουσιαστική χρησιμότητα των νέων τεχνολογιών. Η ένταξη των σύγχρονων τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνιών στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι πλέον μια απόλυτη αναγκαιότητα, αν θέλουμε ένα εκπαιδευτικό σύστημα που να παρέχει ουσιαστικές γνώσεις και δεξιότητες. Οι διδακτικές προσεγγίσεις μπορούν, και οφείλουν ως ένα βαθμό, να ενσωματώσουν νέα εκπαιδευτικά εργαλεία, χρησιμοποιώντας την νέα τεχνολογία και εξοικειώνοντας τους μαθητές με αυτήν, βοηθώντας τους έτσι να αναπτύξουν ικανότητες έρευνας, κρίσης και δημιουργικότητας. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής μπορεί να είναι τόσο ένα εργαλείο μάθησης όσο και ένα μέσο ανάπτυξης. (Newby et al, 2009).

Η συνεργασία διαφόρων ειδικοτήτων σαν βασικά στελέχη του προγράμματος αλλά και η συνεργασία με άλλα σχολεία μέσα από το e-Twinning ήταν διδακτική και για τους εκπαιδευτικούς, μια και η ύπαρξη ομάδας και πολλαπλών ιδεών, ωθεί συνήθως προς ένα καλύτερο αποτέλεσμα.

Η συνεργασία με τους μαθητές και οι πολλές και ανεξάντλητες ιδέες τους όταν αφήσουν ελεύθερη τη φαντασία τους απενοχοποιημένα από το λάθος ή την αξιολόγηση μας οδήγησε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει ωφέλεια αλλά και ανάγκη για τέτοιου είδους δράσεις στο πλαίσιο της λειτουργίας του σχολείου. Η συνεργασία ανάμεσα σε όλους τους καθηγητές ήταν άριστη και καταλυτική όλες τις χρονιές του προγράμματος. Η διαδικασία ανέδειξε το γεγονός ότι το σχολείο του μέλλοντος πρέπει να είναι ανοικτό και η διδασκαλία να συνδυάζεται με την εφαρμογή της γνώσης. Ειδικά στο χώρο των θετικών επιστημών η συνεργασία των ειδικοτήτων σε θεματικές ενότητες που να μπορούν να συνδυαστούν και να δώσουν την αφορμή για την παραγωγή ενός συγκεκριμένου έργου είναι όχι απλά θεμιτή αλλά αναγκαία. Για να κρατήσουμε το ενδιαφέρον των μαθητών μας, πρέπει να μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους και να αντιληφθούν πώς μπορεί η γνώση να υπηρετήσει τους πρακτικούς στόχους και να βελτιώσει τη ζωή των ανθρώπων. Αυτό μόνο ένα ανοικτό σχολείο τόσο στους χώρους της εκπαίδευσης όσο και στην ίδια την κοινωνία μπορεί να το επιτύχει.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βακαλούδη Α. (2003). Διδάσκοντας και μαθαίνοντας με τις νέες τεχνολογίες θεωρία και πράξη. Αθήνα: Πατάκη.
- Χρυσυφίδης, Κ. (2000). Βιωματική, Επικοινωνιακή Διδασκαλία. Αθήνα : Gutenberg.
- Newby, J. T., Stepich, A. D., Lehman, D. J. & Russel, D. J. (επιμ. Ντρενογιάννη, Ε.) (2009). Εκπαιδευτική Τεχνολογία για Διδασκαλία και Μάθηση. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.
- Site του προγράμματος:<http://blogs.sch.gr/1gymxant/>
- ESA:<http://www.esa>
- NOAA:<http://www.noaa.gov>
- SSEC:<http://www.ssec.wisc.edu/data/>
- SSEC:<ftp://amrc.ssec.wisc.edu/pub/southpole/climatology/>
- L-Zone:<http://l-zone.info/>

Οργάνωση συστήματος απεικόνισης και σχεδιασμού μορφών με χρήση λογισμικών ανοιχτού κώδικα για το 4^ο έτος Μαθητείας

Κοτσιφάκος Δημήτριος¹, Δουληγέρης Χρήστος²

¹καθηγητής Ηλεκτρονικής σε ΕΠΑΛ, MSc, Υποψήφιος Διδάκτορας,
dimkots@sch.gr
²Καθηγητής
cdoulig@unipi.gr

^{1,2} Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Τμήμα Πληροφορικής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το έργο “Designstem: integrated design + STEM education”, το οποίο χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση στο πλαίσιο του Erasmus+, έχει ως αντικείμενο την έρευνα και ανάπτυξη υλικού για τη διδασκαλία μαθημάτων στην τεχνολογική και τη δια βίου εκπαίδευση με βάση τη μεθοδολογία STEM (Science, Technology, Mathematics and Engineering). Στο πλαίσιο του εν λόγω έργου συνδυάζονται σύγχρονες παιδαγωγικές μέθοδοι με εφαρμογές οι οποίες συμπεριλαμβάνουν παίγνια, κινούμενα σχέδια, και πολυμεσικό υλικό. Τελικός στόχος του έργου είναι να παραχθούν ηλεκτρονικά εργαλεία σχεδίασης (e - tools) και σεναρία μάθησης τα οποία θα αξιοποιηθούν από γραφίστες και εκπαιδευτικούς σε σχολεία της Ευρώπης με κατευθύνσεις που αφορούν την Επαγγελματική Εκπαίδευση και Κατάρτιση (EEK) και όχι μόνο. Το συγκεκριμένο άρθρο αποπειράται μέσα από ένα προτεινόμενο διδακτικό σενάριο STEM για την Μαθητεία να καταγράψει τις μεθοδολογικές προσεγγίσεις και τα διδακτικά πρότυπα τα οποία προτάθηκαν και αξιοποιούνται στο Designstem. Το προτεινόμενο διδακτικό σενάριο απευθύνεται στους απόφοιτους της Ηλεκτρονικής και πιο συγκεκριμένα σε όσους εργαστούν ως Τεχνικοί Ψηφιακής Επεξεργασίας Ήχου και Εικόνας. Το σενάριο αφορά την οργάνωση ενός συστήματος απεικόνισης, και σχεδιασμού μορφών το οποίο έχει ως βασική πηγή τους άνω και υπεράνω αρμονικούς. Η πρότασή μας αξιοποιεί και προτείνει κυρίως λογισμικά ανοιχτού κώδικα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Designstem; Τεχνικός Ψηφιακής Επεξεργασίας Ήχου και Εικόνας; Μαθητεία; Erasmus+; Ψηφιακά Σεναρία; 5E; DO_MODEL; Επαγγελματική Εκπαίδευση και Κατάρτιση; Ηλεκτρονική; Γραφιστική;

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο έργο “Designstem: integrated design + STEM education” (identifier: 2016-1-EE01-KA202-017347) (DESIGNSTEM, 2016), συμμετέχουν δέκα (10) εκπαιδευτικοί οργανισμοί από εννέα (9) Ευρωπαϊκές χώρες. Το έργο έχει ως αντικείμενο την έρευνα και ανάπτυξη υλικού για τη διδασκαλία μαθημάτων στην τεχνολογική και τη δια βίου εκπαίδευση με βάση τη μεθοδολογία STEM (Science, Technology, Mathematics and Engineering). Το DesignStem χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση στο πλαίσιο του Erasmus+ από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο φορέας χρηματοδότησης είναι το Erasmus+ Sihtasutus Archimedes (Archimedes Foundation). Στο έργο συμμετέχουν οι παρακάτω οργανισμοί:

- Kuressaare Ametikool, Εσθονία, (Συντονιστής του έργου)
- Stichting Hout- en Meubileringscollege, Ολλανδία
- Tartu Art School, Εσθονία
- ITT Michelangelo Buonarroti, Ιταλία
- Instituto Politécnico de Bragança, Πορτογαλία
- Fakulteta za Informacijske Studije v Novem Mestu, Σλοβενία
- Helsingin Yliopisto, Φινλανδία
- The Further Education Corporation of Middlesbrough College, Ην. Βασίλειο
- Gutenbergschule, Γερμανία
- Κέντρο Ερευνών Πανεπιστημίου Πειραιώς, Ελλάδα

Οι στρατηγικοί στόχοι του έργου εντάσσονται στην σύσταση των Γενικών Κατευθύνσεων των Εσωτερικών Πολιτικών του 2015 (Directorate General for Internal Policies (DGIP), 2015) η οποία μεταξύ άλλων αναφέρει ότι «θα πρέπει να τεθούν στόχοι που να προωθούν μια θετική εικόνα της επιστήμης, να ευαισθητοποιήσουν την νεολαία σε επιστημονικά θέματα καθώς και να βελτιώσουν στα σχολεία τις μεθοδολογίες διδασκαλίας και την μάθηση που σχετίζεται με αυτήν». Κατά την DGIP «η εκπαίδευση και η κατάρτιση παίζουν θεμελιώδη ρόλο στην επίτευξη των στόχων της στρατηγικής «Ευρώπη 2020» ενώ «επενδύσεις στην εκπαίδευση και την κατάρτιση οι οποίες στοχεύουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων είναι απαραίτητες για την τόνωση της ανάπτυξης και της ανταγωνιστικότητας: οι δεξιότητες καθορίζουν την ικανότητα της Ευρώπης να αυξάνει την παραγωγικότητά της». Με βάση αυτά τα πλαίσια οι εργασίες που πρέπει να υλοποιηθούν μέσα στο έργο “DESIGNSTEM” θέτουν επιπλέον στόχους οι οποίοι αφορούν την διεθνοποίηση των αναγκών της εκπαίδευσης παράλληλα με την αυξανόμενη χρήση της ψηφιακής μάθησης. Οι εργασίες των μελών του έργου αναζητούν και δημιουργούν ευέλικτους και ελκυστικούς διαύλους για την παραγωγή και τη διαμόρφωση των όρων μάθησης σύμφωνα με τις ανάγκες των εκπαιδευομένων. Ένας επιπλέον στόχος του “DESIGNSTEM” είναι να συμβάλει στην επινόηση, την οικοδόμηση και τη διάδοση μεθόδων εργασίας και πόρων για τους εκπαιδευτικούς και τους εκπαιδευόμενους στις περιοχές του σχεδιασμού (design) και του STEM. Σε αυτές τις κατευθύνσεις υποστηρίζονται οι συνέργειες μεταξύ των μελών του έργου και πιο συγκεκριμένα, αφορούν την ανάπτυξη δραστηριοτήτων εκπαίδευσης, έρευνας και καινοτομίας, ψηφιοποίηση της ποιοτικής μάθησης, ανάπτυξης περιεχομένων μάθησης και προώθηση της χρήσης της Τεχνολογίας, Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) ως κινητήριας δύναμης για μία συστημική αλλαγή, προκειμένου να αυξηθεί η ποιότητα και η συνάφεια των ΤΠΕ με την χρήση ανοιχτού σχεδιασμού και εκπαίδευσης STEM.

Σύμφωνα με τις αρχικές προδιαγραφές του έργου και με βάση τον χρονικό ορίζοντά του μέσα σε τρία (3) χρόνια (από το 2016 έως το 2019) θα πρέπει να υλοποιηθούν επτά (7) συναντήσεις - εργαστήρια κατάρτισης, ένα σε κάθε χώρα, ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Μέχρι σήμερα έχουν ήδη πραγματοποιηθεί τέσσερις συναντήσεις με πλούσια και ουσιαστικά αποτελέσματα και αναμένονται οι υπόλοιπες. Οι δέκα (10) εκπαιδευτικοί οργανισμοί που σημειώθηκαν παραπάνω εργάζονται συστηματικά, συγκεντρώνουν πόρους από τις καλύτερες υπάρχουσες μεθόδους, εργαλεία και μεθόδους σχεδιασμού ηλεκτρονικής διδασκαλίας θεμάτων STEM. Μέσα από την συνεργασία των μελών έχουν ήδη κατακτηθεί νέες γνώσεις και δεξιότητες στην έρευνα με βάση το σχεδιασμό και έχουν τεθεί τα θεμέλια για την ανάπτυξη ανοιχτών ηλεκτρονικών εργαλείων που αφορούν περίπου τριάντα εκπαιδευτικές εφαρμογές, κινούμενα σχέδια, παιχνίδια και γλωσσάρι για τα εκπαιδευτικά ηλεκτρονικά εργαλεία. Οι προσδοκίες των συνεργατών του έργου αφορούν την κατάκτηση βελτιωμένων γνώσεων και δεξιοτήτων σχετικά με ολοκληρωμένους σχεδιασμούς ψηφιακών σεναρίων STEM που να αφορούν την Επαγγελματική Εκπαίδευση και Κατάρτιση (EEK), τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, τα κολέγια, τις πανεπιστημιακές σχολές, καθώς και τους σπουδαστές και ερευνητές των εφαρμοσμένων επιστημών και Πληροφορικής (<https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/projects/eplus-project-details/#project/2016-1-EE01-KA202-017347>). Στα πλαίσια των συναντήσεων των μελών του έργου οργανώνονται επί μέρους δραστηριότητες που συμπεριλαμβάνουν επισκέψεις σε ιδρύματα εκπαίδευσης των χωρών των συμμετεχόντων φορέων με καινοτόμες δραστηριότητες και άρτιο εξοπλισμό. Επιπλέον, πραγματοποιούνται ξεναγήσεις σε μουσεία και χώρους που αφορούν εφαρμογές σχεδίασης, ενδιαφέρουσες εγκαταστάσεις με τεχνικό και σχεδιαστικό ενδιαφέρον καθώς και παρουσίαση υποδειγματικών διδασκαλιών και πρακτικών που εφαρμόζονται στις περιοχές που πραγματοποιούνται οι συναντήσεις.

Στην διάρκεια αυτών των συναντήσεων εφαρμόζονται πρότυπες διδακτικές μεθοδολογίες που αφορούν την οργάνωση των σεναρίων STEM. Μια τέτοια μεθοδολογία είναι και η εφαρμογή του μοντέλου «5E» που σχεδιάστηκε αρχικά από το εκπαιδευτικό κέντρο Biological Sciences Curriculum Study (BSCS, <https://bscs.org/>). Προκειμένου να προωθηθεί η διδασκαλία της επιστήμης, το BSCS πρότεινε ένα μοντέλο ανάπτυξης διδασκαλίας με πέντε φάσεις που το ονόμασε «Εισαγωγικό Μοντέλο των 5E», (BSCS 5E Instructional Model) (<https://bscs.org/bscs-5e-instructional-model>), το οποίο αποτελεί το πρότυπο, πάντα σύμφωνα με το BSCS, για οργανωθούν τα διάφορα μέρη ενός μαθήματος. Το μοντέλο «5E» έχει σχεδιαστεί για να διευκολύνει αφενός την οργάνωση της ύλης από την πλευρά του διδάσκοντα, αφετέρου τη διαδικασία της εννοιολογικής προσέγγισης των επιστημών

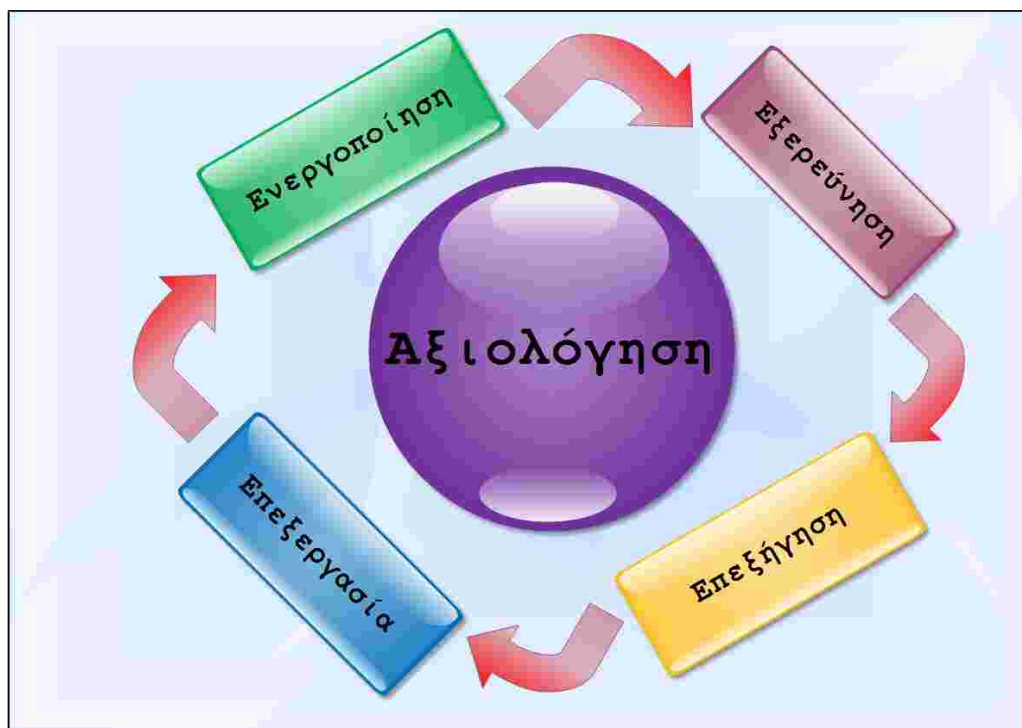
από την πλευρά των μαθητών. Το μοντέλο «5E» έχει μεγάλη απήχηση ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς κύκλους της Ευρώπης και παραμένει αξιοποιήσιμο στις μέρες μας από διάφορους οργανισμούς. Το μοντέλο αυτό μπορεί να εφαρμοστεί ιδανικά, με μια διδασκαλία STEM ειδικά όταν αξιοποιείται ως εισαγωγικό μέρος ή όταν αξιοποιηθεί για τη σχεδίαση και την προετοιμασία υλικού ή ψηφιακών σεναρίων μάθησης.

Πολλοί ερευνητές, εισηγητές αναλυτικών προγραμμάτων και ομάδες εργασίας γύρω από εκπαιδευτικά project θεωρούν ότι το μοντέλο αυτό είναι άμεσα αξιοποιήσιμο για την σχεδίαση εκπαιδευτικών σεναρίων. Στην τρίτη κατά σειρά συνάντηση των μελών της ομάδας του έργου “Designstem: integrated design + STEM education” ζητήθηκε από τις επιμέρους εθνικές ομάδες που συμμετέχουν στο έργο να καταθέσουν μια πρώτη προσέγγιση των προτάσεών τους με βάση αυτό το μοντέλο. Η πρώτη επίσημη καταγραφή, επεξεργασία καθώς και η πρώτη επιλογή κάποιων από τα προτεινόμενα σενάρια των μελών της ομάδας, πραγματοποιήθηκε στο Μίντλεσμπρο της Βορειοανατολικής Αγγλίας (Middlesbrough England) τον Οκτώβριο του 2017. Στην επόμενη συνάντηση των μελών της ομάδας, τον Μάιο του 2018 στο Άμστερνταμ της Ολλανδίας (Amsterdam, municipality of the Netherlands), το εισαγωγικό μοντέλο των 5E συνδυάστηκε και επεκτάθηκε με βάση την προσέγγιση του DO_MODEL. Παρουσιάζουμε μία πρώτη προσέγγιση το συνδυασμού αυτών των δύο μοντέλων γιατί θεωρούμε ότι μπορεί να λειτουργήσει και σαν εφόρμηση και υπόμνηση για μελλοντικά σενάρια που θα εφαρμοστούν στον χώρο της ΕΕΚ.

«5E» ΚΑΙ «DO_MODEL»: ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΠΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΕΙ ΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ STEM.

5E

Ο καθηγητής που θέλει να εφαρμόσει ένα σενάριο STEM θα πρέπει αρχικά να λάβει υπόψη του τον κύκλο των «5E» (Bybee et al, 2006) όπως αυτός περιγράφεται στην Εικόνα 1. Η συντομογραφία «5E», σύμφωνα πάντα με το μοντέλο, περιγράφει τους όρους: 1) «Engagement», (Ενεργοποίηση), 2) «Exploration», (Εξερεύνηση), 3) «Explanation», (Επεξήγηση), 4) «Elaboration», (Επεξεργασία), και τέλος, 5) «Evaluation» (Αξιολόγηση). Οι παραπάνω όροι αποτυπώνουν με ακρίβεια τις διαδοχικές φάσεις οργάνωσης ενός σεναρίου STEM. Στην ανάλυσή μας θα παρουσιάσουμε αρχικά την λειτουργικότητα αυτού του προτεινόμενου μοντέλου οργάνωσης με βάση την απόδοση των όρων στα Ελληνικά και στη συνέχεια θα εφαρμόσουμε το μοντέλο σε ένα προτεινόμενο σενάριο STEM.



Εικόνα 1. Αποτύπωση του κύκλου των 5E

Η ιδέα του μαθησιακού κύκλου των «5E» είναι αρκετά απλή (Tanner, 2010). Η εκμάθηση χτίζεται πάνω στις προηγούμενες εμπειρίες μας, στις προηγούμενες γνώσεις. Αρχικά θα πρέπει να ενεργοποιηθεί το ενδιαφέρον των μαθητών και στη συνέχεια θα πρέπει να σχεδιαστούν οι νέες μαθησιακές εμπειρίες. Η αφετηρία θα πρέπει να εμπεριέχει μικρές και κατανοητές ιδέες που θα οικοδομούνται με τέτοιο τρόπο η μία επάνω στην άλλη, έτσι ώστε στο τέλος οι μαθητές να μπορούν να κατανοήσουν μεγαλύτερες, πιο σύνθετες ιδέες. Το πρώτο βήμα μίας τέτοιας σχεδίασης θα το ονομάσουμε «ενεργοποίηση». Η «ενεργοποίηση» παρέχει την αρχική πρόσκληση ενδιαφέροντος, δηλαδή την οργάνωση και την παρουσίαση του υλικού με τέτοιο τρόπο που να προκληθεί το ενδιαφέρον των μαθητών. Μια τέτοια διαδικασία επιτρέπει στους μαθητές να ταυτιστούν από την πρώτη κιόλας στιγμή με την υπόθεση εργασίας. Σε αυτό το στάδιο, ο καθηγητής θα πρέπει να παρέχει στους μαθητές στοιχεία αναγνώρισης αλλά, την ίδια στιγμή, θα πρέπει και να αναδεικνύει επίσης ότι υπάρχει κάτι που οι μαθητές δεν καταλαβαίνουν ακόμη καλά. Αυτός ο χειρισμός θα πρέπει να έχει ως στόχο να προκαλέσει το ενδιαφέρον των μαθητών για αναζήτηση περισσότερων γνώσεων γύρω από το θέμα.

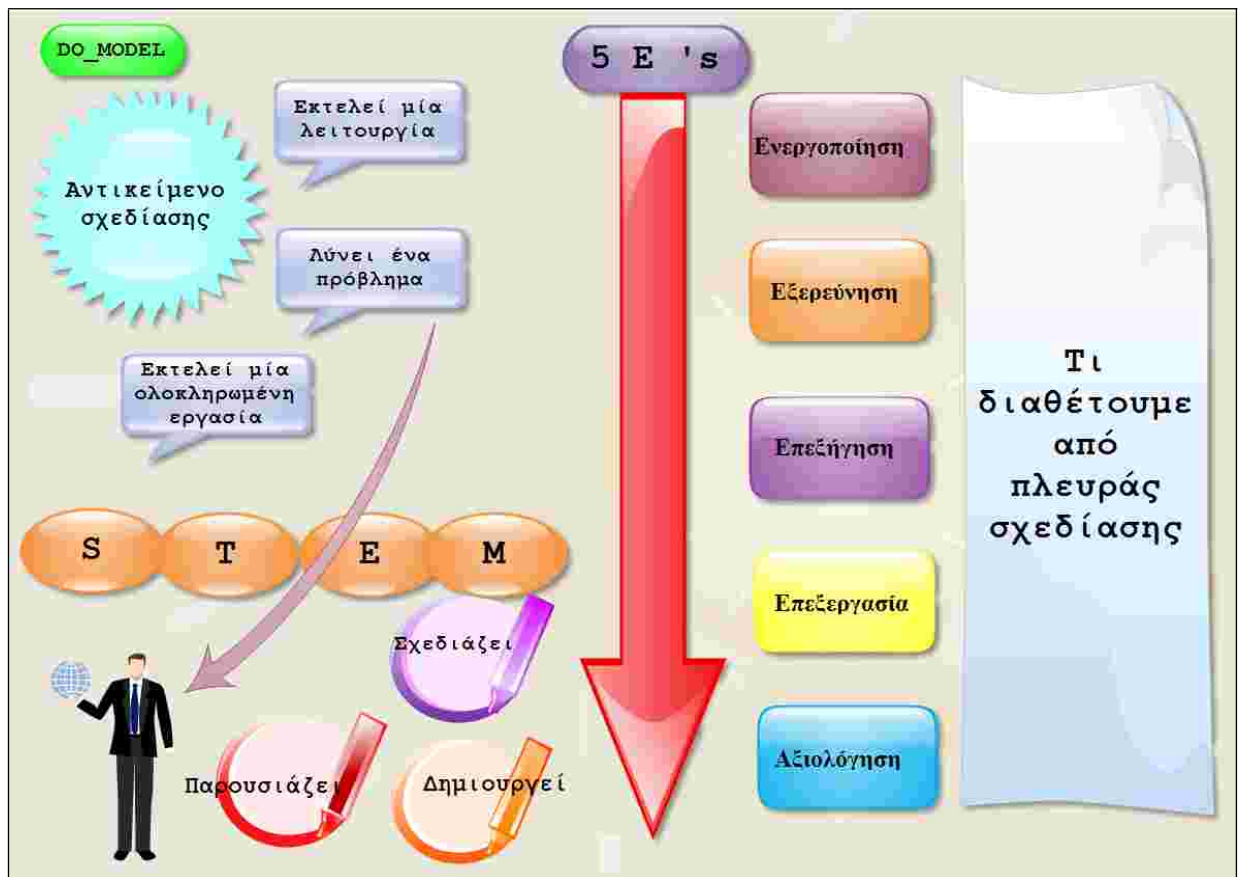
Η στιγμή της σχεδίασης της «ενεργοποίησης» από την μεριά του καθηγητή θα πρέπει να εμπεριέχει και το στοιχείο της έκπληξης προς τους μαθητές. Η «ενασχόληση» είναι το μέρος του διδακτικού μοντέλου στο οποίο μαθητές θα πρέπει να διερευνήσουν τα υπό παρουσίαση φαινόμενα. Η φάση αυτή επιδιώκει να καταστήσει τους μαθητές «ενεργούς» ως προς την διαχείριση της μάθησης. Πάντα με βάση την υπόθεση του σεναρίου και όπου τους δίνεται η ευκαιρία, θα πρέπει να μπορούν να δοκιμάζουν υλικό του σεναρίου σχετικά «αυτόνομοι». Η «ενασχόληση» εμπεριέχει πρακτικές διερεύνησης και θα πρέπει να πλαισιωθεί με τρόπο από τον καθηγητή ώστε να παρέχει εμπειρίες γνώσεις, δεξιότητες ή ακόμη και υπόδειξη στάσεων προς τους μαθητές γύρω από ένα θέμα. Το σημαντικό ερώτημα της συγκεκριμένης φάσης είναι πώς θα εστιαστεί η προσοχή των μαθητών κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας ώστε να εμπλακούν αποτελεσματικά σε διεργασίες μάθησης. Το στάδιο αυτών των εμπειριών θα πρέπει να σχεδιαστεί από τον καθηγητή με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν αργότερα σε επόμενα στάδια όχι μόνο να επιστρέφουν οι μαθητές σε αυτό αλλά και να συζητούν για αυτό. Η «εξήγηση» είναι επίσης ένα σημαντικό μέρος του κύκλου μάθησης των 5E. Το στάδιο αυτό οι μαθητές αποκτούν επίγνωση του τι έχουν μάθει. Πρόκειται για τη χρήση λέξεων,

σχεδίων, αναπαράστασης ή για αξιοποίηση οποιουδήποτε άλλου μέσου επικοινωνίας που να μπορεί να κοινωνήσει την εμπειρία της «διερεύνησης». Ο καθηγητής πρέπει να φροντίσει ώστε οι μαθητές να έχουν βιώσει κάτι που ήταν πραγματικό. Είναι σημαντικό για τους διδάσκοντες να προσμετρήσουν σε αυτή την φάση ότι οι εξηγήσεις των μαθητών πρέπει να κυρίως ακριβείς εξηγήσεις. Επιπλέον, η φάση αυτή δίνει στους μαθητές κάποιες ιδέες για το πώς να μιλούν γι αυτό που μαθαίνουν.

Η φάση της «επεξεργασίας» είναι μια φάση όπου οι μαθητές μπορούν να «παίζουν» με τις νέες ιδέες ή δεξιότητες που μόλις απέκτησαν. Είναι ένα είδος δραστηριότητας, όπου σκοπός είναι να συνδέσει τη μάθηση με άλλες ιδέες και να δώσει τη δυνατότητα στους μαθητές να είναι δημιουργικοί με όσα έμαθαν. Τέλος, η «αξιολόγηση» κατευθύνει τη μάθηση. Πέραν του αν συμφωνούμε ή διαφωνούμε με διαδικασίες κρίσης προς τους μαθητές, μία γενικότερη αρχή που πρέπει να αξιοποιήσουμε ως διδάσκοντες είναι ότι οι μαθητές τείνουν και παρακινούνται να μαθαίνουν όσα συνδέονται με διαδικασίες αξιολόγησης. Η παρατήρηση αυτή εγείρει από την μεριά της το ερώτημα του «τι» θα πρέπει να αξιολογείται και το «πώς». Μία αυθεντική αξιολόγηση θα πρέπει να μοιράζεται σε ολόκληρη τη διάρκεια της διαδικασίας της μάθησης. Από την άλλη μεριά, οι διαδικασίες αξιολόγησης μπορεί να θεωρηθούν και ως διαδικασίες ανατροφοδότησης. Είναι σημαντικό στις μαθησιακές διεργασίες και όχι μόνο να εμπλέκονται μηχανισμοί ανατροφοδότησης. Σε ομαδοσυνεργατικές πρακτικές η αξιολόγηση δεν θα πρέπει να παρέχεται μόνο από καθηγητές, αλλά θα πρέπει να δίνεται η δυνατότητα και στους μαθητές να εφαρμόζουν αυτό-αξιολόγηση ή αξιολόγηση ομοτίμων, ή ακόμη και αυτόματη αξιολόγηση μέσα από εφαρμογές ή παιχνίδια.

DO MODEL

Στην εικόνα 2 αποτυπώνεται η επόμενη φάση η οποία αφορά την ολοκλήρωση του ψηφιακού σεναρίου με βάση το DO_MODEL. Ο σχεδιαστής του ψηφιακού σεναρίου, με δεδομένη την αποτύπωση των συμπερασμάτων από την εφαρμογή του κύκλου των «5E» θα αρχικά να συλλάβει δομικά την σχεδίαση ενός αντικειμένου. Το αντικείμενο αυτό, που ταυτόχρονα αποτελεί και αντικείμενο μάθησης για έναν νέο χρήστη, θα πρέπει είτε να λύνει ένα πρόβλημα είτε να τελεί μία λειτουργία είτε, τέλος, να εκτελεί μια ολοκληρωμένη εργασία. Είναι βασικό να αντιληφθεί ο οργανωτής του ψηφιακού σεναρίου πώς ο τελικός αποδέκτης και χρήστης θα έχει την δυνατότητα να σχεδιάζει, να παρουσιάζει ή ακόμη και να δημιουργεί με το παραγόμενο αντικείμενο. Η όλη διεργασία μάθησης αφορά τη μετάβαση μέσα από την προσέγγιση της Τεχνολογίας και των Μαθηματικών, τον πλούτο και τα δεδομένα των Επιστημών και, τέλος, τις διεργασίες των Μηχανικών και των Κατασκευαστών.



Εικόνα 2. Από το 5E στο DO_MODEL

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ “5E” ΚΑΙ “DO_MODEL” ΣΕ ΣΕΝΑΡΙΟ STEM

Το προτεινόμενο σενάριο «Οργάνωση συστήματος απεικόνισης και σχεδιασμού μορφών με χρήση λογισμικών ανοιχτού κώδικα» εμπλέκει ενήλικες μαθητές του 4^{ου} Έτους Μαθητείας των Ηλεκτρονικών που φοιτούν στα Επαγγελματικά Λύκεια (ΕΠΑΛ). Οι μαθητές αυτοί είναι υποχρεωτικά, με βάση την νομοθεσία για την Μαθητεία, ενήλικες και βρίσκονται σε ηλικία από δεκαοχτώ (18) έως είκοσι δύο (22) ετών περίπου. Οι μαθητές παρακολουθούν μεταδευτεροβάθμια τμήματα εντός των σχολικών μονάδων (ΕΠΑΛ) παράλληλα με την ένταξή τους στην αγορά εργασίας (επιχειρήσεις ή δημόσιους φορείς και οργανισμούς), γεγονός που επιβάλλει ότι ένα διδακτικό σενάριο θα πρέπει να βασιστεί και να επεκτείνει τις ήδη υπάρχουσες γνώσεις από την φοίτηση στον Τομέα Ηλεκτρολογίας, Ηλεκτρονικής και Αυτοματισμού και την Ειδικότητα Τεχνικός Ηλεκτρονικών και Υπολογιστικών Συστημάτων, Εγκαταστάσεων, Δικτύων και Τηλεπικοινωνιών (<http://iep.edu.gr/el/ilektrologias-ilektronikis-kai-aftomatismoy>). Το προτεινόμενο σενάριο αξιοποιεί τόσο τα μαθήματα του Εργαστηρίου «Επεξεργασία Σήματος Ήχου και Εικόνας» της Ειδικότητας, όσο και την μεθοδολογία STEM όπως αυτή ορίζεται από τους στόχους του σεναρίου και από τα όρια του αναλυτικού προγράμματος για την Μαθητεία (Ειδικότητα Ηλεκτρονικών / Υπουργική Απόφαση Φ2/181534/Δ4 - ΦΕΚ 3820/31-10-2017). Οι καθηγητές που θα υλοποιήσουν το συγκεκριμένο σενάριο προσδοκούν άμεση επαγγελματική σύνδεση (Κοτσιφάκος, 2018) όπως αυτή περιγράφεται από τα συναφή επαγγελματικά περιγράμματα των επαγγελματιών Ηλεκτρονικών και αποβλέπει σε δεξιότητες που αφορούν τον «Τεχνικό Ψηφιακής Επεξεργασίας Ήχου και Εικόνας με χρήση νέων τεχνολογιών» (Εφ. Κυβ. Τεύχος Β' 3820/31.10.2017, σελίδα 46015). Το προτεινόμενο σενάριο, λαμβάνοντας υπόψη τις πρότερες γνώσεις τόσο της Ηλεκτρονικής, της Φυσικής, και των Μαθηματικών, όσο και τις δεξιότητες που έχουν ή θα πρέπει να αποκτηθούν μέσω λογισμικού σχεδίασης, αναπαράστασης ή μοντελοποίησης με σκοπό την οπτικοποίηση των ακουστικών ή

φυσικών φαινομένων που έχουν να κάνουν με τον ήχο ή συχνότητες αρμονικών. Τελικός στόχος είναι η ανάδειξη μορφωμάτων ή και δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων από την επεξεργασία των αρμονικών. Με αυτό τον τρόπο το σενάριο γίνεται διεπιστημονικό αφού θέτει το παραγόμενο υλικό στην διάθεση σχεδιαστών (designers) ή διακοσμητών (decorators) για περαιτέρω επεξεργασία πιο σύνθετων μορφών ή κατασκευών. Βασική επιδίωξη του σεναρίου είναι να παραχθεί υλικό παραμετροποιήσιμο, εύκολα μετατρέψιμο και αξιοποιήσιμο από τους σχεδιαστές, τους διακοσμητές ή τους γραφίστες.

Ένα σύστημα απεικόνισης και σχεδιασμού μορφών που έχει ως πρώτη ύλη τις συχνότητες αρμονικών θα πρέπει να συνδέεται με λογισμικά σχεδίασης και γραφικών απεικονίσεων που αξιοποιούν πολυμέσα και είναι σε θέση να παράξουν έργα τέχνης, σχέδια ή ακόμη και αρχιτεκτονικά προσχέδια. Το σενάριο επικεντρώνεται στην κατασκευή αντικειμένων που χρησιμοποιούν ως βασική πηγή εισόδου την επεξεργασία υψηλών και υπεράνω αρμονικών. Ο χειρισμός της απεικόνισης και ο σχεδιασμός των μορφών μέσα από την επεξεργασία υψηλών και υπερυψηλών αρμονικών (high and ultra harmonic) μπορεί να πραγματοποιηθεί κυρίως από απόφοιτους Ηλεκτρονικούς μέσω των υπολογισμών (Μαθηματικά) και των επιστημονικών αναλύσεων για αυτές τις μορφές (Φυσική). Από τις μέχρι τώρα γνώσεις μας, η σχέση μεταξύ απεικόνισης και αξιοποίησης του σχεδιασμού αυτών των μορφών δεν έχει εξεταστεί προηγουμένως σε σενάριο STEM. Αν το σενάριο αξιοποιηθεί σε καλλιτεχνικέργασίεςτότε θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως πλήρες σενάριο STEAM (Science, Technology, Mathematics, Engineering and Arts). Για να εμπλέξει ο καθηγητής τους μαθητευόμενους με το διδακτικό σενάριο «Οργάνωση συστήματος απεικόνισης και σχεδιασμού μορφών με χρήση λογισμικών ανοικτού κώδικα» θα πρέπει να έχει μια σαφή εικόνα του τρόπου λειτουργίας του STEM κατά την υλοποίηση του σχεδιασμού. Η καθοδηγητική σκέψη του σεναρίου αφορά την κατεύθυνση από το STEM προς το “design”. Η προστιθέμενη αξία του σεναρίου είναι αφενός να προσθέσει ένα στιβαρό και διαχειρίσιμο εργαλείο σχεδίασης στους γραφίστες και τους διακοσμητές (decorators), και αφετέρου να βοηθήσει και να υποστηρίξει τους σχεδιαστές (designers) ώστε να επικοινωνούν καλύτερα με τους τεχνικούς ήχου και εικόνας (electronic engineerings) για την υλοποίηση των έργων τους.

MULTImedium ή Τεχνολογίες Διαδικτύου;

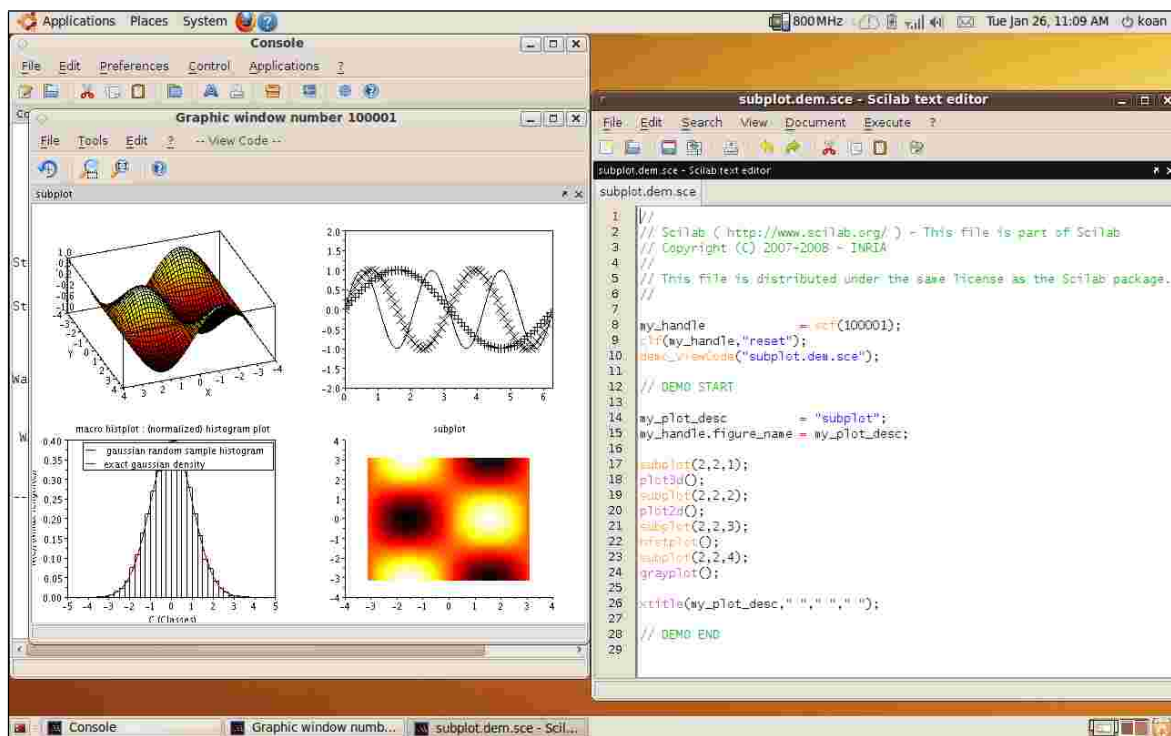
Με το ερώτημα «MULTImedium ή Τεχνολογίες Διαδικτύου;» ήρθαν αντιμέτωποι όσοι συμμετέχουν στο έργο “Designstem”. Για την οργάνωση και την υλοποίηση ενός ψηφιακού σεναρίου δεν αρκεί η ανάλυση «5E» και η σχεδίαση του «DO_MODEL». Κατά την Σίμονοβά (Σίμονοβά et al., 2011) κάθε ψηφιακό σενάριο δημιουργεί και τον κατάλληλο τύπο μελέτης και προκαλεί και τη σχετική μάθηση. Επιπλέον, σε ένα ψηφιακό σενάριο θα πρέπει να οργανωθούν δραστηριότητες σύμφωνα με το ατομικό μαθησιακό στυλ του κάθε μαθητή ώστε να επιτευχθεί προσαρμογή της διαδικασίας διδασκαλίας στις απαιτήσεις του μαθητή. Σε περιπτώσεις όπως την οργάνωση ενός μαθήματος STEM απαιτούνται πολλά περισσότερα για την ομαδοσυνεργατική διαχείριση μίας τάξης και τον προσανατολισμό της σε ένα μάθημα STEM (Kotsifakos et al., 2017). Για την υπέρβαση των διλημάτων που έθεσαν οι ανάγκες των ψηφιακών σεναρίων του έργου “Designstem”, χρειάζονται αρχικά κάποιες αναφορές στα διαθέσιμα λογισμικά, κατά προτίμηση ανοικτού κώδικα, καθώς και η διερεύνηση του αν αυτά μπορούν να συνδεθούν με κάποιο πολυμέσο. Επιπλέον, η διαχείριση του σεναρίου πρέπει να υποστηρίζεται από τις τεχνολογίες διαδικτύου, όπως αυτές εφαρμόζονται στις μέρες μας.

Αν επιχειρούσαμε να κάνουμε μία μικρή επισκόπηση του τι ακριβώς συμβαίνει στον προγραμματισμό των τεχνολογιών διαδικτύου σήμερα θα αναγνωρίζαμε ως βασική γλώσσα προγραμματισμού την HTML5 σε συνδυασμό με CSS, ενώ για την καταχώρηση και τον χειρισμό δεδομένων στη βάση αξιοποιούνται οι σύγχρονες εκδοχές της PHP. Η ενίσχυση της διαδραστικότητας ενός ψηφιακού σεναρίου επιτυγχάνεται με Javascript και JQuery. Επιπλέον, η εμφάνιση των ιστοσελίδων με τη σωστή διάταξη και στις οθόνες των έξυπνων κινητών (smart phones) ή των ταμπλετών (tablets)πραγματοποιούνται με σύγχρονα εργαλεία προγραμματισμού όπως το πλαίσιο Bootstrap 3. Ο μέσος χρήστης του Διαδικτύου είναι πλέον συνηθισμένος στη δυνατότητα αναζήτησης, αποστολής και φόρτωσης δεδομένων χωρίς να απαιτείται η επαναφόρτωση ολόκληρης της ιστοσελίδας αλλά μόνο του επίμαχου τμήματός της. Αυτό παρέχεται μέσω του Ajax (Asynchronous

JavaScript and XML). Αν στο ψηφιακό μας σενάριο ενσωματωθεί σύστημα διαχείρισης βάσης αυτό θα πρέπει σήμερα να υλοποιηθεί με PostgreSQL (Δουληγέρης κ.αλ., 2013). Αν τέλος, θέσουμε το ερώτημα για το πώς θα αξιολογήσουμε την καταλληλότητα των πολυμέσων ή του λογισμικού που θα αξιοποιήσουμε σε ένα ψηφιακό σενάριο θα πρέπει να προσφύγουμε εκ νέου στην «5E» ανάλυση. Όσο περισσότερα από τα ερωτήματα και τις δραστηριότητες της ανάλυσης «5E» μπορούν να ενσωματωθούν στο ψηφιακό σενάριο τόσο πιο λειτουργικό και αποτελεσματικό είναι στην προσχεδιασμένη του λειτουργία. Για τις ανάγκες του σεναρίου προτείνουμε τρία αξιόπιστα λογισμικά τα οποία είναι συμβατά με το σενάριο «Οργάνωση συστήματος απεικόνισης και σχεδιασμού μορφών με χρήση λογισμικών ανοιχτού κώδικα». Τα συγκεκριμένα λογισμικά ανοιχτού κώδικα αποτυπώνουν ενδιαφέρουσες επεξεργασίες μορφών σχετικές με το θέμα μας.

Scilab

Ένα από τις πιο αξιόπιστα λογισμικά ανοιχτού κώδικα που προσφέρεται για την παραπάνω επεξεργασία είναι το Scilab (<https://academiccollegeprojects.com/scilab-project/>). Το Scilab είναι ένα απλό περιβάλλον προγραμματισμού που επιτρέπει την εύκολη χρήση μαθηματικών συναρτήσεων, στατιστικών μεθόδων, και τη δημιουργία απεικονίσεων και προσομοιώσεων (<http://opensoft.sch.gr/node/1407>). Για τη λειτουργία του δε χρειάζεται μεταγλωττιστής (compiler) και προσφέρει μεγάλη ευκολία στην κατασκευή γραφημάτων και γραφικών παραστάσεων κάθε είδους (Εικόνα 3).

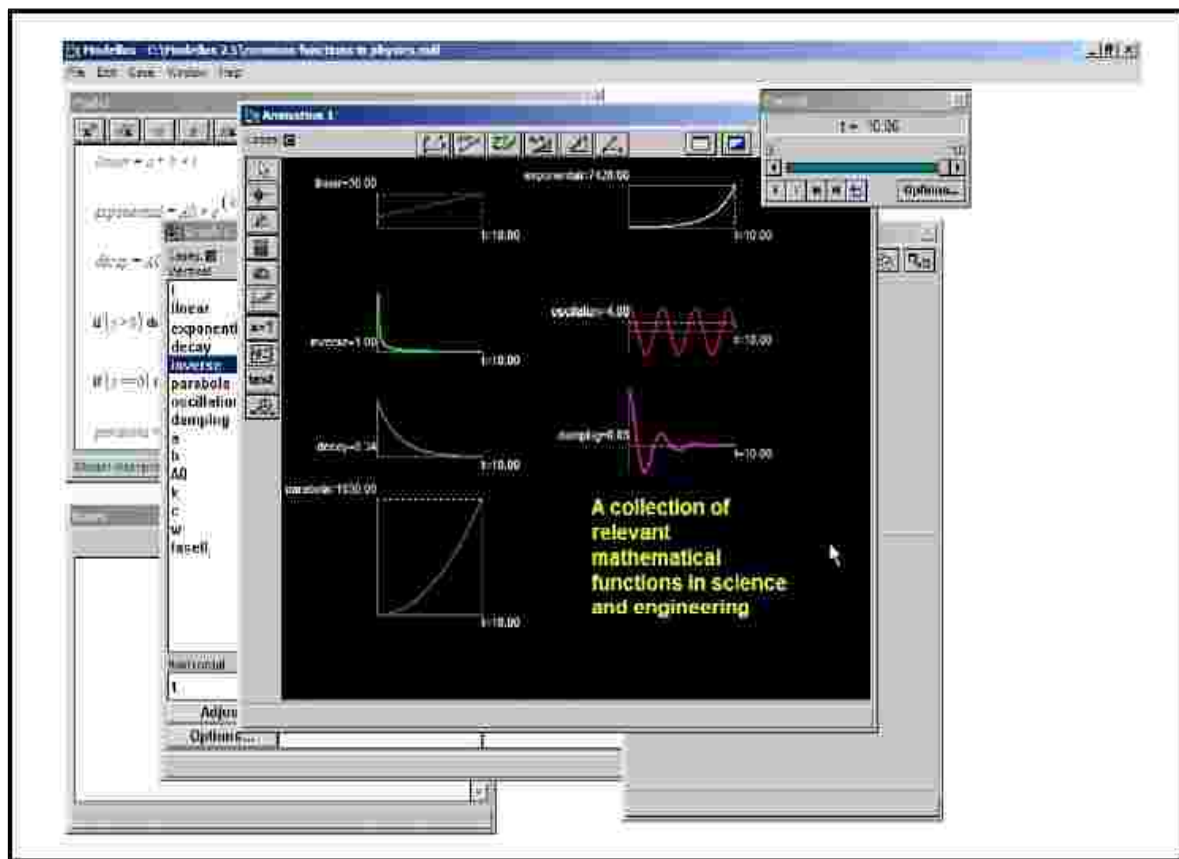


Εικόνα 3. Αποτύπωση κυματομορφών στο λογισμικό Scilab.

Modellus 2.5

Ένα από τις πιο εύρηστα λογισμικά ανοιχτού κώδικα που επίσης προσφέρεται για την παραπάνω επεξεργασία είναι το «Modellus 2.5». Το «Modellus 2.5» (http://users.sch.gr/glezou/modellus/2005_MODELUS_GLEZOU_present_2.htm) αποτελεί ένα «ανοιχτό» εκπαιδευτικό λογισμικό για διαλογική κατασκευή μοντέλων με χρήση μαθηματικών. Οι δραστηριότητες στο πλαίσιο κατασκευής, αξιοποίησης, διερεύνησης, ανάλυσης μοντέλων ή προσομοιώσεων φαινομένων που επιδέχονται μαθηματική μοντελοποίηση διαμορφώνουν ένα πλούσιο μαθησιακό περιβάλλον το οποίο προσφέρει

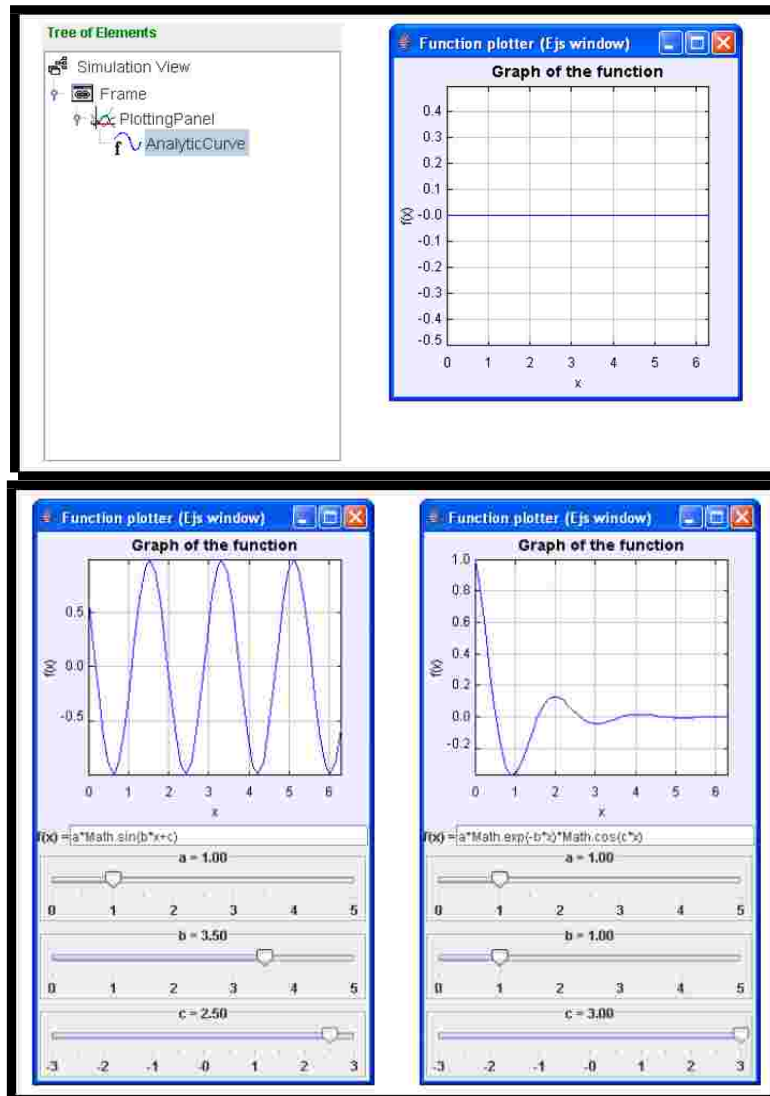
σε εκπαιδευτικούς και μαθητές (<http://photodentro.edu.gr/edusoft/r/8531/165?locale=en>) πολλαπλές ευκαιρίες ενεργητικής μάθησης (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Αποτύπωση κυματομορφών στο λογισμικό Modellus 2.5

Easy Java Simulation

Τέλος, για τους πλέον απαιτητικούς χρήστες των λογισμικών ανοιχτού κώδικα με φανατικούς και αφοσιωμένους χρήστες σε όλο τον κόσμο, αναφέρουμε το λογισμικό «Easy Java Simulation», (Εικόνα 5). Το λογισμικό «Easy Java Simulation», (EJSS) είναι ένα λογισμικό ειδικά σχεδιασμένο για τη δημιουργία διακριτών προσομοιώσεων υπολογιστών (<http://opensoft.sch.gr/node/1390>). Μια διακριτή προσομοίωση υπολογιστή, ή απλώς μια προσομοίωση υπολογιστή, είναι ένα πρόγραμμα υπολογιστή που προσπαθεί να αναπαραγάγει, για παιδαγωγικούς ή επιστημονικούς σκοπούς, ένα φυσικό φαινόμενο μέσω της απεικόνισης των διαφόρων καταστάσεων που θέλει να αποτυπώσει. Κάθε μία από αυτές τις καταστάσεις περιγράφεται από ένα σύνολο μεταβλητών που αλλάζουν στο χρόνο, λόγω της επανάληψης ενός συγκεκριμένου αλγορίθμου. Δημιουργώντας μια προσομοίωση με τη βοήθεια του EJSS, ο χρήστης δεν προγραμματίζει την προσομοίωση στο επίπεδο του κώδικα γραφής, αλλά εργάζεται σε υψηλότερο εννοιολογικό επίπεδο, δηλώνοντας και οργανώνοντας τις εξισώσεις και άλλες μαθηματικές εκφράσεις που λειτουργούν την προσομοίωση. Το EJSS χειρίζεται τις τεχνικές πτυχές της κωδικοποίησης της προσομοίωσης στη γλώσσα προγραμματισμού Java, απελευθερώνοντας έτσι τον χρήστη να επικεντρωθεί στο περιεχόμενο της προσομοίωσης. Ο δημιουργούμενος κώδικας Java ή JavaScript μπορεί, από την άποψη της αποδοτικότητας και της πολυπλοκότητας, να θεωρηθεί ως η δημιουργία ενός επαγγελματία προγραμματιστή (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Αποτύπωση κυματομορφών στο λογισμικό Easy Java Simulation

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συνολικότερη κατάσταση των εκπαιδευτικών δομών της εκπαίδευσης στην Ευρώπη θέτει ως προτεραιότητα τόσο για τους εκπαιδευτικούς όσο και για τους μαθητές, την αποκατάσταση μιας «χαμένης» αισιοδοξίας σχετικά με την μάθηση (Κοτσιφάκος και Δουληγέρης, 2017). Όσοι επεξεργάζονται λύσεις και αναζητούν εναλλακτικές διδακτικές προτάσεις θα πρέπει να λάβουν υπόψη τους ότι ειδικά για τις δομές της ΕΕΚ, σε μακροδιδασκτικό επίπεδο, οι Επιστήμες και τα Μαθηματικά δεν διδάσκονται πλέον ως ανεξάρτητες «πειθαρχίες», αλλά ως εν δυνάμει συσχετιζόμενα εργαλεία επίλυσης σύγχρονων προβλημάτων Ειδικοτήτων (Σκλαβενίτης και Κοτσιφάκος, 2018). Από μία άλλη οπτική γωνία η αγορά εργασίας, η βιομηχανία, οι επαγγελματικές ενώσεις, οι ιδιώτες επιχειρηματίες, οι ιδιωτικές επιχειρήσεις, προσδοκούν κυρίως οικονομικό όφελος από μια αναδιοργάνωση της ύλης της ΕΕΚ και των αναλυτικών προγραμμάτων που λειτουργούν μέσα σε αυτήν, καθώς τα αναλυτικά προγράμματα των Ειδικοτήτων καθορίζουν γνώσεις και δεξιότητες αποφοίτων. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η Ειδικότητα των Ηλεκτρονικών στην οποία βασίσαμε το σενάριο μας (Κοτσιφάκος και Δουληγέρης, 2018). Οι διδακτικές πρακτικές και οι μεθοδολογίες για την οργάνωση ενός μαθήματος STEM, ειδικά για την ΕΕΚ, εκκινούν από την αναζήτηση ερωτημάτων που αφορούν τον αρχικό προσδιορισμό ενός προβλήματος αλλά πολύ σύντομα, μεταβαίνουν στην ανάπτυξη και χρήση μοντέλων επίλυσης, καθώς προγραμματίζουν και επεξεργάζονται κατάλληλες λύσεις για το

συγκεκριμένο πρόβλημα. Οι μέθοδοι προσέγγισης της σημερινής σκέψης και διδασκαλίας επιτάσσουν αφενός μία εκ βαθέων ανάλυση και επικαιροποίηση των δεδομένων της εκπαιδευτικής πράξης και αφετέρου, για τον επαναπροσδιορισμό της υπολογιστικής σκέψης όπως αυτή μας αποκαλύπτεται μέσα από τα σύγχρονα μαθηματικά και την στατιστική. Καμία διδακτική πρόταση δεν μπορεί να παραβλέπει τη δόμηση και την αρχή κατασκευής, σχεδιασμού και υλοποίησης λύσεων αλλά και την αντιμετώπιση αποκλίσεων ή μη επιθυμητών αποτελεσμάτων. Μια νέα πολυπρισματική οπτική για την εκπαίδευση αλλά και την κοινωνία καθώς τα συμπεράσματα για την οργάνωση μίας πανευρωπαϊκής ατζέντας γύρω από την επικαιροποίηση των διδακτικών πρακτικών συμπεριλαμβάνουν ευρύτερες αναφορές και συμμαχίες. Δραστηριότητες όπως αυτές του έργου Designstem: integrated design + STEM education ανανεώνουν μέσα από ένα νέο ελπιδοφόρο μήνυμα, τις μεθοδολογίες όσων ενδιαφέρονται, συμμετέχουν και αγωνιούν για το μέλλον της εκπαίδευσης στην Ευρώπη και τον κόσμο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕ ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΗ ΛΙΣΤΑ

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. *Colorado Springs, Co: BSCS*, 5, 88-98. Διαθέσιμο στη διεύθυνση https://bscs.org/sites/default/files/_media/about/downloads/BSCS_5E_Full_Report.pdf (Ανάκτηση 30/6/2018).

DESIGNSTEM: INTEGRATED DESIGN + STEM EDUCATION (2016), Programme: Erasmus+, <https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/projects/eplu-project-details/#project/2016-1-EE01-KA202-017347> (Τελευταία πρόσβαση 30/6/2018).

Directorate General for Internal Policies of the Union (2015). <http://www.europarl.europa.eu/document/activities/cont/201407/20140728ATT87364/20140728ATT87364EN.pdf> (Τελευταία πρόσβαση 30/6/2018).

Σιμονοβά, Ι., Πουλοβά, Ρ., & Βίλεκ, Μ. (2011, March). Learning styles within eLearning: Didactic strategies. In *10th WSEAS International Conference on Applied Computer and Applied Computational Science, ACACOS'11* (pp. 160-164). (Ανάκτηση 30/6/2018). Διαθέσιμο στη διεύθυνση <https://tinyurl.com/yde2thnh>

Tanner, K. D. (2010). Order matters: using the 5E model to align teaching with how people learn. *CBE-Life Sciences Education*, 9(3), 159-164. (Ανάκτηση 30/6/2018). Διαθέσιμο στη διεύθυνση <https://www.lifescied.org/doi/abs/10.1187/cbe.10-06-0082>.

Δουληγέρης, Χ., Μαυροπόδη, Ρ., Κοπανάκη, Ε., Καραλής, Α., (2017) Τεχνολογίες και Προγραμματισμός στον Παγκόσμιο Ιστό, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, ISBN 978-960-578-031-9.

Κοτσιφάκος Δ., (2018). Επισκόπηση των γενικών όρων που συγκροτούν την ταυτότητα της Επαγγελματικής Εκπαίδευσης και Κατάρτισης (ΕΕΚ) στην Ελλάδα σήμερα. Περιοδικό Physics News 2018, Ειδικό Τεύχος 23Δ – Ιούνιος 2018, (σελ. 13 – 15). ISSN: 2241-1127

Κοτσιφάκος Δ., Δουληγέρης Χ., (2018). Επικαιροποίηση των κατευθύνσεων και των διδακτικών προσεγγίσεων της ειδικότητας των Ηλεκτρονικών: Πώς τα πεδία μελέτης της ειδικότητας θα συμβάλουν στην ανάπτυξη των επιστημονικών καινοτομιών του 21^{ου} αιώνα και ποιες θα πρέπει να είναι οι αρχές της διδακτικής των μαθημάτων της σήμερα; 17ο Πανελλήνιο Συνέδριο της ΕΕΦ (<http://eef17.gr/>) 15-18 Μαρτίου 2018, 1^{ος} τόμος πρακτικών ISBN 978-960-9457-57-65.

Kotsifakos, D., Kostis, B., Douligieris, C. (2017, April). Science, technology, engineering and mathematics (STEM) for vocational education in Greece. In *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 25-28 April 2017, Athens, Greece. IEEE* (pp. 1831-1836) Electronic ISSN: 2165-9567. <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7943099/>

Κοτσιφάκος Δ., Δουληγέρης Χ., (2017). Θεωρητικά, ιστορικά και οντολογικά προαπαιτούμενα για μία αποτελεσματική διδασκαλία STEM στην Τεχνική Εκπαίδευση. 5ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο «Ενταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία». 21-23 Απριλίου 2017. Παιδαγωγικό Τμήμα, Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης (ΑΣΠΑΙΤΕ), Αθήνα. (Σελίδες 997-1003). ISBN 978-618-83186-0-1. <http://etpe2017.aspete.gr>

Σκλαβενίτης Σ., Κοτσιφάκος Δ., (2018). Μεταδομισμός και νεωτερικότητα στην διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην ανώτερη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Κριτικής Εκπαίδευσης: “Η κριτική εκπαίδευση για το σχολείο των κοινωνικών αναγκών”. 20-22 Απριλίου 2018

Παίζοντας με τα πρωτόνια

Ελληνιάδου Έλενα¹, Καραολή Φανή², Νάντσου Τίνα³

¹Διευθύντρια MEd, 2ο ΔΣ Πειραιά -Ουρουγουάη, Επιμορφώτρια ΤΠΕ,
Εκπαιδύτρια Εκπαιδευτών Ενηλίκων

elenelli9@gmail.com

²Εκπαιδευτικός Πληροφορικής MSc Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης

fkaraoli@gmail.com

³Φυσικός Σχολή Χίλλ, συνεργάτης Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών
παιδαγωγική επιμέλεια Playing with Protons

tinanantsou@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πρόγραμμα “Παίζοντας με τα πρωτόνια” υλοποιείται στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού προγράμματος *Playing with Protons* του πειράματος *Compact Muon Solenoid (CMS)* στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Πυρηνικής Φυσικής (CERN) από το 2016. Το *Playing with Protons* έχει την υποστήριξη του ευρωπαϊκού έργου *CREATIONS* το οποίο χρηματοδοτείται στο πλαίσιο του προγράμματος *Horizon 2020* της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (Grant Agreement No. 665917). Τα περιεχόμενα της παρουσίασης δεν αντιπροσωπεύουν κατ’ ανάγκη τις θέσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ούτε δημιουργούν κανενός είδους ευθύνες για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η θεματολογία τους και οι δράσεις που αναπτύσσονται σε αυτό το κατατάσσονται στα προγράμματα *STEAM* (Science-Επιστήμη, Technology-Τεχνολογία, Engineering-μηχανική, Art-Τέχνη, Mathematics- Μαθηματικά) με στόχους την ενίσχυση της επιστημονικής σκέψης, της δημιουργικότητας, της κινητοποίησης και της συμμετοχής των εκπαιδευομένων. Η παιδαγωγική του προσέγγιση βασίστηκε στο συνδυασμό της ανακαλυπτικής και της κοινωνικοπολιτιστικής θεωρίας μάθησης. Η εφαρμογή του αναπτύχθηκε σε πολλαπλούς τομείς της Φυσικής και των εφαρμογών της που σχετίζονται με τη λειτουργία του Σύμπαντος, τη δομή της Ύλης καθώς και τα επιστημονικά πειράματα που διεξάγονται στο CERN. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του προγράμματος αποτελούν παρακαταθήκη τόσο για του εκπαιδευόμενους όσο και τους εκπαιδευτικούς. Εκτός από τις επιστημονικές γνώσεις που προσέλαβαν οι μαθητές, γνωρίζοντας δύσκολες επιστημονικές έννοιες, καλλιέργησαν δεξιότητες του 21ου αιώνα, κριτικής και δημιουργικής σκέψης, ανταλλαγής ιδεών, λήψης αποφάσεων, συνεργατικότητας, ομαδικότητας και αλληλοβοήθειας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: CERN, *Playing with Protons*, *STEAM*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία στηρίχθηκε στην εφαρμογή του εκπαιδευτικού πιλοτικού προγράμματος *Playing with Protons* “Παίζοντας με τα πρωτόνια” το οποίο υλοποιείται στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού προγράμματος *Playing with Protons* του πειράματος *Compact Muon Solenoid (CMS)* στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Πυρηνικής Φυσικής (CERN) από το 2016. Τον Αύγουστο του 2016, 10 εκπαιδευτικοί από όλη την Ελλάδα συμμετείχαν στο ομώνυμο επιμορφωτικό πρόγραμμα επαγγελματικής ανάπτυξης, που στόχο έχει να φέρει κοντά εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, ερευνητές του CERN και ειδικούς στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, και να τους εξοπλίσει με δεξιότητες και γνωσιακά εργαλεία ώστε να σχεδιάσουν δημιουργικές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις που θα καλλιεργήσουν τον ενθουσιασμό των παιδιών για την επιστήμη, την τεχνολογία και την καινοτομία. Την παιδαγωγική επιμέλεια του προγράμματος έχει η εκπαιδευτικός της Σχολής Χίλλ, Τίνα Νάντσου. Υπεύθυνος του προγράμματος είναι ο Δρ. Άγγελος Αλεξόπουλος από την ομάδα εκπαίδευσης και επικοινωνίας του πειράματος CMS στο CERN. Το πρόγραμμα που παρουσιάζουμε υλοποιήθηκε στα 2ο & 6ο Δημοτικά Σχολεία Αρτέμιδος (2016-2017) και στο 2ο Δημοτικό Σχολείο Πειραιά - Ουρουγουάη

(2017-2018). Στα δύο έτη εφαρμογής του συμμετείχαν συνολικά 180 μαθητές Β και Στ τάξης και 12 εκπαιδευτικοί.

Η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση στοχεύει στη διερεύνηση του υλικού και του ζωντανού κόσμου. Οι βασικοί στόχοι είναι η κατανόηση θεμελιωδών εννοιών καθώς των φυσικών φαινομένων που προέρχονται μέσα από τις εμπειρίες και τα ενδιαφέροντά τους, η καλλιέργεια δεξιοτήτων που σχετίζονται με την έρευνα, την κριτική και δημιουργική σκέψη, η ανταλλαγή ιδεών και η λήψη αποφάσεων. Σημαντική είναι επίσης η αναγνώριση της φύσης των Φυσικών επιστημών και η συμβολή τους στην ανάπτυξη του ανθρώπινου πολιτισμού.

Οι παραπάνω στόχοι δεν μπορούν να επιτευχθούν μόνο με γνωστικούς στόχους ιδιαίτερα στη βαθμίδα του Δημοτικού Σχολείου. Η επικέντρωση του εκπαιδευτικού συστήματος στις ακαδημαϊκές γνώσεις δεν είναι η λύση. Απαιτούνται βιωματικές δράσεις, μάθηση μέσω ανακάλυψης και μία προσέγγιση απόδοσης της επιστημονικής γνώσης στη βάση και στην ηλικία των μαθητών του δημοτικού σχολείου. Σύμφωνα με το παιδαγωγικό υλικό “Playing with Protons και θεωρίες μάθησης” (Παπανδρέου 2017), η εφαρμογή του προγράμματος βασίστηκε στο συνδυασμό των θεωριών του J. Bruner (ανακαλυπτική προσέγγιση) και L. Vygotsky (κοινωνικοπολιτισμική θεωρία μάθησης).

Η διδασκαλία στηρίζεται στη σταδιακή δημιουργία των “σκαλωσιών” (scaffolds), ώστε να γεφυρωθεί ο κόσμος, οι ιδέες και οι μέχρι τώρα μαθησιακές εμπειρίες των μαθητών με εκείνες των μεγάλων και κυρίως το νέο και το άγνωστο αντικείμενο που πρέπει να διδαχθεί.

Επιπλέον, οι εκπαιδευόμενοι είναι σε θέση να κατανοήσουν και να εξηγήσουν τα φυσικά φαινόμενα μέσω της διαδικασίας του πειράματος ως μέλη μιας ομάδας. Κατάλληλες στρατηγικές της ανακαλυπτικής μεθόδου είναι το πείραμα, οι ερωτήσεις, η διερεύνηση και η συζήτηση. Ο μαθητής, οφείλει να ενεργήσει για να ανακαλύψει τη γνώση, να εμπλακεί, να αυτενεργήσει, να παρατηρήσει, να αλληλεπιδράσει με αντικείμενα και τα πρόσωπα.

Ο ρόλος του δασκάλου είναι κυρίως καθοδηγητικός. Συντονίζει τις ομάδες μαθητών, οργανώνει, συμβουλεύει και εμπνέει. Παρέχει κατάλληλα εργαλεία και ερεθίσματα, ώστε να κατανοήσουν τα παιδιά τον φυσικό κόσμο που τους περιβάλλει. Δεν προσφέρει έτοιμη τη γνώση αλλά δημιουργεί τις απαραίτητες συνθήκες καθώς και το κατάλληλο κλίμα ώστε οι μαθητές, οργανωμένοι σε ομάδες εργασίας, να εμπλέκονται ενεργά στην πραγματοποίηση της έρευνας – πειράματος, να εξάγουν και να καταγράφουν τα συμπεράσματά τους.

ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Σκοπός του προγράμματος είναι να φέρει τους μαθητές σε επαφή με υψηλής περιπλοκότητας έννοιες Σωματιδιακής Φυσικής και Κοσμολογίας μέσα από απλό, κατανοητό και βιωματικό τρόπο. Να επιχειρήσει να μεταδώσει την ερευνητική κουλτούρα και τον επιστημονικό τρόπο σκέψης σε δημόσια σχολεία και μαθητικές κοινότητες με περιορισμένη πρόσβαση στη σύγχρονη επιστήμη.

Στόχοι ήταν οι μαθητές μέσα από νέες εκπαιδευτικές δραστηριότητες και βιωματικά πειράματα να αντιληφθούν την επιστημονική μέθοδο, να προσεγγίσουν έννοιες της Αστρονομίας, της Κοσμολογίας, των Στοιχειωδών Σωματιδίων, της τεχνολογίας του CERN και των ωφελειών της ανθρωπότητας μέσα από την έρευνα.

Να διαχειριστούν ψηφιακά εργαλεία ώστε να δημιουργήσουν και να εκφράσουν τις δυνατότητες συνεργασίας, επικοινωνίας, κριτικής σκέψης και δημιουργικότητας τους. Να βιώσουν καινοτόμες και συμμετοχικές εκπαιδευτικές δράσεις μέσα και έξω από τη σχολική τάξη, ώστε να συνδέσουν τη γνώση και την επιστήμη με την καθημερινότητά τους.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Το Φθινόπωρο του 2016, οι εκπαιδευτικοί της Στ τάξης ξεκίνησαν το σχεδιασμό και την υλοποίηση του προγράμματος αξιοποιώντας επιμορφωτικό υλικό από την επιμόρφωση στο CERN. Η εφαρμογή του προγράμματος συνδέθηκε με το Αναλυτικό Πρόγραμμα και το μάθημα “Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο” της Ε και της Στ Δημοτικού και τη Γεωγραφία της Στ’ Δημοτικού, αξιοποιώντας ως πηγή το σχολικό βιβλίο και τις ενότητες που αφορούν τη Δομή της Ύλης, το Φως, το Ηλιακό Σύστημα και τους πλανήτες.

Κατά τη διάρκεια του προγράμματος χρησιμοποιήθηκαν στο μέγιστο βαθμό εργαλεία ΤΠΕ, τόσο για την παρουσίαση του υλικού στους μαθητές αλλά και για την δημιουργία ψηφιακού υλικού από τους ίδιους τους μαθητές. Περιηγήθηκαν σε παρουσιάσεις, βίντεο, διαδραστικές εικόνες, εργαλεία δημιουργίας κουίζ, ιστοσελίδες. Αξιοποιήθηκαν τα εισαγωγικά μαθήματα Αστρονομίας, Στοιχειωδών Σωματιδίων, Κοσμολογίας, Τεχνολογίας του LHC και οι οδηγίες των πειραμάτων με απλά υλικά από το υλικό της επιμόρφωσης.

Μέσα στην τάξη η υλοποίηση ξεκίνησε από μία προσωπική αφήγηση είτε μία συζήτηση γύρω από το CERN, συνοδευόμενη με φωτογραφικό και ψηφιακό υλικό, κεντρίζοντας το ενδιαφέρον και εξάπτοντας την περιέργεια των μαθητών ώστε να συμμετέχουν ενεργά στο πρόγραμμα.

Οι μαθητές παρακολούθησαν αρκετό οπτικό ακουστικό υλικό (βίντεο, αφηγήσεις, συνεντεύξεις) και δημιούργησαν δικά τους καλλιτεχνήματα κατανοώντας, μαθαίνοντας και εκφράζοντας τη δημιουργικότητα και τη φαντασία τους. Συγκέντρωσαν πληροφορίες από τα βιβλία τους, αξιοποίησαν εικόνες, προπλάσματα, βίντεο, και έφτιαξαν τις δικές τους δημιουργίες που αφορούσαν τη Δομή της Ύλης, μόρια, άτομα, χημικά στοιχεία, χημικές ενώσεις, στοιχειώδη σωματίδια με υλικά από το σπίτι και την καθημερινότητά τους. Αναπαράστησαν το Big Bang, τις εποχές της δημιουργίας του Σύμπαντος και την εξέλιξη του με χαρτόνια (κοσμικά χωνιά) και μπαλόνια. Εφάρμοσαν το υλικό της “Αστρονομίας με Νουνού” και κατανόησαν με νερό, γάλα και έναν φακό την ανατολή και τη δύση του ηλίου καθώς και το χρώμα του ουρανού την υπόλοιπη μέρα. Ενώ φώτισαν CD και καθρεφτάκια σε νερό για να αναλύσουν το λευκό φως στα χρώματα του ουράνιου τόξου.

Προσπάθησαν να μπουν στη θέση των επιστημόνων και να κάνουν υποθέσεις που χρειάζεται να επαληθευτούν και από άλλες ομάδες καθώς επίσης προσπάθησαν να σχεδιάσουν μοντέλα για να εξηγήσουν το μηχανισμό ενός μυστηριώδους κουτιού χωρίς να έχουν απευθείας πρόσβαση στο εσωτερικό του.

Βλέποντας, ακούγοντας, διαβάζοντας κόμικς και πληροφορίες για τα πειράματα που διεξάγονται στο CERN, και αντλώντας ιδέες από εικόνες και από το επιμορφωτικό υλικό, κατασκεύασαν μακέτες του CERN και του LHC (Large Hadron Collider) (υπεργεια και υπόγεια) με τους ανιχνευτές-επιταχυντές (CMS, ATLAS, LHCb.). Από τον οδικό χάρτη της περιοχής έφτιαξαν μακέτα με τις εγκαταστάσεις του ερευνητικού κέντρου έξω από το Γενεύη και το μουσείο GLOBE (The Globe of Science and Innovation). Προσομοίωσαν τη σύγκρουση των πρωτονίων με φακούς-laser, ταλκ και CD ώστε να έχουν μία ιδέα πώς γίνεται αντίστοιχα στο Μεγάλο Αδρονικό Επιταχυντή (LHC).

Ερεύνησαν την ιστορία του μεγαλύτερου επιστημονικού κέντρου για τη Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων στον κόσμο, του CERN και των ερευνών που διεξάγονται εκεί. Η έρευνα εστιάστηκε στα πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί από την ίδρυσή του, αλλά και στον ίδιο το χώρο και την ιστορία του Cern. Οι μαθητές συγκέντρωσαν πληροφορίες για την εξέλιξη των πειραμάτων από την ίδρυσή του μέχρι σήμερα, φωτογραφίες από τους επιταχυντές και ανιχνευτές, τον περιβάλλοντα χώρο, τους δρόμους και τα αγάλματα. Επέλεξαν τις πιο αντιπροσωπευτικές φωτογραφίες, τις οποίες πλαισίωσαν με σχετικό κείμενο. Τέλος, ηχογράφησαν τα κείμενα και δημιούργησαν μια εικονο-αφήγηση “[Εξερευνώντας το CERN](#)”, μέσω της διαδικτυακής εφαρμογής Animoto, στην οποία καταγράφονται οι βασικές πληροφορίες του κέντρου και των εργασιών που διεξάγει.

Ως συνέχεια του παραπάνω, οι μαθητές δημιούργησαν ψηφιακό κουίζ (χρησιμοποιώντας το εργαλείο Kahoot) με ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών, το οποίο διαχύθηκε τόσο στους μαθητές άλλων τμημάτων, όσο και σε άλλα συμμετέχοντα σχολεία του προγράμματος. Η εν λόγω δραστηριότητα αποτέλεσε ένα συνδυασμό δημιουργικότητας και παιχνιδιού που ενθουσίασε τους μαθητές.

Συμπεριέλαβαν στις δημιουργίες τους, αυτό που τους κάνει ιδιαίτερα χαρούμενους και δημιουργικούς, το παιχνίδι. Κατασκεύασαν επιτραπέζια παιχνίδια (σκάκι Σωματιδίων, CERNOPOLI, Φιδάκι) καθώς και παζλ με θέματα από το CERN και το GLOBE. Δημιούργησαν σταυρόλεξα, συννεφόλεξα καθώς και κρυπτόλεξα ανακαλώντας γνώσεις σχετικές με τα σωματίδια, το σύμπαν και τους μεγάλους φυσικούς του κόσμου.

Αναζήτησαν πληροφορίες και μελέτησαν τη ζωή και το έργο, μεγάλων φυσικών από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα, όπως ο Δημόκριτος, ο Γαλιλαίος, ο Νίλς Μπορ, ο Έντουν Χαμπλ, η Μαρία Κιουρί, ο Αϊνστάιν, ο Ρίτσαρντ Φάινμαν, η Βέρα Ρούμπιν, ο Στίβεν Χόκινγκ και ο Τζον Έλλις. Ερεύνησαν τις ανακαλύψεις τους και πώς αυτές οδήγησαν σε νέα δεδομένα στον κόσμο της φυσικής και του σύμπαντος. Συγκεντρώνοντας το υλικό, δημιούργησαν παρουσιάσεις τόσο σε χαρτόνια όσο και

ψηφιοποιημένη μορφή. Η ψηφιοποιημένη παρουσίαση πραγματοποιήθηκε μέσω της διαδικτυακής εφαρμογής Prezi. Το σύνολο των παρουσιάσεων απεικονίστηκαν σε διαδραστική εικόνα μέσω της διαδικτυακής εφαρμογής [ThingLink](#).

Χρησιμοποιώντας τις γνώσεις τους από τον προγραμματισμό σε περιβάλλον Scratch, δημιούργησαν ένα παιχνίδι ([Particles Zoo](#)) με τα στοιχειώδη σωματίδια με στόχο την εμπέδωση των επιστημονικών ονομάτων τους (πρωτόνια, μιοζόνια, ηλεκτρόνια, νετρόνια κ.α.).

Μελετώντας το πείραμα του Γαλιλαίου Γαλιλέι σχετικά με την πτώση των σωμάτων καθώς και την προσομοίωση του ίδιου πειράματος από τη NASA σε συνθήκες που επικρατούν στο διάστημα, δηλαδή χωρίς την αντίσταση του αέρα, κατασκεύασαν το πρόγραμμα [Air Matters](#) που προσομοιώνει το πείραμα. Η παρουσίαση του πειράματος πραγματοποιείται με διαδραστικό τρόπο όπου ο χρήστης επιλέγει αν στο περιβάλλον υπάρχει ή όχι αέρας.

Αντλώντας υλικό από το μάθημα της Γεωγραφίας για το ηλιακό σύστημα, κατέγραψαν τις χιλιομετρικές αποστάσεις των πλανητών από τον Ήλιο και σε υποκλίμακα, αξιοποιώντας το πρόγραμμα των Μαθηματικών, αναπαράστηκαν στους διαδρόμους του σχολείου και στην αυλή, τις αποστάσεις με κιωλία και λωρίδες χαρτιού. Ταυτόχρονα συμμετείχαν στη ζωγραφική ενός τοίχου του σχολείου με τους πλανήτες, τον ήλιο και γνωστούς αστερισμούς.

Διάβασαν το “Είμαστε Αστρόσκηνη” Διονύση Σιμόπουλου και κατέγραψαν τις εντυπώσεις τους σε ψηφιακό πίνακα ανακοινώσεων ([padlet](#)). Οργάνωσαν θεατρικά σκετσάκια επιστημονικού περιεχομένου για την εκδήλωση λήξης του προγράμματος και συντονίστηκαν σε συγχρονισμένη αφήγηση της χρονολογίας του Σύμπαντος με ταυτόχρονη προβολή βίντεο. Δημιούργησαν δικά τους κόμικ με θέμα τον επιταχυντή του CERN.

Η μουσική δεν έμεινε απ’ έξω από τις δράσεις τους. Και στα δύο έτη της εφαρμογής του προγράμματος, οι μαθητές τροποποίησαν στίχους δημοφιλών τραγουδιών, και συνέθεσαν το δικό τους Big Bang σε χιπ χοπ. Διασκεύασαν αγαπημένα τους τραγούδια (τα μαθητικά τα χρόνια και Shape of You που μετονομάστηκε σε Shape of CERN) με στίχους που σχετίζονται με το Σύμπαν, τους πλανήτες, τους επιστήμονες και τη Φυσική.

Οι δράσεις ολοκληρώθηκαν με μία εκδήλωση-παρουσίαση των δημιουργημάτων και των έργων τους καθώς και των στιγμιότυπων που επέλεξαν να παρουσιάσουν στους συμμαθητές, τους εκπαιδευτικούς και τους γονείς τους. Με αυτόν τον τρόπο επέλεξαν να συνδέσουν την καινοτομία και τις δραστηριότητες του σχολείου με τη σχολική κοινότητα και την τοπική κοινωνία.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επιτυχία ενός προγράμματος έγκειται στην επιτυχή επίτευξη των σκοπών και των στόχων του. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του προγράμματος ήταν πολύ θετικά για το σύνολο των μαθητών, η συμμετοχή και ο ενθουσιασμός των οποίων ξεπέρασε κάθε προσδοκία, κρίνοντας από την καταγραφή των εντυπώσεών τους κατά τον απολογισμό του προγράμματος. Δυσκολίες και εμπόδια εμφανίστηκαν που αφορούσαν την εξεύρεση σχολικού χρόνου σε σχέση με την ύλη του επίσημου Αναλυτικού Προγράμματος καθώς και του συντονισμού των ενεργειών των μαθητών, ξεπεράστηκαν όμως σε όλες τις περιπτώσεις με την καλή συνεργασία και επικοινωνία όλων των συμμετεχόντων.

Το πρόγραμμα “Παίζοντας με τα πρωτόνια” ανήκει στα προγράμματα STEAM (Science-Επιστήμη, Technology-Τεχνολογία, Engineering-μηχανική, Art-Τέχνη, Mathematics- Μαθηματικά), δηλαδή μία διεπιστημονική εκπαιδευτική προσέγγιση ενισχύοντας τη δημιουργικότητα και το σχεδιασμό.

Τα πλεονεκτήματα της εκπαίδευσης STEM/ STEAM σύμφωνα με τη βιβλιογραφία είναι πολλαπλά. Οι έρευνες δείχνουν ότι βελτιώνονται οι δεξιότητες σκέψης, επίλυσης προβλημάτων και συγκράτησης της γνώσης, οι επιδόσεις στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες και παρακινούνται οι μαθητές να ακολουθήσουν σταδιοδρομία που σχετίζεται με τους τομείς STEM (Stohlmann et al.,2012). Γεγονός που στην περίπτωση των σχολείων μας επιβεβαιώνεται καθώς έχουμε μαθητές και μαθήτριες που έχουν ήδη δηλώσει ότι θα ακολουθήσουν επιστημονική κατεύθυνση (Φυσικού, Αστροφυσικού) ή εκδήλωσαν την επιθυμία όταν μεγαλώσουν να εργαστούν στο CERN.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Τέλος, επιβάλλεται να ευχαριστήσουμε τόσο τους εμπνευστές του προγράμματος, την κ. Τίνα Νάντσου και τον κ. Άγγελο Αλεξόπουλο όσο και τους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στην εφαρμογή του, κ. Κασσιανή Κατσιούλη, κ. Αριάδνη Σωτηριάδου, κ. Αγγελική Φλώρου, κ. Φένια Φελέκου, κ. Ουρανία Λάμπου, κ. Τσολάκη Καλλιρρόη, κ. Χατζηγιαννούλη Κατερίνα, κ. Κουλεντιανού Γεωργία, κ. Λεφάκη Λένα, την κ. Λαμπρίδη Στέφανο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Stohlmann, M., Moore, J. T. & Roehrig, H. G. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 2(1), 28-34.

Νάντσου Τ., Πειράματα Φυσικής με απλά υλικά, Science Experiments for Kids

Νάντσου Τ., 2017, Τεχνολογία του Large Hadron Collider: Δράσεις, Κατασκευές και Μακέτες,

Νάντσου Τ., 2017, Μαθήματα Στοιχειωδών Σωματιδίων με Απλά Υλικά,

Νάντσου Τ., 2017, Μαθήματα Αστρονομίας με Απλά Υλικά,

Νάντσου Τ., 2017, Μαθήματα Κοσμολογίας με Απλά Υλικά,

Παπανδρέου, Χ., 2017, Παιδαγωγικό Υλικό Playing with Protons και Θεωρίες Μάθησης

Δικτυακός Ιστότοπος Προγράμματος σχολείων <https://elenelli.wixsite.com/artpiprotons>

Ζωολογικός Κήπος Σωματιδίων <https://www.particlezoo.net/>

Σχεδιασμός, Υλοποίηση και Εφαρμογή Διδακτικών Δραστηριοτήτων Μαθηματικών και Φυσικής στο Γυμνάσιο με Χρήση Ρομποτικής και Διδακτικές STEM

Κόκκινος Θωμάς¹, Μόκα Αποστολία², Ξενάκης Απόστολος³, Παπαστεργίου Γεώργιος⁴

¹Απόφοιτος Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε. ΤΕΙ Θεσσαλίας
kokkinosthomas@gmail.com

²Απόφοιτος Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε. ΤΕΙ Θεσσαλίας
moka.apostolia@gmail.com

³Επιστημονικός Συνεργάτης ΤΕΙ Θεσσαλίας, Π.Δ. 407/80 Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
axenakis@uth.gr

⁴Εκπαιδευτικός Πληροφορικής, Μεταπτυχιακός Φοιτητής ΤΕΙ Θεσσαλίας
gpapasterg@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο να αναδείξει τα οφέλη της εκπαιδευτικής ρομποτικής ως εποπτικό μέσο διδασκαλίας STEM, μέσω πρακτικών διδακτικών σεναρίων Φυσικής και Μαθηματικών, όπως αυτά εφαρμόστηκαν εντός μίας τάξης Γυμνασίου. Τα διδακτικά σεναρία έχουν σχεδιαστεί με τη βοήθεια εργαλείων Lego Mindstorms και εφαρμόστηκαν εντός των προβλεπόμενων ωρών διδασκαλίας. Βασίζονται στα προτεινόμενα προγράμματα σπουδών του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου και εφαρμόζονται εξ ολοκλήρου για τη διδασκαλία συγκεκριμένων εννοιών. Τα διδακτικά ρομπότ και ο τρόπος που προγραμματίζονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως σύγχρονο διδακτικό εποπτικό εργαλείο, με τη βοήθεια του οποίου ο καθηγητής προσεγγίζει έννοιες Φυσικής και Μαθηματικών μέσω πρακτικών παραδειγμάτων. Είναι εύκολα προγραμματιζόμενα και περιλαμβάνουν μεγάλη ποικιλία από «τουβλάκια», «κινητήρες», «αισθητήρες» και άλλα εξαρτήματα με τα οποία μπορεί κανείς να χτίσει φυσικά μοντέλα. Τα στατιστικά στοιχεία που προκύπτουν από τη συμπλήρωση των φύλλων εργασίας αποδεικνύουν ότι οι μαθητές που ασχολήθηκαν με τα μοντέλα ρομποτικής ανταποκρίθηκαν σε πλειοψηφία σε όλες τις ερωτήσεις με ορθό τρόπο σε σύγκριση με την ομάδα μαθητών που διδάχθηκε τις ενότητες με τον «παραδοσιακό» τρόπο του μαυροπίνακα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Καινοτόμες Εκπαιδευτικές Πρακτικές Εκπαίδευσης STEM, Εκπαιδευτική Ρομποτική, Lego Mindstorms

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Εκπαιδευτική Ρομποτική είναι ένα αναπτυσσόμενο πεδίο που έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει σημαντικά τη φύση της επιστήμης και της τεχνολογικής εκπαίδευσης σε όλα τα επίπεδα, από το νηπιαγωγείο μέχρι και το Πανεπιστήμιο. Έχει αναδειχθεί ως ένα μοναδικό εκπαιδευτικό εργαλείο που μπορεί να προσφέρει πρακτικές δραστηριότητες διασκέδασης δημιουργώντας ένα ελκυστικό μαθησιακό περιβάλλον που τροφοδοτεί το ενδιαφέρον και την περιέργεια των σπουδαστών. Η εκπαιδευτική ρομποτική απορρέει από τις κονστρουκτιβιστικές (constructivist) θεωρίες του Jean Piaget, ο οποίος υποστηρίζει ότι η μάθηση στον άνθρωπο δεν είναι αποτέλεσμα μετάδοσης της γνώσης, αλλά μια ενεργητική διαδικασία κατασκευής της γνώσης που βασίζεται στις εμπειρίες. Επίσης απορρέει από την κονστρουκσιονιστική (constructionist) εκπαιδευτική φιλοσοφία του S. Papert (Papert, 1993), η οποία προσθέτει ότι η απόκτηση νέας γνώσης συντελείται πιο αποτελεσματικά όταν αυτοί που μαθαίνουν ασχολούνται με την κατασκευή προϊόντων που έχουν προσωπικό νόημα για αυτούς. Ο στόχος του κονστρουκσιονισμού είναι να δώσει στα παιδιά κατάλληλα πράγματα να κάνουν έτσι ώστε να μάθουν στην πράξη πιο αποτελεσματικά σε σύγκριση με πριν (Kafai Y., 1996).

Σ' αυτό το θεωρητικό πλαίσιο υιοθετείται μια κοινωνικο-εποικοδομητική (Social-constructivist) άποψη όπου η μάθηση δεν είναι εξατομικευμένη αλλά αποτελεί κοινωνική και κοινωνικοποιημένη δραστηριότητα, δηλαδή η μάθηση λαμβάνει χώρα σ' ένα κοινωνικό περίγυρο. Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο η χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής θα έχει θετικές επιπτώσεις εκτός από το γνωστικό τομέα και στο συναισθηματικό (αυτοεκτίμηση, αυτοπεποίθηση) και κοινωνικό (κοινωνικοποίηση, απομυθοποίηση).

Ο ρόλος των εκπαιδευτικών είναι να προσφέρουν ευκαιρίες στα παιδιά να συμμετέχουν σε πρακτικές έρευνες και να τους παρέχουν εργαλεία ώστε να κατασκευάζουν την γνώση στο περιβάλλον της τάξης (Dimitris, 2009). Η εκπαιδευτική ρομποτική δημιουργεί ένα μαθησιακό περιβάλλον στο οποίο τα παιδιά μπορούν να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους και να δουλεύουν με προβλήματα του πραγματικού κόσμου με αποτέλεσμα η Εκπαιδευτική Ρομποτική να είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο το οποίο μπορεί να παρέχει εμπειρίες οικοδόμησης. Μελέτες αναφέρουν πως η ρομποτική μπορεί να επηρεάσει αποτελεσματικά τη μάθηση των μαθητών, ιδιαίτερα σε τομείς θετικών επιστημών (Φυσική, Μαθηματικά, Μηχανική, Πληροφορική, Βιολογία κτλ), καλλιεργώντας γνωστικές και κοινωνικές δεξιότητες όπως ερευνητική ικανότητα, δημιουργική σκέψη, αποτελεσματική ανάλυση δεδομένων και λήψη αποφάσεων, επίλυση προβλημάτων, επικοινωνιακή ικανότητα και ομαδικό πνεύμα και άλλα. Αυτές είναι οι δεξιότητες που απαιτούνται και στον σύγχρονο εργασιακό χώρο του 21^{ου} αιώνα (Blikstein, 2013).

Η Εκπαιδευτική ρομποτική αποτελεί σημαντικό κομμάτι των τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (Τ.Π.Ε.) στην Εκπαίδευση. Το βασικό της εργαλείο είναι το «ρομπότ», το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα αποτελεσματικό εποπτικό μέσο και εργαλείο για την ανάπτυξη γνωστικών δομών για τα παιδιά. Οι μαθητές εμπλέκονται σε δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων όπως απορρέουν από τον πραγματικό κόσμο, εξασφαλίζοντας την αποτελεσματικότερη οικοδόμηση της γνώσης τους (Turhak, 2002). Η εκπαίδευση με τη ρομποτική πραγματοποιείται με την ενεργή συμμετοχή των μαθητών ή φοιτητών οι οποίοι δουλεύουν σε ομάδες χρησιμοποιώντας ένα εκπαιδευτικό πακέτο που περιέχει επεξεργαστή (μυαλό), αισθητήρες (αισθήσεις) ως εισόδους της κατασκευής, κινητήρες ως εξόδους και δομικά στοιχεία για την ολοκλήρωση της κατασκευής. Η ενασχόληση με τη ρομποτική ενέχει δύο ειδών δραστηριότητες: μια κατασκευαστική και μια προγραμματιστική.

Μέχρι στιγμής δεν υπάρχει συστηματική εισαγωγή της ρομποτικής στα σχολικά προγράμματα εντός του σχολείου. Ωστόσο, δημιουργήθηκε μια πληθώρα κατασκευαστικών ρομποτικών εργαλείων που αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 2000 με βελτιωμένα και φιλικότερα σχέδια (LEGO Mindstorms NXT, Arduino, Crickets και άλλα) τα οποία έχουν προετοιμάσει το έδαφος για τη δημοτικότητα της ρομποτικής μεταξύ φοιτητών όλων των ηλικιών. Η ιδέα των προγραμματιζόμενων ρομποτικών κατασκευών ξεκίνησε από την χελώνα Logo από τα τέλη της δεκαετίας του '60 (Kafai Y., 1996). Οι χελώνες αυτές συνδέονταν με τον υπολογιστή με καλώδιο και μπορούσαν να κινούνται αναλόγως με τις εντολές που λάμβαναν. Στην δεκαετία του '80, η LEGO παρουσιάζει το 'LEGO TECHNIC Control' με το Interface (διεπαφή) να ελέγχει κινητήρες και αισθητήρες μέσω μιας γλώσσας προγραμματισμού (LEGO Lines, Logo). Το 1998 η LEGO παρουσιάζει το 'LEGO Mindstorms Robotic Invention System', το οποίο πήρε το όνομά του από το βιβλίο του Papert, με τον προγραμματιζόμενο κύβο 'RCX / NXT' που αυτονομείται από τον υπολογιστή. Από το 2014, εταιρείες όπως η Cyttron Technologies πραγματοποιούν επιδρομές σε σχολεία και κέντρα μάθησης με το επαναπροσδιορίσιμο ρομπότ τους. Σχεδιασμένο να είναι εύκολο και ασφαλές για να συναρμολογηθεί και να είναι εύκολο να προγραμματιστεί, η ρομποτική έγινε πολύ προσιτή σε μικρά παιδιά που δεν έχουν δεξιότητες προγραμματισμού.

Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ

Η εκπαιδευτική ρομποτική είναι ένα μετασηματιστικό εργαλείο για την εκμάθηση, την υπολογιστική σκέψη, την κωδικοποίηση και τη μηχανική, που όλο και περισσότερο θεωρούνται ως κρίσιμα συστατικά της μάθησης STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) στην εκπαίδευση. Η

μάθηση με την εκπαιδευτική ρομποτική παρέχει στους μαθητές ευκαιρίες ώστε να σταματήσουν να αμφισβητούν και να αρχίσουν να σκέφτονται πιο ώριμα για την τεχνολογία.

Παρόλο που η ρομποτική στην εκπαίδευση για παιδιά σχολικής ηλικίας υφίσταται από τα τέλη του 19ου αιώνα και γίνεται όλο και πιο δημοφιλής στους νέους φοιτητές, δεν είναι καλά ενσωματωμένη ως εργαλείο τεχνολογικής μάθησης σε κανονικά σχολικά περιβάλλοντα (Blikstein, 2013). Η ρομποτική, εκτός από γλώσσες προγραμματισμού, έχει χρησιμοποιηθεί και για να αναδείξει δύσκολες γνωστικές έννοιες που συνδέονται με ποικίλα διδακτικά αντικείμενα, όπως η Τεχνολογία, τα Μαθηματικά, η Φυσική, με αναπαραστατικό και καινοτόμο τρόπο ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει την προσωπική έκφραση του μαθητή.

Η Εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πραγματοποίηση πειραματισμών και τη διερεύνηση σχέσεων σε διδακτικές παρεμβάσεις μικρής διάρκειας. Παραδείγματα τέτοια είναι μία ρομποτική διάταξη που επιτρέπει τη μελέτη της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης (Litinas, 2013) (σχέση χρόνου - μετατόπισης, σχέση χρόνου - ταχύτητας) ή μία ρομποτική διάταξη που επιτρέπει τη μέτρηση της θερμοκρασίας ενός υγρού που θερμαίνεται. Ο προτεινόμενος και καλύτερος τρόπος οργάνωσης της διδασκαλίας είναι το μοντέλο της *συνθετικής εργασίας*, το οποίο επιτρέπει την πλήρη αξιοποίηση των εργαλείων της εκπαιδευτικής ρομποτικής στο πλαίσιο του εποικοδομητισμού, αφού μπορεί να φιλοξενήσει τον προσωπικό προβληματισμό των μαθητών, να οδηγήσει σε ποικίλους πειραματισμούς και να υλοποιηθεί μέσα από συνεργατικές δραστηριότητες. Οι μαθητές οικοδομούν πιο αποτελεσματικά τη γνώση όταν εμπλέκονται ενεργά στη σχεδίαση και την κατασκευή πραγματικών αντικειμένων που έχουν νόημα για τους ίδιους, είτε αυτά είναι κάστρα από άμμο, είτε κατασκευές με ρομπότ και προγράμματα υπολογιστών.

Χρησιμοποιώντας δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής οι μαθητές μετατρέπονται από απλοί παρατηρητές σε ενεργά συμμετέχοντες, αναπτύσσοντας έτσι ένα μεγάλο αριθμό νοητικών δεξιοτήτων ως ερευνητές και δημιουργοί της νέας γνώσης. Τα παιδιά μεταφέρονται από την ατομική εργασία στην ομαδική μαθαίνοντας να σχεδιάζουν, να κατασκευάζουν να προγραμματίζουν, να ελέγχουν και να πειραματίζονται με την δικιά τους κατασκευή. Κατά το σχεδιασμό, την κατασκευή, τον προγραμματισμό και την τεκμηρίωση των αυτόνομων ρομπότ, οι σπουδαστές όχι μόνο μαθαίνουν πώς λειτουργεί η τεχνολογία, αλλά εφαρμόζουν και τις γνώσεις δεξιοτήτων και περιεχομένου που μαθαίνουν στο σχολείο με τρόπο ουσιαστικό και συναρπαστικό. Τα ρομποτικά πακέτα αξιοποιούν μια *black and white box* τεχνολογία που δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να υλοποιούν και να επεκτείνουν τις ιδέες τους, με τη χρήση έτοιμων δομικών στοιχείων (Williams, 2007). Έτσι, καθίσταται εφικτό να αφυπνιστεί το ενδιαφέρον των μαθητών με αξιοσημείωτα μαθησιακά αποτελέσματα. Το πιο σημαντικό είναι ότι η εκπαιδευτική ρομποτική παρέχει ένα διασκεδαστικό και συναρπαστικό μαθησιακό περιβάλλον.

Η ρομποτική αλλάζει τον παραδοσιακό χαρακτήρα της διδασκαλίας ως ακολούθως:

- Εμπλέκει ενεργά τους μαθητές στη μάθησή τους με την επίλυση αυθεντικών προβλημάτων.
- Υποστηρίζει τη διερευνητική μάθηση και ενισχύει τη διερευνητική στάση των μαθητών.
- Δίνει κίνητρα στους μαθητές να μελετήσουν την επιστήμη και την τεχνολογία.
- Επιτρέπει την ελεύθερη έκφραση και την ανάπτυξη της δημιουργικότητας και φαντασίας.
- Μέσα από την κατασκευή θέτει πραγματικά προβλήματα και παρέχει άμεση ανατροφοδότηση.
- Επιτρέπει την πρόσκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων που συνδέονται με πολλά γνωστικά αντικείμενα (και συνεπώς την προώθηση της διεπιστημονικής και διαθεματικής προσέγγισης).
- Η Εκπαιδευτική ρομποτική παρέχει στους μαθητές ευκαιρίες επίλυσης προβλημάτων με προσωπικό νόημα για τους ίδιους μέσω χειρισμού και κατασκευής πραγματικών ή ιδεατών αντικειμένων.
- Υποστηρίζει τη βιωματική μάθηση.
- Διευκολύνει την εκμάθηση του προγραμματισμού.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM

Η εκπαίδευση STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) έχει ως κέντρο της την *Επίλυση Προβλημάτων*, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Αυτό σημαίνει ότι η διδακτική προσέγγιση STEM αφορά το υπολογιστικό πείραμα, την υπολογιστική σκέψη με τρόπο διαθεματικό και διεπιστημονικό. Η εκπαίδευση STEM ενσωματώνει ένα συνεκτικό μαθησιακό υπόδειγμα που βασίζεται σε πραγματικές εφαρμογές και προβλήματα. Η επιστήμη είναι παντού στον κόσμο γύρω μας (Benitti, 2012). Η τεχνολογία επεκτείνεται συνεχώς σε κάθε πτυχή της ζωής μας. Η μηχανική διέπει τα βασικά σχέδια δρόμων και γεφυρών, αλλά αντιμετωπίζει επίσης τις προκλήσεις της αλλαγής του παγκόσμιου καιρού και των περιβαλλοντικών αλλαγών στο σπίτι μας. Τα μαθηματικά εμφανίζονται σε κάθε δραστηριότητα που κάνουμε στη ζωή μας.



Σχήμα 1: Διδακτική μεθοδολογία STEM

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της εκπαίδευσης STEM αποτελεί το γεγονός πως με τη βοήθειά της επιχειρείται ο μετασχηματισμός από το επίπεδο της παραδοσιακής δασκαλοκεντρικής διδασκαλίας, στη διδασκαλία όπου κυρίαρχο ρόλο στο αναλυτικό πρόγραμμα θα διαδραματίζει η ολοκλήρωση ενός έργου, η ανακαλυπτική - διερευνητική μάθηση, ενώ απαιτείται η δημιουργική εμπλοκή των εκπαιδευόμενων στην επίλυσή του. Με τον τρόπο αυτό, η μαθησιακή διαδικασία καθίσταται πιο ενδιαφέρουσα για τους μαθητές και με λιγότερες γνωστικές δυσκολίες. Αυτό το μοντέλο συνδυασμένης μάθησης έχει ως στόχο να δώσει στους μαθητές την ευκαιρία να βιώσουν διαφορετικούς τρόπους μάθησης και επίλυσης προβλημάτων (Zygouris N., 2017). Καταργείται ο «κακός δάσκαλος» και τη θέση του καταλαμβάνει η δημιουργία, η αναζήτηση, η έμπνευση, ο αναστοχασμός. Επίσης η εκπαίδευση STEM προσφέρει στους μαθητές ένα μαθησιακό περιβάλλον όπου οι μαθητές εξερευνούν, εφευρίσκουν, ανακαλύπτουν, με αποτέλεσμα να αποκτήσουν όχι μόνο δεξιότητες του 21ου αιώνα, αλλά και να έχουν την ευκαιρία να δημιουργήσουν νέες δεξιότητες στο μέλλον. Η STEM εκπαίδευση, με τη χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής, συμβάλλει στην αλλαγή προσανατολισμού της μαθησιακής διαδικασίας σε σχέση με την παραδοσιακή τάξη. Μέσω του σχεδιασμού και της διεξαγωγής κατάλληλων δραστηριοτήτων ρομποτικής, υπάρχει η δυνατότητα να πραγματοποιηθούν όλοι οι στόχοι που ορίζει το πνεύμα STEM, ως ακολούθως:

- *Διεπιστημονικότητα*: Οι δραστηριότητες της εκπαιδευτικής ρομποτικής καλλιεργούν στα παιδιά γνώσεις από τους παραπάνω κλάδους, αλλά αναπτύσσουν και δεξιότητες που αναδύονται από τη συνδυαστική διδασκαλία τους (Benitti, 2012).
- *Επίλυση προβλημάτων*: Σε μια δραστηριότητα που περιλαμβάνει τη χρήση εκπαιδευτικών ρομπότ, οι μαθητές καλούνται να αντιμετωπίσουν πολυάριθμα προβλήματα, τα οποία πηγάζουν από τα εμπόδια που πρέπει να ξεπεράσουν για την επίτευξη των στόχων της δραστηριότητας.
- *Φαντασία και δημιουργικότητα*: Η ιδέα της «καινοτομίας» συνδέεται άμεσα με τη φαντασία, η οποία σχετίζεται με τη διαδικασία επίλυσης ενός προβλήματος.
- *Λογικός και αφαιρετικός συλλογισμός (logical and abstract reasoning)*: Η διαδικασία κατασκευής ενός εκπαιδευτικού ρομπότ προϋποθέτει τον σχεδιασμό και την συναρμολόγησή του με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ικανό να λειτουργήσει σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον και να εκτελέσει συγκεκριμένες ενέργειες. Αυτό προϋποθέτει από τον μαθητή την

μοντελοποίηση του ρομπότ και του περιβάλλοντός του κατά έναν αφαιρετικό τρόπο, προκειμένου να προβλέψει τη συμπεριφορά του (Dimitris, 2009).

Τα μαθησιακά οφέλη των μαθητών από την STEM εκπαίδευση είναι πολλαπλά. Αναφέρονται ενδεικτικά: ενθουσιασμός και διασκεδαστική μάθηση, πρόταση λύσεων σε πραγματικά προβλήματα, εμπλοκή σε κατασκευές, ερευνητικό πνεύμα, οικοδόμηση της γνώσης. Παράλληλα τα οφέλη του STEM για τους καθηγητές είναι: δοκιμή νέων διδακτικών μεθόδων, συνεργασία με άλλους καθηγητές άλλων αντικειμένων, ενίσχυση της τεχνολογικής τους δεξιότητας, παροχή καλύτερης αξιολόγησης διδακτικού έργου, εφαρμογή καινοτόμων στρατηγικών προς αλλαγή μαθησιακών αντιλήψεων, καλύτερη σύνδεση θεωρίας με πράξη.

ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

Η φιλοσοφία σχεδίασης του εκπαιδευτικού υλικού της Lego Mindstorms (LM) στηρίζεται στην άποψη ότι το παιδί πρέπει από μόνο του να οικοδομεί τη γνώση (Papert) και ειδικότερα στο ότι η μάθηση επέρχεται μέσα από το παιχνίδι (“learning through play”). Στόχος της χρήσης των LM επομένως είναι η ενσωμάτωση του παιχνιδιού στην εκπαιδευτική διαδικασία, δίνοντας τη δυνατότητα στο μαθητή να διασκεδάσει και να χρησιμοποιήσει τη φαντασία του. Στην ενότητα αυτή θα κάνουμε μία σύντομη αναφορά σε τεχνικά στοιχεία, υπογραμμίζοντας τις δυνατότητες που παρέχει το πακέτο LM στους μαθητές και καθηγητές. Η εύχρηστη πλατφόρμα οπτικού προγραμματισμού της LM μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από μικρές ηλικίες. Στο Σχήμα 2 δίνεται ένα παράδειγμα του προγραμματιστικού περιβάλλοντος EV3.



Σχήμα 2: Προγραμματιστικό Περιβάλλον Lego EV3 με παράδειγμα οπτικού κώδικα

Το περιβάλλον προγραμματισμού EV3 αποτελείται από τις παρακάτω κύριες περιοχές:

- *Προγραμματιστική Περιοχή* : Εδώ σχεδιάζεις το πρόγραμμά σου. (1)
- *Προγραμματιστικά εικονίδια* : Περιέχει όλα τα μπλοκ κατασκευής για να χτίσεις το πρόγραμμά σου. (2)
- *Επικοινωνία του εγκεφάλου EV3 με το πρόγραμμα*: Εδώ πραγματοποιείς και διαχειρίζεσαι την επικοινωνία σου με το τουβλάκι EV3 Brick και βλέπεις ποιοι κινητήρες και αισθητήρες έχουν συνδεθεί πού. Από εδώ επίσης κατεβάζεις προγράμματα στο τουβλάκι EV3 Brick. (3)
- *Ένα ψηφιακό βιβλίο εργασίας ενσωματωμένο στο λογισμικό*. Πάρε οδηγίες ή τεκμηρίωσε το έργο σου χρησιμοποιώντας κείμενο, εικόνες και βίντεο. (4)

Τα blocks που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια ανάπτυξης οπτικού προγραμματισμού στον σχεδιασμό των διδακτικών δραστηριοτήτων δίνονται στις παρακάτω εικόνες.



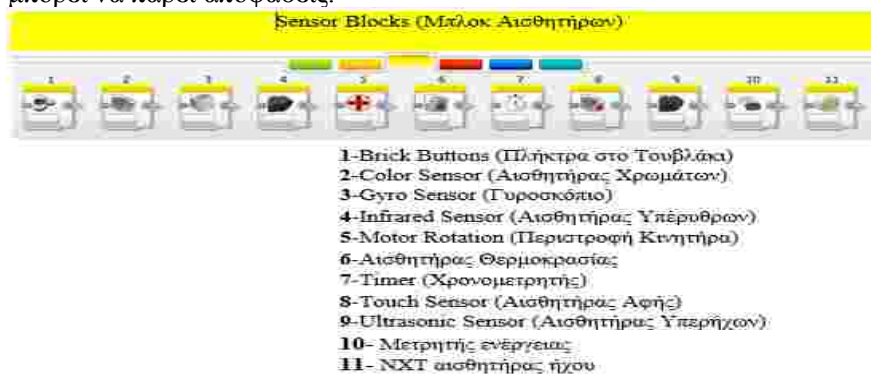
Σχήμα 3: Action Blocks (Μπλόκ Ενεργειών)

Με τη χρήση των action blocks μπορούμε να ελέγξουμε τους κινητήρες του ρομπότ, καθώς και την εικόνα, τον ήχο και το φως γύρω από το «έξυπνο» τούβλο (εγκέφαλος) του ρομπότ. Στο Σχήμα 4 παραθέτουμε τα μπλοκ ροής, με τα οποία μπορούμε να αποφασίσουμε για τη ροή ελέγχου του προγράμματος (δομές επιλογής και επανάληψης).



Σχήμα 4: Flow Blocks (Μπλοκ Ροής)

Στο Σχήμα 5 φαίνονται τα μπλόκ αισθητήρων που χρησιμοποιούνται, βάση των οποίων το ρομπότ μπορεί και «αισθάνεται» το περιβάλλον του, μετρά αποστάσεις, θερμοκρασία, ενέργεια κτλ. και βάση των μετρήσεων μπορεί να πάρει αποφάσεις.



Σχήμα 5: Sensor Blocks (Μπλοκ Αισθητήρων)

Τέλος υπάρχουν και μπλόκ για καταγραφή δεδομένων από αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο και παραγωγή γραφικών παραστάσεων που απεικονίζουν τις σχέσεις μεταξύ φυσικών ποσοτήτων.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Στο σημείο αυτό παραθέτουμε τα διδακτικά σενάρια σε συγκεκριμένες ενότητες των μαθηματικών και της φυσικής, όπως εφαρμόστηκαν σε τάξη Γυμνασίου. Όσο αφορά τα μαθηματικά, έχουμε σχεδιάσει (3) διαφορετικά διδακτικά σενάρια: Το πρώτο αφορά «στοιχεία κύκλου», δραστηριότητες δηλαδή βάση των οποίων οι μαθητές κατακτούν έννοιες διαμέτρου, περιμέτρου και πως η διάμετρος της ρόδας του ρομπότ επηρεάζει την συνολική απόσταση που καλύπτεται σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (Zygouris N., 2017). Το δεύτερο σενάριο αφορά «στοιχεία τριγωνομετρίας» και συγκεκριμένα νόμο συνημίτονων. Το τρίτο σενάριο αφορά «γραφικές παραστάσεις» και εμπίπτει και σε θέματα κινηματικής φυσικής (ευθύγραμμη ομαλή κίνηση). Όλα τα σενάρια είναι συνδεδεμένα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών (Α.Π.Σ.) και οι λεπτομέρειες δίνονται στις παρακάτω ενότητες. Όσο αφορά τη Φυσική, σχεδιάστηκαν επίσης (3) διδακτικά σενάρια τα οποία είναι: το πρώτο αφορά μελέτη «ευθύγραμμης ομαλής κίνησης» (έννοιες ταχύτητας και μετατόπισης), το δεύτερο αφορά «ανεμογεννήτρια» (θέματα ενέργειας) και το τρίτο αφορά «ένταση φωτός» (μέτρηση χρωματικής έντασης μέσω αισθητήρα χρώματος) (Williams, 2007).

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Στον Πίνακα 1 παραθέτουμε την σύνδεση των (3) διδακτικών σεναρίων μαθηματικών όπως σχεδιάστηκαν, με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών (Α.Π.Σ.). Για χάρη εξοικονόμησης χώρου ως προς την συγγραφή της παρούσας εργασίας, συγκεντρώσαμε και τα (3) σενάρια σε έναν πίνακα (Πίνακας 1), και όπου χρειάζεται γίνεται διαχωρισμός στην εξήγηση των εννοιών. Τα σενάρια μαζί με τις λύσεις

τους βρίσκονται στον σύνδεσμο: <https://drive.google.com/open?id=1BFahLQVWX4WvfecnPQiadd6VHP5TPaY4>

Τα μέρη του Σεναρίου (Σ)	Ανάλυση Σεναρίων (Σ)
1.1 ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ	Σ1: Στοιχεία του κύκλου
	Σ2: Τριγωνομετρία
	Σ3: Γραφικές παραστάσεις
1.2 ΤΑΞΕΙΣ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΑΠΕΥΘΥΝΕΤΑΙ	Σ1: Μαθητές της Α' τάξης Γυμνασίου.
	Σ2: Μαθητές της Β' τάξης Γυμνασίου.
	Σ3: Μαθητές της Β' τάξης Γυμνασίου.
1.3 ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΕΣ ΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	Σ1: Μαθηματικά, Γεωμετρία, Εκπαιδευτική ρομποτική, Απόσταση, Κίνηση σε ευθεία, Περιφέρεια και στοιχεία κύκλου, μαθαίνω το π.
	Σ2: Μαθηματικά, Τριγωνομετρία, Νόμος των συνημίτονων.
	Σ3: Μαθηματικά, Ευθύγραμμη κίνηση, Ταχύτητα, Γραφικές παραστάσεις.
1.4 ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ	Σ1: Απλή μέθοδος των τριών, Δομικά στοιχεία κύκλου.
	Σ2: Τριγωνικός πίνακας, ημίτονο και συνημίτονο οξείας γωνίας.
	Σ3: Βασικές έννοιες στατιστικής
1.5 ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ	Σ1: 2 διδακτικές ώρες
	Σ2: 1 διδακτική ώρα
	Σ3: 1 διδακτική ώρα
1.6 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΦΥΛΛΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Σ1: Σκοπός αυτού του Φύλλου Εργασίας είναι ο μαθητής να γνωρίσει το π, ποια είναι τα στοιχεία ενός κύκλου και χρησιμοποιώντας τα να μπορεί υπολογίσει ακριβές αποστάσεις που θα διανύει το ρομπότ.
	Σ2: Σκοπός αυτού του φύλλου εργασίας είναι να μπορεί ο μαθητής να χρησιμοποιήσει τριγωνομετρία για να υπολογίσει την υποτεινόμενη γωνία με δεδομένα μια πλευρά και δύο γωνίες.
	Σ3: Σκοπός αυτού του φύλλου εργασίας είναι να γνωρίσει ο μαθητής την ευθύγραμμη κίνηση με τη βοήθεια του ρομπότ και να δημιουργεί γραφικές παραστάσεις για τις σχέσεις χρόνου – ισχύ κινητήρα και ταχύτητας – ισχύ κινητήρα
1.7 ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ	Σ1: Να γνωρίζει έννοιες όπως περίμετρος, ακτίνα, διάμετρος, να υπολογίζει αποστάσεις που διανύει το ρομπότ, να χρησιμοποιεί εντολές κίνησης
	Σ2: Να γνωρίζει να χρησιμοποιεί τον αισθητήρα γυροσκόπιο, να χρησιμοποιεί τον νόμο των συνημίτονων
	Σ3: Να γνωρίζει την σχέση ισχύς κινητήρα με χρόνο και ταχύτητα, να υλοποιεί γραφικές παραστάσεις, να βγάζει συμπεράσματα διαβάζοντας γραφικές
1.8 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΥΛΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗ ΥΠΟΔΟΜΗ	Σ1: Προτείνεται η οργάνωση των μαθητών σε ομάδες 2-3 ατόμων. Απαιτείται ο κατάλληλος αριθμός υπολογιστών καθώς και πακέτων Lego Mindstorms ev3.
	Σ2: Προτείνεται η οργάνωση των μαθητών σε ομάδες 2-3 ατόμων. Απαιτείται ο κατάλληλος αριθμός υπολογιστών καθώς και πακέτων Lego Mindstorms ev3.
	Σ3: Προτείνεται η οργάνωση των μαθητών σε ομάδες 2-3 ατόμων. Απαιτείται ο κατάλληλος αριθμός υπολογιστών καθώς και πακέτων Lego Mindstorms ev3.
1.9 ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΟ Α.Π.Σ.	Σ1: Βιβλίο Μαθητή, Μέρος Β': Γεωμετρία, 1.11. Κύκλος και στοιχεία του κύκλου
	Σ2: Βιβλίο Μαθητή, Μέρος Β' - Κεφάλαιο 2 : Τριγωνομετρία, Β.2.2 Ημίτονο και συνημίτονο οξείας γωνίας.
	Σ3: Βιβλίο Μαθητή, Μέρος Α' - Κεφάλαιο 3 : Συναρτήσεις, Α.4.2 Γραφικές παραστάσεις.
1.10 ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ	Σ1: περιφέρεια κύκλου $C = \pi * d$ (1)

	$\Sigma 2: \text{ συν} = \frac{\text{προσκειμένηκάθετηπλευρά}}{\text{υποτείνουσα}}, \eta\mu = \frac{\text{απέναντικάθετηπλευρά}}{\text{υποτείνουσα}}$ $\epsilon\phi = \frac{\eta\mu\omega}{\text{συν}\omega} \quad (2)$
--	---

Πίνακας 1: Σύνδεση διδακτικών σεναρίων Μαθηματικών Γυμνασίου με το Α.Π.Σ.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Στον Πίνακα 2, παρουσιάζουμε τα (3) σεναρίων Φυσικής στα μέρη τους. Τα σεναρία Φυσικής, όπως και των μαθηματικών αποτελούνται από δραστηριότητες. Οι λύσεις τους βρίσκονται στον σύνδεσμο: <https://drive.google.com/open?id=1BFahLQVWX4WvfeenPQiadd6VHP5TPaY4>

Τα μέρη του Σεναρίου (Σ)	Ανάλυση Σεναρίων (Σ)
1.1 ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΣΕ-ΝΑΡΙΟΥ	Σ1: Κίνηση σε ευθεία
	Σ2: Ανεμογεννήτρια
	Σ3: Ένταση φωτός
1.2 ΤΑΞΕΙΣ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΑΠΕΥΘΥΝΕΤΑΙ	Σ1: Μαθητές της Β' τάξης του Γυμνασίου
	Σ2: Μαθητές της Β' τάξης του Γυμνασίου
	Σ3: Μαθητές της Γ' τάξης του Γυμνασίου
1.3 ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΕΣ ΓΝΩ-ΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	Σ1: Μετατόπιση, Κίνηση με σταθερή ταχύτητα, Ταχύτητα
	Σ2: Ενέργεια
	Σ3: Γραφικές παραστάσεις, ανάκλαση φωτός, αισθητήρας χρώματος
1.4 ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ	Σ1: Ευθύγραμμη κίνηση, να υλοποιεί γραφικές παραστάσεις
	Σ2: Έργο και ενέργεια, μορφές της ενέργειας, πηγές ενέργειας
	Σ3: Διάδοση φωτός, γραφικές παραστάσεις
1.5 ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ	Σ1: 2 διδακτικές ώρες
	Σ2: 2 διδακτικές ώρες
	Σ3: 2 διδακτικές ώρες
1.6 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΦΥΛΛΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Σ1: Σκοπός αυτού του Φύλλου Εργασίας είναι ο μαθητής να γνωρίσει την έννοια της ταχύτητας και της μετατόπισης χρησιμοποιώντας το ρομπότ.
	Σ2: Σκοπός αυτού του φύλλου εργασίας είναι ο μαθητής χρησιμοποιώντας την κατασκευή της ανεμογεννήτριας να κατανοήσει την λειτουργία της διαβάζοντας και καταγράφοντας την ηλεκτρική τάση και ενέργεια που παράγει.
	Σ3: Σκοπός αυτού του Φύλλου Εργασίας είναι ο μαθητής να μπορεί να βγάλει συμπεράσματα από μια γραφική χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα χρώματος.
1.7 ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ	Σ1: Να γνωρίζει την έννοια της μετατόπισης και να την υπολογίζει, την έννοια της ταχύτητας και να την υπολογίζει, να υλοποιεί γραφικές παραστάσεις

	<p>Σ2: Να γνωρίζει τον τρόπο λειτουργίας της ανεμογεννήτριας.</p> <p>Σ3: Να γνωρίζει το φάσμα φωτός, την ένταση φωτός, να χρησιμοποιεί αισθητήρα χρώματος.</p>
1.8 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΥΛΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗ ΥΠΟΔΟΜΗ	<p>Σ1: Προτείνεται η οργάνωση των μαθητών σε ομάδες 2-3 ατόμων. Απαιτείται ο κατάλληλος αριθμός υπολογιστών καθώς και πακέτων Lego Mindstorms ev3.</p> <p>Σ2: Προτείνεται η οργάνωση των μαθητών σε ομάδες 2-3 ατόμων. Απαιτείται ο κατάλληλος αριθμός υπολογιστών καθώς και πακέτων Lego Mindstorms ev3.</p> <p>Σ3: Προτείνεται η οργάνωση των μαθητών σε ομάδες 2-3 ατόμων. Απαιτείται ο κατάλληλος αριθμός υπολογιστών καθώς και πακέτων Lego Mindstorms ev3.</p>
1.9 ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΟ Α.Π.Σ.	<p>Σ1: Βιβλίο Μαθητή, Κεφάλαιο 2 – Κινήσεις: 2.3 Κίνηση με σταθερή ταχύτητα</p> <p>Σ2: Βιβλίο Μαθητή, Κεφάλαιο 5 – Ενέργεια: 5.6 Πηγές ενέργειας</p> <p>Σ3: Βιβλίο Μαθητή, Ενότητα 7 : Ανάκλαση του φωτός</p>
1.10 ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ	<p>Σ1: Μετατόπιση $\Delta x = x_{τελ} - x_{αρχ}$ Γαχύτητα: $U = \frac{\Delta x}{t}$ (5)</p> <p>(4)</p>

Πίνακας 2: Σύνδεση διδακτικών σεναρίων Φυσικής Γυμνασίου με το Α.Π.Σ.

ΣΤΑΣΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

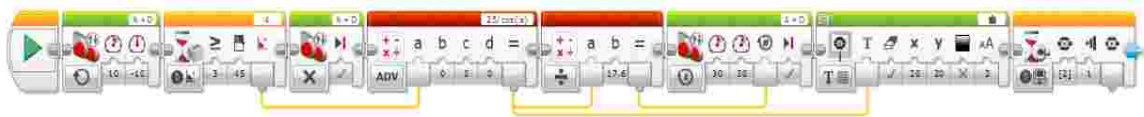
Για την εκτέλεση των σεναρίων, η τάξη χωρίστηκε σε δύο ομάδες, η πρώτη ομάδα ονομάστηκε «ομάδα ρομποτικής» και χρησιμοποίησε ρομποτική για την επίλυση των φύλλων εργασίας και η δεύτερη ομάδα ονομάστηκε «ομάδα ελέγχου» (Zygouris N., 2017). Η κατανομή των μαθητών μεταξύ των ομάδων ήταν ίση (13 ρομποτικής και 13 στην ελέγχου), καθώς επίσης η κατανομή μεταξύ των ομάδων όσο αφορά το φύλλο των μαθητών ήταν ίση επίσης (7 αγόρια, 6 κορίτσια στην ομάδα ρομποτικής και 6 κορίτσια με 7 αγόρια στην ομάδα ελέγχου). Στον Πίνακα 3 έχουμε συνοψίσει στατιστικά στοιχεία ορθών απαντήσεων των δύο ομάδων, ενδεικτικά για κάποιες ερωτήσεις που τέθηκαν.

Ερωτήσεις αξιολόγησης	Ποσοστό (%) ορθών απαντήσεων Ομάδα Ρομποτικής	Ποσοστό (%) ορθών απαντήσεων Ομάδα Ελέγχου
Τι γνωρίζεις για τον αριθμό π ; Γιατί είναι σημαντικός ; Και που χρησιμοποιείται ;	100	94
Ποιο σχήμα αποκαλούμε κύκλο;	98	95
Σε όλα τα τρίγωνα μπορούμε να σχεδιάσουμε 3 ύψη;	100	89
Ποιος είναι ο αριθμός του π;	98	91
Σε ποια μονάδα μέτρησης υπολογίζουμε τις γωνίες;	100	97

Πίνακας 3: Ποσοστό ορθών απαντήσεων σε κάποιες ερωτήσεις από τα φύλλα εργασίας ανάμεσα στις δύο ομάδες, σε ενότητες των Μαθηματικών

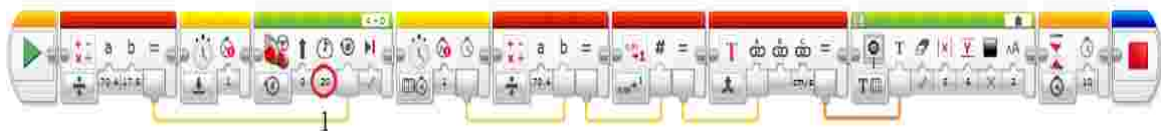
Η διαδικασία εφαρμογής των σεναρίων ήταν η ακόλουθη: Όταν ο εκπαιδευτικός ολοκλήρωσε το θεωρητικό κομμάτι της διδασκαλίας καλύπτοντας τις έννοιες που πρέπει, οι μαθητές χωρίζονται σε

ομάδες και εκτελούν με τη βοήθειά του τα πειράματα, όπως περιγράφονται αντίστοιχα στις δραστηριότητες. Οι μαθητές εκτός του ότι αποκτούν βιωματικές εμπειρίες και γνώσεις, μαθαίνουν να εργάζονται σε ομάδες, να οργανώνουν κατάλληλα το χρόνο τους και να μοιράζουν αρμοδιότητες. Η συμπλήρωση των πινάκων εντός των δραστηριοτήτων των σεναρίων και η απάντηση στις ερωτήσεις τους αποτελούν μέρος της βασικής αξιολόγησης. Εκτός από τις δραστηριότητες στα φύλλα εργασίας που μοιράστηκαν για κάθε διδακτικό σενάριο, οι ερωτήσεις που ενδεικτικά συγκεντρώσαμε στον Πίνακα 3 έγιναν στα πλαίσια αξιολόγησης. Φαίνεται ότι η ομάδα που συμμετείχε στον προγραμματισμό και χρησιμοποίησε το ρομπότ έχει απαντήσει σε μεγαλύτερο ποσοστό (σχεδόν 100%) σε όλες τις απαντήσεις ορθά, κατακτώντας και οικοδομώντας την γνώση της. Έχουμε επιλέξει ενδεικτικά στο ακόλουθο Σχήμα 6 να δείξουμε κάποιες από τις δραστηριότητες που αφορούν παραμετροποίηση κώδικα οπτικού προγραμματισμού ώστε να υλοποιηθούν οι ασκήσεις των φύλλων εργασίας



Σχήμα 6: Το ρομπότ μπορεί να υπολογίσει το μήκος της υποτεινούσας ενός τριγώνου 45° . Το ρομπότ θα υπολογίσει την πλευρά θα την διασχίσει και θα εμφανίσει το αποτέλεσμα στην οθόνη

Στο ακόλουθο Σχήμα 7, απεικονίζεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε και βάση του οποίου αλλάζοντας τις τιμές των παραμέτρων, οι μαθητές πειραματίζονται με την ισχύ του κινητήρα ώστε να εξάγουν μία σχέση εξάρτησης μεταξύ της ισχύος, του πλήθους των περιστροφών κινητήρα και της ταχύτητας.



Σχήμα 7: Εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη σχέση ισχύος κινητήρα και ταχύτητα κίνησης

Φύλλα εργασίας επίσης μοιράστηκαν και για τις έννοιες της Φυσικής. Στο Σχήμα 8, απεικονίζεται ο κώδικας που δόθηκε στους μαθητές και βάση του οποίου πειραματίστηκαν με τις τιμές των παραμέτρων ώστε να εξάγουν συμπεράσματα σχετικά με την απόσταση που διανύει το ρομπότ ανάλογα με το χρόνο για σταθερή ταχύτητα (ευθύγραμμη ομαλή κίνηση). Έπειτα εργάστηκαν ώστε να πραγματοποιήσουν τη γραφική παράσταση που προκύπτει από τις μετρήσεις που έλαβαν.



Σχήμα 8: Εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη σχέση απόστασης – χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

Σε όλη τη διαδικασία εφαρμογής και εκτέλεσης των σεναρίων, ο εκπαιδευτικός εκλαμβάνει τον ενθουσιασμό των μαθητών που εμπλέκονται με αυτόν τον τρόπο στη μάθηση. Οι μαθητές αγγίζουν στην πράξη της «ανακαλυπτική μάθηση» και φαίνονται περισσότερο προσηλωμένοι στον στόχο τους. Η συντριπτική πλειοψηφία αυτών που αγγίζει το ποσοστό του 93% απάντησε ότι η ρομποτική τους βοήθησε περισσότερο στην κατάκτηση νέων γνώσεων και κυρίως τους έδωσε τον χώρο και τον χρόνο

να εκτελέσουν τα δικά τους πειράματα, επιβεβαιώνοντας πειραματικά τα αποτελέσματα που προβλέπουν οι νόμοι.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον Διευθυντή του Γυμνασίου – Λ.Τ. Νέου Μοναστηρίου Φθιώτιδας, κ. Καλτσά Ιωάννη (Οικονομολόγο Π.Ε.80) ο οποίος μας επέτρεψε να εφαρμόσουμε τα προτεινόμενα σενάρια STEM. Επίσης τους συναδέλφους κ. κ. Καραμπούζη Γεώργιο (Φυσικό Π.Ε. 04.01) και κ. Κόκκοτα Ευθύμιο (Μαθηματικό Π.Ε. 03), οι οποίοι συνεργάστηκαν μαζί μας για την εφαρμογή και εκτέλεση των διδακτικών σεναρίων. Τέλος ευχαριστούμε τον μαθητή της Α' Λυκείου, Χρήστο Ζαχάρο, για τη βοήθειά του καθ' όλη τη διάρκεια της διδακτικής ώρας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Benitti, F. B. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58 (3), pp. 978-988.

Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and 'making' in education: The democratization of invention. *Journal Walter Herrmann & C. Bóching (eds.)*, pp. 1-21.

Dimitris, A. (2009). *Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods*. Athens: ASPETE, School of Pedagogical and Technological Education.

Kafai Y., R. M. (1996). Constructionism in Practice. *Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey*.

Litinas, A. (2013). Plannin implementation and evalutaion of lab activities using robotictchnology for teaching the phenomenon of motion. *3rd Pan-Hellenic Conference "Integration and Use of ICT in Educational Process"*. Piraeus: HAICTE.

Papert, S. (1993). *Mindstorms: Children computers and powerful ideas*. New York: New York, NY:Basic Books.

Turbak, F. B. (2002). Robotic design studio: exploring the big ideas of engineering in a liberal arts environment. *Jouranal of Science and Education Technology*, 11(3), pp. 237–253.

Williams, D. C. (2007). Acquisition of physics content knowledge and scientific inquiry skills in a robotics summer camp. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(2), p. 2007.

Zygouris N., S. A. (2017). The use of LEGO mindstorms in elementary schools. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*.

Το Υπολογιστικό Πείραμα με τη βοήθεια Γνωστικών Εργαλείων σε Ανακαλυπτικές και Κατασκευαστικές Προσεγγίσεις STEM

Δρ Κορρές Κωνσταντίνος

Δρ Διδακτικής Θετικών Επιστημών με Νέες Τεχνολογίες

Επιστημονικός συνεργάτης Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε., Ε.Κ.Π.Α.

korres.konstantinos@gmail.com

www.kkorres.mysch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα υπολογιστικά γνωστικά ή νοητικά εργαλεία μπορούν να αξιοποιηθούν στα πλαίσια της ανακαλυπτικής και κατασκευαστικής μάθησης. Οι προσεγγίσεις STEM βασίζονται κυρίως στην ανακαλυπτική και κατασκευαστική μάθηση, εφόσον οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά σε δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων, με προβλήματα προερχόμενα από τα αντικείμενα του STEM και οι μαθητές χρησιμοποιούν υπολογιστικά γνωστικά εργαλεία σε όλες τις φάσεις των δραστηριοτήτων ανακαλυπτικής και κατασκευαστικής μάθησης.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η μεθοδολογία του υπολογιστικού πειράματος σε ανακαλυπτικές και κατασκευαστικές προσεγγίσεις STEM και γίνεται διερεύνηση του τρόπου αξιοποίησης των υπολογιστικών γνωστικών εργαλείων στις ανακαλυπτικές και κατασκευαστικές προσεγγίσεις STEM. Παρουσιάζονται αποτελέσματα ερευνών σχετικών με τα πλεονεκτήματα της χρήσης των υπολογιστικών εργαλείων στη μάθηση των αντικειμένων του STEM και γίνεται διερεύνηση των πτυχών της μάθησης στις οποίες παρατηρείται βελτίωση. Τέλος παρουσιάζεται ένα παράδειγμα μίας ανακαλυπτικής και κατασκευαστικής προσέγγισης STEM με τη μεθοδολογία του υπολογιστικού πειράματος, στη διδασκαλία του προσεγγιστικού υπολογισμού της στιγμιαίας ταχύτητας, στην οποία αξιοποιούνται γνωστικά υπολογιστικά εργαλεία, ειδικότερα το Excel, το Mathematica, το Matlab ή το Octave και το Geogebra.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Γνωστικά εργαλεία, Προσεγγίσεις STEM, Ανακαλυπτική και κατασκευαστική μάθηση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα υπολογιστικά περιβάλλοντα μάθησης μπορούν να υποστηρίξουν την κατασκευαστική και διερευνητική μάθηση (constructive and inquiry based learning) (Scardamalia & Bereiter 1991, Fund, 2007). Τα υπολογιστικά γνωστικά ή νοητικά εργαλεία (cognitive tools or mindtools), μπορούν να αξιοποιηθούν στα πλαίσια της διερευνητικής και ανακαλυπτικής μάθησης (inquiry based and discovery learning), ως διανοητικοί συνεργάτες των μαθητών, για τη δημιουργία μιας «γνωστικής σκαλωσιάς» (scaffolding) προς την «ουσιαστική μάθηση» (meaningful learning) (Korres, 2018, 2007, Jonassen, 2000).

Η υποστήριξη της διαδικασίας της μάθησης («σκαλωσιά») (scaffolding) βοηθάει τους μαθητευόμενους στο να μικρύνουν την απόσταση μεταξύ αυτών που μπορούν να κάνουν μόνοι τους και αυτών που μπορούν να κάνουν υπό καθοδήγηση (Hartman, 2001). Η υποστήριξη της μάθησης που βασίζεται σε υπολογιστές (computer-based scaffolding) βοηθάει τους μαθητές όταν παράγουν λύσεις σε πολύπλοκα προβλήματα, στόχους ή καθήκοντα, συμβάλλοντας στην αύξηση και την ενσωμάτωση ικανοτήτων υψηλότερης τάξης στη διαδικασία (Belland et al. , 2017).

Οι προσεγγίσεις STEM βασίζονται κυρίως στην ανακαλυπτική και κατασκευαστική μάθηση, εφόσον οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά σε δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων, με προβλήματα προερχόμενα από τα αντικείμενα του STEM και οι μαθητές χρησιμοποιούν υπολογιστικά γνωστικά εργαλεία σε όλες τις φάσεις των δραστηριοτήτων ανακαλυπτικής και κατασκευαστικής μάθησης.

ΟΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ STEM (SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, MATHEMATICS APPROACHES)

Οι προσεγγίσεις STEM ενσωματώνουν έννοιες που συνήθως διδάσκονται σε ξεχωριστά μαθήματα σε διαφορετικές τάξεις και υποστηρίζουν την εφαρμογή της γνώσης σε πραγματικές καταστάσεις. Ένα μάθημα σε μια τάξη STEM περιστρέφεται γύρω από την επίλυση πραγματικών προβλημάτων (problem solving) και υποστηρίζει τη μάθηση μέσω ερευνητικής εργασίας (project based learning).

Οι προσεγγίσεις STEM υποστηρίζουν την εγκάρσια δια-επιστημονικότητα (transdisciplinary approach), όπου προκειμένου να μελετηθούν προβλήματα σε ένα από τα αντικείμενα του STEM, χρησιμοποιούνται μέθοδοι από ένα ή περισσότερα από τα υπόλοιπα αντικείμενα του STEM. Από τη διεπιστημονική (interdisciplinary) προσέγγιση STEM, όπου ένα θέμα μελετάται από τις επιστήμες του STEM με τις επιμέρους μεθόδους της κάθε επιστήμης, έχουμε τη δια-επιστημονική (transdisciplinary) προσέγγιση STEM, όπου για τη επίλυση ενός πραγματικού προβλήματος μεταφέρεται εμπειρία από τις επιστήμες του STEM και παράγεται μία νέα μεθοδολογία επίλυσης.

Στην ανακαλυπτική και κατασκευαστική προσέγγιση STEM την οποία παρουσιάζουμε στην εργασία αυτή, προκειμένου να μελετήσουμε την έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας στα προβλήματα κινήσεων της Φυσικής, δημιουργούμε μία επαναληπτική διαδικασία μέσω ενός αλγορίθμου υλοποιημένου σε μία γλώσσα προγραμματισμού (For $i = 1$ to n , do... ή Repeat until) με την οποία υπολογίζεται το όριο του $\Delta x/\Delta t$, καθώς το Δt τείνει στο 0. Στη συνέχεια εισάγουμε την έννοια της παραγώγου συνάρτησης και ερμηνεύουμε το πρόσημο και το ρυθμό μεταβολής της στιγμιαίας ταχύτητας μέσω της κλίσης της εφαπτόμενης ευθείας.

Η εκπαίδευση STEM θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί ως μία ξεχωριστή κατηγορία ή να ενσωματωθεί σε σχεδόν οποιοδήποτε θέμα και επίπεδο. Στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών μπορούν να εφαρμοστούν άμεσα προσεγγίσεις STEM, χρησιμοποιώντας γνωστικά υπολογιστικά εργαλεία. Στα μαθήματα των Κοινωνικών Επιστημών ή των Τεχνών (STEAM) μπορούν επίσης να εφαρμοστούν προσεγγίσεις STEM οι οποίες χρησιμοποιούν γνωστικά υπολογιστικά εργαλεία. Για παράδειγμα σε ένα μάθημα Κοινωνικών Επιστημών, στο οποίο διδάσκεται η Βιομηχανική Επανάσταση, οι μαθητές μπορούν να σχεδιάσουν τη δική τους γραμμή συναρμολόγησης, χρησιμοποιώντας εργαλεία χαρτογράφησης εννοιών ή εργαλεία δυναμικής μοντελοποίησης. Στη συνέχεια μπορούν να δημιουργήσουν με τα χέρια τους (hands on) μία γραμμή συναρμολόγησης, προγραμματίζοντας μία αυτοματοποιημένη διαδικασία ή αξιοποιώντας ηλεκτρονικούς αισθητήρες.

ΓΝΩΣΤΙΚΑ Ή ΝΟΗΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ (COGNITIVE TOOLS OR MINDTOOLS)

Τα γνωστικά ή νοητικά εργαλεία είναι περιβάλλοντα μάθησης και ηλεκτρονικά εργαλεία τα οποία έχουν αναπτυχθεί ή προσαρμοστεί ώστε να λειτουργούν ως «διανοητικοί συνεργάτες» των μαθητών, προκειμένου να ενεργοποιήσουν και να υποστηρίξουν την κριτική σκέψη και τη μάθηση ανώτερης τάξης (Jonassen (2000).

Τα γνωστικά εργαλεία είναι γενικεύσιμα υπολογιστικά εργαλεία (Jonassen, 2000). Έχουν απλό, δυναμικό φορμαλισμό και είναι εύκολο να τα μάθει κανείς (Jonassen, 2000). Δεν είναι απλά εργαλεία (Jonassen, 2000), ούτε εργαλεία με μηχανιστικό χειρισμό (fingertip tools) (Perkins, 1993). Αναδιοργανώνουν (ριζικά ανασυγκροτούν) τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές σκέφτονται (Pea, 1985) και στόχος τους είναι να ενεργοποιήσουν και να διευκολύνουν τη γνωστική διαδικασία (Kommers, Jonassen & Mayes, 1992). Υποστηρίζουν, καθοδηγούν και επεκτείνουν τις διαδικασίες σκέψης των χρηστών τους (Derry, 1990).

Η ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΜΕΣΩ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ (COMPUTER-BASED SCAFFOLDING) ΒΕΛΤΙΩΝΕΙ ΤΗ ΜΑΘΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM;

Η συζήτηση σχετικά με το εάν τα ηλεκτρονικά περιβάλλοντα βελτιώνουν τις μαθησιακές επιδόσεις συνεχίζεται. Υπάρχουν αποτελέσματα παλαιότερων μελετών σύμφωνα με τα οποία η μάθηση με βάση τις προσομοιώσεις δεν βελτιώνει σημαντικά τα αποτελέσματα των δοκιμασιών των εκπαιδευομένων (Reamon & Sheppard, 1997, Regan & Sheppard, 1996), σε άλλες παλαιότερες έρευνες δεν αποδεικνύονται σημαντικές διαφορές μεταξύ της διδασκαλίας που βασίζεται στην προσομοίωση και της αφηγηματικής διδασκαλίας (Carlsen & Andre, 1992) και σε άλλες έρευνες αποδεικνύονται σημαντικά πλεονεκτήματα της μάθησης με βάση την προσομοίωση (Chang et al., 2008, Colaso et al., 2002, Luo, Stravers & Duffin, 2005).

Σε νεότερες έρευνες αποδεικνύεται ότι η χρήση υπολογιστικών γνωστικών εργαλείων οδηγεί σε σημαντική βελτίωση της απόδοσης των μαθητών σε δοκιμασίες που περιλαμβάνουν ερμηνεία των αποτελεσμάτων και εφαρμογή διαδικασιών και βελτίωση των ποιοτικών πτυχών του μαθήματος (ενεργητική συμμετοχή των μαθητών, κοινωνική αλληλεπίδραση κλπ) (Korres, 2018, Korres & Kyriazis, 2010, Kyriazis, Psycharis & Korres, 2009, Korres, 2007).

Στο report D'Angelo C., Rutstein D., Harris C., Haertel G., Bernard, R., Borokhovski E. (2014). *Simulations for STEM Learning: Systematic Review and Meta-Analysis. Report Overview*. SRI Education and Bill & Melinda Gates Foundation, έγινε ανασκόπηση των επιπτώσεων και του ρόλου των προσομοιώσεων που είναι βασισμένες σε υπολογιστή στη μάθηση στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση (K-12) στους τομείς του STEM. Εξετάστηκαν ποσοτικές και ποιοτικές ερευνητικές μελέτες. 59 μελέτες που ανέφεραν effect sizes ή δεδομένα για τον υπολογισμό των effect sizes συμπεριλήφθηκαν στη μετα-ανάλυση. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι, συνολικά, οι διδασκαλίες βασισμένες στις προσομοιώσεις έχουν θετικότερα αποτελέσματα συγκριτικά με τις διδασκαλίες στις οποίες δεν υπήρχαν προσομοιώσεις. Επίσης, οι προσομοιώσεις με βελτιώσεις (πρόσθετη υποστήριξη της διαδικασίας της μάθησης – scaffolding για τους μαθητές και ορισμένα είδη ανατροφοδότησης) έχουν θετικότερη επίδραση από τις προσομοιώσεις χωρίς βελτιώσεις. Οι μελέτες που περιελήφθησαν στη μετα-ανάλυση ήταν κυρίως στις Φυσικές Επιστήμες, επομένως υπάρχει ανάγκη για ερευνητικές μελέτες υψηλής ποιότητας για τις προσομοιώσεις σε άλλους τομείς του STEM στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση (K-12).

Στο άρθρο Belland B. R., Walker, A. E., Ju Kim N., Lefler M. (2017). “Synthesizing Results From Empirical Research on Computer-Based Scaffolding in STEM Education: A Meta-Analysis”. *Review of Educational Research*, 87, (2), p.p. 309– 344, γίνεται ανασκόπηση 144 πειραματικών μελετών (333 αποτελέσματα) σχετικά με τα αποτελέσματα υποστήριξης της μάθησης βασισμένης στους υπολογιστές (computer-based scaffolding) για όλο το φάσμα των μαθητευομένων STEM (πρωτοβάθμια εκπαίδευση έως εκπαίδευση ενηλίκων) σε προγράμματα σπουδών που είναι επικεντρωμένα στην επίλυση προβλήματος.

Τα αποτελέσματα της μετα-ανάλυσης έδειξαν ότι υπάρχει μία σταθερά θετική επίδραση της υποστήριξης της μάθησης βασισμένης στους υπολογιστές (computer-based scaffolding) στα γνωστικά αποτελέσματα σε διαφορετικά πλαίσια χρήσης, σε διαφορετικά χαρακτηριστικά υποστήριξης της μάθησης και διαφορετικά επίπεδα αξιολόγησης, ειδικότερα η επίδραση της υποστήριξης της μάθησης στα γνωστικά αποτελέσματα δε διέφερε στη βάση της εξειδίκευσης του πλαισίου, την παρουσία ή απουσία αλλαγής της υποστήριξης και της λογικής της αλλαγής της υποστήριξης. Επίσης η επίδραση της υποστήριξης της μάθησης ήταν μεγαλύτερη όταν μετρήθηκε στο επίπεδο των αρχών και μεταξυ ενηλίκων μαθητευομένων. Τέλος η επίδραση της υποστήριξης της μάθησης ήταν ουσιαστική και σημαντικά μεγαλύτερη του μηδενός σε όλες τις ηλικιακές ομάδες και σε όλα τα επίπεδα αξιολόγησης.

Η ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ (COMPUTATIONAL SCIENCE) ΚΑΙ ΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ (COMPUTATIONAL EXPERIMENT)

Η Υπολογιστική Επιστήμη (Computational Science) ορίζεται ως η επιστήμη που περιλαμβάνει τρεις περιοχές, τη μαθηματική μοντελοποίηση φαινομένων, τις αριθμητικές μεθόδους για επιστημονικούς υπολογισμούς και την επιστημονική οπτικοποίηση. Ένα από τα βασικά συστατικά αυτού του πεδίου έρευνας είναι (Sloot, 1994) η σωστή αφαίρεση ενός φυσικού φαινομένου σε ένα εννοιολογικό μοντέλο και η μετάφραση σε ένα υπολογιστικό μοντέλο το οποίο να μπορεί να επαληθευτεί. Αυτό μας οδηγεί στη έννοια του υπολογιστικού πειράματος, όπου το μοντέλο και ο υπολογιστής παίρνουν τη θέση της «κλασικής» πειραματικής διάταξης και η προσομοίωση αντικαθιστά το πείραμα.

Ειδικότερα η μάθηση η οποία είναι βασισμένη στην προσομοίωση (simulation-based learning), περιλαμβάνει τη μάθηση η οποία πραγματοποιείται σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον στο οποίο ο/η μαθητευόμενος/η αλληλεπιδρά με τις οντότητες του περιβάλλοντος και σταδιακά εξάγει συμπεράσματα σχετικά με τα χαρακτηριστικά του εννοιολογικού μοντέλου (concept model) καθώς προχωρά στην προσομοίωση διαδικασία η οποία ενδέχεται να οδηγήσει σε αλλαγές της αρχικής διαμορφωμένης έννοιας (Van Joolingen & de Jong, 2003).

Η μεθοδολογία του υπολογιστικού πειράματος (computational experiment), όπως αναπτύχθηκε από τον Sloot (1994), περιλαμβάνει τις παρακάτω τρεις κύριες φάσεις: 1) Η φάση της μοντελοποίη-

σης: Στη φάση αυτή αναπτύσσεται ένα αφηρημένο μοντέλο που αντιστοιχεί στο φαινόμενο που θέλουμε να μελετήσουμε. 2) Η φάση της προσομοίωσης: Στη φάση αυτή εφαρμόζονται οι μαθηματικές μέθοδοι επίλυσης του μοντέλου. Η φάση αυτή είναι ουσιαστικά μια πειραματική μέθοδος με σκοπό τη βελτιστοποίηση του συστήματος που μελετάμε αλλά και την ανάλυση της ευαισθησίας του, τον έλεγχο των υποθέσεων σχετικά με το σύστημα και την εκτίμηση ή την πρόβλεψη της εξέλιξης του συστήματος. 3) Η υπολογιστική φάση: Η φάση αυτή αναφέρεται στην υλοποίηση αλγορίθμων και αριθμητικών τεχνικών και στη συνέχεια στη συγγραφή κώδικα σε κάποια γλώσσα για την επίλυση και «οπτικοποίηση» της προσομοίωσης.

Οι Landau, Paez & Bordeianu (2008) προτείνουν μια προσέγγιση παρόμοια με την προσέγγιση του Sloot. Οργανώνουν την Υπολογιστική Επιστήμη (Computational science) σε ένα πλαίσιο της επιστημονικής επίλυσης προβλήματος (scientific problem solving) όπως ακολουθεί: Πρόβλημα ↔ Θεωρία ↔ Μοντέλο ↔ Μέθοδος ↔ Υλοποίηση ↔ Αποτίμηση.

Οι Shunn και Klahr (1995) και οι Klahr και Dunbar (1988), προκειμένου να περιγράψουν την ανακαλυπτική μάθηση ως ερευνητική εργασία, εισήγαγαν τους χώρους στην επιστημονική ανακαλυπτική μάθηση, οι οποίοι περιλαμβάνουν το Χώρο υποθέσεων (Hypothesis space) και το Χώρο πειραμάτων (Experiment space). Στο μοντέλο των Klahr και Dunbar, ο χώρος υποθέσεων περιέχει όλους τους κανόνες και τις μεταβλητές που περιγράφουν την ειδική επιστημονική περιοχή, ενώ ο χώρος πειραμάτων περιέχει όλα τα πειράματα τα οποία μπορούν να υλοποιηθούν στην περιοχή αυτή. Οι Van Joolingen και De Jong (1997) επέκτειναν το μοντέλο των Klahr και Dunbar, εισάγοντας διαφορετικές υπο-περιοχές στο Χώρο υποθέσεων και πρότειναν μία ταξινόμια (taxonomy) προκειμένου να περιγράψουν λειτουργίες αναζήτησης σε κάθε χώρο.

Στο σχεδιασμό και την υλοποίηση εφαρμογών με τη μεθοδολογία του υπολογιστικού πειράματος, μπορούμε να δημιουργήσουμε τους χώρους (Kyriazis, Psycharis & Korres, 2009): α) Χώρος υποθέσεων (Hypotheses space), όπου οι εκπαιδευόμενοι σε συνεργασία με τον εκπαιδευτικό, αποφασίζουν, ξεκαθαρίζουν και διατυπώνουν τις υποθέσεις του προβλήματος ή των προβλημάτων ή της επιστημονικής περιοχής υπό μελέτη. β) Χώρος πειραμάτων (Experiments space), όπου το υπολογιστικό πείραμα πραγματοποιείται, ο οποίος περιλαμβάνει ανακαλυπτικές και κατασκευαστικές δραστηριότητες, μέσω των οποίων οι εκπαιδευόμενοι, μέσω της συζήτησης και της κοινωνικής αλληλεπίδρασης (μεταξύ εκπαιδευομένων και μεταξύ εκπαιδευτικού και εκπαιδευομένων), κατασκευάζουν ενεργητικά τη γνώση και διατυπώνουν συμπεράσματα, γενικεύσεις αποτελεσμάτων και λύσεις των προβλημάτων ή θεμάτων υπό διαπραγμάτευση και γ) Χώρος προβλέψεων (Predictions space), όπου τα αποτελέσματα, τα συμπεράσματα ή οι λύσεις που διατυπώθηκαν στο χώρο πειραμάτων ελέγχονται με τις αναλυτικές (μαθηματικές) (analytic – mathematical) λύσεις του προβλήματος / προβλημάτων ή της αναλυτικής διαπραγμάτευσης της θεματικής περιοχής που μελετάμε, ώστε να ελεγχθεί η εγκυρότητα τους (credibility).

ΤΑ ΓΝΩΣΤΙΚΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ Ή ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ ΣΕ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ STEM

Υπολογιστικά φύλλα (Spreadsheets)

Τα υπολογιστικά φύλλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μία διαδικασία στην οποία οι μαθητές αναλύουν ανεξάρτητα μια προβληματική κατάσταση, αναγνωρίζοντας τις μεταβλητές και τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών και δημιουργούν συναρτήσεις και τύπους για τον υπολογισμό και το χειρισμό αυτών των μεταβλητών. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό και την υλοποίηση προσομοιώσεων μοντέλων.

Το Excel είναι το πιο γνωστό υπολογιστικό φύλλο. Το Excel μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση από τους μαθητές μέσω δοκιμών των εξισώσεων (μοντελοποίηση) οι οποίες προσαρμόζονται σε δεδομένα που έχουν προκύψει από μετρήσεις σε πραγματικά προβλήματα ή φαινόμενα (παλινδρόμηση - regression).

Εργαλεία δυναμικής μοντελοποίησης

Τα εργαλεία δυναμικής μοντελοποίησης χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν δυναμικά σχέσεις αλλά και για να κατασκευάσουν προσομοιώσεις μοντέλων δυναμικών συστημάτων.

Το Easy Java Simulations (EJS) δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να κατασκευάσουν προσομοιώσεις μοντέλων και να πειραματιστούν με αυτά τα μοντέλα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης στην ανάλυση και ερμηνεία πειραματικών δεδομένων. Το Modellus είναι επίσης ένα εργαλείο μέσω του οποίου οι μαθητές μπορούν να κατασκευάσουν προσομοιώσεις μοντέλων χρησιμοποιώντας παρουσιάσεις, γραφήματα και πίνακες τιμών. Το GeoGebra μπορεί να αξιοποιηθεί ώστε οι μαθητές να δημιουργούν κατασκευές με σημεία, διανύσματα, ευθύγραμμα τμήματα, ευθείες, κωνικές τομές, επίσης να χειρίζονται συναρτήσεις και να αλλάζουν δυναμικά τις παραπάνω κατασκευές.

Τα διαδικτυακά εργαστήρια (online labs) παρέχουν στους σπουδαστές σας τη δυνατότητα να διεξάγουν επιστημονικά πειράματα σε ένα διαδικτυακό (online) περιβάλλον. Τα απομακρυσμένα εργαστήρια (remote labs) προσφέρουν την ευκαιρία να πειραματιστούν με πραγματικό εξοπλισμό από απομακρυσμένες τοποθεσίες. Τα εικονικά εργαστήρια (virtual labs) προσομοιώνουν τον επιστημονικό εξοπλισμό. Τα σύνολα δεδομένων (data sets) παρουσιάζουν δεδομένα από ήδη πραγματοποιημένα εργαστηριακά πειράματα.

Στο αποθετήριο Go-Lab (<https://www.golabz.eu/>) υπάρχουν απομακρυσμένα και εικονικά εργαστήρια για διαφορετικούς επιστημονικούς τομείς όπως η Φυσική, η Αστρονομία, η Χημεία, η Βιολογία, η Γεωγραφία και τα Μαθηματικά και αρχεία δεδομένων από τους αντίστοιχους επιστημονικούς τομείς. Στο αποθετήριο Phet του Πανεπιστημίου University of Colorado Boulder (<https://phet.colorado.edu/>) υπάρχουν αλληλεπιδραστικές προσομοιώσεις για τα Μαθηματικά και τη Φυσική, όπου οι μαθητές εντάσσονται σε ένα διαισθητικό περιβάλλον παιχνιδιού και μαθαίνουν μέσα από την εξερεύνηση και την ανακάλυψη.

Εργαλεία οπτικοποίησης (Visualization tools)

Τα εργαλεία οπτικοποίησης είναι επίσης χρήσιμα στην οπτικοποίηση πειραμάτων, με την κατασκευή γραφικών παραστάσεων δεδομένων που συλλέχθηκαν από πειράματα και την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικών με τις μεταβλητές και τις τιμές τους.

Τα μαθηματικά λογισμικά όπως το Mathematica, το Maple, το Matlab ή το Octave χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν τις μαθηματικές σχέσεις στην επίλυση προβλημάτων, προκειμένου οι μαθητές να αναπαραστήσουν τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών και να μελετήσουν αλλαγές στις αναπαραστάσεις ανάλογα με τις αλλαγές στις παραμέτρους.

Μικρόκοσμοι (Microworlds)

Ο όρος «μικρόκοσμος» (microworld) εισήχθη από τον Papert (1990) για να περιγράψει εξερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης τα οποία χρησιμοποιούσαν τη χελώνα της Logo για την υποστήριξη της διδασκαλίας και της μάθησης των αρχών της Γεωμετρίας.

Το Cabri-Geometry και το Geometer's Sketchpad υποστηρίζουν την ανάπτυξη προσεγγίσεων μάθησης βασισμένων στη διερεύνηση και την ανακάλυψη στη διδασκαλία της Γεωμετρίας.

Βάσεις δεδομένων (Databases)

Τα εργαλεία της σημασιολογικής οργάνωσης είναι εργαλεία που βοηθούν τους μαθητές να οργάνωνουν και να αναπαραστήσουν οπτικά τις ιδέες που μελετούν και μαθαίνουν.

Οι βάσεις δεδομένων χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά σε δραστηριότητες που βασίζονται στη διερεύνηση και την ανακάλυψη, μετατρέποντας την παραδοσιακή προσέγγιση της παροχής πληροφοριών στους μαθητές από τον δάσκαλο σε μια ενεργητική προσέγγιση βασισμένη στην έρευνα που συνδυάζει αναζήτηση πληροφοριών, ανάλυση και συνδυασμό δεδομένων και κοινωνική διαπραγμάτευση για τη σημασία των εννοιών.

Εργαλεία συνομιλίας (Conversation tools)

Τα εργαλεία συνομιλίας περιλαμβάνουν τα εργαλεία σύγχρονης και ασύγχρονης επικοινωνίας (Synchronous and asynchronous Conferencing) καθώς και τα κοινωνικά δίκτυα (Social Networks).

Ένας μεγάλος αριθμός από πλατφόρμες ή πύλες όπως οι Moodle, Blackboard, Edmodo, Course Sites κλπ μας παρέχουν αποτελεσματικά εργαλεία συζήτησης για σκοπούς επικοινωνίας και εργαλεία τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διερευνητικές και ανακαλυπτικές προσεγγίσεις μάθησης από απόσταση.

Εργαλεία χαρτογράφησης εννοιών (Concept mapping tools)

Τα εργαλεία χαρτογράφησης εννοιών, όπως το Cmap Tools, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καταγιισμό ιδεών (brainstorming) και για την ανακεφαλαίωση και τον αναστοχασμό (reflection). Σκοπός της χρήσης τους μέσω της αναπαράστασης των εννοιών και των σχέσεών τους είναι να προωθηθούν η δημιουργική σκέψη, οι μεταγνωστικές δεξιότητες, η αναπαράσταση πολλαπλών λύσεων και επιλογών και η δημιουργία γνωστικής σκαλωσιάς για έννοιες και ιδέες.

Γλώσσες οπτικού προγραμματισμού (Visual Programming Languages)

Μια γλώσσα οπτικού προγραμματισμού (Visual Programming Language - VPL) είναι οποιαδήποτε γλώσσα προγραμματισμού, η οποία επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν προγράμματα χειριζόμενοι γραφικά τα στοιχεία του προγράμματος και όχι προσδιορίζοντάς τα με κείμενο. Μία γλώσσα VPL επιτρέπει προγραμματισμό με οπτικές εκφράσεις και χωροταξικές ρυθμίσεις κειμένου και γραφικών συμβόλων, οι οποίες χρησιμοποιούνται είτε ως στοιχεία σύνταξης είτε ως δευτερεύουσες σημειώσεις. Πολλές γλώσσες VPL (γνωστές ως ροή δεδομένων ή διαγραμματικός προγραμματισμός) βασίζονται στην ιδέα “κουτιά και βέλη”, όπου κουτιά ή άλλα αντικείμενα οθόνης αντιμετωπίζονται ως οντότητες, που συνδέονται με βέλη, γραμμές ή τόξα που αντιπροσωπεύουν σχέσεις.

Το App Inventor for Android είναι μια διαδικτυακή εφαρμογή ανοιχτού κώδικα που δημιουργήθηκε αρχικά από την Google και τώρα υποστηρίζεται από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT). Χρησιμοποιεί ένα γραφικό περιβάλλον, το οποίο επιτρέπει στους χρήστες να μεταφέρουν και να αποθέτουν οπτικά αντικείμενα για να δημιουργήσουν μια εφαρμογή που μπορεί να τρέχει σε συσκευές Android.

Η γλώσσα Scratch είναι ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού το οποίο επιτρέπει στους χρήστες (κυρίως ηλικίες 8 έως 16) να μάθουν προγραμματισμό ενώ εργάζονται σε προσωπικά έργα όπως κινούμενες ιστορίες και παιχνίδια. Ένας βασικός σχεδιαστικός στόχος της Scratch είναι να υποστηρίξει την αυτό-κατευθυνόμενη μάθηση μέσω των δοκιμών με μέρη του προγράμματος (tinkering) και τη συνεργασία με τους συνομηλίκους. Η Scratch είναι ότι είναι πάντα «live» (ζωντανή). Δεν υπάρχει βήμα σύνταξης ή διαχωρισμός τρόπου επεξεργασίας / εκτέλεσης. Οι χρήστες μπορούν να κάνουν κλικ σε μία εντολή ή τμήμα του προγράμματος οποιαδήποτε στιγμή για να δουν τι κάνει. Στην πραγματικότητα, μπορούν να αλλάξουν παραμέτρους ή να προσθέσουν τμήματα (blocks) σε ένα σενάριο ενώ εκτελείται. Η Scratch είναι “tinkerable”, επειδή επιτρέπει στους χρήστες να πειραματιστούν με εντολές και αποσπάσματα κώδικα με τον τρόπο που κάποιος μπορεί να πειραματίζεται με μηχανικά ή ηλεκτρονικά εξαρτήματα. Με τον τρόπο αυτό ενθαρρύνεται η πρακτική μάθηση και υποστηρίζεται μια προσέγγιση για τη σύνταξη σεναρίων όπου συναρμολογούνται μικρά τμήματα κώδικα (blocks) και δοκιμάζονται, ενώ στη συνέχεια συνδυάζονται σε μεγαλύτερες μονάδες.

Το LabVIEW είναι ένα δυνατό και ευέλικτο πρόγραμμα ανάπτυξης εφαρμογών σχεδιασμού και ανάλυσης που αναπτύχθηκε από την National Instruments. Η γραφική του φύση το καθιστά ιδανικό για εφαρμογές μετρήσεων, αυτοματισμού, ελέγχου οργάνων και ανάλυση δεδομένων. Παρέχει μια εκτεταμένη βιβλιοθήκη εικονικών εργαλίων (Virtual Instruments - VI's) και λειτουργιών, βιβλιοθήκες για συγκεκριμένες εφαρμογές, για λήψη δεδομένων, σειριακό έλεγχο δεδομένων, ανάλυση δεδομένων και είσοδο / έξοδο δεδομένων.

ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ STEM ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ, ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Πρόβλημα: Προσεγγιστικός υπολογισμός στιγμιαίας ταχύτητας

Ενότητα: Μέση και στιγμιαία ταχύτητα, Φυσική Α΄ Λυκείου

Χρονική διάρκεια: 2 δ.ω.

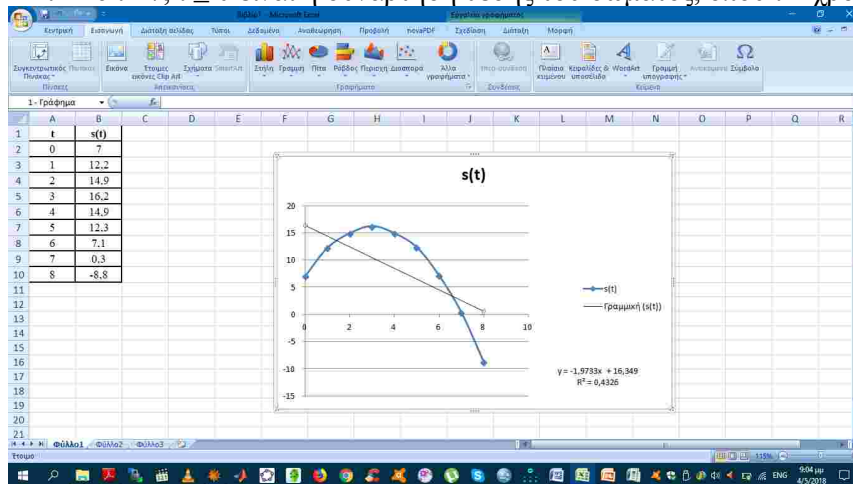
Χώρος υποθέσεων

Παρουσιάζουμε στους μαθητές τη βασική θεωρία της ενότητας: Θεωρούμε ένα σώμα το οποίο κινείται κατά μήκος ενός άξονα και ως υποθέσουμε ότι $x = x(t)$, είναι η συνάρτηση που δίνει τη θέση του σώματος τη χρονική στιγμή t (σε sec). Αν είναι A η θέση του σώματος τη χρονική στιγμή t_0 και M η θέση του σώματος τη χρονική στιγμή $t = t_0 + \Delta t$ (μετά από παρέλευση χρόνου Δt), τότε η μετατόπιση του σώματος το χρονικό διάστημα από t_0 έως t είναι ίση με $\Delta x = x(t) - x(t_0)$.

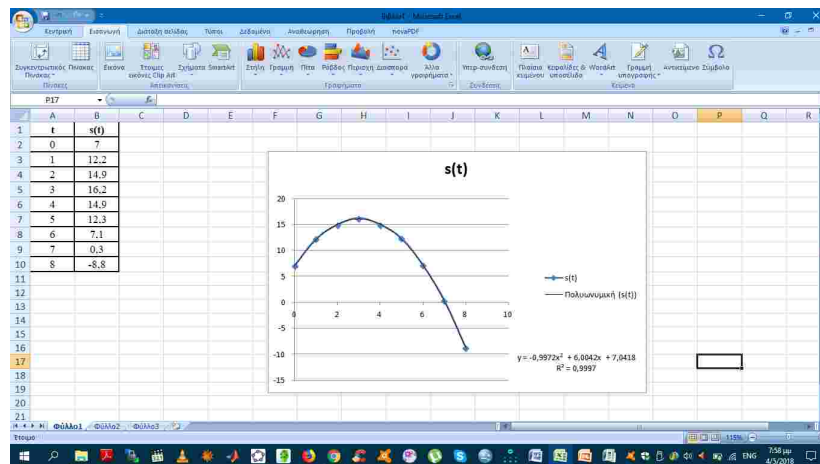
Η μέση ταχύτητα του σώματος είναι: $(x(t)-x(t_0)) / (t-t_0)$. Όσο το t “πλησιάζει περισσότερο” (προσεγγίζει) το t_0 , τόσο η μέση ταχύτητα του σώματος δίνει με καλύτερη προσέγγιση το ρυθμό μεταβολής της θέσης του σώματος κοντά στο t_0 . Η στιγμιαία ταχύτητα του σώματος τη χρονική στιγμή t_0 (συμβολίζουμε με $v(t_0)$) ορίζεται ως: $\Delta x / \Delta t = (x(t)-x(t_0)) / (t-t_0)$, όταν το Δt “προσεγγίζει” ή “τείνει” στο 0.

Χώρος πειραμάτων

Δίνουμε στους μαθητές το πρόβλημα: Θεωρούμε ένα σώμα το οποίο κινείται κατά μήκος ενός άξονα και $x(t) = -t^2 + 6t + 7, t \geq 0$ είναι η συνάρτηση θέσης του σώματος, όπου $t =$ χρόνος (σε sec).



Σχήμα 1: Εύρεση μέσω δοκιμών των εξισώσεων (μοντελοποίηση) οι οποίες προσαρμόζονται σε δεδομένα (παλινδρόμηση - regression) με τη βοήθεια του Excel: Προσαρμογή γραμμικής συνάρτησης, ερμηνεία 43,26% της διασποράς των δεδομένων

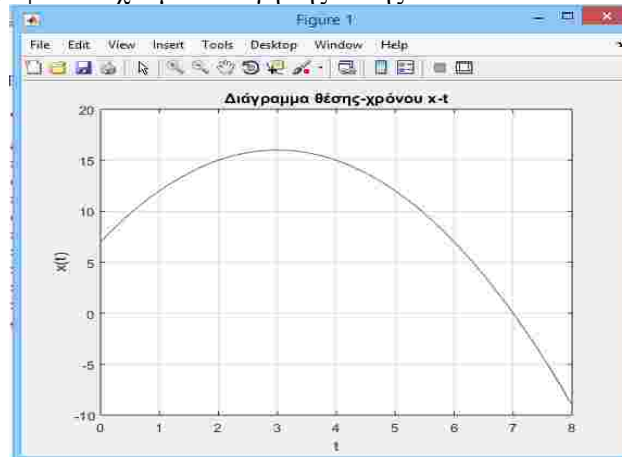


Σχήμα 2: Εύρεση μέσω δοκιμών των εξισώσεων (μοντελοποίηση) οι οποίες προσαρμόζονται σε δεδομένα (παλινδρόμηση - regression) με τη βοήθεια του Excel: Προσαρμογή πολυωνυμικής συνάρτησης β' βαθμού, ερμηνεία 99,97% της διασποράς των δεδομένων

Το Excel μπορεί να αξιοποιηθεί στην εύρεση της συνάρτησης θέσης από τους μαθητές (η οποία αντιστοιχεί σε μια ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση) μέσω δοκιμών των εξισώσεων (μοντελοποίηση) οι οποίες προσαρμόζονται σε δεδομένα (παλινδρόμηση - regression) (Σχήμα 1 και Σχήμα 2), τα οποία είτε προκύπτουν από μετρήσεις από τους ίδιους τους μαθητές με τη χρήση ενός τηλεκατευθυνόμενου αμαξιού και μιας κάμερας κινητού ή μέσω της αξιοποίησης του Tracker Video Analysis ή της αντίστοιχης εφαρμογής για κινητά VidAnalysis Free.

Ζητάμε από τους μαθητές να υπολογίσουν τη μέση ταχύτητα στο χρονικό διάστημα [1 sec, 5 sec] με τη βοήθεια ενός εργαλείου οπτικοποίησης (του Mathematica ή του Matlab ή του Octave), ορίζο-

ντας τη συνάρτηση θέσης και να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα τους. Στη συνέχεια ζητάμε από τους μαθητές να σχεδιάσουν τη γραφική παράσταση της συνάρτησης θέσης $x(t)$. Καθοδηγούμε τους μαθητές να παρατηρήσουν ότι αν και η μέση ταχύτητα του σώματος στο διάστημα [1 sec, 5 sec] είναι 0, το σώμα δεν είναι ακίνητο, εφόσον έχουμε αλλαγή της θέσης του.



Σχήμα 3: Γραφική παράσταση της συνάρτησης θέσης $x(t)$ με τη βοήθεια του Octave

Στη συνέχεια ζητάμε από τους μαθητές να υπολογίσουν προσεγγιστικά τη στιγμιαία ταχύτητα του σώματος σε διάφορες χρονικές στιγμές με τη βοήθεια ενός εργαλείου οπτικοποίησης (του Mathematica ή του Matlab ή του Octave).

Καθοδηγούμε τους μαθητές να δημιουργήσουν μία επαναληπτική διαδικασία (For $i = 1$ to n , do... ή Repeat until) με την οποία υπολογίζεται το όριο του $\Delta x/\Delta t$, καθώς το Δt τείνει στο 0. Στη συνέχεια εισάγουμε την έννοια της παραγώγου συνάρτησης και ερμηνεύουμε το πρόσημο και το ρυθμό μεταβολής της στιγμιαίας ταχύτητας μέσω της κλίσης της εφαπτόμενης ευθείας.

```

s[t_] := -t^2 + 6*t + 7

t0 = 2
Out[2] = 2

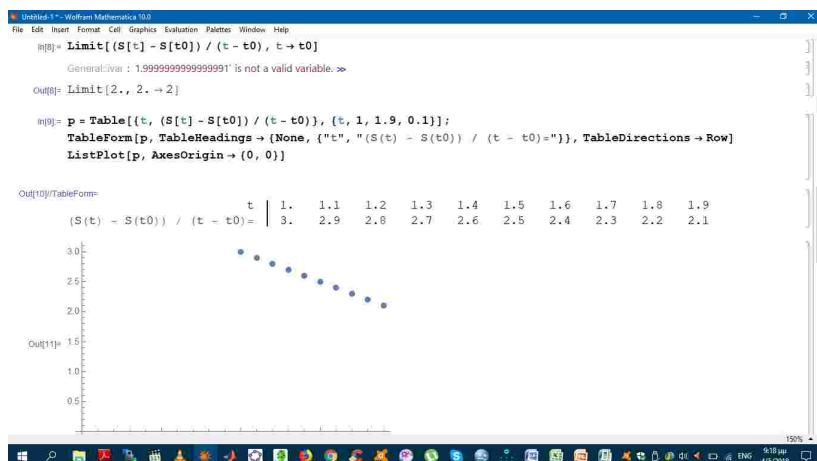
s[t0]
Out[3] = 15

For[t = 1, t < 2, t = t + 0.1, Print["(S (t) - S (t0)) / (t - t0) =", (s[t] - s[t0]) / (t - t0)]]

(S (t) - S (t0)) / (t - t0) = 3
(S (t) - S (t0)) / (t - t0) = 2.9
(S (t) - S (t0)) / (t - t0) = 2.8
(S (t) - S (t0)) / (t - t0) = 2.7
(S (t) - S (t0)) / (t - t0) = 2.6
(S (t) - S (t0)) / (t - t0) = 2.5
(S (t) - S (t0)) / (t - t0) = 2.4
(S (t) - S (t0)) / (t - t0) = 2.3
(S (t) - S (t0)) / (t - t0) = 2.2
(S (t) - S (t0)) / (t - t0) = 2.1

```

Σχήμα 4: Προσεγγιστικός υπολογισμός στιγμιαίας ταχύτητας μέσω του ορίου συνάρτησης με τη βοήθεια του Mathematica

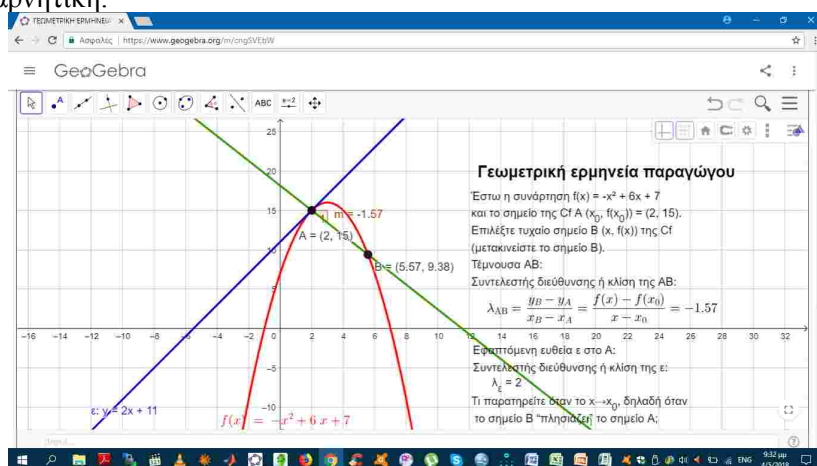


Σχήμα 5: Γραφικός προσεγγιστικός υπολογισμός στιγμιαίας ταχύτητας μέσω του ορίου συνάρτησης με τη βοήθεια του Mathematica

Καθοδηγούμε τους μαθητές να παρατηρήσουν ότι η στιγμιαία ταχύτητα τη χρονική στιγμή $t_0 = 2$ sec είναι 2 m / sec. Ομοίως ζητάμε από τους μαθητές να υπολογίσουν προσεγγιστικά τη στιγμιαία ταχύτητα τη χρονική στιγμή $t_0 = 3$ sec και $t_0 = 4$ sec. Τέλος ζητάμε από τους μαθητές να ερμηνεύσουν το πρόσημο της στιγμιαίας ταχύτητας τις διάφορες χρονικές στιγμές στις οποίες υπολογίσαμε τη στιγμιαία ταχύτητα.

Χώρος προβλέψεων

Στο χώρο προβλέψεων μπορεί να δοθεί η ερμηνεία του προσήμου της στιγμιαίας ταχύτητας με αναλυτικές μεθόδους, για παράδειγμα να διατυπωθεί η ερώτηση στους μαθητές: «Τι σημαίνει θετική και τι αρνητική στιγμιαία ταχύτητα;» και μέσω συζήτησης να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι όταν όσο περνάει (αυξάνει) ο χρόνος ($t > t_0$), το σώμα κινείται με φορά ώστε οι τιμές της συνάρτησης θέσης να αυξάνονται, (δηλαδή $x(t) > x(t_0)$), η ταχύτητα είναι θετική. Αν το σώμα κινείται με αντίθετη φορά, η ταχύτητα είναι αρνητική.



Σχήμα 6: Αξιοποίηση του Geogebra στην ερμηνεία του προσήμου και του ρυθμού μεταβολής της στιγμιαίας ταχύτητας μέσω της κλίσης της εφαπτόμενης ευθείας μέσω της έννοιας της παραγώγου συνάρτησης (Κορρές, 2015)

Στη συνέχεια να δοθεί ο πίνακας τιμών και οι γραφικές παραστάσεις της συνάρτησης θέσης και της στιγμιαίας ταχύτητας του σώματος σε συνάρτηση με το χρόνο, οι οποίες μπορούν να σχεδιαστούν με το Matlab ή με το Octave, για το χρονικό διάστημα $[0, 9 \text{ sec}]$ και να τεθούν οι ερωτήσεις: α) «Σε ποιο ή ποια διαστήματα η στιγμιαία ταχύτητα παίρνει θετικές τιμές και σε ποιο ή ποια διαστήματα αρνητικές τιμές;» και μέσω συζήτησης να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι στο διάστημα $[0, 3]$ η στιγμιαία ταχύτητα είναι θετική, ενώ στο διάστημα $[3, 9]$ είναι αρνητική. β) «Αν η κίνηση του σώματος πραγματοποιείται στον οριζόντιο άξονα και τη χρονική στιγμή $t = 1 \text{ sec}$ το σώμα κινείται προς τα αρι-

στερά, τότε προς τα που κινείται το σώμα τις χρονικές στιγμές $t = 2, 3$ και 4 sec ;» και μέσω συζήτησης να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι τη χρονική στιγμή $t = 2 \text{ sec}$ το σώμα κινείται προς τα αριστερά, τη χρονική στιγμή $t = 3 \text{ sec}$ είναι ακίνητο και τη χρονική στιγμή $t = 4 \text{ sec}$ κινείται προς τα δεξιά.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι ανακαλυπτικές και κατασκευαστικές προσεγγίσεις είναι οι καταλληλότερες για το σχεδιασμό και την υλοποίηση προσεγγίσεων STEM. Τα υπολογιστικά γνωστικά εργαλεία μπορούν να υποστηρίξουν τις ανακαλυπτικές και κατασκευαστικές προσεγγίσεις STEM, προσφέροντας δυνατότητες στους μαθητές για εξερεύνηση και πειραματισμό, για εύρεση μέσω πειραματισμού των εξισώσεων που περιγράφουν κάποιο φαινόμενο (μοντελοποίηση), για διερεύνηση των μεταβολών ενός μεγέθους ανάλογα με τη μεταβολή των δεδομένων και πολλές άλλες δυνατότητες.

Σύγχρονες έρευνες έχουν δείξει ότι η χρήση υπολογιστικών γνωστικών εργαλείων οδηγεί σε σημαντική βελτίωση της απόδοσης των μαθητών σε δοκιμασίες που περιλαμβάνουν ερμηνεία των αποτελεσμάτων και εφαρμογή διαδικασιών και βελτίωση των ποιοτικών πτυχών του μαθήματος (ενεργητική συμμετοχή των μαθητών, κοινωνική αλληλεπίδραση κλπ).

Σύγχρονες έρευνες, μετα-αναλύσεις, στα αντικείμενα του STEM έχουν δείξει ότι οι διδασκαλίες βασισμένες στις προσομοιώσεις έχουν θετικότερα αποτελέσματα συγκριτικά με τις διδασκαλίες στις οποίες δεν χρησιμοποιούνται προσομοιώσεις. Οι προσομοιώσεις με πρόσθετη υποστήριξη της διαδικασίας της μάθησης (scaffolding) για τους μαθητές και ορισμένα είδη ανατροφοδότησης έχουν θετικότερη επίδραση από τις προσομοιώσεις χωρίς τα παραπάνω. Υπάρχει μία σταθερά θετική επίδραση της υποστήριξης της μάθησης βασισμένης στους υπολογιστές (computer-based scaffolding) στα γνωστικά αποτελέσματα σε διαφορετικά πλαίσια χρήσης, σε διαφορετικά χαρακτηριστικά υποστήριξης της μάθησης και διαφορετικά επίπεδα αξιολόγησης για όλο το φάσμα των μαθητευομένων STEM (πρωτοβάθμια εκπαίδευση έως εκπαίδευση ενηλίκων) σε προγράμματα σπουδών που είναι επικεντρωμένα στην επίλυση προβλήματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Belland B. R., Walker, A. E., Ju Kim N., Lefler M. (2017). “Synthesizing Results From Empirical Research on Computer-Based Scaffolding in STEM Education: A Meta-Analysis”. *Review of Educational Research*, 87, (2), 309–344.

Carlsen, O. & Andre, T. (1992). “Use of a microcomputer simulation and conceptual change text to overcome student preconceptions about electric circuits”. *Journal of Computer-Based Instruction*. v19. 105-109.

Chang, K., Chen, L., Lin, Y. & Sung, T. (2008). “Effects of learning support in simulation-based physics learning”. *Computers & Education*, Volume 51.

Colaso, V., Kamal, A., Saraiya, P., North, C., McCrickard, S., & Shaffer, C. (2002). “Learning and retention in data structures: A comparison of visualization, text, and combined methods”. In Paper presented at the *Proceedings of ED-MEDIA 2002 world conference on educational multimedia/hypermedia and educational telecommunications*.

D’Angelo C., Rutstein D., Harris C., Haertel G., Bernard, R. , Borokhovski E. (2014). *Simulations for STEM Learning: Systematic Review and Meta-Analysis*. Report Overview. SRI Education and Bill & Melinda Gates Foundation.

Derry, S. J. (1990). *Flexible cognitive tools for problem solving instruction*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Boston, April.

Fund, Z. (2007). “The Effects of Scaffolded Computerized Science Problem-Solving on Achievement Outcomes: A Comparative Study of Support Programs”. *Journal of Computer Assisted Learning*, v.23, n.5.

Guzdial, M. (1995). “Software-realized scaffolding to facilitate programming for science learning”. *Interactive Learning Environments*, 4(1), 1–44.

Hartman, H. J. (2001). “Developing students’ metacognitive knowledge and strategies”. In H. J. Hartman (Ed.), *Metacognition in Learning and Instruction: Theory, Research, and Practice*, Chapter 3, pp. 33–68. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

- Jonassen D. H. (2000). *Computers as Mindtools for Schools: Engaging Critical Thinking (2nd Edition)*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). “Dual space search during scientific reasoning”. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Kommers, P. A. M., Jonassen, D. H. & Mayes, T. M. (1992). *Cognitive tools for learning*. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.
- Korres K. (2018). “Students’ Attitudes towards Discovery Learning / Constructivistic Approach using Computers as Cognitive Tools in Higher Mathematics Education”. *EJERS, European Journal of Engineering Research and Science Special Issue: CIE 2017*.
- Korres, K. & Kyriazis, A. (2010). “Instructional Design using computers as cognitive tools in Mathematics and Science Higher Education”. *Contemporary Issues of Education*, 1 (1), p. 43–65. Papazissis Publications.
- Korres, K. (2007) (in Greek). *A teaching approach of Mathematics and Science courses using new technologies*. PhD Dissertation. Department of Statistics and Insurance Sciences, University of Piraeus.
- Kyriazis, A., Psycharis, S. & Korres, K. (2009). “Discovery Learning and the Computational Experiment in Higher Mathematics and Science Education: A combined approach”. *International Journal of Emerging Technologies in Learning of the International Association of Online Engineering*, Volume 4, Issue 4 (doi:10.3991/ijet.v4i4.1044).
- Landau, R. H., Paez, J. & Bordeianu, C. (2008). *A Survey of Computational Physics Introductory Computational Science*. Princeton University Press, Princeton and Oxford.
- Luo, W., Stravers, J. & Duffin, K. (2005). “Lessons Learned from Using a Web-based Interactive Landform Simulation Model (WILSIM) in a General Education Physical Geography Course”. *Journal of Geoscience Education*, v. 53, n. 5, p. 489-493.
- Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., and Eastmond, E. (2010). *The scratch programming language and environment*. ACM Trans. Comput. Educ. 10, 4, Article 16 (November 2010)
- Papert, S. (1990). “Introduction by Seymour Papert”. In I. Harel (Ed.), *Constructionist Learning*. Boston: MIT Laboratory.
- Pea, R. D. (1985). “Beyond amplification: using the computer to reorganize mental functioning”. *Educational Psychologist*, 20 (4).
- Perkins, D. N. (1993). “Person-plus: A distributed view of thinking and learning”. In G. Salomon (Ed.), *Distributed Cognitions: Psychological and Educational Considerations*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Reamon, D. & Sheppard, S. D. (1997). “The Role of Simulation Software in an Ideal Learning Environment”. *ASME Design Engineering Technical Conferences*, Sacramento, CA.
- Regan, M. & Sheppard, S. (1996). Interactive multimedia courseware and the hands-on learning experience: An assessment. *Journal of Engineering Education*, 85, 123-131.
- Salomon, G. (1993). “On the nature of pedagogic computer tools. The case of the writing partner”. In S. J. Derry & S. P. Lajoie (1993), *Computers as Cognitive Tools*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1991) “Higher levels of agency for children in knowledge building: A challenge for the design of new knowledge media”. *Journal of the Learning Sciences*, 1(1), 37-68.
- Shunn, C. & Klahr, D. (1995). *A 4-space model for scientific discovery*. Paper presented at the AAAI Symposium Systematic Methods of Scientific Discovery, Menlo Park, CA.
- Slot, P. (1994). *Lecture on Parallel Scientific Computing and Simulations*. CERN school on computing, Sopron, Hungary August 1994.
- Van Joolingen, W. R. and De Jong, T. (1997). An extended dual search space model of learning with computer simulations. *Instructional Science*, 25, 307-346.
- Κορρές Κ. (2015). «Η έννοια της παραγώγου συνάρτησης». Δειγματικό ψηφιακό σενάριο για τα Μαθηματικά Λυκείου. Πλατφόρμα «Αίσωπος», Ι.Ε.Π. (<http://aesop.iep.edu.gr/node/21139>)

Δημιουργικά πειράματα με τον κόσμο των σωματιδίων

Λάμπου Ουρανία

Εκπαιδευτικός ΠΕ05 και Ευέλικτης ζώνης στην Πρωτοβάθμια Ανατολικής Αττικής
rania.lampou@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι δεξιότητες του 21ου αιώνα συμπλέουν με καινοτόμες μεθόδους μάθησης που προετοιμάζουν τα άτομα για να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες του σύγχρονου κόσμου. Η εκπαίδευση STEM αντικατοπτρίζει τις δεξιότητες του 21ου αιώνα ενσωματώνοντας τις εξής παραμέτρους: δημιουργικότητα, κριτική σκέψη, συνεργασία και επικοινωνία. Τα projects της εκπαίδευσης STEM επικεντρώνονται στην επιστημονική διερεύνηση και στις έρευνες που διεξάγονται από τους ίδιους τους μαθητές μέσω ανοιχτών προβλημάτων και πρακτικών δραστηριοτήτων. Συνδυάζοντας την εκπαίδευση STEM με την διδασκαλία που αξιοποιεί την τέχνη και τις καλλιτεχνικές δραστηριότητες (STEAM), οι εκπαιδευτικοί προσπαθούν να αναζωογονήσουν το ρόλο της δημιουργικότητας και της καινοτομίας στην STEM. Η παρούσα εισήγηση θα παρουσιάσει τις πρακτικές διδασκαλίας του προγράμματος «Παίζοντας με τα πρωτόνια», ένα καινοτόμο εκπαιδευτικό πρόγραμμα που προωθεί το όραμα της εκπαίδευσης STEAM στους δασκάλους και μαθητές Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να γίνουν δημιουργικοί και να «σκέφτονται έξω από το κουτί».

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: CERN, STEAM, δημιουργικότητα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχει εμφανιστεί η τάση της συνδυαστικής διδασκαλίας της Φυσικής, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών, η οποία είναι γνωστή και ως STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). Με την εφαρμογή της STEM μέσω projects στην εκπαίδευση, οι μαθητές αποκτούν δεξιότητες κριτικής σκέψης, εμπλέκονται στη διαδικασία επίλυσης αυθεντικών προβλημάτων και μαθαίνουν να συνεργάζονται με ομαδική εργασία (Froschauer, 2016). Πολύ πρόσφατα, ενσωματώθηκε και η τέχνη στη διδασκαλία STEM, καθιστώντας αυτά τα projects ακόμα πιο δημιουργικά και ενδιαφέροντα. Ως εκ τούτου, το ακρωνύμιο STEM μετατρέπεται σε STEAM (Land, 2013).

STEAM είναι μια εκπαιδευτική και διεπιστημονική προσέγγιση που στοχεύει στην προώθηση του ερευνητικού πνεύματος, της λογικής σκέψης και των κοινωνικών δεξιοτήτων. Έμφαση δίνεται στην εμπειρική και διερευνητική μάθηση, στην αυτονομία και στην ενεργό συμμετοχή των μαθητών, μέσω δοκιμών και σφαλμάτων, σε μια σειρά διαδραστικών projects που ενσωματώνουν τα πέντε πεδία του STEAM (Maslyk, 2016). Η απόκτηση βασικών δεξιοτήτων μέσω projects STEAM προετοιμάζει τους νέους για το μέλλον, καθώς η μάθηση STEAM εντάσσεται στο πλαίσιο της καθημερινής ζωής των νέων πέρα από την τάξη (Daugherty, 2013).

Στην παρούσα εισήγηση παρουσιάζεται το «Παίζοντας με τα πρωτόνια», ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα για τη φυσική που ενθαρρύνει την υλοποίηση projects STEAM και διοργανώνεται από το πείραμα CMS, ένα από τα πειράματα του Μεγάλου Επιταχυντή Αδρονίων (LHC) του CERN. Πρόκειται για ένα πρωτοποριακό πρόγραμμα του CERN που διδάσκει βασικές έννοιες της φυσικής και κυρίως της σωματιδιακής φυσικής σε μαθητές δημοτικών σχολείων. Η βασική ιδέα του προγράμματος είναι ότι οι έννοιες της σύγχρονης φυσικής και της επιστήμης γενικότερα, μπορούν να διδαχθούν μέσω διαδικασιών και μεθόδων που βασίζονται στο παιχνίδι. Στόχος του προγράμματος είναι να εξοικειώσει τους καθηγητές με τη σύγχρονη φυσική ώστε να μεταφέρουν με επιτυχία την εμπειρία και τις γνώσεις τους τόσο στους μαθητές τους όσο και στους συναδέλφους τους.

1. Προσέγγιση STEM

Οι Kennedy και Odell (2014) ισχυρίζονται ότι η εκπαίδευση STEM «έχει εξελιχθεί σε ένα μετα-επιστημονικό πεδίο, σε ένα ολοκληρωμένο εγχείρημα που απομακρύνει τα παραδοσιακά όρια από

αυτά τα τέσσερα πεδία και επικεντρώνεται στην καινοτομία και την εφαρμοσμένη διαδικασία σχεδιασμού λύσεων για περίπλοκα προβλήματα με τη χρήση σύγχρονων εργαλείων και τεχνολογιών».

Ο Bybee (2013) υποστηρίζει ότι ο εγγραμματισμός STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics = Φυσική, Τεχνολογία, Μηχανική, Μαθηματικά) αναφέρεται στα εξής:

- Τις γνώσεις, στάσεις και δεξιότητες με τις οποίες μπορεί ένα άτομο να αναγνωρίσει ερωτήσεις και προβλήματα σε καταστάσεις της ζωής, να εξηγήσει το φυσικό και σχεδιασμένο κόσμο και να συνάγει τεκμηριωμένα συμπεράσματα σχετικά με θέματα που σχετίζονται με το STEM.

- Την κατανόηση των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων των πεδίων STEM ως εκφάνσεων της ανθρώπινης γνώσης, έρευνας και σχεδιασμού.

- Τη συνειδητοποίηση του τρόπου με τον οποίο τα επιστημονικά πεδία STEM διαμορφώνουν το υλικό, πνευματικό και πολιτισμικό περιβάλλον μας.

- Την προθυμία για συμμετοχή σε δραστηριότητες που σχετίζονται με το STEM και με τις ιδέες της φυσικής, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών σαν εποικοδομητικός, ενδιαφερόμενος και σκεπτόμενος πολίτης.

Τα υψηλής ποιότητας εκπαιδευτικά προγράμματα STEM παρέχουν στους εκπαιδευτικούς τη δυνατότητα να συνεργαστούν μεταξύ τους με στόχο την ενσωμάτωση των τεσσάρων πεδίων σε ένα συνεκτικό μέσο διδασκαλίας και μάθησης. Όταν επιτευχθεί αυτός ο στόχος, οι μαθητές αποκτούν πρόσβαση σε σημαντικές ευκαιρίες που προάγουν δεξιότητες κριτικής σκέψης οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν στην ακαδημαϊκή και καθημερινή τους ζωή. (Bazler J., Van Sickle M. 2017)

Οι εκπαιδευτές STEM πρέπει να εφαρμόζουν εκπαιδευτικές στρατηγικές που να ενσωματώνουν τη διδασκαλία του STEM με τρόπο που να προκαλεί τους μαθητές να καινοτομούν και να εφευρίσκουν. Επιπλέον, οι εκπαιδευτές STEM πρέπει να επιδιώκουν τη μάθηση βασισμένη στη διερεύνηση προβλημάτων και σε project καθώς και να δημιουργούν σημαντικές ευκαιρίες, δεδομένου ότι η βασισμένη στον πραγματικό κόσμο μάθηση παρέχεται μέσω της συνεργατικής διερεύνησης. (Dietz G., Hessedence J., Long T., Muga H., 2017).

2. Πρόγραμμα «Παίζοντας με τα πρωτόνια»

Το πρόγραμμα «Παίζοντας με τα πρωτόνια» είναι το πνευματικό τέκνο της Τίνας Νάντσου, η οποία είναι καθηγήτρια φυσικής στη Σχολή Χίλλ της Αθήνας. Το 2013, η Τίνα Νάντσου επισκέφθηκε το CERN με την ιδιότητα της συμμετέχουσας στο Πρόγραμμα Ελλήνων Δασκάλων και μόλις επέστρεψε στην Αθήνα άρχισε μια συνεχιζόμενη προσπάθεια από κοινού με ειδικούς στο CERN για τη δημιουργία ενός προγράμματος για τους μαθητές της, οι ηλικίες των οποίων κυμαίνονταν από 10 μέχρι 12 ετών. Το έργο επικεντρώθηκε σε πειράματα που διενήργησαν οι ίδιοι οι μαθητές με υλικά και αντικείμενα καθημερινής χρήσης, με αποτέλεσμα οι μαθητές να εξοικειωθούν με περίπλοκες επιστημονικές έννοιες καθώς και με τις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα της έρευνας στο πεδίο της σωματιδιακής φυσικής.

Το πρόγραμμα «Παίζοντας με τα πρωτόνια» περιλαμβάνει μαθήματα συνεχιζόμενης επαγγελματικής ανάπτυξης για τους δασκάλους της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, την ανάπτυξη μαθησιακών πόρων και κοινοτήτων ενδιαφέροντος και την συνεχή υποστήριξη σχολείων, ιδίως εκείνων που βρίσκονται σε απομακρυσμένες τοποθεσίες καθώς και τα σχολεία που έχουν μαθητές τα οποία είναι μέλη σχετικά υποβαθμισμένων κοινοτήτων.

Το πρόγραμμα έχει εφαρμοστεί μέχρι τώρα στην Ελλάδα και το Ηνωμένο Βασίλειο, με την υποστήριξη του project CREATIONS EU. Στο συγκεκριμένο project συμμετέχουν 16 εταίροι από 11 ευρωπαϊκές χώρες οι οποίοι αναπτύσσουν δημιουργικές προσεγγίσεις βασισμένες στην τέχνη για τη δημιουργία μιας πιο ενδιαφέρουσας τάξης για το μάθημα της φυσικής, προκειμένου να βελτιώσουν τις δεξιότητες των νέων στην εκπαίδευση STEM, να αυξήσουν το ενδιαφέρον των μαθητών και να ενθαρρύνουν τους καθηγητές φυσικής να καινοτομούν. Συνδυάζοντας την επιστήμη και την τέχνη, οι εταίροι σχεδιάζουν μια ποικιλία πολιτιστικών εκδηλώσεων στις οποίες οι νέοι μπορούν να έχουν έναν ενεργό ρόλο στην επιστήμη και την έρευνα. Τα "Art @ CMS", "Learning through theatre" και "Global

Science Opera" είναι τρία ενδεικτικά προγράμματα που έχουν υλοποιηθεί στα πλαίσια του CREATIONS project (CREATIONS–Developing an Engaging Science Classroom).

Το πρόγραμμα «Παίζοντας με τα πρωτόνια» επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, στους ειδικούς στην επιστημονική εκπαίδευση και στους ερευνητές που εργάζονται στο CERN να συνεργαστούν για να δημιουργήσουν νέες και πρωτότυπες προσεγγίσεις που θα αυξήσουν το επίπεδο εμπλοκής κι ενδιαφέροντος στις φυσικές επιστήμες, τον πειραματισμό και την καινοτομία στους μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Συγκεκριμένα, οι καθηγητές του Δημοτικού Σχολείου επισκέπτονται τις πειραματικές εγκαταστάσεις του CERN για να παρακολουθήσουν και να βιώσουν από κοντά τις τελευταίες επιστημονικές ανακαλύψεις, την τεχνολογία αιχμής και την καινοτομία στο μεγαλύτερο εργαστήριο σωματιδιακής φυσικής στον πλανήτη. Εμπνέονται και γίνονται πολύ πρόθυμοι να μοιραστούν τη γνώση που έχουν μόλις ανακαλύψει με τους συνομηλίκους, τους μαθητές, τους γονείς και την ευρύτερη κοινότητα. Πειραματίζονται με νέες διδακτικές δραστηριότητες οι οποίες επικεντρώνονται σε πρακτικές εφαρμογές χρησιμοποιώντας απλά υλικά για να αυξήσουν το επίπεδο εμπλοκής των μαθητών. Επιπλέον, χρησιμοποιούν καινοτόμες μεθόδους για την ανάπτυξη νέων εκπαιδευτικών σεναρίων και σχεδίων μαθήματος που θα καταστήσουν τη διαδικασία διδασκαλίας και εκμάθησης της φυσικής πιο ελκυστική και αποτελεσματική.

Κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2016-17, είχα την ευκαιρία να συμμετάσχω στο πρόγραμμα αυτό ως καθηγήτρια γαλλικής γλώσσας και ευέλικτης ζώνης στο 2ο και 6ο, καθώς και στο 4ο Δημοτικά Σχολεία Αρτέμιδος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η κύρια πρόκληση του προγράμματος είναι η καλλιέργεια της επιστημονικής σκέψης, των κινήτρων και της δημιουργικότητας σε μαθητές δημοτικού, μαθητές σχεδόν από όλες τις τάξεις του Δημοτικού σχολείου συμμετείχαν σε διάφορες δημιουργικές δραστηριότητες σε όλη τη διάρκεια του προγράμματος. Συγκεκριμένα, οι μαθητές πραγματοποίησαν καλλιτεχνικές δραστηριότητες, κατασκευές και εξερευνήσεις αντικειμένων. Έκαναν προσομοίωση πειραμάτων φυσικής, δημιούργησαν κολάζ και ψηφιακές παρουσιάσεις για φυσικούς επιστήμονες. Επιπλέον, απεικόνισαν τον ανιχνευτή CMS με πολλούς και διάφορους τρόπους, χρησιμοποιώντας μια ποικιλία υλικών και τεχνικών, συμπεριλαμβανομένου του ξύλου, των κολάζ, των Lego, της τρισδιάστατης εκτύπωσης και τη διοργάνωσης μιας έκθεσης τέχνης με θέμα τον ανιχνευτή CMS κλπ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα πρότζεκτ των σχολείων αυτών, υπο την δική μου καθοδήγηση, κέρδισαν το Πρώτο Παγκόσμιο Βραβείο (στην κατηγορία των δημοτικών σχολείων) ανάμεσα σε 77 συμμετοχές από 15 χώρες σε όλο τον κόσμο στον Διεθνή Διαγωνισμό *Particles4U* που διοργανώθηκε από τον οργανισμό International Particle Physics Outreach Group (IPPOG) καθώς και ένα Βραβείο Εκπαιδευτικής Καινοτομίας στον Πανερωπαϊκό Διαγωνισμό *Ultimaker Education Challenge 2016* που πραγματοποιήθηκε στην έκθεση Bett Show στο Λονδίνο. Επιπλέον, οι εν λόγω δράσεις κέρδισαν Gold βραβείο στην κατηγορία «Θετικές Επιστήμες» (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά) και Silver βραβείο στην κατηγορία «Καινοτομία στη Διδασκαλία» στον Πανελλαδικό Διαγωνισμό *Education Leaders Awards 2018*.

2.1. Μαθησιακοί στόχοι

Η προέλευση των μαθησιακών στόχων του προγράμματος «Παίζοντας με τα πρωτόνια» μπορεί να ανιχνευτεί στα έξι επιχειρήματα των Eshach & Fried (2005), οι οποίοι ισχυρίζονται ότι ακόμη και πολύ μικρά τα παιδιά πρέπει να εκτίθενται στον κόσμο της επιστήμης. Τα επιχειρήματα αυτά είναι τα ακόλουθα:

1. Τα παιδιά συνήθως βρίσκουν ευχάριστο το να παρατηρούν τη φύση και να σκέφτονται γι' αυτή.
2. Η έκθεση νεαρών μαθητών στην επιστήμη έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη και την υιοθέτηση μιας θετικής στάσης απέναντι σε αυτή.
3. Η έγκαιρη έκθεση σε επιστημονικά φαινόμενα έχει σαν αποτέλεσμα τη καλύτερη κατανόηση των επιστημονικών όρων που θα μελετηθούν με πιο τυπικό και διεξοδικό τρόπο σε άλλα στάδια της εκπαίδευσης.
4. Η χρήση επιστημονικής γλώσσας σε νεαρή ηλικία επηρεάζει την τελική ανάπτυξη των επιστημονικών εννοιών με πολύ θετικό τρόπο.
5. Τα παιδιά μπορούν να κατανοήσουν τις επιστημονικές έννοιες και είναι ικανά να σκέφτονται επιστημονικά.

6. Η φυσική είναι ένα αποτελεσματικό μέσο για την ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης.

Αυτή η ιδέα ότι οι έννοιες της σύγχρονης φυσικής και της επιστήμης γενικότερα πρέπει να διδάσκονται σε νεαρή ηλικία αντιπροσωπεύει την προστιθέμενη αξία του προγράμματος.

2.2. Ειδικοί στόχοι ανά πεδίο

Ο πρωταρχικός τομέας μελέτης είναι το επιστημονικό πεδίο της φυσικής των σωματιδίων καθώς και τα πεδία της αστροφυσικής και της κοσμολογίας. Επιπλέον, οι μαθητές εξοικειώνονται με τις θεμελιώδεις έννοιες από τα πεδία της μηχανικής, της τεχνολογίας και της ιστορίας της επιστήμης. Πιο συγκεκριμένα, μόλις ολοκληρωθεί το πρόγραμμα, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να κατανοούν ότι:

- Όλη η ύλη αποτελείται από τα ίδια στοιχειώδη σωματίδια που με τη σειρά τους σχηματίζουν μεγαλύτερα σωματίδια, όπως τα πρωτόνια, τα νετρόνια και τελικά τα άτομα.
- Υπάρχουν τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις ή αλληλεπιδράσεις (η βαρυτική, η ηλεκτρομαγνητική, η ισχυρή πυρηνική και η ασθενής πυρηνική) που επηρεάζουν την ύλη.
- Τα στοιχειώδη σωματίδια είναι αόρατα με γυμνό μάτι και δεν μπορούν να παρατηρηθούν μέσω συνηθισμένων μικροσκοπίων, ωστόσο, κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα, οι φυσικοί των σωματιδίων κατάφεραν να εφεύρουν ολοένα και πιο προηγμένες μεθόδους για την ανίχνευσή τους.
- Το LHC είναι ουσιαστικά το πιο ισχυρό μικροσκόπιο στον πλανήτη. Αναπτύχθηκε και κατασκευάστηκε στο CERN και επιτρέπει στους επιστήμονες να εκτελούν πειράματα που περιλαμβάνουν σωματιδιακές συγκρούσεις με στόχο την απόκτηση μιας βαθύτερης κατανόησης της εσωτερικής δομής της ύλης και την ανακάλυψη νέων σωματιδίων.
- Η σκοτεινή ύλη και η σκοτεινή ενέργεια με τις οποίες είναι γεμάτο το σύμπαν είναι επί του παρόντος ουσιαστικά άγνωστοι παράγοντες για τους επιστήμονες.
- Η μελέτη των σωματιδίων έχει μακρά ιστορία που χαρακτηρίζεται από τη δημιουργικότητα και την επιστημονική καινοτομία, τις συνεργασίες σε διεθνές επίπεδο και τις τεχνολογικές εξελίξεις.
- Η μελέτη των σωματιδίων έχει επηρεάσει ευεργετικά πολλές πτυχές της καθημερινής μας ζωής, καθώς πολλές από τις επιστημονικές ανακαλύψεις και τεχνολογικές εξελίξεις που προέκυψαν από αυτή έχουν βρει πρακτική εφαρμογή σε τομείς όπως η ιατρική, οι επικοινωνίες και οι μεταφορές.

2.3. Γενικοί στόχοι δεξιοτήτων

- Συνεργασία
- Επίλυση προβλημάτων
- Δημιουργικότητα
- Διαχείριση λαθών
- Επικοινωνία και παρουσίαση

2.4. Θεματικές ενότητες - Επιστημονικό μοντέλο

Το πρόγραμμα προτείνει μια σειρά από πέντε θεματικές ενότητες: κοσμολογία, στοιχειώδη σωματίδια, εισαγωγή στο CERN: παρελθόν, παρόν και μέλλον, επιταχυντές και ανιχνευτές στο CERN και οι τεχνολογικές τους εφαρμογές, ζώνη δημιουργικότητας. Επιπλέον, το επιστημονικό μοντέλο που περιγράφεται στο πρόγραμμα είναι το ακόλουθο:

«Φάση 1. Ερώτηση: οι μαθητές διερευνούν μια επιστημονικά προσανατολισμένη ερώτηση.

Φάση 2. Στοιχεία: οι μαθητές δίνουν προτεραιότητα στα αποδεικτικά στοιχεία.

Φάση 3. Ανάλυση: οι μαθητές αναλύουν τα στοιχεία.

Φάση 4. Εξήγηση: οι μαθητές διατυπώνουν μια εξήγηση που βασίζεται στα αποδεικτικά στοιχεία.

Φάση 5. Σύνδεση: Οι μαθητές συνδέουν τις εξηγήσεις με την επιστημονική γνώση.

Φάση 6. Επικοινωνία: Οι μαθητές επικοινωνούν και δικαιολογούν την εξήγηση» (Alexopoulos, Nantsou, 2017).

3. Εφαρμογή του προγράμματος «Παίζοντας με πρωτόνια» σε τρία δημοτικά σχολεία της Αρτέμιδος

Στο πλαίσιο που περιγράφηκε παραπάνω εφαρμόστηκε το πρόγραμμα «Παίζοντας με τα πρωτόνια» σε τρία Δημοτικά σχολεία της Αρτέμιδος—2ο και 6ο καθώς και στο 4ο Δημοτικά Σχολεία Αρτέμιδος—. Ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός του προγράμματος βασίστηκε σε ένα μικτό μοντέλο που ενσωματώνει στοιχεία από διάφορες θεωρίες μάθησης και μεθοδολογικές προσεγγίσεις. Συγκεκριμένα υλοποιήθηκαν οι αρχές του μοντέλου της διερευνητικής μάθησης, του εποικοδομητισμού και της συνεργατικής μάθησης μαζί με τέσσερις βασικές προσεγγίσεις-Μάθηση βασισμένη στα Project, Μάθηση που βασίζεται στα προβλήματα, Μάθηση που βασίζεται στην Διερεύνηση και Μάθηση με βάση την Πρόκληση - καθώς και το Μοντέλο Διδασκαλίας 5E: Εμπλοκή, Εξερεύνηση, Εξήγηση, Επεξεργασία και Αξιολόγηση.

Ταυτόχρονα, εφαρμόζονται επίσης οι αρχές της νευροεκπαίδευσης, της διαφοροποιημένης διδασκαλίας καθώς και της θεωρίας της πολλαπλής νοημοσύνης του Howard Gardner. Οι πρακτικές διδασκαλίας που προτείνονται στο πρόγραμμα - δεδομένου ότι κάθε εγκέφαλος είναι διαφορετικός, μοναδικός και μαθαίνει με διαφορετικό τρόπο - σέβονται τα διαφορετικά προφίλ και μαθησιακά στυλ των μαθητών (π.χ. οπτικό, ακουστικό, κιναισθητικό κλπ.) (Dworczac, 2004), εμπλέκουν και αξιοποιούν τις εννέα νοημοσύνες της θεωρίας του Γκάρντνερ: γλωσσική / λεκτική, λογική / μαθηματική, οπτική / χωρική, φυσική / κιναισθητική, μουσική / ρυθμική, διαπροσωπική, ενδοπροσωπική, φυσιολογική, υπαρξιακή / φιλοσοφική νοημοσύνη (Gardner, 1999) και λαμβάνουν υπόψη τις μαθησιακές ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών.

Με αυτό τον τρόπο ενεργοποιούνται και τα δύο ημισφαίρια του εγκεφάλου, αφού το αριστερό ημισφαίριο χαρακτηρίζεται ως το λογικό και το δεξί ως το δημιουργικό. Οι γλωσσικές και λογικές-μαθηματικές δεξιότητες συνδυάζονται με τη φαντασία, τη διαίσθηση, τη πρωτότυπη σκέψη και τις καλλιτεχνικές δεξιότητες (Sousa, Pilecki, 2013). Οι πρακτικές διδασκαλίας του προγράμματος ενθαρρύνουν την κατανόηση και χρήση της επιστημονικής γλώσσας, τη μαθηματική κατανόηση, τη χρήση οπτικών συμβόλων, τη χρήση των αισθήσεων, την καλλιτεχνική και χειρωνακτική εργασία, τις αισθήσεις και την κίνηση του σώματος, την κατανόηση της θέσης του κάθε ατόμου και τη συνεργασία του με άλλα άτομα, την αυτογνωσία και την αυτορρύθμιση, την αλληλεπίδραση με το φυσικό περιβάλλον, τη χρήση μουσικών σχημάτων, τη φιλοσοφική και ηθική διάσταση της ύπαρξης.

Επιπρόσθετα, είναι ιδιαίτερα σημαντικό το γεγονός ότι το εν λόγω πρόγραμμα αναδεικνύει την ανάγκη για δημιουργική χρήση ψηφιακών εργαλείων προκειμένου να ενεργοποιηθούν όλοι οι τύποι ευφυΐας. Οι νέες τεχνολογίες συνέβαλαν σημαντικά στην υλοποίηση των projects. Χρησιμοποιήθηκαν μηχανήματα υψηλής τεχνολογίας, όπως οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές. Είναι αξιοσημείωτο ότι η πρόταση διδασκαλίας για την τρισδιάστατη εκτύπωση του CERN κέρδισε ένα Βραβείο Εκπαιδευτικής Καινοτομίας στον Πανευρωπαϊκό Διαγωνισμό "Ultimaker Education Challenge 2016". Επιπλέον, κατά τη διάρκεια των προγραμμάτων, οι μαθητές χρησιμοποίησαν πολλά ψηφιακά εργαλεία τα οποία μετέτρεψαν τη διδασκαλία σε μια ελκυστική και δυναμική διαδικασία. Στα έργα και τις δραστηριότητες που ανέλαβαν και ολοκλήρωσαν οι μαθητές περιλαμβάνονται η δημιουργία μιας τρισδιάστατης (3D) ιστοριογραμμής που απεικονίζει την ιστορία της σωματιδιακής φυσικής από το 1865 έως το 2015 (περίπου 130 γεγονότα), ο σχεδιασμός διαφόρων ψηφιακών κόμικς, η δημιουργία ενός πλήρους μαθήματος (26 εφαρμογές) σχετικά με τη σωματιδιακή φυσική για συσκευές Android και IOS μέσω Flashcards και παιχνίδια που δημιουργήθηκαν με την εφαρμογή Cram Web, ένα κουίζ σχετικά με την ιστορία του Σύμπαντος που δημιουργήθηκε με το εργαλείο Scratch, καθώς και πολλές άλλες διαδραστικές ασκήσεις και παιχνίδια στα οποία επιτεύχθηκαν υψηλά επίπεδα οπτικοποίησης.

Παράλληλα, στο μάθημα της γαλλικής γλώσσας, εφαρμόστηκε η μέθοδος CLIL ("Content and Language Integrated Learning" «Μάθηση με την ενσωμάτωση γλώσσας και περιεχομένου»), η οποία αναφέρεται στη διδασκαλία ενός επιστημονικού, μη γλωσσικού θέματος σε μια ξένη γλώσσα, έτσι ώστε η διδασκαλία της ξένης γλώσσας να γίνεται παράλληλα με την απόκτηση επιστημονικών γνώσεων από κάποιο μη γλωσσικό επιστημονικό πεδίο. Η διδασκαλία της γαλλικής γλώσσας,

σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, προσαρμόστηκε στους μαθησιακούς στόχους και έγινε το εργαλείο για τη μάθηση των φυσικών επιστημών. Οι μαθητές εξοικειώθηκαν με γαλλικούς επιστημονικούς όρους, άρχισαν να κατανοούν τις βασικές έννοιες των μαθημάτων που μελετήθηκαν και αφομοίωσαν εξειδικευμένο λεξιλόγιο και επιστημονική ορολογία (Darn, 2006).

Η διαθεματικότητα και η διεπιστημονικότητα διαχέονται σε όλες σχεδόν τις προτεινόμενες δραστηριότητες. Οι θεματικές ενότητες του προγράμματος προσεγγίζονται ολιστικά με τη συμμετοχή ποικίλων επιστημονικών κλάδων και γνωστικών πεδίων όπως οι φυσικές επιστήμες (αστρονομία, φυσική, χημεία), τα μαθηματικά, η μυθολογία, η ιστορία, η φιλοσοφία, η λογοτεχνία, οι ξένες γλώσσες (αγγλικά, γαλλικά) και κυρίως μέσω των καλλιτεχνικών και της τέχνης (θέατρο, μουσική, ζωγραφική). Η διαθεματική διδασκαλία στοχεύει στην ενοποίηση της γνώσης και έτσι προωθεί τη σύνδεση με τη καθημερινή εμπειρία, τις ανώτερες γνωστικές λειτουργίες όπως την ανάλυση και τη σύνθεση, τις μεταγνωστικές δεξιότητες, τα αυξημένα κίνητρα, την εις βάθος κατανόηση και τη διαφοροποιημένη διδασκαλία. Ο ρόλος του δασκάλου είναι πολύπλευρος: είναι διαμεσολαβητής, πρότυπο και οδηγός (Rowley, Cooper, 2009).

Η εφαρμογή του προγράμματος στα 3 σχολεία βασίστηκε σε ένα καθορισμένο πλαίσιο στόχων. Συγκεκριμένα, επιδιώχθηκε οι μαθητές:

3.1. Γενικοί Μαθησιακοί Στόχοι

- ❖ Να εξοικειωθούν με τη φυσική των στοιχειωδών σωματιδίων, τις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις τους και να είναι σε θέση να τα ταξινομήσουν σύμφωνα με το Καθιερωμένο Πρότυπο.
- ❖ Να κατανοήσουν τα μεγάλα πειράματα στα οποία μελετώνται τα αποτελέσματα συγκρούσεων υψηλών ενεργειών μεταξύ σωματιδίων.
- ❖ Να αυξηθεί η επιστημονική γνώση, η κατανόηση της επιστήμης και να αποκτηθεί επιστημονικός εγγραμματισμός.
- ❖ Να αποκτήσουν ορισμένα στοιχεία της επιστημονικής μεθόδου.
- ❖ Να υιοθετήσουν και να αναπτύξουν μια επιστημονική στάση απέναντι στο φυσικό και τεχνητό περιβάλλον τους.
- ❖ Να εκφραστούν καλλιτεχνικά και να συνεργαστούν για την παραγωγή πρωτότυπων έργων τέχνης εμπνευσμένων από τη σωματιδιακή φυσική.
- ❖ Να αυξηθεί το ενδιαφέρον τους για το STEM και την επαγγελματική σταδιοδρομία που σχετίζεται με τις επιστήμες.

3.2. Σκοποί που αφορούν τη γνώση

- ❖ Να κατανοήσουν τα θεμελιώδη δομικά στοιχεία της ύλης και το πώς αυτά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.
- ❖ Να εξοικειωθούν με την έρευνα στις εγκαταστάσεις του CERN και τη λειτουργία των επιταχυντών και των ανιχνευτών.
- ❖ Να εξοικειωθούν με τις νέες ιδέες που παρουσιάζονται στην Κβαντική Θεωρία.
- ❖ Να μάθουν σημαντικούς επιστήμονες, θεωρίες και πειράματα.

3.3. Σκοποί που σχετίζονται με επιστημονικές μεθόδους και συμπεριφορές

- ❖ Να κάνουν υποθέσεις που να μπορούν να δοκιμαστούν με παρατήρηση και πειράματα.
- ❖ Να αναζητούν δεδομένα χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες διαδικασίες και μέσα.
- ❖ Να είναι σε θέση να ερμηνεύσουν και να παρουσιάσουν τα αποτελέσματα.
- ❖ Να προτείνουν διάφορες υποθέσεις και να επινοούν νέες λύσεις.
- ❖ Να εκτελούν απλά επιστημονικά πειράματα με καθημερινά υλικά.
- ❖ Να είναι σε θέση να συνεργαστούν στα πλαίσια ομαδικής εργασίας.

3.4. Σκοποί που σχετίζονται με δεξιότητες

- ❖ Να αναπτύξουν αβίαστα δεξιότητες επιστημονικού εγγραμματισμού στις Φυσικές Επιστήμες.
- ❖ Να καλλιεργούν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, την κριτική σκέψη, την περιέργεια και την εφευρετικότητα.
- ❖ Να συνδυάζουν την τέχνη με την επιστήμη και την τεχνολογία.
- ❖ Να εξοικειωθούν με καινοτόμες τεχνολογίες (π.χ. εφαρμογές τρισδιάστατης εκτύπωσης).

- ❖ Να συνεργάζονται στην παραγωγή πρωτότυπων χειροτεχνημάτων και έργων τέχνης.

4. Παρουσίαση των δράσεων

Καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος, πολλές και διάφορες σχολικές δραστηριότητες πραγματοποιήθηκαν από τους μαθητές του 2ου και 6ου καθώς και του 4ου Δημοτικών Σχολείων Αρτέμιδος. Οι δραστηριότητες αυτές αντλούν έμπνευση από τη θεωρία των πολλαπλών ευφυϊών και την αναθεωρημένη ταξινόμηση του Bloom και βασίζονται στους τρεις βασικούς θεματικούς άξονες του προγράμματος—την ιστορία του σύμπαντος, τη δομή της ύλης και τις ερευνητικές εγκαταστάσεις του CERN—. Ταυτόχρονα, δημιουργήθηκε σύγχρονο και πρωτότυπο εκπαιδευτικό υλικό, με τη μορφή εκπαιδευτικών πόρων, το οποίο διαφέρει πολύ από το παραδοσιακό εκπαιδευτικό υλικό. Αυτές οι δραστηριότητες μαζί με το υλικό παρουσιάστηκαν στο τέλος του ακαδημαϊκού έτους κατά τη διάρκεια της τελετής λήξης του προγράμματος. Ενδεικτικά, οι εφαρμοζόμενες δραστηριότητες παρουσιάζονται στον ακόλουθο σύνδεσμο:

<https://drive.google.com/file/d/1KQxiGoIirTX4fSAvZpLjnhUoWY5CDnIE/view?usp=sharing>

5. Αξιολόγηση του προγράμματος

Όσον αφορά την αξιολόγηση του προγράμματος «Παίζοντας με τα πρωτόνια», παρατηρήθηκαν πολύ θετικά αποτελέσματα εφαρμογών και οι περισσότεροι από τους στόχους του επιτεύχθηκαν. Τα ποσοτικά και ποιοτικά στοιχεία των εργαλείων, συμπεριλαμβανομένων των ερωτηματολογίων και των συνεντεύξεων των μαθητών, επαληθεύουν τη θετική αποδοχή του προγράμματος τόσο από τους μαθητές και από τους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν σε αυτό όσο και από τους γονείς. Η συμβολή του προγράμματος στη σύνδεση της σχολικής γνώσης με τις ανάγκες, την ηλικία, με το επίπεδο και τα ενδιαφέροντα των μαθητών, καθώς και με πραγματικές κοινωνικές καταστάσεις θεωρήθηκε ιδιαίτερα πολύτιμη. Επιπλέον, σε αυτό το πλαίσιο, προωθήθηκε η δημιουργία καλύτερων σχέσεων με όλους τους μαθητές καθώς και με εκείνους που έχουν ιδιαίτερες μαθησιακές, πολιτιστικές και γλωσσικές ανάγκες.

Οι δάσκαλοι και οι μαθητές ανέπτυξαν πρωτοβουλίες, καλλιέργησαν τη κριτική και δημιουργική σκέψη μέσω μεθοδολογιών που σχετίζονται με μια ολιστική και διεπιστημονική προσέγγιση στη γνώση και την υλοποίηση δραστηριοτήτων και projects σε ατομικό και ομαδικό επίπεδο, πράγμα που αύξησε το ενδιαφέρον αλλά και τις φιλοδοξίες των μαθητών για τα επιστημονικά επαγγέλματα. Το εκπαιδευτικό κλίμα των σχολείων που υλοποίησαν το πρόγραμμα επηρεάστηκε θετικά και αυτό συνέβαλε στην προώθηση της δημιουργικής συνεργασίας μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων στην εκπαιδευτική διαδικασία. Οι μαθητές ήταν ανοιχτοί και ανταποκρίνονταν σε νέες οπτικές γωνίες, επέδειξαν πρωτότυπη σκέψη και εφευρετικότητα στην εργασία, δεξιότητες ανώτερης σκέψης και επίλυσης προβλημάτων και επεξεργάστηκαν πρωτότυπες ιδέες για τη βελτίωση και τη μεγιστοποίηση των δημιουργικών προσπαθειών τους.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές του καινοτόμου προγράμματος «Παίζοντας με τα πρωτόνια», προσέφεραν στους μαθητές ποικίλες ευκαιρίες να αναπτύξουν και να εκφράσουν τις λανθάνουσες δυνατότητές τους και να διευρύνουν τις προοπτικές με τις οποίες αντιλαμβάνονται τον κόσμο και την επιστήμη. Οι διδακτικές πρακτικές που σχεδιάστηκαν συνέβαλαν κυρίως στους πειραματισμούς των μαθητών καθώς και στην ανακάλυψη των δυνατών και αδύναμων ευφυϊών, των κλίσεων και των ταλέντων τους.

Ταυτόχρονα, η χρήση των κατάλληλων ψηφιακών εργαλείων δημιούργησε τις προϋποθέσεις για αποδοτικότερη επίδοση των μαθητών κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας, καθώς η προσαρμοσμένη στα ατομικά προφίλ τους διδακτική εργασία οδήγησε στη δημιουργική παραγωγή έργων, στην απόκτηση δεξιοτήτων αυτορυθμιζόμενης μάθησης, αυτονομίας, συνεργασίας και επικοινωνίας.

Εν κατακλείδι, η εφαρμογή του προγράμματος «Παίζοντας με τα πρωτόνια» στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι συμβάλλει στη μεταρρύθμιση της διδακτικής προσέγγισης διαφόρων γνωστικών αντικειμένων, στη δημιουργία ενός πολυδύναμου βιωματικού μαθησιακού περιβάλλοντος, στο σχεδιασμό πλούσιων, πολυμορφικών και πολυτροπικών μαθημάτων και

δραστηριοτήτων και στην επιλογή ευέλικτων τεχνικών και στρατηγικών. Μέσω της φιλοσοφίας πάνω στην οποία βασίζεται αυτό το καινοτόμο πρόγραμμα, οι μαθητές γίνονται πιο ανοιχτοί στην επιστήμη και την κοινωνία και αναβαθμίζεται ο ρόλος του εκπαιδευτικού, ο οποίος είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για την επιτυχία οποιασδήποτε βελτίωσης στο εκπαιδευτικό σύστημα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Bazler J., Van Sickle Meta. (2017). *Cases on STEAM Education in Practice, United States of America. IGI Global, Engineering Science Reference*
- Dietz G., Hessedence J., Long T., Muga H. (2017). *Empowering Women in STEM: Embedding STEM in K-12 Education*, in *Strategies for Increasing Diversity in Engineering Majors and Careers*, Gray M., Thomas K., United States of America. IGI Global, Engineering Science Reference
- Dworczac F. (2004). *Neurosciences de l'éducation, Cerveau et apprentissage*, Paris: Harmattan
- Froschauer. L. (2016). *Bringing STEM to the elementary classroom*, Arlington. VA: NSTA Press
- Gardner H. (1999). *Intelligence reframed, Multiple Intelligences for the 21st century*, New York: Basic Books
- Maslyk, J. (2016). *STEAM makers: fostering creativity and innovation in the elementary classroom*, Thousand Oaks, CA: Corwin
- Rowley C, Cooper H. (2009). *Cross-curricular Approaches to Teaching and Learning*, SAGE Publications
- Sousa D, Pilecki T. (2013). *From STEM to STEAM: using brain-compatible strategies to integrate the arts*, Thousand Oaks, CA: Corwin

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Alexopoulos, A. Nantsou, T. (2017). Playing with Protons CREATIONS-Demonstrator; Ανακτήθηκε στις 15/3/2018 από τη διεύθυνση <http://cds.cern.ch/record/2258255/files/>
- Darn S. (2006). CLIL: A lesson framework, Izmir University of Economics, Turkey, Ανακτήθηκε στις 16/3/2018 από τη διεύθυνση <https://www.teachingenglish.org.uk/article/clil-a-lesson-framework>
- CREATIONS-Developing an Engaging Science Classroom; Ανακτήθηκε στις 20/3/2018 από τη διεύθυνση <http://creations-project.eu/>
- Daugherty M. (2013). The Prospect of an "A" in STEM Education, University of Arkansas; Ανακτήθηκε στις 16/3/2018 από τη διεύθυνση <http://www.uastem.com/wp-content/uploads/2012/08/The-Prospect-of-an-A-in-STEM-Education.pdf>
- "Education Leaders Awards 2018"; Ανακτήθηκε στις 19/6/2018 από τη διεύθυνση <http://www.educationleadersawards>
- Kennedy T. J., Odell M. R.L... Engaging Students In STEM Education, Science Education International Vol. 25, Issue 3, 2014, 246-258, Ανακτήθηκε στις 19/6/2018 από τη διεύθυνση <http://www.icasonline.net/sei/september2014/p1.pdf>
- Land M.H. (2013). Full STEAM Ahead: The Benefits of Integrating the Arts Into STEM; Ανακτήθηκε στις 21/6/2018 από τη διεύθυνση <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050913011174>
- Nantsou T., Science experiments for kids, <https://tinanantsou.blogspot.com/>
- Particles4U, International Particle Physics Outreach Group, Ανακτήθηκε στις 20/6/2018 από τη διεύθυνση <http://ippog.org/particles4u>
- Ultimaker Education Challenge 2016; Ανακτήθηκε στις 21/6/2018 από τη διεύθυνση <https://ultimaker.com/en/blog/37106-ultimaker-education-challenge-winners-announced>
- Playing with protons; Ανακτήθηκε στις 22/6/2018 από τη διεύθυνση <http://playprotons.web.cern.ch/>

Διερευνητική μάθηση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: GoLab/NextLab – Εργαλεία για τη συγγραφή διερευνητικών σεναρίων

Λεύκος Ιωάννης¹, Κυπριώτη Ευγενία², Κανόχης Παναγιώτης³

¹Ε.ΔΙ.Π., Τμήμα Ε.Κ.Π. ΠΑΜΑΚ lefkos@uom.edu.gr

²Ελληνογερμανική Αγωγή ekypriotis@ea.gr

³Εκπαιδευτικός ΠΕ70 panos_10k@hotmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες, δεν περιορίζεται μόνο στην απόκτηση των σχετικών γνώσεων από τους μαθητές, αλλά εκτείνεται και στην επιστημονική μεθοδολογία. Η διερευνητική προσέγγιση στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών θεωρείται πως μπορεί να επιτύχει αυτό το σκοπό, υπό τις κατάλληλες βέβαια προϋποθέσεις, καθώς δίνει στους μαθητές την ευκαιρία όχι μόνο να μάθουν, αλλά και να κατανοήσουν τη διαδικασία παραγωγής επιστημονικών ευρημάτων και έτσι να βιώσουν τη φύση της επιστήμης. Ταυτόχρονα, φαίνεται να βοηθά και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων χρήσιμων σε διάφορες πραγματικές καταστάσεις που δεν αναφέρονται μόνο σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, όπως η κριτική σκέψη, η συνεργασία και η επικοινωνία.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι εφαρμογής μιας διερευνητικής προσέγγισης ενός θέματος και ανάλογα με τον βαθμό της καθοδήγησης που παρέχεται στους μαθητές από τον εκπαιδευτικό, μπορούν να διακριθούν σε Επιβεβαιωτική, Δομημένη, Καθοδηγούμενη και Ανοικτή. Έχει δε υποστηριχθεί ερευνητικά, ότι σε περιβάλλοντα μάθησης που βασίζονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή οι μαθητές εμφανίζουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα, καθώς λαμβάνουν περισσότερο στοχευμένη και προσωποποιημένη υποβοήθηση στη διερεύνησή τους.

Το ευρωπαϊκό έργο Go-lab/Next-lab, προσφέρει ένα διαδικτυακό περιβάλλον συγγραφής διερευνητικών σεναρίων όπου οι εκπαιδευτικοί μπορούν να συνθέσουν και να υλοποιήσουν μια διδακτική προσέγγιση, χρησιμοποιώντας τον "κύκλο της διερεύνησης", ενσωματώνοντας εικονικά ή απομακρυσμένα εργαστήρια αλλά και μικροεφαρμογές για την υποβοήθηση των μαθητών στις διερευνήσεις τους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Διερευνητική μάθηση, Φυσικές Επιστήμες, διαδικτυακά σενάρια

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι εκπαιδευτικοί των φυσικών επιστημών συνήθως επικεντρώνουν σε ένα σώμα γνώσεων που διαμορφώνει τον κλάδο τους, μήπως όμως θα έπρεπε οι μαθητές να αποκτήσουν μια ευρύτερη άποψη για την επιστήμη; Στο μάθημα των φυσικών επιστημών, είναι καλό να υπάρχει μια ισορροπία στην έμφαση στην επιστήμη ως σώμα γνώσεων, ως διαδικασία και ως ανθρώπινη ενασχόληση και αυτό θεωρείται ότι μπορεί να το προσφέρει η διερευνητική προσέγγιση της μάθησης (Golab, 2015).

Η διερευνητική μάθηση έχει τις ρίζες της στις απόψεις του John Dewey από τις αρχές του 20ου αιώνα, αλλά και στο κίνημα της ανακαλυπτικής μάθησης της δεκαετίας του 1960 με εμπνευστή τον Bruner, το οποίο έδινε ιδιαίτερη έμφαση στην εκμάθηση του γνωστικού περιεχομένου. Εμφανίστηκε όμως εδώ και σχεδόν 30 χρόνια, ως μια εποικοδομητική προσέγγιση για την επιστήμη. Σήμερα, σε πολλές χώρες, προάγεται επίσημα ως μια παιδαγωγική μέθοδος που οδηγεί σε καλύτερη μάθηση των φυσικών επιστημών (Bybee κ.ά., 2008; Minner κ.ά., 2010), και ιδιαίτερα μετά την έκδοση της έκθεσης των Rocard κ.ά. (2007) με τίτλο "Science Education Now: A renewed Pedagogy for the Future of Europe" αναγορεύτηκε ως ένας από τους σημαντικότερους εκπαιδευτικούς στόχους για την Ευρώπη.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ

Ο όρος "διερεύνηση" χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες για τον προσδιορισμό τουλάχιστον τριών διακριτών αλλά αλληλένδετων κατηγοριών δραστηριότητας: του τι κάνουν οι επιστήμονες (διερεύνηση επιστημονικών φαινομένων με τη χρήση επιστημονικών μεθόδων προκειμένου να ερμηνεύσουν πτυχές του φυσικού κόσμου), του πώς μαθαίνουν οι μαθητές (προσπαθώντας να βρουν απάντηση σε επιστημονικά ερωτήματα και ασχολούμενοι με επιστημονικά πειράματα μιμούμενοι τις πρακτικές και τις διαδικασίες που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες) και μιας

παιδαγωγικής μεθόδου, ή διδακτικής στρατηγικής, που υιοθετείται από τους διδάσκοντες των φυσικών επιστημών (σχεδιασμός και διευκόλυνση μαθησιακών δραστηριοτήτων που επιτρέπουν στους μαθητές να παρατηρούν, να πειραματίζονται και να επαληθεύουν όσα είναι ήδη γνωστά υπό το φως αποδεικτικών στοιχείων) (Minner κ.ά., 2010). Αυτή η πολυσημία του όρου εξηγεί εν μέρει τη σύγχυση σχετικά με την εφαρμογή της «διερευνητικής εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες» (IBSE), ενός ακόμα όρου-ομπρέλα που χρησιμοποιείται για την αναφορά σε ποικίλες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις, οι οποίες χαρακτηρίζονται από τη διαφορετική έμφαση που δίνουν σε αυτές τις τρεις διακριτές "διερευνητικές" δραστηριότητες.

Το IBSE συνήθως περιγράφεται ως εκμάθηση στην οποία οι μαθητές κατασκευάζουν γνώσεις μέσω της πρόβλεψης, της παρατήρησης και των πρακτικών πειραμάτων με τον ίδιο τρόπο όπως και κατά τη διάρκεια πραγματικής επιστημονικής έρευνας. Οι εκπαιδευτικοί καθοδηγούν απλά τη διαδικασία μάθησης, η οποία όμως είναι ουσιαστικά επικεντρωμένη στους μαθητές.

Το IBSE βασίζεται στην άποψη ότι η έρευνα είναι η ουσία της επιστήμης. Ο σχεδιασμός, η προδιαγραφή και η πραγματοποίηση πειραμάτων αποτελούν σημαντικό μέρος της διαδικασίας απόκτησης βασικών εννοιών. Η έρευνα δίνει στους μαθητές την ευκαιρία όχι μόνο να μάθουν, αλλά και να κατανοήσουν τη διαδικασία παραγωγής επιστημονικών ευρημάτων και έτσι να βιώσουν τη φύση της επιστήμης. Οι μαθητές βιώνοντας τη διαδικασία της επιστημονικής διερεύνησης, μαθαίνουν όχι μόνο το γνωστικό περιεχόμενο αλλά και τη μεθοδολογία της επιστήμης, γεγονός που ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις που θέτουν τα Αναλυτικά Προγράμματα σε πολλές χώρες του κόσμου (Abd-El-Khalick et al., 2004; Achieve, 2010). Στο IBSE, η εκμάθηση νέων εννοιών και ερευνητικών μεθόδων αναπτύσσεται παράλληλα.

Υπάρχουν πολλές παραλλαγές του IBSE, που μερικές φορές περιγράφονται ως το φάσμα της διερεύνησης, αλλά υπάρχουν και ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά που είναι τα ίδια σε κάθε περίπτωση.

Μια κατηγοριοποίηση βασισμένη στην κατανομή ρόλων μεταξύ καθηγητών και μαθητών παρουσιάστηκε από τον Eastwell (2009):

- Επιβεβαιωτική διερεύνηση (Confirmation inquiry) - τα ερωτήματα όσο και η μεθοδολογία παρέχονται από τον εκπαιδευτικό. Τα αποτελέσματα είναι γνωστά, εκ των προτέρων, αλλά ο σκοπός είναι να επαληθευτούν μέσα από την εργασία των μαθητών.
- Δομημένη διερεύνηση (Structured inquiry) - τα ερωτήματα όσο και μια ενδεχόμενη μεθοδολογία παρουσιάζεται από τον εκπαιδευτικό. Οι μαθητές διατυπώνουν μια εξήγηση για το φαινόμενο που μελετήθηκε
- Καθοδηγούμενη διερεύνηση (Guided inquiry) - ο εκπαιδευτικός θέτει τα ερευνητικά ερωτήματα, οι μαθητές επιλέγουν και υλοποιούν μια μεθοδολογία για τη διερεύνηση.
- Ανοικτή διερεύνηση (Open inquiry) - οι μαθητές θέτουν τα ερωτήματα, επιλέγουν μια μέθοδο, διεξάγουν τη διερεύνηση και διατυπώνουν αποτελέσματα.

H ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΟΥ 21ΟΥ ΑΙΩΝΑ

Το IBSE δεν απευθύνεται όμως μόνο σε μαθητές που επιδιώκουν μια επιστημονική σταδιοδρομία. Βοηθά επίσης στην ανάπτυξη δεξιοτήτων χρήσιμων σε διάφορες πραγματικές καταστάσεις και δεν περιορίζεται μόνο σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, π.χ. κίνητρα για μελέτη, κρίσιμη και δημιουργική σκέψη, λογική αφαίρεση, ικανότητα κατάρτισης σχεδίου εργασίας, ανεξαρτησία, υπευθυνότητα και συνεργασία μεταξύ των συνομηλίκων. Οι μαθητές πρέπει να εισαχθούν σταδιακά σε αυτές τις δεξιότητες από τα πρώτα σχολικά έτη. Από τα προηγούμενα, ιδιαίτερος σημαντικός θεωρούνται:

Η κριτική σκέψη. Η κριτική σκέψη συνδέεται όχι μόνο με την ικανότητα κάποιου να θέτει ερωτήσεις, αλλά και με τη δυνατότητα να ρωτά την κατάλληλη ερώτηση την κατάλληλη στιγμή. Πολύ σημαντικός επίσης είναι ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές αντιμετωπίζουν τα λάθη τους. Δηλαδή να μη δέχονται αποτυχία ως τετελεσμένο γεγονός, αλλά να σκέφτονται πώς θα μπορούσε να γίνει με άλλο τρόπο.

Η συνεργασία. Κατά τη διάρκεια του IBSE, οι σπουδαστές εργάζονται συχνά σε μικρές ομάδες όπου οι σπουδαστές συνεργάζονται και επικοινωνούν, ή εργάζονται σε ομάδες όπου κάθε μαθητής έχει το δικό του ρόλο. Η ικανότητα συνεργασίας σημαίνει ότι ένας μαθητής μπορεί να δεχτεί ένα ρόλο ή ένα καθήκον ή ακόμη και να ζητήσει ένα - υποδεικνύοντας πώς θα μπορούσαν να βοηθήσουν κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Οι μαθητές παίρνουν τους ρόλους τους υπεύθυνα και σε περίπτωση απο-

τυχίας δεν ρίχνουν την ευθύνη σε άλλους. Αντίθετα, οι μαθητές θα πρέπει να μάθουν πώς να ζητούν βοήθεια από τους άλλους μέσα στην ομάδα.

Η επικοινωνία. Οι μαθητές χρησιμοποιούν τις δεξιότητες επικοινωνίας κατά τη διάρκεια της ομαδικής εργασίας, αλλά τις εξασκούν και όταν μιλούν μόνοι τους - για παράδειγμα, δίνοντας οδηγίες, εξηγώντας την πρόοδο σε ένα πείραμα ή παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα.

Τα παραπάνω βέβαια, αφορούν τις ονομαζόμενες “δεξιότητες του 21ου αιώνα” (21st century skills). Οι δεξιότητες του 21ου αιώνα περιλαμβάνουν τις δεξιότητες, τις ικανότητες και τις προδιαθέσεις που έχουν αναγνωριστεί ως απαραίτητες για την επιτυχία της κοινωνίας και των εργασιακών χώρων του 21ου αιώνα από εκπαιδευτικούς, επιχειρηματίες, ακαδημαϊκούς και κυβερνητικούς οργανισμούς. Αυτές οι δεξιότητες διαφέρουν από τις παραδοσιακές ακαδημαϊκές δεξιότητες στο ότι δεν βασίζονται κυρίως στη γνώση περιεχομένου και η διερευνητική προσέγγιση της μάθησης, βοηθά στην ανάπτυξή τους από τους μαθητές (Vuorikari et al., 2016).

GO LAB / NEXT LAB

Σύμφωνα με τους Zacharia κ.ά. (2015), παρά το γεγονός ότι υπάρχουν πολλοί τρόποι και μέσα καθοδήγησης των μαθητών σε μια διερευνητική μαθησιακή διαδικασία, ο καλύτερος τρόπος φαίνεται να είναι αυτός που γίνεται μέσω του ΗΥ. Και αυτό οφείλεται στις ιδιαίτερες παροχές του ΗΥ, όπως πολλαπλές αναπαραστάσεις, άμεση και προσωποποιημένη ανατροφοδότηση ή βοήθεια (de Jong 2006; Furtak et al. 2012).

Όλο και περισσότερα στοιχεία υποστηρίζουν ότι τα περιβάλλοντα Τεχνολογικά Βελτιωμένης Μάθησης (TBM), που βασίζονται δηλαδή σε ΗΥ, προσφέρουν στους μαθητές πραγματικά ουσιώδεις ευκαιρίες μάθησης και μεγάλης κλίμακας μελέτες δείχνουν ότι, σε διαφορετικές μετρήσεις των αποτελεσμάτων υπερτερούν σε σχέση με πιο άμεσες προσεγγίσεις της εκπαίδευσης (Smetana & Bell, 2012). Αυτά τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα, ωστόσο, ισχύουν μόνο όταν η διαδικασία της διερεύνησης είναι δομημένη και υποστηριζόμενη με σκαλωσιές (ικριώματα) μάθησης. Οι σκαλωσιές, συνεπώς, δραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη διερευνητική μάθηση. Υπάρχουν πολλών ειδών σκαλωσιές. Παραδείγματα αυτών είναι εργαλεία για τη δημιουργία υποθέσεων, εργαλεία ανάλυσης δεδομένων και εργαλεία αποθήκευσης και παρακολούθησης πειραμάτων.

Ένα ευρωπαϊκό έργο που έχει τα παραπάνω χαρακτηριστικά, είναι το Go-Lab / Next-Lab. Στόχος του έργου είναι να ανταποκριθεί στην ανάγκη της Ευρώπης για νέους ανθρώπους με δεξιότητες και ενθουσιασμό για την επιστήμη, που θεωρούν τις θετικές επιστήμες ως τον τομέα στον οποίο θα σταδιοδρομήσουν επαγγελματικά, προκειμένου να διασφαλιστεί η ανταγωνιστικότητα και η ευημερία (Go-Lab, 2015).

Για να επιτευχθεί αυτό, το έργο Go-Lab προσφέρει:

- ένα σύνολο απομακρυσμένων εργαστηρίων, εικονικών πειραμάτων και σετ δεδομένων (στα οποία γίνεται κοινή αναφορά ως "διαδικτυακά εργαστήρια"),
- ένα περιβάλλον συγγραφής για την ενσωμάτωση των διαδικτυακών εργαστηρίων σε παιδαγωγικά δομημένους χώρους μάθησης από τους εκπαιδευτικούς,
- διαδικτυακές εφαρμογές (apps) ως γνωστικές σκαλωσιές για μαθητές, και
- ευκαιρίες για κοινωνική αλληλεπίδραση.

ΒΙΩΜΑΤΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Οι συμμετέχοντες στο εργαστήριο αυτό θα καθοδηγηθούν στην εγγραφή τους στη δικτυακή πύλη του Go-Lab / Next-Lab και θα γνωρίσουν τις βασικές δυνατότητες που παρέχονται για τους εκπαιδευτικούς.

Επιπλέον, στο εργαστήριο αυτό θα παρουσιαστούν μέσα από συγκεκριμένα παραδείγματα ο “κύκλος της διερεύνησης” του Go-Lab, οι εφαρμογές (apps) και τα διαδικτυακά εργαστήρια, όπως αυτά ενσωματώνονται σε ένα ενιαίο σύνολο μέσα στους Χώρους Διερευνητικής Μάθησης (ΧΔΜ/ILS). Ιδιαίτερη έμφαση θα υπάρχει στις εφαρμογές (apps), τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους και ο τρόπος εκμετάλλευσής τους στη συγγραφή διδακτικών σεναρίων στους ΧΔΜ.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Abd□El□Khalick, F. , BouJaoude, S. , Duschl, R. , Lederman, N. G., Mamlok□Naaman, R., Hofstein, A. , Niaz, M. , Treagust, D. and Tuan, H. (2004), Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88: 397-419.

Achieve. (2010). International science benchmarking report. *Taking the lead in science education: Forging next-generation science standards*. Achieve. Ανακτήθηκε στις 1 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <http://www.achieve.org/files/InternationalScienceBenchmarkingReport.pdf>

Bybee, R.W., Powell, J.C & Trowbridge, L.W. (2008). *Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education (9η Έκδοση).

Eastwell, P., & MacKenzie, A. H. (2009). Inquiry Learning: Elements of Confusion and Frustration. *The American Biology Teacher*, 71(5), 263-266

de Jong, T. (2006). Computer simulations-technological advances in inquiry learning. *Science*, 312, 532–533.

Go-Lab (2015). *Εγχειρίδιο υποστήριξης εκπαιδευτικών Go-lab*. Κοινοπραξία Go-Lab. Ανακτήθηκε στις 5 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <https://www.golabz.eu/support/manuals>.

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching. *Review of Educational Research*, 82, 300–329.

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction - what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474-496.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henrikson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Βρυξέλλες: Ευρωπαϊκή Επιτροπή: Γενική Διεύθυνση Έρευνας.

Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34, 1337–1370.

Vuorikari, R., Punie, Y., Carretero Gomez S., Van den Brande, G. (2016). *DigComp 2.0: The Digital Competence Framework for Citizens*. Update Phase 1: The Conceptual Reference Model. Luxembourg Publication Office of the European Union.

Zacharia, Z. C., Manoli, C., Xenofontos, N., de Jong, T., Pedaste, M., van Riesen, S. A. N., ... Tsourlidaki, E. (2015). Identifying potential types of guidance for supporting student inquiry when using virtual and remote labs in science: a literature review. *Educational Technology Research and Development*, 63(2), 257–302.

“Τα Leds ανάβουν στα σχολεία”: Εισαγωγή στο περιβάλλον Scratch for Arduino με παραδείγματα διδακτικών δραστηριοτήτων προγραμματισμού για την Α/βάθμια και τη Β/βάθμια εκπαίδευση

Α. Παλιούρας¹, Ε. Βαμβακά²

¹Καθηγητής Πληροφορικής, 3^ο Ε.Κ. Ανατολικής Αττικής (Ραφήνας)
arisपालιouras@gmail.com

²Καθηγήτρια Πληροφορικής/Μαθηματικών, 8^ο Δημοτικό Σχολείο Αθηνών
em.vamvaka@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργαστηριακή παρουσίαση αφορά στην επιμόρφωση νέων επιστημόνων και εκπαιδευτικών στην εκπαιδευτική ρομποτική με τη βοήθεια του μικροελεγκτή Arduino και ιδιαίτερα στο προγραμματιστικό περιβάλλον Scratch for Arduino. Το S4A είναι μια τροποποιημένη έκδοση του Scratch, που επιτρέπει τον απλό προγραμματισμό της ανοιχτής πλατφόρμας Arduino και την αλληλεπίδραση με τον φυσικό κόσμο.

Μέσα από τις δραστηριότητες θα παρουσιαστούν τρόποι με τους οποίους οι μαθητές αναπτύσσουν τις βασικές αρχές του προγραμματισμού, τα βασικά στοιχεία της υπολογιστικής σκέψης και την λογική των προσομοιώσεων καθώς και δεξιότητες δημιουργικότητας και συνεργασίας με άλλους μαθητές. Θα κατασκευαστούν κυκλώματα, θα χρησιμοποιηθούν αισθητήρες και θα δημιουργηθούν προγράμματα προκειμένου να επιλυθούν προβλήματα μέσα από τη ζωή μας.

Η παρουσίαση περιλαμβάνει: Σύντομη περιγραφή του εκπαιδευτικού λογισμικού Scratch, του μικροελεγκτή Arduino και του εκπαιδευτικού λογισμικού Scratch for Arduino καθώς επίσης και παραδείγματα διδακτικών δραστηριοτήτων προγραμματισμού για την Α/βάθμια και την Β/βάθμια εκπαίδευση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Scratch for Arduino, S4A, υπολογιστική σκέψη, προγραμματισμός

Η ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ SCRATCH

Η γλώσσα Scratch είναι μια γλώσσα προγραμματισμού στην οποία δε χρειάζεται να πληκτρολογήσεις ούτε μια γραμμή κώδικα για να γράψεις ένα πρόγραμμα. Σχεδιάστηκε για να είναι διασκεδαστική και εύκολη στη διδασκαλία του προγραμματισμού. Έχει εργαλεία για τη δημιουργία αλληλεπιδραστικών ιστοριών, παιχνιδιών, προσομοιώσεων, παρουσιάσεων, κινούμενης εικόνας και πολλών άλλων προγραμμάτων. Το Scratch έχει αναπτυχθεί από μια μικρή ομάδα ερευνητών στο MIT Media Lab. Αποτελείται από ένα γραφικό προγραμματιστικό περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές ενώνουν έτοιμες εντολές, σαν κομμάτια από παζλ, για να δημιουργήσουν προγράμματα.

Τα οφέλη για τους μαθητές είναι πάρα πολλά. Δουλεύοντας με το Scratch τα παιδιά κατανοούν τις βασικές έννοιες και δομές του προγραμματισμού, μαθαίνουν να επιλέγουν, να δημιουργούν και να διαχειρίζονται πολλούς τύπους πολυμεσικού υλικού όπως κείμενο, εικόνες, animation και ήχο. Αναγνωρίζουν και επιλύουν προβλήματα, εμπλέκονται σε απροσδόκητες καταστάσεις που απαιτούν καινοτόμες λύσεις, αναπτύσσουν κριτική σκέψη, επικοινωνιακές και συνεργατικές ικανότητες και σχεδιάζουν και εκφράζονται με δημιουργικό τρόπο.

Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ARDUINO

Το Arduino είναι μια ηλεκτρονική πλατφόρμα ανοικτού κώδικα βασισμένη σε εύχρηστο υλικό και λογισμικό. Διαθέτει έναν αριθμό από ψηφιακές θύρες εισόδου και εξόδου και έναν αριθμό από αναλογικές εισόδους. Η διαχείριση των θυρών (εισόδου και εξόδου) γίνεται γράφοντας κώδικα στο περιβάλλον προγραμματισμού Arduino IDE που έχει βασιστεί στη γλώσσα C/C++ και είναι ανοικτού κώδικα.

Ο μικροελεγκτής Arduino είναι μια πλατφόρμα χαμηλού κόστους και μπορεί να αξιοποιηθεί ως εκπαιδευτικό εργαλείο για τη διδασκαλία του προγραμματισμού, στα πλαίσια STEM δραστηριοτήτων, δίνοντας την ευκαιρία στους μαθητές να αλληλεπιδράσουν με το φυσικό κόσμο μέσω αισθητήρων και να εμπλακούν με την επίλυση προβλημάτων του πραγματικού κόσμου.

Η πλατφόρμα Arduino πολλές φορές παραπέμπει σε συστήματα Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Σειρά ερευνών (Coxon, 2009; Coxon & Chandler, 2009; Mataric, Koenig & Feil-Seifer, 2007; Melchior, Cutter & Cohen, 2004; Opplinger, 2002; Pea & Collins, 2008), έχει δείξει πως η ένταξη της εκπαιδευτικής ρομποτικής συμβάλλει στην αύξηση του ενδιαφέροντος, της ενασχόλησης αλλά και των επιδόσεων των παιδιών στις Θετικές Επιστήμες (Θωμόπουλος, 2013).

ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ SCRATCH FOR ARDUINO (S4A)

Το Scratch for Arduino (S4A) είναι μια τροποποιημένη έκδοση του Scratch 1.4 η οποία μας δίνει τη δυνατότητα επικοινωνίας με το Arduino. Περιέχει εντολές (blocks) για την διαχείριση των θυρών του Arduino και εντολές για την διαχείριση και περιστροφή σερβοκινητήρων. Το S4A επικοινωνεί με το Arduino μέσω USB σύνδεσης και για να είναι εφικτή η επικοινωνία αυτή απαιτείται η εγκατάσταση ειδικού λογισμικού (firmware) στον μικροελεγκτή Arduino.

Σύμφωνα με τον Ορφανάκη κ.α. (2014) ο συνδυασμός του Scratch για Arduino (S4A) και οι εφαρμογές που μπορούν να δημιουργήσουν οι μαθητές χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα Arduino, τους παρέχει τη δυνατότητα να αναπτύξουν πρακτικές εφαρμογές που είναι κοντά στα ενδιαφέροντά τους, μετατρέποντας τον προγραμματισμό, από μια βαρετή διαδικασία, σε ένα διασκεδαστικό εργαλείο.

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ

Στη διάρκεια της επιμορφωτικής συνεδρίας οι συμμετέχοντες θα έχουν την ευκαιρία να:

- γνωρίσουν τα βασικά χαρακτηριστικά του Arduino UNO
- γνωρίσουν το περιβάλλον προγραμματισμού Scratch for Arduino (S4A)
- κατασκευάσουν απλές κατασκευές με τον μικροελεγκτή Arduino UNO
- δημιουργήσουν προγράμματα στο περιβάλλον προγραμματισμού S4A
- δοκιμάσουν σχέδια μαθήματος που αφορούν σε αυθεντικές μικροεφαρμογές τις οποίες θα υλοποιήσουν οι ίδιοι

Η διάρκεια της συνεδρίας υπολογίζεται σε 2 ώρες περίπου ως εξής:

Φ1. Παρουσίαση του μικροελεγκτή Arduino UNO, 10'

Φ2. Παρουσίαση του περιβάλλοντος προγραμματισμού Scratch for Arduino (S4A), 5'

Φ3. Δημιουργία κατασκευής με ένα LED που θα αναβοσβήνει, 45'

Φ4. Δημιουργία κατασκευής με τρία LED (κόκκινο, πράσινο, πορτοκαλί) που θα προσομοιώνει την λειτουργία ενός φωτεινού σηματοδότη, 40'.

Φ5. Παρουσίαση κατασκευής “Ηλεκτρονική Σβούρα”, 10'.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Coxon, S. V. (2009). Challenging neglected spatially gifted students with First Lego League. *Addendum to Leading Change in Gifted Education*. Williamsburg, VA: Center for Gifted Education.

Coxon, S. & Chandler, K. (2009). LEGO WeDo.

Mataric, M. J., Koenig, N., & Feil-Seifer, D. (2007, March). Materials for enabling hands-on robotics and STEM education. In *AAAI spring symposium on robots and robot venues: resources for AI education*.

Melchior, A., Cutter, T., & Cohen, F. (2004). *Evaluation of First Lego League*. Waltham, MA: Center for Youth and Communities, Brandeis University.

Opplinger, D. (2002). *Using FIRST LEGO League to enhance engineering education and to increase the pool of future engineering students*. Boston: 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference.

Pea, R. D., & Collins, A. (2008). Learning how to do science education: Four waves of reform. *Designing coherent science education*, 3(12).

Θωμόπουλος, Δ. (2013). Η εκπαιδευτική ρομποτική ως μέσο ώθησης για την εμπλοκή του μαθητή με τις Θετικές Επιστήμες. *Μεταπτυχιακή Εργασία*. Ανακτήθηκε 28 Μαΐου, 2018 από <https://goo.gl/gTFnVz>.

Ορφανάκης, Β., & Παπαδάκης, Στ. (2014). Μια δραστηριότητα διδασκαλίας προγραμματισμού με τη χρήση του Scratch για Arduino (S4A). *6th Conference on Informatics in Education (CIE)*. (pp. 540-549).

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων στην Υπηρεσία της Εκπαίδευσης STEM

Σπυροπούλου Ναταλία¹, Γλαρούδης Δημήτριος¹, Ιωσηφίδης
Αθανάσιος^{1,2} Ζαχαράκης Ιωάννης^{1,3}, Κωστόπουλος Βασίλειος⁴, Θεοδόση
Αγγελική⁵, Καμέας Αχιλλέας^{1,6}

¹Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων – ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ
[dglaroudis, nataliaspy, aiosifidis, jzaharak, kameas]@cti.gr

²Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών, Αλεξάνδρειο ΤΕΙ Θεσσαλονίκης

³Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής, ΤΕΙ Δυτ. Ελλάδας

⁴Πειραματικό Γυμνάσιο Αγ. Αναργύρων

bkostop1990@gmail.com

⁵Ράλλεια Πειραματικά Δημοτικά Σχολεία Πειραιά Πανεπιστημίου Αθηνών

atheodosi.sch@gmail.com

⁶Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εισήγηση στοχεύει στην ανάδειξη των δυνατοτήτων που μπορούν να προσφέρουν διεπιστημονικές προσπάθειες στην εκπαίδευση STEM προκειμένου να αυξήσουν τα κίνητρα σε νεαρά αγόρια και κορίτσια, για να ασχοληθούν με την επιστήμη και να ενισχύσουν τις προοπτικές επιλογής σταδιοδρομίας στις περιοχές του Διάχτυτου και Κινητού Υπολογισμού καθώς και του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Ειδικότερα, στην εισήγηση αυτή γίνεται αρχικά μια συνοπτική παρουσίαση του εκπαιδευτικού πλαισίου του έργου UMI-Sci-Ed που στοχεύει στην αξιοποίηση των προαναφερθέντων τεχνολογιών αιχμής στην εκπαίδευση STEM και στη συνέχεια η παρουσίαση ενός βιοματικού εργαστηρίου βασισμένου σε εκπαιδευτικό σενάριο που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου και στο οποίο οι εκπαιδευόμενοι καλούνται να βρουν λύσεις σε πραγματικά προβλήματα, υλοποιώντας εφαρμογές IoT.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εκπαίδευση STEM, Κοινότητες Πρακτικής, Τεχνολογίες UMI

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το έργο UMI-Sci-Ed (Exploiting Ubiquitous Computing, Mobile Computing and the Internet of Things to promote Science Education) στοχεύει στην αξιοποίηση των τεχνολογιών αιχμής όπως είναι οι τεχνολογίες UMI (Διάχτυτος Υπολογισμός – Ubiquitous Computing, Κινητός Υπολογισμός – Mobile Computing και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων – Internet of Things) για την προώθηση της επιστήμης στην εκπαίδευση. Πιο συγκεκριμένα, στοχεύει να ωθήσει τους νέους να σκέφτονται δημιουργικά σε ένα συνεχώς ανταγωνιστικό και απαιτητικό περιβάλλον εργασίας. Παράλληλα, μέσα από μία επιχειρηματική και διεπιστημονική προσπάθεια στην εκπαίδευση, στοχεύει στην αύξηση των κινήτρων σε νεαρά αγόρια και κορίτσια, ηλικίας 14-16 ετών, για να ασχοληθούν με την επιστήμη και να ενισχύσουν τις προοπτικές για την επιλογή σταδιοδρομίας στις περιοχές των τεχνολογιών UMI.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, αναπτύχθηκε ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο το οποίο υποστηρίζεται από ένα συνεργατικό περιβάλλον, όπου με τη βοήθεια της τεχνολογίας και με τη χρήση Κοινοτήτων Πρακτικής (Communities of Practice – CoPs) ενισχύεται η αλληλεπίδραση και συνεργασία διαφορετικών φορέων, συμπεριλαμβανομένης της εκπαιδευτικής κοινότητας, της βιομηχανίας, των συμβούλων σταδιοδρομίας, των αρχών και των υπευθύνων χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής.

Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζεται αρχικά το εκπαιδευτικό πλαίσιο και τα σχετικά εργαλεία που έχουν αναπτυχθεί στο έργο UMI-Sci-Ed, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα εκπαιδευτικό σενάριο που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του έργου και η σύντομη υλοποίησή του ως βιοματικό εργαστήριο.

ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ UMI-Sci-Ed

Το έργο UMI-Sci-Ed έχει ως βασικό στόχο την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου, συλλογικού, εμπειρικού και ανοικτού ψηφιακού περιβάλλοντος το οποίο: θα επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να κατανοήσουν, να χρησιμοποιήσουν και να αναπτύξουν εφαρμογές UMI εξετάζοντας παράλληλα τις κοινωνικές επιπτώσεις τους· θα βελτιώνει τις ψηφιακές δεξιότητες και τις ειδικότερα τις δεξιότητες UMI των εκπαιδευτικών· θα παρακινεί τους μαθητές και τις μαθήτριες να οραματιστούν μια καριέρα στις τεχνολογίες UMI και θα ενεργοποιήσει (μακροπρόθεσμα) μια κοινωνική μεταρρύθμιση προς την υπεύθυνη έρευνα και καινοτομία. Με τον τρόπο αυτό συνεισφέρει προς τις κατευθύνσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης να καταστεί η επιστήμη ελκυστική για ταλαντούχους νέους και νέες, να καλλιεργηθεί η υπεύθυνη έρευνα και καινοτομία και να ευθυγραμμιστεί με τις ανάγκες, τις αξίες και τις προσδοκίες της κοινωνίας, να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ κοινωνίας και επιστημονικής κοινότητας.

Στο πλαίσιο του έργου, οι τεχνολογίες UMI αναδεικνύονται τόσο ως εκπαιδευτικά μέσα όσο και ως μαθησιακοί στόχοι. Με την προσεκτική εκμετάλλευσή τους σχεδιάζονται και αναπτύσσονται νέες εκπαιδευτικές υπηρεσίες με την εφαρμογή καινοτόμων παιδαγωγικών μεθόδων για την ενίσχυση της δημιουργικότητας, της κοινωνικοποίησης και της επιστημονικής συμμετοχής των μαθητών και των εκπαιδευτικών. Βασικότερα δομικά στοιχεία προς την κατεύθυνση αυτή είναι οι Κοινότητες Πρακτικής, η διαδικτυακή πλατφόρμα UMI-Sci-Ed και τα εκπαιδευτικά σενάρια.

Μια **Κοινότητα Πρακτικής** αποτελεί ένα δίκτυο επαγγελματιών οι οποίοι διακρίνονται από κοινό ενδιαφέρον, κοινή πρακτική και αναπτύσσουν κοινό ρεπερτόριο (Wenger et al., 2002). Στο έργο UMI-Sci-Ed, αξιοποιώντας το όραμα του Weiser (1991), αναπτύχθηκε ένα συνεργατικό περιβάλλον, όπου η τεχνολογία δεν πρωταγωνιστεί, αλλά υποστηρίζει τη δημιουργία και τη δυναμική διαμόρφωση κοινοτήτων πρακτικής από διαφορετικούς φορείς της εκπαίδευσης, προκειμένου να αναπτύξουν ένα ολοκληρωμένο αλλά ανοικτό πλαίσιο κατάρτισης σε τεχνολογίες αιχμής (Zaharakis et al., 2016).

Η **πλατφόρμα UMI-Sci-Ed** (<https://umi-sci-ed.cti.gr/umiscied>) είναι μια διαδικτυακή και ανοικτού κώδικα πλατφόρμα με σκοπό να υποστηρίζει όλες τις δραστηριότητες που εμπλέκονται στο έργο UMI-Sci-Ed. Πιο συγκεκριμένα, η πλατφόρμα περιλαμβάνει ένα ανοικτό αποθετήριο εκπαιδευτικού υλικού και εκπαιδευτικών σεναρίων, εκπαιδευτικά μέσα, εκπαιδευτικές δραστηριότητες και εργαλεία (forums, blogs, wikis, chat κλπ.) τα οποία υποστηρίζουν την ανάπτυξη Κοινοτήτων Πρακτικής μέσω της κοινωνικοποίησης, την παροχή και ανταλλαγή ειδικού εκπαιδευτικού υλικού, την κατάρτιση, την αυτοαξιολόγηση και την καθοδήγηση στη διαχείριση περιεχομένου και πληροφοριών.

Ένα **εκπαιδευτικό σενάριο** αποτελεί ένα δομημένο σχέδιο, το οποίο περιγράφει την εκπαιδευτική διαδικασία ενός εκπαιδευτικού προγράμματος και έχει ως στόχο την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Σύμφωνα με τους μαθησιακούς στόχους κάθε εκπαιδευτικού σεναρίου, χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες εκπαιδευτικές μέθοδοι, οι οποίες καθορίζουν τη ροή των δραστηριοτήτων, τα κατάλληλα εργαλεία και το ρόλο του εκπαιδευτικού (Findeli, 2001). Στο πρόγραμμα UMI-Sci-Ed αναπτύχθηκαν αρκετά εκπαιδευτικά σενάρια από διαφορετικές ερευνητικές ομάδες, τα οποία αξιοποιούν τις τεχνολογίες UMI με μαθητοκεντρικές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις και ενεργητικές εκπαιδευτικές τεχνικές, προωθώντας τη δημιουργική σκέψη και τις ικανότητες επίλυσης προβλημάτων. Τα εκπαιδευτικά σενάρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρότυπα, ωστόσο, είναι ευέλικτα και οι εκπαιδευτές μπορούν να τα προσαρμόσουν ανάλογα με τις ανάγκες της εκπαιδευτικής διαδικασίας δημιουργώντας τα δικά τους έργα UMI (UMI project) (Goumopoulos et al., 2018).

Ένα **έργο UMI (UMI Project)** αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή ενός εκπαιδευτικού σεναρίου και μπορεί να αντικατοπτρίζει το σύνολο ή ορισμένες πτυχές του εκπαιδευτικού σεναρίου το οποίο έχει επιλεγεί ως πρότυπο. Το κάθε έργο μπορεί να συνδεθεί με τα διαθέσιμα εργαλεία της πλατφόρμας προκειμένου οι δημιουργοί και οι συμμετέχοντες (εκπαιδευτικοί, μαθητές, ειδικοί στον τομέα ενδιαφέροντος, επαγγελματίες του χώρου κλπ) να ανταλλάσσουν τις εμπειρίες τους, να αξιοποιούν διαφορετικούς τρόπους χρήσης του παρεχόμενου εκπαιδευτικού υλικού, ή/και να δημιουργούν και μοιράζονται νέο υλικό. Η χρήση των εκπαιδευτικών σεναρίων ως προτύπων για τη δημιουργία έργων διευκολύνει την κατανόηση διαφορετικών εφαρμογών από άλλα μέλη της κοινότητας UMI-Sci-Ed και ομαδοποιεί τα έργα ενισχύοντας έτσι τις δραστηριότητες της κοινότητας.

ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ «ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ ...ΣΤΑ ΧΕΡΙΑ ΜΑΣ»

Το εκπαιδευτικό σενάριο με τίτλο «Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων ...στα χέρια μας» αναπτύχθηκε για την υποστήριξη παράλληλων Θερινών Σχολείων που πραγματοποιήθηκαν σε Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα και Λάρισα τον Ιούνιο του 2018. Αξιοποιεί τη μάθηση βασισμένη σε σενάριο (scenario-based approach), μια μεθοδολογία που προωθεί τη συνεργατική διαδικασία επίλυσης προβλημάτων σε συνδυασμό με την ατομική πρωτοβουλία και δημιουργικότητα (Elmore et al., 2003). Περιλαμβάνει πλήρη υλοποίηση μιας εφαρμογής IoT που βασίζεται στον έλεγχο στάθμης με τη χρήση αισθητήρα υπερήχων που αποτελεί μια από τις κλασικές εφαρμογές αυτοματισμού και χρησιμοποιείται είτε για την παραγωγή ειδοποιήσεων σε συγκεκριμένα γεγονότα είτε για την αυτοματοποιημένη διαχείριση πόρων. Εν προκειμένω, η εφαρμογή χρησιμοποιείται για τον έλεγχο στάθμης και όγκου ανακυκλώσιμων απορριμμάτων, αξιοποιώντας ένα διαθεματικό πλαίσιο που περιλαμβάνει φυσικές επιστήμες, πληροφορική, ηλεκτρονικά και μαθηματικά.

Οι εκπαιδευόμενοι πραγματοποιούν τις δραστηριότητες του εκπαιδευτικού σεναρίου συμμετέχοντας ενεργά σε ομάδες, αναλαμβάνοντας και διεκπεραιώνοντας μικρής ή μέτριας πολυπλοκότητας εργασίες. Καλούνται να αναζητήσουν λύσεις για τη βελτίωση της αποκομιδής ανακυκλώσιμων υλικών που συλλέγονται στους κάδους ανακύκλωσης με τη βοήθεια του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Στη συνέχεια, υλοποιούν ομαδικά μια εφαρμογή μέτρησης της πληρότητας πειραματικών μοντέλων κάδων ανακύκλωσης, η οποία θα παράγει αυτόματες ενημερώσεις (π.χ. προς την υπηρεσία του Δήμου) εφόσον αυτοί είναι γεμάτοι. Με αυτό το τρόπο μπορεί να καταστεί δυνατός ο βέλτιστος προγραμματισμός της συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών προκειμένου η αποκομιδή να γίνεται έγκαιρα, αποφεύγοντας άσκοπα δρομολόγια και εξοικονομώντας ενέργεια.

Τα κύρια **μαθησιακά αποτελέσματα** του εκπαιδευτικού σεναρίου περιλαμβάνουν τη σύνδεση του φυσικού κόσμου και της προσωπικής εμπειρίας των εκπαιδευομένων με τις τεχνολογίες UMI, την αναγνώριση του ρόλου του IoT στη μελλοντική ζωή, τη διερεύνηση των δυνατοτήτων ανάπτυξης νέων εφαρμογών και βελτίωσης της ζωής που αναδύονται με τη χρήση του IoT, τη χρήση και εφαρμογή τεχνολογιών που σχετίζονται με το IoT και τον οραματισμό μιας μελλοντικής επαγγελματικής καριέρας στις τεχνολογίες IoT (και UMI γενικότερα). Παράλληλα, οι διαφορετικού τύπου δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στο εκπαιδευτικό σενάριο, ενισχύουν την ομαδικότητα, τη δημιουργική σκέψη, την εφαρμογή ή απόκτηση γνώσεων φυσικής, μαθηματικών και προγραμματισμού, τη χρήση ψηφιακών τεχνολογιών Διαδικτύου, κλπ.

Το **υλικό** και **λογισμικό** για την υλοποίηση του εκπαιδευτικού σεναρίου περιλαμβάνει: Η/Υ, Υπολογιστή Κάρτα UDOO Neo, μοντέλο κάδου ανακύκλωσης, ηλεκτρονικά εξαρτήματα και αισθητήρια, από άποψη υλικού, ανά ομάδα εργασίας, ενώ από πλευράς λογισμικού απαιτούνται, κατά κύριο λόγο, περιηγητής Διαδικτύου, περιβάλλον προγραμματισμού Arduino IDE, λογισμικό απομακρυσμένης διαχείρισης VNC Viewer, Ubuntu Linux (UDOOUbuntu).

ΒΙΩΜΑΤΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Το βιωματικό εργαστήριο περιλαμβάνει μια σύντομη υλοποίηση του εκπαιδευτικού σεναρίου «Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων ...στα χέρια μας», το οποίο θα υλοποιηθεί σαν ένα UMI Project μέσα σε 3 ώρες και στοχεύει στην ανάδειξη των δυνατοτήτων που παρέχει το εκπαιδευτικό πλαίσιο και τα εργαλεία του έργου UMI-Sci-Ed καθώς και οι τεχνολογίες IoT στην εκπαίδευση STEM. Το UMI Project περιλαμβάνει τις βασικές τεχνικές δραστηριότητες (φύλλα εργασίας) του εκπαιδευτικού σεναρίου, οι οποίες έχουν κατάλληλα τροποποιηθεί προκειμένου να καταστεί δυνατή η υλοποίησή τους σε μικρό χρονικό διάστημα. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες που θα υλοποιηθούν στο βιωματικό εργαστήριο.

Για την υλοποίηση του UMI Project θα είναι διαθέσιμο το απαραίτητο υλικό και λογισμικό για την επίδειξη και εκτέλεση των δραστηριοτήτων (όπως περιγράφεται στο σενάριο) και θα έχουν δημιουργηθεί εκ των προτέρων δοκιμαστικοί λογαριασμοί στην πλατφόρμα UMI-Sci-Ed προκειμένου οι εκπαιδευόμενοι να έχουν πρόσβαση στο εκπαιδευτικό υλικό και να αλληλεπιδράσουν με τα εργαλεία που προσφέρει η πλατφόρμα.

<i>Τίτλος</i>	<i>Περιγραφή</i>
Η εκπαιδευτική πλατφόρμα UMI-Sci-Ed	Παρουσίαση του περιεχόμενου του βιωματικού εργαστηρίου. Παρουσίαση της πλατφόρμας UMI-Sci-Ed και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και δυνατοτήτων της.
Η συσκευή IoT UDOO	Η συσκευή UDOO με μια ματιά. Τρόποι αλληλεπίδρασης με το UDOO Neo. Εισαγωγή στο περιβάλλον προγραμματισμού Arduino. Συγγραφή κώδικα Arduino για το UDOO Neo.
Υπέρηχοι, Διαδίκτυο των Πραγμάτων και ανακύκλωση	Υπερηχητικά κύματα και μέτρηση απόστασης. Αισθητήρες υπερήχων. Το πραγματικό πρόβλημα της μέτρησης στάθμης σε κάδους ανακύκλωσης και η πειραματική διάταξη. Ανάπτυξη ηλεκτρονικού κυκλώματος για τη χρήση αισθητήρα υπερήχων. Προγραμματισμός συσκευής UDOO για μέτρηση απόστασης με αισθητήρα υπερήχων. Προσαρμογή στο πειραματικό μοντέλο και εισαγωγή συνθηκών για τον έλεγχο της στάθμης και τη χρήση ενδεικτικών λυχνιών LED.
Από το UDOO στο νέφος	Αξιοποίηση της πλατφόρμας IoT ThingSpeak προκειμένου τα δεδομένα που συλλέγονται από τους κάδους να μεταφέρονται περιοδικά στο «νέφος» και να ενημερώνουν ένα κεντρικό σημείο (πχ υπολογιστή του Δήμου).
Από το νέφος στο κινητό μας	Αξιοποίηση εφαρμογής ή/και widget για την απεικόνιση των τιμών της πλατφόρμας Thingspeak σε κινητό, έξυπνο τηλέφωνο.

Πίνακας 1: Παρουσίαση των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων του βιωματικού εργαστηρίου

ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη παρούσα εισήγηση παρουσιάστηκε η συνεισφορά του έργου UMI-Sci-Ed και των εργαλείων του στην ενίσχυση των κινήτρων σε νέους και νέες για να ασχοληθούν με την επιστήμη και να αυξήσουν τις προοπτικές για τη μελλοντική επιλογή επαγγελματίων που σχετίζονται με τεχνολογίες αιχμής. Στο πλαίσιο αυτό σχεδιάστηκε και παρουσιάστηκε ένα βιωματικό εργαστήριο, ως σύντομη εφαρμογή εκπαιδευτικού σεναρίου, στο οποίο μέσα από ενεργητικές τεχνικές που συνδέονται με τη πραγματική ζωή, οι εκπαιδευόμενοι συνδέουν το φυσικό κόσμο και την προσωπική εμπειρία τους με αυτές τις τεχνολογίες, ενώ αναγνωρίζουν το ρόλο τους στη μελλοντική ζωή και πως μπορούν να εφαρμοστούν για τη βελτίωση της καθημερινότητας του ανθρώπου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το έργο UMI-Sci-Ed έλαβε χρηματοδότηση από το πρόγραμμα Horizon 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Έρευνα και την Καινοτομία με grant agreement No 710583.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Elmore, B., Mariappan, J., & Hays, G. (2003). *Improving Performance through Simulation - A Scenario Based Learning Approach*. White Paper, Experia Solutions.

Findeli, A. (2001). Rethinking design education for the 21st century: Theoretical, methodological, and ethical discussion. *Design issues*, 17(1), 5-17.

Goumopoulos, C., Fragou, O., Chanos, N., Delistavrou, K., Zaharakis, I., Stefanis, V., & Kameas, A. (2018). The UMI-Sci-Ed Platform: Integrating UMI Technologies to Promote Science Education. In *Proc. of the 10th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2018)*, Vol 1, 78-90.

Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265(3), pp. 94-104.

Wenger, E., McDermott, R., & Snyder, W. (2002). *Cultivating communities of practice: a guide to managing knowledge*. Harvard Business School Press.

Zaharakis, I. D., Sklavos, N., Kameas, A. D. (2016). Exploiting Ubiquitous Computing, Mobile Computing and the Internet of Things to Promote Science Education. In *Proc. of the 8th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility & Security (NTMS 2016)*, (pp. 1-2), Cyprus.