



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ
ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

**«Διδακτική των ηλεκτρικών κυκλωμάτων με την χρήση αγωγίμων
στυλών»**

Επιβλέπων καθηγητής: Γεώργιος Παλαιγεωργίου

Μέλη της τριμελούς: Άννα Σπύρτου

Πέτρος Καριώτογλου

Φοιτητής: Δραγκόλας Βασίλειος

ΑΕΜ: 644

ΜΑΙΟΣ 2019

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συνέβαλαν στην διπλωματική μου εργασία. Συγκεκριμένα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Παλαιγεωργίου Γεώργιο για τις κατευθυντήριες οδηγίες του στην επίτευξη του στόχου μου. Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Σπύρτου Άννα, διότι χωρίς την βοήθεια της και την εμπειρία της στον επιστημονικό κλάδο θα ήταν δύσκολη έως και ακατόρθωτη η συγγραφή της διπλωματικής εργασίας μου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Καρυάτογλου Πέτρο, λόγω της ιδιαίτερης τιμής που μου κάνει να αποτελεί μέλος της Τριμελούς Επιτροπής της εργασίας μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης την οικογένεια μου και τους φίλους μου που με στήριξαν από την πρώτη μέρα της συγγραφής της εργασίας μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Όσο προχωράει η εξέλιξη της τεχνολογίας και της επιστήμης, τόσο πρέπει να εξελίσσεται και ο τομέας της εκπαίδευσης. Οι εκπαιδευτικοί σήμερα καλούνται να καλύψουν μία σύνθετη διδακτική ύλη σε σύντομο χρόνο και, ταυτόχρονα, να διδάξουν το μάθημά τους με τρόπο που θα είναι διαδραστικός και αποτελεσματικός.

Ωστόσο, ειδικά στις χώρες που μαστίζονται από οικονομική ύφεση και κρίση, πολλές φορές, ενώ οι εκπαιδευτικοί έχουν την πρόθεση να προσφέρουν υψηλού επιπέδου διδασκαλία στους μαθητές και τις μαθήτριες, το έργο τους παρεμποδίζεται από σειρά προβλημάτων. Από τις ανεπάρκειες στο διαθέσιμο υλικό μέχρι την ανάγκη να διδάξουν σύγχρονα ζητήματα με απαρχαιωμένες μεθόδους, παρουσιάζονται εμπόδια τα οποία μπορούν να υπερκεραστούν αν υπάρξει ανάλογη πρωτοβουλία και αναβάθμιση των μεθόδων διδασκαλίας (Καλλέρη, 2004).

Το αγωγήμο στυλό αποτελεί μία εφεύρεση η οποία μπορεί να συμβάλλει τόσο στην βελτίωση του επιπέδου διδασκαλίας όσο και του κόστους της λειτουργίας του σχολείου. Τα οφέλη του είναι πολλά και εντοπίζονται στο γεγονός πως επιτρέπουν την πρακτική απεικόνιση σύνθετων πληροφοριών σε ένα ψηφιακό ή συμβατικό χαρτί ή με τη χρήση ειδικών πινάκων. Το αγωγήμο στυλό παρέχει ένα επιπλέον πλεονέκτημα, αφού, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους σχεδίασης, με τη χρήση του, επιτρέπονται διορθώσεις και τροποποιήσεις επάνω σε ένα σχέδιο. Επίσης, είναι εύχρηστο, καλύπτει διάφορα μαθήματα και στόχους και μπορεί να αξιοποιηθεί από έμπειρους και αρχάριους χρήστες.

Στα αρνητικά, σημειώνονται η ανάγκη για αγορά ειδικού εξοπλισμού, κάτι που μεταφράζεται σε ένα αρχικό κόστος επένδυσης και απόκτησης τόσο του στυλό όσο και του ειδικού διαδραστικού πίνακα. Το κόστος της συντήρησης είναι αμελητέο. Επίσης, απαιτείται και μερικό κόστος το οποίο αφορά τη γραφική και συμπληρωματική ύλη που πρέπει να καταβάλλεται συστηματικά.

Με βάση τις διαθέσιμες μελέτες και την εμπειρία χρήσης ανάλογου εξοπλισμού από το εξωτερικό, συμπεραίνει κανείς πως η χρήση του ειδικού αγωγήμου στυλό στην εκπαίδευση όλων των βαθμίδων είναι μία συμφέρουσα και αποδοτική επιλογή. Ιδιαίτερα σε ότι αφορά τη διδασκαλία των θετικών μαθημάτων, π.χ. τη φυσική και το

σχεδιασμό ηλεκτρικών κυκλωμάτων, αποδεικνύεται πως με τη χρήση τέτοιου εξοπλισμού, το μάθημα γίνεται πιο ευχάριστο, ενδιαφέρον και χρήσιμο.

Στη μελέτη που ακολουθεί εξετάζονται ενδελεχώς διαθέσιμες μελέτες από το εξωτερικό που αφορούν το αγώγιμο στυλό, ούτως ώστε να συζητηθεί το πως, γιατί και με ποιόν τρόπο, οι εκπαιδευτικοί στην Ελλάδα μπορούν να το αξιοποιήσουν στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και όχι μόνο. Έμφαση δίδεται στην συγκριτική ανάλυση των διαθέσιμων βιβλιογραφικών πηγών, σε συνδυασμό με την εμπειρική έρευνα.

Λέξεις κλειδιά

Αγώγιμο στυλό, διδασκαλία, ηλεκτρικά κυκλώματα

ABSTRACT

As the evolution of technology and science progresses, the educational sector must also evolve. Teachers today are required to cover a complex teaching curriculum in a short time and, at the same time, teach their lessons in a way that is interactive and effective.

However, especially in countries plagued by economic recession and crisis, often, while teachers are willing to offer high quality teaching, the fulfillment of their task becomes a complex process, due to a series of problems. From the deficiencies in the available material to the need to teach contemporary issues with antiquated methods there needs to be a similar initiative and upgrading of teaching methods for the teachers to be able to perform.(Calleri, 2004)

The conductive pen is an invention that can help to both improve the level of teaching and reduce the cost of running the school. The benefits are numerous, as it can enable the practical display complex information in a digital or conventional paper or by using special tables. The conductive pen provides a further advantage, since, unlike traditional design methods, using it, one can make corrections and modifications on a drawing. It is also easy to use, covers various lessons and objectives and can be used by experienced and novice users.

On the other hand, one cannot ignore the fact that there is a need for the purchase of special equipment, which translates into an initial investment and acquisition cost of both the pen and the interactive whiteboard. The cost of maintenance is negligible. However, some costs are also required for the graphic and supplements to be paid systematically.

Based on available studies and user experience with regard to the inclusion of similar equipment to education, one concludes that the use of special conductive pen in education at all levels is an effective and efficient option. Particularly in terms of the teaching of positive courses as. Physics and design of electrical circuits, it turns out that using such equipment, the lesson becomes more enjoyable, interesting and useful.

The study follows closely examined available studies of the conductive pen from

abroad in order to discuss how, why and in what way, teachers in Greece can utilize the teaching of electrical circuits and beyond. Emphasis is given to the comparative analysis of the available bibliographic sources, in combination with empirical research.

Key words

Conductive pen, electrical circuits, teaching

Πίνακας περιεχομένων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ.13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	σελ.16
1.1. ΤΟ ΑΓΩΓΙΜΟ ΣΤΥΛΟ.....	σελ.16
1.1.1.Αγώγιμο στυλό και εξοπλισμός.....	σελ.16
1.1.2.Χρήση.....	σελ.20
1.2. Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΟΥ ΑΓΩΓΙΜΟΥ ΣΤΥΛΟ.....	σελ.22
1.2.1.Συμβολή στη διδασκαλία.....	σελ.22
1.2.2.Πλεονεκτήματα της χρήσης του αγώγιμου στυλό στο μάθημα της Φυσικής.....	σελ.23
1.3. ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ.....	σελ.27
1.3.1. Εναλλακτικές ιδέες μαθητών σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα και το ρεύμα.....	σελ.27
1.3.2. Διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων με νέες τεχνολογίες.....	σελ.34
1.3.3. Διδακτική των ηλεκτρικών κυκλωμάτων με τη χρήση του στυλό...σελ.41	
1.3.4. Κυκλώματα με εναλλακτικά υλικά.....	σελ.53
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	σελ.57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ.....	σελ.59
2.1. ΣΚΟΠΟΙ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ.....	σελ.59
2.1.1. Πορεία διδασκαλίας με το Conductive Ink.....	σελ.59
2.2. 1 ^ο ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΔΙΩΡΟ.....	σελ.62
2.2.1. Κύριοι στόχοι 1 ^{ου} διδακτικού δίωρου.....	σελ.62
2.2.2. Περιγραφή δραστηριότητας.....	σελ.62
2.3. 2 ^ο ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΔΙΩΡΟ.....	σελ.66

2.3.1. Κύριοι στόχοι 2 ^{ου} διδακτικού διώρου.....σελ.66	σελ.66
2.3.2. Περιγραφή δραστηριότητας.....σελ.66	σελ.66
2.4. 3 ^ο ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΔΙΩΡΟ.....σελ.71	σελ.71
2.4.1. Κύριοι στόχοι 3 ^{ου} διδακτικού διώρου.....σελ.71	σελ.71
2.4.2. Περιγραφή δραστηριότητας.....σελ.71	σελ.71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ.78	σελ.78

Πίνακας συντομογραφιών

ACM	A Machine Learning Approach
DLA	Digital Learning Alliance
MINEDU	Ministry of Education
PC	Personal computer
PCB	Printed Circuit Board
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
H/Y	Ηλεκτρονικός υπολογιστής
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

Πίνακας εικόνων

- Εικόνα 1: Απεικόνιση του αγώγιμου στυλό, (<data:image/jpeg;base64>).....σελ.16
- Εικόνα 1: Απεικόνιση ενός βασικού κιτ πακέτου, (<https://shop.CircuitScribe.com/collections/kits/products/basic-kit>).....σελ.18
- Εικόνα 2: Απεικόνιση ενός συμπληρωματικού κιτ, (<https://shop.CircuitScribe.com/collections/kits/products/everything-classroom-kit>).....σελ.19
- Εικόνα 4: Σχέδιο Κυκλώματος σε μορφή ρομπότ, (Kickstarter, 2018).....σελ.24
- Εικόνα 5: Ηλεκτρικό Κύκλωμα σε μορφή πεταλούδας με τη χρήση του αγώγιμου στυλό (Lo κ.συν., 2016).....σελ.25
- Εικόνα 6: Απεικόνιση Μονοπολικού Μοντέλου, (http://microkosmos.uoa.gr/gr/dialogs/pdf/e_daskalou.pdf).....σελ.31
- Εικόνα 7: Απεικόνιση του Καταναλωτικού Μοντέλου , (http://microkosmos.uoa.gr/gr/dialogs/pdf/e_daskalou.pdf).....σελ.32
- Εικόνα 8: Απεικόνιση του Μεριστικού Μοντέλου, (<https://www.eduportal.gr/kykloma-antilipseis/>).....σελ.32
- Εικόνα 9: Απεικόνιση του Μοντέλου των Συγκρουόμενων Ρευμάτων , (http://microkosmos.uoa.gr/gr/dialogs/pdf/e_daskalou.pdf).....σελ.33
- Εικόνα 10: Απεικόνιση Ηλεκτρικού Κυκλώματος με τη χρήση του αγώγιμου στυλό σε απλό χαρτί, (Kickstarter, 2018).....σελ.43
- Εικόνα 11: Απεικόνιση Κυκλώματος σε μορφή σπιτιού, (<https://www.electronicsspecifier.com/around-the-industry/marker-pen-enables-you-to-draw-an-electric-circuit>).....σελ.43
- Εικόνα 12: Δημιουργία σχεδίου της επιλογής των μαθητών με τη χρήση του στυλό , (Ramakers, Todi & Luyten, 2015).....σελ.45
- Εικόνα 13: Απεικόνιση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων με τη χρήση των ειδικών αυτοκόλλητων και μεταλλικών ταινιών, (Qi & Paradiso, 2015)σελ.46

- Εικόνα 14: Απεικόνιση Κυκλώματος σε μορφή πόλης, (Kickstarter, 2018).....σελ.47
- Εικόνα 15: Απεικόνιση ηλεκτρικού κυκλώματος με τη χρήση αγωγίμου πίνακα (Jacoby, S., & Buechley, L. (2013).....σελ.48
- Εικόνα 16: Δημιουργία Κυκλωμάτων σε Εικονικό Περιβάλλον , (Ramakers, Todi, & Luyten, 2015).....σελ.50
- Εικόνα 17: Απεικόνιση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων στην Ιαπωνία, ,(Vidmax.com).....σελ.51
- Εικόνα 18: Ενδεικτικό Sketchbook που εμπεριέχει Κυκλώματα με τη χρήση του στυλό, (Qi & Paradiso, 2015).....σελ.54
- Εικόνα 19: Απεικόνιση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων πάνω σε πολυμερή υλικά, (Lo & Paulos, 2014).....σελ.54
- Εικόνα 20: Απεικόνιση Soft Κυκλωμάτων , (Guimerans, 2015).....σελ.56
- Εικόνα 21: Τρόποι σύνδεσης Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων.....σελ.62
- Εικόνα 22, Τρόποι σύνδεσης του διαστημοπλοίου με λαμπτήρα.....σελ.64
- Εικόνα 23: Κύκλωμα Σύνδεσης ηλεκτρικών συσκευών στο εσωτερικό ενός σπιτιού, (<https://thumbs.dreamstime.com/z/camera-nel-taglio-interno-moderno-dettaigliato-della-casa-stanze-con-il-furnitu-89117713.jpg>).....σελ.67
- Εικόνα 24: Κύκλωμα Σύνδεσης σπιτιών ενός χωριού, (<https://i.pinimg.com/236x/28/84/23/288423cee05bc54bac468feb07700de9--scribe-circuit.jpg>).....σελ.67
- Εικόνα 25: Απεικόνιση Ανοιχτού και Κλειστού Διακόπτη, (<https://image.slidesharecdn.com/diakoptis-100425155702-phpapp02/95/-18-728.jpg?cb=1272211126>).....σελ.69
- Εικόνα 26: Απεικόνιση Παράλληλων Συνδέσεων Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων στο Εσωτερικό ενός Σπιτιού,

https://cdn.clipart.email/957c4680f6245429e25c81542f230b37_parts-of-the-house-clipart-9-clipart-station_800-800.jpeg).....σελ.72

Εικόνα 27: Απεικόνιση Σύνδεσης σε Σειράς των Λαμπτήρων ενός Χριστουγεννιάτικου Δέντρου, (<http://www.fimes.gr/wp-content/uploads/2016/10/xris.jpg>).....σελ.72

Εικόνα 28, Παράδειγμα αναπαράστασης σύνδεσης σε σειράς μεταξύ πλανητών.....σελ.75

Εικόνα 29, Παράδειγμα αναπαράστασης παράλληλης σύνδεσης μεταξύ πλανητών.....σελ.76

Εισαγωγή

Η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και του διαδικτύου έχει γίνει μία συνήθης πρακτική για τους πολίτες, τις επιχειρήσεις ακόμη και τους θεσμούς του κράτους. Το γεγονός ότι το διαδίκτυο και οι τεχνολογίες της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών χρησιμοποιούνται σχεδόν παντού είναι, πλέον, αδιαμφισβήτητο (Dennis, 2017).

Η εξοικείωση με τη χρήση των νέων τεχνολογιών μπορεί να γίνει, λοιπόν, εντός του σχολικού περιβάλλοντος, του χώρου εργασίας, με ειδικά προγράμματα τεχνικής και θεωρητικής εκπαίδευσης και κατάρτισης ή και στον προσωπικό χώρο του πολίτη. Παρόλα αυτά, οι νεότεροι σε ηλικία χρήστες φαίνεται να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν με μεγαλύτερη ευκολία ψηφιακά εργαλεία και να είναι λιγότερο ευάλωτοι σε επιθέσεις στον κυβερνοχώρο και το ψηφιακό περιβάλλον (Biener, Eling, & Wirfs, 2015).

Οι νέες τεχνολογίες είναι προσιτές διότι η διάδοσή τους επέφερε ραγδαία μείωση του κόστους παραγωγής και η αύξηση της ζήτησης μείωση των τιμών των προϊόντων. Έτσι, οι μαθητές μπορούν να συνεχίσουν να εξασκούνται από το περιβάλλον του σπιτιού τους, δεδομένου πως η πλειοψηφία των νοικοκυριών διαθέτει σύνδεση στο ίντερνέτ και Η/Υ σταθερό ή φορητό, σύμφωνα με πρόσφατα δεδομένα της Ευρωπαϊκής Στατιστικής Υπηρεσίας (Commission, 2012).

Όμως, ακόμη κι αν δεν υπάρχει τέτοια δυνατότητα, τα ελληνικά σχολεία διαθέτουν κοινόχρηστους υπολογιστές και θα πρέπει να υπάρχει μέριμνα για χρήση αυτών από το σύνολο των μαθητών, ανεξαρτήτως αν αυτοί διαθέτουν ή όχι προσωπικό υπολογιστή ή κινητό τηλέφωνο με ενεργή σύνδεση στο διαδίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο, μειώνεται το κοινωνικό και οικονομικό χάσμα και προωθείται η πολιτική ισότιμης ένταξης και το κοινωνικό κράτος (Επιχειρησιακό πρόγραμμα εκπαίδευση και δια βίου μάθηση, 2015).

Ο σύγχρονος άνθρωπος για να μπορέσει να θεωρηθεί ως αποδοτικός και να μπορέσει, κατόπιν, να εισαχθεί στην αγορά εργασίας, θα πρέπει να είναι σε θέση να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις του περιβάλλοντος, εσωτερικού και εξωτερικού της αγοράς εργασίας. Αυτό προϋποθέτει το να είναι σε θέση να χρησιμοποιεί και να αξιοποιεί προηγμένης τεχνολογίας εξοπλισμό αλλά και να κατέχει γνώσεις στον

τομέα της τεχνολογίας. Παράλληλα, αυτές τις γνώσεις θα πρέπει να τις συμπληρώνει διαρκώς και να γίνεται ολοένα και πιο δραστήριος και αποδοτικός, ξεκινώντας από το σχολείο και προχωρώντας στο εργασιακό περιβάλλον (Saettler, 2004).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της χρήσης σύγχρονου εξοπλισμού στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι το αγωγήμο στυλό. Το αγωγήμο στυλό αποτελεί μία από τις πλέον σύγχρονες εξελίξεις στον τομέα της εκπαίδευσης. Η ανάγκη για συνεχείς εξελίξεις στην διδασκαλία, επέφερε και την ανάγκη για την αναβάθμιση των διαθέσιμων μεθόδων παιδαγωγικής στα σχολεία και τα εκπαιδευτικά ιδρύματα (Narumi, Shi, Hodges, Kawahara, Shimizu, & Asami, 2015).

Το αγωγήμο στυλό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διδασκαλία με διαφορετικούς τρόπους, κυρίως στους τομείς των Φυσικών επιστημών. Με την αξιοποίησή του στο σχεδιασμό ηλεκτρικών κυκλωμάτων και μηχανών, μπορεί κανείς να επισημάνει τα διαφορετικά υλικά και τις διαδικασίες εντός του κυκλώματος (Qi & Buechley, 2014).

Η παρούσα εργασία εστιάζει σε μία θεωρητική αλλά και πρακτική ανάλυση της χρήσης του αγωγήμου στυλό στην εκπαιδευτική διαδικασία. Οι κύριοι στόχοι της εργασίας αφορούν το να εξεταστούν τα ακόλουθα:

- Τί είναι το αγωγήμο στυλό και ποιες οι διαφορετικές χρήσεις του;
- Ποια είναι τα θετικά και ποια τα αρνητικά στοιχεία της χρήσης του αγωγήμου στυλό εντός του σχολικού περιβάλλοντος ανά βαθμίδα εκπαίδευσης;
- Πώς μπορεί να αξιοποιηθεί το αγωγήμο στυλό για τη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων;

Το αγωγήμο στυλό μπορεί να αποτελέσει ένα εξαιρετικό εργαλείο για την εφαρμογή μίας εναλλακτικής μεθόδου διδασκαλίας όπως συζητήθηκε και παραπάνω, με σκοπό το να δημιουργηθούν ειδικά μαθήματα για να καλύψουν τις ανάγκες των μαθητών.

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στο να καλύψει τις ανάγκες μαθητών ηλικίας έξι (6) έως δεκατεσσάρων (14) το πολύ ετών, δηλαδή από την πρώτη δημοτικού έως και την Τρίτη Γυμνασίου. Για το σκοπό αυτό θα εξεταστούν παραδείγματα αξιοποίησης του αγωγήμου στυλό, μελανιού και πίνακα και θα προσαρμοστούν στα ελληνικά δεδομένα για τη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Η δομή της εργασίας έχει ως εξής:

Η εργασία χωρίζεται σε δυο κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί μια βιβλιογραφική επισκόπηση, ενώ το δεύτερο περιέχει προτάσεις διδασκαλίας για εκπαιδευτικούς.

Στο 1^ο Κεφάλαιο εξετάζεται κατ' αρχήν το αγώγιμο στυλό ως κατασκευή, η χρήση και η λειτουργία του, καθώς και η χρήση των διαφόρων παρελκόμενων εντός των κλασικών «κιτ» που περιλαμβάνουν ένα αγώγιμο στυλό, αυτοκόλλητα, έναν ειδικό πίνακα κοκ.

Στο δεύτερο μέρος του 1^{ου} κεφαλαίου, αφού έχουμε καταγράψει τις χρήσεις του στυλού, επικεντρωνόμαστε στην εκπαιδευτική του αξία δίδοντας βάρος στην συμβολή του στην εκπαιδευτική διαδικασία, την κατανόηση της ύλης και την αναφορά των πλεονεκτημάτων της χρήσης του αγώγιμου στυλό στο μάθημα της Φυσικής.

Στο τρίτο μέρος του 1^{ου} κεφαλαίου, η μελέτη επικεντρώνεται στο κυρίως ζήτημα που είναι η διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων με το αγώγιμο στυλό. Δίνεται έμφαση στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο διδάσκονται τα ηλεκτρικά κυκλώματα χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες και μορφές μάθησης με εναλλακτικά υλικά, τέλος παρουσιάζεται ο τρόπος διδασκαλίας των ηλεκτρικών κυκλωμάτων με τη χρήση του αγώγιμου στυλό.

Στο 2^ο κεφάλαιο παρουσιάζουμε προτάσεις διδασκαλίας σε εκπαιδευτικούς της Ε' Δημοτικού με τη χρήση του αγώγιμου στυλού, έχοντας ως σκοπό την κατανόηση των Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων.

Την μελέτη ολοκληρώνει μία ενότητα συμπερασμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 ΤΟ ΑΓΩΓΙΜΟ ΣΤΥΛΟ

1.1.1 Αγώγιμο στυλό και εξοπλισμός

Το αγώγιμο στυλό, είναι ένα νέο προϊόν που μοιάζει, στην όψη, απόλυτα με τα συμβατικά στυλό μελανιού, αλλά χρησιμοποιεί αγώγιμο μελάνι (ρινίσματα σιδήρου) και χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό ή την επίδειξη της χρήσης ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Παρακάτω, στην εικόνα, διακρίνεται ένα αγώγιμο στυλό:



Εικόνα 1: Απεικόνιση του αγώγιμου στυλό, (data:image/jpeg;base64)

Διακρίνει κανείς πως το μέγεθος και η κατασκευή του στυλό είναι οικεία στο χρήστη και πως επιτρέπεται ο σχεδιασμός απλών κυκλωμάτων με τη χρήση και συμπληρωματικών υλικών. Επίσης, ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει έτοιμα «κιτ» τα οποία περιέχουν ένα στυλό, αγώγιμο μελάνι, ένα μαγνήτη, καλώδια και ειδικά αυτοκόλλητα για χρήση εντός της τάξης (Kickstarter, 2018).

Τα αγώγιμα στυλό είναι σχετικά απλά σε λειτουργία, κοστίζουν λίγο και, σε συνδυασμό με λοιπά εξαρτήματα, μπορούν να αξιοποιηθούν στην παραγωγή ενός αισθητικά ευχάριστου και κατανοητού σκίτσου. Εργαλείο που «συνοδεύει» τη χρήση του αγώγιμου στυλό είναι ο Printed Circuit Board ή PCB που είναι ένας τυπωμένος πίνακας εντός του οποίου μπορούν να σχεδιαστούν κυκλώματα και να εξηγηθεί η χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος σε αυτά (Jacoby & Buechley, 2013). Την ίδια στιγμή, το πλαίσιο εντός του οποίου σχεδιάζεται ένα κύκλωμα προσφέρει

προστιθέμενα οφέλη για τον διδάσκοντα ή τη διδάσκουσα. Στον πίνακα, που ονομάζεται διεθνώς PCB, μπορεί κανείς να σχεδιάσει ένα βασικό τύπο κυκλώματος και, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες, να παρέμβει στο σχέδιο και να το τροποποιήσει (Qi & Buechley, 2014). Για να τροποποιηθεί ένα κύκλωμα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το Circuit Eraser (Narumi κ.συν.2015). Εκτός και αν αποτελεί ψηφιακό σχέδιο το οποίο μπορούμε να το τροποποιήσουμε μέσω προγράμματος. Επιπλέον, υπάρχει δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν, παράλληλα, άλλα ψηφιακά σχέδια σε δύο ή τρεις διαστάσεις (Qi & Buechley, 2014). Οι αγωγίμοι πίνακες προγραμματίζονται με τη χρήση εφαρμογών από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή προκειμένου να συνδεθούν με κυκλώματα που έχουν σχεδιαστεί με το αγωγήμο στυλό. Επίσης, χρησιμοποιούνται μικροελεγκτές για να ενώσουν τον αγωγήμο πίνακα με τα σχέδια. Ωστόσο, ο πίνακας PCB παρουσιάζει και μερικά αρνητικά στοιχεία. Ένα από αυτά είναι πως ο εξοπλισμός δεν είναι πάντα διαθέσιμος ενώ, συχνά, μπορεί να χρειαστούν ώρες για να περαστούν πρόσθετα δεδομένα εντός του πίνακα.

Παράλληλα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαζί με τον πίνακα και το στυλό λαμπάκια τύπου LED και λοιπά μικροεργαλεία όπως σύρματα και αυτοκόλλητες ενδείξεις για να εξηγήσει ο εκπαιδευτικός την έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος, την ροή του εντός του κυκλώματος και τις βασικές λειτουργίες των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Με αυτόν τον τρόπο και με τη χρήση των εν λόγω εργαλείων οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εξηγήσουν πώς και πότε ένα κύκλωμα λειτουργεί ανάλογα με το αν τα λαμπάκια ανάβουν ή όχι. Τονίζεται, δε, πως τόσο το αγωγήμο στυλό όσο και οι αγωγίμοι πίνακες είναι απόλυτα ασφαλείς, εφόσον, βέβαια, υπάρχει επίβλεψη από το εκπαιδευτικό προσωπικό (Hodges κ.συν., 2014).

Στο κιτ περιλαμβάνονται και άλλα εξαρτήματα όπως μπαταρίες, απλοί διακόπτες, κουμπιά και ελάσματα μετάλλων, ανάλογα με το κόστος και την χρήση που σκοπεύει ο δάσκαλος να κάνει.

Τα περιεχόμενά ενός τέτοιου κιτ κάνοντας μία απλή έρευνα αγοράς, φαίνεται να περιλαμβάνουν τα εξής:



Εικόνα 3: Απεικόνιση ενός βασικού κιτ πακέτου,(<https://shop.CircuitScribe.com/collections/kits/products/basic-kit>).

Ένα βασικό κιτ, λοιπόν, μπορεί περιλαμβάνει, συγκεκριμένα (<https://shop.CircuitScribe.com/collections/kits/products/basic-kit>):

- Μία μπαταρία των 9 V, μαζί με έναν αντάπτορα.
- 2 λαμπάκια LED.
- Ένα διακόπτη,
- Ένα στυλό,
- Αγώγιμο μελάνι.
- Μία σειρά κυκλώματος.
- Ένα πίνακα αυτοκόλλητων.
- Ένα βιβλίο εργασίας.
- Ένα καμμά από ατσάλι.
- Ενδεικτικά σχέδια.

Το μπλοκ σχεδίων μπορεί να υπάρχει μέσα στο κιτ, ωστόσο είναι, συχνά, ενδεικτικό, αφού όσο οι δάσκαλοι εξοικειώνονται με τη λειτουργία και τη χρήση του στυλό, τόσο πιο ικανοί είναι να σχεδιάζουν οι ίδιοι κυκλώματα και να προσαρμόζουν το μάθημα στις ανάγκες των μαθητών.

Ένα πιο εξειδικευμένο, δε, κιτ, μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερα εργαλεία και σχέδια. Για παράδειγμα, με μία έρευνα αγοράς, εντοπίστηκε το εξής



Εικόνα 4: Απεικόνιση ενός συμπληρωματικού κιτ, (<https://shop.CircuitScribe.com/collections/kits/products/everything-classroom-kit>).

Το συγκεκριμένο σετ προορίζεται για τη χρήση σε ομάδες εργασίας και περιλαμβάνει υλικό ικανό να καλύψει τις ανάγκες μίας τάξης εικοσιπέντε (25) μαθητών. Τα περιεχόμενά του είναι τα ακόλουθα:

- 25 προσαρμογείς μπαταρίας 9V
- 5 προσαρμογείς USB
- 50 λαμπάκια LED
- 25 Διακόπτες
- 5 Buzzers
- 25 πολύχρωμες λυχνίες LED
- 25 Dimmers
- 5 Διπλοί διακόπτες
- 25 Αφρώδες Τροχί

- 5 συνδετήρες
- 25 τρανζίστορ NPN
- 5 αισθητήρες φωτός
- 50 καλώδια σύνδεσης (πέντε πακέτα των δέκα (10) καλωδίων)
- 30 αγώγιμα στυλό
- 25 μεταλλικοί καμβάδες
- 25 στένσιλ
- 1 σημειωματάριο του εφευρέτη
- Φυλλάδιο με αυτοκόλλητα

Εύλογα κατανοεί κανείς πως, ανάλογα με το περιεχόμενο των κιτ, αλλάζει και το κόστος, το οποίο είναι μεταβαλλόμενο και κινείται από τα 15 δολάρια έως και άνω των 2000 δολαρίων. Ωστόσο τα σχολεία μπορούν να επενδύσουν και στην αγορά απλών κιτ αξίας 40-50 δολαρίων με αντίστοιχο αποτέλεσμα (Kickstarter, 2018).

1.1.2 Χρήση

Το αγώγιμο στυλό είναι σχετικά οικονομικό, ειδικά αν αγοραστούν μαζικά τα απαραίτητα σύνεργα που το συνοδεύουν. Ωστόσο, ακριβώς επειδή απαιτείται, μαζί με το ίδιο το στυλό, η αγορά ενός αγώγιμου πίνακα ή/και άλλων εργαλείων, τα σχολεία, πολλές φορές, δυσκολεύονται στην απόφαση για την απόκτησή τους (Narumi, Hodges, & Kawahara, 2015).

Στην διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων είναι ιδιαίτερα χρήσιμη η συμπερίληψη άλλων τεχνικών όπως, λ.χ. ειδικών αυτοκόλλητων που χρησιμοποιούνται απευθείας επάνω στο τυπωμένο σχέδιο και τα οποία επιτρέπουν την επίδειξη της λειτουργίας του κυκλώματος στον μαθητή ή τη μαθήτριά. Τα εν λόγω αυτοκόλλητα είναι χρήσιμα για την απεικόνιση τόσο σύνθετων όσο και απλών κυκλωμάτων (Qi & Paradiso, 2015).

Οι Qi και Buechley (2014) αναφέρουν επίσης πως τα σχέδια που γίνονται με τέτοιο εξοπλισμό είναι λιγότερο «αισθητικά ευχάριστα» όπως και το ότι, στα πρώτα στάδια, τα κυκλώματα συχνά είναι μικρότερα σε μήκος, ειδικά αν ο χρήστης είναι αρχάριος (Qi & Buechley, 2014, σ. 1174). Επιπλέον, απαιτείται η χρήση πρόσθετων υλικών.

Για τα μικρότερα σε ηλικία παιδιά, δηλαδή κάτω από τα 12 έτη, συνίσταται το να είναι η διαδικασία της εισαγωγής νέων τεχνικών σταδιακή, ούτως ώστε το παιδί να μπορέσει να κατανοήσει το πως χρησιμοποιείται ο εξοπλισμός χωρίς να αποσπάται η προσοχή του από το ίδιο το μηχάνημα (Jacoby & Buechley, 2013).

Ωστόσο, οι χρήστες μπορούν πάντοτε να χρησιμοποιούν και ένα συνδυασμό μεθόδων για την δημιουργία κυκλωμάτων, συμπεριλαμβάνοντας τις «παραδοσιακές τεχνικές» στη διδασκαλία (Qi & Buechley, 2014). Συγκεκριμένα, μπορεί να κατασκευαστεί ένα σύστημα στο οποίο να χρησιμοποιούνται ένα τυπωμένο χαρτί που να ακολουθεί ή όχι ένα ψηφιακό σχέδιο. Με αυτόν τον τρόπο, υπάρχει πρακτική επίδειξη του συστήματος και μπορεί να προσαρμοστεί η διδασκαλία για την παρουσίαση διαφορετικών φαινομένων (Olberding, Nai-Wei, Paradiso, Steimle, & Tiab, 2013).

Μία ενδιαφέρουσα εναλλακτική χρήση του αγωγίμου στυλό περιλαμβάνει την αξιοποίησή του για την μείωση του άγχους της αποτυχίας των παιδιών εντός της σχολικής τάξης. Τα παιδιά, ειδικά σε νεαρότερη ηλικία, ανταποκρίνονται θετικά στα οπτικά ερεθίσματα και αποδέχονται την διαδικασία όταν επαινούνται για την προσπάθειά τους (Johnson κ.συν., 2016). Το αγωγίμο στυλό μπορεί να αξιοποιηθεί προς αυτήν την κατεύθυνση και να γίνει χρήση του σε ασκήσεις και εξετάσεις. Για παράδειγμα, ο εκπαιδευτικός μπορεί να ζητήσει από το παιδί να συνδέσει δύο διαφορετικές στήλες με τρόπο που θα κάνει το λαμπάκι led να ανάψει και να κάνει πιο ενδιαφέρουσα την διαδικασία της επανάληψης και εξάσκησης.

Σε αυτόν τον τομέα, το αγωγίμο στυλό μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμο, αφού μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας επάνω στον πίνακα και το ίδιο σχέδιο να επαναχρησιμοποιηθεί από τον εκπαιδευτικό. Εναλλακτικά το κύκλωμα μπορεί να τυπωθεί σε απλό χαρτί (Nagumi κ.συν., 2015).

Το αγωγίμο στυλό αποτελεί μία οικονομικά συμφέρουσα λύση και μία τεχνολογική εξέλιξη με μεγάλη σημασία για τον τομέα της εκπαίδευσης, είτε αυτή είναι δευτεροβάθμια ή πρωτοβάθμια (Nagumi κ.συν., 2015).

1.2. Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΟΥ ΑΓΩΓΙΜΟΥ ΣΤΥΛΟ

1.2.1. Συμβολή στη διδασκαλία

Η διδασκαλία εντός της σχολικής τάξης έχει εξελιχθεί και έχει διευρυνθεί ως πρακτική. Από τη χρήση της κιμωλίας και του παραδοσιακού μαυροπίνακα, οι εκπαιδευτικοί, σήμερα, καλούνται να αξιοποιήσουν τις νέες τεχνολογίες στο σχολικό περιβάλλον με σκοπό το να ανταποκριθούν στις υψηλές απαιτήσεις του επαγγέλματός τους (Koehler & Mishra, 2009).

Μία καλή μέθοδος που μπορεί να αποφέρει ένα θετικό αποτέλεσμα και να τραβήξει την προσοχή των παιδιών, είναι η χρήση του στυλό, αρχικά, για διαφορετικούς σκοπούς και, αργότερα, για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Jacoby & Buechley, 2013).

Με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας, μπορεί, μεν, έως ενός σημείου να επιτυγχάνονταν η καλής ποιότητας διδασκαλία, ωστόσο, στην πραγματικότητα, ένα έντυπο σχέδιο έχει πολλούς περιορισμούς. Ένας από τους κύριους εξ αυτών είναι πως το τυπωμένο σχέδιο, εφόσον έχει ολοκληρωθεί με συμβατικό μελάνι, δεν μπορεί να διορθωθεί με ευκολία. Παράλληλα, είναι πρακτικά αδύνατο το να σημειωθούν νέες αλλαγές με τρόπο που να είναι σαφής και να μην προκαλεί σύγχυση στους μαθητές, αν μεταβληθούν μερικώς τα δεδομένα (Narumi, Shi, Hodges, Kawahara, Shimizu, & Asami, 2015).

Επίσης, όσο το παιδί διδάσκεται, είναι σημαντικό να του επιτρέπεται να χρησιμοποιήσει, πάντοτε υπό την επίβλεψη του/της εκπαιδευτικού τον εξοπλισμό (Jacoby & Buechley, 2013). Παρότι η χρήση του αγωγίμου στυλό, συνήθως, περιορίζεται, δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα στο να χρησιμοποιούν τα παιδιά τα εργαλεία αυτά για να εκφραστούν με δημιουργικό τρόπο (Jacoby & Buechley, 2013).

Το αγωγίμο στυλό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων εντός της τάξης αφού Mellis, Jacoby, Buechley, Perner-Wilson, & Qi (2013):

- Είναι εύχρηστο, άρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από μικρά παιδιά με κατάλληλη υποστήριξη όσο και από τους εκπαιδευτικούς χωρίς να απαιτείται ειδική εκπαίδευση και κατάρτιση.
- Είναι οικονομικά προσοδοφόρο, αφού, πέραν της αρχικής επένδυσης μπορεί να προσφέρει στον εκπαιδευτικό τη δυνατότητα αποθήκευσης υλικού και την επαναχρησιμοποίηση του.
- Επιτρέπει μια ευέλικτη προσέγγιση.
- Ενισχύει τη δημιουργικότητα.
- Παρέχει αυτονομία στο χρήστη.
- Εφόσον προϋπάρχουν τεχνικές γνώσεις ή ικανότητες προσφέρει ένα άριστο αποτέλεσμα.

1.2.2. Πλεονεκτήματα της χρήσης του αγωγίμου στυλό στη μάθηση της Φυσικής.

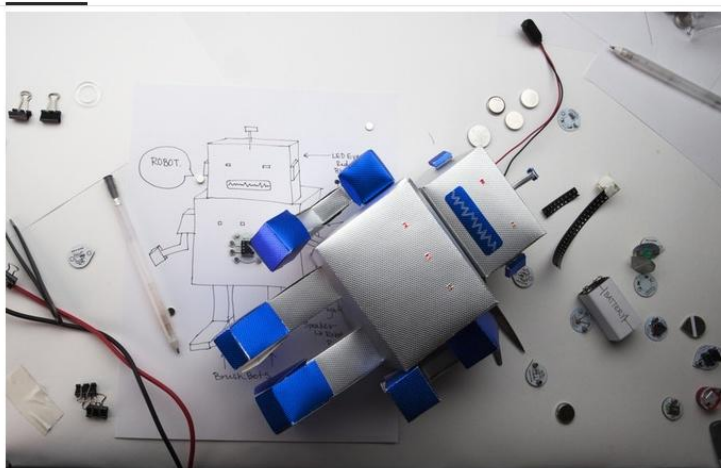
Οι μαθητές προκειμένου να κατανοήσουν τα μαθήματα της Φυσικής στο σχολείο είναι βασικό οι εκπαιδευτικοί να κάνουν το μάθημα όσο το δυνατόν πιο διαδραστικό. Η χρήση του αγωγίμου στυλό καλύπτει όπως φαίνεται και παρακάτω κάποιες βασικές προϋποθέσεις του Υπουργείου Παιδείας. Σύμφωνα με το MINEDU (2018), οι μαθητές πρέπει να ενισχυθούν με αίσθημα ευθύνης απέναντι στην Παιδεία, να τονωθεί η αυτοπεποίθηση και αυτοεκτίμησή τους και να μάθουν, από νεαρή ηλικία, να καλλιεργούν το ομαδικό πνεύμα και την ικανότητά τους για συνεργασία και αλληλοβοήθεια. Επίσης, σύμφωνα με το MINEDU (2011), για τους εκπαιδευτικούς στην Ελλάδα παρουσιάζονται δυνατότητες αξιοποίησης του αγωγίμου στυλό και των εναλλακτικών τεχνολογιών στη χώρα.

Η διδασκαλία των μαθημάτων με τη χρήση αγωγίμου στυλό και πίνακα, επιτρέπεται η απεικόνιση υλικού με απλό και σαφή τρόπο (Jacoby & Buechley, 2013). Ως εκ τούτου, με το αγωγήμο στυλό, μπορεί να παραχθεί πρωτότυπο έργο και να διδαχθούν μαθητές διαφορετικών επιπέδων. Στα πολύ θετικά στοιχεία της χρήσης του στυλό και του ειδικού πίνακα PCB συγκαταλέγεται το γεγονός πως τόσο αρχάριοι όσο και

προχωρημένοι χρήστες μπορούν να ωφεληθούν από την συμπερίληψή τους στη διδασκαλία (Qi & Buechley, 2014).

Ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματα στη διαδικασία σχεδιασμού ηλεκτρικών κυκλωμάτων με τη χρήση αγώγιμου στυλό, μελανιού και πίνακα είναι πως ο δάσκαλος και τα παιδιά μπορούν, από κοινού, να σχεδιάσουν και πιο σύνθετα παραδείγματα και να εξελίξει τις διδακτικές μεθόδους χρησιμοποιώντας διαφορετικά παραδείγματα για να εγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών και μαθητριών. Αυτό είναι ένα από τα σημαντικότερα προ-απαιτούμενα της εν λόγω διδακτικής μεθόδου και πρακτικής και θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη η δυνατότητα το παιδί να εξασκεί τις γνώσεις και εκτός τάξης χρησιμοποιώντας ευχάριστες ασκήσεις και προσομοιώσεις αντί για αμιγώς «θεωρητικές» προσεγγίσεις (Kuh, 1993).

Ένα τέτοιο παράδειγμα μπορεί να είναι και το παρακάτω:



Εικόνα 4: Σχέδιο Κυκλώματος σε μορφή ρομπότ, (Kickstarter, 2018).

Εδώ, ο δάσκαλος χρησιμοποίησε απλό χαρτί και τα περιεχόμενα ενός βασικού kit για να σχεδιάσει ένα ρομπότ. Το γεγονός ότι τα παιδιά μπορούν να κόψουν, να χρωματίσουν και να επεξεργαστούν το χαρτί ενισχύει τη δημιουργικότητά τους. Όπως τονίζει και η θεωρία, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να περιγράψουν με δικά τους λόγια και με βάση τα δικά τους βιώματα τα όσα διδάσκονται (Kuh, 1993). Σε αυτήν την περίπτωση, τα παιδιά καλούνται να σχεδιάσουν ένα ρομπότ με τη χρήση της φαντασίας τους. Ένα από τα βασικά οφέλη είναι πως το αποτέλεσμα είναι

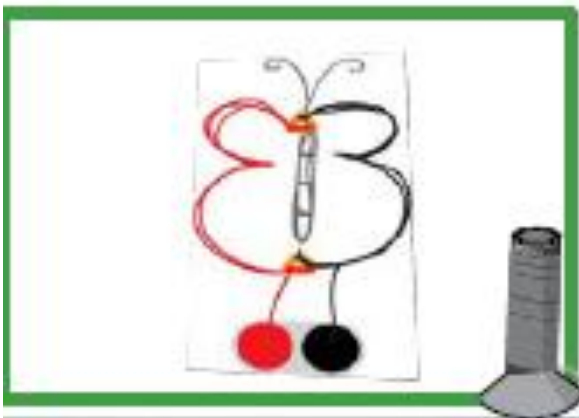
από, κάτι που τονώνει την αυτοπεποίθηση του μαθητή (Carnoy, Hallak, & Caillods, 1999).

Στα πλαίσια της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση αγωγίμου στυλό μπορούν να σχεδιαστούν διαλέξεις με τη μορφή διαδραστικών «παιγνίων» (Billingsley, 1993).

Γενικά τα αγωγή στυλό είναι σχεδιασμένα για αυτό το σκοπό- δηλαδή να κάνουν την εκπαιδευτική διαδικασία πιο διασκεδαστική και ενδιαφέρουσα. Τα πρότζεκτ που δημιουργούνται μπορούν να καλύπτουν διαφορετικές θεματικές και να επιχειρηθεί η χρήση του για μία διεπιστημονική προσέγγιση.

Χαρακτηριστικά παρακάτω χρησιμοποιείται ένα αγωγή στυλό για τη δημιουργία ενός απλού κυκλώματος και επιτυγχάνεται η διδασκαλία της χρήσης του ηλεκτρικού ρεύματος και της λειτουργίας των κυκλωμάτων, παράγοντας, ωστόσο, ένα διαφορετικό αποτέλεσμα:

Η δυνατότητα που παρέχεται για διόρθωση και τροποποίηση του σχεδίου, όπως αναφέραμε παραπάνω στο υποκεφάλαιο του εξοπλισμού, είναι και η ειδοποιός διαφορά, αφού τα παιδιά μικρότερης ηλικίας μπορούν να ξεκινήσουν με απλά σχέδια, π.χ. μία πεταλούδα, όπως φαίνεται παρακάτω, και αργότερα, να συνεχίσουν με πιο σύνθετα σχέδια (Lo κ.συν., 2016).



Εικόνα 5: Ηλεκτρικό Κύκλωμα σε μορφή πεταλούδας με τη χρήση του αγώγιμου στυλό (Lo κ.συν., 2016).

Σημειώνεται, δε, πως όταν υπάρχει από αποτέλεσμα, η κατανόηση είναι ευκολότερη και ταχύτερη (Mellis, Jacoby, Buechley, Perner-Wilson, & Qi, 2013). Έτσι, και σε αυτήν την περίπτωση, όπως διακρίνεται στην παραπάνω εικόνα, με το να τυπώνεται το σχέδιο σε διαφορετικά υλικά, το μάθημα γίνεται πιο ενδιαφέρον. Επίσης, υπάρχουν πολύ λιγότεροι περιορισμοί για τον καθηγητή ή την καθηγήτρια και την τάξη (Lo κ.συν., 2016).

Προτείνεται η χρήση του αγώγιμου στυλό, σε περιπτώσεις παιδιών με μαθησιακές δυσκολίες με τρόπο που θα επιφέρει ένα βέλτιστο αποτέλεσμα και θα απλοποιήσει τη διαδικασία. Για τη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων σε παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες μπορεί να γίνει η κατανόηση της χρήσης του ηλεκτρικού ρεύματος και των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και να προσαρμοστεί η διδασκαλία στις ικανότητες και τις ανάγκες των μαθητών. Για παράδειγμα, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να σχεδιάζουν εικόνες και να παρουσιάζουν στους μαθητές το υλικό τους σε μορφή παραμυθιού με ζωγραφιές και σκίτσα (Jacoby & Buechley, 2013).

Διαφορετικές κατηγορίες μαθητών μπορούν να ωφεληθούν από τη χρήση του αγώγιμου στυλό στη διδασκαλία. Ιδίως σε περιπτώσεις στις οποίες υπάρχουν δυσκολίες στην πρόσβαση, είτε λόγω απόστασης ή λόγω της ιδιαιτερότητας μίας περίπτωσης, π.χ. ενός παιδιού με ειδικές ικανότητες, η χρήση διαδραστικών εργαλείων μπορεί να αποτελέσει μία πολύ αποδοτική λύση.

Παιδιά και ενήλικες με κινητικά προβλήματα ή προβλήματα όρασης / ακοής, μπορούν να κάνουν χρήση ειδικών λογισμικών και λειτουργιών του αγώγιμου πίνακα για να αντιμετωπίσουν πιθανές δυσκολίες στη μαθησιακή διαδικασία που προκύπτουν λόγω της αναπηρίας τους (Brantlinger, Jimenez, Klinger, Pugach, & Richardson, 2005).

Παρόμοια μπορούν να είναι και τα οφέλη για άτομα τα οποία ανήκουν σε μειονότητες ή σε ευαίσθητες κοινωνικά κατηγορίες. Παιδιά τα οποία δεν μπορούν να κατανοήσουν επαρκώς την γλώσσα διδασκαλίας μπορούν να βοηθηθούν εφόσον αξιοποιηθούν οι δυνατότητες που προσφέρονται με τη χρήση του πίνακα και του

στυλό, αφού οι πληροφορίες δίνονται σε μορφή εικόνας και υπάρχει μία πιο σαφής επεξήγηση των όρων και της λειτουργίας των κυκλωμάτων (Castells, 1996).

Αυτό μπορεί να εξυπηρετήσει και στο να μειωθεί το στρες και να περιοριστούν τα προβλήματα διδασκαλίας, λοιπόν, που αντιμετωπίζουν παιδιά και ενήλικες των οποίων η μητρική γλώσσα διαφέρει από τη γλώσσα που χρησιμοποιείται στην καθημερινή ζωή ή το εκπαιδευτικό και το εργασιακό περιβάλλον εντός του οποίου δραστηριοποιούνται (Castells, 1996).

1.3. ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΓΩΓΙΜΟΥ ΣΤΥΛΟ

1.3.1. Εναλλακτικές ιδέες μαθητών σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα αλλά και το ρεύμα

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα και τις έννοιες αποτελεί ένα ζήτημα το οποίο έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον των ακαδημαϊκών και των εκπαιδευτικών εξίσου. Οι μαθητές, όντας εκτεθειμένοι σε πληροφορίες και ερεθίσματα σε καθημερινή βάση, τείνουν να αναπτύσσουν δικές τους ιδέες σε σχέση με την εφαρμογή των θεωριών στην πράξη.

Οι μαθητές αγνοούν το πώς κινούνται τα ηλεκτρόνια σε ένα κύκλωμα (Niedderer & Goldberg, 1985 ·Shipstone, 1988, όπ.ανάφ. στη Γαρυφαλλίδου, 2011). Ίσως η έλλειψη αυτής της γνώσης οφείλεται στο γεγονός ότι δεν γίνεται παρατήρηση με γυμνό μάτι στη συγκεκριμένη κίνηση. Επίσης, τα σχολικά βιβλία δεν αναφέρονται στην κίνηση των ιόντων αλλά στην κίνηση των ηλεκτρονίων.

Σύμφωνα με τον Knight (2006, όπ.ανάφ. στο Κώτσης και Κότσινας, 2011), οι μαθητές σχηματίζουν εναλλακτικές ιδέες όσον αφορά την ηλέκτριση των μονωτών κυρίως, μιας και δυσκολεύονται να κατανοήσουν το ρόλο που παίζει η πόλωση στα φορτία και τη φόρτιση των υλικών. Γι' αυτό στην προσπάθειά τους να ξεχωρίσουν τους αγωγούς από τους μονωτές, καταφεύγουν στην στείρα απομνημόνευση με αποτέλεσμα πολλοί μαθητές να μην είναι ικανοί να τα διαχωρίσουν (Κουντουριώτης και Μίχας, 2009). Ο De Posada (1997, όπ.ανάφ. στο Κουντουριώτης και Μίχας,

2009) σημείωσε ότι υπάρχουν μαθητές των τελευταίων τάξεων του Λυκείου που πιστεύουν ότι τα άτομα επιτρέπουν τον ηλεκτρισμό να περνάει από μέσα τους μένοντας παθητικά στη θέση τους.

Τα σχολικά βιβλία όπως φαίνεται στο άρθρο των Κουντουριώτη και Μίχα (2007) αγνοούν τον ρόλο του ηλεκτρικού πεδίου και του ξεχωριστού ρόλου που παίζει στο δυναμικό ηλεκτρισμό. Όπως ανέφεραν και οι Arnold & Miller (1997, όπ. ανάφ. στο Κότσινας και Παπακώστας, 2013), οι μαθητές φαίνεται ότι δυσκολεύονται να κατανοήσουν έννοιες των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και τις βασικές δομές του, διότι δεν παρατηρούνται με γυμνό μάτι.

Ηλεκτρικό Ρεύμα

Οι μαθητές θεωρούν ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι κάτι που ρέει (Tiberghien & Delacote, 1976· Rhoneck, 1981,· Osborne, 1983· Shipstone, 1984-1985· Ψύλλος κ.συν., 1987, όπ.ανάφ στο Τσιχουρίδη και Βαβουγιός, 2007). Η ιδέα όμως αυτή δεν παρατηρείται σε άτομα μικρών ηλικιών, αλλά και σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, όπως είναι οι φοιτητές. Συνεχίζοντας στην έρευνα του Παρασκευά κ.συν.(2007) οι μαθητές πιστεύουν ότι το κατά πόσο μεγάλο είναι το καλώδιο σε ένα κύκλωμα, αυτό επηρεάζει και το κατά πόσο γρήγορα θα ανάψει η λάμπα π.χ. μεγάλο καλώδιο περισσότερη ώρα ν' ανάψει η λάμπα, μικρότερο καλώδιο λιγότερη ώρα ν' ανάψει η λάμπα. Από το παραπάνω παράδειγμα, διαφαίνεται η σκέψη της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος, αφού μπορεί να συνδεθεί με το υδραυλικό μοντέλο του νερού (όσο μεγαλύτερος ο σωλήνας του νερού, τόσο περισσότερη ώρα θα κάνει να βγει από την βρύση).

Στην έρευνα του Kibble (1999, όπ.ανάφ στο Κουντουριώτη και Μίχα, 2007), η οποία είχε ως αντικείμενο έρευνας φοιτητές - μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, οι απόψεις που εκφράστηκαν για το ηλεκτρικό ρεύμα είναι οι εξής: 1) το ηλεκτρικό ρεύμα ως μια ουσία που ρέει, 2) το ηλεκτρικό ρεύμα ως φορτία τα οποία βρίσκονται σε κίνηση ή άτομα σε σύνδεση και τέλος κάποιοι αντί για να περιγράψουν το ηλεκτρικό ρεύμα, περιέγραφαν τί βρίσκεται μέσα στο καλώδιο.

Στη συνέχεια, παρατηρούμε ότι η εναλλακτική ιδέα των μαθητών για τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή και άλλων παρόμοιων ιδεών. Σύμφωνα με τους Cohen κ.συν.(1983)· Shipstone (1985, όπ.ανάφ. στο

Τσιγουρίδη και Βαβουγιός, 2007), μια αντίληψη των μαθητών για το ρεύμα είναι ότι για να επηρεάσει τον τροφοδότη δηλαδή την λάμπα θα πρέπει να διασχίσει το κύκλωμα και να έρθει σε επαφή μαζί της. Γι'αυτό υπάρχουν και μαθητές, που δεν αναγνωρίζουν την τάση σε κύκλωμα που δεν είναι κλειστό (Shipstone, 1985, όπ.ανάφ. στο Τσιγουρίδη και Βαβουγιός, 2007).

Τέλος, συχνά οι μαθητές μπερδεύουν τις έννοιες λόγω της πολυπλοκότητας της ελληνικής γλώσσας. Αυτό παρατηρείται και στην έρευνα του Κουντουριώτη και Μίχα (2009) στην ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος. Οι μαθητές συνηθίζουν να συγχέουν την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος με την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, ενώ αντίθετα οι μαθητές σε άλλες χώρες όπως στην Αγγλία δεν παρουσιάζουν το ίδιο πρόβλημα, διότι γίνεται διαχωρισμός των εννοιών από την ίδια την γλώσσα.

Στη συνέχεια, παρουσιάζουμε κάποιες βασικές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τα μέρη του ηλεκτρικού κυκλώματος δηλαδή την μπαταρία, την λάμπα, τον διακόπτη αλλά και τα μοντέλα των εναλλακτικών αντιλήψεων, που προκύπτουν από την σύνδεση των τριών αυτών μερών με τη χρήση του καλωδίου.

Μπαταρία

Οι μαθητές παρατηρώντας την μπαταρία και τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται στη δομή του ηλεκτρικού κυκλώματος υποστηρίζουν ότι αποτελεί την πηγή που βγάζει ηλεκτρισμό και όσο περνάει ο χρόνος αυτή φθείρεται και χαλάει (Tasciso & Gilbert, 1999, όπ.ανάφ στο Γενεκίδου κ.συν., 2017). Σε άλλες έρευνες, όπως στην έρευνα των Tiberghien & Delacote, 1976· Rhoneck, 1981·Osborne, 1983·Shipstone, 1984-1985·Ψύλλος κ.συν.(1987, όπ.ανάφ. στο Τσιγουρίδης και Βαβουγιός, 2007), φαντάζει ως ένας τροφοδότης ρεύματος. Τέλος, σύμφωνα με τον Κόκκοτα κ.συν. (2001, όπ.ανάφ. στο Κώτσης και Κότσινας, 2011), τα φορτία του κυκλώματος που είναι υπαίτια για το άναμμα της λάμπας πιστεύουν ότι παράγονται από την πηγή, που στην προκειμένη περίπτωση αποτελεί η μπαταρία.

Διακόπτης

Σύμφωνα με την Χρηστίδου (2001, όπ.ανάφ. στο Κώτσης και Ευαγγέλου, 2011), η φυσική γλώσσα που χρησιμοποιούν στην καθημερινή τους ζωή οι μαθητές δεν τους αφήνει να κατανοήσουν την επιστήμη και αυτό φαίνεται στην εναλλακτική ιδέα περί ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος. Οι μαθητές επηρεασμένοι από την φυσική γλώσσα ή αλλιώς την καθημερινή τους γλώσσα συγχέουν την έκφραση «άνοιξε το φως» με την επιστημονική ερμηνεία της «κλείσε το διακόπτη του κυκλώματος», έτσι παρασύρονται από την φυσική γλώσσα και πιστεύουν ότι όταν «ανοίγω το φως», ο διακόπτης «ανοίγει».

Λάμπα

Όπως αναφέραμε παραπάνω η μπαταρία σύμφωνα με τους μαθητές αποτελεί έναν τροφοδότη ρεύματος, όμως σύμφωνα με τους μαθητές αυτός που τροφοδοτείται από την μπαταρία είναι η λάμπα (Tiberghien & Delacote, 1976· Rhoneck, 1981·Osborne, 1983·Shipstone, 1984-1985·Ψύλλος κ.συν., 1987, όπ.ανάφ. στο Τσιχουρίδης και Βαβουγιός, 2007). Στις έρευνες των Κουμαράς, 1989·Κουμαράς κ.συν.(1990, όπ.ανάφ. στο Παρασκευάς κ.συν.,2007), οι μαθητές δίνουν έμφαση στην αντιστοιχία λαμπτήρων και μπαταριών π.χ. όσο περισσότερες λάμπες συνδέονται με την μπαταρία τόσο λιγότερο φως βγάζει η καθεμία, χωρίς να αναφερθούν στο πώς είναι συνδεδεμένες οι λάμπες με τις μπαταρίες σε σειρά ή παράλληλες για να κατανοήσουν πόσο θα φωτοβολήσουν. Χάρης αυτή την λογική πετυχαίνουν την πρόβλεψη στη σύνδεση με σειρά αλλά όχι στην παράλληλη. Σε μία άλλη έρευνα της Ντανουπούλου κ.συν.(2015), υπήρχαν δύο μαθητές που κατά την γνώμη τους, μια λάμπα μπορεί να ανάψει και χωρίς την επαφή και των δυο καλωδίων με την μπαταρία και τη λάμπα δηλαδή όπως είναι ένα ανοικτό κύκλωμα.

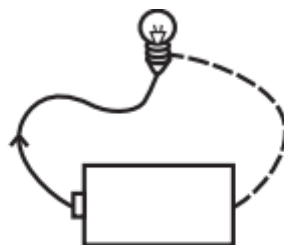
Μοντέλα σύνδεσης ηλεκτρικού κυκλώματος

Οι μαθητές σύμφωνα με τους Driver,1998·Zacharia, 2007·Jaakkola & Nurmi (2008, όπ.ανάφ στο Κώτσης και Ευάγγελος, 2011) διαμορφώνουν κάποια μοντέλα συνδέσεων, όταν προσπαθούν να ενώσουν την μπαταρία με την λάμπα και τον

διακόπτη για να σχηματίσουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Τα μοντέλα αυτά είναι τα εξής:

A) Μονοπολικό

Στην έρευνα της Πανταζού (2017), παρατηρούμε ότι πολλοί μαθητές έχουν στο μυαλό τους το μονοπολικό μοντέλο. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, οι μαθητές δεν κατανοούν την χρήση του δεύτερου καλωδίου στο ηλεκτρικό κύκλωμα και δίνουν σημασία μόνο στο καλώδιο που συνδέει την μπαταρία με την λάμπα. Θεωρούν ότι το δεύτερο καλώδιο χρησιμοποιείται ως ανταλλακτικό και ότι το ρεύμα περνάει από την μπαταρία στην λάμπα χρησιμοποιώντας μόνο το ένα καλώδιο. Σύμφωνα με την έρευνα της Ντανοπούλου κ.συν.(2015) σε παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες προέκυψε το παραπάνω μονοπολικό μοντέλο πριν το διδακτικό σενάριο, αφού δύο μαθητές πίστευαν ότι η σύνδεση της μπαταρίας με τη λάμπα μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας μόνο το ένα καλώδιο και ότι δεν χρειάζεται να συνδεθούν με τη λάμπα και τη μπαταρία όλα τα καλώδια προκειμένου να έχουμε το άναμμα της λάμπας. Στο μυαλό τους δεν είχαν σχηματίσει ακόμα την έννοια του κλειστού και ανοιχτού κυκλώματος. Παρακάτω παρουσιάζεται το μονοπολικό μοντέλο, όπως είναι αναρτημένο στο βιβλίο του εκπαιδευτικού:

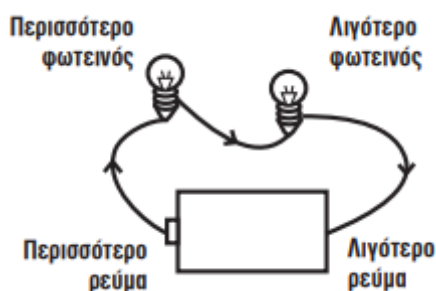


Εικόνα 6: Απεικόνιση Μονοπολικού Μοντέλου, (http://micro-kosmos.uoa.gr/gr/dialogs/pdf/e_daskalou.pdf).

B) Καταναλωτικό

Σύμφωνα με έρευνα του Παρασκευά κ.συν.(2007) σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών της ΣΤ' Δημοτικού για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, παρατηρήθηκε ότι ακόμα και μαθητές που δήλωναν ότι «το ρεύμα είναι κίνηση ηλεκτρονίων» στη συνέχεια σε άλλη ερώτηση αναφέρουν ότι «το ρεύμα καταναλώνεται». Όπως καταγράφει ο

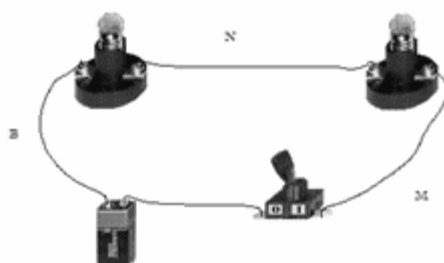
Knight (2006, όπ. ανάφ. στο Κώτσης και Κότσιας, 2011) για το καταναλωτικό μοντέλο, οι μαθητές αντιλαμβάνονται την λάμπα ως έναν καταναλωτή, όπου «τρώει» το ρεύμα. Παρακάτω παρατηρούμε πώς παρουσιάζεται το καταναλωτικό μοντέλο στο βιβλίο του εκπαιδευτικού.



Εικόνα 7: Απεικόνιση του Καταναλωτικού Μοντέλου , (http://micro-kosmos.uoa.gr/gr/dialogs/pdf/e_daskalou.pdf)

Γ) Μεριστικό

Το μεριστικό μοντέλο σύμφωνα με την Χρηστίδου (2006, όπ. ανάφ. στο Κολτσάκης και Πιερράτος, 2006), είναι όταν οι μαθητές πιστεύουν ότι το ηλεκτρικό ρεύμα μοιράζεται εξίσου στις λάμπες, οι οποίες έχουν την ίδια φωτοβολία. Όπως και στο καταναλωτικό μοντέλο έτσι και στο μεριστικό, το ηλεκτρικό ρεύμα δεν μένει το ίδιο. Η παρακάτω εικόνα μας δείχνει το μεριστικό μοντέλο, όπως παρουσιάζεται στην εργασία των Κολτσάκη και Πιερράτο(2006):

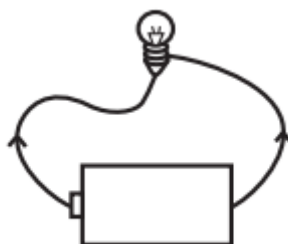


Εικόνα 8: Απεικόνιση του Μεριστικού Μοντέλου, (<https://www.eduportal.gr/kykloma-antilipseis/>).

Δ) Συγκρουόμενων Ρευμάτων

Σύμφωνα με τον Κουμαρά (2002,όπ. ανάφ. στο Παρασκευάς κ.συν., 2007), οι μαθητές πιστεύουν ότι «μια ουσία» φεύγει από τον έναν πόλο της μπαταρίας στη λάμπα και από τον άλλον πόλο της μπαταρίας στη λάμπα, όπου εκεί «συναντιούνται» και ανάβει η λάμπα. Παρακάτω παρουσιάζεται το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων, όπως προβάλλεται στο βιβλίο του δασκάλου.

HYPERLINK “<http://www.kodipheet.gr>” <http://www.kodipheet.gr>



Εικόνα 9: Απεικόνιση του Μοντέλου των Συγκρουόμενων Ρευμάτων , (http://microkosmos.uoa.gr/gr/dialogs/pdf/e_daskalou.pdf).

Τα μοντέλα αυτά έχουν παρουσιαστεί και αναλυθεί σε πολλές έρευνες πάνω στις Φυσικές Επιστήμες όπως φαίνεται παρακάτω (Σούλιος κ.συν.,2007· Κουντουριώτης και Μίχας, 2009) κ.α.

Ιδέα της Τοπικής και Διαδοχικής Θεώρησης

Άλλη μια εναλλακτική ιδέα των μαθητών είναι η τάση τους να σκέφτονται διαδοχικά και τοπικά όταν έρχονται αντιμέτωποι με προβλήματα στα ηλεκτρικά κυκλώματα (Μπάρμπας, 2005, όπ.ανάφ. στο Κότσινας και Παπακώστας, 2013). Σύμφωνα με τον Duit & Rhoneck(1985, όπ.ανάφ. στο Κότσινας και Παπακώστας, 2013), οι μαθητές που σκέφτονται διαδοχικά θεωρούν ότι το πρόβλημα σε ένα σημείο του κυκλώματος, θα επηρεάσει μόνο το κομμάτι εκείνο του κυκλώματος που ακολουθεί και όχι αυτό που είναι πριν, σε σχέση πάντα με τη φορά του ρεύματος. Αυτό φαίνεται και σύμφωνα με τον Κουμαρά κ.συν.(1990, όπ.ανάφ. στο Παρασκευάς κ.συν.,2007), όπου οι μαθητές πιστεύουν ότι αν συμβεί κάτι σε ένα κύκλωμα αυτό θα επηρεάσει το

κύκλωμα από εκείνο το σημείο και μετά και όχι ολόκληρο το ηλεκτρικό κύκλωμα (πάντα με τη φορά του ρεύματος). Σύμφωνα με την Χρηστίδου (2001), η εναλλακτική ιδέα του της διαδοχικής θεώρησης καλείται μοντέλο της σειράς.

Αντίθετα, υπάρχουν κάποιοι μαθητές που σκέφτονται τοπικά σύμφωνα με τους Κuirer κ.συν.,1985·Κώτσης και συν.(2011, όπ.ανάφ στο Κότσινας και Παπακώστας, 2013), έχουν την άποψη ότι αν κάτι συμβεί σε ένα σημείο του κυκλώματος, αυτό δεν είναι απαραίτητο να επηρεάσει ολόκληρο το κύκλωμα. Μπορεί απλά να επηρεάσει το συγκεκριμένο κομμάτι του κυκλώματος.

1.3.2. Διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων με νέες τεχνολογίες

Τα τελευταία χρόνια έχουμε ραγδαία ανάπτυξη των σύγχρονων τεχνολογιών, η οποία επέφερε αλλαγές σε όλα τα κομμάτια της κοινωνίας. Οι αλλαγές αυτές δεν θα μπορούσαν να μην επηρεάσουν τη σύγχρονη διδακτική. Μέρος της διδακτικής αποτελεί και το κομμάτι των Φυσικών Επιστημών, όπου επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό από τα ΤΠΕ. Ο Sassi, (2001, όπ.ανάφ. στο Ταραμόπουλος κ.συν.,2010), υποστήριξε ότι η ΤΠΕ μπορεί να βοηθήσει στα θέματα που προκύπτουν από τα εργαστήρια πειραμάτων με φυσικά υλικά που χρησιμοποιούν οι μαθητές στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν κομμάτια της Φυσικής.

Σύμφωνα με το Ίδρυμα Μελετών Λαμπράκη (2001, όπ.ανάφ. στο Μαρκαντώνης κ.συν., 2002), ο εκπαιδευτικός μετά την εισαγωγή των Νέων Τεχνολογιών, απέκτησε ένα ρόλο πιο καθοδηγητικό και ο μαθητής από παθητικός δέκτης έγινε ενεργητικός σε βιωματικές προσεγγίσεις της γνώσης. Όπως αναφέρουν οι Παπαδούρη και Κωνσταντίνου (2009, όπ.ανάφ. στο Kollofel&Dejong, 2013), όταν οι μαθητές για να ανακαλύψουν τα φαινόμενα της φύσης χρησιμοποιούν την ενεργητική εξερεύνηση, τότε θέτουν τη βάση για την εννοιολογική κατανόηση.

Αρχικά, θα μπορούσαμε να δώσουμε έμφαση στον ηλεκτρονικό υπολογιστή που αποτελεί την πρώτη σπουδαία τεχνολογική ανάπτυξη και ένα ικανότατο εργαλείο στα χέρια των εκπαιδευτικών που διδάσκουν τις Φυσικές Επιστήμες. Σύμφωνα με τους Honey & Henríquez (1993, όπ.ανάφ. στο Μαρκαντώνης κ.συν., 2002), οι υπολογιστές αποτελούν ένα μέσο συλλογής, επεξεργασίας και παρουσίασης των πληροφοριών.

Όσον αφορά το πόσο επηρεάζουν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές το μάθημα της Φυσικής, οι Tekbiyik & Akdeniz, 2010· Bayraktar, 2001-2002· Christmann & Badgett (1999, όπ.ανάφ. στο Tekbiyik & Ercan, 2015), δήλωσαν ότι το μάθημα το οποίο ωφελείται περισσότερο από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές είναι η Φυσική σε σχέση με όλα τα άλλα μαθήματα.

Ίσως το μεγαλύτερο τεχνολογικό επίτευγμα του ανθρώπου, όπου μέρος αυτού αποτελεί και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής είναι το διαδίκτυο. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής από μόνος του μπορεί να βοηθήσει στη διδασκαλία της Φυσικής παρέχοντας λογισμικά και εφαρμογές. Όμως, στο διαδίκτυο ο εκπαιδευτικός μπορεί να καταρτίσει τη διδασκαλία του χρησιμοποιώντας μια μεγάλη γκάμα από εργαλεία με τα οποία οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα τη διδασκαλία και να εκφραστούν. Όπως αναφέρουν οι Κοντογιαννόπουλος και Πολυδωρίδης (1992, όπ.ανάφ. στο Μαρκαντώνης κ.συν., 2002), το πιο σημαντικό είναι η διδασκαλία να αποτελείται από σωστή τεχνολογία του διαδικτύου, με σκοπό οι μαθητές να δημιουργούν και να εκφράζουν την προσωπικότητά τους.

Παραπάνω παρατηρήσαμε ότι τα ΤΠΕ βοηθούν ιδιαίτερα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Ειδικότερα τα ηλεκτρικά κυκλώματα μπορούν να αναπαρασταθούν είτε σε πραγματικά εργαστήρια με φυσικά υλικά, είτε σε εικονικό περιβάλλον χρησιμοποιώντας τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Σύμφωνα με τον Λευκό κ.συν.(2005, όπ.ανάφ. στο Ταραμόπουλος κ.συν., 2010), τα εικονικά περιβάλλοντα μπορούν να προσομοιώσουν στην οθόνη ενός υπολογιστή θέματα των Φυσικών Επιστημών χρησιμοποιώντας πολυμέσα της σύγχρονης τεχνολογίας και έχοντας ως χαρακτηριστικό την άμεση αλληλεπίδραση και τον χειρισμό αντικειμένων και παραμέτρων.

Πειράματα σε πραγματικά εργαστήρια με απλά υλικά

Οι εκπαιδευτικοί στην προσπάθειά τους να αναπαραστήσουν τα Ηλεκτρικά Κυκλώματα στους μαθητές πειραματίζονται στα εργαστήρια χρησιμοποιώντας πραγματικά υλικά. Ο πειραματισμός σύμφωνα με τους McDermott & Shaffer (1992,όπ.αναφ. στο Baser, 2006), βοηθά τους μαθητές στις εννοιολογικές αντιλήψεις και ιδέες που αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας μας. Αντίθετα, οι Schauble, Klopfer, & Raghavan (1991, όπ.ανάφ. στο Kollofel & Dejong,2013), αναφέρουν ότι οι μαθητές όταν εξασκούνται σε πειραματικές δραστηριότητες με

απλά υλικά περιορίζονται γνωστικά, διότι πολλές φορές στην προσπάθεια τους να φτιάξουν σωστά τα κυκλώματα για να λειτουργήσουν, δεν κατανοούν τις σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές και τα αποτελέσματα. Επίσης, οι Niedderer κ.συν.(2003, όπ.ανάφ. στο Ταραμόπουλος κ.συν., 2010), αναφέρουν ότι όταν οι μαθητές χρησιμοποιούν πραγματικά όργανα και υλικά πολλές φορές δυσκολεύονται στο να τα χειρίζονται και έτσι έχουν θέματα στην διδασκαλία. Τέλος, υπήρχαν και κάποιοι που συμφώνησαν ότι τα πειράματα με απλά υλικά βοηθούν στην κατανόηση των μαθητών σε έννοιες, οι οποίες ερμηνευόταν διαφορετικά από τους μαθητές (Ronen & Eliahu, 2000, όπ. ανάφ. στο Baser, 2006), αλλά δήλωσαν ότι κάποιες σοβαρές παρερμηνείες των μαθητών μπορεί να μην αλλάξουν χρησιμοποιώντας τα πραγματικά εργαστήρια ως μέσο.

Οι εκπαιδευτικοί για να καταρτίσουν τη δομή του πειράματος συνηθίζουν να μοιράζουν στους μαθητές ένα εγχειρίδιο, το οποίο παρουσιάζει τα βήματα, τα οποία οι μαθητές θα πράξουν για να παραχθεί το αποτέλεσμα. Χωρίς το συγκεκριμένο εγχειρίδιο, οι μαθητές χάνουν τον προσανατολισμό τους και δεν μπορούν να δομήσουν το πείραμα. Πολλές φορές το ίδιο το σχολικό βιβλίο παρουσιάζει τη δομή δημιουργίας των πειραμάτων.

Όπως καταγράφεται στο άρθρο των Stavrinides κ.συν.(2015) στα πρακτικά μαθήματα με πραγματικά υλικά για την κατάρτιση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων, παρατηρούμε ότι οι μαθητές:

- 1) Τείνουν να επικεντρώνονται περισσότερο στην κατασκευή κυκλωμάτων και όχι τόσο στο να κατανοήσουν τις σχέσεις μεταξύ των αλλαγών των μεταβλητών και των αποτελεσμάτων.
- 2) Δεν έχουν στο νου τους τις απρόβλεπτες συνθήκες και κάποια άλλα θέματα των πειραμάτων που δεν καταγράφονται στα σχολικά βιβλία και κατ' επέκταση στα εγχειρίδια που έχει μοιράσει ο εκπαιδευτικός.
- 3) Η πραγματοποίηση μιας διδασκαλίας με πραγματικά υλικά μπορεί να είναι μια διαδικασία δύσκολη και πολύ χρονοβόρα.
- 4) Οι μαθητές δεν πειραματίζονται συχνά, ενώ ποτέ δεν συνδέουν τα προβλήματα της καθημερινότητάς τους με αυτά που γράφει το εγχειρίδιο.

Λόγω αυτών των θεμάτων που προκύπτουν από τον πειραματισμό με απλά υλικά στα Ηλεκτρικά Κυκλώματα, οι εκπαιδευτικοί δομούν τον πειραματισμό σε εικονικά

περιβάλλοντα. Τα εικονικά περιβάλλοντα διακατέχονται από προσομοιώσεις, οι οποίες βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν, όπως θα δούμε και παρακάτω, περισσότερο την ύλη του αντίστοιχου κεφαλαίου.

Εικονικά Περιβάλλοντα

Οι προσομοιώσεις ή αλλιώς τα εικονικά εργαστήρια, όπως καλούνται στις έρευνες διαφόρων επιστημονικών εγγράφων, απασχόλησαν πολλούς ερευνητές γιατί αποτελούν το σύγχρονο μέσο σε διάφορα θέματα διδασκαλίας.

Στο κομμάτι της Διδακτικής των Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων, διάφοροι ερευνητές προσπάθησαν να ερμηνεύσουν τις θετικές και αρνητικές επιπτώσεις της χρήσης των προσομοιώσεων. Όσον αφορά την εννοιολογική ανάπτυξη των μαθητών με τη χρήση των εικονικών εργαστηρίων, οι Vreman & Olde (2006, όπ. ανάφ. στο Kollofel & Dejong, 2013), ανέφεραν ότι βοηθούν τους μαθητές να συνδέσουν τις έννοιες που μαθαίνουν από τα βιβλία με την πραγματικότητα. Σύμφωνα με τους Zacharia, 2003· Jaakkola & Nurmi (2008, όπ.ανάφ. στο Ταραμόπουλος κ.συν, 2010) σημείωσαν ότι αρκετές έρευνες έχουν δείξει το σημαντικό ρόλο στην εννοιολογική κατανόηση που παίζουν τα εικονικά εργαστήρια. Όπως αναφέρουν οι Dorí κ.συν.(2003, όπ.ανάφ. στο Baser, 2006), οι προσομοιώσεις μπορούν να συμβάλλουν στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών γιατί οπτικοποιούνται τα φαινόμενα και οι μαθητές ενεργοποιούνται.Υπάρχουν ερευνητές Baser & Durmuş, 2010· Finkelstein κ.συν., 2005· Jaakkola & Nurmi, 2008· Jaakkola κ.συν., 2010· Jaakkola κ.συν., 2011· Zacharia (2007, όπ. ανάφ. στο Kollofel & Dejong, 2013) οι οποίοι παρατήρησαν σε παιδιά δημοτικού σχολείου (Baaker & Durmuş, 2010) και σε φοιτητές (Farrokhnia & Esmailpour, 2008· Jaakkola κ.συν., 2010· Jaakkola κ.συν., 2010 ·Finkelstein κ.συν., 2005, όπ.ανάφ. στο Kollofel & Dejong, 2013), ότι οι προσομοιώσεις όταν χρησιμοποιούνται ως υποκατάστατο των πραγματικών εργαστηρίων βοηθούν στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών. Αντίθετα, υπήρχαν κάποιοι άλλοι ερευνητές όπως ο Steinberg (2000, όπ.ανάφ. στη Zacharia, 2007), η διδασκαλία με εικονικό τρόπο μπορεί να αντικαταστήσει την διδασκαλία με πραγματικά υλικά όταν κινείται σε συγκεκριμένα πλαίσια και με συγκεκριμένες συνθήκες, αφού δεν παρέχει διαφορετικές μεθόδους από την πραγματική επιστήμη. Ο Lehtinen (2005, όπ.ανάφ. στο Baser, 2006), απέδειξε ότι βελτιώνεται ο μαθητής εννοιολογικά χρησιμοποιώντας τις προσομοιώσεις σε σύγκριση με τα εργαστήρια.

Από τα παραπάνω κατανοεί κανείς τη θετικότητα των προσομοιώσεων στην εννοιολογική ανάπτυξη των μαθητών, διότι και οι τρεις διαφορετικές απόψεις των ερευνητών δείχνουν ότι τα εικονικά εργαστήρια μόνο θετικό ρόλο μπορεί να παίξουν στην εννοιολογική αλλαγή. Υπήρχαν και κάποιοι ερευνητές Dejong & VanJoolingen (1998, όπ.ανάφ. στο ZeynepKoyunlu & Dokme, 2011), οι οποίοι έδωσαν μια διαφορετική ερμηνεία στη θετική εννοιολογική επίδραση των προσομοιώσεων, ότι έχουν θετικά αποτελέσματα δεν σημαίνει ότι και οι επιδόσεις των μαθητών θα είναι αυτονόητες. Όμως, μέσα από τα πειράματα οι εκπαιδευτικοί δεν αποσκοπούν μόνο στην εννοιολογική ανάπτυξη των μαθητών, αλλά και στην αναπαράσταση φαινομένων.

Οι Kocijancic & O'Sullivan, (2004, όπ. ανάφ. στο Ταραμόπουλος κ.συν., 2010), διαπίστωσαν ότι τα εικονικά εργαστήρια μπορούν να αναπαραστήσουν την εξέλιξη ενός φαινομένου αλλά και όλων των μεταβολών στα στοιχεία του φαινομένου που επηρεάζονται. Οι Trey & Khan (2008, όπ.ανάφ. στο ZeynepKoyunlu & Dokme, 2011), σημείωσαν το θετικό ρόλο των προσομοιώσεων στην αναπαράσταση φαινομένων, τα οποία δεν μπορούν να παρατηρηθούν με γυμνό μάτι. Οι προσομοιώσεις σύμφωνα με τους Finkelstein κ.συν.(2005), οδηγούν σε παραγωγική μάθηση αφού οι μαθητές είναι ελεύθεροι να σχεδιάζουν τα κυκλώματα αλλά και να ελέγχουν τους περιορισμούς. Είναι ικανοί να ελέγχουν ευκολότερα τις μεταβλητές του συστήματος. Έτσι, παράγουν ευκολότερα τα εννοιολογικά μοντέλα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν στον πραγματικό κόσμο. Στα εικονικά εργαστήρια μπορεί κανείς να δημιουργήσει απλά τις πειραματικές δραστηριότητες, να αλλάξει γρήγορα και με ευκολία τις μεταβλητές με τρόπο ρεαλιστικό, να διαμορφώσει όπως θέλει το πείραμα, ακόμα και να το αντικαταστήσει από την αρχή. Το πλεονέκτημα της γρήγορης αντικατάστασης των μεταβλητών και της διεξαγωγής των πειραμάτων με σκοπό την εννοιολογική αλλαγή ανέφεραν και οι Tao & Gunstone, 1999· Zietsman & Hewson (1986, όπ. ανάφ. στο Μαρκαντώνης κ.συν., 2002). Οι μαθητές, παρά τις όποιες αλλαγές δημιουργηθούν κατά τη πορεία διεξαγωγής του πειράματος με εικονικά εργαστήρια, δεν θα προκληθεί καμία διαταραχή σ' αυτούς και θα συνεχίσουν χωρίς προβλήματα την εργασία τους. Έτσι, είναι πιο εύκολο γι' αυτούς να αναπαραστήσουν σωστά τα φαινόμενα που τους ζητούνται.

Όμως, για να είναι ικανοί να ελέγξουν τις μεταβλητές σε ένα φαινόμενο, θα πρέπει να έχουν εκπαιδευτεί στο κομμάτι της διερεύνησης. Θα πρέπει δηλαδή να γνωρίζουν τον

ρόλο τους ως μικροί ερευνητές. Όπως αναφέρουν οι Κεκές και Μυλωνάκου (2001, όπ.ανάφ. στο Μαρκαντώνης κ.συν., 2002), το περιβάλλον με τη χρήση εικονικού εργαστηρίου κάνει την μάθηση πιο ελκυστική και ευχάριστη, πράγμα που διευκολύνει τον καινούργιο ρόλο των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ο Svinicki (1998, όπ. ανάφ. στο Kollofel & DeJong, 2013), διαπιστώνει ότι η διερευνητική μάθηση με εικονικά εργαστήρια προωθεί την ενεργό συμμετοχή και την ουσιαστική μάθηση.

Συγκεντρωτικά, οι προσομοιώσεις ή αλλιώς εικονικά εργαστήρια έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- 1) Μπορεί κανείς να παρατηρήσει συστήματα, διαδικασίες και φαινόμενα.
- 2) Αλλαγή στην τιμή μιας μεταβλητής, η οποία θα επιφέρει αλλαγές σε άλλες μεταβλητές του συστήματος και θα γίνει άμεσα κατανοητό από τον μαθητή.
- 3) Διεξαγωγή πειραμάτων απλά και γρήγορα.
- 4) Σύμφωνα με τους DeJong, 2006· DeJong & VanJoolingen, 1998· Park, Lee, & Kim, 2009· Rieber, Tzeng, & Tribble, 2004· Trundle & Bell (2010, όπ.ανάφ. στο Kollofel & DeJong, 2013), η διερευνητική μάθηση που προκύπτει με τη χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και συγκεκριμένα από τις προσομοιώσεις βοηθάει στην εξερεύνηση, πειραματισμό και εμπειρικά δεδομένα.

Οι Ευαγγέλου και Κώτσης (2009, όπ.ανάφ στο Stavrinides κ.συν., 2015), παρατήρησαν από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας τους ότι οι πρακτικές με την χρησιμοποίηση εικονικών περιβαλλόντων σπάνια αναφέρονται σε μαθητές δημοτικού έως Λυκείου, αλλά περισσότερο σε φοιτητές του Πανεπιστημίου.

Σύγκριση Εικονικών Περιβαλλόντων με Πραγματικά Εργαστήρια

Υπήρχαν ερευνητές που σημείωσαν την σπουδαιότητα των εικονικών περιβαλλόντων και την ανωτερότητά τους στη διδακτική πράξη. Σύμφωνα με την έρευνα των Kollofel & DeJong, 2013· Zacharia (2007, όπ.ανάφ στο Tekbiyik & Ercan, 2015) · Finkelstein κ.συν. (2005, όπ.ανάφ. στο Tekbiyik & Ercan, 2015) τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που χρησιμοποίησαν εικονικά εργαστήρια με διερευνητική μέθοδο είχαν καλύτερη απόδοση εννοιολογικά και

χειριστικά (δεξιότητες) από τους μαθητές που χρησιμοποίησαν την παραδοσιακή διδασκαλία. Άλλοι ερευνητές έδωσαν έμφαση στην ανωτερότητα του εικονικού περιβάλλοντος όσον αφορά μόνο το εννοιολογικό κομμάτι (Farrokhniaa & Esmailpourea, 2010). Οι δύο ομάδες στην έρευνα των Farrokhniaa & Esmailpourea (2010) τυχαιοποιήθηκαν και δούλεψαν με παραδοσιακή διδασκαλία συν πρακτικές που βασίζονται σε υπολογιστή (παραδοσιακός τρόπος), ενώ η άλλη ομάδα είχε παραδοσιακή διδασκαλία συν μάθηση με ένα εικονικό εργαστήριο. Υπήρχαν και άλλοι Huppert & Lazarowitz, 2002· Ronen & Eliahu (2000, όπ. ανάφ. στο Tekbiyik & Ercan, 2015), ανέφεραν ότι όταν χρησιμοποιούμε το εικονικό περιβάλλον σε αντίθεση με το περιβάλλον με απλά υλικά, αποκτούμε άμεση ανατροφοδότηση και επανάληψη της διαδικασίας που μας βοηθάει να αναπτύξουμε δεξιότητες όπως τον έλεγχο των μεταβλητών. Επίσης, οι Ευαγγέλου και Κώτσης (2009, όπ. ανάφ. στο Ταραμόπουλος κ.συν., 2010), διαπίστωσαν ότι τα εικονικά εργαστήρια δεν προσφέρουν τίποτα λιγότερο από τα πραγματικά εργαστήρια.

Όπως αναφέρεται στο άρθρο των Μαρκαντώνη κ.συν.(2002), οι λόγοι που η προσομοίωση υπερτερεί σε σχέση με το σχολικό εργαστήριο είναι οι εξής:

- 1) Μπορούμε να αναπαραστήσουμε φαινόμενα, που είναι αδύνατον να τα προσεγγίσουμε με τα σχολικά πειράματα. πχ εξερεύνηση του μικρόκοσμου.
- 2) Οι μαθητές μπορούν να αλλάξουν τις τιμές εύκολα στις παραμέτρους-μεταβλητές έτσι ώστε να έχουν μια ολοκληρωμένη εικόνα για το φαινόμενο που εξετάζουν.
- 3) Οι μαθητές ανταποκρίνονται στο έργο τους.

Αντίθετα, υπήρχαν ερευνητές, λιγότεροι όμως σε αριθμό, οι οποίοι ισχυροποίησαν τα πραγματικά εργαστήρια έναντι των εικονικών, όσον αφορά κυρίως την εννοιολογική κατανόηση. Σύμφωνα με τους ερευνητές Marshall & Young (2006, όπ. ανάφ. στο ZeynepKoyunlu & Dokme, 2011), σημείωσαν ότι η παραδοσιακή διδασκαλία με φυσικά υλικά έχει καλύτερα αποτελέσματα από την χρήση προσομοιώσεων.

Κάποιοι ερευνητές υποστήριξαν την ισοδυναμία των δύο τύπων εργαστηρίου, στην προκειμένη περίπτωση παρατηρούμε ότι δεν είναι απαραίτητο να εγκαταλειφθεί η διδασκαλία πειραμάτων με απλά υλικά, όμως δεν θα πρέπει και σύμφωνα με τους Triona & Klahr (2003, όπ. ανάφ. στη Zacharia, 2007), οι εκπαιδευτικοί να χρησιμοποιούν μόνο τη διδασκαλία με τη χρήση πειραμάτων με απλά υλικά.

Οι περισσότερες έρευνες όμως κατέληξαν ότι για την εννοιολογική και διαδικαστική ανάπτυξη των μαθητών είναι καλό να έχουμε μια μίξη διδακτικών προσεγγίσεων, όπου ο συνδυασμός των πειραμάτων σε πραγματικά εργαστήρια και τα εικονικά περιβάλλοντα θα δώσουν ένα θετικό τόνο στη διδασκαλία. Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα των άρθρων οι ZeynepKoyunlu & Dokme, 2011· Zacharia, 2007·Jaakkola & Nurmi (2008, όπ. ανάφ. στο ZeynepKoyunlu & Dokme, 2011), αναφέρουν ότι όταν χρησιμοποιούμε συνδυασμό των εργαστηρίων με προσομοιωμένα πειράματα και πραγματικά υλικά έχουμε καλύτερα αποτελέσματα από τις ομάδες που χρησιμοποιούν μόνο προσομοιώσεις ή μόνο πειράματα με απλά υλικά. Τέλος, ερευνήθηκε ποιός είναι ο καλύτερος τρόπος για να διεξαχθεί ένα πείραμα στη μίξη των προσεγγίσεων. Εναλλαγή από πραγματικά εργαστήρια σε εικονικά περιβάλλοντα ή το αντίθετο. Τα αποτελέσματα της έρευνας των Τσιχουρίδη κ.συν.(2015) έδειξαν ότι η πορεία από πραγματικά σε εικονικά εργαστήρια έχει μια κάπως καλύτερη επίδραση στην κατανόηση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων από τους μαθητές. Όμως είτε έχουμε εναλλαγή από πραγματικά σε εικονικά εργαστήρια ή το αντίστροφο μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση του ενδιαφέροντος από την μεριά των μαθητών, ενίσχυση της κριτικής σκέψης τους, καθώς και στην ανάπτυξη της γνωστικής λειτουργίας.

1.3.3. Διδακτική των ηλεκτρικών κυκλωμάτων με τη χρήση του στυλό

Ο συνδυασμός των διαφόρων τεχνικών σχεδίασης και η αξιοποίηση διαφορετικών μικροεργαλείων και εφαρμογών για την διδασκαλία διαφορετικών μαθημάτων και τομέων, έχει σημασία στην εκπαιδευτική διαδικασία. Όσο οι μαθητές μαθαίνουν να χρησιμοποιούν διαφορετικών ειδών τεχνικές και να συνδυάζουν τις γνώσεις τους σε διαφορετικούς τομείς, τόσο περισσότερο διευκολύνονται στο να κατανοήσουν το πως και γιατί οι διαφορετικές επιστήμες συνδέονται μεταξύ τους (Carnoy, Hallak, & Caillods, 1999).

Σκοπός είναι να ενισχυθεί η δημιουργικότητα και να αναδειχθούν οι δυνατότητες διδασκαλίας με εναλλακτικές πρακτικές. Με βάση την προσωπική εμπειρία εντός σχολικών τάξεων στην Ελλάδα, προκύπτουν τα εξής:

1. Οι μαθητές πρέπει να κατανοήσουν, καταρχήν, τις χρήσεις του ρεύματος σε καθημερινή βάση, δηλαδή να έχουν διδαχτεί την έννοια της ενέργειας, το ρόλο των φορτίων κ.ο.κ.
2. Το ηλεκτρικό κύκλωμα μπορεί να διδαχτεί και με άλλα παραδείγματα όπως, π.χ. το αγωγίμο στυλό, όπου θα χρησιμοποιείται μελάνι με διαφορετικά χρώματα ανάλογα με την προτίμηση των μαθητών και, στα παιδιά που εμφανίζονται πιο διστακτικά, να ενθαρρύνονται η καλλιτεχνική δημιουργία, η πρόταση άλλων ιδεών και η προσαρμογή του υλικού στα ίδια.
3. Υπό αυτήν την έννοια, οι αρχάριοι μαθητές ίσως να είναι λιγότερο ικανοί να προσαρμόσουν το μάθημα από τους πιο έμπειρους στις ανάγκες τους με τη βοήθεια του καθηγητή ή του δασκάλου. Ωστόσο είναι σημαντικό να υπάρχει σεβασμός στις διαφορετικές ανάγκες και αναγνώριση των δυνατοτήτων των παιδιών.

Με τη χρήση του αγωγίμου στυλό, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να διδάξουν με μεγαλύτερη ευκολία τα ηλεκτρικά κυκλώματα, καθώς δημιουργούν σε πραγματικό χρόνο διαδραστικά μοντέλα, τα οποία και χρησιμοποιούν για να δείξουν στους μαθητές το πως λειτουργεί ένα κύκλωμα (Nagumi κ.συν., 2015).

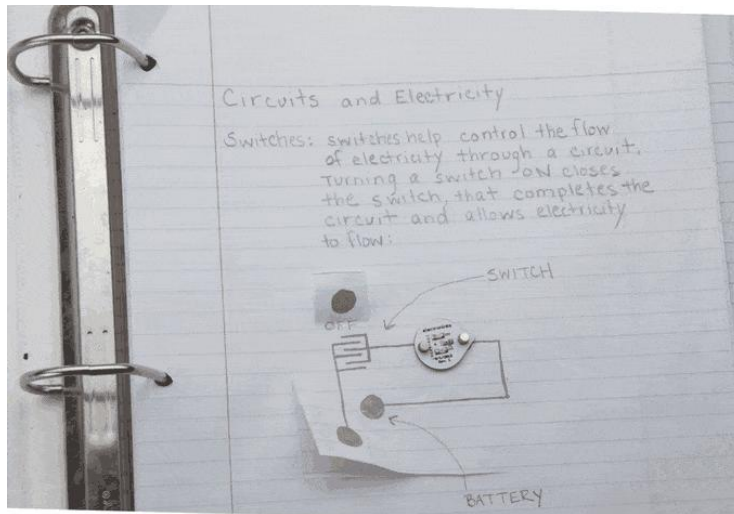
Γι' αυτό τον λόγο προτείνονται τρόποι παρουσίασης των Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων με τη χρήση του στυλό Circuit Scribe, έτσι ώστε η διδασκαλία να αποκτήσει διαφορετικό χαρακτήρα. Σε παιδιά Δημοτικού προτείνεται η διδασκαλία Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων απλών σε χρήση, διότι απευθυνόμαστε σε μαθητές μικρούς σε ηλικία. Όμως, παράλληλα η εκπαιδευτική διαδικασία μπορεί να αποκτήσει δημιουργικό χαρακτήρα, αφού οι μαθητές μπορούν να σχεδιάζουν οικίες εικόνες της καθημερινής τους ζωής.

Η διαδικασία χρήσης του στυλό στην βασική μορφή δίδεται, βήμα-προς-βήμα στις παρακάτω εικόνες (Kickstarter, 2018):

Αρχικά, δοκιμάζεται, σε απλό χαρτί, η πυκνότητα του μελανιού και επιχειρείται ο σχεδιασμός ενός απλού κυκλώματος όπως θα γινόταν και με ένα συμβατικό στυλό μελάνης.

Σημειώνεται πως ο δάσκαλος μπορεί αν συμπληρώσει επεξηγηματικά κείμενα και να σχεδιάσει διακόπτες, να περιλάβει οδηγίες ή και να συμπληρώσει την εικόνα με εικόνες, αυτοκόλλητα και λοιπά σχέδια για την καλύτερη κατανόηση του υλικού ή

για να βελτιώσει το αισθητικό αποτέλεσμα της εικόνας. Το σύστημα θα πρέπει να είναι σαφές και απλά δοσμένο.



Εικόνα 10: Απεικόνιση Ηλεκτρικού Κυκλώματος με τη χρήση του αγωγικού στυλό σε απλό χαρτί, (Kickstarter, 2018).

Έπειτα, όσο περισσότερο βελτιώνεται η ικανότητα χρήσης και κατανόησης του υλικού από μέρους των μαθητών ως αποδεκτών της γνώσης, τόσο μπορεί να αξιοποιηθεί και περαιτέρω το στυλό στην εκπαιδευτική διαδικασία. Οι αρχάριοι θα πρέπει να ξεκινούν από απλά παραδείγματα, όπως αυτό που δίδεται παρακάτω και, κατόπιν, να προχωρούν σε πιο σύνθετα κυκλώματα και τον σχεδιασμό περισσότερο λεπτομερών σχεδίων. Ενδεικτικό παράδειγμα της σχεδίασης ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με τη χρήση αγωγικού στυλό είναι το παρακάτω:



Εικόνα 11: Απεικόνιση Κυκλώματος σε μορφή σπιτιού, <https://www.electronicsspecifier.com/around-the-industry/marker-pen-enables-you-to-draw-an-electric-circuit>.

Σημειώνεται πως η διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων απαιτεί από τους εκπαιδευτικούς την κατάλληλη προετοιμασία. Ενδείκνυται, λοιπόν, το να ακολουθηθεί μία βήμα – προς – βήμα πορεία για να μπορέσει η τάξη να αποδώσει στο συγκεκριμένο τομέα. Για το σκοπό αυτό, τα παιδιά θα πρέπει πρώτα από όλα να εξοικειωθούν με το σχεδιασμό κυκλωμάτων σε συμβατικό χαρτί με μολύβι (γραφήτη) και, κατόπιν, να χρησιμοποιήσουν μεταλλική ταινία ή να πατήσουν το σχέδιο με το στυλό circuit scribe για να τοποθετήσουν τις συνδέσεις επάνω στο σχεδιασμένο κύκλωμα. Στη συνέχεια, μπορούν να τοποθετήσουν τους λαμπτήρες και να εξετάσουν το αν το κύκλωμα λειτουργεί ή όχι (Buechley, Hendrix, & Eisenberg, 2009).

Στην εκμάθηση της λειτουργίας των κυκλωμάτων μπορεί να φανεί χρήσιμη η συμπερίληψη διαφορετικών χρωμάτων αγωγίμου μελανιού (Qi & Buechley, 2014). Το παραδοσιακό χαρτί, δεν μπορεί να υποκατασταθεί ποτέ πλήρως από το ψηφιακό ή τους πίνακες, αφού είναι ελαφρύ, φτηνό και αναλώσιμο (Buechley, Hendrix, & Eisenberg, 2009). Άλλωστε, οι περισσότεροι δάσκαλοι είναι συνηθισμένοι στο να κάνουν χρήση τέτοιων μεθόδων και η απευθείας εισαγωγή ενός εντελώς νέου συστήματος μπορεί να αναδειχθεί σε πρόκληση. Το συμβατικό χαρτί είναι φθηνότερο, απλούστερο στη χρήση και προσιτό σε όλους (Abdelrahman, Kubitzka, Wolf, Pohl, & Schmidt, 2015).

Μία σχετική μελέτη είναι και αυτή των Narumi, Hodges & Kawahara (2015), που πρότειναν την χρήση διαφορετικών χρωμάτων στυλό για να αναδειχθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια οι λεπτομέρειες και διαφορές επάνω σε ένα σχέδιο. Σύμφωνα με τους ερευνητές, όσο μεγαλύτερη η σαφήνεια του σχεδίου, τόσο καλύτερη η απόδοση του συστήματος (Narumi, Hodges, & Kawahara, 2015). Το σχέδιο, πράγματι, δεν αρκεί να είναι ευχάριστο στην όψη (Λοκ.συν., 2016), αλλά θα πρέπει να επιτελεί το σκοπό του. Τονίζεται, λοιπόν, πως, κυρίως για τα ηλεκτρικά κυκλώματα που αποτελούν και το ειδικό αντικείμενο της μελέτης, πρέπει να είναι εμφανείς οι συνδέσεις στο πρωτότυπο για να μεταφερθούν σωστά στο συμβατικό μέσο και να σχεδιαστεί ορθά το κύκλωμα (Narumi, Hodges, & Kawahara, 2015).

Αντίστοιχα, τα ειδικά αυτοκόλλητα που προσκολλώνται επάνω στο κύκλωμα, εξυπηρετούν στο να γίνει επί τόπου παρουσίαση της λειτουργίας ενός κυκλώματος. Σύμφωνα με τις διαθέσιμες έρευνες, οι λόγοι που υπάρχει αυξημένη τάση χρήσης τέτοιων μεθόδων είναι πολλοί και αλληλένδετοι (Hodges κ.συν., 2014):

- Το αγώγιμο μελάνι είναι οικονομικά προσιτό και ο εξοπλισμός, άπαξ και έχει αποκτηθεί είναι επαναχρησιμοποιούμενος.
- Οι απαιτήσεις σε ενέργεια είναι ιδιαίτερα χαμηλές.
- Η συνδεσιμότητα μεταξύ του εξοπλισμού είναι εξαιρετική.
- Υπάρχει μεγάλη ευελιξία στη χρήση.
- Τα πρωτότυπα αρχεία είναι προσαρμόσιμα.
- Υπάρχουν δυνατότητες εξέλιξης και αναβάθμισης.
- Υπάρχει πραγματική επαφή του μαθητή/χρήστη με το εκπαιδευτικό υλικό.

Παρακάτω παρουσιάζεται μια μορφή Κυκλώματος που μπορεί να σχεδιαστεί από μαθητές μικρούς σε ηλικία.

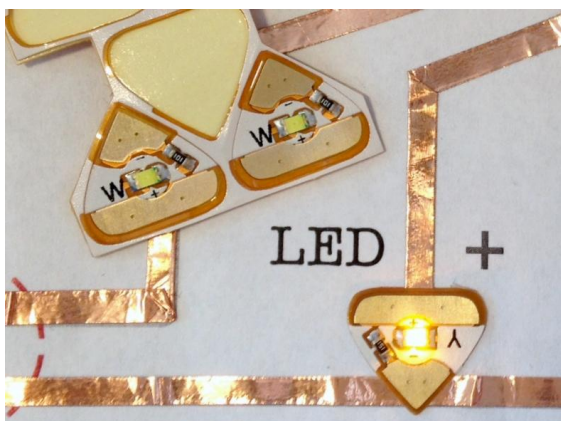


Εικόνα 12: Δημιουργία σχεδίου της επιλογής των μαθητών με τη χρήση του στυλό , (Ramakers, Todi & Luyten, 2015).

Η χρήση των αγώγιμων πινάκων και του αγώγιμου μελανιού προσφέρει μεγάλη ευελιξία στους εκπαιδευτικούς, αφού μπορούν να κατασκευάσουν οι ίδιοι τα πλαίσια και τα αρχικά σχέδια και να ενθαρρύνουν τους μαθητές να εργαστούν σε ομάδες και να κατασκευάσουν ένα σχέδιο της επιλογής τους (Olberding, Nai-Wei, Paradiso, Steimle, & Tiab, 2013).

Τα παιδιά εκφράζουν, γενικά, βούληση για την συμπερίληψη οικείων εικόνων και υπαρχουσών γνώσεων στην εκπαιδευτική διαδικασία. Για παράδειγμα, η χρήση εικόνων από κόμιξ, τα σκίτσα και τα σαφή σχεδιαγράμματα στα οποία οι μαθητές δίνουν «ζωή» και υπόσταση με τη χρήση του αγωγίμου στυλό, έχει αποδειχθεί πως ενισχύει την κατανόηση της λειτουργίας του ηλεκτρικού ρεύματος και των ιδιοτήτων του (Mellis κ.συν., 2013).

Η χρήση των ειδικών αυτοκόλλητων στα Κυκλώματα αυτά μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη αφού, όπως φαίνεται και στην εικόνα παρακάτω, ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να εξηγήσει με σαφήνεια το πως λειτουργεί το κύκλωμα κάνοντας το μάθημα ενδιαφέρον και μειώνοντας το χρόνο που απαιτείται από το μαθητή για να κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας του κυκλώματος (Qi & Paradiso, 2015):

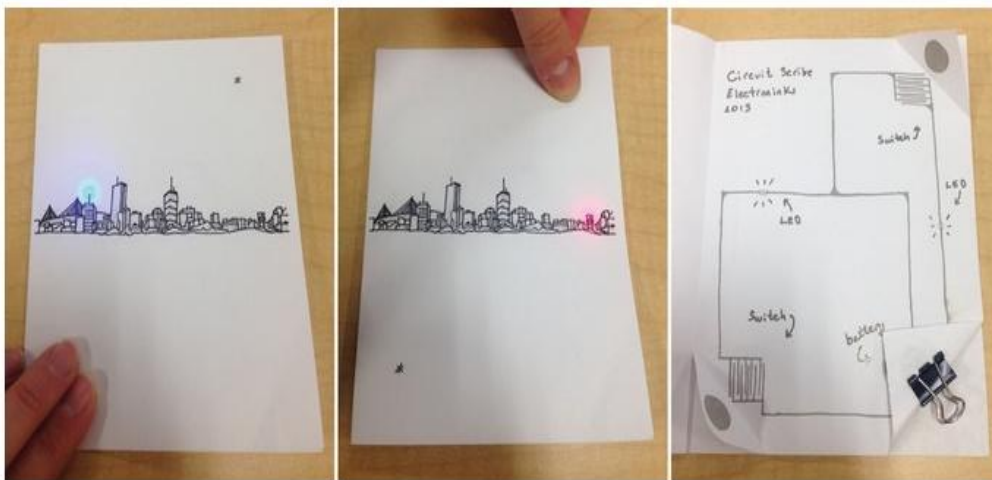


Εικόνα 13: Απεικόνιση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων με τη χρήση των ειδικών αυτοκόλλητων και μεταλλικών ταινιών, (Qi & Paradiso, 2015).

Όπως διακρίνεται, λοιπόν, και στην εικόνα, ο εκπαιδευτικός μπορεί να τυπώσει σε συμβατικό χαρτί ένα κύκλωμα και να σχεδιάσει με το αγωγίμο στυλό και τη χρήση των ειδικών αυτοκόλλητων ταινιών ένα σύστημα το οποίο να συμπεριφέρεται όπως ένα «πραγματικό» κύκλωμα (Qi & Paradiso, 2015). Η χρήση τέτοιων μοντέλων διευρύνει το σκοπό του μαθήματος και διευκολύνει την διαδικασία της αφομοίωσης καθώς, ανεξαρτήτως του τρόπου με τον οποίο κατανοεί ο μαθητής και επεξεργάζεται την πληροφορία, δλδ. ασχέτως αν έχει φωτογραφική ή ακουστική μνήμη κοκ, θα μπορεί να συμμετέχει και να αποτελεί μέρος της ομάδας αντί να είναι αμιγώς παρατηρητής στην εκπαιδευτική διαδικασία (Qi & Paradiso, 2015).

Έχοντας αναλύσει τη μεγάλη σημασία που έχει η τεχνολογία και η διδασκαλία των επιστημών στα παιδιά και τους νέους, μπορεί κανείς να προχωρήσει σε μία πιο εξειδικευμένη ανάλυση σχετικά με το πως το μάθημα της Φυσικής μπορεί να διδαχθεί με μεγαλύτερη σαφήνεια και αποτελεσματικότητα με τη χρήση του αγωγίμου στυλό (Castells, 1996).

Μία περισσότερο σύνθετη προσέγγιση για την επεξήγηση της διδασκαλίας των ηλεκτρικών κυκλωμάτων δίδεται παρακάτω:



Εικόνα 14: Απεικόνιση Κυκλώματος σε μορφή πόλης, (Kickstarter, 2018).

Στο παραπάνω παράδειγμα, ο δάσκαλος σχεδιάζει στο πίσω μέρος του χαρτιού ένα κύκλωμα και, στο μπροστινό, συνδέει λαμπάκια για να δείξει πως το ηλεκτρικό ρεύμα τροφοδοτεί την πόλη και πως λειτουργεί, στην απλή του μορφή, το ηλεκτρικό κύκλωμα.

Τα πλέον περίπλοκα ηλεκτρικά κυκλώματα είναι δύσκολο να σχεδιαστούν με συμβατικό μελάνι και χαρτί διότι άπαξ και χαραχθεί μία γραμμή δεν υπάρχει δυνατότητα «σβησίματος», εκτός κι αν αυτή έχει σχεδιαστεί με μολύβι (Wang κ.συν., 2016). Όμως, το παιδί, όσο εξοικειώνεται με τη χρήση των τεχνολογιών της πληροφορικής, τόσο αποδέχεται και την ιδέα πως τα λάθη είναι αντιμετωπίσιμα και πως είναι προτιμότερο το να ασχοληθεί με την διόρθωσή τους παρά να απορρίψει ένα λανθασμένο αποτέλεσμα. Υπό την έννοια αυτή, η διδασκαλία ενός μαθήματος με τη χρήση αγωγίμου στυλό και PCB μπορεί να επιφέρει θετικό αποτέλεσμα καθώς τα

παιδιά ενθαρρύνονται να διορθώσουν αντί να αποφύγουν τυχόν λάθη και παραλείψεις (Jacoby & Buechley, 2013).

Παρακάτω περιγράφεται μια διδασκαλία ηλεκτρικών κυκλωμάτων με τη χρήση του αγωγίμου στυλό και ως συνοδευτικό εργαλείο χρησιμοποιείται ένας αγωγίμος πίνακας. Σκοπός του έργου των μαθητών, που χρησιμοποίησαν τα εργαλεία που αναλύονται παρακάτω είναι να αφηγηθούν ιστορίες μέσω πολυμέσων. Οι μαθητές είναι 10 σε αριθμό από 6 έως 10 ετών. Για να πραγματοποιηθεί η αφήγηση ιστοριών μέσω πολυμέσων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω:

- 1) Ζωγραφιές των μαθητών με αγωγίμο στυλό και πολύχρωμα μολύβια.
- 2) Έναν αγωγίμο πίνακα Storyclip, ο οποίος είναι συμβατός με το Arduino, πάνω στον οποίο υπάρχουν AVR μικροελεγκτές αισθητήρων, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι χρησιμοποιώντας μεταλλικές πινέζες με το αγωγίμο μελάνι των ζωγραφιών των μαθητών.
- 3) Έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, ο οποίος τρέχει μια εφαρμογή σε γλώσσα Java και δίνουμε τα χαρακτηριστικά που θέλουμε να έχει το κύκλωμά μας.

Ένα από τα αποτελέσματα της εργασίας τους είναι το παρακάτω. Στη συγκεκριμένη ζωγραφιά οι μαθητές πρόσθεσαν και τις φωνές τους μέσω της εφαρμογής που τους δόθηκε, έτσι ώστε να αφηγηθούν μια ιστορία. Οι αισθητήρες του αγωγίμου πίνακα που φαίνονται στην εικόνα παρακάτω βοήθησαν γιατί έχουν συνδεθεί με το αγωγίμο στυλό των ζωγραφιών, έτσι ώστε κάθε φορά που οι μαθητές ακουμπούν το στυλό δίνεται εντολή στον πίνακα να εκτελέσει αυτό που έχει προγραμματιστεί..

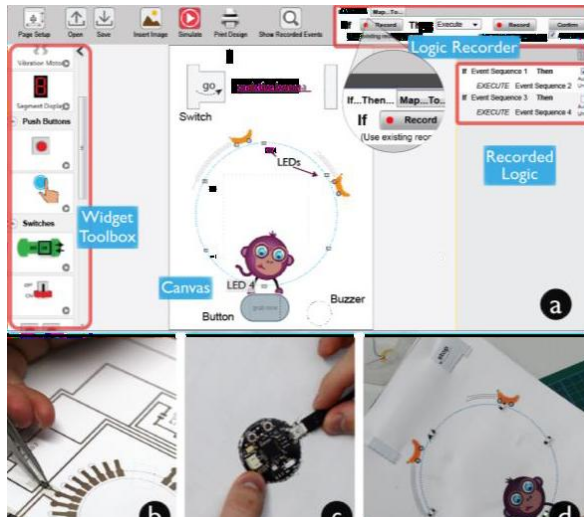


Εικόνα 15: Απεικόνιση ηλεκτρικού κυκλώματος με τη χρήση αγωγίμου πίνακα (Jacoby, S., & Buechley, L. (2013).

Εντός του σχολείου, τα παιδιά διδάσκονται τις βασικές αρχές της πληροφορικής, ωστόσο, μία κριτική που πρέπει να γίνει είναι πως το μάθημα αναλώνεται στη θεωρητική κατάρτιση αντί να δοθεί βάρος σε παράγοντες όπως η ψηφιακή ασφάλεια και η πρακτική χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Biener, Eling, & Wirfs, 2015). Μία πρόταση που μπορεί να γίνει είναι, αντί να περιορίζεται, λοιπόν, η διδασκαλία στις βασικές αρχές της τεχνολογίας και της φυσικής, να υπάρχει διατομεακή εκπαίδευση και κατάρτιση σε όλα τα πεδία. Επίσης, όταν στη διδασκαλία αξιοποιούνται οι νέες τεχνολογίες, οι μαθητές εξοικειώνονται από νεαρή ηλικία με τη χρήση των πλέον εξελιγμένων μεθόδων και ενισχύονται οι ικανότητές τους. Έτσι, στο μέλλον, θα είναι περισσότερο ικανοί να κάνουν χρήση εξοπλισμών προηγμένης τεχνολογίας (Mellis, Jacoby, Buechley, Perner-Wilson, & Qi, 2013). Μία άλλη περίπτωση συνδυασμού μεθόδων είναι αυτή της ψηφιακής απεικόνισης εικόνων διαφορετικών τύπων με τη χρήση αγωγίμου στυλό για την παραγωγή ενός αισθητικά ευχάριστου αποτελέσματος, λ.χ. το σχεδιασμό εικόνων που είναι οικείες για τους μαθητές που εμπνέονται από τη φύση, τη λογοτεχνία και το ζωικό βασίλειο.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης διαφορετικών τεχνικών στη διδασκαλία μικρότερων, συνήθως, σε ηλικία μαθητών είναι το PaperPulse. Το PaperPulse είναι ένα πρόγραμμα που επιτρέπει το σχεδιασμό επάνω σε ένα διαδραστικό πίνακα μαζί με το στυλό, με βάση ένα συγκεκριμένο σχέδιο και την εισαγωγή πρόσθετων πληροφοριών (Ramakers, Todt, & Luyten, 2015). Το PaperPulse είναι σχεδιασμένο ειδικά για να ικανοποιεί τις ανάγκες των εκπαιδευτικών που διδάσκουν σε Γυμνάσια. Αυτό συμβαίνει διότι οι πίνακες είναι ειδικά φτιαγμένοι για να προσαρμόζονται για χρήστες επιπέδου αρχαρίου και είναι εύχρηστοι, ενώ παρέχονται απλές οδηγίες (Ramakers, Todt, & Luyten, 2015). Επίσης, το PaperPulse μπορεί να ρυθμιστεί για χρήση από διαφορετικά άτομα, με προσαρμογές στη φωτεινότητα, το μέγεθος κοκ (Ramakers, Todt, & Luyten, 2015). Αυτό δεν σημαίνει πως δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλα λογισμικά για την αξιοποίησή του, ειδικά για στα πρώτα στάδια χρήσης του ειδικού στυλό, και σε παιδιά μεγαλύτερης ηλικίας, ακόμη και σε εργαστήρια (Ramakers, Todt, & Luyten, 2015).

Στην εικόνα παρακάτω παρουσιάζεται το περιβάλλον του προγράμματος αυτού:



Εικόνα 16: Δημιουργία Κυκλωμάτων σε Εικονικό Περιβάλλον , (Ramakers, Todi, &Luyten, 2015).

Φαίνεται πως γίνεται η σχεδίαση ενός απλού τύπου κυκλώματος βήμα-προς-βήμα. Αναλύοντας τη χρήση του με βάση το παράδειγμα αυτό (Ramakers, Todi, &Luyten, 2015):

- Στην εικόνα a, ο χρήστης χρησιμοποιεί το πρόγραμμα ορίζοντας το εργαλείο που θα μεταχειριστεί και δημιουργεί έναν καμβά. Ο καμβάς αυτός δημιουργείται σε έναν διαδραστικό πίνακα και εκτυπώνεται από έναν εκτυπωτή με αγωγίμο μελάνι
- Στη συνέχεια, σχεδιάζει με το ειδικό στυλό τις λεπτομέρειες του σχεδίου, τοποθετεί τα επιμέρους ηλεκτρονικά εξαρτήματα και φτιάχνει το σχέδιο κυκλώματος με το οποίο θα ασχοληθούν οι μαθητές (b).
- Έπειτα, «ανεβάζει» το τελικό προϊόν σε ψηφιακό περιβάλλον και συνδέοντας έναν μικροελεγκτή με το κύκλωμα δίνει τις πληροφορίες σε αυτό. Τοποθετώντας μία μπαταρία στον μικροελεγκτή δίνει ενέργεια στο σύστημα (c).
- Τέλος, (d), παρουσιάζεται το τελικό προϊόν.

Στην Ιαπωνία, χαρακτηριστικά, συχνά χρησιμοποιείται το αγωγίμο στυλό στη διδασκαλία των θετικών επιστημών με τη χρήση του λογισμικού (Qi & Buechley, 2014). Ενδεικτικά, βλ. παρακάτω:



Εικόνα 17: Απεικόνιση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων στην Ιαπωνία, Vidmax.com

Η πρόταση χρήσης αισθητικά ευχάριστων εικόνων αντί των αμιγώς επιστημονικών και ψυχρών διαγραμμάτων μπορεί να ανακουφίσει τα παιδιά από το άγχος της απόδοσης και να τα βοηθήσει να κατανοήσουν καλύτερα την ύλη (Λοκ.συν., 2016). Αξιολογώντας την διαθέσιμη βιβλιογραφία και συγκρίνοντάς τα πορίσματα σε ότι αφορά τη διδασκαλία με σύγχρονες μεθόδους, το γεγονός πως παράγεται ένα αισθητικά ευχάριστο αποτέλεσμα διευκολύνει τη διαδικασία της διδασκαλίας, καθώς το μάθημα γίνεται πιο διασκεδαστικό και αυξάνεται η προθυμία των παιδιών για συμμετοχή στην εκπαιδευτική διαδικασία (Jacoby & Buechley, 2013).

Σημειώνεται πως οι ψηφιακές μέθοδοι απεικόνισης και σχεδιασμού έχουν ένα επιπλέον θετικό στοιχείο: επιτρέπουν την μαγνητοσκόπηση της διαδικασίας για μετέπειτα χρήση, αποθήκευση, αξιολόγηση και παρουσίαση. Οι μαθητές είναι σε θέση να εντοπίζουν τα λάθη τους και να κατανοούν καλύτερα το υλικό και τα επί μέρους ζητήματα της διδασκαλίας με τον Circuit Board (Ramakers, Todi,& Luyten, 2015).

Έτσι, πράγματι, μπορεί η διδασκαλία των θετικών επιστημών και των κυκλωμάτων να αναδειχθεί σε μία διαδραστική εμπειρία. Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να

προσαρμόσουν το μάθημα για να κατορθώσουν να εξηγήσουν στα παιδιά τα χαρακτηριστικά του στυλό και του PCB πριν τα ενσωματώσουν στη διδασκαλία (Buechley, Hendrix, & Eisenberg, 2009).

Τα ηλεκτρονικά συστήματα είναι περισσότερο κατάλληλα για την διδασκαλία μαθημάτων Φυσικής και σχεδιασμού ηλεκτρικών κυκλωμάτων σε τέτοιες περιπτώσεις αφού ο εκπαιδευτικός μπορεί να κάνει χρήση των προγραμμάτων και των εργαλείων με τρόπο που να προσαρμόζεται στα διαφορετικά προγράμματα και μαθήματα που επιθυμεί να διδάξει (Koehler & Mishra, 2009). Έτσι, αν, λ.χ. καλείται να διδάξει σε μία τάξη με έντονο το διαπολιτισμικό στοιχείο μπορεί να δοκιμάσει διαφορετικές μεθόδους όπως:

1. Την αφήγηση με τη χρήση αλληγορίας και εικόνων (Jacoby&Buechley, 2013).
2. Την ενθάρρυνση της διαπολιτισμικής εκπαίδευσης με βάση τις θετικές επιστήμες, βοηθώντας τα παιδιά να επεκτείνουν τις γνώσεις τους, με τρόπο, όμως, που δεν δημιουργεί εντάσεις και ανταγωνιστικές τάσεις μεταξύ αυτών. Επειδή το αγωγίμο στυλό, σε αυτήν την περίπτωση, χρησιμοποιείται επάνω σε ένα πρότυπο που δίδεται σε έναν αγωγίμο πίνακα, μπορεί να επιλεχθεί η κατάλληλη εναλλακτική με βάση τις δυνατότητες των παιδιών (Koehler & Mishra, 2009).
3. Οι πληροφορίες μπορούν να αποθηκευτούν και για μελλοντική χρήση αυτούσιες (Mellis, Jacoby, Buechley, Perner-Wilson, & Qi, 2013).
4. Παιδιά με μειωμένη γνωστική ικανότητα ή με προβλήματα στην διαδικασία της μάθησης, τείνουν να ανταποκρίνονται θετικά όταν υπάρχουν εξωτερικά ερεθίσματα και όταν καλούνται να χρησιμοποιήσουν το σύνολο των αισθήσεών τους κατά τη συμμετοχή τους στο μάθημα αντί να παραμένουν απλοί αποδέκτες και ακροατές στο μάθημα όπως συνέβαινε παλαιότερα (Jacoby & Buechley, 2013).

1.3.4. Κυκλώματα με Εναλλακτικά Υλικά

Chibitronics Κυκλώματα

Τα Chibitronics είναι αυτοκολλητένια επιθέματα, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν ως ηλεκτρικές μονάδες. Κολλάνε με οποιοδήποτε αγώγιμο συνδετήρα, όπως ταινία χαλκού, αγώγιμο μελάνι ή νήμα και να δημιουργήσουν κυκλώματα. (Qi&Paradiso, 2015)

Μπορούμε να δημιουργήσουμε κάποια Sketchbooks με Chibitronics Κυκλώματα, τα οποία είναι ομαδοποιημένα δημιουργημένα κυκλώματα από τους μαθητές σαν αρχείο κυκλωμάτων. Τα θετικά των Sketchbook είναι ότι επειδή προστατεύονται με ένα κάλυμμα, είναι χρήσιμα γιατί οι μαθητές μπορούν χωρίς κανένα φόβο να πετούν τις τσάντες τους, ενώ δεν θα υπάρχει κανένα θέμα με τα κυκλώματα που έχουν δημιουργήσει. Επίσης, πολλά κυκλώματα οργανώνονται με ένα φορητό μέσο σε συμπαγή μορφή. Τέλος, οι μαθητές θα μπορούν αν επιθυμούν να ανταλλάξουν τα κυκλώματα που έχουν δημιουργήσει μεταξύ τους. (Qi & Buechley, 2014)

Η εργαλειοθήκη των Chibitronics περιλαμβάνει επίσης, led, αισθητήρες, προγραμματισμένες γεννήτριες λειτουργίας και ένα προγραμματιζόμενο μικροελεγκτή. Τα Chibitronics αποτελούν μια εναλλακτική μορφή παρουσίασης των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, όμως ως βοηθητικό εργαλείο της συγκεκριμένης τεχνικής είναι και ο αγώγιμος στυλό (Qi&Paradiso, 2015).

Σε άλλες παρόμοιες έρευνες τα κυκλώματα με Chibitronics παρουσιάζονται ως Stickers Κυκλώματα, τα οποία είναι ευέλικτα και χαμηλού κόστους ενώ μπορούν να αποτελέσουν μια εναλλακτική πρακτική με τη χρήση των PCB.(Hodges κ.συν., 2014)

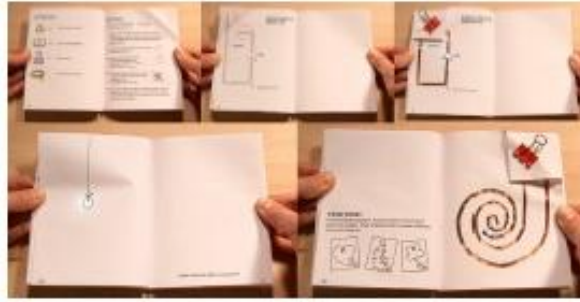


Figure 3. Sample *Circuit Sticker Sketchbook* chapter: instructions and template, completed circuit, illuminated illustration and open-ended circuit design activity

Εικόνα 18: Ενδεικτικό Sketchbook που περιλαμβάνει Κυκλώματα με τη χρήση του στυλό, (Qi & Paradiso, 2015)

Shrinky Κυκλώματα

Τα κυκλώματα αυτά αποτελούνται από καθημερινό πλαστικό πολυμερές χαμηλού κόστους, το οποίο μπορεί να πάρει είτε επίπεδη είτε καμπύλη μορφή με αποτέλεσμα να μπορούμε να δημιουργήσουμε ηλεκτρικά κυκλώματα πάνω στο πολυμερές. Τα κυκλώματα αυτά αποκτούν ισχύ χρησιμοποιώντας το αγωγίμο στυλό, το οποίο βοηθάει να αποκτήσουν ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. Όταν θερμαίνονται τα πολυμερή συρρικνώνονται στο αρχικό μέγεθος. Έτσι, αποκτούν καμπυλότητα η οποία βοηθάει τους μαθητές στη δημιουργία κυκλωμάτων πάνω σε διαφορετικά σχήματα (Lo & Paulos, 2014).

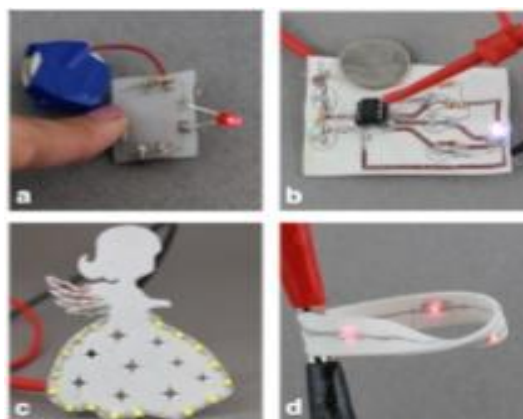


Figure 1. Different types of ShrinkyCircuit. a) A LED circuit with a physical switch and through-hole electronic component. b) An Eagle generated design with a microcontroller and through-hole component. c) A LED circuit board with fine cutout detail: made with a low-cost vinyl cutter. d) A Möbius strip LED circuit.

Εικόνα 19: Απεικόνιση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων πάνω σε πολυμερή υλικά, (Lo & Paulos, 2014)

Τα βασικά τρία βήματα για τη δημιουργία Shrinky Κυκλωμάτων σύμφωνα με τους Lo & Paulos (2014) είναι :

- 1) Δημιουργία του κυκλώματος που επιθυμούν οι μαθητές σε φύλλο πολυστερίνης με στυλό καθημερινής χρήσης, έτσι ώστε να γνωρίζουν τη θέση που θα τοποθετηθούν τα εξαρτήματα του κυκλώματος.
- 2) Στο κύκλωμα αυτό που δημιουργήθηκε πάνω στο πολυμερές τώρα οι μαθητές το ακολουθούν με ένα αγωγίμο στυλό .
- 3) Θερμαίνεται το πολυμερές για 3-5 λεπτά στους 100°C. Έτσι, αποκτά το αρχικό μέγεθος και μπορούμε να το δώσουμε καμπυλότητα και διαφορετικό σχήμα.

Με εξαίρεση το 3^ο βήμα της διαδικασίας, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία για δημιουργικότητα και διάδραση ανεξαρτήτου ηλικίας με τα Shrinky Circuits (Lo & Paulos, 2014).

Soft Κυκλώματα

Στην περίπτωση των Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων υπάρχει και άλλος ένας σύγχρονος τρόπος διδακτικής, ο οποίος μοιάζει σε μερικά σημεία με το θέμα της εργασίας που παρουσιάζουμε δηλ. το Circuit Scribe. Αυτός ο σύγχρονος τρόπος είναι τα Soft Κυκλώματα.

Τα Soft Κυκλώματα δημιουργούνται με μαλακό και εύκαμπτο αγωγίμο υλικό καλωδίωσης π.χ. αγωγίμα υφάσματα, κλωστές σε συνδυασμό με ηλεκτρικά εξαρτήματα. Οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν σχέδια και αναπαραστάσεις της καθημερινής τους εμπειρίας και στην συνέχεια τα σχέδια αυτά να τα ενώσουν με μπαταρία, led και διακόπτες προκειμένου να δημιουργήσουν ένα κύκλωμα. Ο τρόπος αυτός χτισίματος ενός ηλεκτρικού κυκλώματος είναι σύγχρονος και μπορεί να δοκιμαστεί σε παιδιά μικρότερης ηλικίας, αφού συνδυάζει την τέχνη και το παιχνίδι με την κατανόηση και τη δημιουργία ηλεκτρικών κυκλωμάτων (Guimerans, 2015).

Οι μαθητές στο έγγραφο του Guimerans (2015), δημιούργησαν ένα Soft Κύκλωμα αναπαράστασης ζώου και προσπάθησαν να ανάψουν τα μάτια του ζώου με led τα οποία είχαν στην κατοχή τους. Τα θετικά της όλης διαδικασίας είναι ότι οι μαθητές:

- 1) Απέκτησαν ενθουσιασμό, ενδιαφέρον, κίνητρα για μάθηση.
- 2) Ανέπτυξαν καλλιτεχνικές και δημιουργικές δεξιότητες παράλληλα με την μάθηση.
- 3) Χρησιμοποίησαν την τεχνολογία.



Εικόνα 20: Απεικόνιση Soft Κυκλωμάτων , (Guimerans, 2015)

Σε άλλες έρευνες τα Soft Κυκλώματα παρουσιάζονται ως E-textiles κυκλώματα. Στην έρευνα των Litts κ.συν.(2015), οι μαθητές δουλεύουν συνεργατικά με σκοπό τη δημιουργία σχεδίων με υφάσματα, τα οποία στη συνέχεια λειτουργούν ως κυκλώματα αφού τα υφάσματα που χρησιμοποιούνται είναι αγώγιμα. Έτσι, τα παιδιά συνεργάζονται και κάποιοι έμαθαν να ράβουν υφάσματα, κάποιοι να σχεδιάζουν κυκλώματα ενώ τέλος υπήρχαν και κάποιοι που κωδικοποιούσαν αφού μπορούν τα κυκλώματα αυτά να συνδυαστούν με λογισμικά όπως πχ Arduino για να αποκτήσει η δουλειά τους τεχνολογικά χαρακτηριστικά.

Συμπεράσματα

Οι πλέον σύγχρονες εκπαιδευτικές μέθοδοι στοχεύουν σε μία διαδραστική και διατομεακή προσέγγιση με έμφαση στην ένταξη των ιδεών των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία, με το μάθημα να γίνεται πιο σύνθετο και τα παιδιά να καλούνται να συνδράμουν ανάλογα με τις δυνατότητές τους (Carnoy, Hallak, & Caillods, 1999). Η αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών και των νέων μεθόδων διδασκαλίας είναι απαραίτητη για να βελτιωθεί η ποιότητα των μαθημάτων.

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε το πως το αγωγίμο στυλό μπορεί να προάγει την επιστημονική γνώση, με βάση την χρήση παραδειγμάτων για την αξιοποίηση του στην διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Πράγματι, από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και του υλικού της μελέτης, κατανοεί κανείς πως η κατεξοχήν χρήση του είναι για τον σχεδιασμό απλών ή σύνθετων ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Ωστόσο, ο εκπαιδευτικός μπορεί να διευρύνει τις δυνατότητές του στυλό και του ειδικού πίνακα και να κάνει χρήση μίας πληθώρας υλικών και τεχνικών- από ύφασμα μέχρι μπαταρίες και λαμπάκια led για να αναδείξει πως λειτουργεί ένα κύκλωμα και τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα ως ενέργεια. Τα έργα που δημιουργούν οι μαθητές μοιάζουν ως έργα τέχνης και, έτσι, ενισχύεται η φαντασία τους και μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα την επιστήμη της φυσικής χρησιμοποιώντας, παράλληλα, το σχολικό εγχειρίδιο ως βοηθητικό εργαλείο (Jacoby & Buechley, 2013).

Ενώ το ρεύμα, λοιπόν, είναι από τη φύση του αόρατο, με τη χρήση του αγωγίμου μελανιού γίνεται σχεδόν ορατό. Αντί να εξηγείται θεωρητικά σχεδιάζεται η διαδρομή που ακολουθούν τα φορτισμένα σώματα εντός του κυκλώματος και, ως δείγμα της επιτυχίας του σχεδίου, το λαμπάκι ανάβει (Qi & Buechley, 2014).

Στην εργασία εξετάστηκε και το πως διαφορετικές κατηγορίες μαθητών μπορεί να ωφεληθούν από την χρήση ανάλογου εξοπλισμού. Αποδείχθηκε πως το αγωγίμο στυλό και ο PCB μπορούν να αξιοποιηθούν:

1. Για την διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και των φυσικών ιδιοτήτων του ρεύματος σε αρχάριους και προχωρημένους χρήστες.
2. Σε παιδιά μικρότερης αλλά και μεγαλύτερης ηλικίας.
3. Ως μέρος μίας διαπολιτισμικής και συμπεριληπτικής διαδικασίας.

4. Σε παιδιά με ειδικές ανάγκες.

Τονίζεται, δε, πως από την εν λόγω πρακτική μπορεί να ωφεληθεί και ο ίδιος ο δάσκαλος. Ως μία κριτική των παραπάνω απορρέει πως οι δάσκαλοι που αξιοποιούν τις νέες τεχνολογίες στην διδασκαλία της φυσικής εντός της τάξης, θα κληθούν να χρησιμοποιήσουν τη φαντασία τους και να συμπεριλάβουν ιδέες από συναδέλφους, άλλα σχολεία, σχολικά εγχειρίδια, το διαδίκτυο κοκ. Αυτό για το δάσκαλο σημαίνει την ανάγκη για συνεχή μάθηση και εκπαίδευση.

Με αυτόν τον τρόπο, καλείται να «δοκιμάσει» τον εαυτό του και να μάθει μαζί με τα παιδιά, να ανανεώσει τις γνώσεις του και να συμπεριλάβει τον εαυτό του στην ομάδα. Επειδή η επιστήμη εξελίσσεται διαρκώς, όμως, το ίδιο θα πρέπει να συμβαίνει και με τον δάσκαλο, συνεπώς αυτό θα πρέπει να θεωρηθεί μία θετική εξέλιξη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΡΟΤΑΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

2.1. ΣΚΟΠΟΙ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

ΕΝΟΤΗΤΑ 6^Η : ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ (Ε' ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ)

Σκοπός του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι να κατανοήσουν οι μαθητές τη δομή και τον τρόπο λειτουργίας ενός ηλεκτρικού κυκλώματος, τόσο με σύνδεση σε σειρά όσο και με παράλληλη.

Επιμέρους στόχοι του κεφαλαίου είναι:

1. Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά τη χρησιμότητα του διακόπτη σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.
2. Να διαπιστώσουν οι μαθητές διαφορές και ομοιότητες μεταξύ της σύνδεσης σε σειρά και της παράλληλης σύνδεσης.
3. Να διακρίνουν οι μαθητές τη σύνδεση σε σειρά από την παράλληλη σύνδεση σε ένα σκίτσο ηλεκτρικού κυκλώματος με σύμβολα.

2.1.1. ΠΟΡΕΙΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΜΕ ΤΟ CONDUCTIVEINK

Η διδασκαλία θα χωριστεί σε τρία διδακτικά δώρα, που αποτελούν ένα ενιαίο project, στο οποίο θα συμμετέχουν οι μαθητές και έχει ως τίτλο "Ταξίδι στο Διάστημα".

Το "Ταξίδι στο Διάστημα" είναι μια φανταστική ιστορία χωρισμένη σε τρία κομμάτια, όσες αποτελούν και οι δραστηριότητες της χρήσης του Circuit Scribe. Η χρήση του Circuit Scribe θεωρείται δεδομένη στη συγκεκριμένη περίπτωση, διότι ο εκπαιδευτικός έχει παραθέσει μέσα στην τάξη το συγκεκριμένο εργαλείο στους μαθητές και έχει δημιουργήσει απλά πειράματα με τη χρήση των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων με σκοπό να γνωρίζουν οι μαθητές να το χρησιμοποιούν στην πράξη.

Στο πρώτο κομμάτι οι μαθητές έρχονται σε μια πρώτη ματιά με τη μορφή ενός διαστημόπλοιου, έστω και αν αυτή αποτελεί μια προβολή από τον εκπαιδευτικό μέσω προτζέκτορα. Οι μαθητές εξασκούνται στη δημιουργία απλών κλειστών κυκλωμάτων μέσω της χρήσης του στυλό Circuit Scribe. Προκειμένου να εξασκηθούν με το συγκεκριμένο στυλό, ο εκπαιδευτικός προβάλλει κάποια σχέδια. Τα σχέδια αυτά αποτελούν οι εναλλακτικοί τρόποι σύνδεσης μπαταρίας με λάμπα. Η βοήθεια που παρέχεται από τον εκπαιδευτικό είναι οι διάφορες μορφές που μπορούν να συνδεθούν η λάμπα με την μπαταρία, κάποιες είναι σωστές κάποιες όμως όχι, οι μαθητές καλούνται να βρουν ποιές είναι οι σωστές. Στη συνέχεια, οι μαθητές καλούνται να ανάψουν τον κινητήρα ενός διαστημοπλοίου χρησιμοποιώντας μια μπαταρία μια λάμπα και το στυλό Circuit Scribe.

Στο δεύτερο κομμάτι, αφού οι μαθητές έχουν ανάψει το πιλοτήριο του διαστημοπλοίου και έχουν ξεκινήσει το φανταστικό τους ταξίδι στο διάστημα, πλησιάζει η Ώρα της Γης. Όπως έχουν ενημερωθεί οι μαθητές από τον εκπαιδευτικό, η Ώρα της Γης αποτελεί μια πράξη συμπόνιας του ανθρώπου για τη φύση. Γι' αυτό το σκοπό οι άνθρωποι καλούνται να σβήσουν όλα τα φώτα στην Γη για μία ώρα. Όμως υπάρχει ένα μικρό χωριό που δεν ακολουθεί αυτή την πρωτοβουλία των ανθρώπων και συνεχίζει να κρατά τα φώτα ανοιχτά. Οι μαθητές αφού έχουν ξεκινήσει το ταξίδι τους στο διάστημα παρατηρούν από εκεί ψηλά αυτό το χωριό με τα φώτα αναμμένα και επικοινωνούν με το δήμαρχο της πόλης με σκοπό να του ζητήσουν κλείσιμο στα φώτα. Πώς όμως θα καταφέρει ο δήμαρχος να σβήσει όλα τα φώτα; Οι μαθητές είναι αυτοί που πρέπει να βρουν την λύση.

Στο τρίτο κομμάτι, οι μαθητές έχουν καταφέρει να λύσουν το προηγούμενο πρόβλημα που τους ζητήθηκε να επιλύσουν σχετικά με το σβήσιμο των φώτων στην Ώρα της Γης. Έτσι, τώρα συνεχίζουν το ταξίδι τους στο Διάστημα με σκοπό να συναντήσουν άλλους πλανήτες. Καθώς περιπλανιούνται στο Διάστημα, το παιδί από το πιλοτήριο ενημερώνει όλους τους μαθητές «Μπροστά μας βρίσκεται ο πλανήτης Κρόνος». Τα παιδιά παρατηρούν τον μεγάλο μπλε πλανήτη και αναρωτιούνται αν θα υπήρχε και άλλος τόσο μεγάλος πλανήτης στο διάστημα σαν αυτόν, καθώς όμως πάνε να τελειώσουν την σκέψη τους βλέπουν τον γιγάντιο Άρη τον κόκκινο πλανήτη να

φωτίζει όλο τον μαύρο ουρανό. Μπροστά στη θέα αυτών των δυο πλανητών ένα παιδί, ο Πέτρος, διηγείται μια ιστορία που του έχει αφηγηθεί η μητέρα του.

«Η μητέρα μου, μου είπε κάποτε ότι οι δύο αυτοί πλανήτες καταφέρνουν και αναβοσβήνουν. Κάποιες φορές είναι αναμμένοι και οι δύο και φωτεινοί, ενώ άλλες μπορεί να είναι αναμμένος και φωτεινός μόνο ο ένας από τους δυο πλανήτες και μόνο μια φορά τον χρόνο για 5'' είναι σκοτεινοί και οι δυο πλανήτες»

Οι μαθητές αποφάσισαν αφού δεν πρόκειται να μείνουν στο διάστημα για πολύ καιρό να αναπαραστήσουν την ιστορία του Πέτρου με τη χρήση ηλεκτρικών κυκλωμάτων έχοντας όλα τα κατάλληλα υλικά για να το πράξουν. Δυσκολεύτηκαν όμως πάρα πολύ στο να κρατήσουν τον έναν από τους δύο πλανήτες αναμμένο γιατί δεν το είχαν συναντήσει ποτέ αυτό. Ακολούθησε τις οδηγίες του εκπαιδευτικού στη τρίτη δραστηριότητα για να τους βοηθήσει.

Τα διδακτικά δώρα είναι τα εξής:

Το πρώτο διδακτικό δώρο αποσκοπά στην πειραματική κατανόηση της σύνδεσης ενός λαμπτήρα με τους πόλους μιας μπαταρίας για τη δημιουργία ενός κυκλώματος, καθώς και στην αντιστοίχιση των συμβόλων του λαμπτήρα και της μπαταρίας με τα αντικείμενά τους.

Το δεύτερο διδακτικό δώρο αποσκοπά στην κατανόηση της λειτουργίας και της σημαντικότητας του διακόπτη στην κατασκευή ενός ηλεκτρικού κυκλώματος.

Το τρίτο διδακτικό δώρο αποσκοπά στην διάκριση από μέρους των μαθητών της σύνδεσης των ηλεκτρικών κυκλωμάτων σε σειρά και σε παράλληλη.

Δείγμα: Το δείγμα μας αποτελείτο από 20 μαθητές της Ε' δημοτικού χωρισμένοι σε ομάδες των 4 ατόμων.

2.2. 1^ο ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΔΙΩΡΟ

2.2.1. ΚΥΡΙΟΙ ΣΤΟΧΟΙ 1^{ΟΥ} ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΔΙΩΡΟΥ

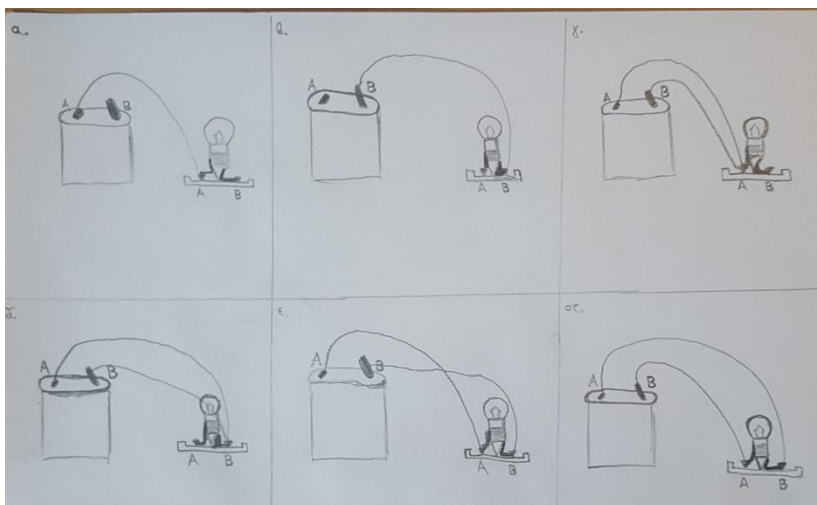
Το συγκεκριμένο μάθημα αντιπροσωπεύει τα κομμάτια του τετραδίου εργασιών “Φε3: Πότε ανάβει το λαμπάκι” και “Φε4: Ένα απλό κύκλωμα”. Κύριοι στόχοι του συγκεκριμένου διδακτικού διώρου είναι οι εξής:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά τον τρόπο σύνδεσης ενός λαμπτήρα με τους πόλους μιας μπαταρίας σε ένα κύκλωμα.
- Να συσχετίσουν οι μαθητές τα στοιχεία ενός κυκλώματος με τα αντίστοιχα σύμβολα.

2.2.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Α' Φάση: Παρουσίαση

Οι μαθητές στο συγκεκριμένο μάθημα διδάσκονται το σωστό τρόπο σύνδεσης μιας μπαταρίας με έναν λαμπτήρα. Για να πραγματοποιηθεί ο σκοπός αυτός θα πρέπει οι μαθητές να έρθουν σε μια πρώτη επαφή με τους διάφορους τρόπους αναπαράστασης σύνδεσης μια λάμπας με μια μπαταρία. Κάποιοι τρόποι από αυτούς είναι λανθασμένοι και κάποιοι είναι ορθοί. Ο εκπαιδευτικός στο πρώτο κομμάτι της διδασκαλίας καλείται να παρουσιάσει τους τρόπους αυτούς με τη χρήση ενός βιντεοπροβολέα στον πίνακα της τάξης.



Εικόνα 21: Τρόποι σύνδεσης Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων

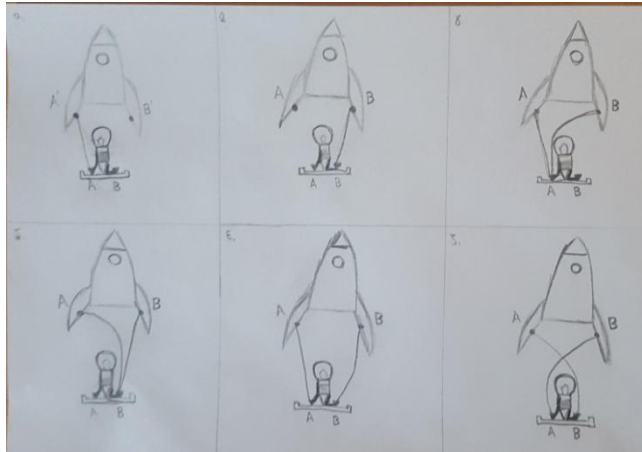
Οι μαθητές είναι χωρισμένοι σε ομάδες των τεσσάρων ατόμων. Το κάθε μέλος της ομάδας έχει μια συγκεκριμένη αρμοδιότητα. Οι αρμοδιότητες χωρίζονται από τα ίδια μέλη της ομάδας και είναι οι εξής:

- 1) Δυο μαθητές είναι αυτοί που σχεδιάζουν τις εικόνες που προβάλλονται στον πίνακα της τάξης και έχουν να κάνουν με τους εναλλακτικούς τρόπους σύνδεσης μπαταρίας-λάμπας.
- 2) Δυο μαθητές είναι αυτοί που σχεδιάζουν τις εικόνες που προβάλλονται στον πίνακα της τάξης και έχουν να κάνουν με τη σύνδεση διαστημοπλοίου με λάμπα.

Οι εικόνες αυτές που προβάλλονται από τον βιντεοπροβολέα, παρουσιάζουν έξι τρόπους σύνδεσης της μπαταρίας με τον λαμπτήρα, από τους οποίους μόνο οι δύο είναι επιστημονικά ορθοί. Οι μαθητές θα πρέπει να ανακαλύψουν τους ορθούς τρόπους σύνδεσης πειραματικά.

Για να ανακαλύψουν τους ορθούς τρόπους σύνδεσης θα πρέπει να σχεδιάσουν σε ένα φύλλο εργασίας τις εικόνες που τους παρουσιάζονται στον πίνακα. Ο σχεδιασμός των εικόνων θα πραγματοποιηθεί με τη χρήση του στυλό Circuit Scribe. Οι μαθητές θα σχεδιάσουν τις εικόνες σε ένα φύλλο εργασίας που τους δίνεται από τον εκπαιδευτικό.

Προκειμένου να γίνει πιο ελκυστικό το μάθημα, η διδασκαλία συνδέεται διαθεματικά με ένα φανταστικό ταξίδι των μαθητών στο διάστημα. Η πρώτη πρόκληση στο συγκεκριμένο ταξίδι είναι να καταφέρουν οι μαθητές να ανάψουν τον κινητήρα ενός διαστημόπλοιου. Οι εικόνες που προβάλουν τους τρόπους σύνδεσης ενός λαμπτήρα με τους πόλους μιας μπαταρίας εμπεριέχουν αυτή την πρώτη πρόκληση. Η κάθε εικόνα παρουσιάζει μια μπαταρία σε σχέδιο διαστημόπλοιου, στο πίσω μέρος του οποίου είναι τοποθετημένος ο λαμπτήρας. Στη κάθε εικόνα ο τρόπος σύνδεσης της μπαταρίας με τον λαμπτήρα είναι διαφορετικός, άλλες φορές ορθός και άλλες λανθασμένος. Οι μαθητές στον πειραματισμό θα πρέπει να κάνουν αυτόν τον έλεγχο.



Εικόνα 22, Τρόποι σύνδεσης του διαστημοπλοίου με λαμπτήρα

Ενέργειες εκπαιδευτικού

Ο εκπαιδευτικός καλείται κατά την πρώτη φάση να κάνει τις εξής ενέργειες:

- 1) Εισαγωγή των μαθητών στο θέμα της διδασκαλίας.
- 2) Χωρισμός των μαθητών σε ομάδες των 4 ατόμων. Ανακοίνωση των αρμοδιοτήτων που πρέπει να αναλάβει ο καθένας.
- 3) Παροχή διευκρινίσεων.
- 4) Διαχείριση του διδακτικού χρόνου.

Μέσα και υλικά: Βιντεοπροβολέας, Η/Υ, φύλλο εργασίας.

Β' Φάση: Πειραματισμός

Αφού έχουν σχεδιαστεί από τους μαθητές οι εικόνες που περιγράφηκαν στο κομμάτι της παρουσίασης, οι τελευταίοι είναι πλέον σε θέση να πειραματιστούν. Για να πραγματοποιηθεί ο πειραματισμός, διευκρινίζεται από τον εκπαιδευτικό ότι δεν θα χρησιμοποιήσουν καλώδια στην διαδικασία αυτή διότι το ρόλο του καλωδίου, όπως αναφέραμε και στο κομμάτι της παρουσίασης, αναλαμβάνει τώρα το στυλό Circuit Scribe.

Οι μαθητές, όπως και στην πρώτη φάση, είναι χωρισμένοι σε ομάδες των 4 ατόμων με τον καθένα να έχει μια αρμοδιότητα μέσα στην ομάδα. Οι αρμοδιότητες χωρίζονται από τα ίδια μέλη της ομάδας και είναι οι εξής:

- 1) Δύο μαθητές είναι αυτοί που χρησιμοποιούν τα υλικά και πειραματίζονται.

- 2) Ένας μαθητής είναι αυτός που κάνει τις διευκρινιστικές ερωτήσεις στον εκπαιδευτικό και ενημερώνει τους υπόλοιπους της ομάδας.
- 3) Ένας μαθητής αναλαμβάνει να καταγράψει στο φύλλο εργασίας τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας.

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, ο τρόπος σύνδεσης της μπαταρίας με τον λαμπτήρα, που στην προκειμένη περίπτωση αντιπροσωπεύει το πίσω μέρος του κινητήρα του διαστημοπλοίου, διαφέρει στις έξι αυτές εικόνες που παρουσιάζονται στους μαθητές. Οι τρόποι είναι οι εξής:

- A) Ο Α' πόλος της μπαταρίας συνδέεται με το Α' μέρος του λαμπτήρα.
- B) Ο Β' πόλος της μπαταρίας συνδέεται με το Β' μέρος του λαμπτήρα.
- Γ) Ο Α' πόλος της μπαταρίας συνδέεται με το Α' και Β' μέρος του λαμπτήρα.
- Δ) Ο Β' πόλος της μπαταρίας συνδέεται με το Α' και Β' μέρος του λαμπτήρα.
- E) Ο Α' πόλος της μπαταρίας συνδέεται με το Α' μέρος του λαμπτήρα και ο Β' πόλος της μπαταρίας συνδέεται με το Β' μέρος του λαμπτήρα.
- ΣΤ) Ο Β' πόλος της μπαταρίας συνδέεται με το Α' μέρος του λαμπτήρα και ο Α' πόλος της μπαταρίας συνδέεται με το Β' μέρος του λαμπτήρα.

Οι μαθητές πειραματίζονται χρησιμοποιώντας τα σχέδιά τους και τα υλικά που έχουν στη διάθεσή τους, που στην προκειμένη περίπτωση είναι ο λαμπτήρας και η μπαταρία.

Ενέργειες εκπαιδευτικού

Οι ενέργειες του εκπαιδευτικού στη φάση του πειραματισμού είναι οι εξής:

- 1) Συντονίζει τη διαδικασία πειραματισμού των μαθητών.
- 2) Διαχειρίζεται το διδακτικό χρόνο.
- 3) Δίνει διευκρινιστικές απαντήσεις σε απορίες των μαθητών.

Μέσα και υλικά: φύλλο εργασίας, βιντεοπροβολέας, Η/Υ, στυλό Circuit Scribe, λαμπτήρας, μπαταρία.

Γ' Φάση: Συμπεράσματα

Στο τέλος της διδακτικής ώρας, οι μαθητές αποτυπώνουν τα συμπεράσματά τους στο φύλλο εργασίας που τους έχει δοθεί. Συγκεκριμένα, αναφέρουν τον επιστημονικό τρόπο σύνδεσης της μπαταρίας με τον λαμπτήρα, καθώς επίσης και τον συμβολισμό των μερών ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Τα συμπεράσματα αξιολογούνται στην τάξη μέσα από συζήτηση που γίνεται ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και τους μαθητές.

Μέσα και υλικά: φύλλο εργασίας

2.3. 2^ο ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΔΙΩΡΟ

2.3.1. ΚΥΡΙΟΙ ΣΤΟΧΟΙ 2^{ΟΥ} ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΔΙΩΡΟΥ

Οι στόχοι του συγκεκριμένου διδακτικού δίωρου αντιπροσωπεύουν το κομμάτι του τετραδίου εργασιών ΦΕ7 "Ο διακόπτης". Οι κύριοι στόχοι αυτού του διδακτικού δίωρου είναι οι εξής:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά τη χρησιμότητα του διακόπτη σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.
- Να αναγνωρίσουν τα σύμβολα για τον ανοιχτό και τον κλειστό διακόπτη.
- Να κατανοήσουν ότι στις συνδέσεις ο διακόπτης μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε θέση του κυκλώματος.

2.3.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Α' Φάση: Αφόρμηση και ανάδειξη ιδεών

Οι μαθητές γνωρίζουν από την καθημερινή τους εμπειρία την έννοια του διακόπτη, αφού την συναντούν σε οποιοδήποτε χώρο μεταβαίνουν, είτε αυτός είναι το σπίτι τους είτε το σχολείο τους. Ο εκπαιδευτικός στο 2^ο διδακτικό δίωρο προσπαθεί να προσανατολίσει τους μαθητές, όχι μόνο εμπειρικά αλλά και επιστημονικά, σχετικά με την έννοια του διακόπτη.

Οι μαθητές είναι χωρισμένοι σε 4 ομάδες των 4 ατόμων. Σε κάθε ομάδα δίνεται από ένα φύλλο εργασίας, το οποίο εμπεριέχει τη πορεία της δραστηριότητας, τις εικόνες και ερωτήσεις που χρησιμοποιούνται για να δομηθεί η δραστηριότητα αυτή.

Κατά την Α' φάση, οι μαθητές θα έρθουν σε επαφή με το κομμάτι της διδασκαλίας που καλούνται να μελετήσουν. Ο εκπαιδευτικός με τη χρήση ενός βιντεοπροβολέα προβάλλει στους μαθητές τις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα 23: Κύκλωμα Σύνδεσης ηλεκτρικών συσκευών στο εσωτερικό ενός σπιτιού, (<https://thumbs.dreamstime.com/z/camera-nel-taglio-interno-moderno-dettagliato-della-casa-stanze-con-il-furnitu-89117713.jpg>)



Εικόνα 24: Κύκλωμα Σύνδεσης σπιτιών ενός χωριού
,(<https://i.pinimg.com/236x/28/84/23/288423cee05bc54bac468feb07700de9--scribe-circuit.jpg>).

Μετά την προβολή των εικόνων τους γίνεται η εξής ερώτηση:

“Τι κάνουμε όταν θέλουμε να σβήσουμε το φως στο δωμάτιό μας; Πιστεύετε ότι μπορούμε να σβήσουμε το φως στην πόλη μας όπως σβήνουμε το φως στο δωμάτιό μας;”

Για να δοθεί απάντηση στο συγκεκριμένο ερώτημα, πραγματοποιείται μία συζήτηση στα πλαίσια της τάξης. Ο εκπαιδευτικός προσπαθεί μέσω ερωτήσεων να κατευθύνει τους μαθητές στην έννοια του διακόπτη.

Ενέργειες εκπαιδευτικού

Ο εκπαιδευτικός καλείται κατά την πρώτη φάση να κάνει τις εξής ενέργειες:

- 1) Εισαγωγή στο θέμα της διδασκαλίας.
- 2) Χωρισμός των μαθητών σε ομάδες των 4 ατόμων.
- 3) Παροχή διευκρινίσεων.
- 4) Διαχείριση του διδακτικού χρόνου.

Μέσα και υλικά: Βιντεοπροβολέας, Η/Υ, φύλλο εργασίας.

Β' Φάση: Πειραματισμός

Κατά τη φάση του πειραματισμού και αφού έχουν ήδη καταλήξει να μιλάνε για την έννοια του διακόπτη οι μαθητές από το προηγούμενο στάδιο, παρουσιάζεται από τον εκπαιδευτικό ένα είδος διακόπτη (το διακόπτη της σειράς Circuit Scribe) και προσπαθεί να τους προβληματίσει ως προς τον τρόπο λειτουργίας του. Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός προβάλλει στους μαθητές μια εικόνα του τετραδίου εργασιών με έναν κλειστό και έναν ανοιχτό διακόπτη ζητώντας τους να του αναφέρουν σε ποιά περίπτωση πιστεύουν ότι το λαμπάκι θα φωτοβολήσει και σε ποιά όχι. Η εικόνα που προβάλλεται στους μαθητές είναι η εξής:

Ποιο σύμβολο αντιστοιχεί στον ανοιχτό και ποιο στον κλειστό διακόπτη;



Εικόνα 25: Απεικόνιση Ανοιχτού και Κλειστού Διακόπτη, (<https://image.slidesharecdn.com/diakoptis-100425155702-phrapp02/95/-18-728.jpg?cb=1272211126>).

Εκφράζονται οι απόψεις των μαθητών σχετικά με τον διακόπτη και παρεμβαίνει ο εκπαιδευτικός για την κατανόησή του. Στη συνέχεια στην εικόνα του σπιτιού της Α' Φάσης, που έχει προβληθεί στους μαθητές, ζητείται να δημιουργηθεί ένα κύκλωμα προκειμένου να ανάψουν οι ηλεκτρικές συσκευές του σπιτιού αυτού. Για να πραγματοποιηθεί αυτή η διαδικασία, ζητείται από τους μαθητές να τοποθετήσουν μια μπαταρία έξω από το χώρο του σπιτιού, καθώς και να αφήσουν ένα κενό προκειμένου να τοποθετηθεί ο διακόπτης από τους μαθητές. Έτσι, οι μαθητές χρησιμοποιώντας τον διακόπτη κατανοούν ότι μπορούν να κλείνουν και να ανοίγουν τις ηλεκτρικές συσκευές του κυκλώματος.

Για να πραγματοποιηθεί η παραπάνω διαδικασία δίνεται σε κάθε ομάδα μια μεγάλη φωτοτυπία της εικόνας αυτής, καθώς επίσης και τα υλικά του Circuit Scribe, με τα οποία θα μπορέσουν να σχεδιάσουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα πάνω στη φωτοτυπία. Έτσι δίνεται σ' αυτούς το στυλό Circuit Scribe που θα χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό και άλλα εξαρτήματα όπως οι λάμπες, η μπαταρία και ο διακόπτης. Αφού έχουμε δείξει πώς χρησιμοποιείται ο διακόπτης στους μαθητές και επίσης αφού έχουν ασχοληθεί στην πράξη οι μαθητές με τον διακόπτη, ακολουθούν οι εξής ερωτήσεις:

“Τι κάνουμε σε περίπτωση που θέλουμε να σβήσουμε το φως σε ένα χώρο του σπιτιού;”

“ Πιστεύετε ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε παραπάνω από έναν διακόπτη σε ένα σπίτι;”

Έχοντας απαντήσει στις παραπάνω ερωτήσεις οι μαθητές, ο εκπαιδευτικός δίνει στην κάθε ομάδα από μια μακέτα ενός χωριού σαν την δεύτερη εικόνα που έχει προβληθεί

από τον βιντεοπροβολέα. Ο εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τα υλικά του Circuit Scribe προκειμένου να φωτοβολήσουν τα σπίτια που βρίσκονται πάνω στην μακέτα. Όμως το κύκλωμα που θα πρέπει να δημιουργήσουν οι μαθητές θα πρέπει να έχει δομηθεί έτσι ώστε να μπορέσουν να ανάβουν και να σβήνουν όλα τα σπίτια του χωριού μια δεδομένη χρονική στιγμή. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές θα μπορέσουν να γιορτάσουν την Ώρα της Γης στο χωριό αυτό.

Ενέργειες εκπαιδευτικού

Οι ενέργειες του εκπαιδευτικού στη φάση του πειραματισμού είναι οι εξής:

- 1) Συντονίζει τη διαδικασία πειραματισμού των μαθητών.
- 2) Διαχειρίζεται το διδακτικό χρόνο.
- 3) Διατύπωση ερωτήσεων στους μαθητές ανάμεσα στις δυο πειραματικές δραστηριότητες.
- 4) Δίνει διευκρινιστικές απαντήσεις σε απορίες των μαθητών.

Μέσα και υλικά: φύλλο εργασίας, βιντεοπροβολέας, Η/Υ, στυλό Circuit Scribe, λαμπτήρες, μπαταρία, διακόπτης.

Γ' Φάση: Ανακεφαλαιοποίηση

Μετά το στάδιο του πειραματισμού, οι μαθητές είναι σε θέση να κατανοήσουν την έννοια του διακόπτη και επίσης να γνωρίζουν ότι η χρήση ενός διακόπτη δεν περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο χώρο ενός σπιτιού π.χ. δωμάτιο αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για ολόκληρο το σπίτι, είτε ακόμα και για ένα ολόκληρο χωριό.

Επιπροσθέτως, οι μαθητές μπορούν να αναγνωρίσουν το σύμβολο του ανοιχτού και του κλειστού διακόπτη βλέποντας το σε ένα οποιοδήποτε κύκλωμα, αφού κατά τη φάση του πειραματισμού δόθηκε η συγκεκριμένη πληροφορία από τον εκπαιδευτικό.

Τέλος, οι μαθητές έχουν διαπιστώσει ότι μπορούν να τοποθετήσουν τον διακόπτη σε οποιοδήποτε μέρος του κυκλώματος, αφού στο κομμάτι του πειραματισμού πάνω στη μακέτα του χωριού οι ίδιοι επιλέγουν το σημείο στο οποίο θα τοποθετήσουν τον διακόπτη.

2.4. 3^ο ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΔΙΩΡΟ

2.4.1. ΚΥΡΙΟΙ ΣΤΟΧΟΙ 3^{ΟΥ} ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΔΙΩΡΟΥ

Οι στόχοι του συγκεκριμένου διδακτικού δίωρου αντιπροσωπεύουν το κομμάτι του τετραδίου εργασιών ΦΕ 8: “Σύνδεση σε σειρά και παράλληλη”. Οι κύριοι στόχοι αυτού του κομματιού είναι οι εξής:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές διαφορές και ομοιότητες μεταξύ της σύνδεσης σε σειρά και της παράλληλης σύνδεσης.
- Να κατανοήσουν ότι οι ηλεκτρικές συνδέσεις στα σπίτια μας είναι παράλληλες.
- Να διακρίνουν τη σύνδεση σε σειρά από την παράλληλη σύνδεση σε ένα σκίτσο ηλεκτρικού κυκλώματος με σύμβολα.

2.4.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Α' Φάση: Αφόρμηση και Ανάδειξη ιδεών

Οι μαθητές θα πρέπει σε αυτό το 3^ο διδακτικό δίωρο να έρθουν σε μια πρώτη επαφή με τις συνδέσεις σε σειρά και τις παράλληλες συνδέσεις. Οι συνδέσεις αυτές αποτελούν τα δύο είδη συνδέσεων που έχει δημιουργήσει ο άνθρωπος για να επιλύσει τις ανάγκες του όσον αφορά τον ηλεκτρισμό. Για να επιτευχθούν οι στόχοι αυτοί που έχει θέσει ο εκπαιδευτικός θα πρέπει καταρχάς στους μαθητές να τεθεί προς συζήτηση το θέμα αυτό.

Έτσι προβάλλονται στους μαθητές μέσω ενός βιντεοπροβολέα δύο εικόνες, οι οποίες είναι οι εξής:



Εικόνα 26: Απεικόνιση Παράλληλων Συνδέσεων Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων στο Εσωτερικό ενός Σπιτιού, (https://cdn.clipart.email/957c4680f6245429e25c81542f230b37_parts-of-the-house-clipart-9-clipart-station_800-800.jpeg).



Εικόνα 27: Απεικόνιση Σύνδεσης σε Σειράς των Λαμπτήρων ενός Χριστουγεννιάτικου Δέντρου, (<http://www.fimes.gr/wp-content/uploads/2016/10/xris.jpg>).

Στη συνέχεια ακολουθούν κάποιες ερωτήσεις σχετικά με τις εικόνες αυτές. Οι ερωτήσεις είναι οι εξής:

- 1) Αν αφαιρέσουμε τη μία λάμπα της κρεβατοκάμαρας από τη θέση της, οι υπόλοιπες λάμπες στα άλλα δωμάτια θα παραμείνουν φωτεινές, ενώ όταν καίγεται ένα λαμπάκι από το χριστουγεννιάτικο δέντρο σβήνουν και τα υπόλοιπα, γιατί νομίζετε ότι συμβαίνει αυτό;

Οι μαθητές είναι χωρισμένοι σε ομάδες των 4 ατόμων. Η κάθε ομάδα θα πρέπει να αιτιολογήσει την απάντηση της σε ένα φύλλο εργασίας που παρέχεται από τον εκπαιδευτικό. Το φύλλο εργασίας εμπεριέχει τις παραπάνω εικόνες, καθώς επίσης και την ερώτηση που τίθεται στους μαθητές.

Ενέργειες εκπαιδευτικού

Ο εκπαιδευτικός καλείται κατά την πρώτη φάση να κάνει τις εξής ενέργειες:

- 1) Εισαγωγή των μαθητών στο θέμα της διδασκαλίας.
- 2) Χωρισμός των μαθητών σε ομάδες των 4 ατόμων. Ανακοίνωση των αρμοδιοτήτων που πρέπει να αναλάβουν οι μαθητές.
- 3) Επεξήγηση των εικόνων στους μαθητές που δυσκολεύονται να τις καταλάβουν.
- 4) Διαχείριση του διδακτικού χρόνου.

Μέσα και υλικά: Βιντεοπροβολέας, Η/Υ, φύλλο εργασίας.

Β' Φάση: Πειραματισμός

Κατά την προηγούμενη φάση οι μαθητές ανέδειξαν τις ιδέες τους σχετικά με δύο διαφορετικά κυκλώματα. Το πρώτο είναι ένα κύκλωμα παράλληλο (σύνδεση σπιτιού), ενώ το δεύτερο είναι ένα κύκλωμα σε σειρά (σύνδεση χριστουγεννιάτικου στολισμού).

Σ' αυτή τη φάση της διδασκαλίας οι μαθητές θα πρέπει να πειραματιστούν προκειμένου να ελέγξουν τις απόψεις που εξέφρασαν κατά την Α' φάση. Για να πραγματοποιηθεί αυτό καλούνται να σχεδιάσουν και να ελέγξουν κάποια

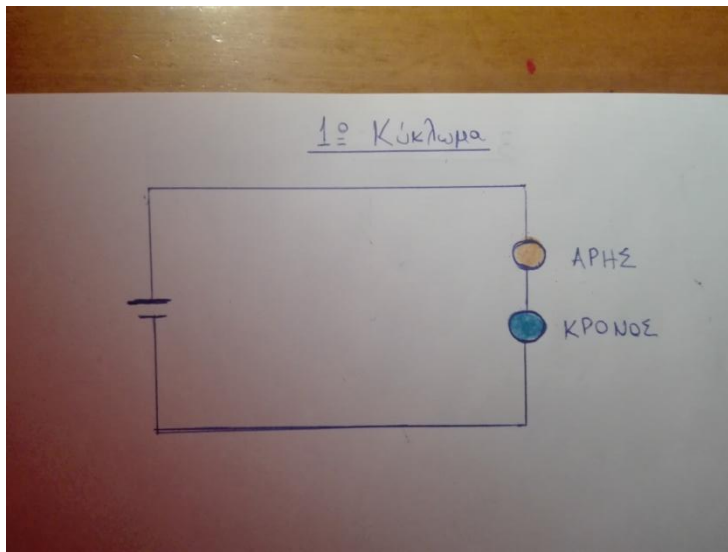
συγκεκριμένα ηλεκτρικά κυκλώματα τα οποία προβάλλονται σ' αυτούς μέσω ενός βιντεοπροβολέα. Ο σχεδιασμός και ο έλεγχος αυτών των κυκλωμάτων θα πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας υλικά του Circuit Scribe. Δίνονται στους μαθητές τα υλικά του Circuit Scribe τα οποία είναι τα εξής: ένα αγώγιμο στυλό, μία μπαταρία, μία λάμπα, η οποία είναι τυλιγμένη με κόκκινη ζελατίνα, μια λάμπα, η οποία είναι τυλιγμένη με μπλε ζελατίνα και μια λάμπα τυλιγμένη με πράσινη ζελατίνα. Η κόκκινη λάμπα αναπαριστά τον πλανήτη Άρη, η μπλε αναπαριστά τον πλανήτη Κρόνο και η πράσινη λάμπα την Αφροδίτη

Οι μαθητές είναι πάλι χωρισμένοι σε ομάδες των 4 ατόμων με τον καθένα να έχει μια αρμοδιότητα μέσα στην ομάδα. Οι αρμοδιότητες χωρίζονται από τα ίδια μέλη της ομάδας και είναι οι εξής:

- 1) Ένας μαθητής σχεδιάζει τα κυκλώματα που προβάλλονται στον πίνακα της τάξης.
- 2) Ένας ελέγχει τα κυκλώματα τοποθετώντας τα υλικά που του δίνονται.
- 3) Δύο μαθητές καταγράφουν τα χαρακτηριστικά του κάθε κυκλώματος που σχεδιάζουν και τα ελέγχουν.

Οι μαθητές, με τα υλικά που αναφέραμε παραπάνω, καλούνται να σχεδιάσουν και να ελέγξουν τρία κυκλώματα. Τα κυκλώματα αυτά θα πρέπει να έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- I. Στο πρώτο κύκλωμα οι μαθητές θα προσπαθήσουν να δημιουργήσουν ένα κύκλωμα όπου ο Κρόνος (μπλε λάμπα) και ο Άρης (κόκκινη λάμπα) θα είναι αναμμένοι και σχεδιασμένοι σε σειρά, όπως στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 28, Παράδειγμα αναπαράστασης σύνδεσης σε σειράς μεταξύ πλανητών

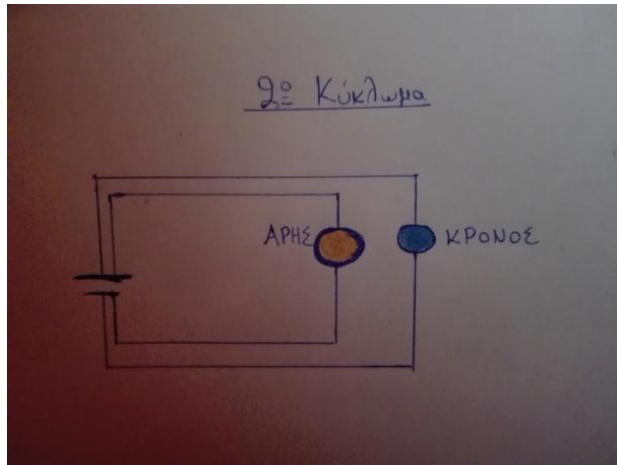
Αρχικά οι μαθητές θα πρέπει να σχεδιάσουν το παραπάνω ηλεκτρικό κύκλωμα και ελέγξουν τη σωστή λειτουργία του. Η σωστή λειτουργία κρίνεται από το αν έχουν ανάψει οι δύο λάμπες ή όχι. Εάν έχουν ανάψει τότε το κύκλωμα λειτουργεί σωστά.

Στη συνέχεια καλούνται να απαντήσουν σε κάποιες ερωτήσεις για το κύκλωμα που σχεδίασαν και έλεγξαν.

Οι ερωτήσεις που τίθενται από τον εκπαιδευτικό είναι οι εξής:

- 1) Οι δύο πλανήτες συνδέονται με τη μπαταρία χρησιμοποιώντας το ίδιο ή διαφορετικό καλώδιο;
- 2) Τί θα γίνει στον πλανήτη Κρόνο εάν αφαιρέσουμε από την θέση του τον πλανήτη Άρη; Θα συνεχίσει να φωτοβολεί ή όχι;

II. Έπειτα οι μαθητές θα δημιουργήσουν ένα δεύτερο κύκλωμα όπου ο Κρόνος (μπλε λάμπα) και ο Άρης (κόκκινη λάμπα) θα είναι σχεδιασμένοι παράλληλα, όπως στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 29, Παράδειγμα αναπαράστασης παράλληλης σύνδεσης μεταξύ πλανητών

Και πάλι οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν το παραπάνω ηλεκτρικό κύκλωμα και να ελέγξουν τη σωστή λειτουργία του. Αυτό θα κριθεί από το αν έχουν ανάψει οι δύο λάμπες ή όχι. Εάν έχουν ανάψει τότε το κύκλωμα λειτουργεί σωστά.

Οι μαθητές στη συνέχεια θα πρέπει να απαντήσουν σε κάποιες ερωτήσεις για το κύκλωμα που σχεδίασαν και έλεγξαν.

Οι ερωτήσεις που τίθενται από τον εκπαιδευτικό είναι οι εξής:

- 1) Οι δύο πλανήτες συνδέονται με τη μπαταρία χρησιμοποιώντας το ίδιο ή διαφορετικό καλώδιο;
- 2) Τί θα γίνει στον πλανήτη Κρόνο εάν αφαιρέσουμε από την θέση του τον πλανήτη Άρη; Θα συνεχίσει να φωτοβολεί ή όχι;

III. Στο τρίτο κύκλωμα προστίθεται και ο πλανήτης Αφροδίτη (πράσινη λάμπα). Έτσι, μαζί με τους άλλους δύο πλανήτες (Άρη και Κρόνο), οι μαθητές θα πρέπει να δημιουργήσουν ένα κύκλωμα, όπου οι τρεις αυτοί πλανήτες να είναι σχεδιασμένοι και συνδεδεμένοι με τέτοιο τρόπο ώστε αν αφαιρέσουμε κάποιο πλανήτη από την θέση του, οι άλλοι να συνεχίσουν να φωτοβολούν. Οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν έναν από τους δύο τρόπους σύνδεσης που σχεδίασαν παραπάνω προκειμένου να απεικονίσουν και να ελέγξουν το τρίτο τους κύκλωμα.

Τα κυκλώματα αυτά σχεδιάζονται στο φύλλο εργασίας που τους έχει δοθεί κατά την πρώτη φάση της διδασκαλίας.

Ενέργειες εκπαιδευτικού

Οι ενέργειες του εκπαιδευτικού στη φάση του πειραματισμού είναι οι εξής:

- 5) Συντονίζει τη διαδικασία πειραματισμού των μαθητών.
- 6) Διαχειρίζεται το διδακτικό χρόνο.
- 7) Δίνει διευκρινιστικές απαντήσεις σε απορίες των μαθητών.

Μέσα και υλικά: φύλλο εργασίας, βιντεοπροβολέας, Η/Υ, στυλό Circuit Scribe, λαμπτήρες, μπαταρία.

Γ' Φάση: Ανακεφαλαίωση

Μετά το στάδιο του πειραματισμού, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να απαντήσουν με επιστημονικό τρόπο στην ερώτηση που τους τέθηκε στο στάδιο της αφόρμησης και ανάδειξης ιδεών. Η ερώτηση αφορούσε τον τρόπο ηλεκτρικής σύνδεσης των δωματίων ενός σπιτιού, καθώς επίσης και τον τρόπο με τον οποίο είναι συνδεδεμένα τα λαμπάκια ενός χριστουγεννιάτικου δέντρου.

Οι μαθητές είναι χωρισμένοι σε ομάδες των 4 ατόμων, στην προσπάθειά τους να απαντήσουν στο ερώτημα που τους έχει τεθεί. Οι απαντήσεις τους θα αποτυπωθούν στο φύλλο εργασίας που τους έχει δοθεί κατά την Α' φάση της διδακτικής ώρας.

Μέσα και υλικά: φύλλο εργασίας

Βιβλιογραφία

Ainscow, M., & Sandill, A. (2010). Developing inclusive education systems: the role of organisational cultures and leadership. *International Journal of Inclusive Education*, 14(4) , σσ. 401-416.

Arnold, M., & Millar, R. (1987). Being constructive: An alternative approach to the teaching of introductory ideas in electricity. *International Journal of Science Education*, 9(5) , σσ. 553-563.

Baser, M. (2006). Promoting conceptual change through active learning using open source software for physics simulations. *Australasian Journal of Educational Technology*, 22(3), 336-354.

Biener, C., Eling, M., & Wirfs, J. (2015). Insurability of cyber risk: An empirical analysis. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 40(1) , σσ. 131-158.

Billingsley, B. S. (1993). Teacher retention and attrition-in special and general education: A critical review of the literature. *The Journal of Special Education*, 27(2), σσ. 137-174.

Buechley, L., Hendrix, S., & Eisenberg, M. (2009). Paints, Paper, and Programs: First Steps Toward the Computational Sketchbook. *Proceedings of the Third International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI'09), Feb 16-18 2009* (σσ. 9-13). Cambridge, UK: TEI.

Carnoy, M., Hallak, J., & Caillods, F. (1999). *Globalization and educational reform: What planners need to know*. UNESCO, International Institute for Educational Planning.

Caruana, A., Ewing, M. T., & Ramaseschan, B. (2000). Assessment of the three-column format SERVQUAL: an experimental approach. *Journal of business research*, 49(1) , σσ. 57-65.

Castells, M. (1996). *The Information Age: Economy, Society and Culture. Volume I. The rise of the network*

society.https://scholar.google.gr/scholar?cluster=7968075000622991091&hl=el&as_sdt=2005&scioldt=0,5.

Dennis, K. (2017). *The Sacred Revival: Magic, Mind & Meaning in a Technological Age*. SelectBooks, Inc.

Driver, R., & et al. (1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες*. Αθήνα: Έκτοπον ΕΠΕ.

Driver, R., & et al. (2000). Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών. *Παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των φοιτητών*.

Farrokhnia, M. R. & Esmailpour, A. (2010). A study on the impact of real, virtual and comprehensive experimenting on students' conceptual understanding of DC electric circuits and their skills in undergraduate electricity laboratory. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 5474–5482. doi:10.1016/j.sbspro.2010.03.893

Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S. & Reid, S. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 1(010103), 1-8. doi: 10.1103/PhysRevSTPER.1.010103

Gormally, C., & et al. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International journal for the scholarship of teaching and learning*, 3(2).

Guimerans, P. (2015). Creative Soft Circuits: Introducing Soft Circuits Kits As A Tool To Engage Children Into Educational Arts And Crafts. *Proceedings of 2nd International Conference of Art, Illustration and Visual Culture in Infant and Primary Education*, 23-25 July 2012, 1(2), 352-356. Aveyro: Portugal. doi: 10.5151/edupro-aivcipe-68

Healey, M. (2005). Linking research and teaching exploring disciplinary spaces and the role of inquiry-based learning. *Reshaping the university: New relationships between research, scholarship and teaching* , σσ. 67-78.

Hodges, S., Villar, N., Chen, N., Chugh, T., Qi, J., Nowacka, D., και συν. (2014, April). Circuit stickers: peel-and-stick construction of interactive electronic prototypes. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (σσ. 1743-1746). ACM.

Jacoby, S., & Buechley, L. (2013). Drawing the electric: storytelling with conductive ink. *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children* (σσ. 265-268). ACM.

Kickstarter. (2018). <https://www.kickstarter.com/projects/electroninks/circuit-scribe-draw-circuits-instantly>.

Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary issues in technology and teacher education*, 9(1) , σσ. 60-70.

Kolloffel, B., & de Jong, T. (2013). Conceptual understanding of electrical circuits in secondary vocational engineering education: Combining traditional instruction with inquiry learning in a virtual lab. *Journal of Engineering Education*, 102(3), 375-393. doi:10.1002/jee.20022

KoyunluUnluZ. &Dokme, I. (2011). The effect of combining analogy-based simulation and laboratory activities on Turkish elementary school students' understanding of simple electric circuits. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10(4), 320-329.

Kuh, G. D. (1993). In their own words: What students learn outside the classroom. *American Educational Research Journal*, 30(2) , σσ. 277-304.

Lo, J., & et al. (2016). Aesthetic Electronics: Designing, Sketching, and Fabricating Circuits Through Digital Exploration. *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology* (σσ. 665-676). ACM.

Mellis, D. A., Jacoby, S., Buechley, L., Perner-Wilson, H., & Qi, J. (2013). Microcontrollers as material: crafting circuits with paper, conductive ink, electronic components, and an untoolkit. *Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction* (σσ. 83-90). ACM.

Mellis, D., & et al. (2013). Microcontrollers as material: crafting circuits with paper, conductive ink, electronic components, and an untoolkit. *Proceedings of the 7th International Conference* .

MINEDU. (2018). Εκπαιδευτικά προγράμματα. Αθήνα-Ελλάδα, <https://www.minedu.gov.gr/dimotiko-2/ekpprog-ma8ites-dimotikou-m>.

Narumi, K., Hodges, S., & Kawahara, Y. (2015). ConductAR: an augmented reality based tool for iterative design of conductive ink circuits. *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* (σσ. 791-800). ACM.

Narumi, K., Shi, X., Hodges, S., Kawahara, Y., Shimizu, S., & Asami, T. (2015). Circuit eraser: A tool for iterative design with conductive ink. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (σσ. 2307-2312). ACM.

Olberding, S., Nai-Wei, G., Paradiso, J., Steimle, J., & Tiab, J. (2013). A Cuttable Multi-Touch Sensor. *Proceedings of the 26th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. UIST '13, October 8–11, 2013, St. A.

Psillos, D., & et al. (1987). Pupils' representations of electric current before, during and after instruction on DC circuits. *Research in Science & Technological Education*, 5(2) , σσ. 185-199.

Qi, J., & Buechley, L. (2014). Sketching in circuits: designing and building electronics on paper. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (σσ. 1713-1722). ACM.

Qi, J., & Paradiso, J. (2015). Crafting technology with circuit stickers. *Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children* (σσ. 438-441). ACM.

Ramakers, R., Todi, K., & Luyten, K. (2015). PaperPulse: an integrated approach for embedding electronics in paper designs. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (σσ. 2457-2466). ACM.

Saettler, P. (2004). The evolution of American educational technology. *AP* .

Silberman, M. (1996). *Active Learning: 101 Strategies To Teach Any Subject*. Prentice-Hall.

Stavrinides, S. G., Taramopoulos, A., Hatzikraniotis, E. & Psillos, D. (2015). ICT-enhanced teaching of electrical circuits. Paper presented at the 4th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies, 14-15 May 2015. Thessaloniki: MOCAST.

Tekbiyik, A. & Orhan, E. (2015). Effects of the Physical Laboratory versus the Virtual Laboratory in Teaching Simple Electric Circuits on Conceptual Achievement and Attitudes Towards the Subject. *International Journal of Progressive Education*, 11(3), 77-89.

Tsihouridis, C., Vavougiou, D., Ioannidis, G. S., Alexias, A., Argyropoulos, C. & Poullos, S. (2015). The effect of teaching electric circuits switching from real to virtual lab or vice versa — A case study with junior high-school learners. *Proceedings of 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, 20-24 September 2015, Florence. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7318102>

Wang, C., & al, e. (2016). CircuitStack: supporting rapid prototyping and evolution of electronic circuits. *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology* (σσ. 687-695). ACM.

Zacharia, Z. C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 120-132. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00215.x>

Γαρυφαλλίδου, Δ. (2011). Microcontrollers στη διδασκαλία της Φυσικής: μια προσομοίωση της κίνησης των ηλεκτρονίων σε απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. Στο Γ.

Παπαγεωργίου και Γ. Κουντουριώτης (Επίμ.) *Πρακτικά 7^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση- Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες*, 15-17 Απριλίου 2011 (203-211). Αλεξανδρούπολη: Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. Διαθέσιμο στο: <http://www.7sefepet.gr>

Γενεκίδου, Ν., Παπαλεξόπουλος, Π. και Βαβουγιός, Φ.(2017). Διδακτική παρέμβαση για έννοιες του ηλεκτρομαγνητισμού σε παιδιά ΣΤ' Δημοτικού με μαθησιακές και άλλες δυσκολίες. Στο Δ. Σταύρου, Α. Μιχαηλίδη και Α. Κοκολάκη (Επιμ.) *Πρακτικά 10^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση- Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης*, 7-9 Απριλίου 2017 (207-213). Ρέθυμνο: Πανεπιστήμιο Κρήτης. Διαθέσιμο στο : HYPERLINK "<http://synedrio2017.enepnet.gr>" <http://synedrio2017.enepnet.gr>

Επιχειρησιακό πρόγραμμα εκπαίδευση και δια βίου μάθηση. (2015). Νεανική Επιχειρηματικότητα. http://www.edulll.gr/?page_id=272 .

Καλλέρη, Μ. (2004). Προβλήματα και ανάγκες των εν-ενεργεία εκπαιδευτικών της προσχολικής ηλικίας στις Φυσικές Επιστήμες όπως αυτά γίνονται αντιληπτά από τους ίδιους: μια διερευνητική μελέτη. Στο Κ. Π. Κωσταντίνου, Λ. Λουκά και Χ. Παπαδημήτρη-Καχριμάνη (Επιμ.) *Πρακτικά 3^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών στην Προσχολική Εκπαίδευση*, 30 Ιανουαρίου-1 Φεβρουαρίου 2004 (185-196). Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Κύπρου. Διαθέσιμο στο https://lekythos.library.ucy.ac.cy/bitstream/handle/10797/14863/19_Kalleri.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Κότσινας, Γ. και Παπακόστας, Α.(2013). Μελέτη της επίδρασης πειράματος επίδειξης στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος στους Μαθητές Β' Λυκείου και σύγκριση αυτής με την παραδοσιακή διδασκαλία. Στο Δ. Βαβουγιός και Σ. Παρασκευόπουλος (Επιμ.) *Πρακτικά 8^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, 26-28 Απριλίου 2013 (890-899). Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Διαθέσιμο στο: HYPERLINK "<http://www.8sefepet.uth.gr/>" <http://www.8sefepet.uth.gr/>

Κολτσάκης, Ε. & Πιερράτος, Θ. (2006). Σχεδιασμός διδακτικών παρεμβάσεων με βάση τις αντιλήψεις των μαθητών για το ηλεκτρικό κύκλωμα. Πρακτικά Εργασιών 11ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ε.Ε.Φ., 30 Μαρτίου-2 Απριλίου 2006, 893-896, Λάρισα Κουντουριώτης, Γ. και Μίχας, Π.(2007). Το ηλεκτρικό ρεύμα σε μικροσκοπικό επίπεδο: Απόψεις μαθητών και φοιτητών. Στο Α., Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος και Γ. Τσαπαρλής (Επίμ.) *Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση- Εκπαίδευση Εκπαιδευτών και Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου*, 15-18 Μαρτίου 2007. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Διαθέσιμο στο: HYPERLINK "http://www.kodipheet.gr" <http://www.kodipheet.gr>

Κουντουριώτης, Γ. και Μίχας, Π.(2009). Ποιες μικροσκοπικές εξηγήσεις μπορούν να δώσουν οι φοιτητές για το ηλεκτρικό ρεύμα; Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου και Α. Ζουπίδης (Επίμ.) *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση- Οι Πολλαπλές Προσεγγίσεις της Διδασκαλίας και της Μάθησης των Φυσικών Επιστημών*, 7-10 Μαΐου 2009 (429-437). Φλώρινα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Διαθέσιμο στο: HYPERLINK "http://www.uowm.gr/kodifeet" <http://www.uowm.gr/kodifeet>

Κωσταρά, Χ., & Κωστής, Κ. (2015). Διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών των πρωτοετών φοιτητών Ιατρικής Σχολής για την έννοια της Δύναμης. *Θέματα επιστημών και τεχνολογίας στην εκπαίδευση*, 8(3) , σσ. 185-200.

Κώτσης, Θ.Κ. και Ευάγγελος, Β.Φ. (2011). Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών Ε' Δημοτικού Σχολείου, μετά από πραγματικά ή εικονικά πειράματα για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. Στο Γ. Παπαγεωργίου και Γ. Κουντουριώτης (Επίμ.) *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση- Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες*, 15-17 Απριλίου 2011 (228-237). Αλεξανδρούπολη: Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. Διαθέσιμο στο: HYPERLINK "http://www.7sefepet.gr" <http://www.7sefepet.gr>

Κώτσης, Θ.Κ. και Κότσιας, Γ. (2011). Κοινές αντιλήψεις Μαθητών Β' Λυκείου και Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σε έννοιες του ηλεκτρισμού. Στο Γ. Παπαγεωργίου και Γ. Κουντουριώτης (Επίμ.) *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση-*

Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες, 15-17 Απριλίου 2011 (551-560). Αλεξανδρούπολη: Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. Διαθέσιμο στο: HYPERLINK "http://www.7sefepet.gr" <http://www.7sefepet.gr>

Μανάφη, Ι., & κ.ά. (2014). Η ελληνική πραγματικότητα. Στο Συλλογικό έργο, *Σχεδιάζοντας Διδ@σκαλίες για το Δημοτικό*. Σαΐτα.

Μαρκαντώνης, Χ., Δημητρακάκης, Κ. & Μανιάτης, Π. Γ. (2002, Σεπτέμβριος). Μια εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών με τη χρήση Η/Υ. Η περίπτωση του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Ανακοίνωση στο 4ο Συνέδριο ΕΤΠΕ, Αθήνα.

MINEDU. (2011, Μάρτιος). Αριστεία και καινοτομία στην εκπαίδευση. Αθήνα-Ελλάδα, <https://www.minedu.gov.gr/yrapegan/anakoinoseis/15700-aristeia-kai-kainotomia-stin-ekpaideysi>.

Νεδέλκου, Ο., Μπράτιτσης, Θ., Παπαδοπούλου, Π. και Καριώτογλου Π.(2015). Εφαρμογή της Αντεστραμμένης Διδασκαλίας στο μάθημα της Φυσικής Ε' Δημοτικού. Η περίπτωση του Ηλεκτρισμού. Στο Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης και Μ. Καλλέρη (Επίμ.) *Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση- Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές*, 8-10 Μαΐου 2015(1006-1011). Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Διαθέσιμο στο : HYPERLINK "http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr" <http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr>

Ντανοπούλου, Σ., Παπαλεξόπουλος, Π.Φ., Βαβουγιός, Δ. και Αβραμίδης, Η.(2015). Διδασκαλία ηλεκτρικών κυκλωμάτων σε μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες. Στο Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης και Μ. Καλλέρη (Επίμ.) *Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση- Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές*, 8-10 Μαΐου 2015(95-103). Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Διαθέσιμο στο : <http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr>

Πανταζού, Δ. και Καλογιαννάκης, Μ.(2017). Πραγματικό, Εικονικό Πείραμα ή Συνδυασμός τους; Μια μελέτη περίπτωσης στη διδασκαλία του ηλεκτρικού κυκλώματος στην Ε' Δημοτικού. Στο Δ. Σταύρου, Α. Μιχαηλίδη και Α. Κοκολάκη (Επίμ.) *Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση- Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης*, 7-9 Απριλίου 2017 (332-339). Ρέθυμνο: Πανεπιστήμιο Κρήτης. Διαθέσιμο στο : HYPERLINK "http://synedrio2017.enepnet.gr" <http://synedrio2017.enepnet.gr>

Παρασκευάς, Θ. και Αλιμήσης, Δ.(2007). Έρευνα για τις αντιλήψεις των μαθητών ΣΤ' τάξης Δημοτικού Σχολείου για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα Στο Α., Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος και Γ. Τσαπαρλής (Επίμ.) *Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση- Εκπαίδευση Εκπαιδευτών και Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου*, 15-18 Μαρτίου 2007. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Διαθέσιμο στο: HYPERLINK "http://www.kodipheet.gr" <http://www.kodipheet.gr>

Σούλιος, Ι., Γωνίδα, Ε. και Ψύλλος, Δ.(2007). Αναστοχασμός και μεταγνωστικές δεξιότητες κατά την επίλυση προβλημάτων φυσικής με απλά ηλεκτρικά κυκλώματα. Στο Α., Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος και Γ. Τσαπαρλής (Επίμ.) *Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση- Εκπαίδευση Εκπαιδευτών και Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου*, 15-18 Μαρτίου 2007. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Διαθέσιμο στο: HYPERLINK "http://www.kodipheet.gr" <http://www.kodipheet.gr>

Ταραμόπουλος, Α., Ψύλλος, Δ. & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2010). Διδασκαλία ηλεκτρικών κυκλωμάτων με το εικονικό εργαστήριο και τα applets του Ανοικτού Μαθησιακού Περιβάλλοντος (ΑΜΑΠ). Στο Α. Τζιμογιάννης (Επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»*, 23-26 Σεπτεμβρίου 2010 (Τόμ. Β, σσ. 355-363). Κόρινθος: Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου.

Ταραμόπουλος, Α., Ψύλλος, Δ. και Χατζηκρανιώτης, Ε. (2011). Μπορούν τα ανοικτά εικονικά περιβάλλοντα να χρησιμοποιηθούν στη θέση των πραγματικών εργαστηρίων; Η εμπειρία του ΑΜΑΠ στο χώρο του Ηλεκτρισμού. Στο Γ.

Παπαγεωργίου και Γ. Κουντουριώτης (Επίμ.) *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση- Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες*, 15-17 Απριλίου 2011 (679-686). Αλεξανδρούπολη: Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. Διαθέσιμο στο: HYPERLINK "http://www.7sefepet.gr" <http://www.7sefepet.gr>

Τζιμογιάννης, Α., & Μικρόπουλος, Σ. (2010). Η συμβολή των προσομοιώσεων πειραμάτων στη διδασκαλία της Υσικής: η έννοια της ταχύτητας. *Σύγχρονη Εκπαίδευση- Τρίμηνη Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, 111 , σσ. 120-130.

Τσιχουρίδης, Χ. και Βαβουγιός, Δ.(2007). Το λογισμικό μέσα από τα μάτια των μαθητών και των μαθητριών - Αξιολογώντας εκπαιδευτικό λογισμικό διδασκαλίας ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Στο Α., Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος και Γ. Τσαμπαρλής (Επίμ.) *Πρακτικά 5^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση- Εκπαίδευση Εκπαιδευτών και Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου*, 15-18 Μαρτίου 2007. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Διαθέσιμο στο: HYPERLINK “http://www.kodipheet.gr” <http://www.kodipheet.gr>