

# Η χρήση διαφορετικών πειραματικών εργαλείων για τη διδασκαλία του ηλεκτρισμού της Ε΄ τάξης του Δημοτικού

Παντάζου Δήμητρα<sup>1</sup>, Καλογιαννάκης Μιχαήλ<sup>2</sup>

[mitspan1@hotmail.com](mailto:mitspan1@hotmail.com), [mkalogian@edc.uoc.gr](mailto:mkalogian@edc.uoc.gr)

<sup>1</sup>Δασκάλα

<sup>2</sup> Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης

## Περίληψη

Η παρούσα μελέτη διερευνά την επίδραση της χρήσης διαφορετικών πειραματικών εργαλείων, συγκεκριμένα του βιωματικού πειράματος, του προσομοιωμένου με τη χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού Phet Colorado και του συνδυασμού τους στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών Ε΄ δημοτικού στο απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και στη χρήση της κεκτημένης γνώσης σε καθημερινές καταστάσεις. Αξιοποιήθηκε η πειραματική μέθοδος. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 106 μαθητές χωρισμένοι σε Ομάδα Ελέγχου, Α΄ Πειραματική και Β΄ Πειραματική Ομάδα που δέχτηκαν διδακτική παρέμβαση με τα τρία διαφορετικά πειραματικά εργαλεία. Χρησιμοποιήθηκαν φύλλα αξιολόγησης, συλλέχτηκαν δεδομένα που ταξινομήθηκαν με την ιεραρχική κλίμακα κατάταξης γνώσεων SOLO και αναλύθηκαν με το στατιστικό πακέτο SPSS. Διαπιστώθηκε ότι η χρήση του συνδυαστικού πειραματικού μέσου οδηγεί σε βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση και σε καλύτερη ικανότητα επέκτασης της κεκτημένης γνώσης στην καθημερινή ζωή, μιας και κάθε πειραματικό μέσο έχει τις δικές του μοναδικές δυνατότητες, που πρέπει να αξιοποιούνται κατά τρόπο που να ταυριάζουν στο στόχο της διδασκαλίας και στις ανάγκες κάθε πειράματος.

**Λέξεις κλειδιά:** Βιωματικό πείραμα, Προσομοιωμένο πείραμα, Phet Colorado, Εννοιολογική κατανόηση

## Εισαγωγή

Έρευνες υποστηρίζουν την αποδοτικότητα του βιωματικού πειράματος στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ), μιας και οι μαθητές αποκτούν κινητικές και διανοητικές ικανότητες, κατασκευάζουν μόνοι τους τις γνώσεις τους, αναπτύσσουν ερευνητικού τύπου δεξιότητες και ικανότητες επίλυσης προβλήματος (Zacharia & Michael, 2016). Κάποιες άλλες αμφισβητούν την παραπάνω θέση και υποστηρίζουν τη χρήση προσομοιώσεων διαπιστώνοντας ότι η δυνατότητα οπτικοποίησης των φυσικών φαινομένων, η άμεση ανατροφοδότηση για τα σφάλματα των μετρήσεων, η δυνατότητα άμεσης αναδιάταξης της πειραματικής κατασκευής και η εύκολη και γρήγορη διερεύνηση νέων πειραματικών διατάξεων οδηγεί στην κατανόηση και την άσκηση στην επιστημονική μεθοδολογία (Jaakkola & Nurmi, 2008; Κώτσης & Ευαγγέλου, 2010).

Άλλες μελέτες ερευνούν τα αποτελέσματα της χρήσης συνδυασμού πραγματικού και εικονικού πειράματος και διαπιστώνουν ισχυρότερη εννοιολογική κατανόηση (Jong, Linn & Zacharia, 2013), ακόμα και χωρίς ρητή καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό (Jaakkola, Nurmi & Veermans, 2011) και στατιστικά σημαντικότερο πέρασμα από τις αρχικές ιδέες των μαθητών στις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις (Jaakkola & Nurmi, 2008).

Μετά από σχετική βιβλιογραφική επισκόπηση διαπιστώθηκε ότι δεν έχουν διεξαχθεί έρευνες με μαθητές δημοτικών στην ενότητα του ηλεκτρισμού για την αξιολόγηση της επίδρασης της χρήσης των τριών διαφορετικών πειραματικών εργαλείων - βιωματικού, προσομοιωμένου πειράματος και του συνδυασμού τους στην εννοιολογική κατανόηση και στην ικανότητα επέκτασης της αποκτηθείσας γνώσης στην καθημερινή ζωή. Με βάση τα παραπάνω προέκυψε η ανάγκη διεξαγωγής της παρούσας έρευνας. Τα ερευνητικά ερωτήματα διαμορφώθηκαν ως εξής:

- (1) Πώς σχετίζεται η χρήση του βιωματικού πειράματος, του προσομοιωμένου και του συνδυασμού τους με το βαθμό εννοιολογικής κατανόησης του «απλού ηλεκτρικού κυκλώματος» στους μαθητές της Ε' Δημοτικού;
- (2) Πώς σχετίζεται η χρήση των τριών παραπάνω πειραματικών εργαλείων με την ικανότητα επέκτασης της κεκτημένης γνώσης στην εξήγηση καθημερινών καταστάσεων για τον ηλεκτρισμό;

### **Το λογισμικό Phet Colorado**

Η παρούσα έρευνα χρησιμοποίησε για τα εικονικά πειράματα το λογισμικό Phet Colorado (<https://phet.colorado.edu/el/>). Το έργο Phet Colorado έχει σχεδιάσει 132 προσομοιώσεις που καλύπτουν όλο σχεδόν το πρόγραμμα σπουδών των Φυσικών επιστημών από το Δημοτικό έως και το Λύκειο, έχουν ελεγχθεί με συνεντεύξεις μαθητών πριν από τη χρήση τους και είναι ελεύθερα διαθέσιμο online. Οι προσομοιώσεις του λογισμικού αυτού είναι δυναμικές και προσφέρουν κινούμενη ανάδραση στο δράστη με διασκεδαστικές παιγνιώδεις δραστηριότητες.

Μια ποικιλία εικονικών εργαλείων παρατήρησης και μετρήσεων προβλέπεται για την ενθάρρυνση των μαθητών. Συγκεκριμένα, στις προσομοιώσεις που αφορούν την ενότητα του ηλεκτρισμού στο Δημοτικό, η κατασκευή απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων προσομοιώνει τη συμπεριφορά τους σε ανοιχτό εκπαιδευτικό περιβάλλον, όπου οι μαθητές μπορούν να χειριστούν καλώδια, αντιστάτες μπαταρίες κτλ. Κάθε στοιχείο έχει παραμέτρους λειτουργίας όπως αντίσταση ή τάση που μπορούν να μεταβάλλονται από το χρήστη και να μετρείται η ένταση με αμπερόμετρο και η τάση με βολτόμετρο σε διάφορα σημεία του κυκλώματος. Οι λαμπτήρες έχουν μοντελοποιηθεί ως «ωμικοί» προκειμένου να δοθεί έμφαση στο βασικό μοντέλο κυκλώματος που παρουσιάζεται στα εισαγωγικά μαθήματα φυσικής. Η προσθετική αξία του λογισμικού Phet Colorado είναι ότι προσομοιώνει εξαιρετικά το μικρόκοσμο μέσα από κινούμενη εικόνα δίνοντας τη δυνατότητα για τη μέγιστη εφαρμογή του προτύπου αυτού στην ερμηνεία των μακροσκοπικών φαινομένων (Finkelstein et al., 2005).

### **Μεθοδολογία**

Η ερευνητική μέθοδος που επιλέχθηκε είναι ο πειραματικός σχεδιασμός. Το πείραμα είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί μια ιδέα ή μια πρακτική και να διαπιστωθεί πόσο επηρεάζει κάποιο αποτέλεσμα. Εφαρμόζεται όταν πρέπει να εξακριβωθεί η ύπαρξη σχέσης αιτίας- αποτελέσματος ανάμεσα σε μια ανεξάρτητη και μια εξαρτημένη μεταβλητή (Creswell, 2011). Στην παρούσα έρευνα ανεξάρτητη μεταβλητή ήταν το είδος του πειραματικού εργαλείου: βιωματικό, προσομοιωμένο ή συνδυασμός βιωματικού και προσομοιωμένου πειράματος, στη διδασκαλία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος σε μαθητές της Ε' Δημοτικού. Εξαρτημένες μεταβλητές ήταν ο βαθμός εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών στην παραπάνω έννοια και η ικανότητα επέκτασης της κεκτημένης γνώσης στη εξήγηση καταστάσεων της καθημερινής ζωής. Οι ερευνητές

χειρίζονται τις συνθήκες (ανεξάρτητες μεταβλητές) που θα επηρεάσουν τα γεγονότα (εξαρτημένες μεταβλητές), που ενδιαφέρεται να μελετήσει (Cohen, Manion & Morisson, 2008).

Στην έρευνα πήραν μέρος τρεις αριθμητικά ισοδύναμες ομάδες. Η ομάδα ελέγχου (control group), που διδάχτηκε το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με την εμπλοκή των μαθητών σε βιωματικό πείραμα, όπως προβλέπεται άλλωστε και από τις επίσημες οδηγίες διδασκαλίας της ενότητας του ηλεκτρισμού (Π.Ι., 2003) και δύο πειραματικές ομάδες (experimental groups). Η πρώτη πειραματική ομάδα (Α' experimental group) διεξήγαγε προσομοιωμένα πειράματα στο διαδραστικό πίνακα με τη χρήση του λογισμικού Phet Colorado και η δεύτερη πειραματική ομάδα (Β' experimental group) διεξήγαγε και βιωματικά και προσομοιωμένα πειράματα με το ίδιο λογισμικό. Η διδακτική μέθοδος ακολούθησε το ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο που διέπεται από τις αρχές του εποικοδομητισμού και ακολουθεί τα πέντε στάδια του εισαγωγικού ερεθίσματος, διατύπωση υπόθεσης, πειραματική αντιμετώπιση (οργάνωση πειράματος, μετρήσεις, καταγραφή), εξαγωγή συμπερασμάτων και εμπέδωση -γενίκευση.

Τα πειράματα είτε βιωματικά, είτε προσομοιωμένα έγιναν σε τριμελείς ή τετραμελείς ομάδες. Στα προσομοιωμένα πειράματα ένας μαθητής από κάθε ομάδα, διαφορετικός κάθε φορά, σηκωνόταν στο διαδραστικό πίνακα και εκτελούσε με την καθοδήγηση του δασκάλου το πείραμα, που προβλεπόταν σε κατάλληλα διαμορφωμένο από τον ερευνητή φύλλο εργασίας.

### **Οι συμμετέχοντες**

Τον πληθυσμό - στόχο της έρευνας αποτέλεσαν 6 τμήματα της Ε' τάξης του 25<sup>ου</sup> του 174<sup>ου</sup> και του 112<sup>ου</sup> δημοτικού σχολείου Αθηνών. Την ομάδα ελέγχου αποτέλεσαν 36 μαθητές του Ε1 τμήματος του 25<sup>ου</sup> και του 174<sup>ου</sup> δημοτικού, την Α' πειραματική ομάδα 35 μαθητές του Ε2 τμήματος του 174<sup>ου</sup> και του 112<sup>ου</sup> δημοτικού και την Β' πειραματική ομάδα 35 μαθητές του Ε1 και του Ε2 τμήματος του 112<sup>ου</sup> και του 25<sup>ου</sup> δημοτικού αντίστοιχα.

Και στα 6 τμήματα έγινε διδακτική παρέμβαση 3 ωρών όπως προβλέπεται και από την αναδιάρθρωση, εξορθολογισμό και διαχείριση της διδακτέας ύλης του ΑΠΣ των Φυσικών της Ε' Δημοτικού (αριθμ. 57/23-09-2013 Πράξη του Δ.Σ. του Ι.Ε.Π). Καμία από τις πειραματικές ομάδες δεν είχε εμπειρία διδασκαλίας με διαδραστικό πίνακα μιας και δεν υπήρχε στις τάξεις τους. Στις ομάδες αυτές δόθηκε μια επιπλέον διδακτική ώρα για εξοικείωση με το διαδραστικό πίνακα και το λογισμικό Phet Colorado, διαδικασία απαραίτητη για τη βελτίωση της διδακτικής αποτελεσματικότητάς του, μιας και ενισχύεται η ικανότητα ανάγνωσης της οπτικής γλώσσας του λογισμικού.

Τα παιδιά που συμμετείχαν στις ομάδες της έρευνας ήταν τυχαία κατανομημένα. Το πλεονέκτημα του τυχαίου καταμερισμού είναι ότι «οποιοδήποτε συστηματικό σφάλμα του δείγματος στα προσωπικά χαρακτηριστικά των ατόμων που συμμετέχουν στο πείραμα να κατανέμεται εξίσου στις ομάδες» (Creswell, 2011, σελ. 334). Με την τυχαιοποίηση εξασφαλίζεται ο έλεγχος των άσχετων χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων που μπορεί να επηρεάσουν τα αποτελέσματα και επιτρέπεται η νόμιμη χρήση «μεγάλης γκάμας στατιστικών ελέγχων συμπερασματολογίας» (Robson, 2010, p. 136).

### **Πειραματικός σχεδιασμός -Συλλογή δεδομένων**

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε τρία στάδια:

- (1) Μελέτη αρχικής κατάστασης με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων 7 ερωτήσεων-Pre-test.
- (2) Διδακτική παρέμβαση τριών ωρών με το Ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο.
- (3) Μέτρηση συνεπειών παρέμβασης με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων 7 ερωτήσεων - Post-test.

Τα ερωτηματολόγια της έρευνας στόχευαν να διερευνήσουν τις αρχικές ιδέες των παιδιών (Pre-test) και το βαθμό εννοιολογικής κατανόησής τους αναφορικά με το ηλεκτρικό κύκλωμα, κατά πόσο, δηλαδή, οι μαθητές μετακινήθηκαν μετά τη διδακτική παρέμβαση από τις αρχικές τους ιδέες -μονοπολικό μοντέλο, μοντέλο συγκρουόμενων ρευμάτων, εξασθένησης ρεύματος, μεριστικό μοντέλο- (Post-test ). Τα Pre-test και Post-test, που ήταν σχεδόν ίδια περιλάμβαναν ερωτήσεις κλειστού τύπου που ακολουθούνταν από τρεις έως πέντε προκαθορισμένες απαντήσεις αλλά και την εξήγηση κάθε επιλογής και ερωτήσεις καθαρά ανοιχτές, όπου οι μαθητές θα επιχειρηματολογούσαν πάνω στην εξήγησή τους.

Η συλλογή των δεδομένων έγινε με την αποδελτίωση των οπτικών και λεκτικών δεδομένων των ερωτηματολογίων μέσω της ιεραρχικής κλίμακας κατάταξης γνώσεων SOLO. Η ταξινομία SOLO στηρίζεται στην άποψη ότι η γνώση δεν μπορεί να περιγραφεί μόνο με ποσοτικά στοιχεία , με τον αριθμό δηλαδή των σωστών απαντήσεων του υποκειμένου που εξετάζεται. Αντίθετα, η γνώση πρέπει να περιγράφεται με ποιοτικά στοιχεία που δίνουν βαρύτητα στο γνωστικό περιεχόμενο των απαντήσεων και όχι στην ποσότητά τους. Η ποιοτική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών ταξινομείται σε πέντε στάδια-επίπεδα που εκφράζουν την εξέλιξη της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών πάνω σε ένα γνωστικό αντικείμενο (Μπέλλου, 2003). Τα διαφορετικά στάδια-επίπεδα εκφράζουν την αυξανόμενη επιτήδευση στην ικανότητα επίλυσης κάποιων προβλημάτων (Μπαρκάτσας, 1999).

Η ταξινομία SOLO παρέχει την δυνατότητα κατηγοριοποίησης των επιδόσεων των μαθητών ως προς την εννοιολογική κατανόηση αξιοποιώντας τη δομή του παρατηρούμενου μαθησιακού προϊόντος (Μπαρκάτσας, 1999). Ως εκ τούτου, κάθε απάντηση των μαθητών αξιολογήθηκε ποιοτικά και αναλύθηκε ως προς τις ακόλουθες συνιστώσες:

- (1) Εντοπισμός στοιχείων που περιγράφονται και παραγόντων που εξετάζονται σε μια αιτιολόγηση.
- (2) Συσχετισμός των δεδομένων (στοιχείων και παραγόντων).
- (3) Εξαγωγή τεκμηριωμένου συμπεράσματος.

Από την αξιολόγηση αυτή προέκυψε για κάθε απάντηση των μαθητών και των τριών ομάδων - Ομάδα ελέγχου, Α' Πειραματική Ομάδα και Β' Πειραματική Ομάδα (για συντομία ΟΕ, ΑΡΟ, ΒΡΟ αντιστοίχα) μια τιμή από το 1-5 που αντιστοιχεί στα πέντε επίπεδα- προδομικό, μονοδομικό, πολυδομικό, συσχετιστικό και θεωρητικής γενίκευσης- της ταξινομίας SOLO και προσδιορίζει το επίπεδο εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών στο ερώτημα που κάθε φορά ερευνάται.

### **Ανάλυση δεδομένων**

Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στα φύλλα αξιολόγησης όπως αυτή προέκυψε με την ταξινομία SOLO, έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS v.20. Για κάθε ερώτηση και τον

τριών ομάδων έγινε αρχικά στα pre-test και post-test στατιστικός έλεγχος κατανόησης μέσω σύγκρισης των μέσων όρων των δειγμάτων. Για να ελεγχθεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην κατανόηση των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση έγινε έλεγχος κανονικότητας της κατανομής (Analyze → Descriptive Statistics → Explore) και αφού διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει κανονική κατανομή των αποτελεσμάτων των δειγμάτων, άρα δεν ικανοποιούνται τα κριτήρια t-test του παραμετρικού ελέγχου, ακολουθήθηκε μη παραμετρικός έλεγχος, όπου δεν εξετάστηκε η ισότητα των μέσων όρων αλλά η ομοιογένεια.

Ακολουθήθηκε ανά δύο σύγκριση των post-test των ομάδων, ΟΕ-ΑΡΟ, ΟΕ-ΒΡΟ και ΑΡΟ-ΒΡΟ με μη παραμετρική ανάλυση μέσω της διαδικασίας Independent Samples και το δείκτη Kruskal-Wallis, που συγκρίνει ανεξάρτητα μεταξύ τους δείγματα, μιας και κανένα μέλος από τις τρεις ερευνητικές ομάδες δεν συμμετείχε και σε άλλη ομάδα. Αν το significance level ήταν μεγαλύτερο από 0,05 τότε δεν απορριπτόταν η μηδενική υπόθεση, ότι, δηλαδή δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής πάνω στην εξαρτημένη. Αν το significance level ήταν μικρότερο από 0,05, τότε απορριπτόταν η μηδενική υπόθεση και υπήρχε στατιστικά σημαντική επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής πάνω στην εξαρτημένη.

### **Αποτελέσματα -Συμπεράσματα**

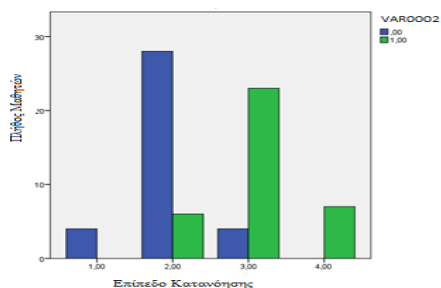
Στο παρόν κείμενο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα- συμπεράσματα των τριών από τις επτά ερωτήσεις που δόθηκαν στους μαθητές (βλπ. Παράρτημα) της έρευνας. Οι δύο πρώτες ερωτήσεις αφορούν το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, ως προς το βαθμό κατανόησης του διπολικού μοντέλου του κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος και τη διατήρηση της έντασης του ρεύματος σε όλα τα σημεία του και η τρίτη το δεύτερο ερώτημα, την ικανότητα, δηλαδή, επέκτασης της κερκτημένης γνώσης στην καθημερινή ζωή.

### **Μοντέλο κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος**

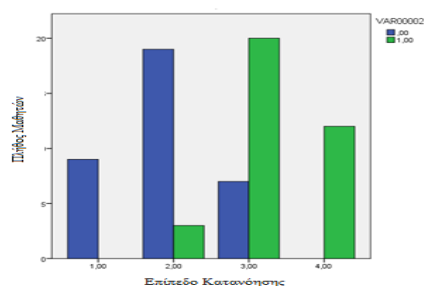
Από την 1<sup>η</sup> ερώτηση, η οποία ελέγχει αν τα παιδιά κατανοούν το σωστό διπολικό μοντέλο του κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος, διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις των ομάδων ΟΕ- ΑΡΟ, ούτε στις ομάδες ΑΡΟ- ΒΡΟ. Πάραυτα φαίνεται στατιστικά σημαντική διαφορά στις επιδόσεις ΟΕ- ΒΡΟ. Το αποτέλεσμα αυτό, ενώ φαίνεται αρχικά αντιφατικό, μπορεί να εξηγηθεί λογικά συσχετίζοντας τα χαρακτηριστικά της ερώτησης με τις μέσες τιμές επίδοσης που πέτυχε κάθε ομάδα χωριστά.

Η ερώτηση απαιτεί συνδυασμό ανάπτυξης κινητικών δεξιοτήτων και εννοιολογικής κατανόησης για την αναγνώριση των δύο επαφών ενός λαμπτήρα, των δύο πόλων μιας μπαταρίας και του σωστού τρόπου σύνδεσής τους για να φωτοβολήσει ο λαμπτήρας. Έτσι οι ομάδες ΟΕ και ΑΡΟ ξεκινώντας από ανάλογο στάδιο κατανόησης (αρχικές ιδέες), αξιοποιώντας κάθε μια τις μοναδικές και διαφορετικές δυνατότητες του βιωματικού και του προσομοιωμένου πειράματος πέτυχαν ισοδύναμα αποτελέσματα. Επίσης, οι ομάδες ΑΡΟ και ΒΡΟ δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις τους. Η διδακτική παρέμβαση και στις δύο ομάδες περιλαμβάνει προσομοιωμένο πείραμα που επηρεάζει θετικά την εννοιολογική κατανόηση μαθητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα, μιας και προσφέρει στο μαθητή άμεση ανατροφοδότηση σχετικά με τα σφάλματά του και δυνατότητα άμεσης αναδιάταξης της πειραματικής κατασκευής, δυνατότητα εκτέλεσης ευρέως φάσματος πειραμάτων σε δεδομένο χρόνο, άρα περισσότερες πειραματικές εμπειρίες και πάντα παρατηρήσιμα αποτελέσματα χωρίς να έχει σημασία πόσο πολύπλοκο είναι το

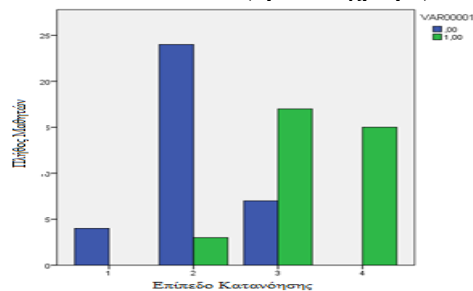
κόκλωμα (Zacharia & Michael, 2016). Οι ομάδες με στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις ήταν η ΟΕ και η ΒΡΟ, με τη δεύτερη να πετυχαίνει αρκετά υψηλότερες επιδόσεις. Παρόλο που δεν υποτιμώνται οι μοναδικές δυνατότητες των βιωματικών πειραμάτων, που είναι οι απτές αισθητηριακές πληροφορίες, η απόκτηση ψυχοκινητικών δεξιοτήτων, η παρουσία των σφαλαμάτων μέτρησης, στοιχεία που αποτελούν τη βάση της συνειδητής μνήμης και μάθησης (Zacharia & Michael, 2016), φάνηκαν για τις ανάγκες της πρώτης ερώτησης ανεπαρκείς. Η ομάδα ΒΡΟ που εκμεταλλεύεται τις δυνατότητες και των δύο πειραματικών μέσων υπερτερεί σημαντικά.



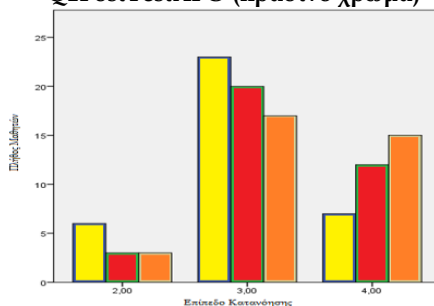
Σχήμα 1. Σύγκριση μέσων τιμών Q1PreTestOE (μπλε χρώμα) και Q1PostTestOE (πράσινο χρώμα)



Σχήμα 2. Σύγκριση μέσων τιμών Q1PreTestAPO (μπλε χρώμα) και Q1PostTestAPO (πράσινο χρώμα)



Σχήμα 3. Σύγκριση μέσων τιμών Q1PreTestBPO (μπλε χρώμα) και Q1PostTestBPO (πράσινο χρώμα)



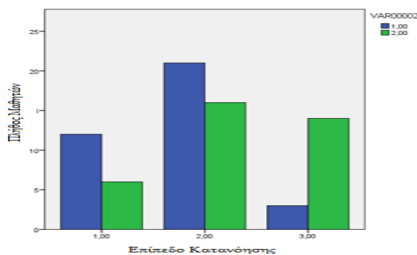
Σχήμα 4. Σύγκριση μέσων τιμών Q1PostTestOE (κιτρινο χρώμα)-Q1PostTestAPO (κόκκινο χρώμα)-Q1PostTestBPO (πορτοκαλί χρώμα)

### Διατήρηση ή όχι του μοντέλου της εξασθένησης του ρεύματος

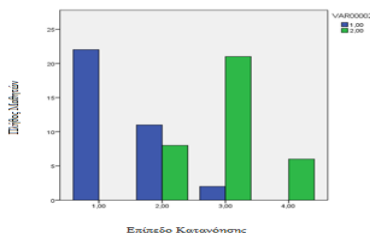
Στη 2<sup>η</sup> ερώτηση ελέγχεται η διατήρηση ή όχι του μοντέλου της εξασθένησης του ρεύματος μετά τη διδακτική παρέμβαση. Οι περισσότεροι μαθητές της ομάδας ΟΕ έφτασαν στο μονοδομικό μοντέλο μετά τη διδασκαλία, δεν παρατηρείται δηλαδή μεγάλη μετακίνηση από τις αρχικές τους ιδέες. Αντίθετα οι μαθητές των ομάδων ΑΡΟ και ΒΡΟ εμφάνισαν σημαντικότερη μετακίνηση (βελτίωση) προς την επιστημονική άποψη πλησιάζοντας το πολυδομικό μοντέλο εννοιολογικής κατανόησης. Ως εκ τούτου, στις ομάδες ΟΕ-ΑΡΟ και ΟΕ-ΒΡΟ παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις μετά τη διδακτική παρέμβαση, ενώ στις ομάδες ΑΡΟ-ΒΡΟ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές

διαφοροποιήσεις. Τα αποτελέσματα αυτά πιθανότατα εξηγούνται με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε πειραματικού εργαλείου. Η ομάδα ΟΕ, που εμπλέκεται στο βιωματικό πείραμα, έρχεται αντιμέτωπη με τα σφάλματα των μετρήσεων της έντασης με τη χρήση αμπερόμετρου. Η μέτρηση με το αμπερόμετρο στη τάξη έδειχνε 0.23Α πριν το λαμπτήρα και 0.22Α μετά (διαφορά ασήμαντη, που μπορεί να οφείλεται στην αντίσταση ή το μήκος του καλωδίου κτλ.), διαφορά, όμως, που οδηγεί στην εγκαθίδρυση της παρανόησης ότι το ρεύμα εξασθενεί-καταναλώνεται μετά τη διέλευση του από τον λαμπτήρα.

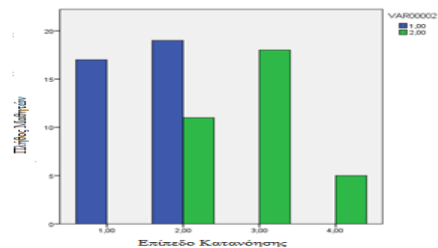
Οι ομάδες ΑΡΟ και ΒΡΟ, αντίθετα, εμπλέκονται με προσομοιώσεις, έχουν τη δυνατότητα, λοιπόν, να δοκιμάζουν διάφορες πειραματικές διατάξεις γρήγορα και εύκολα τοποθετώντας το προσομοιωμένο αμπερόμετρο σε διάφορα σημεία του κυκλώματος. Παίρνουν άμεση παρατηρήσιμη ανατροφοδότηση, ότι δηλαδή η ένταση του ρεύματος διατηρείται σταθερή σε όλα τα σημεία του κυκλώματος, χωρίς την ελάχιστη παρέκκλιση (σε ένα λογισμικό ελέγχονται απόλυτα όλες οι παράμετροι και δε γίνονται σφάλματα), που δίνει τη δυνατότητα για παραγωγικές συζητήσεις εννοιολογικού περιεχομένου (Zacharia & Michael, 2016). Η ομάδα ΒΡΟ, μάλιστα, που ενεπλάκη πρώτα με προσομοιωμένο πείραμα και έπειτα με βιωματικό πέτυχε τις καλύτερες επιδόσεις, αφού οι μαθητές συλλαμβάνουν πρώτα τις θεωρητικές αρχές που διέπουν ένα κύκλωμα ότι, δηλαδή, όλα τα στοιχεία ενός κυκλώματος αλληλεπιδρούν, πως ότι συμβαίνει σε ένα σημείο του κυκλώματος το επηρεάζει ολόκληρο, ανεξάρτητα από το σημείο που συνέβη η αλλαγή (Driver et al., 1998) και έπειτα αμφισβητούν τις διαισθητικές τους αντιλήψεις μέσω πραγματικού βιώματος, αποδεικνύοντας ότι οι παραπάνω θεωρητικές αρχές ισχύουν στην πραγματικότητα (Jaakkola & Nurmi, 2008).



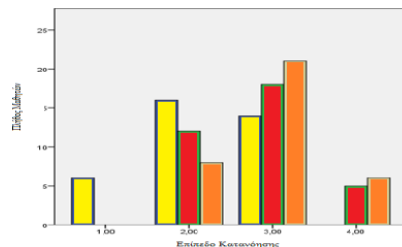
Σχήμα 5. Σύγκριση μέσων τιμών Q2PreTestOE (μπλε χρώμα) και Q2PostTestOE (πράσινο χρώμα)



Σχήμα 7. Σύγκριση μέσων τιμών Q2PreTestAPO (μπλε χρώμα) και Q2PostTestAPO (πράσινο χρώμα)



Σχήμα 6. Σύγκριση μέσων τιμών Q2PreTestAPO (μπλε χρώμα) και Q2PostTestAPO (πράσινο χρώμα)



Σχήμα 8. Σύγκριση μέσων τιμών Q2PreTestAPO (κίτρινο χρώμα), Q2PostTestAPO (κόκκινο χρώμα) και Q2PostTestAPO (πορτοκαλί χρώμα)

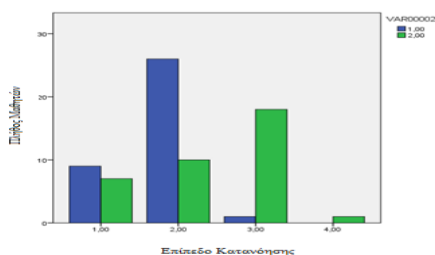
Q2PreTestBPO (μπλε χρώμα) και  
Q2PostTestBPO (πράσινο χρώμα)

Q2PostTestOE (κίτρινο χρώμα)-  
Q2PostTestAPO (κόκκινο χρώμα)-  
Q2PostTestBPO (πορτοκαλί χρώμα)

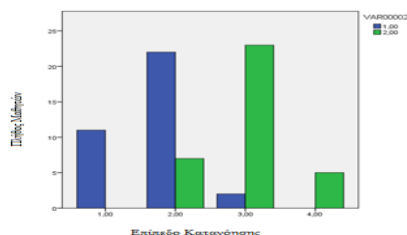
### Ερμηνεία θεμάτων σχετικών με τον ηλεκτρισμό στην καθημερινή ζωή

Η 3<sup>η</sup> ερώτηση παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί ελέγχει κατά πόσο οι μαθητές αυτά που διδάχτηκαν μπορούν να τα εφαρμόσουν, για να εξηγήσουν θέματα που σχετίζονται με τον ηλεκτρισμό στην καθημερινή ζωή. Η ερώτηση ερευνά αν οι μαθητές με τις γνώσεις που απέκτησαν για τη συνδεσμολογία ενός κυκλώματος, μπορούν να εξηγήσουν τη λειτουργία ενός πορτατίφ. Οι ομάδες OE, APO και BPO ξεκίνησαν στα pre-test από αντίστοιχο επίπεδο εννοιολογικής κατανόησης, το μονοδομικό (δεύτερο) επίπεδο κατανόησης. Οι περισσότεροι, όμως, μαθητές της OE μετά την παρέμβαση με βιωματικό πείραμα παρέμειναν στο μονοδομικό επίπεδο κατανόησης, πετυχαίνοντας ελάχιστα καλύτερες επιδόσεις από τις αρχικές τους. Οι μαθητές της APO κατέκτησαν το πολυδομικό (τρίτο) επίπεδο κατανόησης, ενώ οι μαθητές της BPO πέτυχαν τις καλύτερες επιδόσεις, ξεπερνώντας αρκετά το πολυδομικό επίπεδο. Είναι ενδιαφέρον, να παρατηρηθούν και συσχετιστούν τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης ερώτησης με αυτά της 1ης, που ελέγχει την κατανόηση της συνδεσμολογίας σε ένα κλειστό κύκλωμα και την απόκτηση της επιστημονικά σωστής άποψης.

Ενώ οι μαθητές του βιωματικού πειράματος στην πρώτη ερώτηση μετά την παρέμβαση κατακτούν το πολυδομικό (τρίτο) επίπεδο κατανόησης, οι ίδιοι μαθητές στην τρίτη ερώτηση παραμένουν στο μονοδομικό (δεύτερο) επίπεδο. Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι οι μαθητές με το βιωματικό πείραμα μέσα από τις απτές αισθητηριακές εμπειρίες αποκτούν ψυχοκινητικές δεξιότητες χειρισμού των στοιχείων ενός κυκλώματος, αλλά αυτές δεν συνοδεύονται από βαθιά εννοιολογική κατανόηση, απαραίτητη για την επέκταση των γνώσεων σε καθημερινές καταστάσεις. Απεναντίας οι ομάδες APO και BPO παρουσίασαν ανάλογα αποτελέσματα και στην πρώτη και στην τρίτη ερώτηση, που σημαίνει ότι οι μαθητές αφού κατανοούν τον τρόπο σύνδεσης ενός κυκλώματος μπορούν να επεκτείνουν και να εφαρμόσουν τη γνώση και στην πραγματική ζωή.

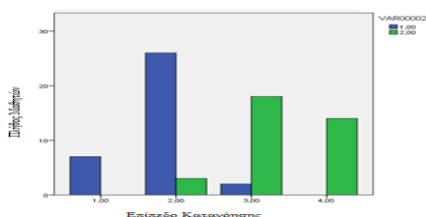


Σχήμα 9. Σύγκριση μέσων τιμών  
Q3PreTestOE (μπλε χρώμα) και  
Q3PostTestOE (πράσινο χρώμα)

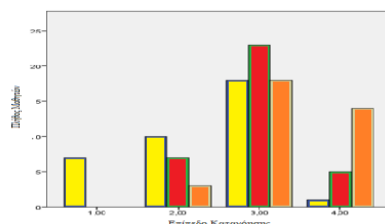


Σχήμα 10. Σύγκριση μέσων τιμών  
Q3PreTestAPO (μπλε χρώμα) και  
Q3PostTestAPO (πράσινο χρώμα)





Σχήμα 11. Σύγκριση μέσων τιμών Q3PreTestBPO (μπλε χρώμα) και Q3PostTestBPO (πράσινο χρώμα)



Σχήμα 12. Σύγκριση μέσων τιμών Q3PostTestOE (κίτρινο χρώμα)- Q3PostTestAPO (κόκκινο χρώμα)- Q3PostTestBPO (πορτοκαλί χρώμα)

## Συζήτηση - Προοπτικές

Με την παρούσα έρευνα διαπιστώνεται ότι και η χρήση βιωματικού πειράματος και η χρήση προσομοιωμένου πειράματος βελτιώνουν την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών. Με την αξιοποίηση όμως του συνδυασμού τους στη διδασκαλία επιτυγχάνονται καλύτερα αποτελέσματα και στην βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών και στην εφαρμογή- επέκταση της κερκτημένης γνώσης στην καθημερινή ζωή. Αυτό συμβαίνει γιατί κάθε πειραματικό μέσο έχει τις δικές του μοναδικές δυνατότητες, που πρέπει να αξιοποιούνται κατά τρόπο που να ταιριάζουν στις ανάγκες κάθε πειράματος, άρα είναι σημαντικό να μπορεί το ένα να συμπληρώσει το άλλο. Προτείνεται, λοιπόν, συμπερίληψη προσομοιωμένων πειραμάτων στην διδασκαλία του ηλεκτρισμού, κάτι που προϋποθέτει αναδιάρθρωση του προγράμματος σπουδών των Φυσικών Επιστημών και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών.

Για να μπορεί κανείς να μιλά με μεγαλύτερη ασφάλεια για τη σημασία και αναγκαιότητα χρήσης νέων εκπαιδευτικών περιβαλλόντων στην εκπαιδευτική διαδικασία, όπως είναι ο συνδυασμός προσομοιωμένων και βιωματικών πειραμάτων, είναι απαραίτητο να επεκταθεί η έρευνα και σε άλλες ενότητες των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση διαφόρων εκπαιδευτικών λογισμικών. Θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η διεξαγωγή της παρούσας έρευνας σε ευρύτερο γεωγραφικά δείγμα μαθητών με διαφορετικά δημογραφικά χαρακτηριστικά, για να διερευνηθεί αν θα υπήρχαν ανάλογα αποτελέσματα. Επίσης, ιδιαίτερη σημασία για τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό θα είχε να ερευνηθεί αν η βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση που επιτυγχάνεται με τη χρήση συνδυασμού πειραματικών μέσων έχει «διάρκεια». Με αφετηρία αυτόν τον εκπαιδευτικό προβληματισμό θα μπορούσε να ερευνηθεί στο υπάρχον δείγμα της παρούσας έρευνας μετά από μερικούς μήνες το επίπεδο διατήρησης της εννοιολογικής κατανόησης. Ο χώρος της έρευνας παραμένει ανοιχτός για να δώσει απαντήσεις σε εκπαιδευτικές αγωνίες και προβληματισμούς.

## Αναφορές

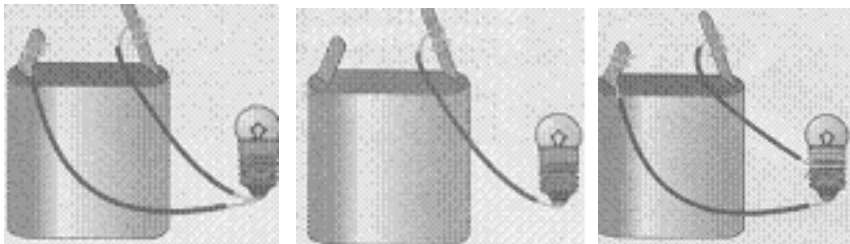
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson V. (1998). *Οικο-δομώντας τους έννοιες των Φυσικών Επιστημών-Μια Παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*. Αθήνα: Τοπωθήτω.
- Cohen, L., Manion, L., & Morisson, K. (2008). *Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας* (μτφ. Σ. Κυρανάκης, Μ. Μαυράκη, Χ. Μητροπούλου, Π. Μπιθάρα & Μ. Φιλοπούλου). Αθήνα: Μεταίχιμο.

- Creswell, J. W. (2011). *Η έρευνα στην εκπαίδευση: σχεδιασμός, διεξαγωγή και αξιολόγηση τους ποσοτικής και ποιοτικής έρευνας* (μτφ. Ν. Κουβαράκου). Αθήνα: Έλλην.
- Robson, C. (2010). *Η έρευνα του πραγματικού κόσμου* (μτφ. Β. Νταλάκου & Κ. Βασιλικού). Αθήνα: Gutenberg.
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid, S., & Le Master, R. (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(2005), 010103- 010103-8.
- Jaakkola, T., & Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(1), 271-283.
- Jaakkola, T., Nurmi, S., & Veermans, K. (2011). A Comparison of Students' Conceptual Understanding of Electric Circuits in Simulation Only and Simulation Laboratory Contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 71-93.
- Jong, T., Linn, M., & Zacharia, Z. (2013). Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. *Science*, 340(2013), 305-308. Ανακτήθηκε στις 10 Οκτωβρίου από [www.sciencemag.org/special/education2013](http://www.sciencemag.org/special/education2013)
- Zacharia, Z., & Michael, M. (2016). Using Physical and Virtual Manipulatives to Improve Primary School Students' Understanding of Concepts of Electric Circuits, In M. Riopel & Z. Smyrniou (Eds), *New Developments in Science and Technology Education*, (pp. 125-140). New York: Springer.
- Κώτοης, Κ., & Ευαγγέλου, Φ. (2010). Μαθησιακά αποτελέσματα μετά από την εκτέλεση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής σε μαθητές Πέμπτης και Έκτης Δημοτικού σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 3(3), 141-158.
- Μπαρκάτσας, Α. (1999). Η Ταξινόμηση SOLO (Structure of the Observed Learning Outcome-Δομή Παρατηρούμενου Μαθησιακού Προϊόντος) και οι εφαρμογές της στη Μαθηματική Παιδεία. Μια σύγχρονη θεωρία μάθησης με τεράστιο ερευνητικό και αξιολογικό δυναμικό. *Πρακτικά 16<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας*, (σσ. 88-98), Λάρισα 12-14 Νοεμβρίου 1999. Ανακτήθηκε στις 8 Ιανουαρίου 2016 από <https://eudml.org/doc/236832>
- Μπέλλου, Ι. (2003). Ποιοτική αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών μετά την αλληλεπίδρασή τους με εκπαιδευτικό λογισμικό. Στο Μ. Ιωσηφίδου & Ν. Τζιμόπουλος (Επ.), *Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη»* (τ.Β, σ. 85-95). Σόρος 9-11 Μαΐου 2003, Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών. Ανακτήθηκε στις 8 Ιανουαρίου 2016 από <http://www.etpe.gr/custom/pdf/etpe705.pdf>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1. Παρατήρησε τις παρακάτω εικόνες και απάντησε ξεχωριστά για κάθε εικόνα εάν ανάβει ή δεν ανάβει το λαμπάκι.

Σημείωσε "Χ" στο τετράγωνο της απάντησης που θεωρείς σωστή:



(Φυσικά Δημοτικού «Ερευνώ και Ανακαλύπτω», σελ.102)

Ανάβει       Ανάβει       Ανάβει   
 Δεν ανάβει       Δεν ανάβει       Δεν ανάβει

Εξηγώ:

---



---



---



---

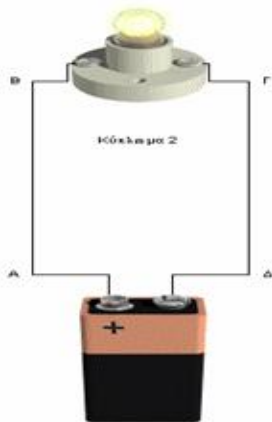


---

2. Στο παρακάτω κύκλωμα όταν το λαμπάκι φωτοβολήσει το ρεύμα επιστρέφει στην μπαταρία:

Βάλε Χ κάτω από την απάντηση που θεωρείς σωστή:

Λιγότερο	Περισσότερο	Το ίδιο	Δε γνωρίζω
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Εξηγώ: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

3. Αν παρατηρήσεις ένα φωτιστικό γραφείου θα διαπιστώσεις ότι υπάρχει μόνο ένα καλώδιο που συνδέει τη λάμπα του φωτιστικού με την πρίζα. Μπορείς να εξηγήσεις πως είναι δυνατή η σύνδεση μόνο του ενός καλωδίου της λάμπας του φωτιστικού με την πρίζα, έτσι ώστε η λάμπα να ανάβει;

---

---

---

---

---

---

---

---