ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

**Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση**

Τόμ. 3, Αρ. 3 (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

*Κωνσταντίνος Κώτσης, Φίλιπος Β. Ευαγγέλου*

**Βιβλιογραφική αναφορά:**

Κώτσης Κ., & Ευαγγέλου Φ. Β. (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. ανακτήθηκε από https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/thete/article/view/44656

# 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

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης και Φίλιππος Β. Ευαγγέλου
kkotsis@cc.uoi.gr, me01019@cc.uoi.gr

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

**Περίληψη**. Η εργασία συγκρίνει την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα με την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 222 μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης Δημοτικού Σχολείου. Στην Πέμπτη χωρίστηκαν τυχαία 55 μαθητές στην πειραματική ομάδα και 55 στην ελέγχου, ενώ στην Έκτη 56 μαθητές σε καθεμία από τις δυο ομάδες. Η ομάδα ελέγχου έκανε πειράματα με πραγματικά αντικείμενα, ενώ η πειραματική έκανε τα ίδια πειράματα με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition. Η συλλογή δεδομένων έγινε με φύλλα εργασίας που δόθηκαν και στις δυο ομάδες πριν και μετά τα πειράματα και περιείχαν τέσσερις ίδιες ερωτήσεις. Η αξιολόγηση των απαντήσεων έγινε με την ταξινομία SOLO. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι μόνο στη πρώτη ερώτηση οι μαθητές της ομάδας ελέγχου είχαν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τους μαθητές της πειραματικής, ενώ στις υπόλοιπες τρεις ήταν παρόμοια και στις δυο ομάδες.

**Λέξεις κλειδιά:** Διδασκαλία Φυσικής, ηλεκτρικό κύκλωμα, εικονικά πειράματα

## Εισαγωγή

Πολλοί ερευνητές στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών θεωρούν ότι τα πειράματα είναι ένα οργανικό, αναπόσπαστο και αναντικατάστατο μέρος του μαθήματος της Φυσικής, καθώς επίσης και ένα πολύ ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο στα χέρια κατάλληλα εκπαιδευμένων δασκάλων (Arons, 1991; Χαλκιά, 2000; Καλκάνης, 2003). Ακόμη, ερευνητές και εκπαιδευτικοί υποστηρίζουν ότι κατά τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής η εμπλοκή των μαθητών σε πειραματικές πρακτικές έχει πολύ μεγάλη αξία (Τσελφές, 2002; Λεύκος κ.ά., 2009). Ταυτόχρονα, η σύγχρονη εκπαιδευτική διαδικασία για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έχει να επιδείξει δυο είδη πειραματικών δραστηριοτήτων, όπως είναι τα πειράματα με πραγματικά αντικείμενα (Κουμαράς, 1994; Σάββας, 1996; Κουμαράς, 2002; Τσελφές, 2003; Αποστολάκης κ.ά., 2006) και οι προσομοιώσεις με ηλεκτρονικό υπολογιστή ή εικονικά πειράματα (Τζιμογιάννης & Μικρόπουλος, 2000; Μικρόπουλος, 2002; Μικρόπουλος, 2003; Ψύλλος, 2007). Παράλληλα, πολλοί ερευνητές στο χώρο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών αναφέρουν πλεονεκτήματα, τόσο των πραγματικών όσο και των εικονικών πειραμάτων (προσομοιώσεων), τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- επιτρέπουν στους μαθητές να εμπλέκονται ενεργά στη διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης (Σολομωνίδου, 2001; Hofstein & Lunetta, 2004).
- οι μαθητές μπορούν να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών, να διατυπώσουν και να διερευνήσουν υποθέσεις και να επιλύσουν πιθανές ασυμφωνίες ανάμεσα στις ιδέες τους και σε αυτές που παρουσιάζονται στα πειράματα (Tao & Gunstone, 1999; Hofstein & Lunetta, 2004; Ολυμπίου κ.ά., 2007).

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην παρούσα έρευνα κατά την πραγματοποίηση των εικονικών πειραμάτων στον υπολογιστή γίνεται χρήση ενός περιβάλλοντος προσομοίωσης που περιλαμβάνει εικονικές συσκευές και αντικείμενα. Ως προσομοίωση ορίζεται η αναπαράσταση κατάστασης ή αντικειμένου μέσω λογισμικού, το οποίο παρέχει δυνατότητες χειρισμού συνθηκών και παραμέτρων για μελέτη (Μικρόπουλος, 2002). Με άλλα λόγια, οι προσομοιώσεις βασίζονται σε μοντέλα αναπαράστασης διαφόρων φυσικών καταστάσεων, τις οποίες εξερευνά ο μαθητής. Τα μοντέλα δημιουργούνται με βάση την αντίστοιχη επιστημονική θεωρία και παρουσιάζουν ένα πείραμα, ένα φαινόμενο ή μια φυσική διαδικασία (Τζιμογιάννης, 1999; Τζιμογιάννης, 2004). Χαρακτηριστικό παράδειγμα εικονικού πειράματος είναι η προσομοίωση του φαινομένου της ελεύθερης πτώσης που μπορεί να δημιουργηθεί με το εκπαιδευτικό λογισμικό «Interactive Physics» (Μικρόπουλος, 2006) ή η προσομοίωση ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με το λογισμικό «Crocodile Physics» ή η προσομοίωση του φαινομένου του βρασμού του νερού με το λογισμικό «Σ.Ε.Π. – Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον» (Ψύλλος κ.ά., 2000). Αντίθετα, τα πραγματικά πειράματα αφορούν τη χρήση πραγματικών αντικειμένων. Για παράδειγμα, στην παρούσα έρευνα για την πραγματοποίηση ενός πειράματος για να ανάψει ένα λαμπάκι σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν πραγματικά αντικείμενα, όπως είναι η μπαταρία, τα καλώδια, το λαμπάκι με λυχνιολαβή και ο διακόπτης.

Παρότι, λοιπόν, υπάρχει μια αναγνώριση των πλεονεκτημάτων των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών, ταυτόχρονα εντοπίζεται βιβλιογραφικά μια διάσταση απόψεων σχετικά με αυτές τις δυο μεθόδους πειραματισμού. Αρκετοί επιστήμονες υποστηρίζουν ότι η χρήση του υπολογιστή και ειδικότερα των προσομοιώσεων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών βελτιώνει την επίδοση των μαθητών σε ατομικό επίπεδο (Jimoyiannis et al., 2000; Jimoyiannis & Komis, 2001; Powell et al., 2003; Hanafit et al., 2005; Cepni et al., 2006). Αντίθετα, άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η διδασκαλία με χρήση πραγματικών αντικειμένων είναι περισσότερο αποτελεσματική σε σχέση με τη διδασκαλία μέσω εικονικών πειραμάτων (Wainwright, 1989; Morrell, 1992; Marshall & Young ,2006; Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009). Κάποιοι άλλοι υιοθετώντας μια ενδιάμεση άποψη υποστηρίζουν ότι δεν παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές στην επίδοση των μαθητών ανάμεσα στις δύο μεθόδους πειραματισμού (Coye & Stonebraker, 1994; Tjaden & Martin, 1995; Triona & Klahr, 2003; Keller et al., 2005; Klahr et al., 2007; Jaakkola & Nurmi, 2008). Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει μια συζήτηση για το ποιο είδος πειράματος - πραγματικό ή εικονικό - είναι περισσότερο αποτελεσματικό στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Η συζήτηση αυτή έχει ξεκινήσει εδώ και δυο δεκαετίες από την εποχή που εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στην εκπαίδευση τα προσομοιωμένα περιβάλλοντα. Εμφανίστηκαν ερευνητές με επιχειρήματα υπέρ ή κατά της χρήσης εικονικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής (Κώτσης & Ευαγγέλου, 2007; Ευαγγέλου & Κώτσης, 2009; Λεύκος κ.ά., 2009) και μελέτες από τις οποίες προκύπτουν αποτελέσματα που επιδέχονται διαφορετικές ερμηνείες σχετικά με την αποτελεσματικότητα των εικονικών ή των πραγματικών πειραμάτων (Ταραμόπουλος κ.ά., 2010). Υπάρχουν, λοιπόν, ερευνητές που ισχυρίζονται ότι τα εικονικά πειράματα έχουν θετικό αντίκτυπο σε φοιτητές ή μαθητές για την εννοιολογική κατανόηση εννοιών της Φυσικής (Tao & Gunstone, 1999; Zacharia & Anderson, 2003; de Jong, 2006; Zacharia 2007), προσφέρουν δυνατότητες αλληλεπίδρασης των μαθητών με το φυσικό μοντέλο μεταβάλλοντας ελεύθερα συνθήκες και παραμέτρους, παρατηρώντας τα αποτελέσματα της παρέμβασής τους στην οθόνη (Τζιμογιάννης, 2004) και μπορούν να ξεπεράσουν, ως ένα βαθμό, τεχνικούς και διδακτικούς περιορισμούς του πραγματικού εργαστηρίου (Ταραμόπουλος κ.ά., 2010). Αντίθετα, υπάρχουν άλλοι ερευνητές που υποστηρίζουν ότι δεν πρέπει στη σύγχρονη εκπαίδευση τα πραγματικά πειράματα να αντικατασταθούν άνευ όρων με τις εικονικές εφαρμογές των υπολογιστών (Τσελφές, 2002). Πιο αναλυτικά, οι υποστηρικτές των πραγματικών

πειραμάτων τονίζουν τη σπουδαιότητα της εκτέλεσης των πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα και επισημαίνουν ότι κατά τη χρησιμοποίηση των προσομοιώσεων οι μαθητές ή οι φοιτητές καλούνται να μάθουν με ένα διαφορετικό τρόπο σε σχέση με τα αυθεντικά, πραγματικά περιβάλλοντα στα οποία υλοποιούνται τα πραγματικά πειράματα (Steinberg, 2000). Σε προέκταση αυτής της άποψης ασκείται κριτική στα εικονικά πειράματα και σε μια πρόσφατη εργασία (Μιχαηλίδης, 2007), στην οποία επισημαίνεται ότι: «για τις μικρές ηλικίες, η αντιστοίχηση της γραφικής αναπαράστασης της προσομοίωσης και της πραγματικής κατάστασης ενός πειράματος δεν είναι πάντοτε μονοσήμαντη και, όντας, αφαιρετική σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, παρουσιάζει δυσκολίες». Ως παράδειγμα, σε αυτή την εργασία αναφέρεται χαρακτηριστικά το εξής: «ας σκεφτούμε πως παρουσιάζεται ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και πως φαίνεται στην πραγματικότητα μια υλοποίηση του». Με άλλα λόγια, οι υποστηρικτές των πραγματικών πειραμάτων ισχυρίζονται ότι τα εικονικά πειράματα στερούν την άμεση εμπειρία με φυσικά και πραγματικά υλικά, η οποία θεωρείται ουσιαστική για τη μάθηση (Steinberg, 2000; Corter et al., 2004).

Μέσα από λεπτομερή βιβλιογραφική επισκόπηση (Κώτσης & Ευαγγέλου, 2007; Ευαγγέλου & Κώτσης, 2009) διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν πολλές έρευνες που συγκρίνουν τις επιδόσεις μαθητών ή φοιτητών στην εννοιολογική κατανόηση εννοιών της Φυσικής που ασχολούνται με πραγματικά ή εικονικά αντικείμενα ή και συνδυασμό τους (Finkelstein et al., 2005; Zacharia et al., 2008; Λεύκος κ.ά., 2009). Ωστόσο, από αυτές τις έρευνες ελάχιστες αφορούν μαθητές δημοτικών σχολείων (Triona & Klark, 2003; Jaakkola & Nurmi, 2008; Ευαγγέλου & Κώτσης, 2009). Επιπρόσθετα, διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν σχετικά λίγες έρευνες που συγκρίνουν αποκλειστικά την αποτελεσματικότητα της χρήσης πραγματικών αντικειμένων έναντι εικονικών στην εννοιολογική κατανόηση εννοιών της Φυσικής, με την προϋπόθεση ότι ελέγχονται συγκεκριμένες μεταβλητές – παράμετροι της μάθησης (Klark et al., 2007; Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009), όπως είναι η διδακτική προσέγγιση, το λεκτικό πλαίσιο διδασκαλίας, το μαθησιακό περιβάλλον, το διδακτικό υλικό (φύλλα εργασίας, υλικό για πειράματα) και η προστιθέμενη αξία των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων (για παράδειγμα στα εικονικά πειράματα η πρόσβαση στο μικρόκοσμο). Κατά συνέπεια, με βάση τη συζήτηση για ποιο είδος πειράματος (εικονικό ή πραγματικό) είναι αποτελεσματικότερο στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής, προκύπτει η ανάγκη για μια εκτεταμένη έρευνα που θα συγκρίνει τα μαθησιακά αποτελέσματα σε μαθητές της Πέμπτης και Έκτης Δημοτικού μετά την εκτέλεση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.

## Ο σκοπός και το διερευνητικό ερώτημα της έρευνας

Ο κύριος σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να συγκρίνει τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα με τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, με ελεγχόμενους συγκεκριμένους παράγοντες που επηρεάζουν τη μάθηση, όπως είναι η διδακτική προσέγγιση, το διδακτικό υλικό και η προστιθέμενη αξία του κάθε είδος πειράματος. Με άλλα λόγια, επιδιώκεται να συγκριθεί η διδακτική αποτελεσματικότητα των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων Φυσικής και ειδικότερα ποιο είδος πειράματος είναι αποτελεσματικότερο στην τροποποίηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών προς τις επιστημονικά αποδεκτές σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.

Το διερευνητικό ερώτημα της παρούσας έρευνας είναι το εξής: Το εικονικό ή πραγματικό πείραμα είναι αποτελεσματικότερο για τους μαθητές της Πέμπτης και Έκτης Δημοτικού σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση της έννοιας του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος;

## Κριτήρια επιλογής της έννοιας του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

Τα κριτήρια επιλογής για να μελετηθεί η έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος στη συγκεκριμένη έρευνα ήταν τα παρακάτω: i) οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες και έχουν εναλλακτικές ιδέες στην κατανόηση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και γενικότερα του ηλεκτρισμού (Driver et al., 1998; Zacharia, 2007; Jaakkola & Nurmi, 2008), ii) προσφέρεται για εποικοδομητικού τύπου προσέγγιση και κατ' επέκταση για την εννοιολογική αλλαγή των τυχόν εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (Zacharia, 2007; Jaakkola and Nurmi, 2008; Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009), iii) προσφέρει δυνατότητες εκτέλεσης τόσο εικονικού όσο και πραγματικού πειράματος (Ευαγγέλου & Κώτσης, 2009), iv) δίνει τη δυνατότητα, μεθοδολογικά, να οργανωθούν ομάδες ελέγχου και πειραματικές ομάδες για συγκριτικές διδασκαλίες πραγματικών και εικονικών πειραμάτων, v) κατέχει σημαντική θέση στο Αναλυτικό Πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού Σχολείου, vi) το γνωστικό επίπεδο και η ηλικία των μαθητών. Για παράδειγμα, δεν είναι σκόπιμο να υποστηριχθεί πειραματικά η έννοια της διαφοράς δυναμικού στο Δημοτικό Σχολείο κατασκευάζοντας πολύπλοκα ηλεκτρικά κυκλώματα. Το πείραμα αυτό μπορεί να παρουσιασθεί με ευκολία σε μαθητές της Α' Λυκείου, που μπορούν να κατανοήσουν την παρουσία ηλεκτρικής τάσης ως αναγκαία προϋπόθεση για τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος. Όμως, στο Δημοτικό Σχολείο και στη συγκεκριμένη έρευνα, με βάση το γνωστικό επίπεδο και την ηλικία των μαθητών, μπορεί να γίνει κατασκευή απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και να διερευνηθούν τα αποτελέσματα της ροής του ρεύματος.

## Ο σχεδιασμός της έρευνας

### *Το ερευνητικό πλαίσιο*

Πριν την υλοποίηση της έρευνας σχεδιάστηκαν οι πειραματικές δραστηριότητες (πραγματικά και εικονικά πειράματα) που θα εκτελούσαν οι μαθητές και τα φύλλα εργασίας που θα διανέμονταν στους μαθητές. Στη συνέχεια, υλοποιήθηκε μια πιλοτική έρευνα σε μαθητές της Πέμπτης και Έκτης του Δημοτικού Σχολείου Κατσικάς Ιωαννίνων από τις αρχές Οκτωβρίου έως το τέλος Νοεμβρίου 2009. Μέσα από την πιλοτική έρευνα ελέγχθηκαν οι πειραματικές δραστηριότητες και τα φύλλα εργασίας ως προς τους παρακάτω στόχους: α) έλεγχος του διερευνητικού ερωτήματος, β) εξασφάλιση του κατάλληλου επιπέδου στην έκφραση και στη δυσκολία των ερωτήσεων, γ) έλεγχος της χρονικής διάρκειας που απαιτούνταν (ο στόχος ήταν να υλοποιηθούν οι παρεμβάσεις σε ένα διδακτικό δίωρο - ενενήντα λεπτά), δ) δυνατότητα κατηγοριοποίησης των απαντήσεων των μαθητών με βάση την ταξινομία SOLO (Biggs & Collis, 1982).

Αφού έγιναν οι απαραίτητες τροποποιήσεις στις πειραματικές δραστηριότητες και στα φύλλα εργασίας υλοποιήθηκε η κύρια έρευνα, η οποία έγινε από τις αρχές Ιανουαρίου έως το τέλος Μαΐου 2010 σε μαθητές της Πέμπτης και της Έκτης Δημοτικού στα εξής Δημοτικά Σχολεία της πόλης των Ιωαννίνων: 1ο, 3ο και 18ο.

### *Τα υποκείμενα της έρευνας*

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 222 μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης Δημοτικού Σχολείου, εκ των οποίων οι 110 ήταν της Πέμπτης και οι 112 της Έκτης. Η επιλογή του δείγματος (τριών Δημοτικών Σχολείων) έγινε μέσα από ένα κατάλογο των 27 Δημοτικών Σχολείων της πόλης των Ιωαννίνων με την «κατά συστάδες» τυχαία δειγματοληψία.

Το δείγμα διαχωρίστηκε σε κάθε τάξη σε δυο ισοδύναμες ομάδες, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου. Στην Πέμπτη τάξη 55 μαθητές ήταν στην πειραματική ομάδα και 55 στην ομάδα ελέγχου, ενώ στην Έκτη 56 μαθητές και στις δυο ομάδες. Ειδικότερα, ο

διαχωρισμός των δυο ομάδων σε κάθε τάξη έγινε με τη μέθοδο της τυχαίας δειγματοληψίας. Στη συνέχεια, η εξίσωση - ισοδυναμία των δυο ομάδων ως προς το γνωστικό επίπεδο διαπιστώθηκε και από τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές σε ίδιες ερωτήσεις πριν την εκτέλεση τόσο των εικονικών όσο και των πραγματικών πειραμάτων. Ο έλεγχος της ισοδυναμίας των δυο ομάδων έγινε με το στατιστικό κριτήριο ελέγχου Tukey HSD (Πίνακες 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11).

### *Πειραματική ομάδα και ομάδα ελέγχου*

Η ομάδα ελέγχου χρησιμοποίησε τη σχολική τάξη και έκανε πειράματα με πραγματικά αντικείμενα, ενώ η πειραματική ομάδα χρησιμοποίησε το εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών για να εκτελέσει τα ίδια πειράματα με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Crocodile clips 3 elementary edition.

Οι μαθητές τόσο στην ομάδα ελέγχου όσο και στην πειραματική ομάδα εργάστηκαν σε ομάδες των δυο ατόμων.

Πρέπει να σημειωθεί ότι πριν την υλοποίηση της έρευνας οι μαθητές της Πέμπτης Δημοτικού δεν είχαν διδαχθεί την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, ενώ οι μαθητές της Έκτης Δημοτικού την είχαν διδαχθεί από τον εκπαιδευτικό της τάξης την προηγούμενη σχολική χρονιά.

### *Πειραματικό υλικό*

Τα πραγματικά αντικείμενα που χρησιμοποίησε κάθε δυάδα μαθητών για τα πραγματικά πειράματα ήταν: μια μπαταρία πλακέ 4,5V, τρία καλώδια με κροκοδειλάκια, ένα λαμπάκι 4,5V (βιδωτό) με λυχνιολαβή και ένας διακόπτης.

Το λογισμικό προσομοίωσης που χρησιμοποίησε κάθε δυάδα μαθητών για τα εικονικά πειράματα ήταν το Crocodile clips 3 elementary edition (λογισμικό ελεύθερης διανομής). Το συγκεκριμένο λογισμικό επιλέχθηκε για τους εξής λόγους: α) οι μαθητές ύστερα από σύντομη επίδειξη της χρήσης του προγράμματος είναι σε θέση να δημιουργούν τα δικά τους πειράματα. Υπάρχει πληθώρα εργαλείων (όπως εικονικά λαμπάκια, μπαταρία, καλώδια, διακόπτης κτλ.), τα οποία μπορούν πολύ εύκολα να επιλεχθούν από τους μαθητές και σύροντας τα με το ποντίκι να τοποθετηθούν στην επιθυμητή θέση, β) το λογισμικό χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα φιλικό περιβάλλον επικοινωνίας και ο μαθητής μπορεί με απλούς χειρισμούς να εκτελέσει πειράματα και να δει άμεσα τα αποτελέσματα τους στην οθόνη του υπολογιστή, γ) ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να επαναλάβει το πείραμά του όσες φορές επιθυμεί, δ) είναι λογισμικό ελεύθερης διανομής, με αποτέλεσμα να είναι εύκολα διαθέσιμο σε οποιοδήποτε σχολείο για να το χρησιμοποιήσουν ανά πάσα στιγμή ο εκπαιδευτικός και οι μαθητές για την εκτέλεση πειραμάτων στα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα πραγματικά αντικείμενα και το λογισμικό προσομοίωσης είχαν τις αναγκαίες αντιστοιχίες με βάση τις οποίες η σύγκριση των διαδικασιών στις πειραματικές ομάδες και τις ομάδες ελέγχου είναι θεμιτή.

Ακόμη, για να υλοποιηθεί επιτυχώς η έρευνα οι μαθητές όλων των ομάδων, πριν εκτελέσουν τα πειράματα, εξοικειώθηκαν τόσο με το λογισμικό όσο και με τα πραγματικά αντικείμενα.

## Τα μέσα συλλογής δεδομένων

Η συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιεί ως μέσα συλλογής δεδομένων φύλλα εργασίας για τα εικονικά και για τα πραγματικά πειράματα, τα οποία χαρακτηρίζονται από μια σταθερή μεθοδολογική δομή που στηρίζεται στο εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας.

Σύμφωνα, λοιπόν, με το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας το πείραμα για να είναι αποτελεσματικό στην κατανόηση εννοιών και φαινομένων από τους μαθητές πρέπει να έχει ως απώτερο σκοπό τη γνωστική σύγκρουση με τις τυχόν εναλλακτικές ιδέες των μαθητών (Κόκκοτας, 1998; Κώτσης, 2005; Καριώτογλου, 2006). Με άλλα λόγια, η θεωρία του εποικοδομισμού δέχεται ότι ο πειραματισμός (εικονικό ή πραγματικό πείραμα) είναι χρήσιμος αν προκαλεί γνωστική σύγκρουση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, που έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή του περιεχομένου των εννοιών και την ένταξή του στο επιστημονικό πρότυπο (Driver et al.,1993). Κατά συνέπεια, μέσα από τη συγκεκριμένη δομή των φύλλων εργασίας - που στηρίζεται στο εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας και στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών - επιχειρείται να διαπιστωθεί ποιο από τα δυο είδη πειράματος είναι αποτελεσματικότερο στην τροποποίησή των τυχόν εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, μέσω της γνωστικής τους σύγκρουσης, προς τις αντίστοιχες επιστημονικές απόψεις. Τα φύλλα εργασίας που διανεμήθηκαν και στις δυο ομάδες είναι πανομοιότυπα ως προς τις ερωτήσεις και τις πειραματικές δραστηριότητες που εκτελούν οι μαθητές και διαφέρουν μόνο ως προς το μέσο με το οποίο εκτελούν τα πειράματα οι ομάδες των μαθητών. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι οι μαθητές υλοποίησαν ατομικά τα πειράματα και τη συμπλήρωση των φύλλων εργασίας, μολονότι βρισκόταν ανά δυάδες στη τάξη και στο εργαστήριο υπολογιστών.

Το κάθε φύλλο εργασίας που διανεμήθηκε σε κάθε μαθητή χωρίζεται σε τέσσερα επιμέρους φύλλα:

**Αρχικό φύλλο εργασίας (pre-test):** Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν τέσσερις ερωτήσεις ανοικτού τύπου και στηρίζεται στη φάση της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών του εποικοδομητικού μοντέλου διδασκαλίας, γεγονός που σημαίνει ότι μέσα από αυτό το φύλλο επιχειρείται η ανάδειξη των ιδεών των μαθητών για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα.

**Φύλλο προβλέψεων:** Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν ερωτήσεις προβλέψεων πριν την εκτέλεση των πειραμάτων και στηρίζεται στις φάσεις ανάδειξης και δοκιμασίας των ιδεών. Σε αυτό το φύλλο οι μαθητές χρησιμοποιούν τις παρατηρήσεις τους και κάνουν προβλέψεις για το «τι θα συμβεί αν» (Κουλαϊδής, 2007). Στη συνέχεια με το πείραμα προβαίνουν στον έλεγχο τους.

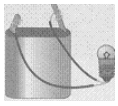
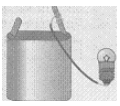
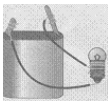
**Φύλλο πειραμάτων:** Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν οδηγίες εκτέλεσης των πειραμάτων, ερωτήσεις παρατήρησης, ερωτήσεις κατανόησης των πειραμάτων και στηρίζεται στις φάσεις δοκιμασίας των ιδεών και εισαγωγής της επιστημονικής γνώσης.

**Τελικό φύλλο εργασίας (post-test):** Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν οι τέσσερις ίδιες ερωτήσεις ανοικτού τύπου με το αρχικό φύλλο και στηρίζεται στη φάση εφαρμογής της επιστημονικής γνώσης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι πριν την εκτέλεση των πειραμάτων δόθηκε σε όλες τις ομάδες το αρχικό φύλλο εργασίας (pre – test) που ήταν πανομοιότυπο με το τελικό φύλλο εργασίας (post –test) που δόθηκε μετά την εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων. Αυτά τα φύλλα εργασίας χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση και τη στατιστική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών.

Οι τέσσερις ερωτήσεις που περιέχονταν στα αρχικά και τελικά φύλλα εργασίας (στα pre και post tests) ήταν οι ακόλουθες:

1) Παρατήρησε τις παρακάτω εικόνες (Σχήμα 1) και απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις για το εάν ανάβει ή δεν ανάβει το λαμπάκι.

**1.**  **2.**  **3.** 

**Σχήμα 1. Οι τρεις εικόνες της ερώτησης 1**

Α) Στην εικόνα (1) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι; Δικαιολόγησε την απάντησή σου
Β) Στην εικόνα (2) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;. Δικαιολόγησε την απάντησή σου
Γ) Στην εικόνα (3) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

2) Αν παρατηρήσουμε ένα φωτιστικό γραφείου διαπιστώνουμε ότι υπάρχει μόνο ένα καλώδιο που συνδέει τη λάμπα του φωτιστικού με την πρίζα.
α) 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;
β) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει η πρίζα στον τοίχο για να ανάψει η λάμπα του φωτιστικού γραφείου;.
γ) Τι ρόλο νομίζεις ότι παίζει ο διακόπτης πάνω στο καλώδιο;

3) Τι εννοούμε με την έκφραση «κλείσε το φως», την οποία χρησιμοποιούμε καθημερινά στη ζωή μας: α) το ηλεκτρικό κύκλωμα μόλις «κλείσουμε το φως» θα είναι κλειστό ή ανοιχτό; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.
β) ο διακόπτης μόλις «κλείσουμε το φως» θα είναι κλειστός ή ανοιχτός; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

4) Γιατί, μερικές φορές, σκοτώνονται οι πελαργοί (ή τα πουλιά) όταν ακουμπάνε σε δυο διαφορετικά καλώδια της ΔΕΗ;

### *Κριτήρια αξιολόγησης των απαντήσεων των μαθητών*

Για να ελέγξουμε τις διαφοροποιήσεις των δυο ομάδων, η αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών τόσο πριν όσο και μετά τα πραγματικά και εικονικά πειράματα έγινε σύμφωνα με τη ταξινομία SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes, Biggs & Collis, 1982). Η ταξινομία SOLO στηρίζεται στη θεωρία βάσει της οποίας η γνώση δομείται σε επίπεδα και αποτελεί ένα εργαλείο για το διδάσκοντα ώστε αυτός να αξιολογήσει σε ποιο βαθμό οι μαθητές κατανόησαν έννοιες, θεωρίες καθώς και τη δυνατότητα επίλυσης προβλημάτων. Με άλλα λόγια, αποτελεί ένα δυναμικό εργαλείο προσδιορισμού του τρέχοντος νοητικού επιπέδου λειτουργίας ενός ατόμου μέσω γραπτών ή προφορικών απαντήσεών του, μπορεί να εφαρμοστεί ανεξαρτήτως γνωστικού αντικειμένου και παρέχει τη δυνατότητα να αξιολογήσουμε και να κατηγοριοποιήσουμε τις επιδόσεις των μαθητών (Μπέλλου, 2003).

Κάθε απάντηση του μαθητή πριν και μετά τις πειραματικές δραστηριότητες, προσδιορίζει το επίπεδο κατανόησης του υπό μελέτη θέματος και σύμφωνα με την ταξινομία SOLO εντάσσεται σε ένα από τα επόμενα πέντε επίπεδα: 1) προδομικό, 2) μονοδομικό, 3) πολυδομικό, 4) συσχετιστικό, 5) εκτεταμένης αφαίρεσης. Ως παράδειγμα ταξινόμησης απαντήσεων αναφέρονται ενδεικτικά δυο ερωτήσεις (Γεωργόπουλος κ.ά., 2009, Πίνακες 1, 2).

## Αποτελέσματα

Για τη στατιστική επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS v.16 και ειδικότερα το Γενικό Γραμμικό Μοντέλο (GLM) και το στατιστικό κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, δεδομένου ότι οι μετρήσεις έγιναν με βάση την ιεραρχική κλίμακα SOLO προκειμένου να ελεγχθούν οι διαφοροποιήσεις δυο ανεξάρτητων δειγμάτων που προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό. Οι διαφορές μεταξύ των δυο ομάδων θεωρούνται στατιστικώς σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης στην ερώτηση 1Α η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου στο φύλλο εργασίας που δόθηκε μετά τα πειράματα ήταν 3,31 και για την πειραματική ομάδα 2,51. Η διαφορά αυτή σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική ($p=0,001$, Πίνακας 3).

**Πίνακας 1. Παράδειγμα ταξινόμησης απαντήσεων της ερώτησης 1 κατά SOLO**

| Επίπεδο | Απάντηση |
|---|---|
| 1ο προδομικό | Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για τον τρόπο που πρέπει να συνδεθεί το λαμπάκι ώστε να ανάψει. |
| 2ο μονοδομικό | Στην απάντησή του για τη σωστή ή μη συνδεσμολογία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται για να ανάψει η λάμπα σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα. Συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στα καλώδια ή στους δυο πόλους της μπαταρίας και στις δυο επαφές της λάμπας ή στον τρόπο σύνδεσης των καλωδίων. |
| 3ο πολυδομικό | Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους. |
| 4ο συσχετιστικό | Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, υιοθετώντας το επιστημονικά σωστό διπολικό μοντέλο του κλειστού ηλεκτρικού ρεύματος που περιλαμβάνει μπαταρία, λάμπα και δυο καλώδια τα οποία συνδέουν τους δυο πόλους της μπαταρίας με τις δυο επαφές της λάμπας. |
| 5ο εκτεταμένης Θεώρησης | Δεν βρέθηκαν απαντήσεις σε αυτό το επίπεδο. |

**Πίνακας 2. Παράδειγμα ταξινόμησης απαντήσεων της ερώτησης 3 κατά SOLO**

| Επίπεδο | Απάντηση |
|---|---|
| 1ο προδομικό | Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για το τι γίνεται στο ηλεκτρικό κύκλωμα ή στον διακόπτη όταν «κλείσουμε το φως». |
| 2ο μονοδομικό | Στην απάντησή του για το πότε είναι κλειστό και πότε είναι ανοιχτό το ηλεκτρικό κύκλωμα ή ο διακόπτης επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο διακόπτη (κλειστός ή ανοιχτός) ή στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος ή στο κύκλωμα (κλειστό ή ανοιχτό). |
| 3ο πολυδομικό | Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους. |
| 4ο συσχετιστικό | Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, υιοθετώντας την επιστημονικά ορθή άποψη σύμφωνα με την οποία όταν «σβήνουμε το φως» δεν περνάει ηλεκτρικό ρεύμα, με αποτέλεσμα ο διακόπτης να είναι ανοιχτός και το ηλεκτρικό κύκλωμα να είναι ανοιχτό. |
| 5ο εκτεταμένης Θεώρησης | Δεν βρέθηκαν απαντήσεις σε αυτό το επίπεδο. |

Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις από ότι η πειραματική ομάδα μετά την εκτέλεση των πειραμάτων. Στην ερώτηση 1Β δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων (Πίνακας 4), ενώ στην ερώτηση 1Γ υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά και ειδικότερα η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις από ότι η πειραματική ομάδα (Πίνακας 5). Για τους μαθητές της Έκτης τάξης στην ερώτηση 1Α) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου στο φύλλο εργασίας που δόθηκε μετά τα πειράματα ήταν 3,71 και για την πειραματική ομάδα 3,18. Η διαφορά αυτή σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική (p=0,103, Πίνακας 3). Στην ερώτηση 1Β υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων και ειδικότερα η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις από ότι η πειραματική ομάδα (Πίνακας 4). Στην ερώτηση 1Γ υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά και ειδικότερα η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις από ότι η πειραματική ομάδα (Πίνακας 5).

Με βάση τα παραπάνω, στο σύνολο σχεδόν των απαντήσεων της ερώτησης 1, η επίδοση των μαθητών της Πέμπτης τάξης επηρεάστηκε αποτελεσματικότερα από τα πραγματικά πειράματα σε σύγκριση με τα εικονικά, με αποτέλεσμα οι μαθητές που χειρίζονταν πραγματικά αντικείμενα να εμφανίζουν υψηλότερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τους μαθητές που χειρίζονταν την προσομοίωση. Μόνο στην ερώτηση 1Β στους μαθητές της Πέμπτης τάξης και στην ερώτηση 1Α στους μαθητές της Έκτης τάξης δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά.

Από τη στατιστική ανάλυση της ερώτησης 2Α για τους μαθητές της Πέμπτης τάξης προέκυψε ότι η μέση τιμή της επίδοσης για την πειραματική ομάδα στο φύλλο εργασίας που δόθηκε μετά τα πειράματα ήταν 2,87 και για την ομάδα ελέγχου ήταν 3,18. Η διαφορά σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD προέκυψε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική (p=0,830, Πίνακας 6). Στις ερωτήσεις 2Β και 2Γ πάλι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων (Πίνακες 7, 8). Για τους μαθητές της Έκτης τάξης στις ερωτήσεις 2Α, Β και Γ δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων (Πίνακες 6, 7, 8). Κατά συνέπεια, στις ερωτήσεις 2Α, Β και Γ τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι παρόμοια και για τις δυο ομάδες.

Από τη στατιστική ανάλυση των ερωτήσεων 3Α και Β για τους μαθητές της Πέμπτης και της Έκτης τάξης προέκυψε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων (Πίνακες 9, 10). Κατά συνέπεια, στις ερωτήσεις 3Α και Β τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι παρόμοια και για τις δυο ομάδες.

Από τη στατιστική ανάλυση της ερώτησης 4 για τους μαθητές της Πέμπτης και της Έκτης τάξης προέκυψε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων (Πίνακας 11). Κατά συνέπεια, στην ερώτηση 4 τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι παρόμοια και για τις δυο ομάδες.

**Πίνακας 3. Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση 1Α**

| Cell No. | Tukey HSD test; Pooled MSE=1,0494, df=375,53 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Είδος_ομάδας** | **Τάξη** | **Ερ. 1)Α)** | **{1} 1,6909** | **{2} 2,5091** | **{3} 2,1964** | **{4} 3,1786** | **{5} 1,5818** | **{6} 3,3091** | **{7} 2,2500** | **{8} 3,7143** |
| 1 | Πειραματική | Πέμπτη | 1)Α) pre | | 0,000035 | 0,155919 | 0,000032 | 0,999304 | 0,000032 | 0,077692 | 0,000032 |
| 2 | Πειραματική | Πέμπτη | 1)Α) post | 0,000035 | | 0,745833 | 0,013426 | 0,000084 | 0,001109 | 0,886721 | 0,000032 |
| 3 | Πειραματική | Έκτη | 1)Α) pre | 0,155919 | 0,745833 | | 0,000032 | 0,033830 | 0,000032 | 0,999994 | 0,000032 |
| 4 | Πειραματική | Έκτη | 1)Α) post | 0,000032 | 0,013426 | 0,000032 | | 0,000032 | 0,997716 | 0,000072 | 0,103317 |
| 5 | Ελέγχου | Πέμπτη | 1)Α) pre | 0,999304 | 0,000084 | 0,033830 | 0,000032 | | 0,000032 | 0,013738 | 0,000032 |
| 6 | Ελέγχου | Πέμπτη | 1)Α) post | 0,000032 | 0,001109 | 0,000032 | 0,997716 | 0,000032 | | 0,000033 | 0,425553 |
| 7 | Ελέγχου | Έκτη | 1)Α) pre | 0,077692 | 0,886721 | 0,999994 | 0,000072 | 0,013738 | 0,000033 | | 0,000032 |
| 8 | Ελέγχου | Έκτη | 1)Α) post | 0,000032 | 0,000032 | 0,000032 | 0,103317 | 0,000032 | 0,425553 | 0,000032 | |

**Πίνακας 4. Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση 1Β**

| Cell No. | Tukey HSD test; Pooled MSE=,40621, df=375,71 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Είδος_ομάδας** | **Τάξη** | **Ερ. 1)Β)** | **{1} 2,5455** | **{2} 2,8909** | **{3} 2,7679** | **{4} 3,0000** | **{5} 2,6182** | **{6} 3,2545** | **{7} 2,7143** | **{8} 3,5536** |
| 1 | Πειραματική | Πέμπτη | 1)Β) pre | | 0,003494 | 0,593807 | 0,004279 | 0,998908 | 0,000032 | 0,859763 | 0,000032 |
| 2 | Πειραματική | Πέμπτη | 1)Β) post | 0,003494 | | 0,972052 | 0,986000 | 0,325308 | 0,055990 | 0,828810 | 0,000033 |
| 3 | Πειραματική | Έκτη | 1)Β) pre | 0,593807 | 0,972052 | | 0,161951 | 0,920961 | 0,001497 | 0,999847 | 0,000032 |
| 4 | Πειραματική | Έκτη | 1)Β) post | 0,004279 | 0,986000 | 0,161951 | | 0,034332 | 0,412304 | 0,255087 | 0,000142 |
| 5 | Ελέγχου | Πέμπτη | 1)Β) pre | 0,998908 | 0,325308 | 0,920961 | 0,034332 | | 0,000032 | 0,993458 | 0,000032 |
| 6 | Ελέγχου | Πέμπτη | 1)Β) post | 0,000032 | 0,055990 | 0,001497 | 0,412304 | 0,000032 | | 0,000237 | 0,207685 |
| 7 | Ελέγχου | Έκτη | 1)Β) pre | 0,859763 | 0,828810 | 0,999847 | 0,255087 | 0,993458 | 0,000237 | | 0,000032 |
| 8 | Ελέγχου | Έκτη | 1)Β) post | 0,000032 | 0,000033 | 0,000032 | 0,000142 | 0,000032 | 0,207685 | 0,000032 | |

**Πίνακας 5. Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση 1Γ**

| Cell No. | Tukey HSD test; Pooled MSE=,75908, df=361,54 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Είδος_ομάδας** | **Τάξη** | **Ερ. 1)Γ)** | **{1} 2,0364** | **{2} 2,6182** | **{3} 2,2321** | **{4} 2,9464** | **{5} 1,9273** | **{6} 3,4364** | **{7} 2,1964** | **{8} 3,6786** |
| 1 | Πειραματική | Πέμπτη | 1)Γ) pre | | 0,000123 | 0,936789 | 0,000033 | 0,998014 | 0,000032 | 0,978894 | 0,000032 |
| 2 | Πειραματική | Πέμπτη | 1)Γ) post | 0,000123 | | 0,274937 | 0,492320 | 0,000853 | 0,000053 | 0,174707 | 0,000032 |
| 3 | Πειραματική | Έκτη | 1)Γ) pre | 0,936789 | 0,274937 | | 0,000032 | 0,590263 | 0,000032 | 0,999999 | 0,000032 |
| 4 | Πειραματική | Έκτη | 1)Γ) post | 0,000033 | 0,492320 | 0,000032 | | 0,000032 | 0,060969 | 0,000166 | 0,000256 |
| 5 | Ελέγχου | Πέμπτη | 1)Γ) pre | 0,998014 | 0,000853 | 0,590263 | 0,000032 | | 0,000032 | 0,733802 | 0,000032 |
| 6 | Ελέγχου | Πέμπτη | 1)Γ) post | 0,000032 | 0,000053 | 0,000032 | 0,060969 | 0,000032 | | 0,000032 | 0,826461 |
| 7 | Ελέγχου | Έκτη | 1)Γ) pre | 0,978894 | 0,174707 | 0,999999 | 0,000166 | 0,733802 | 0,000032 | | 0,000032 |
| 8 | Ελέγχου | Έκτη | 1)Γ) post | 0,000032 | 0,000032 | 0,000032 | 0,000256 | 0,000032 | 0,826461 | 0,000032 | |

**Πίνακας 6. Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση 2Α**

| Cell No. | Tukey HSD test; Pooled MSE= 1,2377, df=403,37 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Είδος_ομάδας** | **Τάξη** | **Ερ. 1)Α)** | **{1} 1,3636** | **{2} 2,8727** | **{3} 1,5893** | **{4} 3,1607** | **{5} 1,3636** | **{6} 3,1818** | **{7} 1,4464** | **{8} 3,4643** |
| 1 | Πειραματική | Πέμπτη | 2)α) pre | | 0,000032 | 0,963298 | 0,000032 | 1,000000 | 0,000032 | 0,999935 | 0,000032 |
| 2 | Πειραματική | Πέμπτη | 2)α) post | 0,000032 | | 0,000032 | 0,873781 | 0,000032 | 0,830244 | 0,000032 | 0,094671 |
| 3 | Πειραματική | Έκτη | 2)α) pre | 0,963298 | 0,000032 | | 0,000032 | 0,963298 | 0,000032 | 0,997530 | 0,000032 |
| 4 | Πειραματική | Έκτη | 2)α) post | 0,000032 | 0,873781 | 0,000032 | | 0,000032 | 1,000000 | 0,000032 | 0,836767 |
| 5 | Ελέγχου | Πέμπτη | 2)α) pre | 1,000000 | 0,000032 | 0,963298 | 0,000032 | | 0,000032 | 0,999935 | 0,000032 |
| 6 | Ελέγχου | Πέμπτη | 2)α) post | 0,000032 | 0,830244 | 0,000032 | 1,000000 | 0,000032 | | 0,000032 | 0,884654 |
| 7 | Ελέγχου | Έκτη | 2)α) pre | 0,999935 | 0,000032 | 0,997530 | 0,000032 | 0,999935 | 0,000032 | | 0,000032 |
| 8 | Ελέγχου | Έκτη | 2)α) post | 0,000032 | 0,094671 | 0,000032 | 0,836767 | 0,000032 | 0,884654 | 0,000032 | |

**Πίνακας 7. Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση 2Β**

| Cell No. | Tukey HSD test; Pooled MSE=,72066, df=350,67 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Είδος_ομάδας** | **Τάξη** | **Ερ. 2)β)** | **{1} 1,5636** | **{2} 2,1091** | **{3} 1,7857** | **{4} 2,1429** | **{5} 1,5818** | **{6} 2,2909** | **{7} 1,8393** | **{8} 2,5714** |
| 1 | Πειραματική | Πέμπτη | 2)β) pre | | 0,000126 | 0,867519 | 0,007844 | 1,000000 | 0,000212 | 0,680498 | 0,000032 |
| 2 | Πειραματική | Πέμπτη | 2)β) post | 0,000126 | | 0,477270 | 0,999999 | 0,024922 | 0,951962 | 0,704154 | 0,078991 |
| 3 | Πειραματική | Έκτη | 2)β) pre | 0,867519 | 0,477270 | | 0,046332 | 0,911652 | 0,036616 | 0,999978 | 0,000056 |
| 4 | Πειραματική | Έκτη | 2)β) post | 0,007844 | 0,999999 | 0,046332 | | 0,011739 | 0,984376 | 0,556259 | 0,131346 |
| 5 | Ελέγχου | Πέμπτη | 2)β) pre | 1,000000 | 0,024922 | 0,911652 | 0,011739 | | 0,000032 | 0,751997 | 0,000032 |
| 6 | Ελέγχου | Πέμπτη | 2)β) post | 0,000212 | 0,951962 | 0,036616 | 0,984376 | 0,000032 | | 0,094312 | 0,660391 |
| 7 | Ελέγχου | Έκτη | 2)β) pre | 0,680498 | 0,704154 | 0,999978 | 0,556259 | 0,751997 | 0,094312 | | 0,000032 |
| 8 | Ελέγχου | Έκτη | 2)β) post | 0,000032 | 0,078991 | 0,000056 | 0,131346 | 0,000032 | 0,660391 | 0,000032 | |

**Πίνακας 8. Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση 2Γ**

| Cell No. | Tukey HSD test; Pooled MSE=,86569, df=302,68 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Είδος_ομάδας** | **Τάξη** | **Ερ. 2)γ)** | **{1} 1,6182** | **{2} 2,1273** | **{3} 2,0893** | **{4} 2,4643** | **{5} 1,6182** | **{6} 2,2364** | **{7} 2,1429** | **{8} 2,5893** |
| 1 | Πειραματική | Πέμπτη | 2)γ) pre | | 0,000071 | 0,132706 | 0,000074 | 1,000000 | 0,011621 | 0,059549 | 0,000033 |
| 2 | Πειραματική | Πέμπτη | 2)γ) post | 0,000071 | | 0,999999 | 0,545301 | 0,078890 | 0,998698 | 1,000000 | 0,150108 |
| 3 | Πειραματική | Έκτη | 2)γ) pre | 0,132706 | 0,999999 | | 0,008524 | 0,132706 | 0,991285 | 0,999988 | 0,084556 |
| 4 | Πειραματική | Έκτη | 2)γ) post | 0,000074 | 0,545301 | 0,008524 | | 0,000074 | 0,902748 | 0,600801 | 0,996713 |
| 5 | Ελέγχου | Πέμπτη | 2)γ) pre | 1,000000 | 0,078890 | 0,132706 | 0,000074 | | 0,000032 | 0,059549 | 0,000033 |
| 6 | Ελέγχου | Πέμπτη | 2)γ) post | 0,011621 | 0,998698 | 0,991285 | 0,902748 | 0,000032 | | 0,999510 | 0,483085 |
| 7 | Ελέγχου | Έκτη | 2)γ) pre | 0,059549 | 1,000000 | 0,999988 | 0,600801 | 0,059549 | 0,999510 | | 0,000057 |
| 8 | Ελέγχου | Έκτη | 2)γ) post | 0,000033 | 0,150108 | 0,084556 | 0,996713 | 0,000033 | 0,483085 | 0,000057 | |

**Πίνακας 9. Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση 3Α**

| Cell No. | Tukey HSD test; Pooled MSE=,79972, df=374,53 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Είδος_ομάδας** | **Τάξη** | **Ερ. 3)α)** | **{1} 1,7455** | **{2} 2,2909** | **{3} 2,1250** | **{4} 2,4107** | **{5} 1,6000** | **{6} 2,6182** | **{7} 2,2679** | **{8} 2,9107** |
| 1 | Πειραματική | Πέμπτη | 3)α) pre | | 0,001310 | 0,330188 | 0,002275 | 0,989929 | 0,000039 | 0,043597 | 0,000032 |
| 2 | Πειραματική | Πέμπτη | 3)α) post | 0,001310 | | 0,977683 | 0,996862 | 0,001329 | 0,537560 | 1,000000 | 0,006370 |
| 3 | Πειραματική | Έκτη | 3)α) pre | 0,330188 | 0,977683 | | 0,386855 | 0,041641 | 0,071543 | 0,990459 | 0,000116 |
| 4 | Πειραματική | Έκτη | 3)α) post | 0,002275 | 0,996862 | 0,386855 | | 0,000077 | 0,925645 | 0,990459 | 0,061596 |
| 5 | Ελέγχου | Πέμπτη | 3)α) pre | 0,989929 | 0,001329 | 0,041641 | 0,000077 | | 0,000032 | 0,002140 | 0,000032 |
| 6 | Ελέγχου | Πέμπτη | 3)α) post | 0,000039 | 0,537560 | 0,071543 | 0,925645 | 0,000032 | | 0,438838 | 0,672085 |
| 7 | Ελέγχου | Έκτη | 3)α) pre | 0,043597 | 1,000000 | 0,990459 | 0,990459 | 0,002140 | 0,438838 | | 0,000067 |
| 8 | Ελέγχου | Έκτη | 3)α) post | 0,000032 | 0,006370 | 0,000116 | 0,061596 | 0,000032 | 0,672085 | 0,000067 | |

**Πίνακας 10. Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση 3Β**

| Cell No. | Tukey HSD test; Pooled MSE=,72864, df=384,90 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Είδος_ομάδας** | **Τάξη** | **Ερ. 3)β)** | **{1} 1,2727** | **{2} 2,1273** | **{3} 1,6607** | **{4} 2,1786** | **{5} 1,1818** | **{6} 2,6000** | **{7} 1,6250** | **{8} 2,6071** |
| 1 | Πειραματική | Πέμπτη | 3)β) pre | | 0,000032 | 0,243965 | 0,000033 | 0,999304 | 0,000032 | 0,367641 | 0,000032 |
| 2 | Πειραματική | Πέμπτη | 3)β) post | 0,000032 | | 0,076814 | 0,999985 | 0,000032 | 0,071719 | 0,040763 | 0,061122 |
| 3 | Πειραματική | Έκτη | 3)β) pre | 0,243965 | 0,076814 | | 0,002127 | 0,062172 | 0,000032 | 0,999999 | 0,000032 |
| 4 | Πειραματική | Έκτη | 3)β) post | 0,000033 | 0,999985 | 0,002127 | | 0,000032 | 0,155500 | 0,013944 | 0,136107 |
| 5 | Ελέγχου | Πέμπτη | 3)β) pre | 0,999304 | 0,000032 | 0,062172 | 0,000032 | | 0,000032 | 0,112202 | 0,000032 |
| 6 | Ελέγχου | Πέμπτη | 3)β) post | 0,000032 | 0,071719 | 0,000032 | 0,155500 | 0,000032 | | 0,000032 | 1,000000 |
| 7 | Ελέγχου | Έκτη | 3)β) pre | 0,367641 | 0,040763 | 0,999999 | 0,013944 | 0,112202 | 0,000032 | | 0,000032 |
| 8 | Ελέγχου | Έκτη | 3)β) post | 0,000032 | 0,061122 | 0,000032 | 0,136107 | 0,000032 | 1,000000 | 0,000032 | |

**Πίνακας 11. Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση 4**

| Cell No. | Tukey HSD test; Pooled MSE=,58772, df=414,67 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Είδος_ομάδας** | **Τάξη** | **Ερ. (4)** | **{1} 1,2909** | **{2} 2,6727** | **{3} 1,2679** | **{4} 2,4464** | **{5} 1,2364** | **{6} 2,4909** | **{7} 1,4464** | **{8} 2,6786** |
| 1 | Πειραματική | Πέμπτη | (4) pre | | 0,000032 | 1,000000 | 0,000032 | 0,999953 | 0,000032 | 0,963263 | 0,000032 |
| 2 | Πειραματική | Πέμπτη | (4) post | 0,000032 | | 0,000032 | 0,777194 | 0,000032 | 0,918822 | 0,000032 | 1,000000 |
| 3 | Πειραματική | Έκτη | (4) pre | 1,000000 | 0,000032 | | 0,000032 | 0,999999 | 0,000032 | 0,922388 | 0,000032 |
| 4 | Πειραματική | Έκτη | (4) post | 0,000032 | 0,777194 | 0,000032 | | 0,000032 | 0,999988 | 0,000032 | 0,749151 |
| 5 | Ελέγχου | Πέμπτη | (4) pre | 0,999953 | 0,000032 | 0,999999 | 0,000032 | | 0,000032 | 0,837010 | 0,000032 |
| 6 | Ελέγχου | Πέμπτη | (4) post | 0,000032 | 0,918822 | 0,000032 | 0,999988 | 0,000032 | | 0,000032 | 0,903087 |
| 7 | Ελέγχου | Έκτη | (4) pre | 0,963263 | 0,000032 | 0,922388 | 0,000032 | 0,837010 | 0,000032 | | 0,000032 |
| 8 | Ελέγχου | Έκτη | (4) post | 0,000032 | 1,000000 | 0,000032 | 0,749151 | 0,000032 | 0,903087 | 0,000032 | |

## Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν στην πρώτη ερώτηση της έρευνας για τους μαθητές της Πέμπτης και Έκτης τάξης, που σχετίζεται με την αναγνώριση από πλευράς των μαθητών του σωστού διπολικού μοντέλου του κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος, δείχνουν ότι τα πραγματικά πειράματα είναι αποτελεσματικότερα σε σχέση με τα εικονικά. Με άλλα λόγια, το γεγονός ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα της ομάδας των μαθητών που χειρίστηκε τα πραγματικά αντικείμενα είναι υψηλότερα από τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών που χειρίστηκαν την προσομοίωση, ενισχύει τους υποστηρικτές των πραγματικών πειραμάτων που ισχυρίζονται ότι η άμεση εμπειρία με φυσικά και πραγματικά υλικά είναι αποτελεσματικότερη από την προσομοίωση, δηλαδή φαίνεται ότι τα πραγματικά πειράματα και αντικείμενα είναι αποτελεσματικότερα στη μάθηση γιατί οι μαθητές παρατηρούν άμεσα τους πόλους της μπαταρίας, τις επαφές της λάμπας και γενικότερα το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα σε σχέση με την προσομοίωση.

Στη δεύτερη ερώτηση, που σχετίζεται με την αναγνώριση του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και με το ρόλο της πρίζας και του διακόπτη στο απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι παρόμοια για τους μαθητές της ομάδας που εκτέλεσαν πραγματικά πειράματα και για τους μαθητές που εκτέλεσαν την προσομοίωση.

Στην τρίτη ερώτηση, που σχετίζεται με το πότε είναι κλειστό και πότε είναι ανοιχτό το ηλεκτρικό κύκλωμα, προκύπτει πάλι μια ισοδυναμία στα μαθησιακά αποτελέσματα των δυο ομάδων. Τα ίδια μαθησιακά αποτελέσματα για τις δυο ομάδες προκύπτουν και στην τέταρτη ερώτηση που σχετίζεται με την αναγνώριση του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος.

Διαπιστώνεται, λοιπόν, ότι στις τρεις από τις τέσσερις ερωτήσεις τα μαθησιακά αποτελέσματα και των δυο ομάδων είναι παρόμοια. Το γεγονός ότι στο σύνολο σχεδόν των ερωτήσεων υπάρχει μια ισοδυναμία μεταξύ των δυο ειδών πειράματος ενισχύει και τις βιβλιογραφικές πηγές που αναγνωρίζουν τη σπουδαιότητα τόσο των προσομοιώσεων (Zacharia, 2007) όσο και των πραγματικών πειραμάτων (Hofstein & Lunetta, 2004) στην κατανόηση εννοιών και φαινομένων της Φυσικής. Με άλλα λόγια, σε αυτή την έρευνα στην πλειοψηφία των ερωτήσεων διαπιστώνεται η ισοδυναμία των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων στην εννοιολογική κατανόηση και μάθηση της έννοιας του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (Baxter, 1995; Keller et al., 2005; Jaakkola & Nurmi, 2008).

Βέβαια, μέσα από αυτή την έρευνα που αφορά μια συγκεκριμένη έννοια – το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα - δεν μπορεί κανείς να δώσει μια σφαιρική απάντηση για το ποιο είδος πειράματος είναι αποτελεσματικότερο στη μάθηση γιατί όπως ισχυρίζεται και ο Keller (2004) το αποτέλεσμα μπορεί να εξαρτηθεί και από την υπό εξέταση έννοια.

Συνοψίζοντας, για να δώσουμε πειστικότερες απαντήσεις και πιο γενικευμένα συμπεράσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα των δυο ειδών πειράματος είναι αναγκαία η επέκταση της εμπειρικής έρευνας και σε άλλες έννοιες και φαινόμενα της Φυσικής, όπως η δύναμη της τριβής, η ανάκλαση του Φωτός, ο βρασμός του νερού κ.ά., έτσι ώστε να εντοπισθούν τα κριτήρια που θα καθορίζουν τη χρήση του ενός είδους πειράματος ή του άλλου, προκειμένου να επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερη μάθηση στη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία σε μαθητές Δημοτικών Σχολείων.

## Αναφορές

Arons, A. (1991).*Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής*. Αθήνα: Τροχαλία.

Baxter, G. P. (1995). Using computer simulations to assess hands-on science learning. *Journal of Science Education and Technology*, 4, 21-27.

Biggs, J. B., & Collis, K. F. (1982). *Evaluating the quality of learning. The SOLO taxonomy*, NY: Academic Press.

Cepni, S., Tas, E., & Kose, S. (2006). The effects of computer-assisted material on students' cognitive levels, misconceptions and attitudes towards science. *Computer and Education*, 46, 192-205.

Corter, J. E., Nickerson, J. V., Esche, S. K., & Chassapis, C. (2004). Remote versus hands-on labs: A comparative study. *34th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*. (pp. F1G 17-F1G21). Retrieved 20 November 2011, from http://smtp.epinnovations.com/fie2004/papers/1160.pdf

Coye, R. W., & Stonebraker, P. W. (1994). The effectiveness of personal computers in operations management education. *International Journal of Operations and Production Management*, 14(12), 35 – 46.

De Jong, T. (2006). Computer simulations: technological advances in inquiry learning. *Science*, 312, 532–533.

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Τροχαλία.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1998). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις Τυπωθήτω.

Finkelstein, N. D., Perkins, K., Adams, W., Keller, K., Kohl, P., Podolefsky, N., Reid, S., & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review*, 1, 1-8.

Hanafit, A., Fauziah, S., & Rozhan, M. I. (2005). The effectiveness of problem-based learning in the web-based environment for the delivery of an ungraduate physics course. *International Educational Journal*, 6(4), 430-437.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.

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.

Jimoyiannis, A., Mikropoulos, T. A., & Ravanis, K., (2000). Students' performance towards computer simulations on kinematics. *Themes in Education*, 1(4), 357-372.

Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers and Education*, 36, 183-204.

Keller, C. (2004). Substituting traditional hands-on laboratories with computer simulations: What's gained and what's lost? Retrieved 20 November 2011, from http://www.colorado.edu/physics/phys4810/phys4810_fa04/final_projects/keller.pdf

Keller, C., Finkelstein, N. D., Perkins, K. K., & Pollock, S. J. (2005). Assessing the effectiveness of a computer simulation in conjunction with tutorials in introductory physics in undergraduate physics recitations. *Proceedings of the 2005 Physics Education Research Conference*, Melville NY: AIP Press. Retrieved 20 November 2011, from http://www.colorado.edu/physics/EducationIssues/papers/perc2005_keller.pdf

Klahr, D., Triona, L., & Williams, C. (2007). Hands on what? The relative effectiveness of physical vs. virtual materials in an engineering design project by middle school children. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 183-203.

Marshall, J., & Young, E. S. (2006). Pre-service teacher's theory development in physical and simulated environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(9), 907-937.

Morrell, D. (1992). The effects of computer-assisted instruction on student achievement in high school biology. *School Science and Mathematics*, 92, 177–181.

Powell, J. V., Aeby, V. G. J., & Carpenter -Aebyc, T. (2003). A comparison of student outcomes with and without teacher facilitated computer-based instruction. *Computers and Education*, 40, 183–191.

Steinberg, R. N. (2000). Computers in teaching science: to simulate or not to simulate? *American Journal of Physics*, 68(7), 37-41.

Tao, P., & Gunstone, R. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 859–882.

Tjaden, B. J., & Martin, C. D. (1995). Learning effects of computer-assisted instruction on college students. *Computer and Education*, 24(4), 221–277.

Triona, L. M., & Klahr, D. (2003). Point and Click or Grab and Heft: Comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. *Cognition and Instruction*, 21(2), 149-173.

Wainwright, C. L. (1989). The effectiveness of a computer-assisted instruction package in high school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 275–290.

Zacharia, Z., & Anderson, O. R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71(6), 618–629.

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.

Zacharia, C. Z., Olympiou, G., & Papaevripidou, M. (2008). Effects of Experimenting with Physical and Virtual Manipulatives on Students Conceptual Understanding in Heat and Temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 9, 1021–1035.

Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετρέα, Κ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα & Καλκάνης, Γ. (2006). Φυσικά, *Τετράδιο Εργασιών Ε΄& ΣΤ΄ Δημοτικού*, Αθήνα: ΟΕΔΒ.

Γεωργόπουλος, Κ. Μπέλλου, Ι., & Μικρόπουλος, Α. (2009). Μελέτη της μετάβασης σε διαφορετικές αναπαραστάσεις μεταβαλλόμενης κίνησης με την εφαρμογή μαθηματικών εννοιών. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σ. 267 – 275). Ανακτήθηκε στις 16 Δεκεμβρίου 2009, από http://www.uowm.gr/kodifeet.

Ευαγγέλου, Β. Φ., & Κώτσης, Θ. Κ. (2009). Γνωρίσματα ερευνών της Διεθνούς Βιβλιογραφίας σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα από τη σύγκριση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σ. 335 – 342). Ανακτήθηκε στις 16 Δεκεμβρίου 2009, από http://www.uowm.gr/kodifeet.

Καλκάνης, Γ. Θ. (2003). Το ιστορικό(;) μέλλον των ερευνητικών και εκπαιδευτικών πειραμάτων. Στο Κ. Σκορδούλης & Λ. Χαλκία (Επ.), *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου: «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φ.Ε.»* (σ. 99-108). Αθήνα: Π.Τ.Δ.Ε.

Καριώτογλου, Π. (2006). *Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*. Θεσσαλονίκη: Γράφημα.

Κόκκοτας, Π. (1998). *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*. Αθήνα.

Κουλαϊδής, Β. (Επ.) (2007). *Σύγχρονες Διδακτικές Προσεγγίσεις για την Ανάπτυξη Κριτικής – Δημιουργικής Σκέψης* (Για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση). Αθήνα: Οργανισμός Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών (ΟΕΠΕΚ).

Κουμαράς Π., (1994). Υλικά καθημερινής χρήσης για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στους μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. *Εκπαιδευτική Κοινότητα*, 27, 34 - 37.

Κουμαράς, Π. (2002). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.

Κώτσης, Θ. Κ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής και Πείραμα*. Ιωάννινα: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Κώτσης, Θ. Κ., & Ευαγγέλου, Β. Φ. (2007). Εικονικό ή πραγματικό πείραμα στη διδασκαλία της Φυσικής για την αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών και φοιτητών: Μια βιβλιογραφική ανασκόπηση. *Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων*, 20, 57 – 90.

Λεύκος, Ι., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2009). Ανάπτυξη πειραματικών δεξιοτήτων μέσα από ένα εικονικό περιβάλλον στην περιοχή των θερμικών φαινομένων. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σ. 495 – 503). Ανακτήθηκε στις 16 Δεκεμβρίου 2009, από http://www.uowm.gr/kodifeet.

Μικρόπουλος, Τ. Α. (2002). Προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις στην οικοδόμηση εννοιών στις φυσικές επιστήμες. Στο Α. Μαργετουσάκη & Π. Γ. Μιχαηλίδης (Επ.), *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου: «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»* (σ. 371- 376). Ρέθυμνο.

Μικρόπουλος, Τ. Α. (2003). Οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Κριτική θεώρηση και προτάσεις. Στο Ε. Τσιτοπούλου, Χ. Χαλέτσος & Π. Φιλντίσης (Επ.), *Πρακτικά 8ου Κοινού συνεδρίου Ένωσης Ελλήνων και Κυπρίων Φυσικών: «Προοπτικές, εξελίξεις και διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών»* (τ. Α, σ. 22–28). Αθήνα: ΕΕΦ.

Μικρόπουλος, Τ. Α. (2006). *Ο Υπολογιστής ως γνωστικό εργαλείο*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Μιχαηλίδης, Π. (2007). Νέες Τεχνολογίες και Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (τ. Γ, σ. 1059–1068). Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Μπέλλου, Ι. (2003). Ποιοτική αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών μετά την αλληλεπίδρασή τους με εκπαιδευτικό λογισμικό. Στο Μ. Ιωσηφίδου & Ν. Τζιμόπουλος (Επ.), *2ο Πανελλήνιο Συνέδριο των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη»* (τ. Β, σ. 85-95). Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Ολυμπίου, Γ., Ζαχαρία, Χ. Ζ., & Παπαευριπίδου, Μ. (2007). Διερεύνηση της βελτίωσης της εννοιολογικής κατανόησης προπτυχιακών φοιτητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία μέσα από εικονικά και πραγματικά περιβάλλοντα πειραματισμού. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (τ. Γ., σ. 1059–1068). Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Ολυμπίου, Γ., & Ζαχαρία, Ζ. (2009). Συγκριτική μελέτη της αποτελεσματικότητας του Πειραματισμού σε Πραγματικό ή Εικονικό Εργαστήριο ως προς την Επίτευξη Εννοιολογικής Κατανόησης στη Φυσική. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σ. 621–629). Ανακτήθηκε στις 16 Δεκεμβρίου 2009, από http://www.uowm.gr/kodifeet.

Σάββας, Σ. (1996). Το ερευνητικό εξελισσόμενο μοντέλο στη διδασκαλία της φυσικής με ιδιοκατασκευές και πειράματα με απλά μέσα. Πρόταση εφαρμογής για το δημοτικό σχολείο. *Διδακτορική διατριβή*, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Σολομωνίδου, Χ. (2007). *Σύγχρονη Εκπαιδευτική Τεχνολογία: Υπολογιστές και Μάθηση στην Κοινωνία της Γνώσης*. Θεσσαλονίκη: Κώδικας.

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 (Επ.), *Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή "Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση"* (τ. ΙΙ, 355 – 363). Ανακτήθηκε στις 20 Οκτωβρίου 2010, από http://www.etpe.gr/files/proceedings/26/1286268943_135.pdf

Τζιμογιάννης, Α. (1999). Διδασκαλία Φυσικής και Υπολογιστές: Μια εναλλακτική διδακτική προσέγγιση. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 105, 115–122.

Τζιμογιάννης, Α., & Μικρόπουλος, Α. Τ. (2000). Η συμβολή των προσομοιώσεων πειραμάτων στη διδασκαλία της Φυσικής: η έννοια της ταχύτητας. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 111, 120- 131.

Τζιμογιάννης, Α (2004). Οι προσομοιώσεις στη Διδασκαλία της Φυσικής. Στο Ι. Βλαχάβας, Β. Δαγδιλέλης, Γ. Ευαγγελίδης, Γ. Παπαδόπουλος, Μ. Σατρατζέμη & Δ. Ψύλλος (Επ.), *Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών στην ελληνική εκπαίδευση: απολογισμός και προοπτικές* (σ. 240–254). Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Α.Π.Θ. - Μακεδονίας.

Τσελφές, Β. (2002). *Δοκιμή και Πλάνη: Το εργαστήριο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Νήσος.

Τσελφές, Β. (2003). *Πειράματα με τη θερμότητα, το Φως και τα Ηλεκτρικά Κυκλώματα*. Αθήνα: ΕΚΠΑ, Πρόγραμμα Εκπαίδευσης Μουσουλμανοπαίδων 2002-2004. Ανακτήθηκε στις 25 Μαρτίου 2010, από http://repository.edulll.gr/edulll/bitstream/10795/338/2/338.pdf

Χαλκιά, Κ. (2000). Το πείραμα στο μάθημα της Φυσικής: Σχολιασμός και Επισημάνσεις για το ρόλο και τη σημασία του. *Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για τις Φυσικές Επιστήμες*, 6, 12-18.

Ψύλλος Δ., Αργυράκης, Π., Βλαχάβας, Ι., Χατζηκρανιώτης, Ε., Μπισδικιάν, Γκ., Ρεφανίδης, Ι., Λεύκος, Ι., Κορομπίλης, Κ., Βράκας, Δ., Γάλλος, Λ., Πετρίδου, Ε., & Νικολαΐδης, Ι.(2000). Σύνθετο Εικονικό Περιβάλλον για τη διδασκαλία Θερμότητας – Θερμοδυναμικής. *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου ΤΠΕ στην Εκπαίδευση* (σ. 331-340).

Ψύλλος, Δ. (2007). Μοντέλα και κόσμοι στους εικονικούς χώρους. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση»* (τ. Α, σ. 30–41). Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Αναφορά στο άρθρο ως: (2010). Κώτσης Θ. Κ. & Ευαγγέλου Β. 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.

http://earthlab.uoi.gr/thete/index.php/thete