ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2016)

10ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Αποτελεσματικότητα των εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Αθανάσιος Ταραμόπουλος, Δημήτριος Ψύλλος

Βιβλιογραφική αναφορά:

Ταραμόπουλος Α., & Ψύλλος Δ. (2022). Αποτελεσματικότητα των εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 447–453. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/3852

Αποτελεσματικότητα των εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Αθανάσιος Ταραμόπουλος[1], Δημήτριος Ψύλλος[2]
ttar@sch.gr, psillos@eled.auth.gr
[1]Γενικό Λύκειο Νέας Ζίχνης Σερρών
[2]Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει μία επισκόπηση των συμπερασμάτων πρόσφατων ερευνητικών μελετών ως προς τη συνεισφορά των εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων σε μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στην Ελλάδα. Η αποτελεσματικότητα των εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων εξετάζεται ως προς τη δυνατότητα υποστήριξης διδασκαλιών που μπορούν α) να επιφέρουν σημαντική εννοιολογική βελτίωση των μαθητών σε απλά αλλά και σύνθετα προβλήματα ηλεκτρικών κυκλωμάτων, β) να βελτιώσουν σημαντικά την ικανότητα των μαθητών να μετασχηματίζουν ηλεκτρικά κυκλώματα από μία μορφή σε άλλη και γ) να οδηγήσουν στην απόκτηση εκ μέρους των μαθητών δεξιοτήτων σχεδίασης και υλοποίησης πειραματικών διαδικασιών με ηλεκτρικά κυκλώματα. Μέσα από την επισκόπηση προκύπτουν επιθυμητά χαρακτηριστικά και παροχές των εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων, τα οποία σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά της διδασκαλίας, καθιστούν τα εικονικά εργαστήρια αποτελεσματικότερα διδακτικά εργαλεία ανάλογα με τους ειδικότερους διδακτικούς στόχους.

Λέξεις κλειδιά: εικονικά εργαστήρια, ηλεκτρικά κυκλώματα, εννοιολογική κατανόηση, μεταφορά γνώσης, πειραματικές δεξιότητες

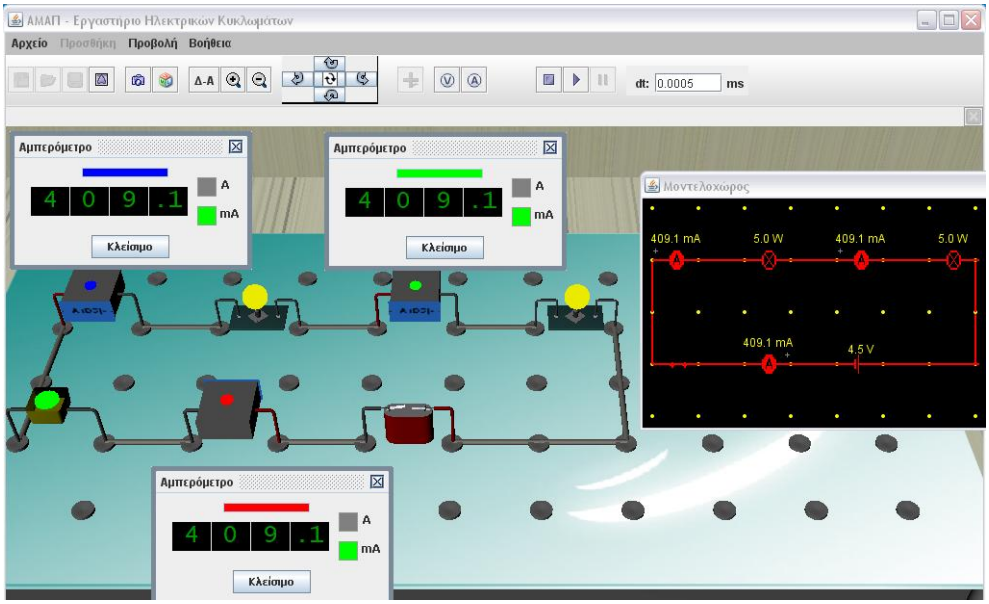
Εισαγωγή

Την τελευταία δεκαετία έχει αναπτυχθεί μία μεγάλη κατηγορία εκπαιδευτικών λογισμικών στο πεδίο των Φυσικών Επιστημών, τα εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα, τα οποία προσομοιώνουν με εικονικό και λειτουργικό τρόπο στην οθόνη του υπολογιστή, εργαστήρια Φυσικών Επιστημών, αξιοποιώντας τη δυναμική που παρέχει η σύγχρονη τεχνολογία πολυμέσων με βασικό χαρακτηριστικό την τεχνική αλληλεπίδρασης και τον άμεσο και αληθοφανή χειρισμό των αντικειμένων και των παραμέτρων (Ψύλλος κ.α., 2008). Τα λογισμικά αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διδασκαλία με τρόπο ανάλογο με αυτόν των πραγματικών εργαστηρίων Φυσικών Επιστημών, κάτι που έχει οδηγήσει σε μία συζήτηση επαναπροσδιορισμού του ρόλου του πειράματος στην επιστημονική διδασκαλία (Hofstein & Lunetta, 2004). Ένας σημαντικός αριθμός ερευνών έδειξε ότι τα εικονικά εργαστήρια, ως περιβάλλοντα μάθησης, δεν υστερούν σε σχέση με τα πραγματικά εργαστήρια (Rutten et al., 2012). Όμως τα εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τις παροχές που προσφέρουν στους χρήστες (π.χ. γραφικές παραστάσεις, σύνδεση με μικρόκοσμο φαινομένων, βαθμός αλληλεπίδρασης χρήστη με τα προσομοιαζόμενα φαινόμενα κ.τ.λ.) αλλά και την πιστότητα αναπαράστασης του φυσικού κόσμου (από ρεαλιστική έως εντελώς σχηματική γραφική απεικόνιση) και των φυσικών φαινομένων (πλήθος φυσικών φαινομένων που προσομοιώνονται και ακρίβεια προσομοίωσης φαινομένων) και έχει βρεθεί ότι τα χαρακτηριστικά των εικονικών

T. A. Mikropoulos, N. Papachristos, A. Tsiara, P. Chalki (eds.), *Proceedings of the 10th Pan-Hellenic and International Conference "ICT in Education"*, Ioannina: HAICTE. 23-25 September 2016. ISSN 2529-0916, ISBN 978-960-88359-8-6.

εργαστηρίων μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τα μαθησιακά αποτελέσματα (Olympiou et al., 2012; Ruten et al, 2012). Όμως, όπως επισημαίνουν οι Ευαγγέλου και Κώτσης στη βιβλιογραφική τους επισκόπηση (Ευαγγέλου & Κώτσης, 2009), οι παραπάνω έρευνες αφορούν κυρίως φοιτητές Πανεπιστημίου (60%) και λίγες μόνο αναφέρονται σε μαθητές Πρωτοβάθμιας (20%) ή Δευτεροβάθμιας (20%) Εκπαίδευσης. Επιπλέον, από αυτές που αφορούν τους μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, καμία δε βρίσκεται στο χώρο των Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων, ο οποίος προσφέρεται ιδιαιτέρως για σύγκριση των εικονικών και των πραγματικών περιβαλλόντων, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν όμοια εικονικά και πραγματικά αντικείμενα.

Τα ηλεκτρικά κυκλώματα αποτελούν ένα πεδίο των Φυσικών Επιστημών με το οποίο ερχόμαστε καθημερινά σε επαφή, μελετάται συνεχώς από διδακτικής απόψεως τα τελευταία τριάντα χρόνια και έχει βρεθεί ότι υπάρχουν σημαντικές και ευρέως διαδεδομένες εναλλακτικές αντιλήψεις οι οποίες δύσκολα ανασκευάζονται (Psillos, 1993; Jaakkola et al., 2011). Επόμενο είναι οι μελέτες που έχουν γίνει να επικεντρώνονται κυρίως στις δυσκολίες κατανόησης από μέρους των μαθητών των εννοιών των ηλεκτρικών κυκλωμάτων παραβλέποντας άλλες όψεις της διδασκαλίας, όπως η δυνατότητα μεταφοράς των γνώσεων από το περιβάλλον διδασκαλίας στον πραγματικό κόσμο για την επίλυση απλών καθημερινών προβλημάτων, ή η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας στη σχεδίαση και εκτέλεση πειραμάτων με ηλεκτρικά κυκλώματα από τους μαθητές (Ruten et al., 2012).



Σχήμα 1. Το εικονικό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων του Α.ΜΑ.Π. επιτρέπει τη χρήση εικονικών οργάνων με διαφορετική πιστότητα αναπαράστασης

Στα πλαίσια αυτά, σχεδιάστηκε, συγκροτήθηκε και υλοποιείται ένα ερευνητικό και αναπτυξιακό πρόγραμμα συνεργασίας ερευνητών και έμπειρων εκπαιδευτικών με στόχο την ανάπτυξη ενός κατάλληλου μαθησιακού περιβάλλοντος και την πολύπλευρη αποτίμηση του ρόλου που μπορούν να διαδραματίσουν τα εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα όταν ενταχθούν σε διδασκαλία με διερευνητική προσέγγιση στο γνωστικό αντικείμενο των

ηλεκτρικών κυκλωμάτων (Ψύλλος κ.α., 2008). Το πρόγραμμα υλοποιείται μέσα από ερευνητικές εργασίες πεδίου σε μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στην Ελλάδα, συγκρίνοντας σε διάφορους τομείς την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας, όταν αυτή γίνεται με εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα διαφόρων χαρακτηριστικών. Στις εργασίες αυτές χρησιμοποιήθηκε κατά βάση το εικονικό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων του Ανοικτού Μαθησιακού Περιβάλλοντος (Α.ΜΑ.Π.), το οποίο επιτρέπει τη χρήση εικονικού περιβάλλοντος με διάφορα χαρακτηριστικά (Σχήμα 1), όπως εικονικό περιβάλλον με υψηλή πιστότητα αναπαράστασης του πραγματικού εργαστηρίου (ρεαλιστικά τρισδιάστατα γραφικά) ή με τη χρήση συμβολικών εικονικών οργάνων (αφηρημένα γραφικά σε μορφή applet) ή το συνδυασμό των παραπάνω αναπαραστάσεων (χρήση ηλεκτρικών κυκλωμάτων μέσω ρεαλιστικών εικονικών οργάνων και ταυτόχρονη αναπαράστασή τους μέσω διασυνδεδεμένων αφηρημένων συμβολικών αναπαραστάσεων), ενώ τα χαρακτηριστικά του έχουν περιγραφεί αναλυτικά σε άλλες εργασίες (Taramopoulos, Psillos & Hatzikraniotis, 2011b; Ταραμόπουλος, 2012; Ταραμόπουλος, Ψύλλος & Χατζηκρανιώτης, 2010; Ψύλλος κ.α., 2008). Πιο συγκεκριμένα, γίνεται σύγκριση της αποτελεσματικότητας των εικονικών εργαστηρίων ως προς α) την εννοιολογική εξέλιξη των μαθητών, β) τις ικανότητες των μαθητών να μεταφέρουν τις γνώσεις τους σε άλλες αναπαραστάσεις μετασχηματίζοντας ένα ηλεκτρικό κύκλωμα από μία αναπαράσταση σε άλλη (πραγματική, εικονική, διαγραμματική) και γ) τις δεξιότητες των μαθητών να σχεδιάζουν και να υλοποιούν πειράματα με απλά ηλεκτρικά κυκλώματα. Μέσα από αυτές τις συγκρίσεις αναδεικνύονται οι τομείς στους οποίους διδασκαλίες με διερευνητική προσέγγιση με διάφορα εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα λειτουργούν ισοδύναμα μεταξύ τους και ισοδύναμα με αντίστοιχες διδασκαλίες με πραγματικά εργαστήρια, εντοπίζονται οι τομείς στους οποίους υπάρχουν διαφορές και αναλύονται τα επί μέρους χαρακτηριστικά των περιβαλλόντων που συμβάλλουν σε αυτές. Με τον τρόπο αυτό το ερευνητικό αυτό πρόγραμμα συμβάλλει στην εκτίμηση της χρησιμότητας επί μέρους χαρακτηριστικών των εικονικών περιβαλλόντων, στον ορθότερο σχεδιασμό των εικονικών εργαστηρίων και κατ΄ επέκταση στην αποτελεσματικότερη ένταξη και αξιοποίησή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία στα πλαίσια διδασκαλιών καθοδηγούμενης διερεύνησης.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μία αποτίμηση των αποτελεσμάτων του προγράμματος στους τρεις άξονες που αναφέρθηκαν και συγκρίνονται με αποτελέσματα παρόμοιων ερευνών της σύγχρονης διεθνούς βιβλιογραφίας.

Αποτελεσματικότητα στην εννοιολογική εξέλιξη των μαθητών

Αρχικά μελετήθηκε η αποτελεσματικότητα των εικονικών εργαστηρίων ηλεκτρισμού στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών σε σχέση με την αποτελεσματικότητα των πραγματικών εργαστηρίων όταν και τα δύο είδη εργαστηριακών περιβαλλόντων χρησιμοποιούνται με ανάλογο τρόπο στη διδασκαλία στα πλαίσια διερευνητικής προσέγγισης σε μαθητές της Γ΄ τάξης Γυμνασίου (Taramopoulos et al., 2011b; Ταραμόπουλος κ.α., 2010). Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα αυτών των μελετών η χρήση εικονικών ή πραγματικών εργαστηριακών περιβαλλόντων δε φαίνεται να επηρεάζει διαφορετικά την εννοιολογική εξέλιξη των μαθητών στο χώρο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, καθώς και στις δύο περιπτώσεις παρατηρούνται παρόμοιες βελτιώσεις, κάτι που συμφωνεί με παρόμοιες διεθνείς μελέτες (Jaakkola et al., 2011; Zacharia & Olympiou, 2011). Στις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν διαφοροποιήσεις στα μαθησιακά αποτελέσματα αυτές αποδίδονται σε χαρακτηριστικά των εικονικών εργαστηρίων. Ειδικότερα, οι Finkelstein et al. (2005) παρατηρούν ότι η παροχή της προβολής των κινούμενων φορτίων κατά μήκος των αγωγών

ηλεκτρικών κυκλωμάτων μπορεί να υποβοηθήσει σημαντικά την κατανόηση των σχετικών φαινομένων και η διδασκαλία με εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα που ενσωματώνουν τέτοιες παροχές μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικά μεγαλύτερη εννοιολογική εξέλιξη των μαθητών σε σχέση με τα πραγματικά εργαστήρια.
Ένα άλλο χαρακτηριστικό που έχει βρεθεί ότι επηρεάζει σημαντικά την αποτελεσματικότητα των εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων ως εργαλεία διδασκαλίας είναι η πιστότητα με την οποία αναπαριστούν το φυσικό κόσμο. Οι Ταραμόπουλος, Ψύλλος και Χατζηκρανιώτης (Ταραμόπουλος κ.α., 2010; Taramopoulos et al., 2011b) αναφέρουν ότι σε μαθητές Γυμνασίου οι ρεαλιστικές αληθοφανείς αναπαραστάσεις και οι σχηματικές αναπαραστάσεις ηλεκτρικών κυκλωμάτων οδηγούν σε παρόμοια εννοιολογική εξέλιξη. Όταν όμως το εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον συνδυάζει αληθοφανή όργανα και σχηματικές αναπαραστάσεις οι οποίες είναι διασυνδεδεμένες μεταξύ τους ώστε οποιαδήποτε αλλαγή στη μία αναπαράσταση να εμφανίζεται αυτόματα στην άλλη, βρέθηκε ότι μαθητές Λυκείου καταφέρνουν να σημειώσουν καλύτερες γνωστικές επιδόσεις σε σύνθετα προβλήματα σχετικά αυξημένης δυσκολίας σε σχέση με συμμαθητές τους που χρησιμοποίησαν μόνο μία από τις δύο αναπαραστάσεις κατά τη διδασκαλία ενώ οι επιδόσεις όλων των μαθητών σε πιο απλά προβλήματα είναι παρόμοιες (Ταραμόπουλος & Ψύλλος, 2014; Taramopoulos & Psillos, 2014). Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με διεθνείς μελέτες σύμφωνα με τις οποίες διαφορετικές αναπαραστάσεις οδηγούν σε διαφορετικό γνωστικό φόρτο των μαθητών και μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά την πρόσκτηση γνώσεων από τους μαθητές (Scheiter et al., 2009), αλλά και με άλλες παρόμοιες μελέτες σε άλλους τομείς των Φυσικών Επιστημών (Olympiou et al., 2012). Στο πλαίσιο αυτό προτείνεται στο χώρο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων ένα εικονικό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων να χρησιμοποιεί μία μόνο αναπαράσταση όταν απευθύνεται σε μαθητές Δημοτικού (Jaakkola & Veermans, 2015), ενώ είναι σκόπιμο να περιλαμβάνει δυναμικά διασυνδεδεμένες αληθοφανείς και σχηματικές αναπαραστάσεις όταν απευθύνεται σε μαθητές Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ή μεγαλύτερους καθώς σε αυτές τις ηλικίες οι μαθητές είναι πιο εξοικειωμένοι με τη χρήση επιστημονικών μοντέλων και η χρήση διασυνδεδεμένων πολλαπλών αναπαραστάσεων βοηθάει στη δημιουργία συνδέσεων ανάμεσα στα μοντέλα και τα πραγματικά αντικείμενα και στην αποστασιοποίηση από μία συγκεκριμένη αναπαράσταση (Goldstone & Son, 2005; Ταραμόπουλος, 2012).

Αποτελέσματα στο μετασχηματισμό ηλεκτρικών κυκλωμάτων

Κατά τη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με τις νέες γνώσεις με τη χρήση κάποιας μορφής αναπαράστασης των ηλεκτρικών κυκλωμάτων: σχηματική αν γίνεται παραδοσιακή καθ' έδρας διδασκαλία, πραγματική αν χρησιμοποιείται το εργαστήριο Φυσικών Επιστημών ή εικονική αν χρησιμοποιείται κάποιο εκπαιδευτικό λογισμικό. Τα προβλήματα όμως που ενδέχεται να αντιμετωπίσουν στο μέλλον μπορεί να βρίσκονται σε οποιαδήποτε αναπαράσταση, είτε ως προβλήματα λειτουργίας κάποιου πραγματικού ηλεκτρικού κυκλώματος, είτε ως προβλήματα κατανόησης της λειτουργίας κάποιου σχεδιασμένου ηλεκτρικού κυκλώματος είτε ως προβλήματα διερεύνησης της λειτουργίας κάποιου προσομοιωμένου εικονικού ηλεκτρικού κυκλώματος. Είναι επομένως σημαντικό να μπορούν οι μαθητές να μετασχηματίζουν τη γνώση που απέκτησαν από μία αναπαράσταση σε άλλη με επιτυχία ανεξάρτητα από το περιβάλλον στο οποίο έγινε η διδασκαλία τους. Δεν έχει ερευνηθεί όμως ιδιαίτερα ο βαθμός

καλλιέργειας της δεξιότητας μετασχηματισμού των κυκλωμάτων που αποκτάται από τους μαθητές κατά τη διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων (Rutten et al., 2012).
Μελετώντας τη δεξιότητα κατασκευής ηλεκτρικών κυκλωμάτων μαθητών Γυμνασίου, οι Ταραμόπουλος και Ψύλλος (2013) αναφέρουν ότι στην περίπτωση που κατά την κατασκευή των πραγματικών κυκλωμάτων απαιτείται κάποια ιδιαίτερη χειριστική δεξιότητα, οι μαθητές που είχαν χρησιμοποιήσει το πραγματικό εργαστήριο κατά τη διδασκαλία πλεονεκτούν έναντι αυτών που είχαν χρησιμοποιήσει μόνο το εικονικό εργαστήριο. Σε μεγαλύτερη και γενικότερη μελέτη σε μαθητές Γυμνασίου έχει βρεθεί ότι όταν οι μαθητές καλούνται να μετασχηματίσουν δοσμένα ηλεκτρικά κυκλώματα από μία μορφή σε άλλη (πραγματική, αληθοφανή εικονική, σχηματική) τα αποτελέσματα εξαρτώνται από την πολυπλοκότητα του κυκλώματος. Για απλά κυκλώματα οι μαθητές κάνουν το μετασχηματισμό με επιτυχία ανεξάρτητα από το είδος του εικονικού εργαστηρίου που χρησιμοποίησαν κατά τη διδασκαλία αλλά για σύνθετα κυκλώματα οι μαθητές που χρησιμοποίησαν στη διδασκαλία εικονικά περιβάλλοντα με διασυνδεδεμένες αληθοφανείς και σχηματικές αναπαραστάσεις φαίνεται να υπερτερούν έναντι των υπολοίπων (Ταραμόπουλος, 2012). Αυτό το εύρημα είναι σε συμφωνία με αντίστοιχο εύρημα των Finkelstein et al. (2005) οι οποίοι αναφέρουν ότι στην Τριτοβάθμια εκπαίδευση μαθητές που διδάχθηκαν σε εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον με παροχές που τους οδήγησαν σε καλύτερη συνολική κατανόηση των φαινομένων που μελετήθηκαν, κατάφεραν να κατασκευάσουν ταχύτερα πραγματικά ηλεκτρικά κυκλώματα που τους ζητήθηκαν σε σχέση με συμμαθητές τους που είχαν χρησιμοποιήσει πραγματικό εργαστηριακό περιβάλλον κατά τη διδασκαλία.

Αποτελεσματικότητα ως προς τη σχεδίαση και εκτέλεση πειραμάτων

Η ικανότητα σχεδίασης πειραμάτων θεωρείται μία από τις πιο σημαντικές δεξιότητες που σχετίζονται με τον πειραματισμό και την επιστημονική έρευνα, σημαντικότερη ίσως ακόμα και από την ίδια την εκτέλεση των πειραμάτων, καθώς πέρα από τη γνώση του περιεχομένου σχετίζεται με την επιστημονική μεθοδολογία (Garat & Tomlinson, 2001). Η δυνατότητα όμως των εικονικών περιβαλλόντων να υποστηρίξουν την ανάπτυξη πειραματικών δεξιοτήτων των μαθητών στο χώρο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων δεν έχει μελετηθεί επαρκώς (Ruten et al., 2012).
Οι Ταραμόπουλος, Ψύλλος και Χατζηκρανιώτης (2011a) αναφέρουν ότι η πλειονότητα των μαθητών που έχουν χρησιμοποιήσει εικονικά εργαστήρια καταφέρνει να σχεδιάσει και να υλοποιήσει αποτελεσματικά μία πειραματική διαδικασία σε κάθε φάση μετά από μία διδακτική παρέμβαση διδασκαλίας ηλεκτρικών κυκλωμάτων στην οποία η πειραματική διαδικασία δε διδάσκεται άμεσα αλλά έμμεσα, μέσω της διαρκούς ενασχόλησης με πειράματα ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Οι μαθητές εμφανίζονται ικανοί να διατυπώνουν υποθέσεις για την απάντηση ενός δοθέντος ερευνητικού ερωτήματος, να αναγνωρίζουν τις μεταβλητές που επηρεάζουν το υπό μελέτη φαινόμενο, να βρίσκουν τα όργανα που πρέπει να χρησιμοποιήσουν για την πειραματική τους διάταξη, να σχεδιάζουν διαγραμματικά ένα κύκλωμα για τη διερεύνηση του προβλήματος, να περιγράφουν την πειραματική διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσουν, να κατασκευάζουν το κύκλωμα της πειραματικής τους διάταξης, να κάνουν τις απαραίτητες μετρήσεις, να επεξεργάζονται τα πειραματικά τους δεδομένα, να καταγράφουν τα αποτελέσματά τους και τελικά να τα αξιολογούν. Αυτό γίνεται ανεξάρτητα από την αναπαράσταση που χρησιμοποιείται στο εικονικό εργαστήριο, είτε αυτή είναι αληθοφανής, είτε είναι σχηματική, είτε διασυνδεδεμένη αληθοφανής και σχηματική (Ταραμόπουλος, 2012).

Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας όλα τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, παρατηρούμε ότι τα ευρήματα δείχνουν ότι στα πλαίσια διδασκαλίας διερευνητικής προσέγγισης τα εικονικά περιβάλλοντα γενικά υποστηρίζουν αποτελεσματικά την εννοιολογική εξέλιξη των μαθητών στο χώρο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων (Finkelstein et al., 2005; Jaakkola & Veermans, 2015; Taramopoulos et al., 2011b; Taramopoulos & Psillos, 2014), την ανάπτυξη δεξιοτήτων μετασχηματισμού κυκλωμάτων από μία μορφή σε άλλη (Goldstone & Son, 2005; Finkelstein et al. 2005; Ταραμόπουλος, 2012) και δεξιοτήτων σχεδίασης και εκτέλεσης πειραμάτων με απλά ηλεκτρικά κυκλώματα (Taramopoulos et al. 2011a; Ταραμόπουλος, 2012). Σε αυτό συμβάλλουν διάφοροι παράγοντες σύμφωνα με τους οποίους σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν τα εικονικά περιβάλλοντα μάθησης και ειδικότερα οι παροχές της παρουσίασης του μικρόκοσμου, της ύπαρξης συγχρονικών γραφικών παραστάσεων και της ύπαρξης διασυνδεδεμένων αναπαραστάσεων διαφορικής πιστότητας (αληθοφανής και αφηρημένη). Τα εικονικά εργαστήρια παρέχουν επομένως στους εκπαιδευτικούς ένα εικονικό περιβάλλον στα πλαίσια του οποίου μπορούν να σχεδιάσουν, να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν διερευνητικές εργαστηριακές δραστηριότητες ωθώντας τους μαθητές να αλληλεπιδράσουν με αληθοφανείς χειρισμούς εικονικών αντικειμένων και να διερευνήσουν ενεργητικά φυσικά φαινόμενα αποκτώντας βαθιά γνώση του αντικειμένου την οποία μπορούν να μεταφέρουν σε παρόμοιες καταστάσεις ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσουν και πειραματικές δεξιότητες.

Αναφορές

Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid, S., LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. Phys. Rev. Sp. Top. - Phys. Educ. Res. 1, p. 1-8

Garratt, J., & Tomlinson, J. (2001). Experimental design – can it be learned? University Chemistry Education, V 5(2)

Goldstone, R.L., & Son, J.Y. (2005). The transfer of scientific principles using concrete and idealized simulations, The Journal of the Learning Sciences, 14(1), 69-110

Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century, *Sci. Ed*. 88, 28-54.

Jaakkola, T., Nurmi S., & Lehtinen, E. (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

Jaakkola, T., & Veermans, K. (2015). Effects of abstract and concrete simulation elements on science learning, *Journal of Computer Assisted Learning*, **31**, 300-313

Johnson, A.M., Reisslein, J.,. & Reisslein M., (2013). Representation Sequencing in Computer-based Engineering Education, *Computers & Education*, doi: 10.1016/ j.compedu.2013.11.010

Olympiou G., Zacharia Z., & de Jong T. (2012). Making the invisible visible: enhancing students' conceptual understanding by introducing representations of abstract objects in a simulation, Instructional Science, Doi: 10.1007/s11251-012-9245-2

Psillos, D. (1996). Teaching electricity (invited paper) in Tiberghien A., Jossem E.L. and Barojas J. (eds) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. International Commission on Physics Education, 1997 - 1998.

Rutten, N., van Joolingen, W.R., & van der Veen, J.T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. Computers and Education, 58, 136-153

Scheiter, K., Gerjets, P., Huk, T., Imhof, B., & Kammerer, Y. (2009). The effects of realism in learning with dynamic visualizations. *Learning and Instruction*, 19, 481-494

Taramopoulos, A., Psillos, D. & Hatzikraniotis, E. (2011a). "Designing virtual experiments in electric circuits by high school students", 9th International ESERA Conference, Lyon, France

Taramopoulos, A., Psillos, D. & Hatzikraniotis, E. (2011b). "Teaching by inquiry electric circuits in virtual and real laboratory environments", in "Research on e-learning and ICT in Education: Technological, Pedagogical and Instructional Issues", ed. A. Jimoyiannis, ch. 16, p. 209-222, Springer, New York.

Taramopoulos, A., & Psillos, D. (2014). "Raising the level of understanding through the use of dynamically linked concrete and abstract representations in virtual laboratory environments in electric circuits", In C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Eds.), E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference, Nicosia, Cyprus, pp. 157-163, ISBN: 978-9963-700-77-6

Zacharia, Z.C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning, Learning and Instruction, 21(3), 317-331

Ευαγγέλου, Φ., & Κώτσης, 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, και Α. Ζουπίδης (eds). 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ, σελ. 335-342

Ταραμόπουλος, Α., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2010). «Διδασκαλία ηλεκτρικών κυκλωμάτων με το εικονικό εργαστήριο και τα applets του Ανοικτού Μαθησιακού Περιβάλλοντος (ΑΜΑΠ)», 7ο Συνέδριο ΕΤΠΕ, Κόρινθος, τόμος ΙΙ, 355-363.

Ταραμόπουλος, Α. (2012). «Διερεύνηση εφαρμογών προσομοιωμένων εικονικών εργαστηρίων στη διδασκαλία της Φυσικής στην υποχρεωτική εκπαίδευση», Διδακτορική Διατριβή, Α.Π.Θ.

Ταραμόπουλος, Α., & Ψύλλος, Δ. (2013). «Σύγκριση πραγματικού και εικονικού εργαστηρίου ως προς την ικανότητα κατασκευής πραγματικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων για μαθητές Γυμνασίου», 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ, Βόλος, σελ. 280-287

Ταραμόπουλος, Α., & Ψύλλος, Δ. (2014). «Μελέτη της διδασκαλίας των ηλεκτρικών κυκλωμάτων στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση με διαφορετικές μορφές εικονικών εργαστηρίων», 9ο Συνέδριο ΕΤΠΕ, Ρέθυμνο, Οκτώβριος 2014.

Ψύλλος, Δ., Ταραμόπουλος, Α., Χατζηκρανιώτης, Ε., Μπάρμπας, Α., Μολοχίδης, Τ. & Μπισδικιάν, Γ. (2008), Ένα Ανοικτό Μαθησιακό Περιβάλλον (Α.ΜΑ.Π.) στην περιοχή του Ηλεκτρισμού, Αγγελή Η., Βαλανίδης Ν. (eds), 6ο Συνέδριο ΕΤΠΕ, Κύπρος, σ. 384-391.