



## **Γνωρίσματα ερευνών της Διεθνούς Βιβλιογραφίας σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα από τη σύγκριση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.**

**Ευαγγέλου Φ., Κώτσης Κ.**

Υποψήφιος Διδάκτορας στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, me01019@cc.uoi.gr  
Αναπληρωτής Καθηγητής στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, kkotsis@cc.uoi.gr

Η εργασία αυτή διερευνά τα γνωρίσματα ερευνών της Διεθνούς Βιβλιογραφίας σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα από τη σύγκριση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Στη συνέχεια αναλύονται οι κατανομές συχνοτήτων μερικών χαρακτηριστικών, όπως είναι τα μαθησιακά αποτελέσματα, η ηλικία των υποκειμένων στις έρευνες, η θεματική ενότητα, το είδος του φυσικού κόσμου (Μικρόκοσμος, Μακρόκοσμος) με τα οποία σχετίζονταν οι υπό εξέταση έννοιες και τα φαινόμενα των πειραμάτων κάθε έρευνας και η πηγή, προέλευση των εικονικών πειραμάτων (προσομοιώσεων). Τέλος, προκύπτουν κάποια συμπεράσματα αναφορικά με την αναγκαιότητα περαιτέρω έρευνας για τη σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.

### **Εισαγωγή**

Τα τελευταία χρόνια διάφοροι ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών δίνουν έμφαση στον επαναπροσδιορισμό του ρόλου του πειράματος στην επιστημονική διδασκαλία (Hofstein & Lunetta 2004). Αυτός ο επαναπροσδιορισμός οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στην πρόκληση που προσφέρει η χρήση των νέων τεχνολογιών στην εκπαιδευτική και μαθησιακή διαδικασία.

Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώνεται ότι μετά από την εισαγωγή των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση το πείραμα μπορεί να εκτελεστεί όχι μόνο με πραγματικά αντικείμενα αλλά και με εικονικά αντικείμενα (προσομοιώσεις).

Με την εισαγωγή και την εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση εμφανίζονται έρευνες στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών που συγκρίνουν αυτές τις διαφορετικές πειραματικές προσεγγίσεις, μελετώντας και αξιολογώντας τα αποτελέσματα της μάθησης στη Φυσική.

Από τη θεώρηση της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι πρόσφατα διενεργούνται έρευνες στις οποίες συγκρίνονται αποτελέσματα πειραματικών διαδικασιών από μαθητές, οι οποίοι έχουν συμμετάσχει σε εργαστηριακές διδασκαλίες με πραγματικά και εικονικά πειράματα (Ψύλλος 2007). Από αυτές τις πρόσφατες έρευνες φαίνεται, για παράδειγμα, ότι τα γνωστικά ή ακόμα και τα διαδικαστικά αποτελέσματα των συμμετεχόντων μαθητών σε εικονική πειραματική εργασία δεν υστερούν από την πραγματική (Triona & Klahr 2003). Ακόμη, σε ορισμένες περιπτώσεις τα εικονικά πειράματα συγκριτικά με τα πραγματικά υπερτερούν (Finkelstein et al. 2005, Zacharia & Evagorou, 2005, Ολυμπίου κ.ά. 2007).

Παρά τις πολλές έρευνες στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών για αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και του τρόπου αξιοποίησης των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων, διαπιστώνεται ότι υπάρχει σημαντική ανάγκη για σύγκριση της επίδρασης των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών (Triona & Klahr



2003, Ολυμπίου κ.ά 2007, Zacharia 2007).

Στη συνοχή της παραπάνω διαπίστωσης, οι Hofstein and Lunetta (2004) αναφέρουν ότι τα ευρήματα ερευνών για αποτελεσματικούς τρόπους χρήσης των εικονικών πειραμάτων και ιδιαίτερα των προσομοιώσεων δεν είναι ιδιαίτερα πειστικά.

Κατά συνέπεια, από τα παραπάνω βιβλιογραφικά δεδομένα προκύπτει ένα ζήτημα σχετικά με τη σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των εικονικών πειραμάτων σε σχέση με αυτά των πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής.

Για να αποκτήσουμε, λοιπόν, μια ενδελεχή άποψη για το παραπάνω ζήτημα θα προβούμε σε μια βιβλιογραφική επισκόπηση ερευνών που μελετούν και συγκρίνουν τα μαθησιακά αποτελέσματα των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Απώτερος σκοπός της επισκόπησης της Διεθνούς Βιβλιογραφίας είναι να εντοπίσουμε τα γνωρίσματα των ερευνών, έτσι ώστε να οδηγηθούμε στη σύσταση ενός βασικού καθοδηγητικού πλαισίου αναφοράς για μια εκτεταμένη έρευνα αναφορικά με τη σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων εικονικών και πραγματικών πειραμάτων.

### **Το πλαίσιο μελέτης της διεθνούς βιβλιογραφίας**

Μια εκτεταμένη αναζήτηση σε έντυπες και ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες και πηγές είχε ως αποτέλεσμα τη συγκέντρωση και τη διεξοδική μελέτη είκοσι έξι (26) ερευνών. Οι έρευνες αυτές αναφέρονται αποκλειστικά στη σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων εικονικών και πραγματικών πειραμάτων Φυσικής.

Ένα κύριο ερώτημα που προέκυψε ήταν η ταξινόμηση των ερευνών, έτσι ώστε να μελετηθούν και να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα αναφορικά με τα γνωρίσματα τους.

Αρχικά ταξινομήσαμε τις έρευνες σε τέσσερις κατηγορίες με βάση τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που έχουν συναγάγει οι συγγραφείς τους. Βέβαια, πρέπει να επισημανθεί ότι αυτή η ταξινόμηση στηρίχθηκε στα ερευνητικά ερωτήματα των ερευνών. Αυτή, λοιπόν, η ταξινόμηση αποτελεί και ένα βασικό γνώρισμα της κάθε έρευνας.

Στη συνέχεια, είναι αναγκαίο να υπογραμμισθεί ότι οι παραπάνω έρευνες έχουν αναλυθεί εκτενώς ως προς τα πρωτογενή πειραματικά δεδομένα σε προηγούμενη εργασία (Κώτσης & Ευαγγέλου 2007) των συγγραφέων του παρόντος άρθρου και μάλιστα η εργασία αυτή αξιολογήθηκε από κριτές. Πιο συγκεκριμένα, στη συγκεκριμένη εργασία οι έρευνες αναλύθηκαν και αξιολογήθηκαν ως προς: i) τα περιγραφικά χαρακτηριστικά κάθε έρευνας (μέγεθος δείγματος, ηλικία μαθητών ή φοιτητών κ.ά.), ii) τις διδακτικές προσεγγίσεις που υποστήριζαν τα πειράματα, iii) τον διαχωρισμό των προσομοιώσεων των εικονικών πειραμάτων, iv) τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε (μέθοδοι συλλογής και ανάλυσης δεδομένων), v) τα ερευνητικά αποτελέσματα, τα μαθησιακά αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που έχουν διατυπώσει οι συγγραφείς.

Έτσι δημιουργούνται τέσσερις κατηγορίες που είναι οι εξής:

I) Έρευνες στις οποίες τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε εικονικά πειράματα δεν υστερούν (είναι παρόμοια) σε σύγκριση με αυτά των πραγματικών πειραμάτων (Choi & Gennaro 1987, Arshadi 1992, Baxter 1995, Wilson 2001, Triona & Klahr 2003, Keller et al. 2005, Klahr et al. 2007, Jaakkola & Nurmi 2008).

II) Έρευνες στις οποίες τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε εικονικά πειράματα υπερτερούν σε σύγκριση με αυτά των πραγματικών πειραμάτων (Ronen & Eliahu 1999, Zacharia 2003, Zacharia & Anderson 2003, Ζαχαρία & Ευαγόρου 2004, Παναγιωτακόπουλος κ.ά. 2004, Jaakkola & Nurmi 2004, Keller 2004, Finkelstein et al. 2004, Wieman & Perkins 2005, Finkelstein et al. 2005, Gandole et al. 2006, Zacharia 2007).

III) Έρευνες στις οποίες τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε πραγματικά

πειράματα υπερτερούν σε σύγκριση με αυτά των εικονικών πειραμάτων (Steinberg 2003, Marshall & Young 2006).

IV) Έρευνες στις οποίες δε δίνονται οριστικές απαντήσεις (Rosenquist et al. 2000, Goldberg & Otero 2001, Kocijancic & O'Sullivan 2004, Marshall 2005).

Επιπρόσθετα, εκτός από την ταξινόμηση των ερευνών με βάση τα μαθησιακά αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που έχουν συναγάγει οι συγγραφείς τους, πρέπει να επισημάνουμε ότι σε αυτές τις έρευνες εντοπίσαμε και αναλύσαμε και άλλα γνωρίσματα, τα οποία μπορούν να κωδικοποιηθούν στα εξής:

- στην ηλικία των υποκειμένων ή στο εκπαιδευτικό επίπεδο (Δημοτικό, Γυμνάσιο, Πανεπιστήμιο κτλ.) κάθε έρευνας
- στη θεματική ενότητα (Μηχανική, Ηλεκτρισμός κτλ.) κάθε έρευνας με την οποία σχετίζονται οι υπό εξέταση έννοιες και τα φαινόμενα των πειραμάτων
- στο είδος του φυσικού κόσμου (Μικρόκοσμος, Μακρόκοσμος) με το οποίο σχετίζονται οι υπό εξέταση έννοιες και τα φαινόμενα των πειραμάτων
- στη πηγή, προέλευση των εικονικών πειραμάτων (προσομοιώσεων). Πιο συγκεκριμένα, σε ορισμένες έρευνες τα εικονικά πειράματα (προσομοιώσεις) κατασκευάστηκαν από τους ίδιους τους ερευνητές (Ιδιοκατασκευές) και στις υπόλοιπες οι ερευνητές χρησιμοποίησαν έτοιμα εικονικά πειράματα (προσομοιώσεις) που δημιουργούνταν με τη χρήση λογισμικών, όπως το λογισμικό Circuit Construction Kit ( CCK), το Virtual Labs Electricity, το Interactive Physics κ.ά, καθώς επίσης χρησιμοποίησαν έτοιμα εικονικά πειράματα από προσομοιώσεις του Διαδικτύου

### **Αποτελέσματα και σχόλια αναφορικά με τα γνωρίσματα των ερευνών**

Στο σημείο αυτό πριν προβούμε στην ποσοτική και ποιοτική ανάλυση συγκεκριμένων γνωρισμάτων των ερευνών πρέπει να υπογραμμισθεί ότι η ανάλυση των δεδομένων γίνεται με μονάδα αναφοράς τον αριθμό των εργασιών που έχουν εντοπισθεί από την Βιβλιογραφική έρευνα. Πιθανόν να υπάρχουν και κάποιες έρευνες που δεν έχουν εντοπιστεί και δεν περιλαμβάνονται στη συγκεκριμένη στατιστική ανάλυση. Κατά συνέπεια, οι κατανομές συχνοτήτων των γνωρισμάτων των ερευνών που παρουσιάζονται παρακάτω δίνονται σε σχέση με το συνολικό αριθμό εργασιών που βρέθηκαν από τη συγκεκριμένη Βιβλιογραφική έρευνα.

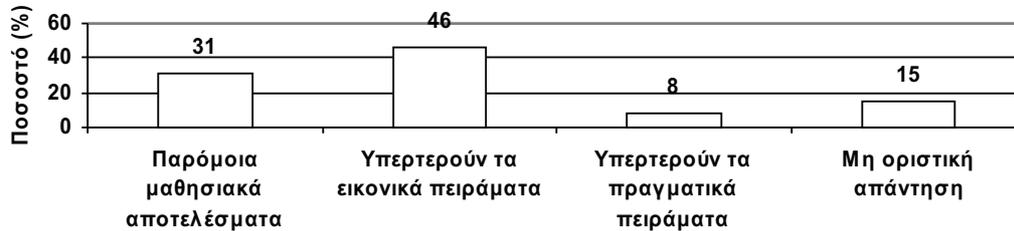
Παράλληλα, η συγκεκριμένη ανάλυση γίνεται μόνο για την ανάδειξη ορισμένων κριτηρίων και συμπερασμάτων, έτσι ώστε να οδηγηθούμε στη σύσταση ενός βασικού καθοδηγητικού πλαισίου αναφοράς για μια εκτεταμένη έρευνα αναφορικά με τη σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων εικονικών και πραγματικών πειραμάτων.

Για την ανάλυση των δεδομένων των ερευνών και ειδικότερα των γνωρισμάτων τους χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS 14.0.

Στο σχήμα (1) απεικονίζονται οι κατανομές των μαθησιακών αποτελεσμάτων που προέκυψαν στις έρευνες αναφορικά με τη σύγκριση μεταξύ των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων. Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι στο 31% των ερευνών τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε εικονικά πειράματα δεν υστερούν (είναι παρόμοια) σε σύγκριση με αυτά των πραγματικών πειραμάτων, στο 46% τα μαθησιακά αποτελέσματα των εικονικών πειραμάτων υπερτερούν σε σύγκριση με αυτά των πραγματικών πειραμάτων, στο 8% υπερτερούν τα μαθησιακά αποτελέσματα των πραγματικών πειραμάτων και στο 15% δεν δίνονται οριστικές απαντήσεις για το ποιο είδος πειράματος υπερτερεί.

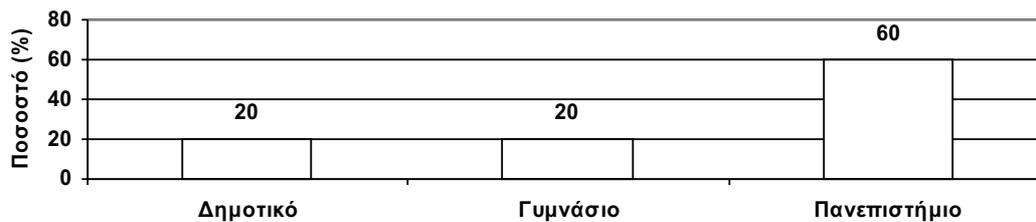


**Σχήμα 1:** Η κατανομή των συχνοτήτων του γνωρίσματος «μαθησιακά αποτελέσματα από σύγκριση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων».



Στο σχήμα (2) απεικονίζονται οι κατανομές των συχνοτήτων της ηλικίας των υποκειμένων που συμμετείχαν στις έρευνες. Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι το 20% των συμμετεχόντων στις έρευνες ήταν μαθητές Δημοτικού Σχολείου, το 20% ήταν μαθητές Γυμνασίου και το 60% ήταν φοιτητές Πανεπιστημίου.

**Σχήμα 2:** Η κατανομή των συχνοτήτων του γνωρίσματος «ηλικία».



Στο σχήμα (3) απεικονίζονται οι κατανομές των συχνοτήτων αναφορικά με τη θεματική ενότητα που σχετίζονται οι υπό εξέταση έννοιες και τα φαινόμενα των πειραμάτων κάθε έρευνας. Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι το 50% των ερευνών διερευνούν έννοιες και φαινόμενα που σχετίζονται με τη θεματική ενότητα του Ηλεκτρισμού, το 34% τη θεματική ενότητα της Μηχανικής, το 4% τη θεματική ενότητα των υλικών σωμάτων (όγκος), το 4% τη θεματική ενότητα της Δυναμικής των ρευστών και το 8% τη θεματική ενότητα της Ηλεκτρονικής.

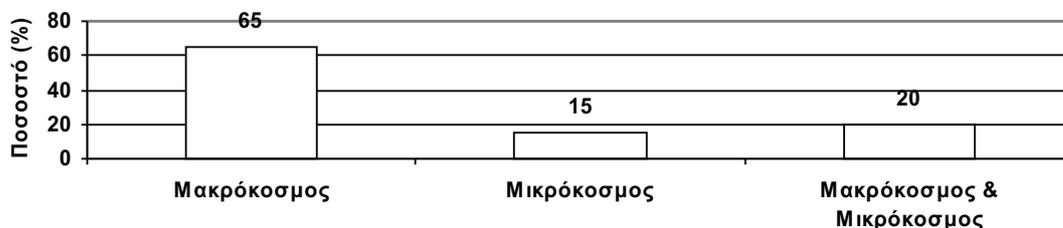
**Σχήμα 3:** Η κατανομή των συχνοτήτων του γνωρίσματος «Θεματική ενότητα».



Στο σχήμα (4) απεικονίζονται οι κατανομές των συχνοτήτων σχετικά με το είδος του φυσικού κόσμου (Μικρόκοσμος, Μακρόκοσμος) με το οποίο σχετίζονται οι έννοιες και τα φαινόμενα των πειραμάτων. Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι το 65% των

ερευνών διερευνούν έννοιες και φαινόμενα που σχετίζονται με τον Μακρόκοσμο, το 15% των ερευνών σχετίζονται με τον Μικρόκοσμο και το 20% με τον Μακρόκοσμο και Μικρόκοσμο.

**Σχήμα 4:** Η κατανομή των συχνοτήτων του γνωρίσματος «Είδος Φυσικού Κόσμου».



Στο

σχήμα (5) απεικονίζονται οι κατανομές των συχνοτήτων αναφορικά με τη πηγή, προέλευση των εικονικών πειραμάτων (προσομοιώσεων).

**Σχήμα 5:** Η κατανομή των συχνοτήτων της παραμέτρου «Πηγή, Προέλευση των Εικονικών Πειραμάτων (Προσομοιώσεων)».



Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι στο 27% των ερευνών τα εικονικά πειράματα (προσομοιώσεις) κατασκευάστηκαν από τους ίδιους τους ερευνητές (Ιδιοκατασκευές) και στο 73% οι ερευνητές χρησιμοποίησαν έτοιμα εικονικά πειράματα (προσομοιώσεις) που δημιουργούνται με τη χρήση λογισμικών, όπως το λογισμικό Circuit Construction Kit (Phet), το Virtual Labs Electricity, το Interactive Physics, το Constructing Physics Understanding Project, το Electric Mysteries, το The Electricity Exploration Tool, καθώς επίσης χρησιμοποίησαν έτοιμα εικονικά πειράματα από προσομοιώσεις του Διαδικτύου.

## Συμπεράσματα

Από τις κατανομές συχνοτήτων των γνωρισμάτων, σχετικά με έρευνες που αναφέρονται στη σύγκριση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων για τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής, προκύπτουν ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα που είναι:

I) Παρά το γεγονός ότι υπάρχει ένα σχετικά μεγάλο ποσοστό ερευνών (46%) στις οποίες τα μαθησιακά αποτελέσματα των εικονικών πειραμάτων υπερτερούν σε σχέση με αυτά των πραγματικών, δεν μπορεί κανείς να ισχυριστεί ως αυτονόητη την αποτελεσματικότητα των εικονικών πειραμάτων. Αυτό ενισχύεται και από το γεγονός ότι στις υπόλοιπες έρευνες (54%) προκύπτουν διαφορετικά αποτελέσματα.

II) Σε ένα υψηλό ποσοστό ερευνών (60%) διαπιστώνεται ότι τα υποκείμενα της έρευνας είναι φοιτητές Πανεπιστημίου. Αντίθετα, μόνο το 20% αφορά μαθητές Δημοτικού. Κατά συνέπεια, διαπιστώνεται ένα έλλειμμα όσον αφορά την έρευνα, σχετικά με τη σύγκριση εικονικών και



πραγματικών πειραμάτων, σε μαθητές Δημοτικού Σχολείου.

III) Στις μισές έρευνες (50%) χρησιμοποιείται ως θεματική ενότητα ο Ηλεκτρισμός. Αντίθετα, η Μηχανική χρησιμοποιείται μόνο στο 34%. Αυτή η διαπίστωση πιστοποιεί το γεγονός ότι δεν έχει διερευνηθεί σε μεγάλο βαθμό η Μηχανική.

IV) Σε ιδιαίτερα υψηλό ποσοστό (65%) διερευνώνται έννοιες που σχετίζονται με τον Μακρόκοσμο.

V) Όσον αφορά τις προσομοιώσεις των εικονικών πειραμάτων διαπιστώνεται ότι μεγάλο ποσοστό (73%) προκύπτει από συγκεκριμένα λογισμικά και από προσομοιώσεις από το Διαδίκτυο, ενώ το 23% κατασκευάζεται από ερευνητές.

VI) Παράλληλα, με βάση τις παραπάνω διαπιστώσεις και τη μελέτη των ερευνών μπορεί κανείς να ισχυριστεί ότι η χρήση του Ηλεκτρισμού στο 50% των ερευνών σχετίζεται με το γεγονός ότι ο Ηλεκτρισμός (σε σχέση με άλλες θεματικές ενότητες) διευκολύνει τους ερευνητές να χρησιμοποιήσουν ευκολότερα στα πειράματα εντελώς όμοια πραγματικά και εικονικά αντικείμενα.

Με βάση τα παραπάνω, τη συνολική θεώρηση της Διεθνούς Βιβλιογραφίας και τη μελέτη των γνωρισμάτων των ερευνών εκτιμούμε ότι προκύπτει η αναγκαιότητα μιας εκτεταμένης έρευνας που θα συγκρίνει τα μαθησιακά αποτελέσματα εικονικών και πραγματικών πειραμάτων Φυσικής, ιδιαίτερα σε μαθητές Δημοτικού Σχολείου και σε έννοιες και φαινόμενα της Μηχανικής που αφορούν το Μακρόκοσμο.

Ολοκληρώνοντας, αυτή η έρευνα θα συμβάλλει, εκτός των άλλων, και στην ανάδειξη κριτηρίων και παραμέτρων αναφορικά με το τρόπο αξιοποίησης των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση Φυσικής.

### Βιβλιογραφία

Ζαχαρία, Ζ. & Ευαγόρου, Μ. (2004). Η επίδραση του εργαστηριακού πειραματισμού και του πειραματισμού μέσω αλληλεπιδραστικών προσομοιώσεων στην εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα. στο Β. Τσελέης, Π. Καριώτογλου, Μ. Πατσαδάκης (επιμ.) Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, τ. Α, 343-349.

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, Νο 20, Ιωάννινα.

Ολυμπίου, Γ., Ζαχαρίας, 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 (επιμ.) Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση», Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό, τ. Γ, 1059-1068.

Παναγιωτακόπουλος, Χ., Πιερρή, Ε., Σαρρής, Μ. & Νικολόπουλος, Π. (2004). Η επίδραση της Προσομοίωσης στην Κατανόηση της Ευθύγραμμης Ομαλής Κίνησης: Μια Μελέτη Περίπτωσης. Θέματα στην Εκπαίδευση, 5:1/3, 59 – 74.

Ψύλλος, Δ. (2007). Μοντέλα και κόσμοι στους εικονικούς χώρους. στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, Γ. Τσαπαρλής (επιμ.) Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση», Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό, τ. Α, 30 – 41.

Arshadi, N. M. (1992). A Comparison and Evaluation of the Effectiveness of Computer Simulated Laboratory Instruction Versus Traditional Laboratory Instruction in Solid State Electronics Circuitry. Thesis (PH.D.),IOWA STATE UNIVERSITY.

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

Choi, B & Gennaro, E. (1987). The effectiveness of using computer simulated experiments on junior high students' understanding of the volume displacement concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(6), 539-552.

Finkelstein, N.D., Perkins, K. K., Adams, W., Kohl, P. & Podolefsky, N.(2004). Can Computer Simulations Replace Real Equipment in Undergraduate Laboratories? *Physics Education Research Conference*. Sacramento CA.

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, Special Topics: Physics Education Research*, 1, 1-8.

Gandole, Y. B., Khandewale, S. S. & Mishra, R. A. (2006). A Comparison of Students' Attitudes Between Computer Software Support and Traditional Laboratory Practical Learning Environments in Undergraduate Electronics Science. *e-Journal of Instructional Science and Technology*,9(1),1-13.

Goldberg, F. & Otero, V. (2001). The Roles of Laboratory and Computer Simulator Experiments in Helping Students Develop a Conceptual Model of Static Electricity. Synopsis of paper presented at 2001 meeting of the European Science Education Research Association, Thessoloniki, Greece.

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. (2004).Academic impact of learning objects: The case of electric circuits. Paper presented at the British Educational Research Association Annual Conference (BERA), University of Manchester.

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.

Keller, C.(2004). Substituting Traditional Hands-On Laboratories with Computer Simulations:What's gained and what's lost? Department of Physics, University of Colorado at Boulder.

Keller,C., Finkelstein, N. D., Perkins, K.K. and 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*, AIP Press. Melville NY.

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.

Kocijancic, S. & O'Sullivan,C. (2004). Real or Virtual Laboratories in Science Teaching – is this Actually a Dilemma? *Informatics in Education*, 3 (2), 239- 249.



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.

Marshall, P. (2005). Tangibles in the balance: a comparison of physical and screen versions of the balance beam task. *Proceedings of 8th Human-Centred Technology Postgraduate Workshop, Cognitive Science Research Paper 576*, University of Sussex.

Ronen, M. & Eliahu, M.(1999). Simulation as a home learning environment - students' views. *Journal of Computer Assisted Learning*, 15 , 258-268.

Rosenquist, A., Shavelson,R.J. & Ruiz-Primo,M.A. (2000). On The “Exchangeability” of hands-on and computer simulated science performance assessments (CSE Tech. Rep. No 531). Los Angeles:University of California, National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing.

Steinberg, R.N.(2003). Effects of Computer-based Laboratory Instruction on Future Teachers’ Understanding of the Nature of Science. *International of Computer in Mathematics and Science Teaching*,22(3),185-205.

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.

Wieman, C.E. & Perkins, K.K.(2005). Transforming Physics Education. *Physics Today*, 58 (11),1- 36.

Wilson,S.B.(2001).Computer assisted fluid power instruction: a comparison of hands-on and computer-simulated laboratory experiences for post-secondary students. Thesis,University of Missouri, Columbia.

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. (2003). Using Interactive Simulations To Enhance Students’ Explanations Regarding Physical Phenomena. *Sixth International Conference on Computer Based Learning in Science*, University of Cyprus,471-476.

Zacharia, Z., C. & Evagorou, M. (2005).Comparing the impact of virtual and real experiments on undergraduate student’s conceptual understanding in physics. Presented in ESERA 2005 Conference “Contributions of research to enhancing students’ interest in learning science”.

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.