

## Ανάπτυξη πειραματικών δεξιοτήτων μέσα από ένα εικονικό περιβάλλον στην περιοχή των θερμικών φαινομένων

Λεύκος Ι., Ψύλλος Δ., Χατζηκρανιώτης Ε.

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης – ΑΠΘ, lefkos@eled.auth.gr,  
psillos@eled.auth.gr

Τμήμα Φυσικής – ΑΠΘ, evris@physics.auth.gr

Σκοπός της έρευνας είναι η διερεύνηση της ανάπτυξης δεξιοτήτων πειραματισμού μετά από την ενεργό εμπλοκή των μαθητών με εικονικά αντικείμενα μέσα σε ένα περιβάλλον εικονικού εργαστηρίου. Συγκεκριμένα διερευνούμε την ανάπτυξη δεξιοτήτων σχεδιασμού πειραμάτων. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 14 μαθητές της Β γυμνασίου, ενώ για τον έλεγχο της προόδου τους ακολουθείται μεθοδολογία pre-post, με γραπτά ερωτηματολόγια και ατομικές προφορικές συνεντεύξεις. Οι μαθητές παρακολούθησαν μια πρωτότυπη διδακτική σειρά σχετικά με τα θερμικά φαινόμενα, η οποία είχε δυο κυρίαρχα χαρακτηριστικά: την ενεργό εμπλοκή των μαθητών σε εργαστηριακές δραστηριότητες και την εκτεταμένη χρήση Νέων Τεχνολογιών. Ο έλεγχος της προόδου των μαθητών έγινε σε 5 διαστάσεις του πειραματικού σχεδιασμού και τα αποτελέσματά μας υποστηρίζουν ότι μετά τη διδασκαλία οι μαθητές χρησιμοποιούν κυρίως επιστημονικά κριτήρια για το σχηματισμό των υποθέσεών τους, ακολουθούν καλύτερες στρατηγικές ελέγχου των μεταβλητών, περιγράφουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα φαινόμενα που αναμένονται και επιλέγουν με μεγαλύτερη επιτυχία το κριτήριο επαλήθευσης της υπόθεσής τους.

### Εισαγωγή & θεωρητικό πλαίσιο

Η εμπλοκή των μαθητών σε εργαστηριακές & πειραματικές πρακτικές κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, υποστηρίζεται από τους περισσότερους ερευνητές αλλά και εκπαιδευτικούς, ότι έχει πολύ μεγάλη αξία (White, 1996; Wellington 1998). Ο λόγος είναι πως θεωρείται ότι – ή έστω γίνεται προσπάθεια να – συνεισφέρει τόσο στην εκμάθηση του περιεχομένου των επιστημών, όσο και του επιστημονικού τρόπου σκέψης.

Υπάρχει βέβαια εκφρασμένη από μέρους κάποιων ερευνητών (Lazarowitz & Tamir, 1994; Lunetta, 1998), η αμφισβήτηση της συνεισφοράς των εργαστηριακών πρακτικών στην προώθηση της κατανόησης των μαθητών σχετικά με τις διάφορες όψεις της επιστημονικής διερεύνησης. Προκύπτει επομένως, σύμφωνα και με τους παραπάνω, η αναγκαιότητα για περισσότερη διερεύνηση του θέματος και πιθανώς για αναζήτηση νέων εργαστηριακών & πειραματικών πρακτικών για την προσέγγιση των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση.

Οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) αποτέλεσαν την πηγή προτάσεων για νέες εργαστηριακές προσεγγίσεις και υπάρχουν από καιρό τώρα ερευνητικά δεδομένα τα οποία υποστηρίζουν την θετική συνεισφορά τους στην εκπαίδευση των μαθητών. Ο ρόλος που ανέλαβαν οι ΤΠΕ από την αρχή της εισαγωγής τους ήταν πολλαπλός, από την απλή καταγραφή μετρήσεων, την διαχείριση και ανάλυση των δεδομένων και την γραφική αναπαράστασή τους σε κατάσταση off-line (μετά το τέλος του πειράματος) αλλά και σε συστήματα που αναπτύχθηκαν μετέπειτα on-line (κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του πειράματος), γεγονός που φάνηκε να συμβάλλει πολύ τόσο στην κατανόηση των φαινομένων, όσο και στην ικανότητα



των μαθητών να ερμηνεύουν γραφικές παραστάσεις (Linn & Hsi, 2000). Στις περιπτώσεις αυτές βέβαια, τα πειράματα διεξάγονται με την χρήση συμβατικών υλικών και συσκευών που με κάποιο τρόπο (interface) τροφοδοτούν με δεδομένα τον Η/Υ.

Ιδιαίτερη κατηγορία όμως εργαστηριακών και πειραματικών προσεγγίσεων με ένταξη των ΤΠΕ προκύπτει από την χρήση *εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων*. Λογισμικών δηλαδή ή πακέτων που ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των προσομοιώσεων και προσφέρουν τη δυνατότητα διεξαγωγής εικονικών πειραμάτων, με χρήση εικονικών υλικών, συσκευών και οργάνων, ενώ συνήθως ταυτόχρονα μπορούν να καταγράφουν, να επεξεργάζονται και να αναπαριστούν τα δεδομένα. Ειδικά για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έχουν κερδίσει το ενδιαφέρον των διδασκόντων αλλά και των ερευνητών, καθώς τα μέχρι τώρα αποτελέσματα (de Jong, 2006) υποστηρίζουν τις θετικές επιπτώσεις τους στη μάθηση. Τέτοια περιβάλλοντα προσομοίωσης βέβαια υπάρχουν πολλά και σε πολλές και διαφορετικές μορφές, αλλά θα μπορούσαμε να τα διακρίνουμε λαμβάνοντας υπόψη κάποια χαρακτηριστικά τους γνωρίσματα: για παράδειγμα, αν δηλαδή οπτικοποιούν με λιγότερο ή περισσότερο ρεαλισμό την πραγματικότητα, αν παρέχουν μικρή ή μεγάλη ελευθερία στους χειρισμούς του χρήστη και στη σύνθεση των διατάξεων, κατά πόσο προσφέρονται για διερευνητικό τρόπο προσέγγισης, αν δίνουν τη δυνατότητα κατασκευής νέων οντοτήτων ή και νέων σχέσεων και νόμων κ.α. Τα περιβάλλοντα που προσφέρονται για πειραματικές διερευνήσεις, είναι αυτά που ονομάζουμε συνήθως «ανοιχτά περιβάλλοντα».

Από την εποχή που πρωτοεμφανίστηκαν τα προσομοιωμένα αυτά περιβάλλοντα, εμφανίστηκε και η επιχειρηματολογία υπέρ ή κατά της χρήσης των εικονικών πειραμάτων στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών και συγκεκριμένα για τη θέση τους έναντι των πραγματικών πειραμάτων, είναι δηλαδή μια συζήτηση ενεργή για περίπου δυο δεκαετίες. Η συζήτηση αυτή, εντάσσεται σε μια ευρύτερη προβληματική σχετικά με τον ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει στην μάθηση, η εμπλοκή των παιδιών σε χειρισμούς εικονικών αντικειμένων, σε σχέση με τους χειρισμούς σε φυσικά (πραγματικά) αντικείμενα. Είναι βέβαιο ότι αν οι δεξιότητες είναι καθαρά κινητικές η άσκηση στους χειρισμούς με φυσικά αντικείμενα υπερέχει φανερά. Όμως για άλλου είδους δεξιότητες, ή και για άσκηση στην επιστημονική μεθοδολογία, φαίνεται πως δεν είναι απαραίτητοι οι χειρισμοί φυσικών αντικειμένων (Ψύλλος, 2007).

Από τις δεξιότητες που σχετίζονται με την εργαστηριακή ενασχόληση των μαθητών, πολύ σημαντική θεωρείται αυτή που σχετίζεται με τον σχεδιασμό ενός πειράματος (Johnstone & Al-Shuaili, 2001). Κατά πόσο δηλαδή οι μαθητές είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν ένα πρόβλημα, προτείνοντας την εκτέλεση ενός πειράματος, τα αποτελέσματα του οποίου θα οδηγήσουν στη λύση του προβλήματος. Η δεξιότητα αυτή θεωρείται τόσο σημαντική από τους Garratt & Tomlinson (2001) που την τοποθετούν σε θέση ανώτερη από αυτή καθαυτή την εκτέλεση του πειράματος, αφού σχετίζεται άμεσα τόσο με την κατανόηση των εννοιών της θεματικής περιοχής υπό μελέτη, όσο και με την μεθοδολογία της επιστήμης γενικά. Σε αυτή τη διάσταση της μάθησης αναφερόμαστε στην εργασία αυτή, δηλαδή που αφορά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων σχεδιασμού πειραμάτων.

Δεν υπάρχει όμως μια κοινά αποδεκτή λίστα από δεξιότητες σχεδιασμού που θεωρούνται απαραίτητο να αναπτύξουν οι μαθητές. Διάφορες εκφάνσεις του σχεδιασμού προτείνονται στη βιβλιογραφία με παρεμφερή λογική κυρίως ως κλίμακες ή πίνακες είτε αυτόνομα είτε ως συνιστώσες της συνολικότερης αξιολόγησης του πειραματισμού και διερευνήσεων (inquiry) των μαθητών. Μεταξύ άλλων, ο Hodson (1992) και οι Doran κ.ά. (1993), αναφέρονται σε πτυχές του σχεδιασμού, ενώ οι Anagnos κ.ά. (2007), παρέχουν μια πολύ λεπτομερή και εκτεταμένη λίστα με βαθμολογημένα κριτήρια αξιολόγησης του σχεδιασμού πειραμάτων.

Σε σχέση με τη μάθηση σε εικονικά περιβάλλοντα, στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές έρευνες που συγκρίνουν τις επιδόσεις στην εννοιολογική κατανόηση φυσικών εννοιών μαθητών που ασχολούνται με φυσικά ή εικονικά υλικά ή και με το συνδυασμό τους (Finkelstein et al., 2005, Zacharia et al., 2008). Δεν υπάρχουν όμως παρά μόνο ελάχιστες έρευνες σε σχέση με τη χρήση εικονικών έναντι των φυσικών αντικειμένων και την ανάπτυξη πειραματικών δεξιοτήτων. Οι έρευνες αυτές χρησιμοποιούν πειραματικές ομάδες που ασκούνται σε εικονικά πειράματα και ομάδες ελέγχου που ασκούνται σε πειράματα με φυσικά αντικείμενα, ενώ για να διαπιστώσουν τις πιθανές διαφορές μεταξύ τους στο τέλος, μετρούν τις επιδόσεις κάθε ομάδας σε πειραματισμό με φυσικά αντικείμενα, ελέγχουν ένα είδος δηλαδή μεταφορεσιμότητας των δεξιοτήτων. Οι Klahr et al., (2007) για παράδειγμα ζήτησαν από μαθητές γυμνασίου να κατασκευάσουν ένα αμαξίδιο με έλασμα, αφού διερευνήσουν τις πιθανές παραμέτρους στα πλαίσια συγκεκριμένων προδιαγραφών, με σκοπό να μπορεί να ταξιδέψει την μεγαλύτερη δυνατή απόσταση. Οι μαθητές οι οποίοι πρώτα ασκήθηκαν σε παρόμοιο έργο σε ένα εικονικό περιβάλλον με εικονικά αντικείμενα, είχαν την ίδια επιτυχία με τους μαθητές που ασκήθηκαν με φυσικά αντικείμενα. Σε παρόμοια έρευνα οι Triona & Klahr (2003) διαπίστωσαν ότι οι μαθητές δημοτικού μπορούν με αντίστοιχη επιτυχία να μάθουν να σχεδιάζουν απλά πειράματα, είτε ασκηθούν με εικονικά είτε με φυσικά αντικείμενα. Το ίδιο αποτέλεσμα αναφέρει και ο Marshall (2005), από έρευνα σε φοιτητές. Από την άλλη μεριά οι Finkelstein et al., (2005), υποστηρίζουν ότι οι φοιτητές που ασκήθηκαν με προσομοιωμένα πειράματα και υλικά, είχαν καλύτερες επιδόσεις από αυτούς που ασκήθηκαν με τα φυσικά υλικά και μπορούσαν με μεγαλύτερη επιτυχία να κατασκευάζουν ηλεκτρικά κυκλώματα. Οι παραπάνω έρευνες κινούνται στο χώρο της μηχανικής και του ηλεκτρισμού.

Στην εργασία αυτή γίνεται διερεύνηση της ανάπτυξης δεξιοτήτων πειραματισμού σε μαθητές Γυμνασίου, στη γνωστική περιοχή των θερμικών φαινομένων, μετά από εξάσκηση με χρήση εικονικών αντικειμένων μέσα σε ένα περιβάλλον προσομοιωμένου εργαστηρίου. Οι δεξιότητες που διερευνώνται αφορούν στο σχεδιασμό πειραμάτων με τα οποία οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε καταστάσεις της καθημερινής τους ζωής αναφορικά με θερμικές αλληλεπιδράσεις φυσικών (πραγματικών) αντικειμένων.

## Μεθοδολογία & πλαίσιο της έρευνας

Η έρευνα αφορά ένα πληθυσμό 14 μαθητών που αποτελούσαν ένα τμήμα της Β' τάξης Γυμνασίου ενός ιδιωτικού σχολείου. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με τη μορφή pre - post γραπτών ερωτηματολογίων και επιπλέον με ατομικές συνεντεύξεις όπως εξηγούμε στη συνέχεια.

Οι μαθητές παρακολούθησαν μια πρωτότυπη σειρά μαθημάτων σχετικά με τα θερμικά φαινόμενα (Lefkos et al., 2005), η οποία ήταν προσαρμοσμένη στο Πρόγραμμα Σπουδών της Φυσικής Β' Γυμνασίου, όσον αφορά τη θεματολογία και το περιεχόμενο, αλλά είχε δύο βασικά χαρακτηριστικά που την διέκριναν από τη συμβατική διδασκαλία (α) τον έντονο εργαστηριακό της χαρακτήρα με ενεργό συμμετοχή των μαθητών και (β) τη χρήση των Νέων Τεχνολογιών στις εργαστηριακές ασκήσεις. Οι μαθητές εργάζονταν σε ομάδες των δυο ατόμων με ένα Η/Υ, ενώ το μάθημα διεξάγονταν στο εργαστήριο Η/Υ.

Οι εργαστηριακές δραστηριότητες της διδακτικής σειράς είχαν ένα εύρος από πειράματα επίδειξης που εκτελούνταν από τον καθηγητή, μέχρι διερευνήσεις βασισμένες σε προβλήματα, που εκτελούνταν οι μαθητές. Οι μαθητές επίσης εμπλέκονταν σε δραστηριότητες με πραγματικά αντικείμενα. και χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες MBL με τη δυνατότητα συγχρονικής (real time) καταγραφής και γραφικής αναπαράστασης, ως ένας σύνδεσμος μεταξύ του πραγματικού και του



εικονικού κόσμου. Βασικό όμως περιβάλλον πειραματισμού και ιδίως εκτέλεσης διερευνητικών δραστηριοτήτων ήταν το «Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας» του λογισμικού Σ.Ε.Π. (Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον), σύντομη παρουσίαση του οποίου ακολουθεί παρακάτω (Σχ. 2).

Μια από τις σχεδιαστικές επιλογές της σειράς ήταν η σύνδεση των πειραματικών διερευνήσεων στο σχολείο με καθημερινά φαινόμενα του πραγματικού κόσμου. Στην προσέγγιση αυτή και κατά το μεγαλύτερο μέρος της διδακτικής σειράς, οι μαθητές εκτελούν δραστηριότητες διερευνητικού χαρακτήρα, όπου καλούνται να επιλύσουν καθημερινά προβλήματα που αφορούν θερμικά φαινόμενα, σχεδιάζοντας πειράματα και υλοποιώντας τα σχέδιά τους μέσα στο εικονικό εργαστήριο.

Η εργασία μας εξειδικεύεται στον έλεγχο της ανάπτυξης από μέρους των μαθητών, των παρακάτω συγκεκριμένων διαστάσεων του πειραματικού τους σχεδιασμού:

- **Έκφραση υπόθεσης** για την ορθότητα ή μη της δήλωσης που διατυπώνεται στο πρόβλημα. Με τι κριτήρια γίνεται η υπόθεση;
- **Κριτήριο ελέγχου της υπόθεσης.** Είναι ικανοί οι μαθητές να καθορίσουν την κρίσιμη συνθήκη με βάση την οποία θα επαληθευτεί ή θα απορριφθεί η υπόθεση που έκαναν;
- **Έλεγχος μεταβλητών.** Ακολουθούν οι μαθητές στρατηγική ελέγχου των μεταβλητών (Control of Variables Strategy (Chen & Klahr, 1999)), καθορίζοντας κάποιες από αυτές ως σταθερές; Ποιές αρχικές συνθήκες θέτουν και ποιες ρυθμίσεις συσκευών αναφέρουν ως απαραίτητες;
- **Χρήση πειραματικών υλικών, συσκευών και οργάνων.** Ποια όργανα, υλικά και συσκευές σχεδιάζουν να χρησιμοποιήσουν για την διεξαγωγή του πειράματος;
- **Διαδικασία.** Περιγράφεται με σαφήνεια και ορθότητα η **πειραματική διαδικασία** που σχεδιάζουν να ακολουθήσουν και των **φαινομένων** που αναμένονται;

Οι μετρήσεις σχετικά με τις παραπάνω διαστάσεις, έγιναν με τη μορφή γραπτών ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων pre-post, πριν και μετά από την υλοποίηση της διδακτικής σειράς που περιγράψαμε παραπάνω. Οι μαθητές αρχικά συμπληρώνουν γραπτώς τα ερωτηματολόγια, ενώ κατά τη διάρκεια της συνέντευξης τους ζητούνται διευκρινήσεις για τις επιλογές τους. Διευκρινίζεται ότι το περιεχόμενο των συνεντεύξεων ήταν τέτοιο ώστε να διατηρούνται οι αυθόρμητες επιλογές των μαθητών στα ερωτηματολόγια. Για παράδειγμα αν κάποιος μαθητής δεν είχε αναφερθεί στη συνθήκη για ίδιες αρχικές μάζες των υλικών που χρησιμοποιούμε, δε γίνεται κάποια προτροπή ώστε να το προσδιορίσει εκ των υστέρων. Από την άλλη μεριά, αν κάποιος μαθητής είχε αναφερθεί στη συνθήκη αυτή, του ζητούνται διευκρινήσεις για το λόγο που έκανε την επιλογή αυτή.

**Σχήμα 1:** Παράδειγμα προβλήματος, για την ορθότητα του οποίου οι μαθητές καλούνται να εκφράσουν μια υπόθεση και να σχεδιάσουν ένα σχετικό πείραμα προκειμένου να την ελέγξουν

«Ο Βασίλης ισχυρίζεται ότι το γάλα ζεσταίνεται στο «ματάκι» της κουζίνας πιο εύκολα από ότι το νερό.  
- Εσείς τι νομίζετε;  
- Πώς θα βρείτε ποιο είναι το σωστό; Μπορείτε να κάνετε ένα πείραμα ;  
Τι θα χρειαστείτε για το πείραμά σας; Τι ακριβώς θα κάνετε; Πώς θα αποφασίσετε αν ο Βασίλης έχει δίκαιο ή όχι.»

Τα έργα στα pre και post ερωτηματολόγια ήταν αντίστοιχα (Σχ. 1), αλλά όχι ίδια, ενώ δεν είχαν συζητηθεί παρόμοια κατά τη διάρκεια της διδακτικής σειράς. Επίσης τονίζεται ότι οι μαθητές ασκούνται πειραματικά σε ένα εικονικό περιβάλλον, ενώ τα έργα του ερωτηματολογίου αφορούν το σχεδιασμό και την περιγραφή πειραμάτων με χρήση φυσικών (πραγματικών)

υλικών και συσκευών. Τα έργα τίθενται υπό την μορφή προβλημάτων, είναι ανοιχτού τύπου και αποτελούνται από διαδοχικές ερωτήσεις, στις οποίες οι μαθητές καλούνται να καταγράψουν τόσο την άποψή/υπόθεσή τους, όσο και να σχεδιάσουν την πειραματική διαδικασία μέσα από την οποία θα την επαληθεύσουν.

## Το Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας του ΣΕΠ

Στη διδακτική σειρά χρησιμοποιήθηκε εκτενώς για την εργαστηριακή άσκηση των μαθητών, το «Εργαστήριο Θερμότητας» του λογισμικού Σ.Ε.Π.. Το Σ.Ε.Π. (Ψύλλος κ.α., 2000) είναι ένα ανοιχτό μαθησιακό περιβάλλον μελέτης των θερμικών φαινομένων. Ειδικά το «Εργαστήριο Θερμότητας» (Λεύκος κ.α. 2000), προσφέρει στον χρήστη την δυνατότητα σύνθεσης εικονικών πειραματικών διατάξεων με ένα αληθοφανή τρόπο άμεσου χειρισμού των αντικειμένων αλλά και εκτέλεσης των αντίστοιχων πειραμάτων. Ανάμεσα στα χαρακτηριστικά του είναι η συγχρονική προβολή των γραφικών παραστάσεων θερμοκρασίας και θερμότητας σε συνάρτηση με τον χρόνο, αλλά και η ρύθμιση της επιτάχυνσης του «εικονικού» χρόνου διεξαγωγής των πειραμάτων, δυνατότητα που μας δίνει την ευκαιρία να διεξάγουμε περισσότερα πειράματα στον ίδιο χρόνο και επομένως την καλύτερη παραμετρική διερεύνηση των φαινομένων (Petridoy et al., 2005).

Ειδικά για τα φαινόμενα αγωγής, οι δυνατότητες που παρέχει το λογισμικό για τη σύνθεση διατάξεων «δοχείο μέσα σε άλλο δοχείο» και «στερεό σώμα μέσα σε δοχείο», επιτρέπουν τον σχεδιασμό και την εκτέλεση απλών ή σύνθετων πειραμάτων, ενώ για τα πειράματα που αφορούν στη διάδοση με ακτινοβολία, μεγάλο πλεονέκτημα αποτελεί τόσο η μέτρηση, όσο και η δυνατότητα έλεγχου της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (από  $-20$  μέχρι και  $130$  °C).

**Σχήμα 2:** Το εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας του Σ.Ε.Π.



Η αμεσότητα του χειρισμού στο Σ.Ε.Π., των εικονικών αντικειμένων από τους μαθητές και η ευκολία στην αλλαγή των παραμέτρων με αληθοφανή και ρεαλιστικό τρόπο, δημιουργεί ένα περιβάλλον που επιτρέπει εύκολα και γρήγορα τη σύνθεση πειραματικών διατάξεων και την εκτέλεση των πειραμάτων. Κυρίως όμως αποτελεί ένα ανοιχτό μαθησιακό περιβάλλον που προσφέρεται για άσκηση των μαθητών στο σχεδιασμό πειραμάτων, καθώς είναι πολύ εύκολο να περάσουν από την έκφραση υποθέσεων για κάποιο φαινόμενο, στον καθορισμό των αρχικών συνθηκών, στην επιλογή των οργάνων και συσκευών και τελικά στην εκτέλεση του πειράματος, τα αποτελέσματα του οποίου θα συγκρίνουν με την υπόθεσή τους.

## Αποτελέσματα

Για την αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών, ακολουθήθηκε η εξής μέθοδος. Αρχικά οι απαντήσεις διαχωρίστηκαν σε κάθε μια από τις πειραματικές διαστάσεις που εξετάζουμε και στη συνέχεια βαθμολογήθηκαν με μια 3-βάθμια κλίμακα επιτυχίας (1, 2, 3),



όπου 3 ήταν το μεγαλύτερο σκορ. Για παράδειγμα σχετικά με την έκφραση υποθέσεων, αν ένας μαθητής εκφράζει υποθέσεις ελλιπώς ή καθόλου ή χωρίς αιτιολόγηση βαθμολογείται με 1, αν εκφράζει υποθέσεις με βάση διαισθητικά κριτήρια ή εναλλακτικές απόψεις βαθμολογείται με 2 και αν εκφράζει υποθέσεις με βάση επιστημονικώς αποδεκτά κριτήρια βαθμολογείται με 3. Πριν από την τελική αξιολόγηση, δυο κριτές μελέτησαν τις απαντήσεις και κατέληξαν σε συμφωνία τόσο σχετικά με τα επιμέρους στοιχεία που εντάσσονται σε κάθε διάσταση, όσο και σχετικά με την κλίμακα της βαθμολογίας.

Από την επεξεργασία των απαντήσεων προκύπτουν τα εξής: Τα σκορ, πριν και μετά από τις διδασκαλίες διαφέρουν αισθητά και προκειμένου να διαπιστώσουμε αν η διαφορά αυτή που παρατηρήσαμε είναι στατιστικώς σημαντική, χρησιμοποιήθηκε για τις βαθμολογίες των μαθητών μας, το τεστ Mann-Whitney. Το τεστ προσφέρεται για την περίπτωση των διαφορετικών μετρήσεων του ίδιου δείγματος και ενδείκνυται ιδίως για έρευνες όπου το δείγμα είναι μεγέθους αντίστοιχου της έρευνας αυτής. Από το τεστ προέκυψε ότι πράγματι έχουμε στατιστικώς σημαντική βελτίωση στις βαθμολογίες των μαθητών μας (καθώς  $P_{(2)} = 0.0001 < 0.05$ ).

Σχετικά με την επιμέρους βελτίωση που παρουσίασαν οι μαθητές στις διάφορες διαστάσεις του πειραματικού σχεδιασμού που μελετήσαμε, σημειώνονται και σχολιάζονται τα παρακάτω:

- Μεγάλη βελτίωση παρατηρείται στη διάσταση της **έκφρασης υποθέσεων**. Στο αρχικό ερωτηματολόγιο οι περισσότεροι μαθητές μας (9/14), εκφράζουν υποθέσεις που βασίζονται σε διαισθητικά κριτήρια. (π.χ. *το γάλα είναι πιο πυκνό από το νερό, άρα ζεσταίνεται δυσκολότερα*). Στο τελικό ερωτηματολόγιο όλοι σχεδόν οι μαθητές (11/14) απαντούν με βάση επιστημονικά κριτήρια.
- Στην περίπτωση του **κριτηρίου ελέγχου της υπόθεσης** οι μαθητές εμφάνισαν επίσης βελτίωση. Στο αρχικό ερωτηματολόγιο αρκετοί (8/14) μπορούσαν να προσδιορίσουν με σαφήνεια ένα κριτήριο, αλλά οι υπόλοιποι (6/14) παρουσίαζαν ασάφειες. Στο τελικό ερωτηματολόγιο όλοι οι μαθητές (14/14) προσδιορίζουν με σαφήνεια ένα κριτήριο επαλήθευσης, ενώ δυο από αυτούς (2/14) τοποθέτησαν και δεύτερο εναλλακτικό κριτήριο.
- Σχετικά με τη διάσταση του **ελέγχου των μεταβλητών** επίσης καταγράφεται βελτίωση. Οι περισσότεροι μαθητές στο αρχικό ερωτηματολόγιο (10/14) αναφέρονται με ελλειμματικό τρόπο στις απαραίτητες **αρχικές ρυθμίσεις** των συσκευών και οι μισοί σχεδόν (6/14) δεν αναφέρονται καθόλου στις **αρχικές συνθήκες** του πειράματος. Στο τελικό όμως ερωτηματολόγιο όλοι (13/14) αναφέρονται στις σημαντικότερες αρχικές ρυθμίσεις των συσκευών (και 1/14 τις καθορίζει πλήρως). Επιπλέον, όλοι οι μαθητές ασχολούνται με τις αρχικές συνθήκες και μάλιστα μερικοί (4/14) τις καθορίζουν πλήρως.
- Στην διάσταση των **υλικών, συσκευών και οργάνων** που αναφέρουν οι μαθητές ότι θα χρησιμοποιήσουν, εμφανίζονται μικρές διαφοροποιήσεις. Υπάρχει πάντως μια τάση βελτίωσης, αν παρατηρήσουμε ότι στο αρχικό ερωτηματολόγιο δύο (2/14) μόνο μαθητές καθόρισαν πλήρως όλα τα απαραίτητα, ενώ στο τελικό ερωτηματολόγιο τέσσερεις (4/14) μαθητές το κάνουν αυτό. Επιπλέον, ενώ αρχικά υπήρχαν αρκετοί (6/14) μαθητές οι οποίοι πρότειναν μια πολύ «φτωχή» λίστα, αυτοί περιορίστηκαν αρκετά (2/14) στο τελικό ερωτηματολόγιο.
- Περισσότεροι από τους μισούς μαθητές μας (8/14) στην αρχή, εμφανίζουν εναλλακτικές απόψεις περιγράφοντας τα **φαινόμενα** που θεωρούν πως εμπλέκονται (θεωρούσαν ότι το φαινόμενο της θέρμανσης ενός υγρού ταυτίζεται με το βρασμό), ενώ ισάριθμοι παρουσιάζουν με ασάφεια την **πειραματική διαδικασία** που

σχεδιάζουν να ακολουθήσουν. Στο τελικό ερωτηματολόγιο η πλειοψηφία (12/14) των μαθητών ακολουθεί μια επιστημονικά αποδεκτή περιγραφή των φαινομένων και όλοι πλην ενός (13/14) μπορούν και περιγράφουν με σαφήνεια τη διαδικασία που θα ακολουθήσουν στο πείραμα.

### Συζήτηση –Συμπεράσματα

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα, τα δεδομένα υποστηρίζουν ότι η εμπλοκή των μαθητών σε χειρισμούς «εικονικών αντικειμένων» μέσα σε ένα λογισμικό προσομοιωμένου εργαστηρίου, μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη δεξιοτήτων σχεδιασμού πειραμάτων, που αφορούν καταστάσεις της καθημερινής ζωής σχετικά με θερμικές αλληλεπιδράσεις πραγματικών αντικειμένων. Η βελτίωση αφορά τις παρακάτω διαστάσεις του σχεδιασμού πειραμάτων για τις οποίες διαπιστώθηκε ότι, μετά το τέλος της διδακτικής σειράς οι μαθητές:

- Εκφράζουν υποθέσεις με κριτήρια που σχετίζονται με την γνώση περιεχομένου και όχι διαισθητικά
- Προσδιορίζουν με μεγαλύτερη επιτυχία τις κρίσιμες μεταβλητές μέσα από τις οποίες μπορούν να επαληθεύσουν ή να απορρίψουν τις υποθέσεις τους
- Καθορίζουν τις αρχικές συνθήκες, με μεγαλύτερη σαφήνεια από πριν
- Επιλέγουν τα κατάλληλα όργανα και υλικά για τα οποία όπως φάνηκε υπάρχει αρκετή δυσκολία, μιας και αρκετές φορές τα υπονοούν χωρίς να τα αναφέρουν ρητά.
- Περιγράφουν ορθότερα την πειραματική διαδικασία και τα φαινόμενα που εμπλέκονται.

Θεωρούμε ότι η χρήση του ΣΕΠ επέτρεψε στους μαθητές με εύκολους και γρήγορους χειρισμούς να συνθέτουν διατάξεις, να δοκιμάζουν τις προβλέψεις τους και αν χρειαστεί να αλλάξουν τις συνθήκες και να ξαναδοκιμάσουν. Επιπλέον, η ίδια η δομή και η λειτουργία του λογισμικού, «επιβάλλει» στους μαθητές να ακολουθήσουν μια σειρά από «εικονικές δράσεις». Για παράδειγμα, προκειμένου να ξεκινήσουν τη διεξαγωγή ενός πειράματος πρέπει να κάνουν ορισμένες βασικές επιλογές όπως να διαλέξουν τα δοχεία, τις αρχικές θερμοκρασίες ή τις ποσότητες των υλικών. Τους οδηγεί επομένως μέσα από τους εικονικούς χειρισμούς τους, να προβούν σε επιλογές σχεδιασμού της πειραματικής διάταξης (όργανα, αρχικές συνθήκες). Η συγκεκριμένη διδακτική ακολουθία που υιοθετήσαμε, όπου, αντί να προσφέρουμε στους μαθητές μας έτοιμες πειραματικές διατάξεις, τους τοποθετούσαμε συνήθως αντιμέτωπους με την επίλυση ενός προβλήματος με καθημερινούς όρους, το οποίο έπρεπε να μετασχηματίσουν σε πειραματική διάταξη, θεωρούμε ότι συνέβαλε θετικά στην διατύπωση υποθέσεων και κριτηρίων ελέγχου ενώ συνετέλεσε στην επιτυχή περιγραφή των πειραμάτων.

### Βιβλιογραφία

Λεύκος, Ι., Ρεφανίδης, Ι., Γάλλος, Λ., Μπισδικιάν, Γ., Πετρίδου, Ε., Χατζηκρανιώτης, Ε., Βλαχάβας, Ι., Αργυράκης, Π. & Ψύλλος, Δ. (2000). Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας. *Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου «Πληροφορική και Εκπαίδευση»*, Θεσσαλονίκη, ΣΕΠΔΕΘ

Ψύλλος, Δ., Αργυράκης, Π., Βλαχάβας, Ι., Χατζηκρανιώτης, Ε., Μπισδικιάν, Γ., 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 με διεθνή Συμμετοχή: «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση»*, Πάτρα, Πανεπιστήμιο Πατρών.



Ψύλλος, Δ., (2007). Μοντέλα και κόσμοι στους εικονικούς χώρους. *Πρακτικά 5ου Συνεδρίου: Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*, 5 (Α), 30-41. [<http://www.kodipheet.gr>]

Chen, Z., Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, V. 70, (5), 1098-1120.

Anagnos, T., McMullin, K., Komives, C., Mourtos, N.J. (2007). Evaluating Student Mastery of Design of Experiment. In Proceedings: “*Frontiers in Education*” Conference, Oct. 2007.

Doran, R. L., Boorman, J., Chan, F., & Hejaily, N. (1993). Alternative assessment of high school laboratory skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1121–1131.

Garratt, J., Tomlinson, J. (2001). Experimental design – can it be learned? *University Chemistry Education*, V5(2).

Finkelstein, Adams, Keller, Kohl, Perkins, Le Master (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for labour equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, V1(1).

Hodson, D. (1992). *Assessment of practical work: Some considerations in philosophy of science. Science & Education*, 1, 115-144

Johnstone, A., H., Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, V.5(2).

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

Klahr, Triona, Williams (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*. Volume 44 (1), 183 – 203.

Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. 94 - 128. New York: Macmillan.

Lefkos, I., Psillos, D., & Hatzikraniotis, E. (2005). Integrating ICT tools in a laboratory teaching sequence of thermal phenomena. In: Z. Zacharia and C.P. Constantinou (Eds.), *Integrating New Technologies in Science and Education. Proceedings of the Seventh International Conference on Computer Based Learning in Science*. 450 – 460. Zilina, Slovakia.

Linn, M. C., & Hsi, S. (2000). *Computers, teachers, peers: science learning partners*. Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.

Lunetta, V.N. (1998). The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. In K.G. Tobin & B. J. Fraser (Eds.), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer, 249-264.

Marshall (2005). Tangibles in the balance: a comparison of physical and screen versions of the balance beam task. *Proceedings of the 8th Human-Centred Technology Postgraduate Workshop*.

Petridou, E., Psillos, D., Lefkos, I., Furlari, S., & Hatzikraniotis, E. (2005). Investigating the use of simulated laboratory for teaching aspects of calorimetry to secondary education students, *Πρακτικά του 7th International Conference on Computer Based Learning in Science*, Zilina, Slovakia.

Toth, Klahr, Chen (2000). Bridging research and practice: a cognitively-based classroom intervention for teaching experimentation skills to elementary school children. *Cognition & Instruction*.

Triona, Klahr (2003). Point and click or grab and heft: comparing the influence of physical and virtual instr. materials in elementary school students' ability to design experiments. *Cognition & Instruction*, 21(2), 149-173.

Wellington, J., 1998 (ed): *Practical Work in School Science – Which way now*. London: Routledge.

White, R.T. (1996). The Link between Laboratory and Learning. *International Journal of Science Education*, 18(7), 761-774.

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