

## **Διερεύνηση της βελτίωσης της εννοιολογικής κατανόησης προπτυχιακών φοιτητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία μέσα από εικονικά και πραγματικά περιβάλλοντα πειραματισμού**

**Γεώργιος Ολυμπίου, Ζαχαρίας Χ. Ζαχαρία, Μάριος Παπαευριπίδου**  
Πανεπιστήμιο Κύπρου, [ser6og1@ucy.ac.cy](mailto:ser6og1@ucy.ac.cy), [zach@ucy.ac.cy](mailto:zach@ucy.ac.cy), [mpapa@ucy.ac.cy](mailto:mpapa@ucy.ac.cy)

**Περίληψη.** Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η σύγκριση της επίδρασης του Πειραματισμού σε Πραγματικό Εργαστήριο και του Πειραματισμού σε Πραγματικό και Εικονικό Εργαστήριο στην εννοιολογική κατανόηση προπτυχιακών φοιτητών στο συγκεκριμένο Θερμότητα-Θερμοκρασία. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν 62 προπτυχιακοί φοιτητές παιδαγωγικού τμήματος, οι οποίοι διαχωρίστηκαν σε δύο ομάδες, την πειραματική ομάδα (34 φοιτητές) και την ομάδα ελέγχου (28 φοιτητές). Οι δύο ομάδες χρησιμοποίησαν το ίδιο διδακτικό υλικό, αλλά διαφορετική μέθοδο πειραματισμού. Η ομάδα ελέγχου συναντιόταν στο εργαστήριο και χρησιμοποιούσε πραγματικά υλικά για την εκτέλεση των πειραμάτων. Αντίστοιχα, η πειραματική ομάδα εργάστηκε τόσο σε πραγματικό εργαστήριο όσο και σε εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών χρησιμοποιώντας το εικονικό εργαστήριο ΣΕΠ-ΝΑΥΣΙΚΑ. Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσα από διαγνωστικά δοκίμια πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε πως ο πειραματισμός μέσω του συνδυασμού του εικονικού με το πραγματικό εργαστήριο είναι αποτελεσματικότερος από τον πειραματισμό σε πραγματικό εργαστήριο ως προς την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής.

### **Εισαγωγή**

Ο επιστημονικά αποδεκτός ορισμός που αφορά στην έννοια της θερμότητας αναπτύχθηκε μέσα σε 200 χρόνια, αλλά το πρόβλημα της στην κατανόηση της έννοιας είναι εμφανές σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Engel, Clough & Driver 1985). Ακόμη και μετά από ειδικά σχεδιασμένες διδακτικές παρεμβάσεις οι φοιτητές εξακολουθούν να κατέχουν αντιλήψεις, οι οποίες διαφέρουν από τις επιστημονικά αποδεκτές (Rosenquist and McDermott 1987). Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι οι φοιτητές στηρίζονται σε νοητικά μοντέλα, τα οποία αναπτύσσονται πρόχειρα μέσα από τη μη συστηματική αλληλεπίδρασή με το φυσικό κόσμο και την έλλειψη μεθοδικότητας στην προσπάθειά τους να τον ερμηνεύσουν (Dykstra et al. 1992). Τα μοντέλα αυτά καθώς και οι επιστημολογικές ερμηνείες των ατόμων συχνά παρεμποδίζουν τη μάθηση εννοιών που εισάγονται σε μαθήματα φυσικής και επηρεάζουν δυσμενώς την ικανότητά τους να οικοδομούν τις επιστημονικά αποδεκτές ιδέες (Hammer 1995).

Η σχέση ανάμεσα στη θερμότητα και τη θερμοκρασία δεν ήταν πάντα ξεκάθαρη και αντιληπτή τόσο από τους φυσικούς όσο και από τους εκπαιδευόμενους. Η θερμότητα ως έννοια προοδευτικά διαφοροποιήθηκε από την έννοια της θερμοκρασίας, ως ένα είδος ενέργειας που μεταφέρεται, σε αντίθεση με τη θερμοκρασία που αποτελεί το φυσικό μέγεθος που καταδεικνύει πόσο ζεστό ή πόσο κρύο είναι ένα σώμα. Οι εμπλεκόμενοι στη διδασκαλία και μάθηση του συγκεκριμένου θερμότητα-θερμοκρασία αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση των εννοιών αυτών και οι εναλλακτικές ιδέες τους είναι έντονες και αντιστέκονται στην αλλαγή. Όταν χρησιμοποιηθούν παραδοσιακές διδακτικές προσεγγίσεις, είναι αμφίβολο εάν οι μαθητές είναι σε θέση να αφομοιώσουν την επιστημονική θεώρηση της

θερμότητας και της θερμοκρασίας. Απαιτείται να αφιερωθεί πολύ περισσότερος χρόνος σε θεμελιώδεις έννοιες στο πλαίσιο κατάλληλων μαθησιακών περιβαλλόντων, για να παρέχονται στους εμπλεκόμενους ευκαιρίες για να οικοδομούν τις ιδέες τους, να εφαρμόζουν και να δοκιμάζουν τις αντιλήψεις τους και να επαναλαμβάνουν όσα έχουν κατανοήσει σε ένα όχι «κριτικό» αλλά σε ένα υποστηρικτικό περιβάλλον μάθησης (Dykstra et al. 1992).

Συνεπώς, η μαθησιακή διαδικασία πρέπει να οδηγεί στην προοδευτική διαφοροποίηση ανάμεσα στις αντιλήψεις των ατόμων για τις έννοιες θερμότητα, θερμοκρασία και ρυθμού μετάδοσης της θερμότητας (Harrison, Grayson, & Treagust 1999). Μια προσέγγιση στο πλαίσιο της οποίας μπορούν να δημιουργηθούν οι συνθήκες για επίτευξη εννοιολογικής κατανόησης των υπό συζήτηση εννοιών είναι ο *πειραματισμός* μέσω διερώτησης (Inquiry-based experimentation), ο οποίος μπορεί να εφαρμοστεί τόσο μέσω Πειραματισμού σε Πραγματικό Εργαστήριο (ΠΠΕ), όσο και μέσω Πειραματισμού σε Εικονικό Εργαστήριο (ΠΕΕ), (Finkelstein 2005, Zacharia in press). Ο ΠΠΕ ορίζεται ως μια μαθησιακή εμπειρία, η οποία επιτρέπει στα άτομα να αλληλεπιδρούν με πραγματικά υλικά και μοντέλα με σκοπό την παρατήρηση και κατανόηση φυσικών φαινομένων και ο ΠΕΕ ως μια μαθησιακή εμπειρία η οποία επιτρέπει στα άτομα να αλληλεπιδρούν με εικονικά υλικά και μοντέλα με σκοπό την παρατήρηση και κατανόηση φυσικών φαινομένων (Zacharia in press).

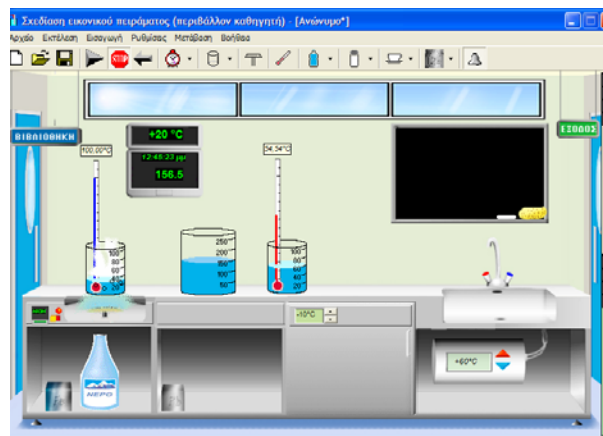
Πολλές έρευνες στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών έχουν εντοπίσει ως βασικό πλεονέκτημα, τόσο του ΠΠΕ όσο και του ΠΕΕ, το γεγονός ότι επιτρέπουν στα άτομα να αλληλεπιδρούν πειραματικά με υλικά και μοντέλα (Hofstein and Lunetta 2004, Windschitl 2001). Παρέχουν, δηλαδή, τη δυνατότητα στα άτομα να διερευνήσουν το γεγονός που τους παρουσιάζεται αλλάζοντας πραγματικά ή εικονικά τις τιμές των παραμέτρων, ενεργοποιώντας διαδικασίες και παρατηρώντας τα αποτελέσματα των ενεργειών τους. Τα άτομα μπορούν με αυτό τον τρόπο να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα των φυσικών επιστημών, όπως αυτά παρουσιάζονται μέσα από τα εικονικά ή πραγματικά πειράματα, να συγκρίνουν τα αποτελέσματα που προκύπτουν με τις δικές τους αντιλήψεις, να διατυπώσουν και να διερευνήσουν υποθέσεις και να επιλύσουν πιθανές ασυμφωνίες ανάμεσα στις ιδέες τους και σε αυτές που παρουσιάζονται στα πειράματα (Hofstein and Lunetta 2004, Tao and Gunstone 1999). Ο συνδυασμός αυτών των δυνατοτήτων κάνει τον ΠΠΕ και τον ΠΕΕ ιδανικές μεθόδους για προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής (Zacharia in press).

Παρά τις πολλές έρευνες στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών για αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και του τρόπου αξιοποίησης του ΠΠΕ και του ΠΕΕ, διαπιστώνεται ότι υπάρχει σημαντική ανάγκη για σύγκριση της επίδρασης του ΠΠΕ και του ΠΕΕ (Triona & Klahr 2003), αλλά και του ΠΠΕ ή του ΠΕΕ με συνδυασμούς του ΠΠΕ και του ΠΕΕ στη διαδικασία μάθησης και διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών (Zacharia in press). Συνεπώς, στόχος της παρούσας έρευνας ήταν η σύγκριση της επίδρασης του ΠΠΕ και ενός συνδυασμού ΠΠΕ και ΠΕΕ (ΠΠΕ+ΠΕΕ) στην εννοιολογική κατανόηση προπτυχιακών φοιτητών στο συγκεκριμένο Θερμότητα-Θερμοκρασία. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκαν τα ακόλουθα ερωτήματα:

- Πώς συγκρίνεται η εννοιολογική κατανόηση προπτυχιακών φοιτητών στο συγκεκριμένο Θερμότητα-Θερμοκρασία που πειραματίζονται σε πραγματικό εργαστήριο με την εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών που πειραματίζονται σε πραγματικό και εικονικό εργαστήριο;
- Πώς συγκρίνονται οι ιδέες (επιστημονικά ορθές ή μη) προπτυχιακών φοιτητών στο συγκεκριμένο θερμότητα-θερμοκρασία που πειραματίζονται σε πραγματικό εργαστήριο, με τις ιδέες προπτυχιακών φοιτητών που πειραματίζονται σε πραγματικό και εικονικό εργαστήριο;

## Η ταυτότητα της έρευνας

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 62 προπτυχιακοί φοιτητές που φοιτούσαν στο Παιδαγωγικό Τμήμα του Πανεπιστημίου Κύπρου. Οι φοιτητές διαχωρίστηκαν σε 4 εργαστήρια εκ των οποίων τα δύο από αυτά (28 φοιτητές) αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου και τα άλλα δύο (34 φοιτητές) την πειραματική ομάδα. Η ομάδα ελέγχου υλοποίησε τα πειράματα της σε πραγματικό εργαστήριο, ενώ η πειραματική ομάδα υλοποίησε τα πειράματα της τόσο σε πραγματικό όσο και σε εικονικό εργαστήριο. Ως εικονικό εργαστήριο χρησιμοποιήθηκε το εργαστήριο του λογισμικού ΣΕΠ-ΝΑΥΣΙΚΑ (Hatzikraniotis *et al.* 2001, Psilos *et al.* 2000). Για σκοπούς επιτυχούς υλοποίησης της έρευνας, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση πριν από τη διεξαγωγή της έρευνας στην εξοικείωση των φοιτητών της πειραματικής ομάδας με το λογισμικό ΣΕΠ-ΝΑΥΣΙΚΑ. Η εκμάθηση του λογισμικού ΣΕΠ-ΝΑΥΣΙΚΑ επιτεύχθηκε μέσα από διδακτικό υλικό, το οποίο αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε στους φοιτητές της πειραματικής ομάδας. Επιπλέον, η πειραματική ομάδα είχε την ευκαιρία να εξοικειωθεί με πραγματικά υλικά του εργαστηρίου. Παράλληλα, η ομάδα ελέγχου εξοικειώθηκε με τον εξοπλισμό του εργαστηρίου (π.χ. μέτρηση θερμοκρασίας υλικού με θερμόμετρο).



Εικόνα 1. Το περιβάλλον του λογισμικού ΣΕΠ-ΝΑΥΣΙΚΑ.

Η διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε τόσο στην πειραματική ομάδα όσο και στην ομάδα ελέγχου βασιζόταν στις αρχές και τη φιλοσοφία της προσέγγισης *Φυσική με Διερώτηση* (McDermott *et al.* 1996). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τα Κεφάλαια 1 και 2 από τη Θερμότητα και Θερμοκρασία του εγχειριδίου «Φυσική με Διερώτηση» (McDermott *et al.* 1996). Η ομάδα ελέγχου εκτέλεσε τα πειράματα στο πραγματικό εργαστήριο, ενώ η πειραματική ομάδα εκτέλεσε τα πειράματα του Κεφαλαίου 1 στο πραγματικό εργαστήριο, και τα πειράματα του Κεφαλαίου 2 στο εικονικό εργαστήριο. Και στις δύο ομάδες της έρευνας χορηγήθηκαν τα ίδια προπειραματικά και μεταπειραματικά δοκίμια πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Τα δεδομένα που προέκυψαν από τη συμπλήρωση των διαγνωστικών δοκιμίων αναλύθηκαν τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Συγκεκριμένα, για να απαντηθεί το πρώτο ερώτημα τα δεδομένα της έρευνας αναλύθηκαν ποσοτικά με τη χρήση των στατιστικών τεχνικών One-Way ANCOVA και Paired Samples t-test. Η σύγκριση της επίδρασης του συνδυασμού του ΠΠΕ και ΠΕΕ (πειραματική ομάδα) με τον ΠΠΕ (ομάδα ελέγχου) ως προς την εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών έγινε με το στατιστικό έλεγχο One-Way ANCOVA, ενώ η πιθανή βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης των φοιτητών της κάθε ομάδας ξεχωριστά ελέγχθηκε μέσω του στατιστικού ελέγχου Paired Samples t-test. Για να απαντηθεί το δεύτερο ερώτημα της έρευνας, τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τα προπειραματικά και μεταπειραματικά δοκίμια αναλύθηκαν ποιοτικά με τη μέθοδο της φαινομενογραφίας (Marton & Booth 1997). Μετά από αυτή την ανάλυση υπολογίστηκε το

ποσοστό των φοιτητών της κάθε ομάδας που παρουσίαζε τις αντίστοιχες ιδέες, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση για σκοπούς σύγκρισης.

### Αποτελέσματα και σχόλια

Η εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου Paired Samples t- test έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην επίδοση των φοιτητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση [ $t(27)= 5.6, p<0.001$ ]. Το ίδιο κριτήριο έδειξε ότι υπάρχει επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά στην επίδοση των φοιτητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση [ $t(33)= 13.7, p<0.001$ ]. Εντούτοις, ο στατιστικός έλεγχος One- Way ANCOVA έδειξε να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στη βελτίωση που επέδειξε η πειραματική ομάδα σε σχέση με την ομάδα ελέγχου [ $F(1,61)= 4.33, p=0.042$ ]. Με άλλα λόγια, τα αποτελέσματα από τη στατιστική ανάλυση φανερώνουν ότι η πειραματική ομάδα είχε στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις στο μεταπειραματικό δοκίμιο από ότι η ομάδα ελέγχου. Αυτό υποδεικνύει πως η βελτίωση της επίδοσης των φοιτητών στα μεταπειραματικά δοκίμια επηρεάστηκε περισσότερο από το συνδυασμό ΠΠΕ και ΠΕΕ από ότι τη χρήση μόνο του ΠΠΕ .

Η ποιοτική ανάλυση αφορούσε στον εντοπισμό και κατηγοριοποίηση των ιδεών των φοιτητών, όπως αυτές προέκυψαν μέσα από τις απαντήσεις τους σε κάθε ερώτημα των διαγνωστικών δοκιμίων. Συγκεκριμένα, οι ιδέες των φοιτητών κατηγοριοποιήθηκαν στις ακόλουθες κατηγορίες: α) ιδέες που αφορούν στην κατανόηση των εννοιών θερμότητα και θερμοκρασία (π.χ. μονάδες μέτρησης, χαρακτηριστικά, εντατικά-εκτατικά μεγέθη, κτλ), β) ιδέες που αφορούν στη θερμική αλληλεπίδραση δύο δειγμάτων νερού, γ) παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταβολή της θερμοκρασίας και δ) ιδέες που αφορούν στη θερμοκρασία του νερού και στου πάγου όταν αυτά συνυπάρχουν (βλ. Πίνακες 1, 2, 3 και 4). Μετά από σύγκριση των ιδεών των φοιτητών των δύο ομάδων στο προπειραματικό και στο μεταπειραματικό δοκίμιο διαπιστώθηκε ότι παρουσιάστηκαν συνολικά 28 ιδέες. Ένα μεγάλο ποσοστό αυτών των ιδεών ήταν σύμφωνο μάλιστα με ιδέες φοιτητών που εντοπίστηκαν και από άλλους ερευνητές (Engel, Clough & Driver 1985, Erickson 1980). Στο μεταπειραματικό δοκίμιο το μεγαλύτερο ποσοστό βρέθηκε να κατέχει η «επιστημονικά ορθή ιδέα» και στις δύο ομάδες, με την πειραματική ομάδα να παρουσιάζει υψηλότερο ποσοστό βελτίωσης στην εννοιολογική κατανόηση από την ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση των ιδεών που παρουσίασαν οι φοιτητές σε σχέση με τις έννοιες «θερμότητα» και «θερμοκρασία» και κατανομή των φοιτητών (αριθμός και ποσοστό) σε κάθε ιδέα

Ιδέες σε σχέση με τις έννοιες «Θερμότητα» και «Θερμοκρασία»	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	
	Πριν από την παρέμβαση % (n)	Μετά από την παρέμβαση % (n)	Πριν από την παρέμβαση % (n)	Μετά από την παρέμβαση % (n)
Η αναλογία μεταξύ θερμίδων και αύξησης της θερμοκρασίας αλλάζει πέραν από τους 30 βαθμούς	0% (0)	0% (0)	2,94% (1) <sup>α</sup>	0% (0)
Ο χρόνος που απαιτείται για να θερμανθεί το νερό σε μια ορισμένη θερμοκρασία δεν εξαρτάται από τη μάζα του σώματος	0% (0)	0% (0)	2,94% (1)	0% (0)
Δύο δείγματα διαφορετικής μάζας και ίδιας θερμοκρασίας περικλείουν το ίδιο ποσό θερμότητας	0% (0)	0% (0)	2,94% (1)	0% (0)
Κατά την ανάμιξη δύο δειγμάτων νερού διαφορετικής θερμοκρασίας ένα ποσό νερού εξατμίζεται	0% (0)	0% (0)	2,94% (1)	0% (0)
Το βάρος μετριέται σε γραμμάρια	0% (0)	0% (0)	2,94% (1)	0% (0)
Ο όγκος μετριέται σε γραμμάρια.	0% (0)	0% (0)	2,94% (1)	0% (0)
Η θερμότητα και η θερμοκρασία είναι το ίδιο	7,14% (2)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Η θερμοκρασία μετριέται και σε θερμίδες	3,57% (1)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Η θερμότητα μετριέται σε βαθμούς Κελσίου	3,57% (1)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Κατά τη θερμική αλληλεπίδραση το σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας παίρνει θερμοκρασία σε βαθμούς θερμότητας.	0% (0)	3,57% (1)	0% (0)	0% (0)

<sup>α</sup> Ο αριθμός στην παρένθεση (και αντίστοιχα το ποσοστό που αναγράφεται δίπλα) δηλώνει τον αριθμό (και αντίστοιχα το ποσοστό) των φοιτητών από την κάθε ομάδα χωριστά που παρουσίασαν τη συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα. Σημειώνεται ότι σε αρκετές περιπτώσεις ένας φοιτητής παρουσίαζε περισσότερες από μία ιδέες στην απάντηση που έδινε για κάποιο συγκεκριμένο ερώτημα κι άρα το ποσοστό εμφάνισης των ιδεών σε κάθε πίνακα δεν ισοδυναμεί με 100%.

Πίνακας 2. Κατηγοριοποίηση των ιδεών που παρουσίασαν οι φοιτητές σε σχέση με την έννοια «θερμική αλληλεπίδραση» και κατανομή των φοιτητών (αριθμός και ποσοστό) σε κάθε ιδέα.

Ιδέες σε σχέση με την έννοια «θερμική αλληλεπίδραση»	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	
	Πριν από την παρέμβαση % (n)	Μετά από την παρέμβαση % (n)	Πριν από την παρέμβαση % (n)	Μετά από την παρέμβαση % (n)
Όταν αναμιγνύονται 2 δείγματα με διαφορετικές θερμοκρασίες τότε μεταδίδεται θερμοκρασία από το ζεστό στο κρύο.	64,29% (18)	25% (7)	73,52% (25)	26, 47% (9)
Όταν αναμιγνύονται 2 δείγματα με διαφορετικές θερμοκρασίες τότε κάποια από τη θερμοκρασία του ζεστού πάει στο κρύο και κάποια από τη θερμοκρασία του κρύου πάει στο ζεστό.	0% (0)	0% (0)	5,88% (2)	5,88% (2)
Όταν αλληλεπιδρούν ζεστό και κρύο δείγμα νερού τότε υπάρχει μια αμφίδρομη σχέση στη διάδοση θερμότητας. Τα δύο δείγματα δίνουν και παίρνουν θερμότητα.	3,57% (1)	7,14% (2)	2,94% (1)	0% (0)
Δύο δείγματα νερού μπορεί αλληλεπιδρώντας θερμικά να φτάσουν στην ίδια θερμοκρασία μόνο όταν έχουν τον ίδιο όγκο.	0% (0)	0% (0)	5,88% (2)	0% (0)
Όταν αναμιγνύονται δείγματα νερού στην ίδια ή διαφορετική θερμοκρασία μπορεί να παρατηρηθούν απώλειες μάζας ή θερμοκρασίας.	0% (0)	0% (0)	2,94% (1)	0% (0)
Όταν η ποσότητα του κρύου νερού είναι μεγαλύτερη από αυτή του ζεστού τότε το ζεστό απορροφά θερμοκρασία από το κρύο	0% (0)	0% (0)	0% (0)	2,94% (1)
Όταν αναμιγνύονται 2 διαφορετικές μάζες διαφορετικής θερμοκρασίας, τότε το σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας και μικρότερης μάζας απορροφά διαφορετικά ποσά θερμότητας από αυτά που αποβάλλει το δείγμα που έχει ψηλότερη θερμοκρασία.	0% (0)	7,14% (2)	0% (0)	2,94% (1)
Η θερμότητα που μεταδίδεται σ' ένα υγρό εξαρτάται από τη μάζα του. Αν είναι μεγαλύτερη η μάζα του τότε θα μεταδοθεί περισσότερη ενέργεια.	0% (0)	3,57% (1)	0% (0)	0% (0)
Όταν αναμιγνύονται 2 δείγματα νερού διαφορετικής θερμοκρασίας, μεταδίδεται θερμότητα από το ζεστό στο κρύο μέχρι να φτάσει το μίγμα σε θερμική αλληλεπίδραση.	0% (0)	3,57% (1)	0% (0)	0% (0)

Πίνακας 3. Κατηγοριοποίηση των ιδεών που παρουσίασαν οι φοιτητές σε σχέση με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταβολή της θερμοκρασίας και κατανομή των φοιτητών (αριθμός και ποσοστό) σε κάθε ιδέα.

Ιδέες σε σχέση με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταβολή της θερμοκρασίας	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	
	Πριν από την παρέμβαση % (n)	Μετά από την παρέμβαση % (n)	Πριν από την παρέμβαση % (n)	Μετά από την παρέμβαση % (n)
Η αλλαγή στη θερμοκρασία 2 δειγμάτων νερού μετά από τη θερμική αλληλεπίδραση δεν εξαρτάται από τις αρχικές θερμοκρασίες των δειγμάτων.	7,14% (2)	7,14% (2)	5,88% (2)	20,59% (7)
Όταν 2 δείγματα νερού ίδιας θερμοκρασίας έρχονται σ' επαφή τότε η θερμοκρασία του μίγματος εξαρτάται από τις αρχικές μάζες των δειγμάτων.	25% (7)	7,14% (2)	14,71% (5)	0% (0)
Η μεγαλύτερη διαφορά στις αρχικές θερμοκρασίες 2 δειγμάτων νερού σημαίνει κατ' ανάγκη πως το τελικό δείγμα θα έχει τη χαμηλότερη θερμοκρασία ανεξάρτητα με τις μάζες που αναμιγνύονται.	0% (0)	0% (0)	2,94% (1)	0% (0)
Η αρχική μάζα 2 δειγμάτων νερού δεν παίζει κανένα ρόλο στην τελική θερμοκρασία του μίγματος.	3,57% (1)	3,57% (1)	5,88% (2)	0% (0)
Σε καμία περίπτωση η αύξηση στη θερμοκρασία του ζεστού νερού θα είναι μεγαλύτερη από την αύξηση του κρύου νερού και αντίστροφα.	0% (0)	0% (0)	2,94% (1)	0% (0)
Όταν αναμιγνύονται δείγματα νερού στην ίδια θερμοκρασία παρατηρείται ελάχιστη αύξηση της θερμοκρασίας.	0% (0)	0% (0)	2,94% (1)	0% (0)
Η θερμοκρασία εξαρτάται από τη μάζα.	3,57% (1)	3,57% (1)	8,82% (3)	0% (0)

Πίνακας 4. Κατηγοριοποίηση των ιδεών που παρουσίασαν οι φοιτητές σε σχέση με τη θερμοκρασία του νερού και του πάγου όταν συνυπάρχουν και κατανομή των φοιτητών (αριθμός και ποσοστό) σε κάθε ιδέα.

Ιδέες σε σχέση με τη θερμοκρασία νερού και πάγου όταν συνυπάρχουν	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	
	Πριν από την παρέμβαση % (n)	Μετά από την παρέμβαση % (n)	Πριν από την παρέμβαση % (n)	Μετά από την παρέμβαση % (n)
Ο πάγος και το νερό δεν μπορούν να συνυπάρχουν στην ίδια θερμοκρασία.	53,57% (15)	3,57% (1)	70,59% (24)	5,88% (2)
Όταν κρατώ στο χέρι μου ένα κομμάτι πάγου τότε η θερμοκρασία του σώματός μου μειώνεται.	0% (0)	0% (0)	2,94% (1)	0% (0)

Συνολικά, συγκρίνοντας το ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά την παρέμβαση προκύπτουν τα εξής:

- Το ποσοστό των φοιτητών που χρησιμοποιούν εναλλακτικές ιδέες τουλάχιστον μια φορά μετά την παρέμβαση παρουσιάζει μείωση σε 6 από τις 14 εναλλακτικές ιδέες που εντοπίστηκαν στην ομάδα ελέγχου πριν από την παρέμβαση.
- Το ποσοστό των φοιτητών που χρησιμοποιούν εναλλακτικές ιδέες τουλάχιστον μια φορά μετά την παρέμβαση παραμένει σταθερό σε 3 από τις 14 ιδέες που εντοπίστηκαν στην ομάδα ελέγχου πριν από την παρέμβαση.
- Το ποσοστό των φοιτητών που χρησιμοποιούν εναλλακτικές ιδέες τουλάχιστον μια φορά μετά την παρέμβαση παρουσιάζει αύξηση σε 5 από τις 14 ιδέες που εντοπίστηκαν στην ομάδα ελέγχου πριν από την παρέμβαση.
- Οι 14 από τις 28 ιδέες που παρουσιάστηκαν στην έρευνα δεν παρουσιάστηκαν στην ομάδα ελέγχου πριν από την παρέμβαση.

Συγκρίνοντας το ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά την παρέμβαση όπως εμφανίζεται στην έρευνα προκύπτουν τα εξής:

- Το ποσοστό των φοιτητών που χρησιμοποιούν εναλλακτικές ιδέες τουλάχιστον μια φορά μετά την παρέμβαση παρουσιάζει μείωση, στις 18 από τις 22 ιδέες που εντοπίστηκαν στην πειραματική ομάδα πριν από την παρέμβαση.
- Το ποσοστό των φοιτητών που χρησιμοποιούν εναλλακτικές ιδέες τουλάχιστον μια φορά μετά την παρέμβαση παραμένει σταθερό, σε 1 από τις 22 ιδέες που εντοπίστηκαν στην πειραματική ομάδα πριν από την παρέμβαση.
- Το ποσοστό των φοιτητών που χρησιμοποιούν εναλλακτικές ιδέες τουλάχιστον μια φορά μετά την παρέμβαση παρουσιάζει αύξηση, στις 3 από τις 22 ιδέες που εντοπίστηκαν στην πειραματική ομάδα πριν από την παρέμβαση.
- Οι 6 από τις 28 ιδέες που παρουσιάστηκαν στην έρευνα δεν παρουσιάστηκαν στην πειραματική ομάδα.

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εναλλακτική ιδέα που αναφέρεται στην αλλαγή στη θερμοκρασία δύο δειγμάτων νερού μετά από θερμική αλληλεπίδραση. Σύμφωνα με αυτή την ιδέα η αλλαγή στη θερμοκρασία δύο δειγμάτων νερού μετά από τη θερμική αλληλεπίδραση δεν εξαρτάται από τις αρχικές θερμοκρασίες των δειγμάτων. Αυτή η ιδέα παρουσιάστηκε σε αισθητά μεγαλύτερο ποσοστό στα μεταπειραματικά δοκίμια της πειραματικής ομάδας, παρά της ομάδας ελέγχου. Επιπρόσθετα, οι εναλλακτικές ιδέες που αναφέρονται α) στη μετάδοση της θερμοκρασίας από το ζεστό σώμα στο κρύο και β) στο ότι



το νερό και ο πάγος δεν μπορούν να συνυπάρχουν σε καμιά θερμοκρασία, παρουσίασαν το μεγαλύτερο ποσοστό στα προπειραματικά δοκίμια και των δύο ομάδων, με την πειραματική ομάδα να σημειώνει μεγαλύτερη αλλαγή στις επιδόσεις της, ανάμεσα στα προπειραματικά και μεταπειραματικά δοκίμια.

### **Συμπεράσματα και συνέπειες για την διδακτική πράξη.**

Η παρούσα έρευνα έδειξε πως τόσο ο ΠΠΕ όσο και ο συνδυασμός ΠΠΕ και ΠΕΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν την κατανόηση προπτυχιακών φοιτητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία. Παρόλα αυτά, η σύγκριση ανάμεσα στις δύο μεθόδους πειραματισμού φανέρωσε πως ο συνδυασμός ΠΠΕ και ΠΕΕ ήταν αποτελεσματικότερος από τον ΠΠΕ, αφού οι φοιτητές της πειραματικής ομάδας είχαν στατιστικά σημαντικά ψηλότερη επίδοση στο μεταπειραματικό δοκίμιο και χαμηλότερα ποσοστά λανθασμένων ιδεών στο μεταπειραματικό δοκίμιο. Συγκεκριμένα, ο συνδυασμός αυτός είχε ως αποτέλεσμα τα άτομα της πειραματικής ομάδας να επιδείξουν σημαντικότερη εννοιολογική αλλαγή (βελτίωση στην εννοιολογική κατανόηση) σε συγκεκριμένα θέματα που αφορούσαν στο συγκείμενο θερμότητα-θερμοκρασία σε σύγκριση με τα άτομα της ομάδας ελέγχου.

Πέρα από τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα, μέσα από την παρούσα έρευνα προκύπτει ο προβληματισμός «Με ποιο τρόπο βοήθησε ο συνδυασμός ΠΠΕ και ΠΕΕ στην εννοιολογική αλλαγή αλλά και στην ψηλότερη επίδοση των φοιτητών της πειραματικής ομάδας;». Συνεπώς, απαιτείται μελλοντική έρευνα έτσι ώστε να διαπιστωθεί ποιοι είναι οι παράμετροι και ποια τα χαρακτηριστικά του συνδυασμού των δύο πειραματικών μεθόδων που οδήγησαν στην επίτευξη μεγαλύτερης εννοιολογικής αλλαγής στους φοιτητές της πειραματικής ομάδας σε σύγκριση με την εννοιολογική αλλαγή που παρουσίασαν οι φοιτητές της ομάδας ελέγχου.

### **Παραπομπές**

- Ζαχαρία, Ζ. & Ευαγόρου, Μ. (2004). Η επίδραση του εργαστηριακού πειραματισμού και του πειραματισμού και του πειραματισμού μέσω αλληλεπιδραστικών προσομοιώσεων στην εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα (Σελ 343- 350). Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση. Αθήνα: Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Champagne, A. B., Klopfer, L. E. & Gunstone R. F. (1982). Cognitive research and the design of science instruction. *Educational Psychologist* (17) 31-53.
- Dykstra, D. I., Boyle, F. and Monarch, A. (1992). Studying conceptual change in learning physics, *Physics Education*, 76 (6), 615–65.
- Engel, E., Clough, E., and Driver, R. (1985). Secondary student's conceptions of the conduction of heat: bringing together scientific and personal views. *Physics Education* 20: 176- 182.
- Erickson, G.L.(1980). Children's viewpoints of heat: A second look. *Science Education*, 64, 323-336.
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K. , Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid S., and 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.
- Hammer D. (1995) Epistemological considerations in teaching introductory physics. *Science Education* 79, 393-413.
- Harisson, A. Grayson, D., Treagust, D. (1999). Investigating a grade 11 students evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36( 1), 55- 87.
- Hatzikraniotis, E., Lefkos, I., Bisdikian, G., Psillos, D., Refanidis, I., & Vlahanas, J. (2001). An open learning environment for thermal phenomena, *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Computer Based Learning in Science CBLIS*, Brno, Czech Republic.

- Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the Twenty-First Century, *Science Education*, 88 (1), 28-54.
- Marton F. & Booth S. (1997). *Learning and Awareness*. Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ.
- McDermott, L.C., M.L. Rosenquist and E.H. van Zee (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55, 503-513.
- McDermott and the Physics Education Group at the University of Washington (1996). *Physics by Inquiry Volume II*. Wiley: New York.
- Psilos, D., Argirakis, P., Vlahavas, I., Hatzikraniotis, E., Bisdikian, G., Refanidis, I., Lefkos, I., Korobilis, K., Vrakas, D., Galos, L., Petridou, E., & Nicolaides, I. (2000). Complex Simulated Environment for Teaching Heat-Thermodynamics. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> National Conference with International Participation, The Technology of Information and Communication in Education, Patra, University of Patra (in Greek)*.
- Solomon, J. (1980). *Teaching Children in the Laboratory*. London: Croom Helm.
- Tao, P. and 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.
- Windschitl, M. (2001). Using Simulations in the Middle School: Does Assertiveness of Dyad Partners Influence Conceptual Change? *International Journal of Science Education*, vol.23, no. 1, 17-32.
- Zacharia, Z. and Anderson, O. R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulations prior to performing a laboratory inquiry-based experiments on students' conceptual understanding of physics, *American Journal of Physics*, 71(6), 618-629.
- Zacharia, Z.C. (2005). The Impact of Interactive Computer Simulations on the Nature and Quality of Postgraduate Science Teachers' Explanations in Physics. *International Journal of Science Education*.
- Zacharia, Z.C. (in press). Comparing and Combining Real and Virtual Experimentation: An Effort to Enhance Students' Conceptual Understanding of Electric Circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*.