

Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων μεταξύ πραγματικού και εικονικού εργαστηρίου στη διαστολή της θερμότητας σε μαθητές της Ε' δημοτικού

Ελένη Βλαχούδη¹, Ελένη Δερετζή¹, Βαΐα Αναγνώστου¹, Δημήτριος
Παπακώστας²

elenvlahoudi@gmail.com, deretzilena@gmail.com, anagnwstouvaia@gmail.com,
drapakos@ihu.gr

¹ ΔΠΜΣ «Ψηφιακές & Ήπιες Δεξιότητες στις Επιστήμες της Αγωγής», Διεθνές Πανεπιστήμιο
Ελλάδος

² Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων, Διεθνές Πανεπιστήμιο
Ελλάδος

Περίληψη

Στη σύγχρονη εποχή, η εκτέλεση εικονικών πειραμάτων σε συνδυασμό με την εφαρμογή της ανακαλυπτικής μάθησης, παρέχει τη δυνατότητα σε όλους τους μαθητές να διατυπώσουν υποθέσεις, να πραγματοποιήσουν πειράματα και να οικοδομήσουν τη νέα γνώση. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διδασκαλία της διδακτικής ενότητας «Διαστολή στερεών σωμάτων», τόσο μέσω της χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή όσο και μέσω της εκτέλεσης πειραμάτων σε φυσικό εργαστήριο, ώστε να διαπιστωθεί αν υπάρχει διαφοροποίηση στα μαθησιακά αποτελέσματα. Στην έρευνα συμμετείχαν 181 μαθητές της Ε' τάξης από τρία δημόσια και ένα ιδιωτικό σχολείο. Σε κάθε σχολείο δημιουργήθηκε μια πειραματική ομάδα και μια ομάδα ελέγχου. Οι μαθητές κλήθηκαν πριν και μετά τη διεξαγωγή της διδασκαλίας να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο. Μετά τη συλλογή και την επεξεργασία των δεδομένων έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων μέσω γραφημάτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας δεν υπήρχαν μεγάλες διαφοροποιήσεις στις απαντήσεις των μαθητών γεγονός που συνάδει και με τα πορίσματα των ερευνών.

Λέξεις κλειδιά: Εικονικά πειράματα, Πειράματα με φυσική παρουσία, Μαθητές δημοτικού, Φυσικές επιστήμες

Εισαγωγή

Ο αντίκτυπος της μάθησης σε διαφορετικά εργαστηριακά περιβάλλοντα, είτε πραγματικά είτε εικονικά, μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την εκπαιδευτική εμπειρία και τα μαθησιακά αποτελέσματα. Η συνδυαστική προσέγγιση της διερεύνησης με καθοδήγηση, είτε αυτή προέρχεται από εκπαιδευτικούς είτε μέσω ψηφιακών εργαλείων, αποτελεί αποτελεσματική μέθοδο εκπαίδευσης (Aditomo & Klieme, 2020; Achuthan et al., 2021; Bhute et al., 2021).

Παραδοσιακά, τα πρακτικά εργαστήρια έπαιζαν σημαντικό ρόλο στην εκπαίδευση των επιστημών. Σήμερα, χάρη στις τεχνολογικές εξελίξεις, είναι διαθέσιμα εικονικά εργαστήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιπλέον των πρακτικών εργαστηρίων ή ακόμη και να τα αντικαταστήσουν (de Jong et al., 2013; Chan et al., 2021;).

Η χρήση εικονικών εργαστηρίων μπορεί να προσφέρει στους μαθητές την ευκαιρία να διερευνήσουν καταστάσεις που δεν είναι εφικτό να δοκιμαστούν σε πραγματικό χρόνο επιταχύνοντας ή επιβραδύνοντας τον χρόνο αυτό (Asiksoy, 2023). Επίσης, μπορούν να επηρεάσουν θετικά τη στάση των μαθητών προς την επιστήμη, προσφέροντας ρεαλιστική προσέγγιση και ενισχύοντας την εννοιολογική κατανόησή τους (Rassudon & Korunets, 2022).

Σύμφωνα με την έρευνα των Olympriou & Zacharia (2012), το θετικό αποτέλεσμα που παρατηρείται στη μάθηση των μαθητών από τις προσομοιώσεις μπορεί να εξηγηθεί εν μέρει από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που προκύπτουν λόγω της πολύ-αναπαραστατικής τους φύσης. Κατά συνέπεια, οι εκπαιδευτικές προσομοιώσεις παρέχουν στους μαθητές μια πιο ολοκληρωμένη αντίληψη, τόσο για τα ορατά όσο και για τα αόρατα στοιχεία ενός φαινομένου και αυτό μπορεί να συμβάλει σε μια βαθύτερη κατανόηση του ίδιου του φαινομένου.

Τα εργαλεία εικονικού εργαστηρίου χρησιμοποιούνται για να εξοικονομήσουν χώρο και χρόνο, προσφέροντας ευκολότερη συναρμολόγηση και αποτελεσματικότερη χρήση σε σχέση με τον πραγματικό εργαστηριακό εξοπλισμό. Αποδεικνύονται, επομένως, αποδοτικότερα χρονικά σε σύγκριση με τα παραδοσιακά πρακτικά εργαστήρια (Reese, 2013). Αντιμετωπίζουν, ακόμη, το πρόβλημα των πολυπληθών ομάδων και βοηθούν τους μη οπτικούς ή ακουστικούς μαθητές να αλληλοεπιδράσουν με το μαθησιακό περιβάλλον τους (Seifan et al., 2020). Επιπλέον, αποτελούν οικονομικά αποδοτική επιλογή, καθώς ο σύγχρονος εξοπλισμός και οι προμήθειες σε παραδοσιακά εργαστήρια μπορεί να είναι ακριβά, εκτός από το γεγονός ότι μπορεί να λείπουν (Parong & Mayer, 2018). Ακόμη, τα επικίνδυνα πειράματα μπορούν να πραγματοποιούνται με ασφάλεια (Siddique et al., 2024). Συνολικά, αυτές οι ερευνητικές εργασίες υποδεικνύουν ότι τα εικονικά εργαστήρια στα σχολεία μπορούν να δημιουργήσουν ένα θετικό περιβάλλον μάθησης, ευνοώντας τη θετική στάση των μαθητών προς την επιστήμη (Nersesian et al., 2019).

Στον αντίποδα, πολυάριθμες έρευνες στη βιβλιογραφία έχουν αντιπαραβάλει τις επιδράσεις των εικονικών και των πρακτικών εργαστηρίων στη γνώση των περιεχομένων και στις επιστημονικές διαδικασίες των μαθητών. Παρά τα πλεονεκτήματα, κάποιοι ερευνητές έχουν επισημάνει ορισμένα αδύναμα σημεία, όπως η έλλειψη πρακτικής προσέγγισης για τους μαθητές και η απουσία συνεργάτη εργαστηρίου που θα μπορούσε να διευκολύνει τη συνεργασία μεταξύ των μαθητών (Ye et al., 2024). Τα πρακτικά εργαστηριακά περιβάλλοντα παρέχουν ευκαιρίες για την ανάπτυξη δεξιοτήτων των μαθητών (Ashari et al., 2023) και τα υλικά είναι προσιτά για άμεση επαφή, προκαλώντας την ανάπτυξη των ψυχοκινητικών ικανοτήτων των μαθητών (de Jong et al., 2013).

Επιπλέον, σε αντίστοιχη μελέτη, παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές, υπό ορισμένες συνθήκες, κατέληγαν σε μεγαλύτερη κατανόηση των θεμάτων μετά από πραγματικά εργαστήρια σε σύγκριση με τα εικονικά. Το συμπέρασμα της έρευνας ήταν ότι αυτή η διαφορά οφειλόταν στο ότι, κατά την χρήση προσομοιώσεων, η προσοχή των μαθητών αποσπάται γρήγορα, ενώ στα πρακτικά εργαστήρια, οι μαθητές κατάφεραν να διατηρήσουν την προσοχή τους καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. (LaTourrette et al., 2021).

Υπάρχουν, επίσης, μελέτες στις οποίες δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των εικονικών και των πραγματικών εργαστηρίων όσον αφορά στη στάση των μαθητών. Μία από αυτές είναι και η μελέτη των Faour και Ayoubi (2018) η οποία δεν ανέδειξε σημαντική διαφορά στη στάση των μαθητών γυμνασίου ανάμεσα σε μια ομάδα που χρησιμοποιήσε εικονικό εργαστήριο και σε μία άλλη που εργάστηκε σε πραγματικό εργαστήριο. Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το εικονικό εργαστήριο πέτυχαν υψηλότερες βαθμολογίες κατά μέσο όρο, σε σύγκριση με τους μαθητές που εργάστηκαν στο πραγματικό εργαστήριο.

Στην έρευνα του Tsihouridis και των συνεργατών του (2013), η οποία εξέταζε την αποτελεσματικότητα του εικονικού εργαστηρίου έναντι των πραγματικών σχολικών εργαστηρίων, παρατηρήθηκε ότι δεν υπήρχε μεγάλη διαφορά στην εννοιολογική κατανόηση των βασικών εννοιών μεταξύ των δύο ομάδων. Παρόλα αυτά, κάποιες ασήμαντες διαφορές υπέρ της ομάδας πραγματικού εργαστηρίου επισημάνθηκαν σε τρεις από τους δώδεκα διδακτικούς στόχους. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι και οι δύο μέθοδοι εκπαίδευσης

μπορούν να στηρίξουν τους μαθητές στην ανάπτυξη ερευνητικής στάσης, συνεργατικών δεξιοτήτων και ικανότητας έκφρασης σημαντικών ερωτημάτων με σαφήνεια και ακρίβεια.

Ορισμένες έρευνες έχουν εφαρμόσει βέβαια και τα δύο εργαστηριακά περιβάλλοντα σε μια συγκεκριμένη σειρά ή συνδυασμό αυτών, με σκοπό να εκμεταλλευτούν τα διακριτικά τους πλεονεκτήματα (Zacharia & de Jong, 2014). Αυτές οι μελέτες έχουν καταδείξει ευρέως ότι ο συνδυασμός εικονικών και πραγματικών εργαστηριακών περιβαλλόντων συμβάλλει στη βελτίωση της γνώσης του περιεχομένου (Zacharia & Olympriou, 2011; Chiu et al., 2015;).

Συνοψίζοντας, οι προαναφερθείσες μελέτες αναδεικνύουν συλλογικά την αποτελεσματικότητα τόσο των πρακτικών όσο και των εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων στη διευκόλυνση της μάθησης με βάση τη διερεύνηση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Achuthan et al., 2021; Chan et al., 2021). Και οι δύο προσεγγίσεις μπορούν να είναι αποτελεσματικές με ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα (Zacharia & Olympriou, 2011). Η επιλογή μεταξύ αυτών των μεθόδων θα πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τους εκάστοτε μαθησιακούς στόχους, τη διαθεσιμότητα των πόρων και την ενσωμάτωση της τεχνολογίας στο πρόγραμμα σπουδών. Τέλος, η συνεχιζόμενη έρευνα στον τομέα αυτό θα προσφέρει περαιτέρω πληροφορίες για τη βελτιστοποίηση της ισορροπίας μεταξύ πρακτικών και εικονικών προσεγγίσεων για καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα.

Μεθοδολογία, περιγραφή & ανάλυση της έρευνας

Αναγκαιότητα της έρευνας

Σε πολλές μελέτες αναφορικά με το μάθημα των Φυσικών επιστημών, έχουν γίνει συγκρίσεις των μαθησιακών αποτελεσμάτων σε ομάδες μαθητών που έκαναν μόνο πειράματα στην τάξη, με ομάδες που χρησιμοποίησαν μόνο εικονικά εργαστήρια.

Οι περισσότερες μελέτες αφορούν κυρίως στην ενότητα του ηλεκτρισμού ενώ δεν υπάρχουν ευρήματα για το αν υπάρχει διαφοροποίηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων για τη διδακτική ενότητα της «Διαστολής των στερεών σωμάτων».

Συνεπώς, η παρούσα έρευνα έρχεται να καλύψει το ερευνητικό αυτό κενό, μέσω της διεξαγωγής μιας μελέτης σε μαθητές της Ε' δημοτικού που διδάσκονται την ενότητα αυτή μέσα στο πλαίσιο του μαθήματος της Φυσικής.

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διαπιστωθεί αν υπάρχει διαφοροποίηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων μέσω της εκτέλεσης εικονικών πειραμάτων σε σύγκριση με πειράματα σε φυσικό εργαστήριο, αναφορικά με την κατανόηση του φαινομένου της θερμότητας και πιο συγκεκριμένα της διαστολής των στερεών.

Ερευνητικά ερωτήματα

1. Αν και κατά πόσο επηρεάζει-διαφοροποιεί ο τύπος του μαθησιακού περιβάλλοντος (εικονικό εργαστήριο, πρακτικό εργαστήριο) τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών της Ε' Τάξης Δημοτικού στο μάθημα της Φυσικής;
2. Αν και κατά πόσο το εικονικό εργαστήριο ενισχύει τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών της Ε' Τάξης Δημοτικού στο μάθημα της Φυσικής;

Μεθοδολογία έρευνας

Η παρούσα έρευνα είναι μια μελέτη περίπτωσης κατά την οποία συλλέγονται τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά δεδομένα αλλά για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης αξιοποιούνται μόνο τα ποσοτικά.

Στην παρούσα έρευνα έλαβαν μέρος 181 μαθητές και μαθήτριες των Ε' Τάξεων της Ελλάδας, ηλικίας 10-11 χρονών, από τέσσερα (4) Δημοτικά Σχολεία. Επομένως, γίνεται λόγος για μια οιονεί πειραματική διαδικασία με δείγμα ευκολίας, στο οποίο έχουν πρόσβαση οι μελετητές.

Ακόμη, συμμετέχουν οκτώ (8) εκπαιδευτικοί. Τέσσερις (4) εκπαιδευτικοί των τμημάτων των σχολείων και οι τέσσερις (4) ερευνητριες εκπαιδευτικοί. Όλοι οι εκπαιδευτικοί έχουν διδακτική εμπειρία μεταξύ 10-22 ετών.

Για την παρούσα έρευνα επιλέχθηκε η διδασκαλία της θερμότητας και συγκεκριμένα της διαστολής των στερεών, καθώς ενδείκνυται για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ερευνών τόσο για συμβατικά όσο και για εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα.

Το εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε ονομάζεται «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α». Το εν λόγω λογισμικό διατίθεται δωρεάν και ο σχεδιασμός, η προτυποποίηση και η αξιολόγηση έγινε από το Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Αθηνών και το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ενώ στο σχεδιασμό και την αξιολόγηση συμμετείχε ακόμη η Ελληνογαλλική Σχολή "Άγιος Παύλος".

Εργαλεία συλλογής δεδομένων

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε μια οιονεί πειραματική μέθοδος με pre-test (αρχικό ερωτηματολόγιο) και post-test (τελικό ερωτηματολόγιο). Πιο συγκεκριμένα, πριν τη διεξαγωγή των πειραμάτων, εξετάστηκαν οι πρότερες γνώσεις των μαθητών και στα δύο τμήματα με pre-test (αρχικό ερωτηματολόγιο) που διαμοιράστηκαν στις ομάδες μαθητών.

Ακόμη, εξετάστηκαν οι γνώσεις των μαθητών μετά τη διεξαγωγή των πειραμάτων με post-test (τελικό ερωτηματολόγιο), τα οποία είχαν μια διαφοροποίηση από τα αρχικά, καθώς οι μαθητές κλήθηκαν να αποτυπώσουν το σωματιδιακό μοντέλο στην κυβική και στη γραμμική διαστολή.

Ερευνητικός σχεδιασμός

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε μια οιονεί πειραματική μέθοδος με pre-test (αρχικό ερωτηματολόγιο) και post test (τελικό ερωτηματολόγιο). Για τη μη διατάραξη του κλίματος του σχολείου, οι μαθητές των τάξεων δε χωρίστηκαν τυχαία αλλά συμμετείχαν με την τάξη τους στο εκάστοτε πείραμα.

Το ένα τμήμα κάθε σχολείου αποτέλεσε την πειραματική ομάδα (Π.Ο.) όπου έκανε το μάθημα με το εικονικό πείραμα, ενώ το άλλο τμήμα αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου (Ο.Ε.) και έκανε το πείραμα σε πραγματικό εργαστήριο.

Οι μαθητές κάθε τμήματος της Π.Ο. χωρίστηκαν σε ομάδες της επιλογής τους. Οι ομάδες απαρτιζόνταν από 2-3 άτομα, αναλόγως του αριθμού των Η/Υ που διαθέτει η αίθουσα Πληροφορικής της εκάστοτε σχολικής μονάδας. Οι μαθητές της Ο.Ε. έκαναν το πείραμα μαζί με τον εκπαιδευτικό, πρωτίστως λόγω της έλλειψης υλικολογισμικού εξοπλισμού και δευτερευόντως λόγω της επικινδυνότητας των εν λόγω πειραμάτων.

Για τη διεξαγωγή του μαθήματος στο εικονικό εργαστήριο χρησιμοποιήθηκε, επίσης, ένα φύλλο εργασίας το οποίο διαμοιράστηκε στις πειραματικές ομάδες.

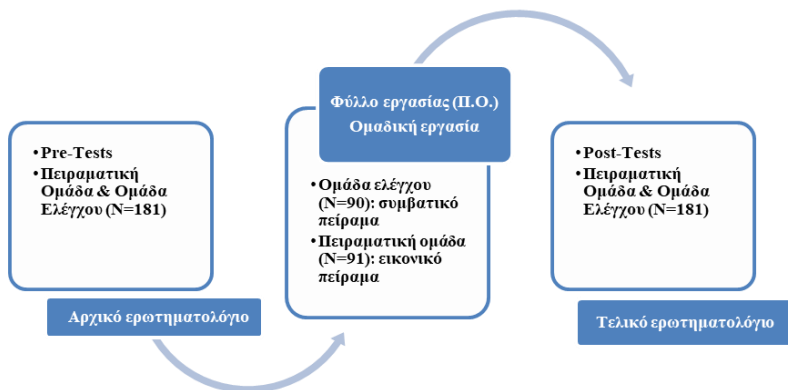
Το πλάνο διδασκαλίας σχεδιάστηκε από τις συγγράφουσες εκπαιδευτικούς. Οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν με τις Ο.Ε. έλαβαν τις κατάλληλες οδηγίες για τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων και έκαναν τα πειράματα συμβατικά με τις τάξεις τους.

Πριν τη διεξαγωγή των μαθημάτων, οι μαθητές των Ο.Ε. και των Π.Ο. συμπλήρωσαν το Pre-Test (Διάρκεια: 1 διδακτική ώρα: 45'). Κατόπιν, οι μαθητές των Π.Ο. έκαναν πρακτική εξάσκηση στην αίθουσα πληροφορικής των σχολείων ώστε να εξοικειωθούν με το λογισμικό «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α» και να μάθουν να το χειρίζονται, πειραματιζόμενοι σε άλλο εικονικό εργαστήριο του ίδιου λογισμικού (Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες: 90').

Στη συνέχεια, οι μαθητές αμφοτέρων των ομάδων έκαναν τα πειράματα, ενώ η Π.Ο. συμπλήρωσε παράλληλα το Φύλλο Εργασίας που σχεδιάστηκε για τη διδασκαλία της ενότητας (Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες: 90'). Ο εκπαιδευτικός-ερευνητής παρατηρούσε και παρενέβη μόνο σε περιπτώσεις μαθητών που χρειαζόνταν βοήθεια σχετικά με τη χρήση του λογισμικού στον Η/Υ.

Στο τέλος, αμφότερα τα τμήματα συμπλήρωσαν το Post-Test (Διάρκεια: 1 Διδακτική ώρα: 45').

Η διαδικασία φαίνεται συνοπτικά στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Παρουσίαση διδακτικής εφαρμογής

Ανάλυση δεδομένων

Στο τέλος της έρευνας, συγκεντρώθηκαν τα Αρχικά Ερωτηματολόγια και τα Τελικά Ερωτηματολόγια από όλους τους εκπαιδευτικούς και δόθηκαν στις συγγράφουσες εκπαιδευτικούς προς επεξεργασία.

Κατόπιν έγινε περιγραφική ανάλυση των αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Περιγραφική ανάλυση αποτελεσμάτων

Αρχικά, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ομαδοποιήθηκαν με βάση τον τρόπο διδασκαλίας και έτσι τα αποτελέσματα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, αυτά της πειραματικής ομάδας και αυτά της ομάδας ελέγχου. Έπειτα, έγινε επεξεργασία των pre-test και των post-test σε κάθε ομάδα και κατόπιν πραγματοποιήθηκε σύγκριση μεταξύ των δυο ομάδων.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να αναφερθεί ότι στο τελικό ερωτηματολόγιο οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να σχεδιάσουν και ένα απλό σωματιδιακό μοντέλο για την περιγραφή του φαινομένου της διαστολής, προκειμένου να ελεγχθεί το επίπεδο κατανόησης της υπό μελέτης διδακτικής ενότητας.

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται οι ερωτήσεις τις οποίες απάντησαν οι μαθητές ενώ στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των απαντήσεων των μαθητών που συμμετείχαν στην πειραματική και στην ομάδα ελέγχου.

Πιο αναλυτικά, στο 1^ο ερώτημα υπήρξε διαφοροποίηση στις απαντήσεις των συμμετεχόντων με την Π.Ο. να παρουσιάζει υψηλότερα ποσοστά και να σημειώνει βελτίωση κατά 70,21% έναντι 64,25% της Ο.Ε. στην εύρεση της σωστής απάντησης στο post test.

Στο 2ο ερώτημα και οι δυο ομάδες επέλεξαν τη σωστή απάντηση στο post test, με την Ο.Ε. να σημειώνει μεγαλύτερο ποσοστό από την Π.Ο. και να προηγείται με μικρή διαφορά.

Προχωρώντας στο 3^ο ερώτημα, από τις απαντήσεις και των δυο ομάδων φάνηκε ότι υπήρξε κατανόηση του υπό μελέτη φαινομένου με την Π.Ο. να παρουσιάζει σε ποσοστό 35,36% βελτίωση στις σωστές απαντήσεις έναντι 24,24% της Ο.Ε.

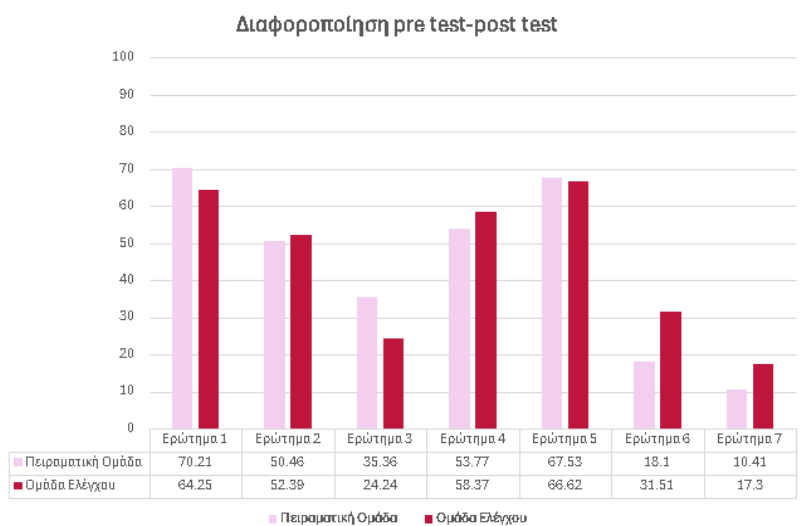
Στο 4^ο καθώς και στο 5^ο ερώτημα που κλήθηκαν να απαντήσουν οι ερωτηθέντες, έγινε σαφές ότι υπήρχαν παρόμοιες αρχικές αντιλήψεις και στις δυο ομάδες ενώ σημειώθηκε μια διαφορά υπέρ της Ο.Ε. στο Post-test.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι απαντήσεις των δυο ομάδων στο 6^ο και στο 7^ο ερώτημα καθώς, παρόλο που και οι δυο ομάδες προέβλεψαν τη διαφορετική επιμήκυνση των δυο υλικών, στο Post test η Ο.Ε. βελτίωσε το ποσοστό των σωστών απαντήσεων της, παρουσιάζοντας υψηλότερο ποσοστό εν συγκρίσει με την Π.Ο.

1.	Τι πιστεύετε ότι θα συμβεί σε ένα μεταλλικό βόλο όταν αυτός θερμανθεί;
	A) Δεν θα συμβεί τίποτα
	B) Θα ζεσταθεί
	Γ) Θα μεγαλώσει
	Δ) Θα αυξηθεί το βάρος του
2.	Που πιστεύετε ότι οφείλεται αυτό;
3.	Όταν ένα σώμα θερμαίνεται αυξάνεται:
	A) η μάζα
	B) ο όγκος
	Γ) και τα δυο
4.	Αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία μιας ράβδου από ατσάλι που έχει αρχική θερμοκρασία 20°C και μήκος 10 εκατοστά, κατά 10°C, τι πιστεύετε ότι θα συμβεί;
5.	Γιατί πιστεύετε ότι συμβαίνει αυτό;
6.	Αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία μιας ράβδου από ατσάλι και μιας ράβδου από χαλκό κατά 10°C, οι οποίες θα έχουν το ίδιο μήκος (10 εκατοστά), τι πιστεύετε ότι θα συμβεί; (κυκλώστε τη σωστή απάντηση)
	A) δεν θα συμβεί τίποτα
	B) θα αυξηθούν και οι δυο ράβδοι το ίδιο
	Γ) η μια ράβδος θα αυξηθεί περισσότερο από την άλλη
7.	Αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία μιας ράβδου από χαλκό μήκους 10 εκατοστών και μιας ράβδου από χαλκό μήκους 20 εκατοστών, κατά 20°C, τι πιστεύετε ότι θα συμβεί; (κυκλώστε τη σωστή απάντηση)
	A) δεν θα συμβεί τίποτα
	B) η μια ράβδος θα αυξηθεί περισσότερο από την άλλη

Γ) θα αυξηθούν και οι δυο το ίδιο

Σχήμα 2. Ερωτήσεις Pre-test - Post-test



Σχήμα 3. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα της Π.Ο. & της Ο.Ε.

Συζήτηση

Μέσα από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της παρούσα μελέτης είναι εμφανές ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα των δυο ομάδων, της πειραματικής και της ομάδας ελέγχου, επιβεβαιώνοντας τις έρευνες σύμφωνα με τις οποίες η εκτέλεση πειραμάτων τόσο σε φυσικό όσο και σε εικονικό εργαστήριο συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση από μέρους των μαθητών των διδασκόμενων αντικειμένων.

Μέσω της προσεκτικής μελέτης των δεδομένων και της σύγκρισης των αποτελεσμάτων των Pre-test και των Post-test κατέστη σαφές ότι δεν υπήρχαν ιδιαίτερες διαφορές, καθώς τα ποσοστά ήταν παρόμοια στις περισσότερες απαντήσεις των ερωτηθέντων. Η εκτέλεση πειραμάτων σε εικονικό εργαστήριο βοήθησε τους μαθητές να σχηματίσουν μια καλύτερη εικόνα για τη δομή της ύλης, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τις έρευνες που αναφέρουν ότι οι προσομοιώσεις πειραμάτων συμβάλλουν στην ανάκληση των πρότερων γνώσεων, στη διατύπωση υποθέσεων και στην οικοδόμηση της νέας γνώσης, η οποία πολύ συχνά λαμβάνει χώρα μέσω της γνωστικής σύγκρουσης, που προκαλείται από την εκτέλεση πειραμάτων (Asiksoy, 2023). Η εκτέλεση πειραμάτων μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή συνιστά ένα πολύτιμο εργαλείο, το οποίο βοηθάει τους μαθητές να αναπτύξουν μια θετική στάση απέναντι στις θετικές επιστήμες γενικότερα (Chan et al., 2021). Επιπλέον, οι προσομοιώσεις πειραμάτων σε συνδυασμό με μια διερευνητική προσέγγιση συμβάλλουν στην ενεργό συμμετοχή των μαθητών, προωθούν την επικοινωνία μεταξύ ομότιμων και προάγουν τη χρήση ποικίλων στρατηγικών μάθησης (Olympiou & Zacharia, 2012).

Ωστόσο, υπάρχουν και μελέτες που αναφέρουν ότι η εκτέλεση πειραμάτων μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή δεν επιδρά θετικά πάντα στους μαθητές (Potvin & Hasni, 2014) κυρίως λόγω της μη επαρκούς ανάπτυξης των ψηφιακών τους δεξιοτήτων (Rohaana et al., 2010).

Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί ότι έγινε εμφανής μια διαφορά υπέρ της πειραματικής ομάδας στις ερωτήσεις που αφορούσαν την κυβική διαστολή εν συγκρίσει με την ομάδα ελέγχου που παρουσίασε υψηλότερα ποσοστά στις απαντήσεις που αφορούσαν τη γραμμική διαστολή. Η παρουσίαση υψηλότερων ποσοστών της ομάδας ελέγχου στη θεματική που αφορούσε τη γραμμική διαστολή ενδεχομένως να οφείλεται και στο γεγονός ότι υπήρχε απτική επαφή με τα υλικά. Άλλωστε, όπως αναφέρεται στη μελέτη του Chan και των συνεργατών του (2021), η εκτέλεση πειραμάτων σε φυσικό εργαστήριο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών καθώς η απτική επαφή των μαθητών με τα υλικά βελτιώνει τις ψυχομετρικές ικανότητες. Επιπλέον, μια πληθώρα ερευνών φαίνεται να παρουσιάζει τα πολλαπλά οφέλη που έχει η εκτέλεση πειραμάτων σε φυσικό εργαστήριο έναντι των προσομοιώσεων, καθώς αναφέρεται ότι είναι εφικτή η επιτυχής αντικατάστασή τους (Olympriou & Zacharia, 2012) και ότι η εκτέλεση πειραμάτων με πραγματικά υλικά συμβάλλει στη μαθησιακή επίτευξη και προάγει την ανάπτυξη πολλαπλών δεξιοτήτων (de Jong et al., 2013).

Εν κατακλείδι, θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο συνδυασμός εκτέλεσης πειραμάτων και στα δυο περιβάλλοντα, φυσικό και εικονικό, φαίνεται να βελτιώνει σε μεγάλο βαθμό τα μαθησιακά αποτελέσματα (Lampropoulos & Kinshuk, 2024; Papalazarou et al., 2024).

Συμπεράσματα

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης υποστηρίζουν τη θέση ότι η χρήση τόσο φυσικών όσο και εικονικών εργαστηρίων συμβάλλει θετικά στην κατανόηση των διδακτικών αντικειμένων από τους μαθητές, χωρίς να παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στα μαθησιακά αποτελέσματα μεταξύ των δύο μεθόδων. Τα ευρήματα αναδεικνύουν την αποτελεσματικότητα των πειραμάτων σε εικονικά περιβάλλοντα, ιδιαίτερα όσον αφορά στην ενίσχυση της κατανόησης της δομής της ύλης και στην υποστήριξη της οικοδόμησης νέας γνώσης. Επιπλέον, επιβεβαιώνεται η άποψη ότι οι προσομοιώσεις σε εικονικά εργαστήρια μπορούν να αποτελέσουν πολύτιμο εργαλείο για την ανάπτυξη θετικής στάσης απέναντι στις θετικές επιστήμες, ενώ ταυτόχρονα προωθούν την ενεργή συμμετοχή και την επικοινωνία μεταξύ των μαθητών.

Παρά τα θετικά αποτελέσματα, αναγνωρίζεται ότι η απτική εμπειρία που προσφέρει το φυσικό εργαστήριο εξακολουθεί να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, ιδίως σε θέματα όπως η γραμμική διαστολή, όπου η φυσική επαφή με τα υλικά φαίνεται να ενισχύει τις ψυχομετρικές δεξιότητες των μαθητών. Αυτό υποδηλώνει ότι, παρόλο που τα εικονικά εργαστήρια προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα, η συμπληρωματική χρήση τους με φυσικά εργαστήρια μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν τη σημασία ενός συνδυαστικού μοντέλου εκπαίδευσης, όπου η χρήση τόσο φυσικών όσο και εικονικών εργαστηρίων μπορεί να ενισχύσει τα μαθησιακά αποτελέσματα και να προάγει την ανάπτυξη πολλαπλών δεξιοτήτων. Οι εκπαιδευτικοί καλούνται να ενσωματώσουν και τα δύο αυτά περιβάλλοντα για να επιτύχουν μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Achuthan, K., Raghavan, D., Shankar, B., Francis, S. P., & Kolil, V. K. (2021). Impact of remote experimentation, interactivity and platform effectiveness on laboratory learning outcomes. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(1), 1–24. <https://doi.org/10.1186/S41239-021-00272-Z/FIGURES/14>
- Aditomo, A., & Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: Evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education*, 42(4), 504–525. doi:10.1080/09500693.2020.1716093
- Ashari, M. F., Bhawiyuga, A., & Basuki, A. (2023). The Development of Hands-On Lab Platform Using Container-Based Virtualization Technology. *ACM International Conference Proceeding Series*, 304–310. https://doi.org/10.1145/3626641.3626937/SUPPL_FILE/HANDS-ON
- Bhute, V. J., Inguva, P., Shah, U., & Brechtelsbauer, C. (2021). Transforming traditional teaching laboratories for effective remote delivery – A review. *Education for Chemical Engineers*, 35, 96–104. <https://doi.org/10.1016/J.ECE.2021.01.008>
- Chan, P., Van Gerven, T., Dubois, J.-L., & Bernaerts, K. (2021). Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies and instructional design. *Computers and Education Open*, 2, 100053. <https://doi.org/10.1016/J.CAEO.2021.100053>
- Chiu, J. L., DeJaegher, C. J., & Chao, J. (2015). The effects of augmented virtual science laboratories on middle school students' understanding of gas properties. *Computers & Education*, 85, 59–73. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.007>
- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305–308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>
- Faour, M. A., & Ayoubi, Z. (2018). The effect of using virtual laboratory on grade 10 students' conceptual understanding and their attitudes towards physics. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 4(1), 54–68. <https://DOI:10.21891/jeseh.387482>
- Lampropoulos, G., & Kinshuk. (2024). Virtual reality and gamification in education: a systematic review. *Educational Technology Research and Development* 2024 72:3, 72(3), 1691–1785. <https://doi.org/10.1007/S11423-024-10351-3>
- LaTourrette, K., Stengel, A., & Clarke, J. (2021). Student-led workshops: Filling skills gaps in computational research for life scientists. *Natural Sciences Education*, 50(1), e20052. <https://doi.org/10.1002/NSE2.20052>
- Nersesian, E., Spryszynski, A., & Lee, M. J. (2019). Integration of Virtual Reality in Secondary STEM Education. 2019 9th IEEE Integrated STEM Education Conference, ISEC 2019, 83–90. <https://doi.org/10.1109/ISECON.2019.8882070>
- Olympiou, G., & Zacharia, Z. C. (2012). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Science Education*, 96(1), 21–47. <https://doi.org/10.1002/sci.20463>
- Papalazarou, N., Lefkos, I., & Fachantidis, N. (2024). The Effect of Physical and Virtual Inquiry-Based Experiments on Students' Attitudes and Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 33(3), 349–364. <https://doi.org/10.1007/S10956-023-10088-3/TABLES/4>
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785–797. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129
- Rassudov, L., & Korunets, A. (2022). Virtual Labs: An Effective Engineering Education Tool for Remote Learning and not only. *Proceedings - International Workshop on Electric Drives, IWED, 2022-January*. <https://doi.org/10.1109/IWED54598.2022.9722375>
- Reese, M. C. (2013). *Comparison of student achievement among two science laboratory types: Traditional and virtual* (Doctoral dissertation). Retrieved from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No 3590234)
- Rohaan, E. J., Taconis, R., & Jochems, W. M. G. (2010). Reviewing the relations between teachers' knowledge and pupils' attitude in the field of primary technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(1), 15–26. <https://doi.org/10.1007/s10798-008-9055-7>

- Seifan, M., Robertson, N., & Berenjian, A. (2020). Use of virtual learning to increase key laboratory skills and essential non-cognitive characteristics. *Education for Chemical Engineers*, 33, 66–75. <https://doi.org/10.1016/J.ECE.2020.07.006>
- Siddique, I. M., Arde, R. A., & Siddique, A. A. (2024). The Future of Distance Learning: Streamlined Labs in Virtual Education. *Journal of IoT and Machine Learning (e-ISSN: 3048-5312)*, 1(1), 30–37. <https://doi.org/10.48001/JOITML.2024.1130-37>
- Tsihouridis Ch., Vavougiou D., & Ioannidis G. S. (2013). The effectiveness of virtual laboratories as a contemporary teaching tool in the teaching of electric circuits in Upper High School as compared to that of real labs. In Auer M.E. (Eds.), *In Proceedings of the 16th International Conference on Interactive Collaborative Learning ICL 2013 & the 42nd International Conference on Engineering Pedagogy IGIP 2013, Kazan, Russia* (pp. 816–820). <https://doi.org/10.1109/ICL.2013.6644714>
- Ye, D., Pennisi, S., & Naranjo, L. L. (2024). Incorporating hands-on experiments into an online science course. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(4), 1400–1412. <https://doi.org/10.1111/JCAL.12960>
- Zacharia, Z. C., & de Jong, T. (2014). The effects on students' conceptual understanding of electric circuits of introducing virtual manipulatives within a physical manipulatives-oriented curriculum. *Cognition and Instruction*, 32(2), 101–158. <https://doi.org/10.1080/07370008.2014.887083>
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3), 317–331. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.03.001>