ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2021)

12ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Διερεύνηση και σύγκριση των στάσεων των μαθητών σχετικά με τον πειραματισμό τους σε εικονικά ή πραγματικά εργαστήρια

Νικόλαος Παπαλαζάρου, Ιωάννης Λεύκος, Νικόλαος Φαχαντίδης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Παπαλαζάρου Ν., Λεύκος Ι., & Φαχαντίδης Ν. (2022). Διερεύνηση και σύγκριση των στάσεων των μαθητών σχετικά με τον πειραματισμό τους σε εικονικά ή πραγματικά εργαστήρια. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 157–167. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/3744

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 21/02/2026 08:58:07

Διερεύνηση και σύγκριση των στάσεων των μαθητών σχετικά με τον πειραματισμό τους σε εικονικά ή πραγματικά εργαστήρια

Νικόλαος Παπαλαζάρου, Ιωάννης Λεύκος, Νικόλαος Φαχαντίδης
nik.papalazarou@gmail.com, lefkos@uom.edu.gr, nfachantidis@uom.edu.gr
Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

Περίληψη

Η εμπλοκή των μαθητών με εργαστηριακές και διερευνητικές δραστηριότητες μπορεί να συμβάλλει στην κατανόηση των εννοιών της Φυσικής. Ωστόσο, η αντικατάσταση των Πραγματικών Εργαστηρίων από τα Εικονικά είναι ένα θέμα ακόμα ανοιχτό για περεταίρω έρευνα, διότι υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Ένας από αυτούς είναι η στάση των μαθητών απέναντι στους δύο τύπους των εργαστηρίων. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η σύγκριση της στάσης των μαθητών, όσον αφορά (α) την ευκολία στη χρήση τους (β) τη συνεισφορά τους στην κατανόηση του θέματος που μελετάται και (γ) το ενδιαφέρον που τους προκάλεσε η κάθε μέθοδος. Η έρευνα διεξήχθη σε μαθητές Γυμνασίου, βάσει 4 πρωτότυπων εκπαιδευτικών σεναρίων που αφορούσαν θέματα από τη Μηχανική και τον Ηλεκτρισμό. Ως αποτέλεσμα της μελέτης προέκυψε ότι η στάση των μαθητών είναι παρόμοια απέναντι στους δύο τύπους εργαστηρίων. Το συμπέρασμα αυτό μπορεί να φανεί χρήσιμο για κατάλληλες επιλογές στο σχεδιασμό διερευνητικών προσεγγίσεων από μέρος των εκπαιδευτικών.

Λέξεις κλειδιά: Εικονικό Εργαστήριο, Πραγματικό Εργαστήριο, Φυσικές Επιστήμες, Στάση των Μαθητών

Εισαγωγή

Η διερευνητική μάθηση έχει παραδοσιακά εφαρμοστεί σε πραγματικό εργαστηριακό περιβάλλον. Ο κύριος στόχος είναι να παρέχονται στους εκπαιδευόμενους τα μέσα για τη διερεύνηση φαινομένων μέσω του χειρισμού φυσικών υλικών, καθώς και η δυνατότητα να εργάζονται σε αυθεντικές συνθήκες (Jaakkola & Nurmi, 2008). Ωστόσο, αρκετοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι ο πραγματικός εξοπλισμός μπορεί να αντικατασταθεί από ψηφιακό. (Triona et al., 2005), καθώς επίσης ότι οι χειροπιαστές πληροφορίες δεν είναι απαραίτητες για την εννοιολογική κατανόηση (de Jong et al., 2013) ή ακόμη και για την ανάπτυξη δεξιοτήτων πειραματισμού (Lefkos et al., 2011). Τα εικονικά εργαστήρια παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα. Για παράδειγμα, παρέχουν ασφαλείς συνθήκες πειραματισμού και αλλαγή του περιβάλλοντος ανάλογα με το πρόβλημα προς επίλυση. Επίσης, μπορεί να γίνει εύκολα αλλαγή των μεταβλητών και μελέτη των παραγόμενων δεδομένων (Jaakkola & Nurmi, 2008). Πρόσθετα, είναι ευκολότερη η παρακολούθηση και αντίληψη των μηχανισμών που είναι σημαντικοί για την κατανόηση των φαινομένων (π.χ. ροή ηλεκτρονίων σε αγωγό) και όχι μόνο η μακροσκοπική παρατήρησή τους (Hennessy et al., 2006). Τέλος, η ευκολότερη σύνθεση της πειραματικής διάταξης, βοηθά τους μαθητές να εστιάσουν περισσότερο στα θέματα κατανόησης του φαινομένου και όχι της κατασκευής της διάταξης (Taramopoulos et al., 2012).

Όσον αφορά τη στάση των μαθητών απέναντι σε εικονικά και φυσικά εργαστήρια, η βιβλιογραφία είναι σχετικά φτωχή. Τα περισσότερα επιστημονικά άρθρα αφορούν τη στάση των μαθητών απέναντι στη χρήση των ΤΠΕ στη μάθηση και όχι στη σύγκριση των δύο μεθόδων. Για παράδειγμα, μια μεγάλη μελέτη πραγματοποιήθηκε από τον Silin & Kwork (2017) σε 737 πρωτοετείς φοιτητές Πολυτεχνείου. Αυτή η μελέτη εξέτασε τους παράγοντες που υποστηρίζουν ή εμποδίζουν τη στάση των μαθητών απέναντι στη χρήση της Τεχνολογίας

Πληροφοριών και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στη μάθηση, βάσει της μεθόδου επίλυσης προβλημάτων (Problem Based Learning, PLB) χρησιμοποιώντας το μοντέλο αποδοχής τεχνολογίας (Technology Acceptance Model, TAM). Η αφοσίωση, η αποτελεσματικότητα, η συλλογή πληροφοριών, η επικοινωνία και η συνεργασία (σε φθίνουσα σειρά) αναφέρονται ως οι θετικές πτυχές της χρήσης των ΤΠΕ. Από την άλλη πλευρά, τα προβλήματα χρηστικότητας, συνδεσιμότητας στο Διαδίκτυο, τεχνικών ζητημάτων και ικανοτήτων ΤΠΕ (σε φθίνουσα σειρά) αναφέρθηκαν ως κύριες δυσκολίες που εμποδίζουν τους μαθητές να δεχτούν εργαλεία ΤΠΕ. Επίσης, σε μια μελέτη που διεξήχθη από τους Minda et al. (2018) στο Πανεπιστήμιο, επισημάνθηκε ότι η χρήση της προσομοίωσης ταλαντώσεων ήταν εύκολη στη χρήση και τους βοήθησε να βελτιώσουν τη σύλληψη και την ερμηνεία των φαινομένων, αν και η πλειοψηφία των μαθητών δεν είχε προηγούμενη εμπειρία στη χρήση προσομοιώσεων. Τέλος οι Lemay et al. (2018) χρησιμοποίησαν το TAM σε φοιτητές και ειδικευόμενους Νοσηλευτικής για να διερευνήσουν τις αντιλήψεις των μαθητών απέναντι στις προσομοίωση. Η στάση τους ήταν θετική απέναντι στη μάθηση μέσω προσομοίωσης.

Μια έρευνα που συνέκρινε τις δύο μεθόδους (εικονικό και φυσικό εργαστήριο) πραγματοποιήθηκε από τους Ratamun & Kamisah το 2018, σε 147 μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ο στόχος της έρευνας ήταν να συγκρίνει τη στάση των μαθητών απέναντι στη Χημεία, ανάλογα με το είδος του εργαστηρίου στο οποίο εργάστηκαν. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η στάση τους ήταν ίδια όταν το πείραμα γίνεται χρησιμοποιώντας εικονικό εργαστήριο ή πραγματικό. Επιπλέον, σύμφωνα με μελέτη των Tekbıyık & Ercan (2015), σε μελέτη σε μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, που αφορούσε ηλεκτρικά κυκλώματα, διαπιστώθηκε επίσης ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στη στάση των μαθητών όσον αφορά στο είδος του εργαστηρίου που χρησιμοποιείται. Τέλος, μια μελέτη των Hunnel & Guevas (2018) σε 176 μαθητές μεταξύ 11-13 ετών, με θέμα την επιστήμη της γης, δεν έδειξε καμία στατιστική διαφορά όσον αφορά στο κίνητρο συμμετοχής.

Από την άλλη πλευρά, οι Corter et al. (2011), πραγματοποίησαν έρευνα σε 458 φοιτητές πολυτεχνείου που χρησιμοποίησαν τρία είδη εργαστηρίου (πραγματικό, πραγματικό χειριζόμενο εξ' αποστάσεως ή εικονικό). Οι μαθητές που εργάστηκαν σε ένα πραγματικό εργαστήριο το βαθμολόγησαν με τον υψηλότερο βαθμό όσον αφορά την αποτελεσματικότητα (κατά την υποκειμενική τους γνώμη), την αίσθηση της αφοσίωσης και τη συνολική ικανοποίηση. Στην ίδια μελέτη, οι μαθητές που εργάστηκαν σε ομάδες έδειξαν μεγαλύτερη ικανοποίηση από εκείνους που εργάστηκαν ατομικά στο φυσικό εργαστήριο. Στο εικονικό εργαστήριο, ωστόσο, η ικανοποίηση μεταξύ ατομικής ή ομαδικής εργασίας ήταν η ίδια.

Επιπλέον, σε μια έρευνα των Chen et al. (2014) σε 68 μαθητές ηλικίας 16-17 ετών, σχετικά με το νόμο του Boyle, η ικανοποίηση των μαθητών που εργάστηκαν σε εικονικό εργαστήριο ήταν μικρότερη από εκείνη των μαθητών που εργάστηκαν στο πραγματικό. Ο φυσικός χειρισμός επέφερε αυξημένη ικανοποίηση των μαθητών. Η ίδια μελέτη, ωστόσο, αναφέρει ότι η απόσπαση των μαθητών από την πειραματική διαδικασία ήταν πολύ μεγαλύτερη στο φυσικό εργαστήριο. Τέλος, σε μελέτη των Steger et al. (2017), σε 102 προπτυχιακούς φοιτητές, με θέμα την ηλεκτρική ενέργεια, η ανατροφοδότηση των φοιτητών ήταν καλύτερη (κατά τη γνώμη τους) στο πραγματικό εργαστήριο.

Ωστόσο, υπάρχουν αντίθετα παραδείγματα, όπως η μελέτη των Pyatt & Sims (2011). Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε περίοδο 2 ετών σε 184 μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, στο μάθημα της χημείας. Οι μαθητές έδειξαν προτίμηση στο ψηφιακό μέσο πειραματισμού. Πίστευαν ότι το εικονικό εργαστήριο είχε μεγαλύτερη χρηστικότητα εξοπλισμού και υψηλότερο βαθμό διεύρυνσης ή περιορισμού των παραμέτρων. Στην ίδια κατεύθυνση ήταν τα αποτελέσματα των Rochelle et al. (2001) που έδειξαν πιο ενεργή συμμετοχή των παιδιών στο εικονικό εργαστήριο φυσικής. Τέλος, σύμφωνα με τους Lalley et al. (2010), σε 102 μαθητές

δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που εγγράφηκαν σε μαθήματα βιοεπιστημών, διάρκειας ενός έτους σε προαστιακό γυμνάσιο, έδειξαν υψηλότερα επίπεδα κινήτρων στο εικονικό εργαστήριο.

Μια μελέτη με μικτά αποτελέσματα διεξήχθη από τον Taher (2015), σε 29 προπτυχιακούς φοιτητές μηχανικής, με θέμα τα ηλεκτρικά κυκλώματα Η πλειοψηφία των μαθητών πιστεύει ότι η προσομοίωση είναι ταχύτερη, απλούστερη, ευκολότερη και προωθεί στο σχεδιασμό και σύνθεση πολύπλοκων κυκλωμάτων. Ωστόσο, πιστεύουν επίσης ότι το φυσικό εργαστήριο είναι πιο ενδιαφέρον και έχει μεγαλύτερη σύνδεση με τον πραγματικό κόσμο.

Μετά από τα αποκλίνοντα συμπεράσματα των προηγούμενων μελετών, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι προφανές ότι η στάση των μαθητών απέναντι στα δύο είδη εργαστηρίου προσφέρεται ως πεδίο περαιτέρω διερεύνησης, ιδίως λαμβάνοντας υπόψη ότι η βιβλιογραφία είναι σχετικά φτωχή σε αυτό το θέμα.

Η εργασία που παρουσιάζεται εδώ, είναι τμήμα ευρύτερης έρευνας που προσπαθεί να συμβάλλει προς αυτή την κατεύθυνση διερεύνησης της χρήσης των εικονικών έναντι πραγματικών εργαστηρίων, σε πραγματικές συνθήκες τάξης. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα ευρήματα που σχετίζονται με τη στάση των μαθητών απέναντι στις δύο μεθόδους.

Ερευνητικό ερώτημα

Η έρευνα αποσκοπεί να συγκρίνει δυο διερευνητικές διδακτικές προσεγγίσεις, όπου η μία υλοποιείται με εικονικά και η άλλη με πραγματικά εργαστήρια, με σκοπό να απαντήσει στα εξής ερωτήματα:

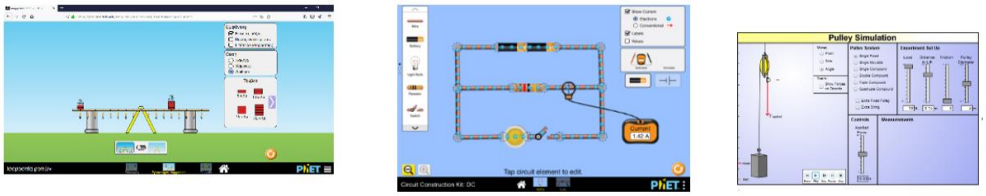
Ποια είναι η στάση των μαθητών απέναντί στους δύο τύπους εργαστηρίων όσον αφορά

(a) ην ευκολία στη χρήση τους
(b) Τη συνεισφορά τους στην κατανόηση του θέματος που μελετάται και
(c) Το ενδιαφέρον που τους προκάλεσε η κάθε μέθοδος.

Ο σχεδιασμός και η δομή της διδακτικής σειράς

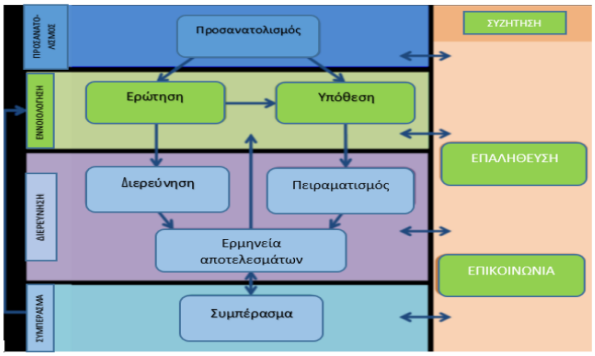
Επιλέχθηκαν 4 θέματα Φυσικής, πάνω στα οποία διεξήχθη η έρευνα. Κριτήρια ήταν το γνωστικό επίπεδο των μαθητών της Γ Γυμνασίου, η σύνδεση με το φυσικό κόσμο και τις εμπειρίες των παιδιών, η ευκολία κατασκευής πραγματικής πειραματικής διάταξης, τα διαθέσιμα υλικά του σχολείου, και η ύπαρξη διαθέσιμης προσομοίωσης. Ιδιαίτερα για τις προσομοιώσεις, επιλέχτηκαν με βάση την ευκολία χρήσης αλλά και τη δυνατότητα χρήσης χωρίς εγκατάσταση πρόσθετου λογισμικού στον Η/Υ.

Τα θέματα που διαπραγματεύεται η διδακτική σειρά χωρίζονται σε δύο ομάδες. Η 1η αφορά τη **μηχανική** και περιλαμβάνει την ισορροπία δοκού και τις τροχαλίες. Η 2η ασχολείται με τον **ηλεκτρισμό** και περιλαμβάνει τη σύνδεση λαμπτήρων σε σειρά και παράλληλα και τον διαιρέτη τάσης και διαιρέτη ρεύματος. Για την υλοποίηση των παραπάνω χρησιμοποιήθηκαν οι προσομοιώσεις που παρουσιάζονται στο Σχήμα 1:



Σχήμα 1: (α) Εικονικό Εργαστήριο Ισορροπίας Δοκού & (β) το Εικονικό Εργαστήριο Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων και (γ) το Εικονικό Εργαστήριο Τροχαλιών

Κατά τον πειραματισμό των μαθητών και με τους δύο τύπους εργαστηρίων, χρησιμοποιήθηκε η προσέγγιση που βασίζεται στον «κύκλο της διερεύνησης» όπως αυτός προτάθηκε από τους Pedaste et al., (2015) (Σχήμα 2), στα πλαίσια του ευρωπαϊκού έργου Go-Lab. Μέσω της ιστοσελίδας του (https://www.golabz.eu) δίνεται η δυνατότητα σε εκπαιδευτικούς και σχολεία για πρόσβαση σε ψηφιακές προσομοιώσεις και εργαστήρια, καθώς και εκπαιδευτικά σενάρια, τα οποία με χρήση της πλατφόρμας Graasp (http://www.graasp.eu), οι εκπαιδευτικοί μπορούν να συνθέτουν αλλά και να μοιράζονται με την εκπαιδευτική κοινότητα.



Σχήμα 2: Ο κύκλος της διερεύνησης σύμφωνα με τον οποίο σχεδιάστηκε η διδακτική παρέμβαση (από Pedaste et al., 2015)

Σε αυτόν τον κύκλο της διερεύνησης, οι βασικές δραστηριότητες συνοψίζονται σε πέντε φάσεις. Κατά τον *Προσανατολισμό*, επιχειρείται η διέγερση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τον θέμα και η αφύπνιση της περιέργειάς τους για τη διεξαγωγή της έρευνας. Με την *Εννοιολόγηση* διατυπώνεται μία ερώτηση και εκφράζονται υποθέσεις σχετικά με το θέμα υπό εξέταση. Η *Διερεύνηση* περιλαμβάνει τον πειραματισμό και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Με την επαλήθευση ή απόρριψη της υπόθεσης, οδηγούνται οι μαθητές στην εξαγωγή *Συμπερασμάτων*. Τέλος, απαραίτητη θεωρείται μία φάση *Συζήτησης*, για την ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των μαθητών και του διδάσκοντα, ώστε να εμπεδωθεί το αποτέλεσμα της διαδικασίας.

Κατά τη διάρκεια όλης της διαδικασίας, οι μαθητές καθίστανται υπεύθυνοι για τη μαθησιακή τους πορεία και αντιμετωπίζουν μόνοι τους τις δυσκολίες και τα προβλήματα που προκύπτουν, σε συμφωνία με τις απόψεις περί «αυτό-ρυθμιζόμενης μάθησης» (Zacharia et al., 2015).

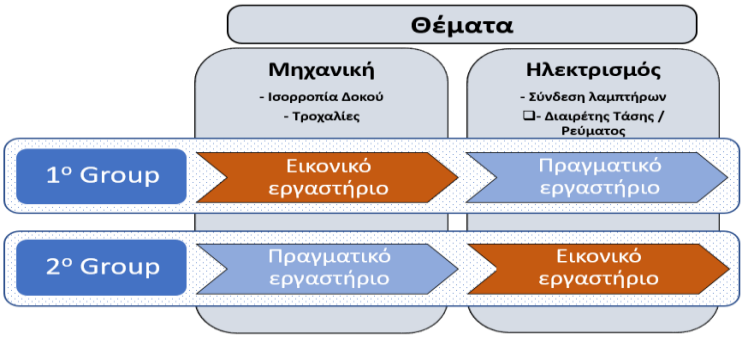
Η διαδικτυακή πλατφόρμα Graasp χρησιμοποιήθηκε για το σχεδιασμό και τη διδασκαλία του μαθήματος, για τη δημιουργία ψηφιακών εκπαιδευτικών σεναρίων με σαφείς οδηγίες προς τους μαθητές και εφαρμογές για χρήση (GoLab, 2015). Η πλατφόρμα παρέχει πρόσβαση σε διάφορες μικρο-εφαρμογές ως «γνωστικές σκαλωσιές» για την υποστήριξη μαθητών, κατά τη διάρκεια της διερεύνησής τους και αποτελεί ιδανικό εργαλείο για τη σχεδίαση του μαθήματος με βάση τις αρχές της διερευνητικής μάθησης.

Μεθοδολογία της έρευνας

Δείγμα και συνθήκες της έρευνας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στη Γ Τάξη Γυμνασίου της Θεσσαλονίκης, κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2018 – 19, στα πλαίσια του μαθήματος της Τεχνολογίας. Αντικείμενο του μαθήματος είναι το πεδίο «Έρευνα και Πειραματισμός».

Η Γ' Γυμνασίου αποτελούνταν από δύο τμήματα (Γ1, Γ2) με συνολικό πλήθος 38 μαθητών. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε 2 γκρουπ, που παρέμειναν σταθερά καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης. Και τα δύο γκρουπ εργάστηκαν σε εικονικό και πραγματικό εργαστήριο εναλλάξ, όπως δείχνει το σχήμα 3.



Σχήμα 3: Πορεία εναλλαγής μαθητών από εικονικά σε πραγματικά εργαστήρια

Εργαλεία της έρευνας

Για τις ανάγκες της έρευνας χρησιμοποιήθηκε δομημένο ερωτηματολόγιο, με κλειστές ερωτήσεις, για τη διερεύνηση της στάσης των μαθητών έναντι των προσομοιώσεων / εικονικών εργαστηρίων και φυσικών, σχετικά με: (α) την ευκολία εφαρμογής (β) τη χρησιμότητα για την κατανόηση της υπό εξέταση έννοιας και (γ) το ενδιαφέρον που τους προκάλεσε.

Καθώς δεν βρέθηκε πρωτότυπο ερωτηματολόγιο από τη βιβλιογραφία, ο σχηματισμός των ερωτήσεων βασίστηκε, με ορισμένες παραλλαγές, στο TAM (Technology Acceptance Model), δηλαδή στο μοντέλο αποδοχής / υιοθέτησης της τεχνολογίας. Το TAM ή παραλλαγές του έχει χρησιμοποιηθεί και από άλλους ερευνητές σε παρόμοιες έρευνες, όπως για παράδειγμα από τους Estriegana et al. (2019), καθώς και από τους Lemay et al. (2018) και Silin & Kwork (2017), που προαναφέρθηκαν.

Είναι επίσης ένα πολύ διαδεδομένο και τεκμηριωμένο βασικό μοντέλο, το οποίο περιγράφει τις βασικές μεταβλητές που επηρεάζουν την τάση χρήσης των ΤΠΕ. (Davis, 1989). Με βάση αυτό διερευνήθηκαν η αντιληπτή χρησιμότητα και η αντιληπτή ευκολία χρήσης για να εξεταστεί η αποδοχή της ψηφιακής τεχνολογίας από τους μαθητές σε σχέση με τον πραγματικό εργαστηριακό εξοπλισμό. Επιπλέον, εξετάστηκε το ενδιαφέρον που προκάλεσαν τα εικονικά εργαστήρια στους μαθητές σε σχέση με τα πραγματικά, καθώς έχει διαπιστωθεί ότι η ικανοποίηση των μαθητών ενισχύει πρόθεσή τους για συμμετοχή στις μαθησιακές διαδικασίες (Liaw, 2008).

Το ερωτηματολόγιο που κατασκευάστηκε για τους μαθητές, εξέτασε παρόμοιες πτυχές με τους ερευνητές που έχουν αναφερθεί προηγουμένως. Για παράδειγμα ο Taher (2015), διερεύνησε την ευκολία της εφαρμογής. Η γνώμη των μαθητών σχετικά με τη βελτίωση της εννοιολογικής τους κατανόησης και κατά πόσο συνδέεται κατά τη γνώμη τους, με την αποτελεσματικότητα, που εξετάστηκε από τους Corter et al. (2011), ή με την ανατροφοδότηση, όπως διερευνήθηκε από τους Steger et al. (2017). Επίσης, κατά πόσο το ενδιαφέρον σχετίζεται με την ικανοποίηση, που εξετάστηκε από τους Corter et al. (2011) και Chen et al. (2014). Τέλος, οι Estriegana et al. (2019) εφάρμοσαν μια παραλλαγή του TAM διερευνώντας τις μεταβλητές της αποτελεσματικότητας, της παιχνιδοποίησης και της ικανοποίησης. Τα παραπάνω παραδείγματα ενισχύουν την εγκυρότητα της επιλογής μας.

Ο δείκτης α του Cronbach χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστεί η αξιοπιστία κάθε ομάδας ερωτήσεων που αντιστοιχούσαν στα ερευνητικά ερωτήματα (α), (β), (γ), για τα 4 θέματα (ισορροπία δοκού, τροχαλίες, σύνδεση λαμπτήρων, διαιρέτης τάσης και διαιρέτης ρεύματος). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Ο δείκτης Cronbach είναι κάτω από 0,7 σε δύο περιπτώσεις. Ειδικά οι απαντήσεις σχετικά με το εικονικό εργαστήριο του θέματος «Ισορροπία δοκού» έχουν μειωμένη αξιοπιστία. Αυτό πρέπει να θεωρηθεί ως περιορισμός της μελέτης.

Πίνακας 1. Δείκτης α του Cronbach για κάθε ομάδα των ερωτήσεων

Θέμα	Εικονικό Εργαστήριο	Πραγματικό Εργαστήριο
Ισορροπία δοκού	0,494	0,753
Τροχαλίες	0,756	0,688
Σύνδεση λαμπτήρων	0,806	0,82
Διαιρέτης Τάσης & Διαιρέτης Ρεύματος	0,849	0,789

Αποτελέσματα της έρευνας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η στάση των μαθητών απέναντι στα δύο είδη των εργαστηρίων εξετάστηκε σύμφωνα με τη γνώμη τους για την ευκολία χρήσης, την εννοιολογική κατανόηση και το ενδιαφέρον που τους προκάλεσε το κάθε είδος εργαστηρίου. Συνεπώς, οι ερωτήσεις που υποβλήθηκαν, για το κάθε θέμα (Ισορροπία δοκού, Τροχαλίες, Σύνδεση λαμπτήρων, Διαιρέτης τάσης και Διαιρέτης ρεύματος):

(a) Η χρήση του ψηφιακού / πραγματικού εργαστηρίου ήταν εύκολη και κατανοητή
(b) Η χρήση του ψηφιακού / πραγματικού εργαστηρίου με βοήθησε να καταλάβω την Ισορροπία δοκού / τις Τροχαλίες / τη Σύνδεση λαμπτήρων / το Διαιρέτη τάσης & Διαιρέτη ρεύματος
(c) Η χρήση του ψηφιακού / πραγματικού εργαστηρίου ήταν ενδιαφέρουσα

Τα επίπεδα της κάθε μεταβλητής ήταν 4 (1 = καθόλου, 2 = λίγο, 3 = αρκετά, 4 = πολύ)

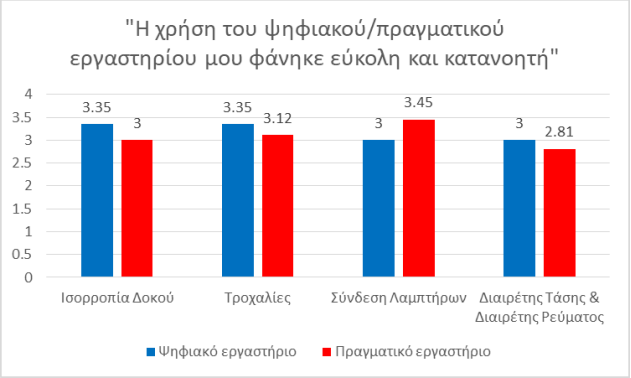
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους πίνακες 2, 3 και 4 καθώς και στα σχήματα 4, 5 και 6.

Πίνακας 2: Ευκολία χρήσης

Ευκολία χρήσης	Ισορροπία Δοκού		Τροχαλίες		Σύνδεση Λαμπτήρων		Διαιρέτης Τάσης & Διαιρέτης Ρεύματος	
	Μέση τιμή	*Τυπική απόκλιση*	*Μέση τιμή*	*Τυπική απόκλιση*	*Μέση τιμή*	*Τυπική απόκλιση*	*Μέση τιμή*	*Τυπική απόκλιση*
Εικονικό εργαστήριο	3.35	0.7	3.35	0.93	3	0.93	3	0.86
Πραγματικό εργαστήριο	3	0.81	3.12	0.62	3.45	0.96	2.81	0.98

Η χρήση των προσομοιώσεων φάνηκε οριακά πιο εύκολη στους μαθητές από ότι η χρήση των πραγματικών εργαστηρίων σε 3 από τις 4 περιπτώσεις. Εξαίρεση αποτελεί η σύνδεση λαμπτήρων. Η προσομοίωση του Phet που αφορά στη σύνδεση λαμπτήρων θεωρείται σχετικά αυξημένης δυσκολίας σε σχέση με τις προσομοιώσεις της μηχανικής (ισορροπία δοκού και

τροχαλίες). Χρειάστηκαν πρόσθετες εξηγήσεις και διορθώσεις από το διδάσκοντα. Αντιθέτως, τα παιδιά είχαν ασχοληθεί και παλαιότερα, στο Δημοτικό με πραγματική διάταξη σύνδεσης λαμπτήρων, με διαφορετικούς γνωστικούς στόχους. Επομένως, η διάταξη αυτή τους ήταν οικεία και δεν αντιμετώπισαν ιδιαίτερη δυσκολία.

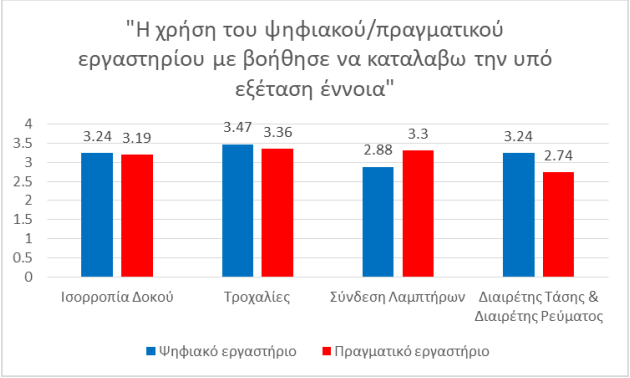


Σχήμα 4: Ευκολία χρήσης

Στο θέμα της εννοιολογικής κατανόησης, οι μαθητές φάνηκαν επίσης να θεωρούν ότι τους βοήθησαν περισσότερο οι προσομοιώσεις, με οριακή ωστόσο διαφορά. Εξαίρεση αποτελεί και πάλι το θέμα της σύνδεσης λαμπτήρων, καθώς τα παιδιά αφιέρωσαν ιδιαίτερο χρόνο και προσπάθεια στο στήσιμο της πειραματικής διάταξης με την προσομοίωση του Phet. Στο θέμα του Διαιρέτη Τάσης και Διαιρέτη Ρεύματος, ωστόσο, καθώς τα παιδιά είχαν εξοικειωθεί με τη σχετική προσομοίωση, φάνηκε να υπερτερεί το εικονικό εργαστήριο. Στα θέματα του ηλεκτρισμού που είχαν χαμηλή βαθμολογία, υπήρχε αυξημένη τυπική απόκλιση, που δείχνει διασπορά στις απόψεις των παιδιών. Καθώς η έρευνα ήταν ποσοτική και αποτελεί μέρος μεγαλύτερης μελέτης, δεν έγινε περεταίρω διερεύνηση των απόψεων μέσω π.χ. συνεντεύξεων. Αυτό βέβαια αποτελεί περιορισμό της έρευνας.

Πίνακας 3: Εννοιολογική κατανόηση (κατά την άποψη των μαθητών)

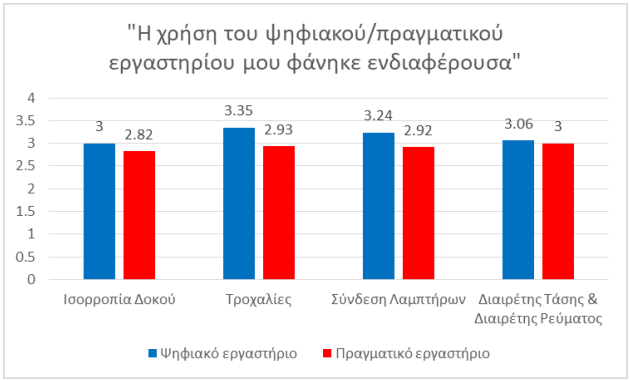
Εννοιολογική κατανόηση	**Ισορροπία Δοκού**		**Τροχαλίες**		**Σύνδεση Λαμπτήρων**		**Διαιρέτης Τάσης & Διαιρέτης Ρεύματος**	
	Μέση τιμή	*Τυπική απόκλιση*	*Μέση τιμή*	*Τυπική απόκλιση*	*Μέση τιμή*	*Τυπική απόκλιση*	*Μέση τιμή*	*Τυπική απόκλιση*
Εικονικό εργαστήριο	3.24	0.66	3.47	0.71	2.88	1.21	3.24	0.75
Πραγματικό εργαστήριο	3.19	0.83	3.36	0.8	3.3	0.79	2.74	1.12



Σχήμα 5: Εννοιολογική κατανόηση

Πίνακας 4: Ενδιαφέρον

Ευκολία χρήσης	**Ισορροπία Δοκού**		**Τροχαλίες**		**Σύνδεση Λαμπτήρων**		**Διαιρέτης Τάσης & Διαιρέτης Ρεύματος**	
	Μέση τιμή	*Τυπική απόκλιση*	*Μέση τιμή*	*Τυπική απόκλιση*	*Μέση τιμή*	*Τυπική απόκλιση*	*Μέση τιμή*	*Τυπική απόκλιση*
Εικονικό εργαστήριο	3	1	3.35	0.7	3.24	0.83	3.06	0.83
Πραγματικό εργαστήριο	2.82	1.04	2.93	1	2.92	1.1	3	1.03



Σχήμα 6: Ενδιαφέρον

Η χρήση του εικονικού εργαστηρίου ήταν πιο ενδιαφέρουσα σε όλα τα θέματα. Ιδιαίτερα στο θέμα των τροχαλιών, παρατηρήθηκε και η μεγαλύτερη σχετικά διαφορά υπέρ του ψηφιακού εργαστηρίου, σε όλα τα ερωτήματα (0,42).

Γενικότερα, η υψηλότερη διαφορά είναι στο θέμα Σύνδεσης Λαμπτήρων, όπου το Πραγματικό Εργαστήριο υπερισχύει έως 0,45 / 4 σχετικά με την ευκολία εφαρμογής και έως 0,42 / 4 σχετικά με την κατανόηση της έννοιας.

Προκειμένου να ελεγχθεί κατά πόσο οι παρατηρούμενες διαφορές έχουν στατιστική σημαντικότητα, αρχικά έγινε έλεγχος κανονικότητας, ακολουθώντας το κριτήριο Shapiro – Wilk, διότι το μέγεθος του δείγματος είναι N < 50. Το παρατηρούμενο επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (p) ήταν σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερο του 0,005, οπότε δεν υπάρχει κανονικότητα στα δεδομένα και εφαρμόστηκε το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney.

Εξαίρεση αποτελεί η ερώτηση «*Η χρήση της προσομοίωσης / πειραματικής διάταξης Ισορροπίας Δοκού μου φάνηκε ενδιαφέρουσα*», όπου p =0,05 για τους μαθητές που πειραματίστηκαν σε Εικονικό Εργαστήριο και p=0,29>0,05 για τους μαθητές που πειραματίστηκαν σε Πραγματικό Εργαστήριο. Συνεπώς δεχόμαστε κανονικότητα στα δεδομένα και εφαρμόζουμε Έλεγχο Ισότητας Μέσων Τιμών (t-test).

Επειδή ήταν Sig (2-tailed) > 0,005 σε όλες τις περιπτώσεις, το γενικό συμπέρασμα είναι: «*Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις απαντήσεις των μαθητών που πειραματίστηκαν σε Εικονικό ή Πραγματικό Εργαστήριο*».

Συνεπώς οι προτιμήσεις των μαθητών δεν φαίνεται να έχουν κάποια κατεύθυνση, άρα δεν μπορούν και να αποτελέσουν το κριτήριο επιλογής της κατάλληλης εργαστηριακής προσέγγισης από τον εκπαιδευτικό. Από την άλλη μεριά, αυτό ίσως να διευκολύνει την επιλογή του εκπαιδευτικού, καθώς μπορεί να βασίσει την επιλογή του, λαμβάνοντας υπόψη άλλους παράγοντες.

Συμπεράσματα

Όσον αφορά τη στάση των μαθητών απέναντι στους δύο τύπους εργαστηρίου, οι όποιες διαφορές στις απαντήσεις των παιδιών ήταν οριακές και όχι στατιστικά σημαντικές. Τα αποτελέσματα μας είναι γενικά σύμφωνα με τις έρευνες των Ratamun & Kamisuh (2018), Tekbiyik & Ercan (2015) και Hunnel & Guevas (2018), που δεν έδειξαν σημαντική διαφορά ανάμεσα στη στάση των μαθητών ανάμεσα στις δύο μεθόδους.

Από την άλλη μεριά, δεν είναι σύμφωνα με εκείνα των Corter et al. (2011), Chen et al. (2014) και Steger et al. (2017), όπου τα φυσικά εργαστήρια υπερτερούσαν, αλλά και με εκείνα των Rochelle et al. (2001), Lalley et al. (2010) και Pyatt & Rod (2011), όπου τα εικονικά εργαστήρια υπερτερούσαν.

Η έρευνα αυτή αποτελεί μέρος μεγαλύτερης μελέτης από τους ίδιους συγγραφείς, με θέμα τη σύγκριση των ψηφιακών και πραγματικών εργαστηρίων (Παπαλαζάρου κ.ά., 2019). Σύμφωνα με αυτή έχει διαπιστωθεί ότι η βελτίωση στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών όταν χρησιμοποιούν εικονικά ή πραγματικά εργαστήρια είναι επίσης παρόμοια, αλλά ότι η διερεύνηση μέσω εικονικών εργαστηρίων παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη ευκολία υλοποίησης από τον εκπαιδευτικό. Η παρούσα έρευνα συμπληρώνει τα ευρήματα της προηγούμενης, καθώς φάνηκε ότι και η στάση των μαθητών απέναντι στους δύο τρόπους πειραματισμού είναι ισοδύναμη.

Ενισχύονται επομένως τα συμπεράσματα που είχαν διατυπωθεί και στην προηγούμενη έρευνα, ότι δηλαδή η επιλογή του τρόπου πειραματισμού των μαθητών μπορεί να γίνει ανάλογα με τους υπόλοιπους στόχους του εκπαιδευτικού. Για παράδειγμα αν θέλει οι μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα το μικροσκοπικό μοντέλο π.χ. στον ηλεκτρισμό, προσφέρεται το εικονικό εργαστήριο. Αντίθετα, αν θέλει να βελτιώσουν τις χειραπτικές δεξιότητές τους π.χ. στη σύνδεση τροχαλιών, προτείνεται το πραγματικό εργαστήριο.

Επιπλέον, η επιλογή μπορεί επίσης να καθορίζεται σύμφωνα με τον διαθέσιμο εξοπλισμό, την επάρκεια του χρόνου, την ηλικία των παιδιών, και το επίπεδο των εμπειριών τους ή της

αφαιρετικής τους σκέψης. Προσφάτως δε έχει υποστηριχθεί ότι ακόμη και στο Νηπιαγωγείο, τα εικονικά και πραγματικά εργαστήρια μπορούν εξίσου ισοδύναμα να προάγουν τη μάθηση (Zacharia et al., 2019).

Τέλος, θα μπορούσε ο εκπαιδευτικός να λάβει υπόψη την ευκολία χρήσης του δεδομένου εικονικού εργαστηρίου που έχει στη διάθεσή του για το υπό μελέτη θέμα και, αντίστροφα, την πιθανή προηγούμενη εμπειρία των μαθητών στην κατασκευή της πειραματικής διάταξης (όπως φάνηκε στην έρευνά μας στο θέμα της σύνδεσης λαμπτήρων). Ο εκπαιδευτικός μπορεί να εκτιμήσει και να αξιολογήσει κατάλληλα τους παραπάνω παράγοντες και να εναλλάσσει προσεγγίσεις, ανάλογα με τα προσδοκώμενα αποτελέσματα.

Μελλοντική έρευνα στο ίδιο θέμα, θα μπορούσε να επεκταθεί σε μεγαλύτερο μέγεθος δείγματος καθώς και ποιοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων μέσα από παρατήρηση και προσωπικές συνεντεύξεις με τους μαθητές. Επίσης θα είχε ενδιαφέρον να γίνει διερεύνηση και σε άλλες θεματικές περιοχές (π.χ. Θερμότητα).

Τέλος, τα παραπάνω ευρήματα είναι ιδιαίτερα σημαντικά, όταν η χρήση του πραγματικού εργαστηρίου είναι δύσκολη ή ακόμη και αδύνατη για διάφορους λόγους (π.χ. κλειστά σχολεία λόγω πανδημίας). Φαίνεται πως το εικονικό εργαστήριο μπορεί να είναι ένα πολύτιμο εργαλείο διδασκαλίας και μάθησης, που μπορεί να αντικαταστήσει ικανοποιητικά το πραγματικό σε συνθήκες εξ' αποστάσεως διδασκαλίας.

Αναφορές

Chen, S., Chang, W. H., Lai C. H. & Tsai C. Y. (2014). A comparison of students' approaches to inquiry, conceptual learning, and attitudes in simulation-based and microcomputer-based laboratories. *Science Education* 98, 905.

Corter, E. J., Esche, K. E, Chassapis C. & Ma J, Nickerson V. J (2011). Process and learning outcomes from remotely-operated, simulated, and hands-on student laboratories. *Computers and Education*, 57 (3), p. 2054 – 2067.

Davis, F. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly,* 13 (3), 31-340. doi: 10.2307/249008

De Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science,* 340(6130), 305–308.

Estriegana, R., Medina-Merodio, J.A. & Barchino, R. (2019). Student acceptance of virtual laboratory and practical work: An extension of the technology acceptance model. *Computers & Education 135,* 1–14. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.02.010

GoLab (2015). *Εγχειρίδιο Υποστήριξης Εκπαιδευτικών Go – Lab*. Go-Lab Project. Ανακτήθηκε 9 Μαΐου 2019 από https://www.golabz.eu/support/manuals.

Hennessy, S., Deaney, R. & Ruthven K. (2006). Situated expertise in integrating use of multimedia simulation into secondary science teaching. *International Journal of Science Education,* 28, 701–732

Hunnel, S. & Guevas, J. (2018). A Study on Science Achievement and Motivation Using Computer-based Simulations Compared to Traditional Hands-on Manipulation. *Georgia Educational Researcher,* Volume 15, Issue 1, Article 3.

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, 271–283.

Lalley, J. P., Piotrowski, Ph. S., Battaglia, B., Brophy, K. & Chugh K. (2010). A Comparison of V-Frog[C] to Physical Frog Dissection. *International Journal of Environmental and Science Education*, v5 n2 p189-200 Apr 2010.

Lefkos, I., Psillos, D., & Hatzikraniotis, E. (2011). Designing experiments on thermal interactions by secondary-school students in a simulated laboratory environment. *Research in Science & Technological Education,* 29(2), 189–204.

Lemay, D. J., Morin, M. M., Bazelais, P., & Doleck, T. (2018, July). Modeling students' perceptions of simulation-based learning using the technology acceptance model. *Clinical Simulation in Nursing,* 20, 28-37. https://doi.org/10.1016/j.ecns.2018.04.004.

Liaw, S. (2008). Investigating students' perceived satisfaction, behavioral intention, and effectiveness of e-learning: A case study of the blackboard system. *Computers & Education, 51(2),* 864–873. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.09.005.

Minda, A.A., Gillich, N. & Gillich G.R. (2018). Students Perception Regarding the use of Virtual Instruments in Teaching and Learning Process. *ANUL XXV,* NR. 1, 2018, ISSN 1453 – 7397.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., …& Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review, 14, 47–61.*

Pyatt, K. & Sims R. (2011). Virtual and Physical Experimentation in Inquiry-Based Science Labs: Attitudes, Performance and Access. *J Sci. Educ. Technol.* (2012) 21:133–147. DOI 10.1007/s10956-011-9291-6

Ratamun, M.M. & Kamisah, O. (2018). The Effectiveness Comparison of Virtual Laboratory and Physical Laboratory in Nurturing Students' Attitude towards Chemistry. *Creative Education,* 2018, 9, 1411-1425. ISSN Online: 2151-4771. ISSN Print: 2151-4755.

Roschelle, J., Pea, R. D., Hoadley, C. M., Gordin, D. N., & Means, B. (2001). Changing how and what children learn in school with computer-based technologies. *The Future of Children,* 10(2), 76-101. doi.org/10.2307/1602690

Silin, Y. & Kwork, D. (2017). A study of students' attitudes towards using ICT in a social constructivist environment. *Australasian Journal of Educational Technology December 2016*. DOI: 10.14742/ajet.2890

Steger, F., Nitsche, A., Miley, C., Schweigerb, H. & Belski I. (2017). Laboratory Learning: Hands-on versus Simulated Experiments. *AAEE2017 Conference Manly,* Sydney, Australia.

Taher, T.M. (2015). Effectiveness of Simulation versus Hands-on Labs: A Case Study for Teaching an Electronics Course. *122nd ASEE Annual Conference and Exposition.* Paper ID: #13152

Taramopoulos, A., Psillos, D. & Hatzikraniotis, E. (2012): Teaching Electric Circuits by Guided Inquiry in Virtual and Real Laboratory Environments In A. Jimoyiannis (Ed.). *Research on e-learning and ICT in Education: Technological, Pedagogical and Instructional Issues* (pp. 209 – 222). New York: Springer.

Tekbıyık, A. & Ercan, O. (2015): Effects of the Physical Laboratory versus the Virtual Laboratory in Teaching Simple Electric Circuits on Conceptual Achievement and Attitudes towards the Subject. International Journal of *Progressive Education.* Volume 11 Number 3, 2015.

Triona, L. M, Klahr, D., & Williams, C. (2005): Point and Click or Build by Hand: Comparing the Effects of Physical vs. Virtual Materials on Middle School Students' Ability to Optimize an Engineering Design. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society,* 27.

Zacharia, Z. C., Manoli, C., Xenofontos, N., De Jong, T., Pedaste, M., Siswa, A., Van Riesen, N., Kamp, E. T., Maeots, M., Siiman, L. & Tsourlidaki, E. (2015): Identifying potential types of guidance for supporting student inquiry when using virtual and remote labs in science: a literature review. *Educational Technology Research and Development, 63(2),* 257–302.

Zacharia, Z., Papaevripidou, M. & Pavlou, I. (2019). Could simulations replace physical manipulatives in early science education? In G. Marks (Ed.), *Proceedings of Global Learn 2019-Global Conference on Learning and Technology* (pp. 214-223). Princeton-Mercer, New Jersey: AACE