

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΠΟΥ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΣΤΙΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΝΑ ΣΥΓΚΡΟΤΟΥΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΑ

Μιχαήλ Σκουμιάς

Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Αιγαίου

skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή μελετά την επίδραση πειραματικών δραστηριοτήτων (που εμπλέκουν τους μαθητές με διαδικασίες επιχειρηματολογίας) για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, στην εξέλιξη των ικανοτήτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου να συγκροτούν επιχειρήματα. Αναπτύχθηκαν πειραματικές δραστηριότητες για τα ηλεκτρικά κυκλώματα δομημένες σύμφωνα το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία». Οι πειραματικές δραστηριότητες εφαρμόστηκαν σε 84 μαθητές της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου. Ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές πριν και μετά την εφαρμογή των πειραματικών δραστηριοτήτων. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι η εφαρμογή των πειραματικών δραστηριοτήτων συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη των ικανοτήτων των μαθητών να συγκροτούν επιχειρήματα.

Λέξεις κλειδιά: πειραματικές δραστηριότητες, επιστημονικά επιχειρήματα, μάθηση Φυσικών Επιστημών

Αναφορά: Σκουμιάς, Μ. (2025). *Η Επίδραση Πειραματικών Δραστηριοτήτων που Βασίζονται στην Επιχειρηματολογία στις Ικανότητες των Μαθητών να Συγκροτούν Επιχειρήματα*, στο Κώτσης Κ.Θ. & Στύλος Γ., (Επιμέλεια), *Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Επετειακός Τόμος για τα 40 χρόνια του ΠΤΔΕ Ιωαννίνων*, Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. ISBN: 978-618-82063-5-9

THE EFFECT OF ARGUMENTATION-BASED PRACTICAL ACTIVITIES ON STUDENTS' ABILITIES TO CONSTRUCT ARGUMENTS

Michael Skoumios

Department of Primary Education, University of the Aegean

skoumios@rhodes.aegean.gr

ABSTRACT

This paper studies the effect of practical science activities (involving students in argumentation processes) about electrical circuits on the development of the abilities of primary school students to construct arguments. Practical activities on electric circuits structured according to the model of "argumentation-based practical activity" were developed. The practical activities were applied to 84 students in the fifth grade of primary school. A questionnaire was used as a data collection tool and was completed by the students before and after the application of the activities. The analysis of the data showed that the application of the practical activities contributed significantly to the development of students' abilities to construct arguments.

Keywords: *practical science activities, scientific arguments, science learning*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι πειραματικές δραστηριότητες (Abrahams & Reiss, 2012). Από έρευνες συνάγεται ότι οι πειραματικές δραστηριότητες μπορούν να υποστηρίξουν τους μαθητές να οικοδομήσουν γνώσεις (Gunstone, 1991· Högström et al., 2010), να χειρίζονται όργανα και υλικά (Tobin, 1990) και να αναπτύξουν ικανότητες που σχετίζονται με την επιστημονική διερεύνηση (Dkeidek et al., 2012· Hofstein et al., 2005). Επιπρόσθετα, ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι μέσω των πειραματικών δραστηριοτήτων μπορούν οι μαθητές να αποκτήσουν θετικές στάσεις απέναντι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (Hofstein et al., 2004· Luketic & Dolan, 2013).

Όμως, έχουν αναδειχθεί ερωτήματα που αφορούν στην αποτελεσματικότητα των πειραματικών δραστηριοτήτων και την διδακτική τους σημασία. Έχει υποστηριχθεί ότι οι πειραματικές δραστηριότητες διαδραματίζουν έναν όχι ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών και έχουν μειωμένη διδακτική αξία (Osborne, 1998). Επίσης, ότι οι πειραματικές δραστηριότητες, με τον τρόπο που υλοποιούνται

στη σχολική τάξη ή στο εργαστήριο, δεν είναι καλά οργανωμένες, αποπροσανατολίζουν τους μαθητές και συντελούν ελάχιστα στη μαθησιακή διαδικασία (Hodson, 1991). Επιπρόσθετα, οι Berry et al. (1999) επεσήμαναν ότι οι μαθητές περισσότερο εστιάζονται στο να πραγματοποιήσουν την πειραματική δραστηριότητα παρά στο να μάθουν από την υλοποίησή της. Πέραν των παραπάνω, έχει διαπιστωθεί ότι οι πειραματικές δραστηριότητες συνήθως δεν είναι αποτελεσματικές στο να βοηθήσουν τους μαθητές να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα στο «πεδίο των αντικειμένων» και το «πεδίο των ιδεών» (Abrahams & Millar, 2008· Berg Van den, 2013· Hofstein & Kind, 2012), να κατανοήσουν τις έννοιες και τις θεωρίες και ότι είναι ανιαρές για αρκετούς μαθητές (Woolnough, 1995).

Έχοντας ως στόχο την προαγωγή της αποτελεσματικότητας των πειραματικών δραστηριοτήτων, μια ερευνητική κατεύθυνση έχει επικεντρωθεί στη μελέτη της συμβολής πειραματικών δραστηριοτήτων που συμπεριλαμβάνουν διαδικασίες επιχειρηματολογίας στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών (Hofstein & Kind, 2012· Katchevich et al., 2014· Sampson et al., 2011). Η παρούσα εργασία εντάσσεται σε αυτό το ερευνητικό πεδίο. Ειδικότερα, εστιάζεται στη μελέτη της επίδρασης μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων που εμπλέκουν τους μαθητές με διαδικασίες επιχειρηματολογίας για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, στις ικανότητές τους να συγκροτούν τεκμηριωμένα επιχειρήματα.

Η συγκρότηση επιχειρημάτων από τους μαθητές αποτελεί βασικό στόχο της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (Driver et al., 2000· NRC, 2012). Επιπρόσθετα, η συγκρότηση επιχειρημάτων κρίνεται αναγκαία όχι μόνο για τους μαθητές που αποσκοπούν μελλοντικά να εμπλακούν με επάγγελμα που σχετίζεται με τις Φυσικές Επιστήμες αλλά και για όλους τους μαθητές και αυριανούς πολίτες. Οι πολίτες είναι αναγκαίο να έχουν αναπτύξει τις ικανότητες να συγκροτούν τεκμηριωμένα επιχειρήματα όταν προτείνουν τους ισχυρισμούς τους (Krajcik & McNeill, 2009).

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Έννοια και αποτελεσματικότητα των πειραματικών δραστηριοτήτων

Ως πειραματική δραστηριότητα θεωρείτε «κάθε διδακτική και μαθησιακή δραστηριότητα των Φυσικών Επιστημών στην οποία οι μαθητές εργαζόμενοι ατομικά ή ομαδικά, παρατηρούν και χειρίζονται τα αντικείμενα τα οποία μελετούν» (Millar 2010, p. 109). Γενικότερα, οι πειραματικές δραστηριότητες συνιστούν μαθησιακές εμπειρίες στις οποίες οι μαθητές χειρίζονται διάφορα υλικά ή δεδομένα, ώστε να μπορέσουν να παρατηρήσουν και να κατανοήσουν θέματα για τον κόσμο που τους περιβάλλει (Lunetta et al., 2007).

Μέσω των πειραματικών δραστηριοτήτων επιδιώκεται να επιτευχθούν διάφοροι διδακτικοί στόχοι. Ειδικότερα, με τις πειραματικές δραστηριότητες επιδιώκεται (Millar & Abrahams, 2009): (α) να υποστηριχθούν οι μαθητές ώστε να οικοδομήσουν γνώσεις για το φυσικό κόσμο και να κατανοήσουν έννοιες και θεωρίες των Φυσικών

Επιστημών, (β) να εξοικειωθούν οι μαθητές με τη χρήση οργάνων και υλικών και να είναι σε θέση να υλοποιούν τα βήματα της πειραματικής διαδικασίας και (γ) να προάγουν οι μαθητές την κατανόησή τους για την επιστημονική διερεύνηση (ενδεικτικά: να σχεδιάζουν μια διερεύνηση, να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα, να διατυπώνουν συμπεράσματα, να συγκροτούν επιχειρήματα).

Οι πειραματικές δραστηριότητες συνήθως έχουν την ακόλουθη δομή: σκοπός, υλικά και όργανα, διαδικασία, συλλογή και ανάλυση δεδομένων, και συμπεράσματα. Αυτού του είδους οι πειραματικές δραστηριότητες αναφέρονται ως «παραδοσιακού» είδους (Germann et al., 1996) και έχουν υποστεί κριτική που εστιάζεται στο ότι συνήθως δεν επιτυγχάνουν τους διδακτικούς στόχους για τους οποίους χρησιμοποιούνται (Hofstein & Kind, 2012; Lunetta et al., 2007). Έχει επισημανθεί η ανάγκη αλλαγής της δομής των πειραματικών δραστηριοτήτων ώστε αυτές να είναι αποτελεσματικές (Dobber et al., 2017).

Βασική επιδίωξη μιας πειραματικής δραστηριότητας Φυσικών Επιστημών είναι να βοηθήσει τους μαθητές να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα σε δύο πεδία: το «πεδίο των αντικειμένων» και το «πεδίο των ιδεών» (Tiberghien, 2000). Όμως, συνήθως οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν τις πειραματικές δραστηριότητες αναποτελεσματικά εξαιτίας του ότι δεν παρέχουν ευκαιρίες στους μαθητές να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα το «πεδίο των αντικειμένων» και το «πεδίο των ιδεών» (Abrahams & Millar 2008; Abrahams & Reiss 2012; Hofstein & Lunetta 2004). Οι συνδέσεις ανάμεσα στο «πεδίο των αντικειμένων» και το «πεδίο των ιδεών» αποτελούν μέτρο της αποτελεσματικότητας μιας πειραματικής δραστηριότητας (Millar et al., 2002; Tiberghien et al., 2001).

Το επιστημονικό επιχείρημα στο πλαίσιο της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες

Η επιχειρηματολογία δίνει ιδιαίτερη σημασία στην κοινωνική κατασκευή της γνώσης μέσω της κριτικής ισχυρισμών και εναλλακτικών εξηγήσεων (Driver et al., 2000). Τα επιστημονικά επιχειρήματα συνιστούν τα προϊόντα της επιστημονικής επιχειρηματολογίας. Ειδικότερα, ένα επιστημονικό επιχείρημα αποσκοπεί να επιβεβαιώσει ή να διαψεύσει έναν ισχυρισμό αξιοποιώντας αποδεικτικά στοιχεία που είναι αποδεκτά από την επιστημονική κοινότητα (Phillips & Norris, 1999). Ένα επιχείρημα απαρτίζεται από συστατικά στοιχεία. Το μοντέλο επιχειρήματος του Toulmin (1958) είναι το πιο γνωστό μοντέλο που αποτυπώνει τη δομή που μπορεί να έχει ένα επιχείρημα. Όμως, έχει αναφερθεί ότι υπάρχουν δυσκολίες στη χρήση του για τη μελέτη του λόγου των μαθητών (McNeill et al., 2006). Έχει προταθεί μια απλουστευμένη εκδοχή του στο πλαίσιο της εκπαίδευσης των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. Σύμφωνα με αυτήν, ένα επιχείρημα συντίθεται από τέσσερα συστατικά στοιχεία (McNeill & Krajcik, 2012): ισχυρισμό (claim), αποδεικτικά στοιχεία (evidence), συλλογισμό (reasoning) και αντίκρουση (rebuttal). Ο ισχυρισμός είναι ένα συμπέρασμα που απαντά σε μια ερώτηση. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι τα δεδομένα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό. Ο συλλογισμός συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία και φανερώνει το λόγο για τον οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως

αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό χρησιμοποιώντας μια ή περισσότερες επιστημονικές αρχές. Η αντίκρουση αιτιολογεί πώς ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.

Η ποιότητα ενός επιστημονικού επιχειρήματος προσδιορίζεται από τη δομή του και το περιεχόμενό του (McNeill & Krajcik, 2012). Η δομή ενός επιχειρήματος αναφέρεται στην ύπαρξη και την επάρκεια των συστατικών στοιχείων του ανεξάρτητα αν αυτά συνάδουν με τη σχολική γνώση (McNeill et al., 2006). Το περιεχόμενο ενός επιχειρήματος αναφέρεται στην καταλληλότητα του περιεχομένου των συστατικών στοιχείων του όταν αυτά αποτιμώνται με βάση τη σχολική γνώση (Sandoval & Millwood, 2005).

Μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής

Σύμφωνα με τις εποικοδομητικές απόψεις για τη μάθηση, ο μαθητής δεν λαμβάνει παθητικά τη γνώση αλλά αντίθετα οικοδομεί ενεργητικά τη γνώση μέσα από γνωστικές και κοινωνικές διαδικασίες, με βάση τις αρχικές του αντιλήψεις (NRC, 2012). Η διανοητική εργασία που αφορά στην επεξεργασία και την αλλαγή των αντιλήψεων βασίζεται στην εμπλοκή των μαθητών με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής (NRC, 2012). Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οκτώ πρακτικές (NGSS Lead States, 2013): (α) υποβολή ερωτημάτων και καθορισμός προβλημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων κι σχεδιασμός λύσεων, (ζ) εμπλοκή με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η έρευνα για την αποτελεσματικότητα των πειραματικών δραστηριοτήτων

Σχετικά με την διερεύνηση της αποτελεσματικότητας των πειραματικών δραστηριοτήτων έχουν διεξαχθεί έρευνες, οι οποίες μελέτησαν τις δράσεις των μαθητών και τον προφορικό λόγο τους κατά τη διάρκεια υλοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων (Becu-Robinault, 2002· Sander et al., 2002· Skoumios & Passalis, 2010· Todas & Skoumios, 2014· Theyßen et al., 2002). Προέκυψε ότι ο χειρισμός των οργάνων και των υλικών και η λήψη μετρήσεων είναι οι κυρίαρχες δραστηριότητες των μαθητών οι οποίες καταλαμβάνουν μεγάλο μέρος του διαθέσιμου χρόνου τους, ενώ η συνεισφορά αυτών των δραστηριοτήτων στο να καταστήσουν τους μαθητές ικανούς να συνδέσουν το «πεδίο των αντικειμένων» (την πρακτική) με το «πεδίο των ιδεών» (τη θεωρία) είναι ελάχιστη. Οι Abrahams και Millar (2008) επεσήμαναν ότι οι πειραματικές δραστηριότητες είναι πιο αποτελεσματικές στο να μάθουν οι μαθητές για τα όργανα και τα υλικά, παρά για να κατανοήσουν τις ιδέες των Φυσικών Επιστημών. Η έρευνα των Pun και Ka Ching Cheung (2021) έδειξε ότι οι μαθητές έμειναν «προσκολλημένοι» στο «πεδίο των αντικειμένων» και δεν έκαναν συνδέσεις με το «πεδίο των ιδεών». Επίσης, ο χειρισμός των οργάνων και των υλικών θεωρήθηκε από

τους μαθητές ότι είναι ο πρωταρχικός στόχος μιας πειραματικής δραστηριότητας (Sharpe & Abrahams, 2019).

Οι δραστηριότητες που μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα στο «πεδίο των αντικειμένων» και το «πεδίο των ιδεών» μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες (Sraan et al., 2022): (α) «εξήγηση» (διαμόρφωση μιας εξήγησης για τα δεδομένα, ερμηνεία αντιφατικών δεδομένων, συζήτηση για την εγκυρότητα μιας εξήγησης), (β) «συμπέρασμα» (εξαγωγή συμπεράσματος από παρατηρήσεις ή μετρήσεις, εύρεση της τιμής ενός μεγέθους που δεν μπορεί άμεσα να μετρηθεί, εύρεση μιας μαθηματικής σχέσης που περιγράφει τα δεδομένα, γενίκευση ενός συμπεράσματος), (γ) «πρόβλεψη» (διαμόρφωση μιας πρόβλεψης για τα δεδομένα, πρόβλεψη μιας μαθηματικής σχέσης ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες μεταβλητές, συζήτηση μιας πρόβλεψης) και (δ) «σχεδιασμός πειράματος» (σχεδιασμός ερευνητικής μεθόδου, επιλογή ερευνητικής μεθόδου, συζήτηση για την ερευνητική μέθοδο). Οι παραπάνω κατηγορίες μπορούν να αξιοποιηθούν κατά το σχεδιασμό των πειραματικών δραστηριοτήτων προκειμένου αυτές να καταστούν πιο αποτελεσματικές.

Η έρευνα για τα επιχειρήματα των μαθητών

Ερευνητικά δεδομένα ανέδειξαν ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στη συγκρότηση γραπτών επιχειρημάτων. Ειδικότερα, προέκυψε ότι οι μαθητές συνήθως καταγράφουν ισχυρισμούς χωρίς να τους υποστηρίζουν (Sadler, 2004) ή παραθέτουν ανεπαρκή και μη κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία για την υποστήριξη των ισχυρισμών τους (Bell & Linn, 2000· Heng et al., 2015· Jiménez-Aleixandre et al., 2000· McNeill & Krajcik, 2012). Επιπρόσθετα, οι μαθητές συνήθως δεν συμπεριλαμβάνουν συλλογισμούς στα επιχειρήματα που συγκροτούν (McNeill & Krajcik, 2007, 2012· Sadler, 2004· Songer & Gotwals, 2012), καθώς επίσης και αντικρούσεις (McNeill & Krajcik, 2012).

Μολονότι έχει αναγνωριστεί η σημασία της συγκρότηση επιχειρημάτων, είναι περιορισμένες οι έρευνες που εξετάζουν την προαγωγή της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών μέσω της επίδρασης διδακτικών παρεμβάσεων διερευνητικού τύπου για ζητήματα των Φυσικών Επιστημών που αξιοποιούν πειραματικές δραστηριότητες οι οποίες εμπλέκουν τους μαθητές με επιχειρήματα (Chen et al., 2016· McNeill et al., 2006· Sampson et al., 2013· Sampson & Walker, 2012).

Η έρευνα για τις αντιλήψεις των μαθητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα

Αναφορικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα, μελετήθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών τόσο της πρωτοβάθμιας όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για μια σειρά από ζητήματα όπως είναι η σύνδεση μπαταρίας και λαμπτήρα, οι έννοιες του ηλεκτρικού ρεύματος, της τάσης και της αντίστασης, η φορά και η διατήρηση του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα και η φωτοβολία λαμπτήρων συνδεδεμένων σε σειρά και παράλληλα (ενδεικτικά: Cambers & Andre, 1997· McDermott & Shaffer, 1992). Διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι μαθητές έχουν και χρησιμοποιούν αντιλήψεις που συχνά είναι διαφορετικές από τη σχολική γνώση.

Επίσης, έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες από τις οποίες προέκυψε ότι είναι εφικτή η αλλαγή των αντιλήψεων ορισμένων μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα μέσω διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση (ενδεικτικά: Afra et al., 2009· Chiu & Lin, 2005· Engelhardt & Beichmer, 2004).

Κριτική αποτίμηση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι πειραματικές δραστηριότητες, όπως συνήθως είναι δομημένες, δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές για τους μαθητές. Έχει επισημανθεί η αναγκαιότητα αλλαγής της δομής των πειραματικών δραστηριοτήτων προκειμένου να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητά τους (Oliveira & Bonito, 2023). Επίσης, ενώ είναι εκτεταμένη η έρευνα που μελετά τις δυσκολίες των μαθητών στη συγκρότηση επιχειρημάτων, είναι περιορισμένη η έρευνα που μελετά την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων που αξιοποιούν πειραματικές δραστηριότητες στις ικανότητες των μαθητών να συγκροτούν επιχειρήματα (Ping et al., 2019). Επιπρόσθετα, για τα ηλεκτρικά κυκλώματα η έρευνα που μελετά την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων που αξιοποιούν πειραματικές δραστηριότητες εστιάζεται κυρίως στις αντιλήψεις των μαθητών. Απουσιάζουν έρευνες που να διερευνούν τη συμβολή πειραματικών δραστηριοτήτων για τα ηλεκτρικά κυκλώματα που εμπλέκουν τους μαθητές με διαδικασίες επιχειρηματολογίας στην εξέλιξη των ικανοτήτων των μαθητών να συγκροτούν γραπτά επιχειρήματα.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή προτείνεται ένα νέο μοντέλο δόμησης πειραματικών δραστηριοτήτων, το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία». Η εργασία αυτή μελετά την επίδραση εκπαιδευτικού υλικού που περιλαμβάνει πειραματικές δραστηριότητες για τα ηλεκτρικά κυκλώματα οι οποίες είναι δομημένες σύμφωνα με το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία», στην εξέλιξη των ικανοτήτων των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου να συγκροτούν γραπτά επιχειρήματα. Ειδικότερα, η παρούσα εργασία επιδιώκει να δώσει απάντηση στα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα.

Ερευνητικό ερώτημα 1: Ποια είναι η επίδραση εκπαιδευτικού υλικού που περιλαμβάνει πειραματικές δραστηριότητες για τα ηλεκτρικά κυκλώματα οι οποίες είναι δομημένες σύμφωνα με το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία», στη δομή των επιχειρημάτων των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου;

Ερευνητικό ερώτημα 2: Ποια είναι η επίδραση εκπαιδευτικού υλικού που περιλαμβάνει πειραματικές δραστηριότητες για τα ηλεκτρικά κυκλώματα οι οποίες είναι δομημένες σύμφωνα με το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία», στο περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ερευνητικός σχεδιασμός και δείγμα

Στην παρούσα εργασία αξιοποιήθηκε η οιονεί πειραματική έρευνα μιας ομάδας Η έρευνα διεξάχθηκε σε τρεις φάσεις. Στη πρώτη φάση, συγκροτήθηκε το ερωτηματολόγιο που εξέταζε τις ικανότητες των μαθητών να συγκροτούν επιχειρήματα και το εκπαιδευτικό υλικό με σειρά πειραματικών δραστηριοτήτων για την εννοιολογική περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων οι οποίες είναι δομημένες σύμφωνα με το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία» και στη συνέχεια έγινε η πιλοτική εφαρμογή τους. Στη δεύτερη φάση, πραγματοποιήθηκε η διδακτική παρέμβαση (εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε) στους μαθητές των δημοτικών σχολείων και η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από τους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (προ-τεστ και μετά-τεστ). Στη τρίτη φάση, αφού πραγματοποιήθηκε η συλλογή των δεδομένων, η ανάλυσή τους και η εξαγωγή των συμπερασμάτων. Αναφορικά με την πιλοτική έρευνα, το ερωτηματολόγιο που διαμορφώθηκε δόθηκε σε έξι μαθητές. Αφού οι μαθητές συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο, πραγματοποιήθηκε μια συζήτηση με τους μαθητές για να εξαχθούν σχόλια και παρατηρήσεις. Επίσης, το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε δύο ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, ώστε να διορθωθούν τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Στη συνέχεια, αναδιαμορφώθηκε το ερωτηματολόγιο με βάση τις παρατηρήσεις και τις ελλείψεις που επισημάνθηκαν στην εφαρμογή του στην πιλοτική έρευνα και δόθηκε εκ νέου σε άλλους πέντε μαθητές. Μετά τις παρατηρήσεις διαμορφώθηκε η τελική του εκδοχή.

Στην έρευνα αυτή το δείγμα της ήταν συνολικά 84 μαθητές (43 κορίτσια, 41 αγόρια). Όλα τα παιδιά φοιτούσαν στην Ε΄ τάξη τεσσάρων δημοτικών σχολείων.

Το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία»: εφαρμογή στα ηλεκτρικά κυκλώματα

Το θεωρητικό πλαίσιο της μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής απετέλεσε το υπόβαθρο για τη σχεδίαση μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην εμπλοκή των μαθητών με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία. Στην παρούσα εργασία προτείνεται ένα μοντέλο δόμησης πειραματικών δραστηριοτήτων, το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία». Ειδικότερα, σε ό,τι αφορά τη δομή των πειραματικών δραστηριοτήτων, αυτές προτείνεται να περιλαμβάνουν εννέα στάδια (βλ. Σχήμα 1).

Στάδιο 1. Προβληματισμός

Με στόχο να εκμαιευθούν οι αντιλήψεις των μαθητών και να διατυπωθεί ένα ερώτημα προς διερεύνηση τίθεται ένα πρόβλημα στους μαθητές. Με αφορμή μια διαφωνία που παρουσιάζεται στους μαθητές αναφορικά με το πρόβλημα, καλούνται οι μαθητές (αν και είναι οργανωμένοι σε ομάδες) ατομικά να καταγράψουν ένα ερώτημα προς διερεύνηση.

Στάδιο 2. Ατομικές προβλέψεις

Οι μαθητές εργάζονται ατομικά και απαντούν γραπτά στην ερώτηση.



Σχήμα 1. Τα στάδια του μοντέλου της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία».

Στάδιο 3. Συνειδητοποίηση διαφωνιών και συγκρότηση ερωτήματος προς διερεύνηση

Πραγματοποιείται συζήτηση ανάμεσα στους μαθητές κάθε ομάδας, με στόχο τη συνειδητοποίηση των μεταξύ τους διαφωνιών. Ακολουθεί αντιπαράθεση των μαθητών στην προσπάθειά τους να υποστηρίξουν τις απόψεις τους. Οι αντιπρόσωποι των ομάδων ανακοινώνουν τα αποτελέσματα των συζητήσεων των ομάδων στο σύνολο των μαθητών της τάξης. Πραγματοποιείται συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης με τον συντονισμό του εκπαιδευτικού με στόχο την ομαδοποίηση των διαφορετικών απόψεων και τη διατύπωση του ερωτήματος προς διερεύνηση.

Στάδιο 4. Σχεδίαση και πραγματοποίηση διερεύνησης

Οι μαθητές, με τη βοήθεια ερωτήσεων που υπάρχουν στο φύλλο εργασίας τους, σχεδιάζουν και διεξάγουν μια διερεύνηση με στόχο να απαντήσουν στο ερώτημα προς διερεύνηση που έθεσαν. Υπάρχουν ερωτήσεις που ζητούν από τους μαθητές να καταγράψουν τι θα αλλάζουν στη διερεύνηση που θα κάνουν, τι θα ελέγξουν, τι θα κρατήσουν σταθερά, τι θα χρειαστούν, τι θα κάνουν, και να παρουσιάσουν τα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας ένα πίνακα ή ένα γράφημα. Δηλαδή, οι μαθητές αφού διατυπώσουν υποθέσεις, αναγνωρίζουν τις μεταβλητές που υπεισέρχονται στη διερεύνηση, πραγματοποιούν έλεγχο των μεταβλητών (αναγνωρίζοντας την ανεξάρτητη και την εξαρτημένη μεταβλητή, καθώς επίσης και τις μεταβλητές ελέγχου), περιγράφουν τα βήματα της πειραματικής διαδικασίας που θα ακολουθήσουν,

συγκεντρώνουν όργανα και υλικά, υλοποιούν το πείραμα και συλλέγουν και καταγράφουν τα δεδομένα.

Στάδιο 5. Συγκρότηση «αρχικού» επιχειρήματος

Οι μαθητές, με τη βοήθεια ερωτήσεων που υπάρχουν στο φύλλο εργασίας τους, καλούνται ατομικά να καταγράψουν ένα ισχυρισμό (μια απάντηση στο ερώτημα), τα αποδεικτικά στοιχεία (δεδομένα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό) και ένα συλλογισμό (που συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό και δείχνει γιατί τα αποδεικτικά στοιχεία υποστηρίζουν τον ισχυρισμό).

Στάδιο 6. Αυτο-αξιολόγηση και αναθεώρηση «αρχικού» επιχειρήματος

Οι μαθητές, με τη βοήθεια μιας λίστας ελέγχου ή μιας κλίμακας διαβαθμισμένων κριτηρίων, αξιολογούν το δικό τους «αρχικό» επίχειρημα. Στη συνέχεια, προτείνουν ένα αναθεωρημένο επίχειρημα.

Στάδιο 7. Συζήτηση πάνω στα αναθεωρημένα επιχειρήματα

Πραγματοποιείται συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης με τον συντονισμό του εκπαιδευτικού πάνω στις διαφωνίες των μαθητών που έχουν ανακύψει, αναφορικά με τα αναθεωρημένα επιχειρήματα.

Στάδιο 8. Συγκρότηση «τελικού» επιχειρήματος

Οι μαθητές καλούνται με βάση τα όσα έχουν προηγηθεί να καταγράψουν εκ νέου ένα ισχυρισμό, τα αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό και ένα συλλογισμό που συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό («τελικό» επίχειρημα).

Πίνακας 1. Οι έξι πειραματικές δραστηριότητες που συγκροτήθηκαν για τα ηλεκτρικά κυκλώματα και οι τίτλοι τους.

| Πειραματικές δραστηριότητες | Τίτλοι |
|-----------------------------|--|
| 1 | Πως μπορώ να ανάψω ένα λαμπάκι με μια μπαταρία; |
| 2 | Πως πάει το ρεύμα; |
| 3 | Το ρεύμα διατηρείται ή καταναλώνεται; |
| 4 | Το ρεύμα περνά μέσα από όλα τα υλικά; |
| 5 | Πως μπορώ να συνδέσω λαμπάκια σε ένα κύκλωμα ώστε όταν αφαιρώ το ένα να μην ανάβουν τα άλλα; |
| 6 | Πως μπορώ να συνδέσω λαμπάκια σε ένα κύκλωμα ώστε όταν αφαιρώ το ένα να ανάβουν τα άλλα; |

Στάδιο 9. Αναστοχασμός

Οι μαθητές μελετούν εκ νέου το «αρχικό» επίχειρημα και το συγκρίνουν με το «τελικό» επίχειρημα. Συζητούν τις ομοιότητες και τις διαφοροποιήσεις με τους συμμαθητές της ομάδας τους.

Εφαρμόζοντας το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία» στα ηλεκτρικά κυκλώματα, συγκροτήθηκαν έξι πειραματικές δραστηριότητες για μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου (βλ. Πίνακας 1).

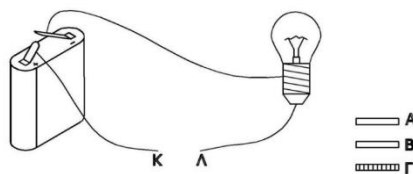
Οι παραπάνω πειραματικές εφαρμόστηκαν σε μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Στο Παράρτημα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα μιας τέτοιας δραστηριότητας και συγκεκριμένα της πειραματικής δραστηριότητας 4.

Συλλογή δεδομένων

Ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο. Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με την αποδελτίωση των γραπτών επιχειρημάτων που παρήγαγαν οι μαθητές, στην προσπάθειά τους να απαντήσουν στις ερωτήσεις που περιλαμβάνονταν στο ερωτηματολόγιο.

Στο ερωτηματολόγιο εμπεριέχονταν έξι έργα αξιολόγησης που ζητούσαν από τους μαθητές να προβούν σε προβλέψεις και αιτιολογήσεις για θέματα που σχετίζονται με τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Τα θέματα των έξι έργων αξιολόγησης σχετίζονταν με τα θέματα των πειραματικών δραστηριοτήτων. Κάθε έργο αξιολόγησης περιλάμβανε έναν προβληματισμό, δεδομένα που προέρχονται από πειραματική δραστηριότητα, μια ερώτηση και οδηγίες απάντησης. Ειδικότερα, ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν στην ερώτηση και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται ενδεικτικά ένα έργο αξιολόγησης.

Ο Δημήτρης και οι συμμαθητές του θέλουν να μάθουν αν το ηλεκτρικό ρεύμα περνά μέσα από όλα τα υλικά. Ο Δάσκαλος της τάξης τους, τους λέει να κατασκευάσουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και να κόψουν το ένα καλώδιο σε κάποιο σημείο, όπως στο παρακάτω Σχήμα. Στη συνέχεια να τοποθετήσουν τις τρεις ράβδους Α, Β και Γ, μία κάθε φορά κατά μήκος των σημείων Κ και Λ.



Οι μαθητές πειραματίστηκαν, έκαναν τις παρατηρήσεις τους και τις κατέγραψαν στον παρακάτω Πίνακα.

| Ράβδος | Φωτοβολία λάμπας |
|--------|------------------|
| Α | Όχι |
| Β | Ναι |
| Γ | Όχι |

Έχουν όμως διαφορετικές απόψεις σχετικά με το αν περνά το ηλεκτρικό ρεύμα από όλες τις ράβδους. Για τον λόγο αυτό ζητούν τη βοήθειά σου. Χρησιμοποίησε τα παραπάνω στοιχεία για να γράψεις και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου στην παρακάτω ερώτησή τους:

Από ποια ή από ποιες από τις ράβδους περνά το ηλεκτρικό ρεύμα;

Όταν γράφεις την απάντησή σου, μην ξεχάσεις να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς.

Σχήμα 2. Το έργο αξιολόγησης 4.

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι γραπτές απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου πριν και μετά την εφαρμογή των πειραματικών δραστηριοτήτων. Ως μονάδα ανάλυσης ορίστηκε το επιχειρήμα που συντάζε κάθε μαθητής σε κάθε ερώτηση που του τέθηκε. Συγκεντρώθηκαν 498 επιχειρήματα πριν και 498 μετά την εφαρμογή των πειραματικών δραστηριοτήτων.

Ανάλυση δεδομένων

Για την αξιολόγηση της δομής των επιχειρημάτων των μαθητών ελέγχθηκε η ύπαρξη και η επάρκεια των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός), ανεξάρτητα από το εννοιολογικό τους περιεχόμενο. Κάθε συστατικό στοιχείο ενός επιχειρήματος κατατάχθηκε σε ένα από τα δύο επίπεδα (επίπεδο 1 και επίπεδο 2). Πιο συγκεκριμένα, κάθε ένα συστατικό στοιχείο του επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός) κατατάσσεται στο επίπεδο 1 αν δεν υπάρχει ή είναι ανεπαρκές και στο επίπεδο 2 αν είναι επαρκές.

Για την αξιολόγηση του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών ελέγχθηκε η καταλληλότητα των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός), δηλαδή αν αυτά συνάδουν με τη σχολική γνώση. Κάθε συστατικό στοιχείο ενός επιχειρήματος κατατάχθηκε σε ένα από τα δύο επίπεδα (επίπεδο 1 και επίπεδο 2). Πιο συγκεκριμένα, κάθε ένα συστατικό στοιχείο του επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός) κατατάσσεται στο επίπεδο 1 αν είναι ακατάλληλο ή μερικώς κατάλληλο και στο επίπεδο 2 αν είναι κατάλληλο.

Στη συνέχεια παρατίθεται τρία επιχειρήματα μαθητών, που αφορούν στο έργο αξιολόγησης 4, με την αξιολόγησή τους ως προς τη δομή και το περιεχόμενό τους.

Επιχείρημα 1: *«Το ρεύμα δεν περνά από καμιά ράβδο».*

Αξιολόγηση επιχειρήματος 1: Σχετικά με τη δομή του επιχειρήματος, αυτό περιλαμβάνει μόνο ισχυρισμό (*«Το ρεύμα δεν περνά από καμιά ράβδο»*), ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2), ενώ δεν περιλαμβάνονται αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 1) και συλλογισμός (επίπεδο 1). Σχετικά με το περιεχόμενο του επιχειρήματος, ο ισχυρισμός που περιλαμβάνει κρίνεται ακατάλληλος (επίπεδο 1). Τα αποδεικτικά στοιχεία και ο συλλογισμός εφόσον δεν υπάρχουν εντάσσονται στο επίπεδο 1.

Επιχείρημα 2: *«Η απάντηση είναι ότι το ρεύμα περνά μόνο από τη Β, γιατί όταν συνδέεται η Β ανάβει η λάμπα».*

Αξιολόγηση επιχειρήματος 2: Σχετικά με τη δομή του επιχειρήματος, αυτό περιλαμβάνει ισχυρισμό (*«Η απάντηση είναι ότι το ρεύμα περνά μόνο από τη Β»*), ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2), αποδεικτικά στοιχεία (*«γιατί όταν συνδέεται η Β ανάβει η λάμπα»*) που κρίνονται μη επαρκή (επίπεδο 1) ενώ δεν περιλαμβάνεται συλλογισμός (επίπεδο 1). Σχετικά με το περιεχόμενο του επιχειρήματος, ο ισχυρισμός που περιλαμβάνει επιχειρήμα κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 2). Τα αποδεικτικά

στοιχεία είναι κατάλληλα (επίπεδο 2) και ο συλλογισμός εφόσον δεν υπάρχει εντάσσονται στο επίπεδο 1.

Επιχείρημα 3: «Το ρεύμα περνά από τη ράβδο Β. Όταν συνδέεται στο κύκλωμα η ράβδος Β ανάβει η λάμπα, ενώ όταν συνδέονται οι ράβδοι Α και Γ δεν ανάβει η λάμπα. Όταν η λάμπα ανάβει, το ρεύμα περνά από τη ράβδο που συνδέεται στο κύκλωμα. Επειδή η λάμπα ανάβει μόνο όταν συνδέεται η ράβδος Β στο κύκλωμα, άρα το ρεύμα περνά μόνο από τη ράβδο Β».

Αξιολόγηση επιχειρήματος 3: Όσον αφορά τη δομή του επιχειρήματος, αυτό περιλαμβάνει ισχυρισμό («Το ρεύμα περνά από τη ράβδο Β») που κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2), αποδεικτικά στοιχεία («Όταν συνδέεται στο κύκλωμα η ράβδος Β ανάβει η λάμπα, ενώ όταν συνδέονται οι ράβδοι Α και Γ δεν ανάβει η λάμπα») που κρίνονται επαρκή (επίπεδο 2) και συλλογισμό («Όταν η λάμπα ανάβει, το ρεύμα περνά από τη ράβδο που συνδέεται στο κύκλωμα. Επειδή η λάμπα ανάβει μόνο όταν συνδέεται η ράβδος Β στο κύκλωμα, άρα το ρεύμα περνά μόνο από τη ράβδο Β»), οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2). Σχετικά με το περιεχόμενο του επιχειρήματος, ο ισχυρισμός που περιλαμβάνει κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 2). Τα αποδεικτικά στοιχεία και ο συλλογισμός επίσης κρίνονται κατάλληλα και εντάσσονται στο επίπεδο 2.

Η αξιολόγηση των επιχειρημάτων των μαθητών πραγματοποιήθηκε από δύο ερευνητές που εργάστηκαν ανεξάρτητα. Οι διαφωνίες τους επιλύθηκαν μέσω συζητήσεων.

Μετά την ανάλυση των επιχειρημάτων, που διατύπωσαν οι μαθητές, δημιουργήθηκαν πίνακες στους οποίους παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των επιπέδων που αναφέρονται στη δομή και το περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων. Για τη μελέτη της ύπαρξης συσχέτισης στα επίπεδα των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων (ισχυρισμών, αποδεικτικών στοιχείων και συλλογισμών) των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (επίπεδο 1, επίπεδο 2), ανάμεσα στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ, χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο McNemar.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η επίδραση των πειραματικών δραστηριοτήτων στη δομή των επιχειρημάτων

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των επιπέδων που αναφέρονται στην επάρκεια των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ.

Από τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι στο προ-τεστ τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων των περισσότερων μαθητών εντάσσονται, ως προς την επάρκειά τους, στο επίπεδο 1. Όμως, στο μετά-τεστ προκύπτει αύξηση στα ποσοστά και των τεσσάρων συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων που εντάσσονται στο επίπεδο 2. Μάλιστα, με το τεστ McNemar, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση στα επίπεδα επάρκειας των ισχυρισμών με $\chi^2(1)=157,006$ και $p<0,0001$, των αποδεικτικών

στοιχείων με $\chi^2(1)=395,003$ και $p<0,0001$ και των συλλογισμών με $\chi^2(1)=372,003$ και $p<0,0001$ των μαθητών, ανάμεσα στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ.

Πίνακας 2. Τα επίπεδα επάρκειας των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά.

| Επίπεδα | Ισχυρισμός | | | | Αποδεικτικά στοιχεία | | | | Συλλογισμός | | | |
|---------|------------|------|-----------|------|----------------------|------|-----------|------|-------------|------|-----------|------|
| | Προ-τεστ | | Μετά-τεστ | | Προ-τεστ | | Μετά-τεστ | | Προ-τεστ | | Μετά-τεστ | |
| | f | % | f | % | f | % | f | % | f | % | f | % |
| 1 | 165 | 33,1 | 6 | 1,1 | 471 | 94,6 | 74 | 14,9 | 491 | 98,6 | 117 | 23,5 |
| 2 | 333 | 66,9 | 492 | 98,9 | 27 | 5,4 | 424 | 85,1 | 7 | 1,4 | 381 | 76,5 |

Συνεπώς, διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση στην επάρκεια των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των μαθητών, από το προ-τεστ στο μετά-τεστ.

Η επίδραση των πειραματικών δραστηριοτήτων στο περιεχόμενο των επιχειρημάτων

Αναφορικά με το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών, στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των επιπέδων που αναφέρονται στην καταλληλότητα των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ.

Πίνακας 3. Τα επίπεδα καταλληλότητας των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά.

| Επίπεδα | Ισχυρισμός | | | | Αποδεικτικά στοιχεία | | | | Συλλογισμός | | | |
|---------|------------|------|-----------|------|----------------------|------|-----------|------|-------------|------|-----------|------|
| | Προ-τεστ | | Μετά-τεστ | | Προ-τεστ | | Μετά-τεστ | | Προ-τεστ | | Μετά-τεστ | |
| | f | % | f | % | f | % | f | % | f | % | f | % |
| 1 | 329 | 66,1 | 46 | 9,2 | 485 | 97,4 | 113 | 22,7 | 495 | 99,4 | 167 | 33,5 |
| 2 | 169 | 33,9 | 452 | 90,8 | 13 | 2,6 | 385 | 77,3 | 3 | 0,6 | 331 | 66,5 |

Από τον Πίνακα 3 προκύπτει ότι στο προ-τεστ τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων των περισσότερων μαθητών εντάσσονταν, ως προς την καταλληλότητά τους, στο επίπεδο 1. Όμως, στο μετά-τεστ προκύπτει αύξηση στα ποσοστά των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων που εντάσσονται στο επίπεδο 2. Μάλιστα, με το τεστ McNemar, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση στα επίπεδα καταλληλότητας των ισχυρισμών με $\chi^2(1)=281,004$ και $p<0,0001$, των αποδεικτικών στοιχείων με $\chi^2(1)=370,003$ και $p<0,0001$ και των συλλογισμών με $\chi^2(1)=326,003$ και $p<0,0001$ των μαθητών, ανάμεσα στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ. Επομένως, διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση στην καταλληλότητα των ισχυρισμών,

των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των μαθητών και κατά συνέπεια στο περιεχόμενο των επιχειρημάτων, από το προ-τεστ στο μετά-τεστ.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή προτάθηκε ένα νέο μοντέλο δόμησης πειραματικών δραστηριοτήτων, το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία» και μελετήθηκε η επίδραση εκπαιδευτικού υλικού που περιλαμβάνει πειραματικές δραστηριότητες για τα ηλεκτρικά κυκλώματα οι οποίες είναι δομημένες σύμφωνα με το παραπάνω μοντέλο, στην εξέλιξη των ικανοτήτων των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου να συγκροτούν γραπτά επιχειρήματα.

Η μελέτη των αποτελεσμάτων της έρευνας αυτής έδειξε ότι οι μαθητές πριν την εφαρμογή των πειραματικών δραστηριοτήτων (όπως προέκυψε από το προ-τεστ), παρήγαγαν επιχειρήματα εκ των οποίων τα περισσότερα ήταν ανεπαρκή ως προς τη δομή τους και ως προς το περιεχόμενό τους. Η διαπίστωση αυτή μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, συνήθως, οι μαθητές δε διδάσκονται τη δομή ενός επιχειρήματος και σπάνια τούς ζητείται να καταγράψουν τεκμηριωμένα επιχειρήματα ή να αξιολογήσουν επιχειρήματα (Driver et al., 2000). Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας που αφορούν στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών συνάδουν με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών (McNeill & Krajcik, 2007, 2012· Sandoval & Millwood, 2005· Songer & Gotwals, 2012).

Μετά την εφαρμογή των πειραματικών δραστηριοτήτων (όπως προέκυψε από το μετά-τεστ) διαπιστώθηκε ότι υπήρξε σημαντική βελτίωση στη δομή και το περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών. Συνεπώς, αναδείχθηκε ότι είναι εφικτή η βελτίωση τόσο της δομής όσο και του περιεχομένου των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών, μέσω της εφαρμογής πειραματικών δραστηριοτήτων για τα ηλεκτρικά κυκλώματα που είναι δομημένες σύμφωνα με το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία».

Η βελτίωση της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών θα μπορούσε να αποδοθεί στις πειραματικές δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε. Μέσω αυτών των δραστηριοτήτων οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να εξοικειωθούν με τα βασικά συστατικά στοιχεία του επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός), τον τρόπο που συνδέονται μεταξύ τους καθώς και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν οι ίδιοι να αξιολογούν ένα επίχειρημα, επισημαίνοντας τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία του. Έρευνες έδειξαν ότι οι διαδικασίες αυτές μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (Chen et al., 2016· Clark & Sampson, 2007· McNeill & Krajcik, 2012).

Η βελτίωση του περιεχομένου των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών θα μπορούσε να αποδοθεί στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα που επήλθε μέσω της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε. Οι πειραματικές δραστηριότητες ενέπλεκαν τους μαθητές με τη χρήση πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής. Έχει υποστηριχθεί ότι η διανοητική εργασία

που αφορά στην επεξεργασία και την αλλαγή των αντιλήψεων βασίζεται στην εμπλοκή των μαθητών με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής (Krajcik et al., 2014· NRC, 2012). Επίσης, το εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε παρείχε ευκαιρίες στους μαθητές να διαμορφώσουν εξηγήσεις, να εξάγουν συμπεράσματα από παρατηρήσεις ή μετρήσεις και να σχεδιάσουν διερευνήσεις. Τα παραπάνω, σύμφωνα με τους Spaan et al., (2022), μπορούν να συμβάλλουν στην οικοδόμηση γνώσεων από τους μαθητές.

Από την παρούσα εργασία διαπιστώθηκε επίσης ότι οι μαθητές εμφανίζουν μεγαλύτερη δυσκολία με την παράθεση αποδεικτικών στοιχείων και κυρίως με τη συγκρότηση συλλογισμών. Η διαπίστωση αυτή συνάδει με ερευνητικά ευρήματα σύμφωνα με τα οποία οι μαθητές συνήθως προτείνουν ανεπαρκή και ακατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και δεν συμπεριλαμβάνουν συλλογισμούς στα επιχειρήματα που συγκροτούν (McNeill & Krajcik, 2007, 2012· Sadler, 2004· Songer & Gotwals, 2012).

Όπως έχει αναφερθεί η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί αναφορικά με την επίδραση πειραματικών δραστηριοτήτων στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Η παρούσα εργασία με τα ευρήματά της συνεισφέρει στην έρευνα για τη μελέτη της επίδρασης πειραματικών δραστηριοτήτων (δομημένων σύμφωνα με το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία») στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών και ειδικότερα στη δομή και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων, ζήτημα για το οποίο δεν υπήρχαν εμπειρικά δεδομένα.

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας υπόκεινται στους περιορισμούς τόσο του δείγματος το οποίο δεν μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου, όσο και της χρήσης του ερωτηματολογίου ως αποκλειστικού μέσου συλλογής των δεδομένων.

Η εργασία αυτή εστιάστηκε αποκλειστικά στη μελέτη των γραπτών επιχειρημάτων. Θα είχε ερευνητικό ενδιαφέρον η μελέτη της εξέλιξης των προφορικών επιχειρημάτων των μαθητών και η σύγκρισή τους με τα γραπτά τους επιχειρήματα. Επιπρόσθετα, η εργασία αυτή επικεντρώθηκε στη μελέτη των επιχειρημάτων των μαθητών πριν και μετά την εφαρμογή των πειραματικών δραστηριοτήτων μέσω ερωτηματολογίων. Προτείνεται η μελέτη της δομής και του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών σε όλη τη διάρκεια της διδασκαλίας, προκειμένου να μελετηθεί η εξέλιξη τους και να προσδιοριστούν τα στοιχεία των πειραματικών δραστηριοτήτων που συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A Study of the Effectiveness of Practical Work as a Teaching and Learning Method in School Science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>

- Abrahams, I., & Reiss, M. (2012). Practical Work: Its Effectiveness in Primary and Secondary Schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(8), 1035–1055. <https://doi.org/10.1002/tea.21036>
- Afra, N. C., Osta, I., & Zoubeir W. (2009). Students' alternative conceptions about electricity and effect of inquiry-based teaching strategies. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(1), 103- 132. <https://doi.org/10.1007/s10763-007-9106-7>
- Bell, P., & Linn, M. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the Web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22, 797–817. <https://doi.org/10.1080/095006900412284>
- Becu-Robinault, K. (2002). Modelling activities of students during a traditional labwork. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 51-64). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Berg Van den, E. (2013). The PCK of Laboratory Teaching: Turning Manipulation of Equipment into Manipulation of Ideas. *Scientia in Educatione*, 4 (2), 74–92. <https://doi.org/10.14712/18047106.86>
- Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R.F., & Loughran, J.J. (1999). Helping Students Learn from Laboratory Work. *Australian Science Teachers Journal*, 45(1), 27-31.
- Chambers. S.K., and Andre, T. (1997) Gender. Prior Knowledge, Interest and Experience and Conceptual Change text Manipulations in Learning about Direct Current?. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 107-23. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199702\)34:2<107::AID-TEA2>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199702)34:2<107::AID-TEA2>3.0.CO;2-X)
- Chen, H.-T., Wang, H.-H., Lu, Y.-Y., Lin, H., & Hong, Z.-R. (2016). Using a modified argument-driven inquiry to promote elementary school students' engagement in learning science and argumentation. *International Journal of Science Education*, 38(2), 170–191. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1134849>
- Chiu, M. H., & Lin, J. W. (2005). Promoting Fourth Graders' Conceptual Change of Their Understanding of Electric Current via Multiple Analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 429- 464. <https://doi.org/10.1002/tea.20062>
- Clark, D. B., & Sampson, V. D. (2007). Personally-seeded discussions to scaffold online argumentation. *International Journal of Science Education*, 29(3), 253–277. <https://doi.org/10.1080/09500690600560944>
- Dkeidek, I., Mamlok-Naaman, R., & Hofstein, A. (2012). Assessment of the laboratory learning environment in an inquiry-oriented chemistry laboratory in Arab and Jewish high schools in Israel. *Learning Environments Research*, 15, 141–169. <https://doi.org/10.1007/s10984-012-9109-3>
- Dobber, M., Zwart, R., Tanis, M., & van Oers, B. (2017). Literature Review: The Role of the Teacher in Inquiry-Based Education. *Educational Research Review* 22, 194–214. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.002>
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287–312. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)

- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development. *Studies in Science Education*, 13, 105-122. <https://doi.org/10.1080/03057268608559933>
- Engelhardt, P.V. & R.J. Beichner (2004). Students' understanding of direct current resistive circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), <https://doi.org/98-115>. 10.1119/1.1614813
- Germann, P.J., S. Haskins, and S. Auls. 1996. Analysis of nine high school laboratory manuals: Promoting science inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 475-99. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199605\)33:5<475::AID-TEA2>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199605)33:5<475::AID-TEA2>3.0.CO;2-O)
- Gustone, R.F., (1991). Reconstructing theory from practical experience. In B.E. Woolnough (ed.), *Practical Science* (pp. 67-77). Milton Keynes: Open University Press.
- Heng, L. L., Surif, J., & Seng, C. H. (2015). Malaysian students' scientific argumentation: Do groups perform better than individuals? *International Journal of Science Education*, 37(3), 505–528. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.995147>
- Hodson, D. (1991). Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, 175–184. <https://doi.org/10.1080/03057269108559998>
- Hofstein, A., & Kind, P. (2012). Learning in and from science laboratories. In B. Fraser, K. Tobin & K. McRobbie (Eds.), *Second Handbook of Research in Science Teaching* (pp. 189-208). Dordrecht NL: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_15
- Holfstein, A., & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. *Science Education*, 88, 28-54. <https://doi.org/10.1002/sci.10106>
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis M., & Naaman-Mamlok., R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 791-806. <https://doi.org/10.1002/tea.20072>
- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2010). Labwork and learning in secondary school chemistry: The importance of teacher and student interaction. *Research in Science Education*, 40(4), 505-523. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9131-3>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Bugallo Rodríguez, A., & Duschl, R. A. (2000). “Doing the lesson” or “Doing Science”: argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757–792. [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200011\)84:6<757::AID-SCE5>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200011)84:6<757::AID-SCE5>3.0.CO;2-F)
- Katchevich, D., Mamlok-Naaman, R., & Hofstein, A. (2014). The characteristics of opened inquiry-type chemistry experiments that enable argumentative discourse. *Sisyphus-Journal of Education*, 2(2), 74-99. <https://doi.org/10.25749/sis.4067>
- Knight, A. M., McNeill, K. L., Corrigan, S., & Barber, J. (2013, April). Student assessments for reading and writing scientific arguments. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Knight, A. M., Alves, C. B., Cannady, M. A., McNeill, K. L., & Pearson, P. D. (2014, April). Assessing middle school students' abilities to critique scientific evidence. Paper presented at the annual meeting of NARST, Pittsburg, PA.
- Krajcik, J., & McNeill, K. (2009). Designing instructional materials to support students' in writing scientific explanations: using evidence and reasoning across the Middle School years. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Hyatt Regency Orange County, Garden Grove, CA.

- Kyza, E., Constantinou, C. P., & Spanoudis, G., (2011). Sixth graders' co-construction of explanations of a disturbance in an ecosystem: exploring relationships between grouping, reflective scaffolding and evidence-based explanations. *International Journal of Science Education*, 33(18), 2489-2525. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.550951>
- Luketic, C. D., & Dolan, E. L. (2013). Factors influencing student perceptions of high-school science laboratory environments. *Learning Environments Research*, 16, 37–47. <https://doi.org/10.1007/s10984-012-9107-5>
- Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. In N. Lederman, & S. Abel (Eds.). *Handbook of research on science education* (pp. 393-441). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- McDermott, L.C. & Shaffer, P.S. (1992). Research as a Guide for Curriculum Development: An Example from Introductory Electricity. Part i: Investigation of Student Understanding. *American Journal of physics*, 60(11), 994-1003. <https://doi.org/10.1119/1.17003>
- McNeill, K. L. (2011). Elementary students' views of explanation, argumentation and evidence and abilities to construct arguments over the school year. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 793-823. <https://doi.org/10.1002/tea.20430>
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In Lovett, M & Shah, P (Eds.), *Thinking with data* (pp. 233-265). New York, NY: Taylor & Francis Group, LLC.
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing*. New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J, Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1502_1
- Millar, R., & Abrahams, I. (2009). Practical work: Making it more effective. *School Science Review*, 91(334), 59-64.
- Millar, R., Tiberghien, A. & Le Maréchal, J. F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 9-20). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21, 553–576. <https://doi.org/10.1080/095006999290570>
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.

- Oliveira, H., & Bonito, J. (2023). Practical work in science education: a systematic literature review. *Frontiers in Education*, 8:1151641. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1151641>
- Osborne, J. (1998). Science education without a laboratory? In J.J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science. Which way now?* (pp. 156-173). London: Routledge.
- Phillips, L. M., & Norris, S. P. (1999). Interpreting popular reports of science: What happens when the reader's world meets the world on paper? *International Journal of Science Education*, 21, 317-327. <https://doi.org/10.1080/095006999290723>
- Ping, I. L. L., Halim, L., & Osman, K. (2019). Explicit Instruction of Scientific Argumentation in Practical Work: A Feasibility Study. *Creative Education*, 10, 1205-1229. <https://doi.org/10.4236/ce.2019.106091>
- Pun, J., & Ka Ching Cheung, K. (2021). Meaning Making in Collaborative Practical Work: A Case Study of Multimodal Challenges in a Year 10 Chemistry Classroom. *Research in Science & Technological Education* 41(1), 271–288. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1895101>
- Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J., & Witte, S. (2013). Writing to learn by learning to write during the school science laboratory: Helping middle and high school students develop argumentative writing skills as they learn core ideas. *Science Education*, 97(5), 643–670. <https://doi.org/10.1002/sce.21069>
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217-257. <https://doi.org/10.1002/sce.20421>
- Sampson, V., & Walker, J. P. (2012). Argument-driven inquiry as a way to help undergraduate students write to learn by learning to write in chemistry. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1443–1485. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.667581>
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536. <https://doi.org/10.1002/tea.20009>
- Sander, F., Schecker, H., & Niedderer, H. (2002). Computer tools in the lab—Effects linking theory and experiment. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 219-230). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Sandoval, W. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *The Journal of the Learning Sciences*, 12, 5–51. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1201_2
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2301_2
- Sharpe, R., & Abrahams, I. (2019). Secondary School Students' Attitudes to Practical Work in Biology, Chemistry and Physics in England. *Research in Science & Technological Education* 38(1): 84–104. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1597696>

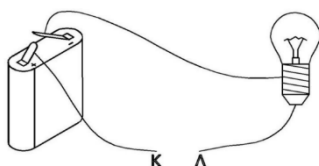
- Spaan, W., Oostdam, R., Schuitema, J., & Pijls, M. (2022). Analysing teacher behaviour in synthesizing hands-on and minds-on during practical work. *Research in Science & Technological Education*, 42(6), 1–18. <https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2098265>
- Songer, N. B. & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), 141-165.
- Skoumios, M., & Passalis, N. (2010). Chemistry laboratory activities: The link between practice and theory. *The International Journal of Learning*, 17, 101-114. <https://doi.org/10.18848/1447-9494/CGP/v17i06/47101>
- Theyßen, H. V., Aufschnaiter, S., & Schumacher, D. (2002). Development and evaluation of a laboratory course in physics for medical students. In D. Psillos, & H. Niederrerr (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 91-104). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers
- Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. In R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (Eds.). *Improving science education: The contribution of research* (pp. 27-47). Buckingham: Open University Press.
- Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J. F., Buty, C., & Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85, 483-508. <https://doi.org/10.1002/sce.1020>
- Todas, A. & Skoumios, M. (2014). Practical Work in Primary Science: Actions and Verbalized Knowledge. *The International Journal of Early Childhood Learning*, 20, 37-50. <https://doi.org/10.18848/2327-7939/CGP/v20i02/58951>
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Woolnough B. (1995). School effectiveness for different types of potential scientists and engineers. *Research in Science and Technological Education*, 13, 53-66. <https://doi.org/10.1080/0263514950130105>
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35–62. <https://doi.org/10.1002/tea.10008>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Η πειραματική δραστηριότητα 3

Το ρεύμα περνά μέσα από όλα τα υλικά;

Η Μαρία και οι συμμαθητές της θέλουν να μάθουν αν το ρεύμα περνά μέσα από όλα τα υλικά. Έφτιαξαν το παρακάτω κύκλωμα.



Σκέφτονται να τοποθετήσουν στα σημεία Κ και Λ διαδοχικά μια ξύλινη οδοντογλυφίδα, ένα σιδερένιο καρφί, ένα πλαστικό καλαμάκι και μια λωρίδα αλουμινόχαρτο και να δουν αν το λαμπάκι ανάβει. Όμως, διαφωνούν μεταξύ τους. Ορισμένα παιδιά λένε ότι το ρεύμα περνά από όλα τα παραπάνω αντικείμενα. Άλλα παιδιά λένε ότι το ρεύμα περνά από κάποια από τα παραπάνω αντικείμενα και δεν περνά από κάποια άλλα. Επειδή διαφωνούν αποφάσισαν να κάνουν μια έρευνα.

Ποιο ερώτημα έχουν να ερευνήσουν;

.....
.....

Ποια είναι η άποψή σου;

.....
.....

Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

Υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στις απαντήσεις σας; Αν ναι ποιες είναι αυτές;

.....
.....

Προσπάθησε να πείσεις τους συμμαθητές για την άποψη που έχεις προτείνει. Παρουσίασε τους λόγους για τους οποίους υποστηρίζεις τη δική σου άποψη.

.....
.....

Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, ποιο ερώτημα έχετε να ερευνήσετε;

.....
.....

Για να απαντήσετε στο παραπάνω ερώτημα θα κάνετε μια έρευνα. Για να σχεδιάσετε την έρευνα, απαντήστε στα παρακάτω ερωτήματα.

Τι θα αλλάξουμε;

.....
.....

Τι θα ελέγξουμε;

.....
.....

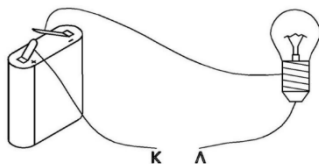
Τι θα κρατήσουμε ίδια;

.....
.....

Τι θα χρειαστούμε;

.....
.....

Τι θα κάνουμε;



.....
.....

Αφού κάνετε την έρευνα, παρουσιάστε τα αποτελέσματα στον παρακάτω πίνακα.

| Αντικείμενο | Ανάβει το λαμπάκι | Δεν ανάβει το λαμπάκι |
|-------------|-------------------|-----------------------|
| | | |
| | | |
| | | |

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω αποτελέσματα προσπάθησε να απαντήσεις στο παρακάτω ερώτημα και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου:

Το ρεύμα περνά μέσα από όλα τα υλικά;

.....
.....

Ότι έγραψες παραπάνω θα το ονομάσουμε «αρχικό» επιχείρημα.

Απάντησε τις ερωτήσεις του πίνακα για να ελέγξεις μόνος σου το επιχείρημά σου.

| Ερωτήσεις | Ναι | Όχι |
|--|-----|-----|
| Έγραψα μια απάντηση στην ερώτηση; | | |
| Η απάντησή μου είναι μια ολοκληρωμένη πρόταση; | | |
| Έγραψα στοιχεία που υποστηρίζουν την απάντησή μου; | | |
| Είναι τα στοιχεία που έγραψα αυτά που περιλαμβάνονται στον πίνακα των αποτελεσμάτων; | | |
| Έγραψα προτάσεις που συνδέουν τα στοιχεία με την απάντησή μου; | | |
| Αυτά που έγραψα δείχνουν γιατί τα στοιχεία υποστηρίζουν την απάντησή μου; | | |

Με βάση τις απαντήσεις σου στο παραπάνω πίνακα προσπάθησε να απαντήσεις ξανά στο παρακάτω ερώτημα και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

Το ρεύμα περνά μέσα από όλα τα υλικά;

Γράψε την απάντησή σου.

.....
.....

Γράψε τα στοιχεία εκείνα που υποστηρίζουν την απάντησή σου.

.....
.....

Γράψε προτάσεις που να συνδέουν τα στοιχεία που έγραψες με την απάντησή σου και να δείχνουν γιατί τα στοιχεία υποστηρίζουν την απάντησή σου.

.....
.....

Συζητήστε τις απαντήσεις σας στα παραπάνω ερωτήματα με τους συμμαθητές σας.

Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου προσπάθησε να απαντήσεις ξανά στο παρακάτω ερώτημα και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

Το ρεύμα περνά μέσα από όλα τα υλικά;

.....
.....

Ό,τι έγραψες παραπάνω θα το ονομάσουμε «τελικό» επιχείρημα.

Διάβασε ξανά το «αρχικό» επιχείρημα που είχες γράψει. Είναι ίδιο με το «τελικό» επιχείρημα; Υπάρχουν διαφορές;

.....
.....

Θεωρείς ότι το «τελικό» επιχείρημα είναι καλύτερο από το «αρχικό» επιχείρημα; Γιατί;

.....
.....