

ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Γεώργιος Στύλος¹, Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης²

¹Ε.ΔΙ.Π., ²Καθηγητής

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτική Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

gstylos@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πείραμα κατέχει πρωταγωνιστικό ρόλο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Ο στόχος του προσανατολίζεται κυρίως στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και του ενδιαφέροντος για τη μελέτη των φυσικών φαινομένων, φέρνοντας τους μαθητές πιο κοντά στην καθημερινή πραγματικότητα που βιώνουν οι επιστήμονες που εργάζονται σε αυτούς τους τομείς της γνώσης, ενώ παράλληλα προάγεται η μάθηση και η κριτική σκέψη των μαθητών. Η παρούσα έρευνα εξετάζει τις απόψεις, τις πρακτικές και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί αναφορικά με την πειραματική διδασκαλία. Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από 258 εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Το εργαλείο της έρευνας από ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (Likert scale). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι πολλοί εκπαιδευτικοί αποφεύγουν τα πειράματα λόγω έλλειψης πόρων, περιορισμένου διδακτικού χρόνου και ανεπαρκούς κατάρτισης. Η εργασία αναδεικνύει τη σημασία της βιωματικής μάθησης και προτείνει στοχευμένη επιμόρφωση για την υποστήριξη των εκπαιδευτικών στην ενσωμάτωση των πειραμάτων στη διδασκαλία τους και λύσεις για την ενίσχυση της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών.

Λέξεις κλειδιά: πείραμα, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, απόψεις, πρακτικές, εκπαιδευτικοί

Στύλος, Γ., & Κώτσης, Κ.Θ. (2025). *Το Πείραμα στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στην Ελλάδα*, 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

HANDS-ON EXPERIMENTS IN PRIMARY EDUCATION SCIENCE TEACHING IN GREECE

Georgios Stylos¹, Konstantinos T. Kotsis²

¹Teaching Staff, ²Professor

Department of Primary Education, University of Ioannina, Greece

gstylos@uoi.gr

ABSTRACT

Experiments play a leading role in the teaching of science. Its primary goal is to develop skills and foster interest in studying natural phenomena, bringing students closer to the everyday reality experienced by scientists working in these fields of knowledge while also promoting students' learning and critical thinking. This research examines primary teachers' views, practices, and challenges regarding experimental teaching. The research sample consists of 258 primary teachers. The research tool consists of multiple-choice questions (Likert scale). The results show that many teachers avoid hands-on- experiments due to a lack of resources, limited teaching time, and inadequate training. The study highlights the importance of experiential learning. It suggests targeted professional development to support teachers in integrating experiments into their teaching and solutions to enhance the experimental teaching of Sciences.

Keywords: hands-on- experiment, Primary Education, views, practice, teachers

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών αποτελεί μια πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς, καθώς καλούνται να διδάξουν στους μαθητές σύνθετες έννοιες και φαινόμενα που συχνά δεν είναι άμεσα ορατά ή κατανοητά. Τα πειράματα παίζουν καθοριστικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία, προσφέροντας μια μοναδική ευκαιρία για πρακτική εφαρμογή της θεωρίας, ενθαρρύνοντας την ενεργή συμμετοχή των μαθητών καλλιεργώντας τους τον επιστημονικό τρόπο σκέψης (Duit & Tesch, 2010). Ωστόσο, πολλοί εκπαιδευτικοί αποφεύγουν τη διεξαγωγή πειραμάτων λόγω έλλειψης πόρων, περιορισμένου χρόνου ή έλλειψης κατάλληλης κατάρτισης σε εργαστηριακές δεξιότητες (Κουμαράς, 2017; Στύλος, 2014). Αυτές οι προκλήσεις συχνά οδηγούν στη θεωρητική διδασκαλία, στερώντας από τους μαθητές την ευκαιρία να βιώσουν τη μαγεία της επιστήμης μέσω της πρακτικής εργασίας. Σε αυτό το πλαίσιο, η χρήση απλών πειραμάτων με καθημερινά υλικά αποτελεί

μια εξαιρετική εναλλακτική που μπορεί να γεφυρώσει ως ένα βαθμό το χάσμα. Τα πειράματα με υλικά που βρίσκονται εύκολα στο σπίτι ή την τάξη, όπως μαγειρική σόδα, ξύδι, καλώδια και μπαταρίες, επιτρέπουν στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με επιστημονικές έννοιες με τρόπο απλό και κατανοητό. Η προσέγγιση αυτή καθιστά τη μάθηση πιο εύκολη, μειώνοντας τα εμπόδια που συναντούν οι εκπαιδευτικοί, ενώ παράλληλα ενισχύει τη σύνδεση των μαθητών με την επιστήμη μέσα από οικεία αντικείμενα (Κουμαράς, 2017). Τα απλά πειράματα όχι μόνο διευκολύνουν την κατανόηση, αλλά και ενθαρρύνουν την περιέργεια και τη δημιουργικότητα, καθιστώντας τη διδασκαλία πιο ελκυστική και διαδραστική. Επιπλέον, προάγουν την ομαδική εργασία και τη συνεργασία, καλλιεργώντας κοινωνικές δεξιότητες πολύτιμες τόσο στην επιστημονική έρευνα όσο και στην καθημερινή ζωή (Snetinová et al., 2018). Επομένως, σύμφωνα με Κουμαρά και Πιερράτο (2022, σελ. 21): *“Η χρησιμοποίηση υλικών καθημερινής χρήσης για την εκτέλεση πειραμάτων δεν αντιμετωπίζεται, από τις αρχές ήδη της δεκαετίας του ’80, ως λύση ανάγκης, λόγω του χαμηλού κόστους και της εύκολης εύρεσής τους, αλλά ως επιλογή...”*. Σε αυτό το πλαίσιο, η παρούσα εργασία διερευνά τις απόψεις και τις πρακτικές των εκπαιδευτικών σχετικά με την ενσωμάτωση των πειραμάτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο.

Η αξία των πειραμάτων στη διδασκαλία των Φυσικών επιστημών

Τα πειράματα αποτελούν αναπόσπαστο και ζωτικό συστατικό της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών (Simon, 2015). Πρωτίστως, επιτρέπουν στους μαθητές να συμμετάσχουν σε διαδικασίες πρακτικής εργασίας, καθιστώντας τις επιστημονικές έννοιες πιο απτές και πιο εύκολα κατανοητές (Theilmann, 2022). Μέσω του χειρισμού μεταβλητών και της παρατήρησης των αποτελεσμάτων, οι μαθητές μπορούν να δουν άμεσα τα φαινόμενα και νόμους που μελετούν σε δράση. Η διεξαγωγή και ο σχεδιασμός πειραμάτων προάγει την κριτική σκέψη και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων (Trúsikoná & Velmónská, 2022). Οι μαθητές μαθαίνουν να θέτουν ερωτήσεις, να κάνουν προβλέψεις και υποθέσεις, να σχεδιάζουν πειράματα, να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα και να εξάγουν συμπεράσματα βάσει δεδομένων (Hırca, 2013; Qing et al., 2010). Η διαδικασία αυτή ενθαρρύνει τη βαθύτερη κατανόηση της επιστημονικής μεθόδου (Yakob et al., 2020). Επιπλέον, τα πειράματα καθιστούν την επιστήμη διαδραστική και ελκυστική, γεγονός που μπορεί να αυξήσει το ενδιαφέρον και τα κίνητρα των μαθητών (Holstermann et al., 2009; Snetinová et al., 2018). Όταν οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά σε πειράματα, είναι πιο πιθανό να είναι περίεργοι και ενθουσιώδεις για τη μάθηση. Τα πειράματα καταδεικνύουν τη σημασία της επιστήμης στην καθημερινή ζωή. Συνδέοντας τη μάθηση στην τάξη με πραγματικές καταστάσεις, οι μαθητές μπορούν να εκτιμήσουν καλύτερα τη σημασία της επιστημονικής γνώσης και τις εφαρμογές της σε διάφορους τομείς (Imaduddin & Hidayah, 2019; Kotsis, 2024). Πολλά πειράματα απαιτούν ομαδική εργασία, ενισχύοντας τη συνεργασία και τις επικοινωνιακές δεξιότητες μεταξύ των μαθητών. Η εργασία σε ομάδες τους βοηθά να μάθουν πώς να μοιράζονται ιδέες, να κατανέμουν εργασίες και να συζητούν τα αποτελέσματα, που είναι πολύτιμες δεξιότητες τόσο στην επιστήμη όσο και πέραν

αυτής (Aydin, 2016). Τέλος, τα πειράματα συχνά περιλαμβάνουν απροσδόκητα αποτελέσματα ή λάθη. Η εκμάθηση του τρόπου αντιμετώπισης προβλημάτων, ανάλυσης λαθών και βελτίωσης των πειραματικών δεξιοτήτων είναι μια κρίσιμη πτυχή της επιστημονικής έρευνας (Manz & Suárez, 2018). Συνολικά, τα πειράματα αποτελούν ζωτικό συστατικό της επιστημονικής εκπαίδευσης, βοηθώντας τους μαθητές να κατανοήσουν τη φύση της επιστήμης, να αναπτύξουν βασικές δεξιότητες και να καλλιεργήσουν ένα δια βίου ενδιαφέρον για το αντικείμενο.

Απλά πειράματα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Τα επιστημονικά πειράματα αποτελούν θεμελιώδη πυλώνα της επιστήμης (Samuel & König-Ries, 2021). Το επιστημονικό πείραμα είναι μια συστηματική και ελεγχόμενη διαδικασία που χρησιμοποιείται για να δοκιμαστεί μια υπόθεση, να εξερευνηθεί μια παρατήρηση ή να προσδιοριστούν οι αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ μεταβλητών. Στα επιστημονικά πειράματα, οι ερευνητές αλλάζουν μια ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές και παρατηρούν τις επιπτώσεις τους στις εξαρτημένες μεταβλητές, διατηρώντας όλες τις άλλες συνθήκες σταθερές για να εξασφαλιστεί ότι τα αποτελέσματα δεν επηρεάζονται από εξωτερικούς παράγοντες. Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός επιστημονικού πειράματος αποτελούν η υπόθεση, οι ελεγχόμενες, ανεξάρτητες και εξαρτημένες μεταβλητές καθώς και η επαναληψιμότητα (Lewis, 2020). Τα επιστημονικά πειράματα που πραγματοποιούνται στο σχολικό περιβάλλον αποτελούν τεχνητά φυσικά φαινόμενα με στόχο την αναγνώριση ενός φυσικού νόμου που έχει ήδη ανακαλυφθεί (Tina, 2014). Βασικά χαρακτηριστικά ενός σχολικού πειράματος αποτελούν:

- ❖ Η σαφήνεια και απλότητα με την οποία παρουσιάζεται ή εξηγείται μια αρχή ενός φυσικού φαινομένου μέσα από ένα πείραμα.
 - Αναφέρεται στη μείωση ή την εξάλειψη των επιπλέον, ανεπιθύμητων φαινομένων που μπορεί να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια ενός πειράματος και να αλλοιώσουν τα αποτελέσματά του. Αυτά τα επιπλέον φαινόμενα είναι ανεξέλεγκτες επιδράσεις ή σφάλματα που δεν σχετίζονται με το φαινόμενο που το πείραμα έχει σχεδιαστεί να μελετήσει. Η μείωσή τους είναι ζωτικής σημασίας για να επιτευχθεί η διαφάνεια στην παρουσίαση της αρχής του φυσικού φαινομένου, ώστε το πείραμα να αποκαλύπτει ξεκάθαρα το ζητούμενο φαινόμενο.
 - Σημασία της εστίασης στην ποιοτική κατανόηση του φαινομένου αντί να επικεντρώνεται στην ποσοτική μέτρηση κατά τη διάρκεια ενός πειράματος, ειδικά όταν οι μετρήσεις δεν είναι απαραίτητες για την κατανόηση της βασικής αρχής. Η έμφαση στην ποιοτική αντί για την ποσοτική προσέγγιση σε ένα πείραμα επιτρέπει στους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τις θεμελιώδεις αρχές του φαινομένου που μελετούν, χωρίς να αποσπάται η προσοχή τους από περιττές και περίπλοκες μετρήσεις.
 - Σημασία της πολυαισθητηριακής προσέγγισης κατά την εκτέλεση ενός πειράματος από τους μαθητές, δηλαδή στην αντίληψη και κατανόηση του πειράματος μέσω όλων των αισθήσεων, όπως η όραση, η ακοή, η αφή, η όσφρηση και, σε κάποιες περιπτώσεις, η

γέυση. Η χρήση όλων των αισθήσεων κατά την εκτέλεση ενός πειράματος κάνει τη μάθηση πιο ζωντανή, ενισχύει την κατανόηση των φυσικών φαινομένων και συμβάλλει στη δημιουργία πιο ολοκληρωμένων μαθησιακών εμπειριών.

- Αναφέρεται στη χρήση κοινών, καθημερινών αντικειμένων στα πειράματα, έτσι ώστε να μην αποσπάται η προσοχή των μαθητών από την κύρια δραστηριότητα του πειράματος και να μπορούν να επικεντρωθούν σε αυτό. Αντί να χρησιμοποιούνται πολύπλοκα ή εξειδικευμένα επιστημονικά όργανα, χρησιμοποιούνται αντικείμενα που οι μαθητές ήδη γνωρίζουν και χρησιμοποιούν στην καθημερινή τους ζωή. Αυτό διευκολύνει την κατανόηση και την εξοικείωση με το πείραμα. Επίσης, οι μαθητές δεν χρειάζεται να ανησυχούν για την πολυπλοκότητα των συσκευών, εργαλείων ή των υλικών. Αυτό τους επιτρέπει να εστιάσουν στην κατανόηση των βασικών εννοιών και διαδικασιών του πειράματος. Επιπλέον, η χρήση καθημερινών υλικών βοηθά τους μαθητές να συνδέσουν τις επιστημονικές έννοιες με τις καθημερινές τους εμπειρίες, κάνοντάς τις πιο κατανοητές και σχετικές με τη ζωή τους. Τέλος, εάν χρησιμοποιούνται εξειδικευμένα ή ακριβά εργαλεία ή συσκευές, οι μαθητές μπορεί να αποσπώνται από το κύριο στόχο του πειράματος, επικεντρώνοντας την προσοχή τους στην αναγνώριση ή τη χρήση αυτών των εργαλείων αντί να εστιάζουν στην επιστημονική αρχή που διδάσκεται.

- ❖ Η ενεργός συμμετοχή των μαθητών
Τα πειράματα θα πρέπει να εφαρμόζονται από τους μαθητές τόσο στο σχολείο όσο και στο σπίτι.
- ❖ Η εύκολη και ασφαλής εκτέλεση (Tina, 2014).
Οι συσκευές και τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια απλών πειραμάτων πρέπει να είναι κατάλληλα για εύκολη και ασφαλή χρήση από τους μαθητές. Επομένως θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν:
 - Ένας ελάχιστος αριθμός αντικειμένων
 - Μικρά αντικείμενα ώστε οι μαθητές να μπορούν εύκολα να εργαστούν με αυτά
 - Ελάχιστα ειδικά αντικείμενα και συσκευές
 - Καθημερινά αντικείμενα και υλικά γνωστά στους μαθητές
 - Αντικείμενα χαμηλού κόστους
 - Ασφαλή αντικείμενα

Γιατί οι εκπαιδευτικοί δεν πραγματοποιούν πειράματα

Η μη διεξαγωγή πειραμάτων στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών σε σχολεία Πρωτοβάθμιας αλλά και της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες. Πρώτον, η έλλειψη πόρων, όπως εξοπλισμού, υλικών ή κατάλληλων εργαστηριακών χώρων, δυσχεραίνει τη διεξαγωγή πειραμάτων (Κουμαράς, 2002; Κώτσης, 2001; Κώτσης, 2005; Κώτσης, & Μπασιάκος, 2009; Στύλος, 2014). Δεύτερον, οι περιορισμοί χρόνου στο ήδη επιβαρυνόμενο πρόγραμμα σπουδών ωθούν τους εκπαιδευτικούς να επικεντρώνονται στη θεωρητική διδασκαλία, καθώς τα πειράματα απαιτούν χρόνο για την προετοιμασία και τη διεξαγωγή τους (Κώτσης, & Μπασιάκος,

2009; Στύλος, 2014). Επιπλέον, οι ανησυχίες για την ασφάλεια, ειδικά σε τάξεις με μεγάλο αριθμό μαθητών (Κουμαράς, 2002; Κώτσης, & Μπασιάκος, 2009), καθώς και η ανεπαρκής κατάρτιση των εκπαιδευτικών σε εργαστηριακές δεξιότητες (Στύλος, 2014), συμβάλλουν στην αποφυγή πραγματοποίησης των πειραμάτων. Επίσης, ορισμένοι εκπαιδευτικοί μπορεί να μην αισθάνονται εμπιστοσύνη για την ικανότητά τους να διδάξουν Φυσικές Επιστήμες ή να μην έχουν βαθιά κατανόηση των επιστημονικών εννοιών και κατά συνέπεια να πραγματοποιήσουν πειράματα (Jarvis & Pell, 2004; Markwick & Reiss, 2023). Τέλος, αρκετοί εκπαιδευτικοί υποστηρίζουν πως στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών θα πρέπει να αξιοποιούνται επιστημονικά όργανα ακριβείας, ή ειδικές συσκευές σε εργαστήρια (Χαλκιά, 2021).

Πειράματα με καθημερινά υλικά

Η ενσωμάτωση επιστημονικών πειραμάτων με καθημερινά υλικά στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση προσφέρει πολλά οφέλη που ενισχύουν τη μάθηση και την εμπλοκή των μαθητών (Dvorak, 2019; Juhásoná & Kireš, 2024). Αυτά τα υλικά τα οποία είναι χαμηλού οικονομικού κόστους και εύκολα προσβάσιμα, επιτρέπουν στους μαθητές να αλληλεπιδρούν άμεσα με επιστημονικές έννοιες με έναν απτό και οικείο τρόπο (Juhásoná & Kireš, 2024) και να έχουν τη δυνατότητα να τα επαναλάβουν μόνοι τους στο σπίτι (Dvorak, 2019; Juhásoná & Kireš, 2024; Trna, 2014). Χρησιμοποιώντας γνωστά αντικείμενα, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν ουσιαστικές συνδέσεις μεταξύ επιστημονικών θεωριών και εννοιών και του πραγματικού κόσμου, καθιστώντας αυτές τις έννοιες πιο κατανοητές για τους μαθητές (Josey et al., 2024; Stylos & Kotsis, 2021a, 2021b). Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα είναι η προώθηση της περιέργειας, δημιουργικότητας και του ενδιαφέροντος (García-Cañadas et al., 2021; da Silva Crisóstomo, 2017; Yitbarek, 2012). Τα πειράματα διατηρούν την προσοχή των μαθητών πολύ πιο αποτελεσματικά από τις παραδοσιακές διαλέξεις, μετατρέποντας την τάξη σε ένα διαδραστικό περιβάλλον μάθησης. Για παράδειγμα, δραστηριότητες όπως η κατασκευή ηφαιστείου με μαγειρική σόδα και ξύδι ή η χρήση μαγνητών για την εξερεύνηση της έλξης και της απώθησης κάνουν την επιστήμη διασκεδαστική και εκπαιδευτική, προκαλώντας έτσι το διαρκές ενδιαφέρον των μαθητών για το μάθημα. Επιπλέον, αυτά τα πειράματα βοηθούν στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων. Καθώς οι μαθητές πειραματίζονται, αντιμετωπίζουν απρόσμενα αποτελέσματα, γεγονός που τους παρακινεί να θέτουν ερωτήματα, να βελτιώνουν τις υποθέσεις τους και να δοκιμάζουν ξανά (da Silva Crisóstomo, 2017; Josey et al., 2024; Juhásoná & Kireš, 2024). Επιπλέον, τα επιστημονικά πειράματα με καθημερινά υλικά προάγουν τη συνεργασία και την ομαδική εργασία (Josey et al., 2024; Juhásoná & Kireš, 2024). Πολλές δραστηριότητες απαιτούν από τους μαθητές να εργάζονται σε ομάδες, κάτι που όχι μόνο αναπτύσσει τις κοινωνικές τους δεξιότητες, αλλά επίσης ενθαρρύνει την ανταλλαγή ιδεών και τη συλλογική επίλυση προβλημάτων (Josey et al., 2024). Αυτό το συνεργατικό περιβάλλον βοηθά τους μαθητές να μάθουν να επικοινωνούν αποτελεσματικά και να συνεργάζονται για την επίτευξη κοινών στόχων (Juhásoná & Kireš, 2024). Συμπερασματικά, η

ενσωμάτωση καθημερινών υλικών στα επιστημονικά πειράματα προσφέρει μια πλούσια, πολύπλευρη προσέγγιση στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, καθιστώντας την επιστήμη πιο προσιτή, ενδιαφέρουσα και ουσιαστική για τους νεαρούς μαθητές.

ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

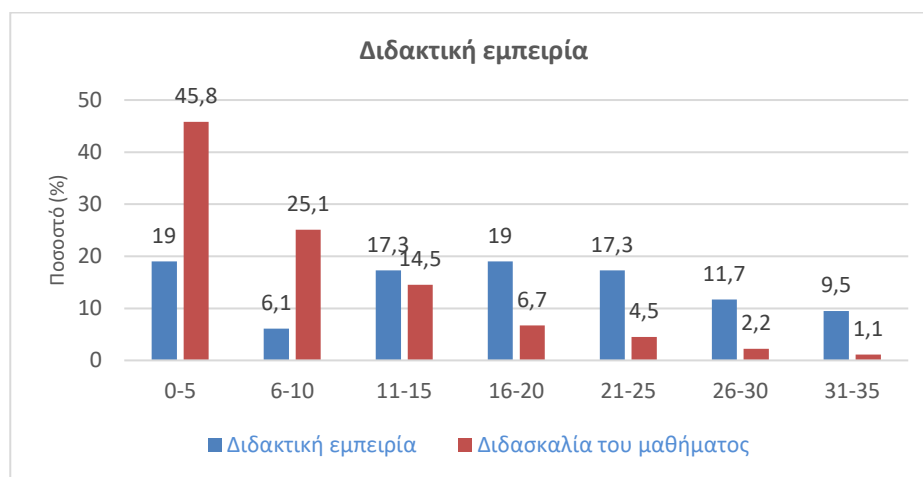
Η έρευνα διερευνά τις απόψεις, τις πρακτικές και τις προκλήσεις εκπαιδευτικών για την ενσωμάτωση του πειράματος στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.

Τα ερευνητικά ερωτήματα είναι τα εξής:

1. Ποιες είναι οι τρέχουσες πρακτικές και απόψεις των εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με τη χρήση πειραμάτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών;
2. Ποιες προκλήσεις αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί κατά την εφαρμογή πειραματικών δραστηριοτήτων στα μαθήματά τους;

Το δείγμα της έρευνας

Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από 358 εκπαιδευτικούς (28,5% άνδρες και 71,5% γυναίκες), επιλεγμένους μέσω βολικής δειγματοληψίας (Creswell, 2012). Όσον αφορά την εκπαίδευσή τους, το 8,4% των συμμετεχόντων κατείχαν μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών συναφές με τις Φυσικές Επιστήμες, το 58,1% κατείχαν μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών σε άλλα γνωστικά αντικείμενα, ενώ το 33,5% δεν είχε μεταπτυχιακό τίτλο. Η κατανομή των ετών υπηρεσίας των εκπαιδευτικών παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.



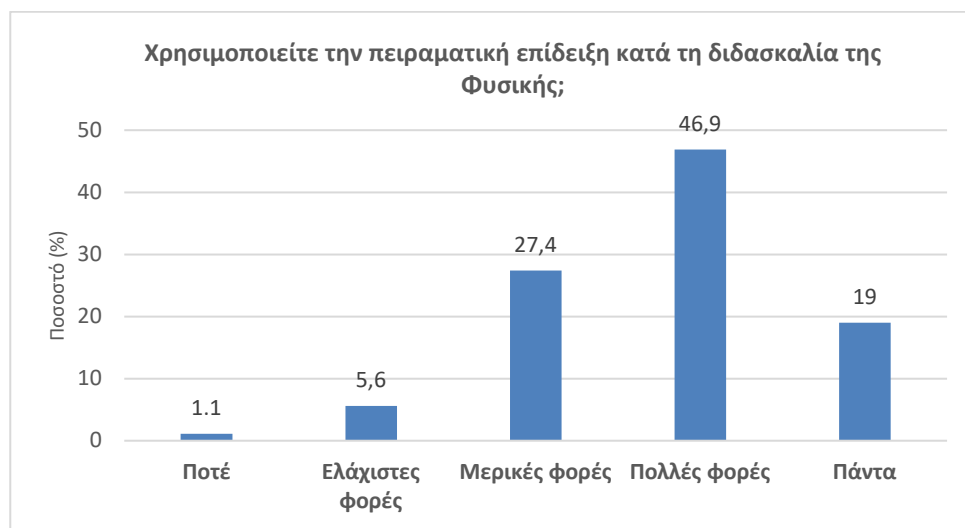
Σχήμα 1. Η κατανομή των εκπαιδευτικών ως προς τη συνολική διδακτική εμπειρία και τη διδασκαλία του γνωστικού αντικείμενου των Φυσικών Επιστημών.

Το εργαλείο της έρευνας

Το εργαλείο της έρευνας αποτελείται από τρία μέρη. Το πρώτο μέρος αποτελείται από ερωτήσεις που αφορούν το φύλο, τη γενική διδακτική εμπειρία, τα χρόνια διδασκαλίας των μαθήματος «Φυσικά» και την κατοχή ή όχι μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών. Το δεύτερο μέρος αποτελείται από τέσσερις ερωτήσεις πενταβάθμιας κλίμακας Likert (1=Ποτέ, 2=Ελάχιστες φορές, 3= Μερικές φορές, 4= Πολλές φορές, 5=Πάντα) που διερευνούν τον τρόπο αξιοποίησης του πειράματος (επίδειξη ή από τους μαθητές) καθώς και τους λόγους για εκείνους που δεν το αξιοποιούν. Το τρίτο μέρος περιλαμβάνει ερωτήσεις πενταβάθμιας κλίμακας Likert (1=Ποτέ, 2= Σε λίγα μαθήματα, 3= Σε αρκετά μαθήματα, 4= Σε πολλά μαθήματα, 5= Σχεδόν σε κάθε μάθημα) που εξετάζουν τις πρακτικές που ακολουθούν οι εκπαιδευτικοί όταν διδάσκουν το μάθημα των Φυσικών Επιστημών (TIMSS, 2015). Τέλος, τέθηκε στους συμμετέχοντες το ερώτημα σχετικά με τις αλλαγές που θεωρούν απαραίτητες στη διδασκαλία του μαθήματος.

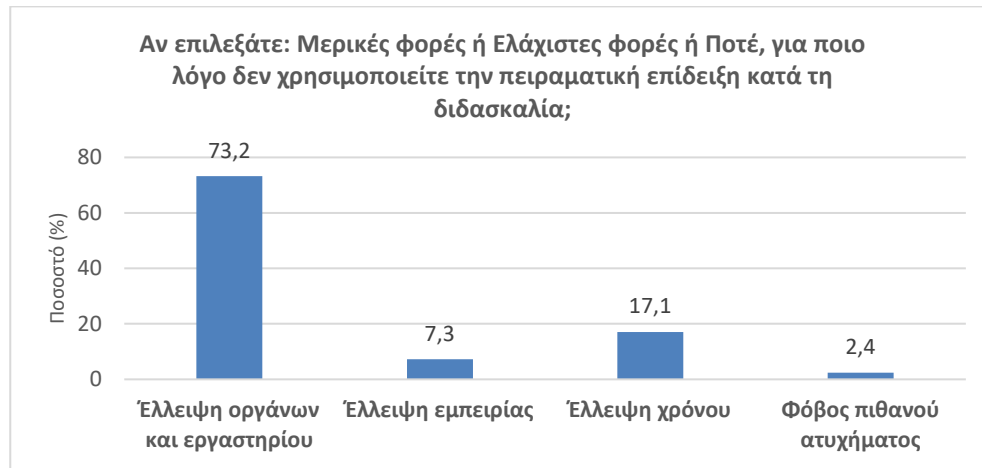
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στην ερώτηση αν χρησιμοποιούν την πειραματική επίδειξη κατά τη διδασκαλία της Φυσικής παρατηρήθηκε ότι η πλειονότητα των εκπαιδευτικών (46.9%) χρησιμοποιεί την πειραματική επίδειξη πολλές φορές κατά τη διδασκαλία της Φυσικής, ενώ ένα σημαντικό ποσοστό (27.4%) τη χρησιμοποιεί μερικές φορές. Ένα μικρό ποσοστό των εκπαιδευτικών (1.1%) δεν χρησιμοποιεί ποτέ πειραματική επίδειξη, ενώ το 19% την χρησιμοποιεί πάντα (Σχήμα 2).



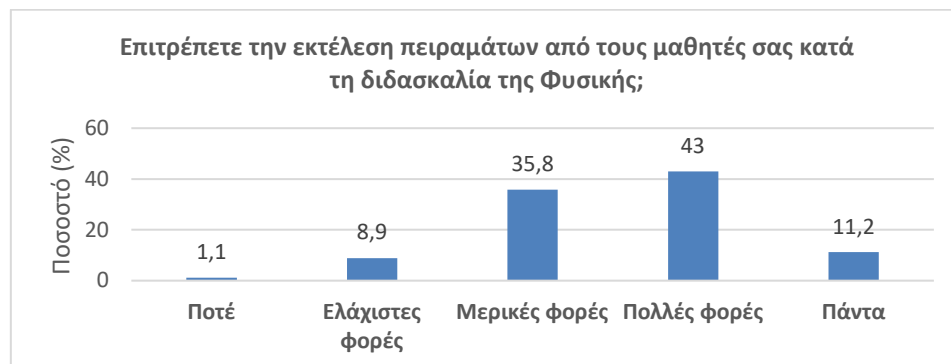
Σχήμα 2. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στην ερώτηση «Χρησιμοποιείτε την πειραματική επίδειξη κατά τη διδασκαλία της Φυσικής;»

Οι εκπαιδευτικοί που απάντησαν ποτέ, ελάχιστες ή μερικές φορές στην αξιοποίηση της πειραματικής επίδειξης αναφέρουν ως κυριότερη αιτία την έλλειψη οργάνων και εργαστηρίου (73.2%), ενώ η έλλειψη χρόνου (17.1%) και η έλλειψη εμπειρίας (7.3%) είναι επίσης σημαντικοί παράγοντες (Σχήμα 3). Ο φόβος πιθανού ατυχήματος φαίνεται να απασχολεί λιγότερο τους εκπαιδευτικούς (2.4%).



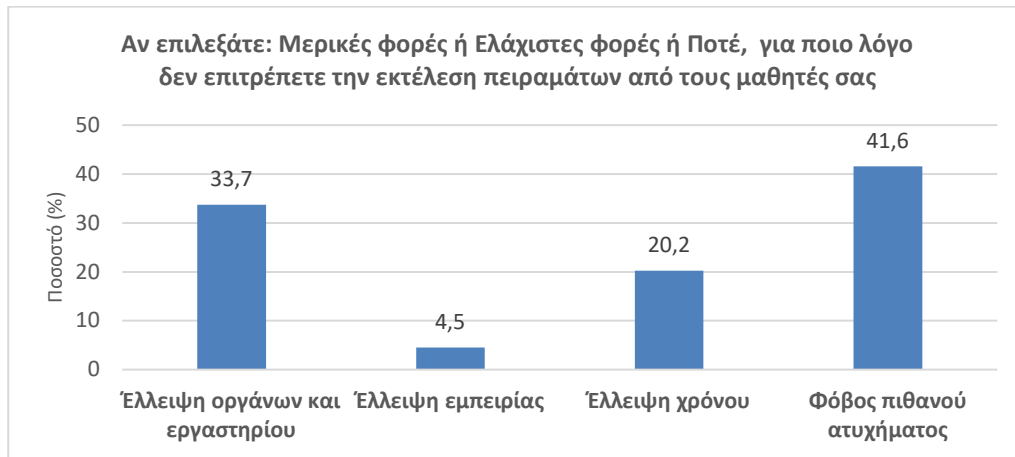
Σχήμα 3. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στην ερώτηση «Για ποιο λόγο δεν χρησιμοποιείτε την πειραματική επίδειξη κατά τη διδασκαλία;»

Η μεγαλύτερη μερίδα των εκπαιδευτικών (43%) επιτρέπει στους μαθητές να εκτελούν πειράματα πολλές φορές, ενώ ένα αρκετά σημαντικό ποσοστό (35.79%) το κάνει μερικές φορές. Το 11.2% των εκπαιδευτικών επιτρέπει πάντα την εκτέλεση πειραμάτων, ενώ το 8.9% το κάνει ελάχιστες φορές. Ένα μικρό ποσοστό (1.1%) δεν επιτρέπει ποτέ την εκτέλεση πειραμάτων από τους μαθητές (Σχήμα 4).



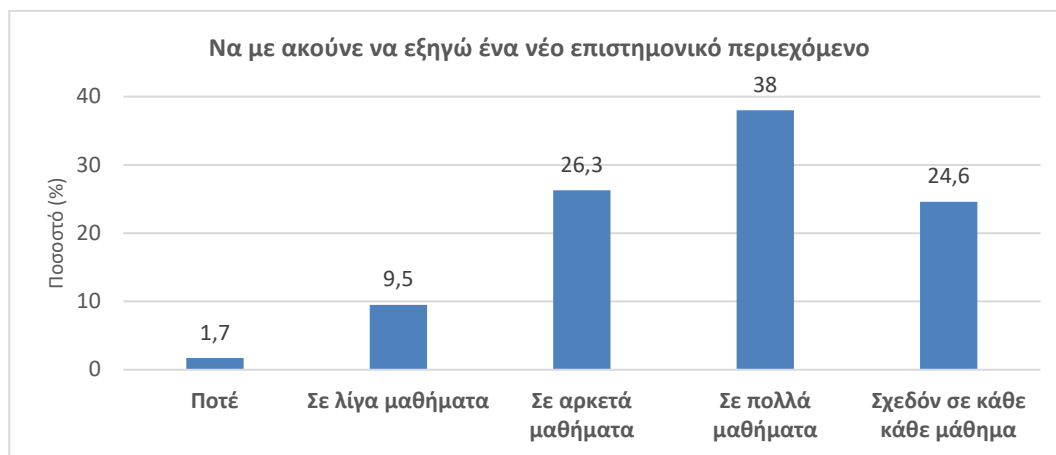
Σχήμα 4. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στην ερώτηση «Επιτρέπετε την εκτέλεση πειραμάτων από τους μαθητές σας κατά τη διδασκαλία της Φυσικής;»

Ο κυριότερος λόγος που αναφέρεται είναι ο φόβος πιθανού ατυχήματος (41.6%), ενώ η έλλειψη οργάνων και εργαστηρίου (33.7%) και η έλλειψη χρόνου (20.2%) είναι επίσης σημαντικοί παράγοντες. Η έλλειψη εμπειρίας (4.5%) φαίνεται να είναι λιγότερο σημαντικός παράγοντας (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στην ερώτηση «Αν επιλεξάτε Μερικές φορές ή Ελάχιστες φορές ή Ποτέ, για ποιο λόγο δεν επιτρέπετε την εκτέλεση πειραμάτων από τους μαθητές σας;»

Από αυτά τα δεδομένα, φαίνεται ότι οι μαθητές ακούν τον εκπαιδευτικό να εξηγεί νέο επιστημονικό περιεχόμενο κυρίως σε πολλά μαθήματα (38%) και σχεδόν σε κάθε μάθημα (24.6%). Λιγότερο συχνά, οι μαθητές ακούν αυτές τις εξηγήσεις σε αρκετά μαθήματα (26.3%), ενώ σπάνια σε λίγα μαθήματα (9.5%) ή ποτέ (1.7%) (Σχήμα 6).

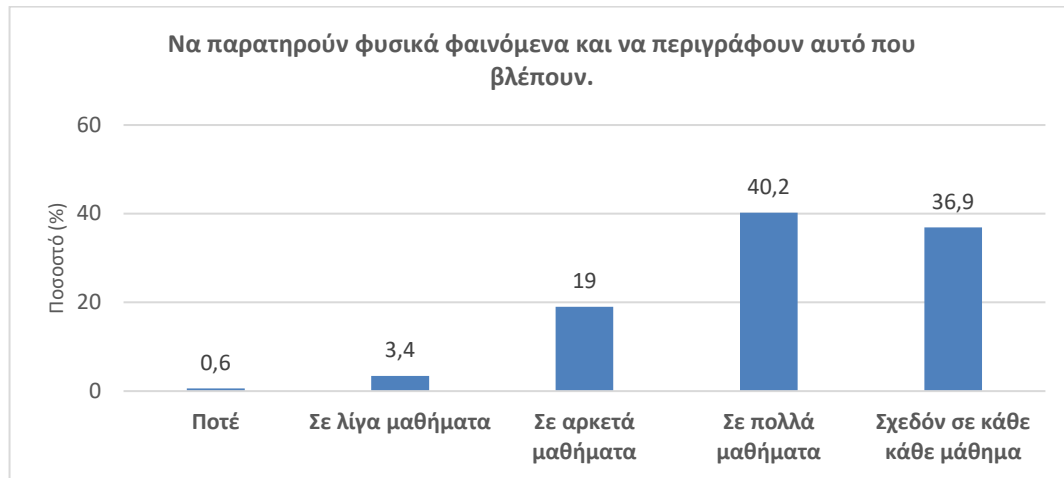


Σχήμα 6. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στη δήλωση «Να με ακούνε να εξηγώ ένα νέο επιστημονικό περιεχόμενο».

Η παρατήρηση φυσικών φαινομένων και η περιγραφή τους είναι μια δραστηριότητα που συμβαίνει πολύ συχνά. Οι μαθητές την εκτελούν σε πολλά μαθήματα (40.2%) και σχεδόν

σε κάθε μάθημα (36.9%), ενώ λιγότερο συχνά σε αρκετά μαθήματα (19%). Σπάνια συμβαίνει σε λίγα μαθήματα (3.4%) ή ποτέ (0.6%) (Σχήμα 7).

Σχήμα 7. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στη δήλωση «Να παρατηρούν φυσικά φαινόμενα και να περιγράφουν αυτό που βλέπουν».



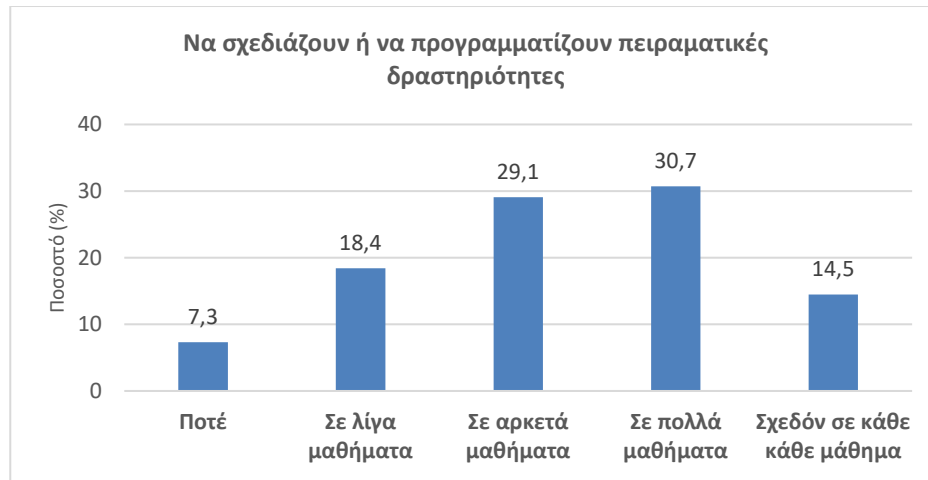
Οι μαθητές παρακολουθούν πειράματα επίδειξης που πραγματοποιεί ο εκπαιδευτικός κυρίως σε πολλά μαθήματα (34.1%) και σχεδόν σε κάθε μάθημα (24%). Η δραστηριότητα αυτή συμβαίνει σε αρκετά μαθήματα στο 25.7%, ενώ πιο σπάνια σε λίγα μαθήματα (12.8%) ή ποτέ (3.4%) (Σχήμα 8).



Σχήμα 8. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στη δήλωση «Να με παρακολουθούν να πραγματοποιώ ένα πείραμα επίδειξης».

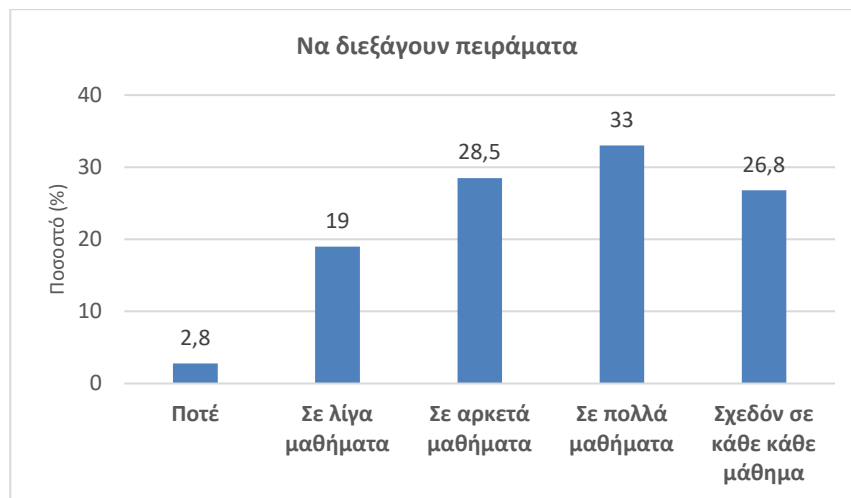
Ο σχεδιασμός ή προγραμματισμός πειραμάτων από τους μαθητές γίνεται κυρίως σε πολλά μαθήματα (30.7%) και σε αρκετά μαθήματα (29.1%), ενώ σε μικρότερο βαθμό σε λίγα

μαθήματα (18.39%) και σχεδόν σε κάθε μάθημα (14.5%). Ένα μικρό ποσοστό (7.3%) των μαθητών δεν ασχολείται ποτέ με αυτή τη δραστηριότητα (Σχήμα 9).



Σχήμα 9. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στη δήλωση «Να σχεδιάζουν ή να προγραμματίζουν πειράματα».

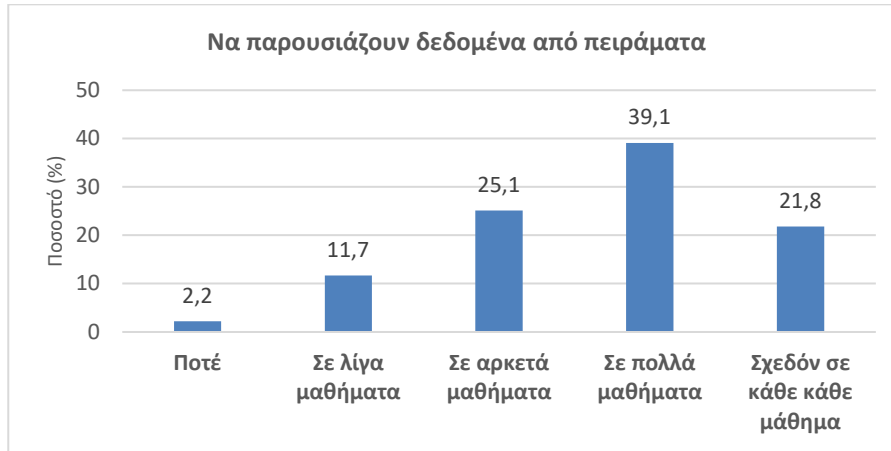
Η διεξαγωγή πειραμάτων από τους μαθητές πραγματοποιείται σε πολλά μαθήματα (33%) και σε αρκετά μαθήματα (28.5%). Λιγότερο συχνά γίνεται σε λίγα μαθήματα (19%) και σχεδόν σε κάθε μάθημα (16.8%). Μόνο ένα μικρό ποσοστό (2.8%) δεν εκτελεί ποτέ πειράματα (Σχήμα 10).



Σχήμα 10. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στη δήλωση «Να διεξάγουν πειράματα».

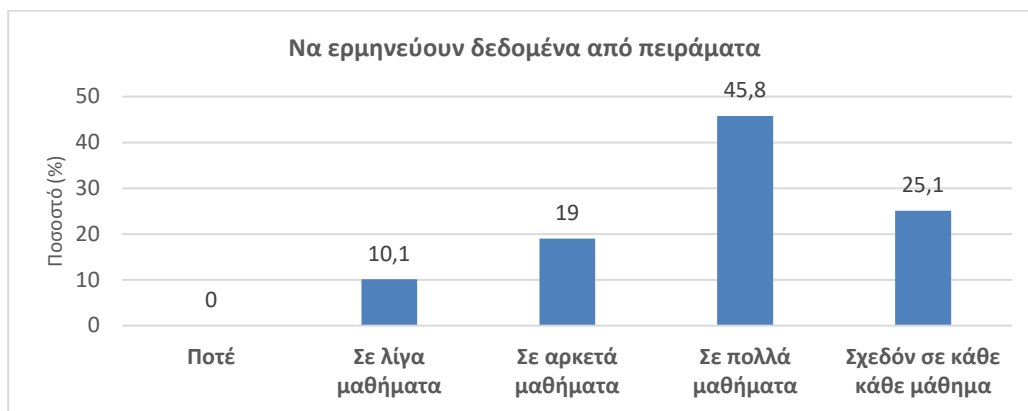
Η παρουσίαση δεδομένων από πειράματα είναι μια δραστηριότητα που εκτελείται σε πολλά μαθήματα (39.1%) και σε αρκετά μαθήματα (25.1%). Σε μικρότερο βαθμό, οι

μαθητές την εκτελούν σε λίγα μαθήματα (11.7%) και σχεδόν σε κάθε μάθημα (21.8%). Ένα πολύ μικρό ποσοστό (2.2%) δεν παρουσιάζει ποτέ δεδομένα από πειράματα (Σχήμα 11).



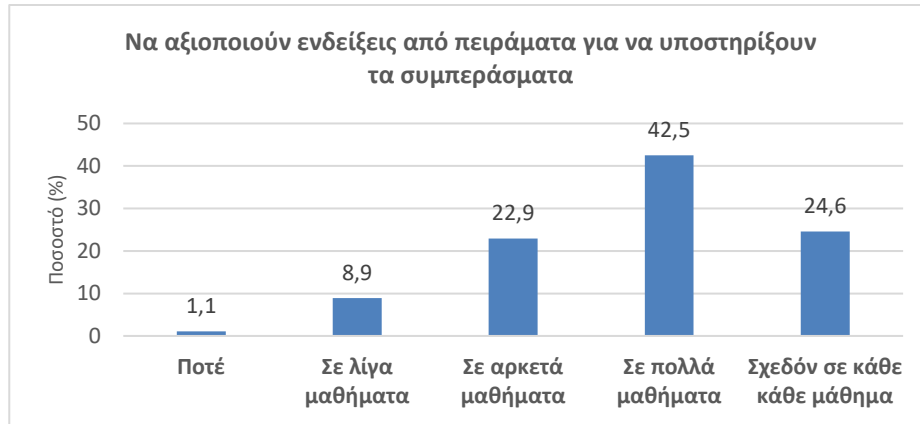
Σχήμα 11. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στη δήλωση «Να παρουσιάζουν δεδομένα από πειράματα».

Η ερμηνεία δεδομένων από πειράματα είναι μια δραστηριότητα που συμβαίνει σε πολλά μαθήματα (45.8%) και σχεδόν σε κάθε μάθημα (25.1%). Συμβαίνει επίσης σε αρκετά μαθήματα (19%) και σε λίγα μαθήματα (10.1%). Δεν υπάρχει περίπτωση όπου οι μαθητές δεν ερμηνεύουν ποτέ δεδομένα από πειράματα (Σχήμα 12).



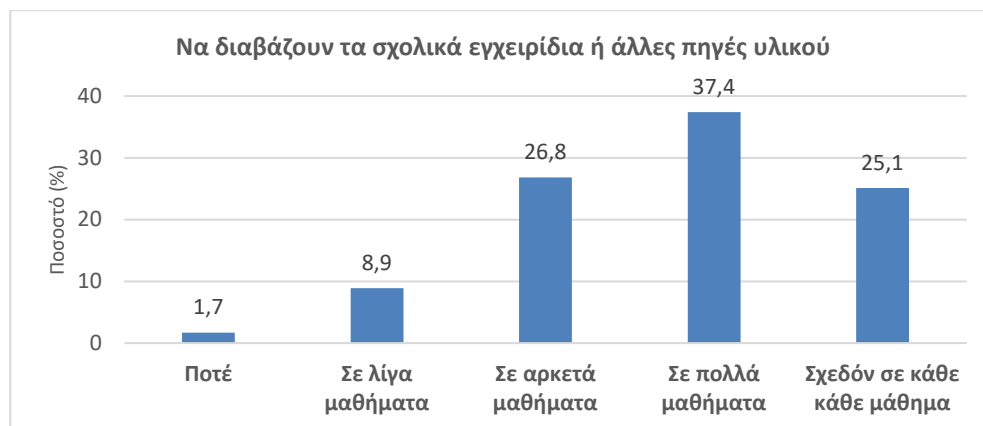
Σχήμα 12. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στη δήλωση «Να ερμηνεύουν δεδομένα από πειράματα».

Οι μαθητές αξιοποιούν ενδείξεις από πειράματα για να υποστηρίξουν τα συμπεράσματα τους κυρίως σε πολλά μαθήματα (42.5%) και σχεδόν σε κάθε μάθημα (24.6%). Σε μικρότερο βαθμό αυτό συμβαίνει σε αρκετά μαθήματα (22.9%) και σε λίγα μαθήματα (8.9%). Ένα πολύ μικρό ποσοστό (1.1%) δεν ασχολείται ποτέ με αυτή τη δραστηριότητα (Σχήμα 13).



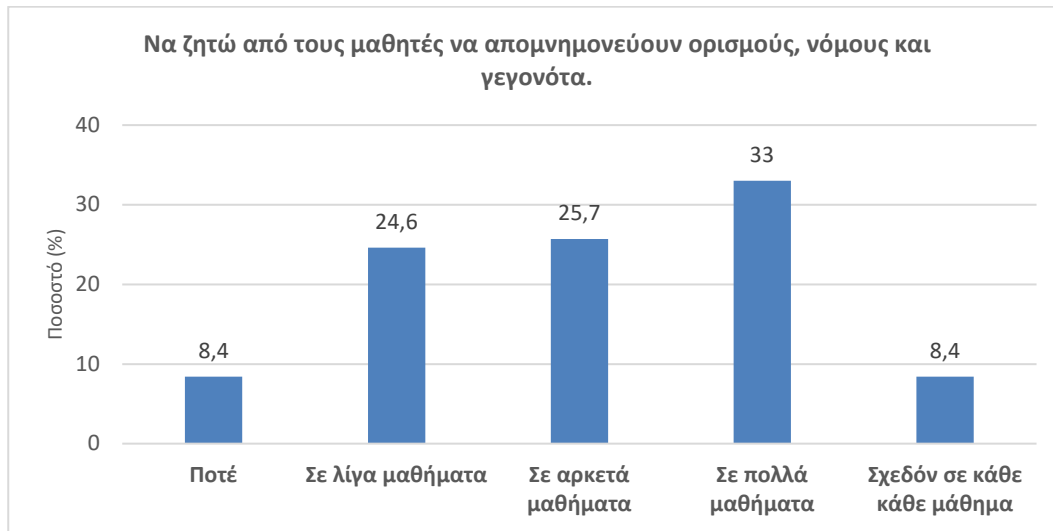
Σχήμα 13. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στη δήλωση «Na αξιοποιούν ενδείξεις από πειράματα για να υποστηρίξουν τα συμπεράσματα».

Η ανάγνωση σχολικών εγχειριδίων ή άλλων πηγών υλικού από τους μαθητές γίνεται συχνότερα σε πολλά μαθήματα (37.4%) και σχεδόν σε κάθε μάθημα (25.1%). Σε αρκετά μαθήματα αυτό συμβαίνει στο 26.8% των περιπτώσεων, ενώ λιγότερο συχνά σε λίγα μαθήματα (8.9%) και πολύ σπάνια (1.7%) δεν διαβάζουν ποτέ (Σχήμα 14).



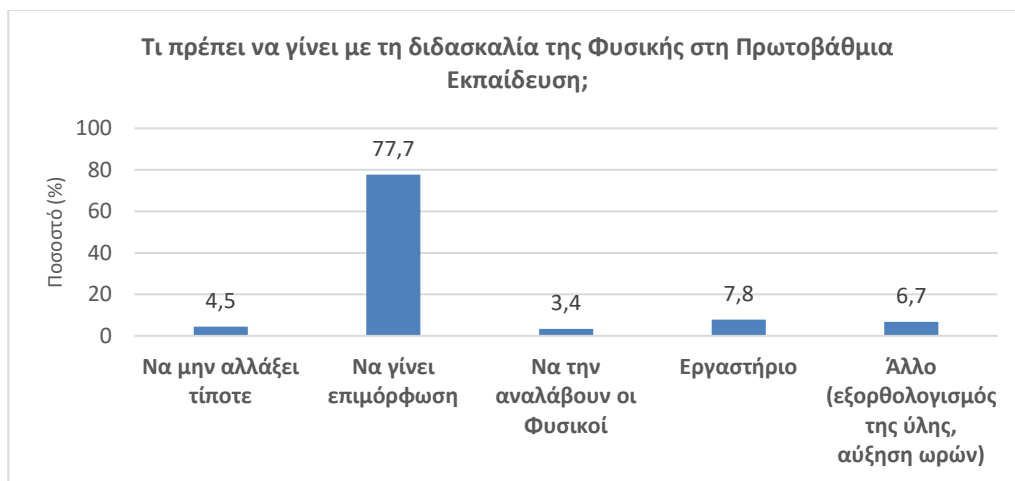
Σχήμα 14. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στη δήλωση «Na διαβάζουν τα σχολικά εγχειρίδια ή άλλες πηγές υλικού».

Η απομνημόνευση ορισμών, νόμων και γεγονότων από τους μαθητές ζητείται πιο συχνά σε πολλά μαθήματα (33%) και σε αρκετά μαθήματα (25.7%). Σε λίγα μαθήματα αυτό ζητείται στο 24.6% των περιπτώσεων, ενώ υπάρχει και ένα 8.4% όπου ζητείται σχεδόν σε κάθε μάθημα και επίσης ένα 8.4% όπου δεν ζητείται ποτέ (Σχήμα 15).



Σχήμα 15. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στη δήλωση «Να ζητώ από τους μαθητές να απομνημονεύουν ορισμούς, νόμους και γεγονότα».

Τέλος, στην ερώτηση για το τι πρέπει να αλλάξει σχετικά με τη διδασκαλία της Φυσικής, 8 στους 10 εκπαιδευτικούς δηλώνουν την αναγκαιότητα της επιμόρφωσης (Σχήμα 16).



Σχήμα 16. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στην ερώτηση «Τι πρέπει να γίνει με τη διδασκαλία της Φυσικής στη Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση?».

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Για τη βελτίωση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, είναι απαραίτητη η ενίσχυση της υλικοτεχνικής υποδομής των σχολείων με την προμήθεια βασικού εξοπλισμού (θερμόμετρα, γκαζάκια, μαγνητών, πυξίδων) ώστε να διευκολύνεται η εκτέλεση πειραμάτων στην τάξη. Παράλληλα, η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη δεξιοτήτων στη χρήση πειραμάτων και στη διαχείριση της τάξης κατά τη διάρκεια πειραματικών δραστηριοτήτων. Τα προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης πρέπει να εστιάζουν στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με βιωματικές και διερευνητικές μεθόδους, καθώς και στην ασφαλή χρήση καθημερινών υλικών. Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να ενθαρρύνονται να χρησιμοποιούν καθημερινά αντικείμενα στις πειραματικές δραστηριότητες, καθώς αυτό μειώνει τα εμπόδια που σχετίζονται με την έλλειψη εξειδικευμένου εξοπλισμού και καθιστά τα πειράματα πιο προσιτά και λιγότερο επικίνδυνα, ενώ παράλληλα ενισχύει τη σύνδεση της επιστήμης με την καθημερινότητα των μαθητών. Η διδασκαλία θα πρέπει επίσης να προάγει περισσότερο τη διερευνητική μάθηση, ενθαρρύνοντας τους μαθητές να εμπλέκονται ενεργά στη διαδικασία της παρατήρησης, της διερεύνησης και της κριτικής σκέψης, καθώς και στη δημιουργία σχεδιασμένων διερευνητικών δραστηριοτήτων που θα ενισχύσουν την ικανότητά τους να αναπτύσσουν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και εφαρμογής της γνώσης σε νέες καταστάσεις. Επιπλέον, είναι σημαντικό να προωθηθεί η συστηματική χρήση των βασικών αρχών της επιστημονικής μεθόδου, όπως η παρατήρηση, η καταγραφή και ανάλυση δεδομένων, και η εξαγωγή συμπερασμάτων, ώστε οι μαθητές να μάθουν να σκέφτονται με επιστημονικό τρόπο και να στηρίζουν τις αποφάσεις τους σε στοιχεία. Τέλος, η υποστήριξη της επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών μέσα από σεμινάρια, βιωματικά εργαστήρια και επιμορφωτικές δράσεις που ανταποκρίνονται στις ανάγκες τους και προάγουν την ενσωμάτωση των πειραμάτων στην καθημερινή διδασκαλία, θα συμβάλει επίσης στην αναβάθμιση της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Η ενσωμάτωση αυτών των προτάσεων μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αποτελεσματικότερη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, αντιμετωπίζοντας τα εμπόδια και ενισχύοντας τη βιωματική και διερευνητική μάθηση.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα έρευνα έχει περιορισμούς που αφορούν κυρίως το δείγμα και τη φύση των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Το δείγμα αποτελείται από εκπαιδευτικούς που επιλέχθηκαν μέσω βολικής δειγματοληψίας, γεγονός που ενδέχεται να περιορίσει τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων σε ευρύτερους πληθυσμούς εκπαιδευτικών. Επιπλέον, η έρευνα επικεντρώνεται κυρίως σε ποσοτικά δεδομένα, χωρίς να περιλαμβάνει ποιοτική ανάλυση, η οποία θα μπορούσε να προσφέρει βαθύτερη κατανόηση των λόγων και των συναισθημάτων των εκπαιδευτικών σχετικά με τη χρήση πειραμάτων. Η απουσία ποιοτικών δεδομένων περιορίζει την εμβάθυνση στις προσωπικές αντιλήψεις και τις

πρακτικές των συμμετεχόντων, περιορίζοντας έτσι την πλήρη κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Παρ' όλους τους περιορισμούς τα αποτελέσματα της έρευνας αναδεικνύουν ότι σχεδόν οι μισοί εκπαιδευτικοί δεν επιτρέπουν τακτικά στους μαθητές τους να εκτελούν πειράματα, με τους κυριότερους λόγους να είναι ο φόβος ατυχημάτων και, σε μικρότερο βαθμό, η έλλειψη κατάλληλου εξοπλισμού, εργαστηριακού χώρου και χρόνου. Επιπλέον, ένας στους τρεις εκπαιδευτικούς δεν χρησιμοποιεί συστηματικά τα πειράματα επίδειξης κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Ο βασικός λόγος για την αποφυγή των πειραμάτων είναι η ανεπαρκής υλικοτεχνική υποδομή, ενώ δεύτερος κατά σειρά λόγος είναι η έλλειψη διδακτικού χρόνου. Τα αποτελέσματα της έρευνας είναι παρόμοια με αυτά προηγούμενων ερευνών (Κουμαράς, 2017; Κώτσης, 2001; Κώτσης, 2005; Στύλος, 2014). Η χρήση καθημερινών υλικών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών αποτελεί μια πρακτική λύση για τους εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης που θεωρούν ότι αντιμετωπίζουν εμπόδια όπως η έλλειψη εξειδικευμένου εξοπλισμού, ο περιορισμένος χρόνος και η ανεπαρκής εργαστηριακή υποδομή. Απλά υλικά, όπως αντικείμενα καθημερινής χρήσης και εύκολα προσβάσιμα εργαλεία, επιτρέπουν στους εκπαιδευτικούς να πραγματοποιούν πειράματα χωρίς την ανάγκη για ειδικές εργαστηριακές συνθήκες ή περίπλοκες διατάξεις. Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο μειώνει τις ανησυχίες για την ασφάλεια, καθώς τα υλικά αυτά είναι γενικά γνωστά και λιγότερο επικίνδυνα, αλλά και απλοποιεί την προετοιμασία και την εκτέλεση, εξοικονομώντας πολύτιμο διδακτικό χρόνο. Επιπλέον, η χρήση καθημερινών αντικειμένων απομυθοποιεί την επιστήμη για τους μαθητές, κάνοντάς την πιο προσιτή και σχετική με την καθημερινότητά τους, ενώ ταυτόχρονα δίνει τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να ενσωματώνουν βιωματικές δραστηριότητες στα μαθήματά τους παρά τους περιορισμούς σε πόρους. Με εξαίρεση πχ τα θερμόμετρα, τους μαγνήτες, τα δυναμόμετρα και τις πυξίδες, όλα τα υπόλοιπα είναι εύκολα διαθέσιμα και προσβάσιμα από εκπαιδευτικούς και μαθητές. Οι τελευταίοι είναι πάντα πρόθυμοι και ενθουσιώδεις να φέρνουν υλικά από το σπίτι προκειμένου να πραγματοποιούν πειράματα. Αυτή η στρατηγική υπογραμμίζει την ιδέα ότι η αποτελεσματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών δεν απαιτεί προηγμένο εξοπλισμό, αλλά δημιουργικότητα και προσαρμοστικότητα στη χρήση όσων είναι άμεσα διαθέσιμα. Αναφορικά με τις διδακτικές πρακτικές, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί φαίνεται να αξιοποιούν βασικές αρχές της επιστημονικής μεθόδου όπως η παρατήρηση και η περιγραφή των φαινομένων, η ερμηνεία δεδομένων από πειράματα και η αξιοποίηση των ενδείξεων για την υποστήριξη των συμπερασμάτων. Παρόλα αυτά η περιορισμένη συστηματική συμμετοχή των μαθητών σε πειραματικές διαδικασίες και ο ανεπαρκής σχεδιασμός πειραματικών δραστηριοτήτων εμποδίζουν τους μαθητές από το να αναπτύξουν ουσιαστικές δεξιότητες διερεύνησης και κριτικής σκέψης. Η διερευνητική μέθοδος προάγει την ενεργό συμμετοχή, τη δημιουργικότητα και την κατανόηση μέσα από την άμεση εμπλοκή των μαθητών στη διαδικασία της ανακάλυψης και επίλυσης προβλημάτων. Η έλλειψή της περιορίζει την ουσιαστική μάθηση, καθώς οι μαθητές

παραμένουν παθητικοί αποδέκτες γνώσης αντί για ενεργοί συμμετέχοντες στην επιστημονική διαδικασία, γεγονός που ενδέχεται να μειώνει το ενδιαφέρον τους και την ικανότητά τους να εφαρμόζουν τη γνώση σε νέες καταστάσεις. Το υψηλό ποσοστό των εκπαιδευτικών (περίπου 8 στους 10) που τονίζει την ανάγκη επιμόρφωσης στο ερώτημα για το τι πρέπει να αλλάξει σχετικά με τη διδασκαλία του μαθήματος, αναδεικνύει την ελλιπή κατάρτισή τους τόσο κατά τη διάρκεια των σπουδών στην Τριτοβάθμια εκπαίδευση, όσο και στην επαγγελματική τους υποστήριξη μέσω ουσιαστικής επιμόρφωσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κουμαράς, Π. (2002). Μια πρόταση για την επιμόρφωση εκπαιδευτικών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης στην πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σ. 480-485). Ρέθυμνο: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης.
- Κουμαράς, Π. (2017). *Διδάσκοντας Φυσική αύριο*. Εκδόσεις Gutenberg. Αθήνα.
- Κουμαράς, Π., & Πιερράτος, Θ. (2022). *Οδηγός διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με πειράματα*. Εκδόσεις Ροπή. Θεσσαλονίκη
- Κώτσης Κ.Θ., (2001). Η χρήση πειραμάτων στη διδασκαλία της Φυσικής στο Ελληνικό Δημοτικό Σχολείο, *Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων*, 14, 219-231
- Κώτσης, Κ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής και Πείραμα*. Ιωάννινα: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
- Κώτσης, Κ.Θ., & Μπασιάκος Γ. (2009). Οι στάσεις των εκπαιδευτικών της Α/θμιας Εκπ/σης στη χρήση πειραμάτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (Επιμ.), *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σ. 479-486). Φλώρινα: Παιδαγωγική Σχολή Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας.
- Στύλος, Γ. (2014). Στάσεις και Πρακτικές των Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. *Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή*, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Χαλκιά, Κ. (2021). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Πατάκη.
- Aydın, G. (2016). Impacts of Inquiry-Based Laboratory Experiments on Prospective Teachers' Communication Skills. *International Online Journal of Educational Sciences*, 8(2). https://iojes.net/?mod=tammetin&makaleadi=&makaleurl=IOJES_2094.pdf&key=40848
- da Silva Crisóstomo, L. C., Marinho, M. M., Marinho, E. S., & Marinho, G. S. (2017). Evaluation of the use of low cost material in experimentation in science education: A powerful

- pedagogical resource. *International Journal of Scientific Engineering and Science*, 1(1), 18-21. <https://ijses.com/wp-content/uploads/2017/02/122-IJSES-V1N1.pdf>
- Creswell, J. W. (2012). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research* (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.
- Duit, R., & Tesch, M. (2010). On the role of the experiment in science teaching and learning—Visions and the reality of instructional practice. In M. Kalogiannakis, D. Stavrou, P. Michaelides (Eds.). *Proceedings of the 7th international conference on hands-on science (pp.17-30)*. Rethymno: The University of Crete.
- Dvorak L 2019 Simple experiments in physics teaching and learning: do they have any perspectives? Upgrading physics education to meet the needs of society ed M. Pietrocola (Cham: Springer) chapter 6 pp 99-124 https://doi.org/10.1007/978-3-319-96163-7_6
- García-Cañadas, F., Romero-Gavilán, A., Mota-Babiloni, B., & Beltrán-Pitarch (2021). Simple materials science experiments to do in the class to enhance students learning, *EDULEARN21 Proceedings*, 4013-4019. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2021.0848>
- Hırça, N. (2013). The Influence of Hands-on Physics Experiments on Scientific Process Skills According to Prospective Teachers' Experiences. *European Journal of Physics Education*, 4(1), 6-14. ISSN 1309-7202. Available at: <https://europeanjournal.org/index.php/EJPE/article/view/77>
- Imaduddin, M. & Hidayah, F. F. (2019). Redesigning laboratories for pre-service chemistry teachers: from cookbook experiments to inquiry-based science, environment, technology, and society approach. *Journal of Turkish Science Education*, 16(4), 489-507. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.3>
- Holstermann, N., Grube, D., & Bögeholz, S. (2009). Hands-on Activities and Their Influence on Students' Interest. *Research in Science Education*, 40(5), 743–757. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9142-0>
- Jarvis, T., & Pell, A. (2004). Primary teachers' changing attitudes and cognition during a two-year science in-service programme and their effect on pupils. *International Journal of Science Education*, 26(14), 1787–1811. <https://doi.org/10.1080/0950069042000243763>
- Juhásová, A., & Kireš, M. (2024). Developing the experimental skills of pre-service physics teachers. *Journal of Physics: Conference Series*, 2715(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2715/1/012021>
- Josey, S., Alvi, P. A., Kattayat, S., & Asha, J. V. (2018). Effectiveness of 'low cost experiments' in assimilating fundamentals of physics. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(11), 860–866. <http://www.iaeme.com/ijmet/issues.asp?JType=IJMET&VType=9&IType=11>
- Kotsis, K. T. (2024). The Significance of Experiments in Inquiry-based Science Teaching. *European Journal of Education and Pedagogy*, 5(2), 86–92. <https://doi.org/10.24018/ejedu.2024.5.2.815>

- Lewis, J. (2020). Experimental Design. In: Iphofen, R. (eds) Handbook of Research Ethics and Scientific Integrity. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16759-2_19
- Manz, E., & Suárez, E. (2018). Supporting teachers to negotiate uncertainty for science, students, and teaching. *Science Education*, 102,771-795. <https://doi.org/10.1002/sce.21343>
- Markwick, A., & Reiss, M.J. (2023). Professional learning in primary science: developing teacher confidence to improve the leadership of teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2288660>
- Samuel, S., & König-Ries, B. (2021). Understanding experiments and research practices for reproducibility: an exploratory study. *PeerJ*, 9, e11140. <https://doi.org/10.7717/peerj.11140>
- Simon, N. (2015). Improving Higher-Order Learning and Critical Thinking Skills Using Virtual and Simulated Science Laboratory Experiments. In: Elleithy, K., Sobh, T. (eds) New Trends in Networking, Computing, E-learning, Systems Sciences, and Engineering. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 312. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06764-3_24
- Snetinová, M., Kácovský, P., & Machalická, J. (2018). Hands-on experiments in the interactive physics laboratory: Students' intrinsic motivation and understanding. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 8(1), 55–75. <https://doi.org/10.26529/cepsj.319>
- Stylos, G., & Kotsis, K.T. (2021). Use of a simple home-made apparatus to teach basic thermal concepts – Six qualitative demonstrations/experiments. *The Physics Teacher*, 59(6), 477-479. <https://doi.org/10.1119/10.0006134>
- Stylos, G., & Kotsis, K.T. (2021). Hands-on experiments to teach basic heat concepts. *Primary Science*, 167, 31-33.
- Theilmann, F. (2022). Hands-on-experiments for additive colour mixing. *Physics Education*, 57. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac832f>
- TIMSS (2019). Trends in international mathematics and science study- Teacher Questionnaire Science. TIMSS & PIRLS. https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/questionnaires/pdf/T19_TQS_8.pdf
- Trna, J. (2014). *New Roles of Simple Experiments in Science Education*. Brno: Paido.
- Trúsiková, A., & Velmovská, K. (2022). Indicators of critical thinking and physics experiments. *Journal of Physics: Conference Series*, 2297(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2297/1/012011>
- Qing, Z., Jing, G., & Yan, W. (2010). Promoting preservice teachers' critical thinking skills by inquiry-based chemical experiment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 4597-4603. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.737>.
- Yakob, M., Saiman, Sofiyan, Sari, R. P., & El Islami, R. A.Z. (2020). The effectiveness of science experiment through multimedia teaching materials to improve students' critical thinking. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567 (1), 1-5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/4/042018>