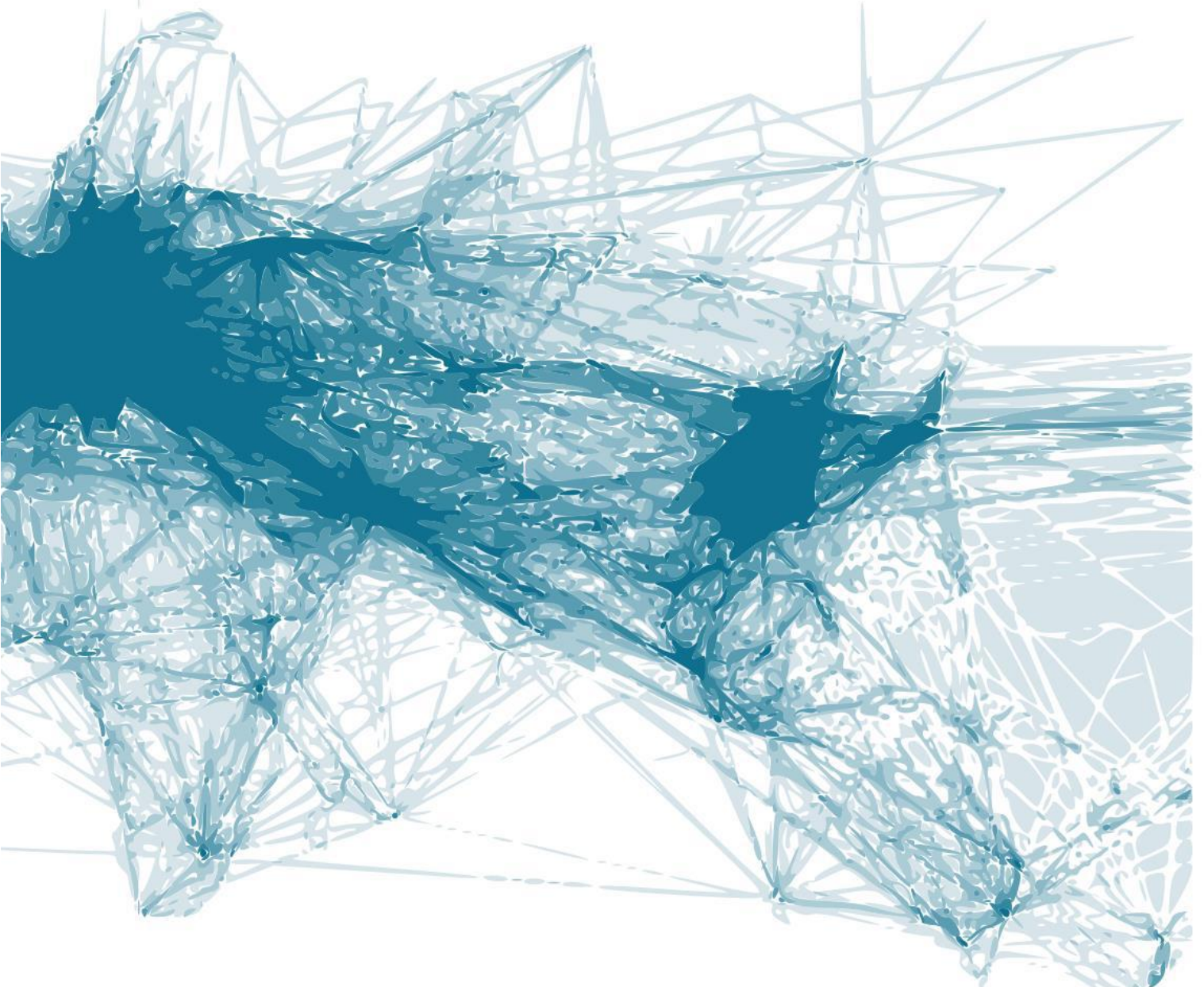


# 12<sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Ο Ρόλος της Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες  
στην κοινωνία του 21ου αιώνα



## ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

ΑΘΗΝΑ | 19 έως 21 Νοεμβρίου 2021



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικών και Καποδιστριακών  
Πανεπιστημίων Αθηνών  
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —



ΕΚΔΟΣΕΙΣ  
Εθνικού και Καποδιστριακού  
Πανεπιστημίου Αθηνών



**ΕΝΕΦΕΤ**  
Ενώση για την Εκπαίδευση στις  
Φυσικές Επιστήμες & την Τεχνολογία

«Ο ρόλος της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες στην κοινωνία του 21<sup>ου</sup> αιώνα»  
Πρακτικά 12ου Πανελληνίου Συνεδρίου  
Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση  
Αθήνα, 19-21 Νοεμβρίου 2021  
Μέγαρο της Μαρασλείου Παιδαγωγικής Ακαδημίας  
Πρακτικά Συνεδρίου  
**ISBN 978-618-82007-4-6**

*Επιμέλεια έκδοσης:* Σκορδούλης Κωνσταντίνος, Στεφανίδου Κωνσταντίνα, Μανδρίκας Αχιλλέας, Μπόικος Ηλίας

*Σελιδοποίηση - εξώφυλλο:* Μπόικος Ηλίας, Μανδρίκας Αχιλλέας

*Σχεδίαση υλικού συνεδρίου:* Μπόικος Ηλίας

2023

Εργαστήριο Διδακτικής & Επιστημολογίας Φυσικών Επιστημών και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας  
Τομέας Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος  
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης  
Σχολή Επιστημών της Αγωγής  
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Web site: <http://synedrio2021.enepnet.gr>

Πλήρης βιβλιογραφική αναφορά:

Σκορδούλης Κ., Στεφανίδου Κ., Μανδρίκας Α. & Μπόικος Η. (2023). Ο ρόλος της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες στην κοινωνία του 21<sup>ου</sup> αιώνα / Πρακτικά 12<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, σελ. χχ-ψψ., Εκδόσεις ΕΚΠΑ, Αθήνα 2023, ISBN 978-618-82007-4-6, ημερομηνία πρόσβασης: ηη/μμ/εε

Συνέδριο με κρίση εργασιών

Όλες οι εργασίες του συνεδρίου κρίθηκαν με τυφλή κρίση από δύο τουλάχιστον κριτές, οι οποίοι/ες ήταν μέλη της επιστημονικής επιτροπής ή/και του αναφερόμενου καταλόγου κριτών.



ΑΘΗΝΑ 2023 - CC BY-NC 4.0

**Μπορείτε να:**

Μοιραστείτε — αντιγράψετε και αναδιανέμετε το υλικό με κάθε μέσο και τρόπο  
Προσαρμόσετε — αναμίξετε, τροποποιήσετε και να δημιουργήσετε πάνω στο υλικό

**Υπό τους ακόλουθους όρους:**

Αναφορά Δημιουργού — Θα πρέπει να καταχωρίσετε αναφορά στο δημιουργό, με σύνδεσμο της άδειας, και με αναφορά αν έχουν γίνει αλλαγές. Μπορείτε να το κάνετε αυτό με οποιονδήποτε εύλογο τρόπο, αλλά όχι με τρόπο που να υπονοεί ότι ο δημιουργός αποδέχεται το έργο σας ή τη χρήση που εσείς κάνετε.

**Μη Εμπορική Χρήση** — Δεν μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το υλικό για εμπορικούς σκοπούς

## Μια ακολουθία δραστηριοτήτων για την εισαγωγή στοιχείων της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών: η διαδικασία βελτίωσής της

**Αναστάσιος Ζουπίδης**

*Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης*

### Περίληψη

Στην εργασία αυτή περιγράφουμε τις βελτιωτικές αλλαγές από την πρώτη στη δεύτερη φάση ανάπτυξης και εφαρμογής μιας ακολουθίας πειραματικών δραστηριοτήτων με στόχο την κατανόηση του συλλογισμού της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών στο πλαίσιο πειραμάτων πλεύσης-βύθισης και ιδιοτήτων των μαγνητικών υλικών. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών στο πλαίσιο ενός εξαμηνιαίου εργαστηριακού μαθήματος Φυσικών Επιστημών. Οι βελτιωτικές αλλαγές μελετήθηκαν με βάση το μοντέλο του Pickering, όπως αυτό προσαρμόστηκε και εξειδικεύτηκε στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι βελτιωτικές αλλαγές διαφοροποιούνται ανάλογα με τους παράγοντες που τους καθοδηγούν.

**Λέξεις κλειδιά:** Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες, Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών, Μοντέλο Pickering

## A sequence of activities for the introduction of aspects of Control of Variables Strategy: its refinement process

**Anastasios Zoupidis**

*Democritus University of Thrace*

### Abstract

In this study we describe the refinement process from the first to the second phase of a sequence development and implementation of experimental activities that aim in understanding Control of Variables Strategy reasoning, in the context of floating/sinking and properties of magnets. The research was carried out during a science laboratory course in a department of early childhood education. The refinements were analyzed based on Pickering's model as it was adapted and specialized in science education. The results showed that the refinements are differentiated from each other according to the factors that guide them.

**Keywords:** Teaching Learning Sequences, Control of Variables Strategy, Pickering model

## Εισαγωγή

Τα σύγχρονα αναλυτικά προγράμματα Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) προτρέπουν στην αξιοποίηση διερευνητικών περιβαλλόντων διδασκαλίας και μάθησης, στα οποία η επιστημονική μέθοδος / πρακτικές να αποτελούν και μαθησιακό στόχο εκτός από μέσο για μάθηση (NGSS, 2013· Rocard et al., 2007). Ταυτόχρονα, ένας από τους βασικούς παράγοντες για την επίτευξη αυτής της προτροπής είναι ο εξής: ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της εκπαίδευσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας των ΦΕ να γίνεται βάση της σχετικής έρευνας στο πεδίο αυτό (Han et al., 2017· Linn & Jacobs, 2015).

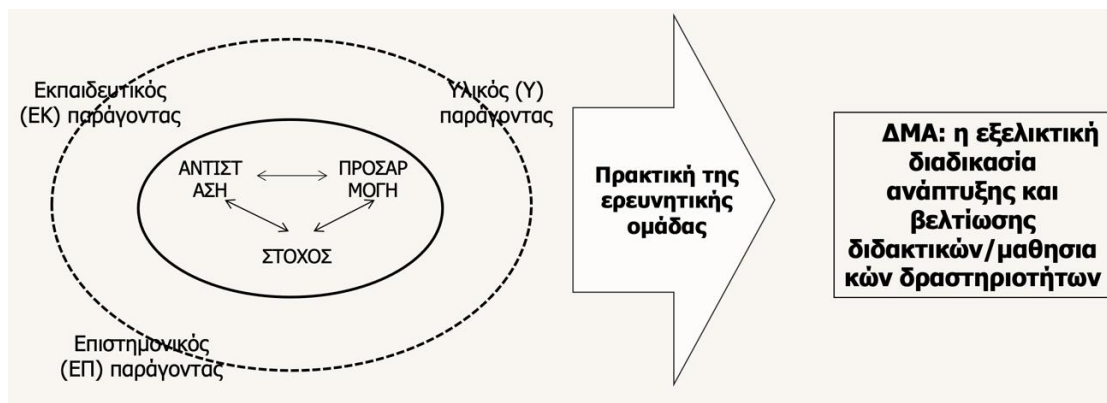
Μια από τις βασικές πτυχές επιστημονικής πρακτικής είναι η Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ), δηλαδή η μέθοδος για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση έγκυρων πειραμάτων με στόχο τη διερεύνηση της επίδρασης κάποιας μεταβλητής σε ένα φαινόμενο (Boudreaux et al., 2008· Chen and Klahr, 1999). Πιο συγκεκριμένα, ο βασικός συλλογισμός της μεθόδου ΣΕΜ είναι ο ακόλουθος: για να είναι ένα πείραμα ασφαλές ώστε να βγάλουμε συμπέρασμα, θα πρέπει α) να περιλαμβάνει δύο τουλάχιστον δοκιμές, β) η μεταβλητή που μας ενδιαφέρει να μεταβάλλεται και γ) όλες οι υπόλοιπες να παραμένουν σταθερές (Boudreaux et al., 2008).

Τις τελευταίες δεκαετίες, υπάρχει σημαντική ερευνητική δραστηριότητα με στόχο την αναζήτηση αποτελεσματικών περιβαλλόντων διδασκαλίας και μάθησης της ΣΕΜ, από την οποία προκύπτει ότι ο συνδυασμός ανακαλυπτικής προσέγγισης, δηλαδή μάθησης της μεθόδου μέσω πειραματισμού, και ρητής διδασκαλίας της ΣΕΜ οδηγεί σε σημαντική κατανόηση της μεθόδου (Ζουπίδης κ. ά., 2018· Lorch et al., 2010). Για παράδειγμα, στην έρευνα της ομάδας μας, στο πλαίσιο ενός εξαμηνιαίου πανεπιστημιακού μαθήματος, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο συνδυασμός ρητής διδασκαλίας στοιχείων της ΣΕΜ και πειραματισμού είναι πιο αποτελεσματικός από μια διδασκαλία κατά την οποία μελλοντικοί Νηπιαγωγοί αναμένεται να κατανοήσουν τη μέθοδο αυτή μόνον εφαρμόζοντάς την σε μια σειρά από πειράματα καθοδηγούμενης διερεύνησης (Ζουπίδης κ.ά., 2018). Βασιζόμενοι στο παραπάνω αποτέλεσμα, στο πλαίσιο του προγράμματος Science Teachers' Inquiry (βλ. Ευχαριστίες) η ομάδα μας στράφηκε στη διερεύνηση της επίδρασης των πεποιθήσεων μελλοντικών Νηπιαγωγών στην πρόθεσή τους να ενσωματώσουν διερευνητικές διδακτικές μεθόδους (ΣΕΜ) στη διδασκαλία τους, ως αποτέλεσμα συνδυασμού ρητής διδασκαλίας της ΣΕΜ και πειραματισμού (Zoupidis et al., 2021). Εντούτοις, η ακολουθία των δραστηριοτήτων που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτήν την περίπτωση, αποτέλεσε βελτιωμένη εκδοχή της αρχικής ακολουθίας δραστηριοτήτων, η οποία περιγράφεται αναλυτικά στο Ζουπίδης κ.ά. (2018).

Υιοθετώντας το θεωρητικό πλαίσιο του Pickering (1995), όπως αυτό προσαρμόστηκε και εξειδικεύτηκε στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Kariotoglou et al., 2003) επιχειρούμε να περιγράψουμε τις βελτιωτικές αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στην ακολουθία των δραστηριοτήτων για την διδασκαλία και μάθηση της ΣΕΜ, από την αρχική (Ζουπίδης κ. ά., 2018) στην τελική εκδοχή της (Zoupidis et al., 2021). Στην προσέγγιση αυτή (α) οι ακολουθίες μαθησιακών δραστηριοτήτων είναι επιστημονικά προϊόντα στο πεδίο της Διδακτικής των



Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) και έχουν μεταβλητό χαρακτήρα, (β) ένας ερευνητής της ΔΦΕ είναι ο επιστήμονας της ΔΦΕ που μέσα από τις πρακτικές του παράγει μια ακολουθία μαθησιακών δραστηριοτήτων, και (γ) οι δραστηριότητες και οι σχέσεις μεταξύ τους περιορίζονται από τρεις παράγοντες, τον Εκπαιδευτικό, τον Υλικό και τον Επιστημονικό παράγοντα. Οι ερευνητές της ΔΦΕ, όταν παράγουν μια ακολουθία μαθησιακών δραστηριοτήτων, επιτυγχάνουν τους στόχους τους και ξεπερνούν τις αντιστάσεις που συναντούν, εφαρμόζοντας μια σειρά από προσαρμογές (Ζουπίδης κ. ά., 2011; Zoupidis et al., 2016).



Εικόνα 9 Το θεωρητικό μοντέλο του Pickering

Πιο συγκεκριμένα, στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο το μοντέλο του Pickering, περιγράφει το αποτέλεσμα της πρακτικής μιας ερευνητικής ομάδας της ΔΦΕ, το οποίο είναι μια ακολουθία διδακτικών μαθησιακών δραστηριοτήτων που προκύπτει μέσα από μια εξελικτική διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσής της. Στη διαδικασία αυτή, στόχο αποτελεί κάθε διδακτικός στόχος ή / και κάθε αναμενόμενο μαθησιακό αποτέλεσμα, αντίσταση αποτελεί κάθε δυσκολία στην διαδικασία σχεδιασμού, ανάπτυξης και εφαρμογής της ακολουθίας δραστηριοτήτων, και προσαρμογή αποτελεί κάθε βελτιωτική αλλαγή που έχει σκοπό να ξεπεραστεί μια αντίσταση.

Θεωρούμε ότι ο Εκπαιδευτικός παράγοντας σχετίζεται με το εκπαιδευτικό σύστημα, το σχολείο και την τάξη, και αναφέρεται στα καθημερινά διδακτικά – μαθησιακά περιβάλλοντα, τα χαρακτηριστικά των δασκάλων και των μαθητών (εμπειρίες, Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου, δυσκολίες κ.ά.). Ο Υλικός παράγοντας σχετίζεται με τις υποδομές του σχολείου, όπως πειραματικές διατάξεις, ψηφιακές τεχνολογίες, αίθουσες εργαστηρίων, κ.ά. Τέλος, ο Επιστημονικός παράγοντας σχετίζεται με τις τρέχουσες και κυρίαρχες διδακτικές – μαθησιακές θεωρίες στον χώρο της ΔΦΕ. Αναμένουμε ότι η ανάλυση με βάση το μοντέλο Pickering θα αναδείξει τις βελτιωτικές αλλαγές στην ακολουθία δραστηριοτήτων για την διδασκαλία και μάθηση της ΣΕΜ και τους παράγοντες που τις καθοδήγησαν.

## Μεθοδολογία

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών κατά τη διάρκεια εξαμηνιαίου εργαστηριακού μαθήματος για τη διδασκαλία ΦΕ, σε δύο συνεχόμενα

ακαδημαϊκά έτη. Στη διάρκεια του πρώτου έτους, Φάση1, φοιτητές/τριες ( $N_1=67$ ) σχεδίασαν και υλοποίησαν πειράματα για φαινόμενα που συζητιούνται συχνά με παιδιά προσχολικής ηλικίας, π.χ. ποιο σώμα πλέει και ποιο βυθίζεται ή ποιο υλικό έλκεται από έναν μαγνήτη και ποιο όχι. Ταυτόχρονα με τον πειραματισμό έγινε ρητή εισαγωγή στον συλλογισμό που συνοδεύει την μέθοδο ΣΕΜ (Ζουπίδης κ. ά., 2018). Τα αποτελέσματα της Φάσης 1 έδειξαν ότι παρά τη βελτίωση στις απαντήσεις των φοιτητριών, ορισμένες από αυτές διατήρησαν τις αρχικές τους ιδέες, χωρίς να καταφέρουν να ξεπεράσουν τις δυσκολίες στην περιγραφή και την εφαρμογή της μεθόδου ΣΕΜ. Για παράδειγμα, κάποιες φοιτήτριες συνέχισαν να δίνουν μεγαλύτερη βαρύτητα στις πεποιθήσεις τους από ό,τι στις διαδικασίες πειραματισμού, όπως είναι η μέθοδος ΣΕΜ (Ζουπίδης κ. ά., 2018), αναπαράγοντας π.χ. τη δηλωτική γνώση ότι η πλεύση ή βύθιση δεν επηρεάζεται από το βάρος, αλλά από το υλικό αντικειμένου, αντί να αναφέρουν ότι για να καταλήξουμε σε συμπέρασμα πρέπει να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν.

Για αυτόν τον λόγο, στη διάρκεια του δεύτερου έτους, Φάση 2 ( $N_2=45$ ), η ερευνητική ομάδα πραγματοποίησε βελτιωτικές αλλαγές στις δραστηριότητες του μαθήματος, ώστε να ενισχυθούν οι συζητήσεις σχετικά με την αναγκαιότητα εφαρμογής της μεθόδου ΣΕΜ, εκτός από τη λογική με την οποία καταλήγουμε σε συμπεράσματα χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που προκύπτουν από πειράματα. Μια αλλαγή προς αυτήν την κατεύθυνση, για παράδειγμα, ήταν να συζητηθούν και να αξιολογηθούν όχι μόνο έγκυρα αλλά και μη έγκυρα πειράματα, καθώς και οι λόγοι για τους οποίους κάποια πειράματα δεν είναι έγκυρα. Στη διάρκεια του δεύτερου έτους, φοιτητές/τριες εφάρμοσαν την τροποποιημένη ακολουθία δραστηριοτήτων. Τα ερευνητικά ερωτήματα στα οποία εστίασαμε στην παρούσα εργασία είναι τα εξής:

1. Ποιες είναι οι βελτιωτικές αλλαγές από την πρώτη στη δεύτερη φάση ανάπτυξης και εφαρμογής της ακολουθίας πειραματικών δραστηριοτήτων με στόχο την κατανόηση του συλλογισμού της ΣΕΜ;
2. Ποιοι από τους τρεις παράγοντες του μοντέλου του Pickering (εκπαιδευτικός, υλικός, επιστημονικός) καθοδήγησαν τους ερευνητές να πραγματοποιήσουν αυτές τις βελτιωτικές αλλαγές;

Για να περιγράψουμε τις αλλαγές αυτές και να απαντήσουμε στα δύο ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας χρησιμοποιήσαμε: τα φύλλα εργασίας που σχεδιάστηκαν από τους ερευνητές και χρησιμοποιήθηκαν από τις φοιτήτριες κατά τη διάρκεια του εξαμηνιαίου μαθήματος, τα πριν και μετά ερωτηματολόγια για την αξιολόγηση της κατανόησης της μεθόδου ΣΕΜ και τις σημειώσεις των ερευνητών.

Η διαδικασία ανάδειξης, αιτιολόγησης και κατηγοριοποίησης των βελτιωτικών αλλαγών των δραστηριοτήτων περιλαμβάνει τα εξής τρία βήματα:

1. *Διαφορές στον σχεδιασμό των φύλλων εργασίας:* Αρχικά, έγινε ο εντοπισμός των διαφορών μεταξύ των φύλλων εργασίας των δραστηριοτήτων στις δύο φάσεις. Για τη διασταύρωση και επιβεβαίωση των ευρημάτων, μελετήσαμε τις σημειώσεις των ερευνητών κατά τη διάρκεια της εφαρμογής στη Φάση 1 και κατά τη διάρκεια του επανασχεδιασμού της πριν την Φάση 2.

2. *Σημαντικές βελτιωτικές αλλαγές:* Έπειτα, εστιάσαμε στις διαφορές στον σχεδιασμό που αφορούσαν τη διδακτική και μαθησιακή προσέγγιση κάθε δραστηριότητας και το περιεχόμενο που διαπραγματεύονταν.
3. *Ανάλυση με το μοντέλο του Pickering:* Τέλος, αναλύσαμε κάθε βελτιωτική αλλαγή ακολουθώντας το μοντέλο του Pickering (Εικόνα 1). Στο πλαίσιο της ανάλυσης η κάθε δραστηριότητα έχει έναν τουλάχιστον στόχο. Η ανάλυση των δεδομένων ανέδειξε τις *αντιστάσεις* που επηρέασαν και καθοδήγησαν τους ερευνητές σε συγκεκριμένες *προσαρμογές*.

## Αποτελέσματα

Οι βελτιωτικές αλλαγές που ανιχνεύτηκαν στις δραστηριότητες, σχετικά με τη διδασκαλία και μάθηση της μεθόδου ΣΕΜ, ήταν συνολικά πέντε και παρουσιάζονται με βάση το μοντέλο ανάλυσης Pickering (στόχος, αντίσταση, προσαρμογή) (Πίνακας 1). Οι αλλαγές αφορούσαν διαφορετικές πτυχές της μεθόδου ΣΕΜ, έχοντας ως στόχο για παράδειγμα την ικανότητα διάκρισης έγκυρου και μη έγκυρου πειράματος ή την ικανότητα σχεδιασμού ενός έγκυρου πειράματος.

Συγκεκριμένα, οι αλλαγές ήταν οι εξής: (1) πιο δομημένη διερεύνηση, προς διευκόλυνση της επιλογής έγκυρου πειράματος, (2) προσθήκη καθοδηγούμενης αμέσως μετά από μια δομημένη δραστηριότητα, για τη βαθμιαία μετάβαση σε πιο ανοιχτή διερεύνηση, (3) προσθήκη δομημένης αμέσως πριν από καθοδηγούμενη δραστηριότητα, για τη βαθμιαία μετάβαση σε πιο ανοιχτή διερεύνηση, (4) αύξηση της καθοδήγησης, προς διευκόλυνση διάκρισης ενός συμπεράσματος από τη διαδικασία εξαγωγής του, και (5) αύξηση της καθοδήγησης, προς διευκόλυνση αναγνώρισης του σχεδιαστικού λάθους σε ένα μη έγκυρο πείραμα.

Χάρη συντομίας, θα περιγράψουμε αναλυτικά μόνο τις δύο πρώτες βελτιωτικές αλλαγές:

*(1) Έτοιμα προτεινόμενα πειράματα αντί δοκιμών προς συνδυασμό για τη δημιουργία πειραμάτων*

*Στόχος:* Αυτή η βελτιωτική αλλαγή αναφέρεται στον βαθμό καθοδήγησης (άρα στην διδακτική μέθοδο), με τον οποίο οι φοιτητές κλήθηκαν να διακρίνουν μεταξύ έγκυρων και μη έγκυρων πειραμάτων που αφορούσαν μαγνητικά φαινόμενα και φαινόμενα πλεύσης και βύθισης, στα αντίστοιχα φύλλα εργασίας. Στην Φάση 1, ζητήθηκε από τους φοιτητές να επιλέξουν δύο από πέντε δοκιμές, για παράδειγμα για τα φαινόμενα της πλεύσης και της βύθισης (Εικόνα 2, άνω πίνακας), ώστε να διερευνήσουν εάν το βάρος ενός αντικειμένου επηρεάζει την πλεύση ή τη βύθισή του. Επίσης, ζητήθηκε από τους φοιτητές να επιλέξουν και να αιτιολογήσουν τις συγκρίσεις των δοκιμών που δεν μπορούν να οδηγήσουν σε ασφαλές συμπέρασμα.

*Αντίσταση:* Οι φοιτητές δυσκολεύτηκαν, κατά τη διάρκεια του μαθήματος, να επιλέξουν και να συγκρίνουν τις κατάλληλες δοκιμές, ώστε να προκύψει έγκυρο πείραμα. Επίσης, δυσκολεύτηκαν να επιλέξουν και να αιτιολογήσουν τις συγκρίσεις των δοκιμών που δεν οδηγούν σε ασφαλές συμπέρασμα.

Στόχος	Αντίσταση	Προσαρμογή	Παράγοντας	Πηγή δεδομένων
1. Ικανότητα <b>διάκρισης</b> έγκυρου και μη έγκυρου πειράματος	Δυσκολία να επιλέξουν και να συγκρίνουν τις κατάλληλες δοκιμές, ώστε να προκύπτει έγκυρο πείραμα.	Πιο δομημένη διερευνητική δραστηριότητα, προς διευκόλυνση της επιλογής έγκυρου πειράματος. Συγκεκριμένα, ένας πίνακας πέντε δοκιμών, από τις οποίες έπρεπε να επιλεγούν οι δύο ώστε να προκύψει έγκυρο πείραμα, αντικαταστάθηκε από έναν πίνακα τεσσάρων έτοιμων προτεινόμενων πειραμάτων, με δύο δοκιμές το καθένα, εκ των οποίων το ένα ήταν έγκυρο.	ΕΚ	Φύλλα εργασίας,  Σημειώσεις ερευνητών
2. Ικανότητα <b>σχεδιασμού</b> έγκυρου πειράματος για τη διερεύνηση της επίδρασης του βάρους στην πλεύση και την βύθιση.	Δυσκολία να εστιάσουν στην υπό μελέτη ανεξάρτητη μεταβλητή εξαιτίας της αποκτηθείσας γνώσης «το υλικό του αντικειμένου επηρεάζει την πλεύση ή την βύθιση και όχι το βάρος».	Βαθμιαία μετάβαση από δομημένη σε καθοδηγούμενη, δηλαδή σε πιο ανοιχτή διερεύνηση. Προσθήκη δραστηριότητας καθοδηγούμενης διερεύνησης με στόχο την διερεύνηση της επίδρασης της ανεξάρτητης μεταβλητής «υλικό του αντικειμένου» στα φαινόμενα της πλεύσης και της βύθισης.	ΕΚ, ΕΠ	Ερωτηματολόγιο
3. Ικανότητα <b>σχεδιασμού</b> έγκυρου πειράματος για τη διερεύνηση της επίδρασης της απόστασης στην ισχύ ενός μαγνήτη.	Δυσκολία να εξαλειφθούν σχεδιαστικά λάθη, κατά τα οποία μεταβάλλονται εκτός από την υπό μελέτη τουλάχιστον άλλη μία μεταβλητή.	Βαθμιαία μετάβαση από δομημένη σε καθοδηγούμενη, δηλαδή πιο ανοιχτή διερεύνηση. Προσθήκη ενός σκέλους δομημένης διερεύνησης πριν από την προϋπάρχουσα καθοδηγούμενη διερεύνηση.	ΕΚ, ΕΠ	Φύλλα εργασίας,  Ερωτηματολόγιο
4. Κατανόηση της <b>σημασίας των παρατηρήσεων</b> κατά τη διάρκεια ενός πειράματος για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων	Αδυναμία διάκρισης του συμπεράσματος από τη διαδικασία με την οποία καταλήγουμε σε αυτό.	Πιο δομημένη διερευνητική δραστηριότητα, προς διευκόλυνση διάκρισης ενός συμπεράσματος από τη διαδικασία εξαγωγής του. Από την ερώτηση « <i>Ποιο είναι το συμπέρασμα και πώς καταλήξατε σε αυτό; .....</i> » στις ερωτήσεις « <i>Ποιο είναι το συμπέρασμα; ..... Πώς καταλήξατε σε αυτό; .....</i> »	ΕΚ	Φύλλα εργασίας,  Ερωτηματολόγιο
5. Κατανόηση της <b>αοριστίας</b> ενός μη έγκυρου πειράματος στο οποίο εκτός από την υπό μελέτη μεταβάλλεται ακόμη μία τουλάχιστον μεταβλητή.	Δυσκολία να εξαλειφθούν σχεδιαστικά λάθη, κατά τα οποία εκτός από την υπό μελέτη μεταβάλλεται τουλάχιστον άλλη μία μεταβλητή.	Πιο δομημένη διερευνητική δραστηριότητα, προς διευκόλυνση αναγνώρισης του σχεδιαστικού λάθους. Από τη δραστηριότητα « <i>Βρείτε το λάθος και προτείνετε αλλαγή ώστε να προκύψει έγκυρο πείραμα: ... παράθεση μη έγκυρου πειράματος ...</i> » στη δραστηριότητα « <i>Βρείτε το λάθος: ... παράθεση μη έγκυρου πειράματος..... Προτείνετε αλλαγή ώστε να προκύψει έγκυρο πείραμα: .....</i> »	ΕΚ	Ερωτηματολόγιο

Πίνακας 1 Οι πέντε βελτιωτικές αλλαγές από την πρώτη στη δεύτερη φάση της έρευνας



*Προσαρμογή:* Στην Φάση2 αντικαταστήσαμε τις πέντε δοκιμές με τέσσερα έτοιμα προτεινόμενα πειράματα (Εικόνα 2, κάτω πίνακας), από τα οποία μόνο ένα ήταν έγκυρο. Οι φοιτητές κλήθηκαν να επιλέξουν και να αιτιολογήσουν το έγκυρο ή τα έγκυρα κατά την άποψή τους πειράματα, καθώς και να αιτιολογήσουν γιατί θεωρούν ότι τα υπόλοιπα δεν είναι έγκυρα.

Μεταβλητή	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 3	Δοκιμή 4	Δοκιμή 5
Βάρος	10 g	20 g	10 g	20 g	20 g
Είδος υλικού	ξύλο	μάρμαρο	ξύλο		μάρμαρο
Είδος υγρού	νερό	αλατόνερο	αλατόνερο	νερό	νερό
<b>Αποτέλεσμα</b>	Πλεύση	Βύθιση	Πλεύση	Πλεύση	Βύθιση

	Πείραμα 1		Πείραμα 2		Πείραμα 3		Πείραμα 4	
Μεταβλητή	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2
Βάρος	10 g	20 g	10 g	20 g	10 g	20 g	10 g	10 g
Είδος υλικού	ξύλο	ξύλο	ξύλο	μάρμαρο	ξύλο	μάρμαρο	ξύλο	μάρμαρο
Είδος υγρού	νερό	νερό	νερό	αλατόνερο	νερό	νερό	νερό	νερό

Εικόνα 2 Έτοιμα προτεινόμενα πειράματα αντί δοκιμών προς συνδυασμό για τη δημιουργία πειραμάτων

Επομένως, προέκυψε μια πιο δομημένη διερευνητική δραστηριότητα, δηλαδή μια δραστηριότητα με μεγαλύτερη καθοδήγηση προς τους φοιτητές με στόχο τη διευκόλυνσή τους στην επιλογή έγκυρου πειράματος. Με αυτήν την έννοια, καθοριστικός παράγοντας που καθοδήγησε τη βελτιωτική αλλαγή ήταν ο εκπαιδευτικός παράγοντας.

*(2) Βαθμιαία μετάβαση από δομημένη σε καθοδηγούμενη διερεύνηση, με προσθήκη καθοδηγούμενης αμέσως μετά από μια δομημένη δραστηριότητα*

*Στόχος:* Αυτή η βελτιωτική αλλαγή αναφέρεται στη βαθμιαία μετάβαση από δραστηριότητες δομημένες σε δραστηριότητες καθοδηγούμενης διερεύνησης, δηλαδή πιο ανοιχτής διερεύνησης. Στη Φάση 1, οι φοιτητές μελετούσαν την επίδραση των μεταβλητών βάρος και σχήμα συμπαγούς αντικειμένου στην πλεύση και τη βύθιση με δομημένη διερεύνηση (η διαδικασία του πειράματος ήταν καθορισμένη).

*Αντίσταση:* Οι φοιτητές δυσκολεύτηκαν να εστιάσουν στην υπό μελέτη ανεξάρτητη μεταβλητή (βάρος αντικειμένου), στα έργα για τον σχεδιασμό έγκυρου πειράματος στο ερωτηματολόγιο, αμέσως μετά το εξαμηνιαίο μάθημα. Η δυσκολία τους αυτή αποδόθηκε στην αποκτηθείσα γνώση ότι «το υλικό του αντικειμένου επηρεάζει την πλεύση ή τη βύθιση και όχι το βάρος». Με βάση αυτήν την γνώση οι φοιτητές θεώρησαν ότι δεν χρειάζεται να ελέγξουμε εάν το βάρος επηρεάζει την πλεύση ή τη βύθιση και πρότειναν πείραμα με το οποίο να ελέγξουν / αποδείξουν ότι το υλικό είναι ο παράγοντας που επηρεάζει.

*Προσαρμογή:* Σαν αποτέλεσμα, στη Φάση 2, αμέσως μετά τις δομημένες διερευνήσεις (βάρος, σχήμα), προσθέσαμε μια επιπλέον δραστηριότητα για τη μελέτη της επίδρασης του υλικού στην πλεύση και τη βύθιση με καθοδηγούμενη διερεύνηση (η διαδικασία του πειράματος ήταν ανοιχτή), ώστε οι φοιτητές να αντιληφθούν τότε και με ποιον τρόπο σχεδιάζουμε ένα πείραμα για να ελέγξουμε την επίδραση του υλικού στο φαινόμενο.

Επομένως, προέκυψε μετάβαση από δομημένη σε καθοδηγούμενη διερεύνηση, δίνοντας τη δυνατότητα στους φοιτητές να διερευνήσουν το φαινόμενο και τους παράγοντες που το επηρεάζουν σε πιο ανοιχτό περιβάλλον διερεύνησης, ακολουθώντας τις προτάσεις της διεθνούς βιβλιογραφίας (Pedaste et al., 2015). Επομένως, θεωρούμε ότι ο παράγοντας που καθοδήγησε τη βελτιωτική αλλαγή ήταν κυρίως ο επιστημονικός.

Η βελτίωση στην κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ ήταν στατιστικά σημαντική τόσο στην πρώτη όσο και στη δεύτερη φάση της έρευνας (Wilcoxon,  $p < .001$ ), λόγω των καινοτομικών χαρακτηριστικών των δραστηριοτήτων. Εντούτοις, το μέγεθος της επίδρασης (Wilcoxon effect size,  $r=Z/\sqrt{N}$ ) (Rosenthal, 1994) ήταν μεγαλύτερο στη δεύτερη φάση, αναδεικνύοντας τη χρησιμότητα των βελτιωτικών αλλαγών.

## Συμπεράσματα

Στην εργασία περιγράφουμε τις βελτιωτικές αλλαγές από την πρώτη στη δεύτερη φάση ανάπτυξης και εφαρμογής μιας ακολουθίας πειραματικών δραστηριοτήτων με στόχο την κατανόηση του συλλογισμού της ΣΕΜ, από φοιτητές/τριες Τμήματος Μηχανικών, στο πλαίσιο πειραμάτων φυσικών φαινομένων.

Από τις πέντε βελτιωτικές αλλαγές, για τις τρεις που καθοδηγήθηκαν από τον εκπαιδευτικό παράγοντα (δυσκολίες των φοιτητών) η προσαρμογή ήταν μια πιο δομημένη διερευνητική δραστηριότητα με στόχο τη διευκόλυνση των φοιτητών/τριών. Αντίθετα, για τις δύο αλλαγές που καθοδηγήθηκαν και από τον επιστημονικό παράγοντα (θεωρία ΔΦΕ) (π.χ. Pedaste et al., 2015) η προσαρμογή ήταν μια βαθμιαία μετάβαση από δομημένη σε καθοδηγούμενη, δηλαδή πιο ανοιχτή διερεύνηση.

Τέλος, σε συμφωνία με τα αποτελέσματα προγενέστερης έρευνας (Zouridis et al., 2016), τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι βελτιωτικές αλλαγές που καθοδηγήθηκαν από τον εκπαιδευτικό παράγοντα ήταν τοπικού χαρακτήρα, δηλαδή αφορούσαν συγκεκριμένη δραστηριότητα, ενώ αυτές που καθοδηγήθηκαν από τον επιστημονικό παράγοντα ήταν ολιστικού χαρακτήρα, δηλαδή αφορούσαν εν δυνάμει ένα σύνολο δραστηριοτήτων.

## Ευχαριστίες



Η ερευνητική εργασία υποστηρίχθηκε από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ.) στο πλαίσιο της Δράσης «1η Προκήρυξη ερευνητικών έργων ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. για την ενίσχυση των μελών ΔΕΠ και Ερευνητών/τριών και την προμήθεια ερευνητικού εξοπλισμού μεγάλης αξίας» (Αριθμός Έργου: 1828)

## Βιβλιογραφία

Ζουπίδης, Α., Σπύρτου, Α., Μαλανδράκης, Γ., & Καριώτογλου, Π. (2011). Μια Διδακτική Μαθησιακή Σειρά για την εισαγωγή στοιχείων της διερευνητικής μεθόδου καθώς και της πυκνότητας ως ιδιότητας των υλικών, στα φαινόμενα πλεύσης και βύθισης: η διαδικασία βελτίωσης της σειράς, στο Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ. (επιμ.), *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην*

- Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες*, σελ. 151 – 158.
- Ζουπίδης Α., Στράγγας Α., & Καριώτογλου Π. (2018). Η επίδραση της ρητής διδασκαλίας της στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών στην κατανόηση της μεθόδου από φοιτήτριες νηπιαγωγούς. *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση. Προκλήσεις και προοπτικές*.
- Boudreaux, A., Shaffer, P., Heron, P., & McDermott, L. (2008). Student understanding of control of variables: Deciding whether or not a variable influences the behavior of a system. *American Journal of Physics*, 76, 163, <https://doi.org/10.1119/1.2805235>
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70(5), 1098–1120.
- Han, S., Blank, J., & Berson, I. (2017). To Transform or to Reproduce: Critical Examination of Teacher Inquiry Within Early Childhood Teacher Preparation. *Journal of Early Childhood Teacher Education*, 38(4), 308–325. <https://doi.org/10.1080/10901027.2017.1393643>
- Kariotoglou, P., Psillos, D., & Tselfes, V. (2003). Modelling the evolution of Teaching – Learning Sequences: from discovery to constructivism. In D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselfes, E. Hatzikraniotis, G. Fassoulopoulos, & M. Kallery (Eds.), *Science Education Research in the Knowledge-based Society* (p.p. 259-268). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Linn, V., & Jacobs, G. (2015). Inquiry-Based Field Experiences: Transforming Early Childhood Teacher Candidates' Effectiveness. *Journal of Early Childhood Teacher Education*, 36(4), 272–288. <https://doi.org/10.1080/10901027.2015.1100143>
- Lorch, R.F., Lorch, E.P., Calderhead, W.J., Dunlap, E.E., Hodell, E.C., & Freer, B.D. (2010). Learning the Control of Variables Strategy in Higher and Lower Achieving Classrooms: Contributions of Explicit Instruction and Experimentation. *Journal of Educational Psychology*, 102(1), 90-101. <https://doi.org/10.1037/a0017972>
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, by States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S.A.N., Kamp, E.T., Manoli, C. C., Zacharia, Z.C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Pickering, A. (1995). *The Mangle of Practice*. Chicago: The University Chicago Press.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Commission.
- Rosenthal, R. (1994). Parametric measures of effect size. In H. Cooper & L. V. Hedges (Eds.), *Handbook of research synthesis* (pp. 231–244). New York: Russell Sage Foundation.
- Zoupidis, A., Spyrtou, A., Malandrakis, G., & Kariotoglou, P. (2016). The evolutionary refinement process of a Teaching Learning Sequence for introducing inquiry aspects and density as materials' property in floating / sinking phenomena, In D. Psillos & P. Kariotoglou (Eds.), *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences*, (pp. 167-199), Springer.
- Zoupidis, A., Tselfes, V., & Kariotoglou, P. (2021). Pre-service early childhood teachers' beliefs that influence their intention to use inquiry-based learning methods. *International Journal of Early Years Education*. <https://doi.org/10.1080/09669760.2021.1890552>