

# Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)

Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

## ΠΡΑΚΤΙΚΑ

### 14<sup>ο</sup>

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ  
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες  
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές



12-14 Απριλίου 2025

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ  
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΔΠΘ  
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΔΠΘ

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,  
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

synedrio2025.enepht.gr



## Βελτιωτικές Αλλαγές Πειραματικών Δραστηριοτήτων για τη Διάδοση της Θερμότητας με Αγωγή: Εισαγωγή Πτυχών της Φύσης της Επιστημονικής Διερεύνησης

*Ελένη - Μαρία Βαλκάνου, Αναστάσιος Ζουπίδης*

doi: [10.12681/codiste.9814](https://doi.org/10.12681/codiste.9814)

# Βελτιωτικές Αλλαγές Πειραματικών Δραστηριοτήτων για τη Διάδοση της Θερμότητας με Αγωγή: Εισαγωγή Πτυχών της Φύσης της Επιστημονικής Διερεύνησης

Ελένη - Μαρία Βαλκάνου<sup>1</sup>, Αναστάσιος Ζουπίδης<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Υποψήφια Διδάκτορας, <sup>2</sup>Αναπληρωτής Καθηγητής

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

<sup>1</sup>*evalkano@eled.duth.gr*

## Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τέσσερις βελτιωτικές αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν σε πειραματικές δραστηριότητες για τη διάδοση της θερμότητας με αγωγή, ώστε, ακολουθώντας τις σύγχρονες προτάσεις στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών, να εισαχθεί σε αυτές η διδασκαλία πτυχών της Φύσης της Επιστημονικής Διερεύνησης (ΦΤΕΔ). Για την περιγραφή των βελτιωτικών αλλαγών αξιοποιήθηκε το θεωρητικό πλαίσιο του Pickering. Συνοπτικά, οι αλλαγές αναφέρονται στην αξιοποίηση διερευνητικών στρατηγικών (μοντέλο 5E) και τη διδασκαλία και αξιοποίηση διερευνητικών πρακτικών (έλεγχος μεταβλητών, σφάλματα μέτρησης), καθώς και στη ρητή και αναστοχαστική διδασκαλία πτυχών της ΦΤΕΔ.

**Λέξεις κλειδιά:** βελτιωτικές αλλαγές, δημοτικό σχολείο, διάδοση της θερμότητας με αγωγή, μοντέλο Pickering, φύση της επιστημονικής διερεύνησης

## Iteration of Experimental Activities for Heat Conduction: Introducing Aspects of the Nature of Scientific Inquiry

Eleni- Maria Valkanou<sup>1</sup>, Anastasios Zoupidis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD Candidate, <sup>2</sup>Associate Professor

Department of Primary Education, Democritus University of Thrace

<sup>1</sup>*evalkano@eled.duth.gr*

## Abstract

This paper presents four iterations made to experimental activities on heat conduction, in order to introduce the teaching of aspects of the Nature of Scientific Inquiry (NOSI) in them, following the current proposals in science education. Pickering's theoretical framework was utilised to articulate the iterations. In summary, the changes refer to the use of inquiry strategies (model 5E) and the teaching and use of inquiry practices (control of variables, measurement errors), as well as explicit and reflective teaching of aspects of NOSI.

**Keywords:** heat conduction, iteration, nature of scientific inquiry, Pickering model, primary education

## Εισαγωγή

Η καλλιέργεια του επιστημονικού γραμματισμού δε συνίσταται αποκλειστικά στην εκμάθηση του επιστημονικού περιεχομένου και των επιστημονικών πρακτικών, αλλά περιλαμβάνει και την κατανόηση πτυχών της Φύσης της Επιστήμης (ΦΤΕ), με έμφαση στην επιστήμη ως τρόπο σκέψης και δράσης (Lederman et al., 2019). Έτσι, αρκετοί ερευνητές τονίζουν ότι η

διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών πρέπει να έχει ολιστικό χαρακτήρα, δηλαδή να ενσωματώνει δηλωτικούς, διαδικαστικούς και επιστημολογικούς στόχους (Capps & Crowford, 2013). Παράλληλα, η ανάπτυξη της κατανόησης των μαθητών/τριών γύρω από ζητήματα που αφορούν στη ΦτΕ θεωρείται σημαντικός διδακτικός στόχος σε Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών παγκοσμίως (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 2011· National Research Council [NRC], 2011).

Στη βιβλιογραφία ο όρος ΦτΕ διακρίνεται από τον όρο Φύση της Επιστημονικής Διερεύνησης (ΦτΕΔ). Ο πρώτος όρος αναφέρεται στα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης, ενώ ο δεύτερος στα χαρακτηριστικά της επιστημονικής διαδικασίας, δηλαδή στον τρόπο που παράγεται η επιστημονική γνώση (Lederman et al., 2019). Οι δύο όροι, αν και σχετίζονται, διαφέρουν. Μάλιστα, η εν λόγω διάκριση φαίνεται να είναι χρήσιμη, καθώς έχει βρεθεί ότι οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών για τη ΦτΕΔ είναι πιο εύκολο να βελτιωθούν, συγκριτικά με τις αντιλήψεις τους για τη ΦτΕ (Kampourakis, 2016). Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι οκτώ πτυχές της ΦτΕΔ, οι οποίες προτείνεται να διδάσκονται, σύμφωνα με τους Lederman et al. (2019).

**Πίνακας 1.** Πτυχές της ΦτΕΔ (Lederman et al., 2019)

Πτυχή	Περιεχόμενο
1	Οι επιστημονικές έρευνες ξεκινούν με μία ερώτηση, αλλά δεν ελέγχουν απαραίτητα μία υπόθεση
2	Δεν υπάρχει ένα ενιαίο σύνολο ή αλληλουχία βημάτων που ακολουθούνται σε όλες τις έρευνες
3	Οι ερευνητικές διαδικασίες καθοδηγούνται από την ερώτηση που τέθηκε αρχικά
4	Όλοι οι επιστήμονες που εκτελούν τις ίδιες ερευνητικές διαδικασίες μπορεί να μην έχουν τα ίδια αποτελέσματα
5	Οι ερευνητικές διαδικασίες μπορεί να επηρεάσουν τα αποτελέσματα
6	Τα συμπεράσματα της έρευνας πρέπει να συνάδουν με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν
7	Τα επιστημονικά δεδομένα δεν ταυτίζονται με τα επιστημονικά τεκμήρια
8	Οι εξηγήσεις αναπτύσσονται από ένα συνδυασμό των δεδομένων που συλλέχθηκαν και όσων είναι ήδη γνωστά

Σε επίπεδο Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, οι έρευνες που έχουν διεξαχθεί αναφορικά με την ανάπτυξη της κατανόησης για γενικές πτυχές της ΦτΕΔ είναι περιορισμένες (Morell et al., 2024). Ωστόσο, έχει βρεθεί ότι για μαθητές/τριες Δημοτικού φαίνεται να είναι αναπτυξιακά κατάλληλη η προσέγγιση των πτυχών 1-3, 6 και 8 (Morell et al., 2024).

Η διερευνητική μέθοδος θεωρείται ένα κατάλληλο πλαίσιο για την ανάδειξη και συζήτηση των πτυχών της ΦτΕΔ (McComas et al., 2020). Η αξιοποίηση της συγκεκριμένης μεθόδου στη διδασκαλία δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές/τριες να προσεγγίσουν τόσο τις επιστημονικές έννοιες όσο και τις επιστημονικές διαδικασίες και έτσι να βελτιώσουν την κατανόησή τους και για πτυχές της ΦτΕΔ (Lederman et al., 2019). Παράλληλα, η βελτίωση των αντιλήψεων τους για τη ΦτΕΔ έχει βρεθεί ότι συμβάλλει και στην καλύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών (Bächtold, 2024). Σημαντικές διερευνητικές πρακτικές, οι οποίες φαίνεται ότι μπορούν να αξιοποιηθούν για την ανάδειξη των πτυχών της ΦτΕΔ στη διδασκαλία είναι: α) ο εντοπισμός προβλημάτων και η διατύπωση ερωτημάτων, β) η διαχείριση μεταβλητών, γ) η κατασκευή, η χρήση και ο έλεγχος μοντέλων και δ) η αλληλεπίδραση και η επιχειρηματολογία αναφορικά με τα ερευνητικά ευρήματα (Bächtold, 2024).

Αξίζει να αναφερθεί, ωστόσο, ότι η απλή αξιοποίηση της διερευνητικής μεθόδου στη διδασκαλία δεν οδηγεί απαραίτητα στην ανάπτυξη της κατανόησης των μαθητών/τριών για τις πτυχές της ΦτΕΔ (Concannon et al., 2020· Morell et al., 2024). Αντίθετα, φαίνεται να απαιτείται η αξιοποίηση μίας ρητής και αναστοχαστικής προσέγγισης των διαδικασιών που

διέπουν την εν λόγω μέθοδο, ώστε να αναδειχθούν οι πτυχές της ΦτΕΔ που σχετίζονται με αυτές τις διαδικασίες (Witucki et al., 2023). Οι Akerson et al. (2019) συνοψίζοντας τη σχετική βιβλιογραφία, σχετικά με ωφέλιμες αναστοχαστικές πρακτικές, αναφέρουν ως πιο σημαντικές τις ακόλουθες: α) την ομαδική εργασία των μαθητών/τριών, β) τις αναστοχαστικές ερωτήσεις του/της εκπαιδευτικού και συνακόλουθη συζήτηση σε επίπεδο ολομέλειας τάξης, γ) την καθοδήγηση της σκέψης των μαθητών/τριών γύρω από τη ΦτΕΔ, δ) την εμπλοκή των μαθητών/τριών σε hands-on δραστηριότητες και ε) τη σταδιακή μετάβαση από δομημένη προς ανοιχτή διερεύνηση.

## Μεθοδολογία

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν ο εντοπισμός και η περιγραφή των βελτιωτικών αλλαγών που απαιτείται να πραγματοποιηθούν σε πειραματικές δραστηριότητες για τη διάδοση της θερμότητας με αγωγή, ώστε να ενσωματωθεί σε αυτές η διδασκαλία πτυχών της ΦτΕΔ. Σε προηγούμενη πιλοτική έρευνα σχεδιάστηκαν και αξιολογήθηκαν πειραματικές δραστηριότητες, με στόχο τη διδασκαλία της διάδοσης της θερμότητας με αγωγή στα μέταλλα, για μαθητές/τριες Ε' Δημοτικού (Valkanou et al., 2024b). Σε αυτή την πιλοτική έρευνα, συμπεριλήφθηκαν διδακτικοί στόχοι, οι οποίοι αφορούσαν μόνο στην κατανόηση του περιεχομένου. Ωστόσο, οι εν λόγω δραστηριότητες θεωρήθηκε ότι έχουν εκείνα τα χαρακτηριστικά που ευνοούν την ενσωμάτωση της διδασκαλίας πτυχών της ΦτΕΔ. Η ενσωμάτωση της ρητής διδασκαλίας συγκεκριμένων πτυχών της ΦτΕΔ θεωρήθηκε ότι μπορεί να ενισχύσει την κατανόηση του επιστημονικού περιεχομένου που διδάσκεται, αλλά και να συμβάλει στη βελτίωση των αντιλήψεων των μαθητών/τριών για τη ΦτΕΔ. Συγκεκριμένα, το ερευνητικό ερώτημα ήταν το ακόλουθο: *«Ποιες είναι οι βελτιωτικές αλλαγές που απαιτείται να πραγματοποιηθούν σε πειραματικές δραστηριότητες για τη διάδοση της θερμότητας με αγωγή, ώστε να ενσωματωθεί σε αυτές η διδασκαλία πτυχών της ΦτΕΔ και πώς αιτιολογούνται;»*

Για την περιγραφή των βελτιωτικών αλλαγών που πραγματοποιήθηκαν στις δραστηριότητες, αξιοποιήθηκε το θεωρητικό πλαίσιο του Pickering (1995), όπως αυτό έχει αναδιαμορφωθεί και εφαρμοστεί στο πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Ζουπίδης, 2021). Σύμφωνα με αυτό το πλαίσιο, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μαθησιακών δραστηριοτήτων καθορίζεται από την αλληλεπίδραση τριών βασικών παραγόντων: του Εκπαιδευτικού, του Υλικού και του Επιστημονικού. Προκειμένου να επιτευχθούν οι εκάστοτε μαθησιακοί στόχοι, ο/η ερευνητής/τρια καλείται να διαχειριστεί και να υπερβεί τις αντιστάσεις που προκύπτουν, προβαίνοντας σε αναγκαίες προσαρμογές (Ζουπίδης, 2021· Pickering, 1995).

## Περιγραφή των Πειραματικών Δραστηριοτήτων στην Πιλοτική Εφαρμογή

Κύριος διδακτικός στόχος των δραστηριοτήτων της πιλοτικής εφαρμογής ήταν η αντιμετώπιση της εναλλακτικής ιδέας των μαθητών/τριών ότι η θερμότητα είναι μία ουσία με ιδιότητες ρευστού. Στην 1<sup>η</sup> δραστηριότητα αξιοποιήθηκε μία μεταλλική ράβδος, η οποία ήταν βαθμονομημένη ανά 5 εκ. από το κέντρο της και προς τα δύο της άκρα. Στη ράβδο τοποθετήθηκε ίση ποσότητα πηγμένου κεριού στα 10, 15, 20 και 25 εκ. εκατέρωθεν του κέντρου της και τοποθετήθηκε σε κλίση 10° ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Στη συνέχεια, θερμάνθηκε με ένα φλόγιστρο ακριβώς στο κέντρο της και οι μαθητές/τριες κλήθηκαν να παρατηρήσουν τις χρονικές στιγμές στις οποίες έλιωσαν οι σταγόνες κεριού στη ράβδο. Στη 2<sup>η</sup> δραστηριότητα, οι μαθητές/τριες εξέτασαν αν η αύξηση της υψομετρικής διαφοράς σε σχέση με την εστία θέρμανσης επηρεάζει τον ρυθμό διάδοσης της θερμότητας, αξιοποιώντας μία διαφορετική πειραματική διάταξη. Σε αυτή τη διάταξη χρησιμοποιήθηκε μία μεταλλική βελόνα πλεξίματος, η οποία κάμφθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθούν δύο ισομήκη κατακόρυφα τμήματα αντίθετου προσανατολισμού στα άκρα της. Έπειτα, στα άκρα της τοποθετήθηκε από μία πινέζα με τη βοήθεια κεριού και η βελόνα θερμάνθηκε με ένα

φλόγιστρο ακριβώς στο κέντρο της. Στόχος ήταν οι μαθητές/τριες να διαπιστώσουν ότι η θερμότητα διαδίδεται με τον ίδιο ρυθμό προς όλες τις κατευθύνσεις, ανεξάρτητα από την υψομετρική διαφορά των σταγόνων κεριού σε σχέση με την εστία θέρμανσης και ως εκ τούτου δε μπορεί να έχει υλική υπόσταση (Valkanou et al., 2024a).

## Αποτελέσματα

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται οι βελτιωτικές αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στις δύο πειραματικές δραστηριότητες. Όπως προαναφέρθηκε στην ενότητα της Μεθοδολογίας, για την περιγραφή των βελτιωτικών αλλαγών χρησιμοποιήθηκε το θεωρητικό πλαίσιο του Pickering (1995). Συγκεκριμένα, για καθεμία από τις βελτιωτικές αλλαγές, περιγράφεται το χαρακτηριστικό της αρχικής δραστηριότητας (στόχος), στη συνέχεια αναφέρεται η ανάγκη για τη βελτιωτική αλλαγή που προκύπτει από τη βιβλιογραφία ή από την πιλοτική εφαρμογή των δραστηριοτήτων (αντίσταση) και τέλος παρουσιάζεται η βελτιωτική αλλαγή που πραγματοποιήθηκε στη δραστηριότητα (προσαρμογή).

### 1<sup>η</sup> Βελτιωτική Αλλαγή

**Στόχος:** Μέσα από την πραγματοποίηση των δύο πειραματικών δραστηριοτήτων, οι μαθητές/τριες καλούνται να παρατηρήσουν, εάν ο ρυθμός διάδοσης της θερμότητας εξαρτάται από την υψομετρική διαφορά σε σχέση με την εστία θέρμανσης και να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα, αναφορικά με αυτό. Στόχος είναι η αντιμετώπιση της εναλλακτικής ιδέας ότι η θερμότητα είναι μία ουσία με ιδιότητες ρευστού.

**Αντίσταση:** Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι η ενσωμάτωση της διδασκαλίας πτυχών της ΦτΕΔ σε μαθησιακές δραστηριότητες, μπορεί να συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών που επιδιώκεται να διδαχθούν μέσα από αυτές τις δραστηριότητες (Bächtold, 2024). Παράλληλα, η διερευνητική μέθοδος ευνοεί την ανάδειξη και συζήτηση με τους μαθητές/τριες των πτυχών της ΦτΕΔ (McComas et al., 2020). Στη βιβλιογραφία εντοπίζονται αρκετά διδακτικά πλαίσια, τα οποία αξιοποιούνται για την εφαρμογή της διερευνητικής μεθόδου και είναι γνωστά ως μοντέλα κύκλων διερεύνησης (Pedaste et al., 2015).

**Προσαρμογή:** Οι δραστηριότητες επανασχεδιάστηκαν, αξιοποιώντας τον κύκλο μάθησης 5Ε (Ruiz-Martín & Bybee, 2022), και με στόχο την ενσωμάτωση της διδασκαλίας συγκεκριμένων πτυχών της ΦτΕΔ. Συγκεκριμένα, αποτελούνται από τις εξής φάσεις: α) εμπλοκή, β) εξερεύνηση, γ) εξήγηση, δ) εμφάθυνση και ε) αξιολόγηση – αναστοχασμός. Στη φάση της εμπλοκής ενσωματώθηκε μία προβληματική κατάσταση, η οποία θα παρουσιαστεί αρχικά στους μαθητές/τριες. Η συγκεκριμένη προσθήκη θεωρήσαμε ότι θα βοηθήσει στην προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών, στον καθορισμό των μεταβλητών που διέπουν το φαινόμενο που πρόκειται να εξετάσουν και στη συνακόλουθη διατύπωση του ερωτήματος που θα διερευνηθεί. Έτσι, μέσα από αυτή τη βελτιωτική αλλαγή, οι μαθητές/τριες θα διαπιστώσουν την άμεση συσχέτιση του ερωτήματος που θα διατυπώσουν με τις διερευνητικές διαδικασίες που θα ακολουθήσουν. Επομένως, αυτή η αλλαγή θεωρήθηκε ότι συμβάλλει στην ανάδειξη της 3<sup>ης</sup> πτυχής της ΦτΕΔ, σύμφωνα με την οποία: «Οι ερευνητικές διαδικασίες καθοδηγούνται από την ερώτηση που τέθηκε αρχικά». Στη φάση της εξερεύνησης, θα πραγματοποιηθούν τα πειράματα, όπως περιεγράφηκαν στην ενότητα της Μεθοδολογίας. Στη συνέχεια, στη φάση της εξήγησης οι μαθητές/τριες καλούνται να εξηγήσουν τις πειραματικές τους παρατηρήσεις. Σε αυτή τη φάση οι μαθητές/τριες πρόκειται να απαντήσουν στο ερώτημα που διερευνούσαν, βασιζόμενοι στα δεδομένα που συνέλεξαν από τα πειράματα. Ως εκ τούτου, σε αυτή τη φάση θεωρήθηκε σκόπιμο να αναδειχθεί η 6<sup>η</sup> πτυχή, σύμφωνα με την οποία: «Τα συμπεράσματα της έρευνας πρέπει να συνάδουν με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν». Στη φάση της εμφάθυνσης, θα παρουσιαστεί στους μαθητές μία προσομοίωση της κίνησης των μορίων ενός στερεού σώματος κατά τη θέρμανσή του και από τους μαθητές/τριες θα ζητηθεί να εξηγήσουν τις πειραματικές τους παρατηρήσεις,

αξιοποιώντας στοιχεία του μικρόκοσμου. Τέλος, στη φάση της αξιολόγησης-αναστοχασμού, πρόκειται να αξιολογηθεί η κατανόηση των μαθητών/τριών για το περιεχόμενο, μέσω μίας σχετικής δραστηριότητας και να πραγματοποιηθεί ένας αναστοχασμός, μέσω κατάλληλων ερωτήσεων, με στόχο την ανάδειξη και συζήτηση των πτυχών της ΦτΕΔ που προσεγγίζονται συνολικά στη διδασκαλία.

## 2<sup>η</sup> Βελτιωτική Αλλαγή

*Στόχος:* Στα πειράματα που ενσωματώνονται στις δύο δραστηριότητες παρατηρείται ότι ο ρυθμός διάδοσης της θερμότητας εξαρτάται από πολλές μεταβλητές, όπως για παράδειγμα το υλικό και το πάχος της ράβδου και η ένταση της εστίας θέρμανσης.

*Αντίσταση:* Από την πιλοτική εφαρμογή βρέθηκε ότι τα σφάλματα μέτρησης και οι ασυνέπειες που παρατηρούνται σε αυτά τα πειράματα επηρέαζαν σημαντικά τους μαθητές/τριες στη διατύπωση των απόψεων τους, αναφορικά με την κατεύθυνση διάδοσης της θερμότητας (Valkanou et al., 2024b). Επιπλέον, στη βιβλιογραφία καταγράφονται δύο προσεγγίσεις για τις μετρήσεις που ενσωματώνονται σε μία πειραματική διαδικασία: α) η παραδοσιακή, σύμφωνα με την οποία σκοπός της μέτρησης είναι να εκτιμηθεί η τιμή που είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην «πραγματική τιμή» και β) η προσέγγιση της «αβεβαιότητας», σύμφωνα με την οποία σκοπός της μέτρησης είναι να προσδιοριστεί ένα λογικό εύρος τιμών. Παράλληλα, έχει βρεθεί ότι μαθητές Δημοτικού είναι εφικτό να αντιληφθούν την αβεβαιότητα των μετρήσεων και είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο να εμπλέκονται σε διαδικασίες στις οποίες εκτελούν πολλαπλές μετρήσεις για να συλλέγουν τα δεδομένα τους και έπειτα να τα αναλύουν (Munier et al., 2013).

*Προσαρμογή:* Οι δραστηριότητες εμπλουτίστηκαν με ένα εισαγωγικό μάθημα, μέσα από το οποίο επιδιώκεται η ρητή διδασκαλία γύρω από την αντιμετώπιση των σφαλμάτων μέτρησης στην πειραματική διαδικασία. Σε αυτό το μάθημα αξιοποιείται η προσέγγιση της αβεβαιότητας και στόχος είναι οι μαθητές/τριες να αποκτήσουν επίγνωση για αυτές τις όψεις της πειραματικής διαδικασίας. Στις δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν για αυτό το μάθημα, οι μαθητές/τριες αναμένεται να διαπιστώσουν ότι οι μέθοδοι συλλογής δεδομένων επηρεάζουν τα συμπεράσματα στα οποία μπορεί να καταλήξει κάποιος. Επομένως, θεωρήθηκε ότι σε αυτή την ενότητα μπορεί να προσεγγιστεί η 5<sup>η</sup> πτυχή της ΦτΕΔ, σύμφωνα με την οποία: «Οι ερευνητικές διαδικασίες μπορεί να επηρεάσουν τα αποτελέσματα». Παρά το γεγονός ότι η συγκεκριμένη πτυχή της ΦτΕΔ δε συγκαταλέγεται μεταξύ αυτών που έχουν βρεθεί ως αναπτυξιακά κατάλληλες να διδαχθούν σε μαθητές/τριες Δημοτικού (Morell et al., 2024), θεωρήσαμε ότι θα είχε ερευνητικό ενδιαφέρον να μελετηθεί σε ποιο βαθμό μαθητές/τριες αυτής της βαθμίδας είναι σε θέση να κατανοήσουν τη συγκεκριμένη πτυχή, κατά την ανάδειξή της μέσα από τις συγκεκριμένες δραστηριότητες. Ο σχεδιασμός του εν λόγω μαθήματος βασίστηκε επίσης στο μοντέλο 5E. Πιο αναλυτικά, σε αυτό το μάθημα, οι μαθητές/τριες, εργαζόμενοι σε ομάδες, καλούνται να μετρήσουν το μήκος ενός αντικειμένου, με διαφορετικά όργανα μέτρησης. Στόχος είναι να αντιληφθούν ότι δεν προκύπτουν ακριβώς ίδιες μετρήσεις, ούτε μεταξύ των ομάδων που χρησιμοποιούν ίδια όργανα μέτρησης, αλλά ούτε και μεταξύ των ομάδων που χρησιμοποιούν διαφορετικά. Στη συνέχεια, από τον/την εκπαιδευτικό πρόκειται να πραγματοποιηθεί ρητή αναφορά στην έννοια του μέσου όρου. Συγκεκριμένα, θα αναφερθεί ότι ένας τρόπος περιορισμού των σφαλμάτων στις μετρήσεις είναι η πραγματοποίηση πολλών μετρήσεων και η εύρεση του μέσου όρου αυτών.

## 3<sup>η</sup> Βελτιωτική Αλλαγή

*Στόχος:* Όπως προαναφέρθηκε στις δύο δραστηριότητες, ο ρυθμός διάδοσης της θερμότητας εξαρτάται από πολλές μεταβλητές και παράλληλα στόχος είναι οι μαθητές να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα, αναφορικά με το εάν ο ρυθμός αυτός επηρεάζεται από τη μεταβλητή της υψομετρικής διαφοράς σε σχέση με την εστία θέρμανσης.

*Αντίσταση:* Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι η μέθοδος της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ) θεωρείται αποτελεσματική για τη διδασκαλία φαινομένων που επηρεάζονται από πολλές μεταβλητές, καθώς βοηθά τους μαθητές να διαπιστώσουν και να κατανοήσουν αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών και να διατυπώσουν ασφαλή συμπεράσματα (Boudreaux et al., 2008). Για την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση της μεθόδου, προτείνεται η ρητή διδασκαλία της, πριν τη χρησιμοποίησή της από τους μαθητές. Μάλιστα, φαίνεται να είναι σημαντικό να ζητείται από τους μαθητές να διακρίνουν έγκυρα από μη έγκυρα πειράματα και να αιτιολογούν την εγκυρότητα σωστά σχεδιασμένων πειραμάτων. Επιπλέον, ιδιαίτερα αποτελεσματική είναι και η έκθεση των μαθητών σε μη έγκυρα πειράματα. Η επίγνωση των λαθών που πρέπει να αποφεύγονται κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων μπορεί να τους βοηθήσει να αναπτύξουν μεταγνωστικές δεξιότητες για την εν λόγω μέθοδο και να συμβάλλει και στην εννοιολογική κατανόηση της ερμηνείας του φαινομένου που διδάσκεται (Schwichow et al., 2022).

*Προσαρμογή:* Στον σχεδιασμό των δραστηριοτήτων ενσωματώθηκε η μέθοδος ΣΕΜ. Επιπλέον, σχεδιάστηκε ένα εισαγωγικό μάθημα για τη ρητή διαπραγμάτευση της μεθόδου, το οποίο βασίζεται και αυτό στο μοντέλο 5E και θα πραγματοποιηθεί μετά το εισαγωγικό μάθημα για τα σφάλματα μέτρησης και πριν την κυρίως διδασκαλία. Σε αυτό το μάθημα, οι μαθητές/τριες, μέσα από υποθετικά σενάρια, πρόκειται να εμπλακούν σε δραστηριότητες διάκρισης έγκυρων από μη έγκυρων πειραμάτων, ερμηνείας έγκυρων πειραμάτων και αναγνώρισης της ασυνέπειας μη έγκυρων πειραμάτων. Σε αυτό το μάθημα επιδιώκεται και πάλι η ρητή διδασκαλία της 5<sup>ης</sup> πτυχής της ΦτΕΔ, καθώς θεωρήθηκε ότι μπορεί να συζητηθεί μέσα από το γεγονός ότι η διαδικασία του σχεδιασμού ενός πειράματος μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από αυτό.

#### **4<sup>η</sup> Βελτιωτική Αλλαγή**

*Στόχος:* Κατά τον επανασχεδιασμό των δραστηριοτήτων, ενσωματώθηκε σε αυτές η διδασκαλία συγκεκριμένων πτυχών της ΦτΕΔ, με στόχο την εννοιολόγηση αυτών των πτυχών από τους μαθητές/τριες, αλλά και τη βελτίωση της κατανόησής τους, για το επιστημονικό περιεχόμενο που επιδιώκεται να διδαχθεί.

*Αντίσταση:* Στη βιβλιογραφία καταγράφεται η άποψη ότι για την αποτελεσματικότερη εννοιολόγηση των πτυχών της ΦτΕΔ φαίνεται να είναι απαραίτητη η ρητή και αναστοχαστική προσέγγισή τους (Akerson et al., 2019). Παράλληλα, ο αναστοχασμός κατά την εφαρμογή μίας διερευνητικής διδασκαλίας μπορεί να είναι διάχυτος σε όλες τις φάσεις της (Pedaste et al., 2015).

*Προσαρμογή:* Στον σχεδιασμό των εισαγωγικών μαθημάτων για τα σφάλματα μέτρησης και τη ΣΕΜ, καθώς και της κυρίως διδασκαλίας, αξιοποιήθηκε μία ρητή και αναστοχαστική προσέγγιση. Συγκεκριμένα, ενσωματώθηκαν αναστοχαστικές ερωτήσεις, εγκάρσια σε όλες τις φάσεις της διερεύνησης, με στόχο την ανάδειξη των πτυχών της ΦτΕΔ, που επιλέχθηκε να προσεγγιστούν. Οι ερωτήσεις αυτές θα διατυπωθούν από τον/την εκπαιδευτικό με στόχο την καθοδήγηση της σκέψης των μαθητών/τριών γύρω από τη ΦτΕΔ. Στο τέλος της διδασκαλίας θα πραγματοποιηθεί και ρητή συζήτηση αναφορικά με τις πτυχές της ΦτΕΔ που προσεγγίστηκαν.

#### **Συζήτηση - Συμπεράσματα**

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η περιγραφή των βελτιωτικών αλλαγών που πραγματοποιήθηκαν σε πειραματικές δραστηριότητες για τη διάδοση της θερμότητας με αγωγή στα μέταλλα. Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις βελτιωτικές αλλαγές (Σχήμα 1), οι οποίες προέκυψαν ως ανάγκη από τη βιβλιογραφία και από τα ευρήματα προηγούμενης πιλοτικής εφαρμογής. Αρχικά, ο εμπλουτισμός των δραστηριοτήτων με διαδικαστικούς και επιστημολογικούς στόχους προέκυψε ως αναγκαιότητα, σύμφωνα με τις σύγχρονες τάσεις στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών (Capps & Crawford, 2013). Η διδασκαλία

συγκεκριμένων πτυχών της ΦτΕΔ (3<sup>η</sup>, 5<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup>), μέσω μίας ρητής και αναστοχαστικής προσέγγισης (Akerson et al., 2019), θεωρήθηκε ότι μπορεί να συμβάλλει στην κατανόηση αυτών των πτυχών της ΦτΕΔ καθώς και στην ενίσχυση της κατανόησης του περιεχομένου (Bächtold, 2024), ενώ η διερευνητική μέθοδος αποτέλεσε ένα κατάλληλο πλαίσιο για την ανάδειξή τους (McComas et al., 2020). Παράλληλα, η αξιοποίηση της μεθόδου ΣΕΜ θεωρήθηκε κατάλληλη τόσο για την ανάδειξη πτυχών της ΦτΕΔ, αλλά και για την αποτελεσματικότερη κατανόηση του περιεχομένου (Schwüchow et al., 2022). Επιπλέον, η ενσωμάτωση του εισαγωγικού μαθήματος για τα σφάλματα στις μετρήσεις προέκυψε ως αναγκαιότητα από προηγούμενη πιλοτική εφαρμογή (Valkanou et al., 2024b) και ενισχύθηκε και από βιβλιογραφικά ευρήματα (Munier et al., 2013).

**Σχήμα 1.** Συνοπτική απεικόνιση των βελτιωτικών αλλαγών που πραγματοποιήθηκαν στις πειραματικές δραστηριότητες

1. Αξιοποίηση της Διερευνητικής μεθόδου 5E στη διδασκαλία, με απώτερο στόχο την ανάδειξη και διδασκαλία συγκεκριμένων πτυχών της ΦτΕΔ

2. Σχεδιασμός εισαγωγικού μαθήματος για τη ρητή διαπραγμάτευση των σφαλμάτων στις μετρήσεις

3. Αξιοποίηση της μεθόδου ΣΕΜ στη διδασκαλία και σχεδιασμός εισαγωγικού μαθήματος για τη ρητή διαπραγμάτευσή της

4. Ρητή και αναστοχαστική προσέγγιση για τη διδασκαλία πτυχών της ΦτΕΔ – Διάχυτος αναστοχασμός σε όλες τις φάσεις της διδασκαλίας

Τέλος, θα είχε ερευνητικό ενδιαφέρον, οι πειραματικές δραστηριότητες στη νέα τους εκδοχή να εφαρμοστούν και να αξιολογηθούν σε μαθητές/ τριες Δημοτικού. Θα μπορούσε να μελετηθεί, εάν μέσα από τις βελτιωτικές αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν παρατηρείται βελτίωση των αντιλήψεων των μαθητών/τριών για το περιεχόμενο και για τις πτυχές της ΦτΕΔ, καθώς και εάν αναδεικνύονται συσχετίσεις μεταξύ της βελτίωσης των αντιλήψεών τους για τη ΦτΕΔ και της κατανόησής τους για το συγκεκριμένο επιστημονικό περιεχόμενο.

## Βιβλιογραφία

Ζουπίδης, Α. (2021). Μια ακολουθία δραστηριοτήτων για την εισαγωγή στοιχείων της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών: η διαδικασία βελτίωσής της. Στο: Κ. Σκορδούλης, Κ. Στεφανίδου, Α. Μανδρίκας & Η. Μπόκος (Επιμ.), *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*, σ. 264 - 272. Εκδόσεις ΕΚΠΑ.

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (2011). *Vision and change in undergraduate biology education: A call to action*. Washington, DC.

Akerson, V. L., Carter, I., Pongsanon, K., & Nargund-Joshi, V. (2019). Teaching and Learning Nature of Science in Elementary Classrooms. *Science & Education*, 28(3–5), 391–411.

<https://doi.org/10.1007/s1191-019-00045-1>

Bächtold, M., Cross, D., & Munier, V. (2024). The relationships between the practice of different scientific activities and students' scientific knowledge, inquiry skills, view of the nature of science

- and attitude towards science: a study in primary school. *International Journal of Science Education*, 1-22. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2303623>
- Boudreaux, A., Shaffer, P. S., Heron, P. R. L., & McDermott, L. C. (2008). Student understanding of control of variables: Deciding whether or not a variable influences the behavior of a system. *American Journal of Physics*, 76(2), 163–170. <https://doi.org/10.1119/1.2805235>
- Capps, D., & Crawford, B. (2013). Inquiry-based instruction and teaching about nature of science: Are they happening? *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 497–526. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9314-z>
- Concannon, J. P., Brown, P., Lederman, N. G., & Lederman, J. (2020). Investigating the development of secondary students' views about scientific inquiry. *International Journal of Science Education*, 42(6), 906–933. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1742399>
- Kampourakis, K. (2016). The “general aspects” conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 667–682. <https://doi.org/10.1002/tea.21305>
- Lederman, J., Lederman, N., Bartels, S., Jimenez, J., Akubo, M., Aly, S., Bao, C., Blanquet, E., Blonder, R., De Andrade, M. B. S., Bunting, C., Cakir, M., EL-Deghaidy, H., El Zorkani, A., Gaigher, E., Guo, S., Hakanen, A., Al-Lal, S. H., Han-Tosunoglu, C., ... Zhou, Q. (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(4), 486–515. <https://doi.org/10.1002/tea.21512>
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Nouri, N. (2020). Nature of Science and Classroom Practice: A Review of Literature with Implications for Effective NOS Instruction. Στο W. F. McComas (Επιμ.), *Nature of Science in Science Instruction - Rationales and Strategies* (σ. 67–111). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6_4)
- Morrell, P. D., Visnovska, J., & Miller, J. (2024). Australian Primary School Students' Understandings about the Nature of Scientific Inquiry. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10195-0>
- Munier, V., Merle, H., & Brehelin, D. (2012). Teaching scientific measurement and uncertainty in elementary school. *International Journal of Science Education*, 35(16), 2752–2783. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.640360>
- National Research Council (NRC). (2011). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., 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*. The University Chicago Press. ISBN 0-226-66802-9.
- Schwichow, M., Brandenburger, M., & Wilbers, J. (2022). Analysis of experimental design errors in elementary school: how do students identify, interpret, and justify controlled and confounded experiments? *International Journal of Science Education*, 44(1), 91–114. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.2015544>
- Ruiz-Martín, H., & Bybee, R. W. (2022). The cognitive principles of learning underlying the 5E Model of Instruction. *International Journal of STEM Education*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00337-z>
- Valkanou, E.-M., Starakis, I., & Zoupidis, A. (2024a). Experimental activities about heat conduction in metals. *Physics Education*, 60(1), 013001. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ad8718>
- Valkanou, E.-M., Starakis, I., & Zoupidis, A. (2024b). Design, Development, Implementation, and Evaluation of a Teaching–Learning Sequence on Heat Conduction. *Education Sciences*, 14(11), 1149. <https://doi.org/10.3390/educsci1411149>
- Witucki, A., Beane, W., Pleasants, B., Dai, P., & Rudge, D. W. (2023). An explicit and reflective approach to teaching nature of Science in a Course-Based Undergraduate research experience. *Science & Education*, 33(6), 1371–1399. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00441-8>