

Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΙΣΜΟΥ: Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΒΡΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Γιώργος Καλιαμπός¹, Ιωάννης Πολίτης², Κωνσταντίνος Ραβάνης³

^{1,3}Τμ. Επ. Εκπ. & Αγ. Προσ. Ηλικ. Παν. Πατρών, ²Σύμβουλος Εκπαίδευσης Φυσικών
Επιστημών, Δευτεροβάθμια Διεύθυνση Ν. Κεφαλληνίας

gkaliaspos@upatras.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Φυσική ως αυτόνομο επιστημονικό πεδίο συγκροτήθηκε ενσωματώνοντας στα δομικά της στοιχεία το πείραμα. Αυτό, σε έναν άλλο επιστημολογικό προσανατολισμό αποτελεί σημαντικό στοιχείο και της διδασκαλίας της Φυσικής και πεδίο μελέτης του αντίστοιχου κλάδου της Διδακτικής της Φυσικής. Δύο βασικά πλέγματα εννοιών, το επαγωγικό και το παραγωγικό λογικό σχήμα, σχετίζονται με τις θεωρίες μάθησης και καθορίζουν την οργάνωση της πειραματικής διδασκαλίας. Στην εργασία αυτή αναπτύσσεται μία θεωρητική προσέγγιση της συσχέτισης του παραδοσιακού και του ανακαλυπτικού πλαισίου διδασκαλίας καθώς και της θεωρίας του εποικοδομισμού με τη φύση και τα χαρακτηριστικά της πειραματικής διδασκαλίας. Στη συνέχεια γίνεται συστηματική αναφορά σε μία εξειδικευμένη πειραματική διδασκαλία για τη μέτρηση θερμοκρασίας και το σημείο βρασμού του νερού στηριζόμενη στη διαδικασία συγκρότησης πρόδρομων μοντέλων, δηλαδή μια σύγχρονη όψη του θεωρητικού πλαισίου του εποικοδομισμού.

Λέξεις κλειδιά: πειραματική διδασκαλία, εποικοδομισμός, πρόδρομα μοντέλα, θερμοκρασία, σημείο βρασμού

Αναφορά: Καλιαμπός, Γ., Πολίτης, Ι., & Ραβάνης, Κ. (2025). *Η Πειραματική Διδασκαλία στο Πλαίσιο του Εποικοδομισμού: Η Μέτρηση της Θερμοκρασίας και το Σημείο Βρασμού του Νερού*, 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

EXPERIMENTAL TEACHING IN THE CONTEXT OF CONSTRUCTIVISM: TEMPERATURE MEASUREMENT AND THE BOILING POINT OF WATER

George Kaliampos¹, Ioannis Politis², Konstantinos Ravanis³

^{1,3}*Department of Educational Sciences and Early Childhood Education, University of Patras,* ²*Science Education Advisor, Secondary Directorate of the Prefecture of Kefallinia,*

gkaliampos@upatras.gr

ABSTRACT

Physics as an autonomous scientific field was formed by incorporating experimental procedures within its structural elements. Consequently, experimental procedures also play a key role in another epistemological orientation, that of teaching of physics and inevitable act as a fundamental element in the research field of physics education. Two basic conceptual grids, the inductive and the productive logical scheme, are related to learning theories within physics education and determine to a great extent the organization of experimental teaching. The current study develops a theoretical approach to the correlation of both the traditional and discovery teaching theory as well as constructivism theory with the nature and characteristics of experimental teaching. This is followed by a systematic reference to a specific experimental teaching of temperature measurement and the boiling point of water based on the construction of precursors models within constructivism theory.

Keywords: *experimental teaching, constructivism theory, precursor models, temperature measurement, boiling point*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Φυσική αποτελεί βασικό κλάδο των Φυσικών Επιστημών οι οποίες προσπαθούν να περιγράψουν, να προτείνουν εξηγήσεις και να προβλέψουν τα φυσικά φαινόμενα σε ένα πολύ μεγάλο φάσμα του μικρόκοσμου και του μακρόκοσμου. Δομικό στοιχείο της συγκρότησης της Φυσικής ως επιστήμης αποτέλεσε το πείραμα και οι πρακτικές που σχετίζονται με αυτό. Αν και τα όρια της παρουσίας του πειράματος ως μεθόδου μελέτης της πραγματικότητας μπορούν να ανιχνευτούν στα χρόνια της αρχαιότητας, αυτό πήρε σαφή χαρακτηριστικά και προσανατολισμό κατά τη διάρκεια της επιστημονικής επανάστασης του 16ου αιώνα, δηλαδή κατά τη συγκρότηση της Κλασικής Φυσικής. Και αυτό γιατί αποτέλεσε κεντρικό πυλώνα των επιστημονικών πρακτικών που αποτυπώνονται για πρώτη φορά στο έργο του Γαλιλαίου Γαλιλέι (Hewitt, 2014).

Ωστόσο, παρά το ότι το πείραμα στη διδασκαλία της Φυσικής έχει έναν εντελώς διαφορετικό επιστημολογικό προσανατολισμό, η δυναμική επιδραστικότητά του στην επίτευξη διδακτικού αποτελέσματος, του αποδίδει χαρακτηριστικά σταθερής αλλά και αναπτυσσόμενης οντότητας στην εξέλιξη των διδακτικών πρακτικών (Κόκκοτας & Βλάχος, 1999· Κουμαράς, 2002· Κώτσης, 2001· Τσελφές, 2002· Psillos & Niedderer, 2002). Συχνά τα τελευταία χρόνια πέραν των συμβατικών εκπαιδευτικών περιβαλλόντων αναπτύσσονται και αντίστοιχες ψηφιακές εφαρμογές (Evangelou & Kotsis, 2019· Roultisakis et al., 2021· Tsihouridis et al., 2013). Έτσι, σε κάθε μορφή, το πείραμα αναπόφευκτα αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών αλλά και πεδίο μελέτης του αντίστοιχου επιστημονικού κλάδου της Διδακτικής της Φυσικής (Kornelaki & Plakitsi, 2018). Σε αυτό το πλαίσιο, το πείραμα μελετάται υπό το πρίσμα των θεωριών μάθησης οι οποίες επιδρούν και σε μεγάλο βαθμό καθορίζουν τις αναπαραστάσεις για το ρόλο του στη διδασκαλία.

ΤΟ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟ ΣΧΗΜΑ ΣΤΗΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ

Σύμφωνα με τον Harré (1972) υπάρχουν δύο πλέγματα εννοιών, το επαγωγικό και το παραγωγικό λογικό σχήμα, τα οποία σχετίζονται με τις θεωρίες μάθησης και καθορίζουν την οργάνωση της πειραματικής διδασκαλίας. Στο επαγωγικό λογικό σχήμα επιχειρείται μία μετάβαση από το ‘μερικό’ στο ‘γενικό’, όπου το μεν πρώτο αντιστοιχεί στη συλλογή εμπειρικών δεδομένων και το δεύτερο στην παραγωγή θεωρητικών γενικεύσεων.

Κλάδοι των Φυσικών Επιστημών όπως η Αστρονομία, έχουν αναπτυχθεί με βάση αυτό το λογικό σχήμα όπου η συστηματική καταγραφή των παρατηρήσεων του ουρανού και των άστρων διαδραμάτισε δεσπίζοντα ρόλο στην ανάπτυξη των θεωριών για το σύμπαν. Το δεύτερο αξίωμα της Θερμοδυναμικής και συγκεκριμένα η αύξηση της εντροπίας κάθε απομονωμένου συστήματος, αποτελεί ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα του λογικού αυτού σχήματος (Ραβάνης, 2016). Από την άλλη πλευρά, στο παραγωγικό λογικό σχήμα επιχειρείται μία μετάβαση από το ‘γενικό’ στο ‘μερικό’. Εδώ νόμοι, υποθέσεις, έννοιες και κανόνες επιχειρείται να επιβεβαιωθούν ή να αναιρεθούν μέσα από τη συλλογή εμπειρικών δεδομένων (Harré, 1972). Στο πλαίσιο αυτό θεωρητικά μοντέλα που υποστηρίζονται από λογικά συμβολικά σχήματα και μαθηματικούς φορμαλισμούς ελέγχονται πειραματικά ώστε να καθοριστεί η ισχύς και η εμβέλειά τους (Κουλαϊδής & Κουζέλης, 1989).

Ο επαγωγικός και ο παραγωγικός συλλογισμός στην πειραματική διδασκαλία ουσιαστικά αποτελούν πλαίσια σκέψης τα οποία σχετίζονται με τις θεωρίες μάθησης. Αναπόφευκτα αποτελούν σημαντικές θεωρητικές προκείμενες, διαφορετικών πλαισίων για την ανάπτυξη της πειραματικής διδασκαλίας όπως το παραδοσιακό πλαίσιο αντιλήψεων για τη διδασκαλία των ΦΕ, το ανακαλυπτικό πλαίσιο καθώς και τα ευρύτερα θεωρητικά πλαίσια του εποικοδομισμού.

Το πείραμα στο παραδοσιακό πλαίσιο διδασκαλίας

Στο επαγωγικό λογικό σχήμα κυριαρχεί η εξαγωγή συμπερασμάτων από σύνολα παρατηρησιακών δεδομένων των οποίων η συλλογή έχει γίνει σε διαφορετικές περιστάσεις και συνθήκες. Επομένως τα εμπειρικά δεδομένα προηγούνται των θεωρητικών γενικεύσεων. Η προοπτική αυτή σχετίζεται με το παραδοσιακό πλαίσιο αντιλήψεων για τη διδασκαλία των ΦΕ και εκφράζεται στις διδακτικές πρακτικές μέσω των πειραμάτων επίδειξης. Σε μια εντελώς σχηματική αποτύπωση των βασικών στοιχείων του πλαισίου αυτού, η διδασκαλία της Φυσικής προσανατολίζεται στη μετάδοση της καλά συσσωρευμένης γνώσης από τους/τις εκπαιδευτικούς στους μαθητές/τριες. Οι εκπαιδευτικοί δηλαδή εδώ σε ρόλο αυθεντικών φορέων της γνώσης αποσκοπούν, με εξειδικευμένες τεχνικές, να μεταφέρουν τη γνώση στα παιδιά, τα οποία με τρόπο ρητό ή μη αντιμετωπίζονται ως υποκείμενα χωρίς πρότερες νοητικές κατασκευές για τα θέματα που διδάσκονται (Ραβάνης, 2016). Έτσι, στην προσπάθειά τους αυτή θέτουν τα θέματα εργασίας, καθορίζουν τα όρια των συζητήσεων, προτείνουν και παρουσιάζουν πειράματα, καθοδηγούν τις διδακτικές δραστηριότητες, κάνουν ερωτήσεις και δίνουν τις «σωστές» απαντήσεις, διατηρώντας με τον τρόπο αυτόν έναν ισχυρό ρόλο, ενώ παράλληλα τα παιδιά ακολουθούν τις πρωτοβουλίες του εκπαιδευτικού, συμμετέχουν σε προκαθορισμένα σχέδια ανάπτυξης δραστηριοτήτων και απαντούν σε ερωτήσεις (Leboutet, 1973).

Το πείραμα επίδειξης γίνεται μετωπικά εντός της σχολικής αίθουσας όπου οι εκπαιδευτικοί, έχοντας προετοιμάσει πολύ καλά την πειραματική διάταξη και άλλες συναφείς δραστηριότητες γύρω από αυτήν, επιχειρούν την ‘απευθείας’ μετάδοση της γνώσης στα παιδιά που παρακολουθούν και συμμετέχουν με ομογενείς και προκαθορισμένους τρόπους. Στόχος είναι, όπως άλλωστε προδιαγράφει και το επαγωγικό λογικό σχήμα, η συσσώρευση επιτυχών παρατηρήσεων από μέρους των μαθητών/τριών που θα οδηγήσει τελικώς στην σχηματοποίηση κανονικοτήτων, οι οποίες θα αντιστοιχούν στη νέα γνώση (Ραβάνης, 2016).

Το πείραμα στο ανακαλυπτικό πλαίσιο διδασκαλίας

Από μια άλλη πλευρά, το παραγωγικό λογικό σχήμα ξεκινά από την αποδοχή νόμων, υποθέσεων, εννοιών και κανόνων, δηλαδή θεωρητικών κατασκευών, η οποία ακολουθείται από την αναζήτηση εμπειρικών επιβεβαιώσεων. Έτσι οι νοητικές γενικεύσεις προηγούνται των εμπειρικών δεδομένων. Στο επίπεδο των σχολικών πρακτικών σχετίζεται με το ανακαλυπτικό πλαίσιο και εκφράζεται μέσω των ανακαλυπτικών πειραματικών δραστηριοτήτων (Καριώτογλου & Κολιόπουλος, 1993α). Το ανακαλυπτικό πλαίσιο έχει ως αφετηρία και θεωρητικό υπόβαθρο τη λεγόμενη ‘επιστημονική μέθοδο’. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, η οποία σχηματοποιήθηκε με αναφορά στη συγκρότηση της Κλασικής Φυσικής, η μελέτη των επιστημονικών φαινομένων διέρχεται από μια σειρά σταδίων ανάπτυξης. Κατ’ αρχάς μία σειρά από παρατηρήσεις και ερωτήματα οδηγούν στην αναγνώριση ενός προβλήματος. Στη συνέχεια επέρχεται η διατύπωση μιας υπόθεσης και η πρόβλεψη των συνεπειών της. Ακολουθεί η πραγματοποίηση συγκεκριμένων πειραμάτων καθώς και η ανάλυση των αποτελεσμάτων τους, που οδηγούν στον έλεγχο της αλήθειας των προβλέψεων. Τέλος, επιχειρείται η σύνθεση της απλούστερης θεωρίας που

περιλαμβάνει την υπόθεση, την πρόβλεψη και το πειραματικό συμπέρασμα (Hewitt, 2014).

Οι ανακαλυπτικές πειραματικές δραστηριότητες, αν και δεν δύναται να ακολουθήσουν κατά γράμμα την επιστημονική μέθοδο, αποσκοπούν στην ενεργό εμπλοκή των μαθητών/τριών στις πειραματικές δραστηριότητες με στόχο της ανακάλυψη της γνώσης. Οι μαθητές/τριες εδώ συνεργάζονται στη δημιουργία των πειραματικών διατάξεων, συμμετέχουν ενεργά στις πειραματικές διαδικασίες και σε επίπεδο σχεδιασμού, ενώ παράλληλα διατυπώνουν υποθέσεις, ελέγχουν τις προβλέψεις τους και οδηγούνται στη διατύπωση νέων εννοιών αναλαμβάνοντας ενεργά το ρόλο του επιστήμονα-ερευνητή. Από την άλλη, ο ρόλος των εκπαιδευτικών είναι υποστηρικτικός, εστιάζει δε κυρίως στο να ενθαρρύνει και να διευκολύνει τα παιδιά κατά τη διάρκεια των πειραματικών δραστηριοτήτων προς την καταγραφή των δημιουργικών τους επιλογών και τη διατύπωση των συμπερασμάτων τους (Κολιόπουλος, 1993).

Το πείραμα σε μια εποικοδομητική προοπτική διδασκαλίας

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών ένα ευρύ φάσμα θεωριών για τη μάθηση, οι οποίες παρά τις διαφορές τους και συχνά τους αποκλίνοντες επιστημολογικούς προσανατολισμούς τους, συγκροτούν το 'εποικοδομητικό πλαίσιο' καθώς έχουν συμβατά αρχικά ερωτήματα και συγγενείς μεθοδολογικές προοπτικές. Το πλαίσιο αυτό συνέβαλε πολύ στη συγκρότηση της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ως αυτόνομης επιστημονικής περιοχής και άσκησε ιδιαίτερα μεγάλη επιρροή στην διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Καταστατικό στοιχείο του πλαισίου αυτού αποτελεί η τεκμηριωμένη υπόθεση με βάση την οποία οι μαθητές/τριες δεν προσέρχονται στις διδακτικές διαδικασίες με τη σκέψη τους ως «άδειο δοχείο» και χωρίς προσχηματισμένο ήδη νοητικό εξοπλισμό για το πώς λειτουργεί ο φυσικός κόσμος (Driver et al., 1985· Kotsis, 2023). Αντίθετα, έχουν διαμορφώσει τις δικές τους ιδέες για διάφορα φυσικά φαινόμενα και έννοιες στα ευρύτερα πεδία της Φυσικής, όπως για παράδειγμα, στη Θερμότητα και Θερμοκρασία (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000· Kaliampos & Ravanis, 2019), τη Μηχανική (Canlas, 2019· Kotsis & Stylos, 2023), την Οπτική (Kokologianaki & Ravanis, 2013· Pantidos & Tsitouridou, 2012) κλπ. Οι ιδέες αυτές προέρχονται τόσο από τον φυσικό κόσμο όσο και από το κοινωνικό-πολιτισμικό περιβάλλον και συγκροτούνται στη σκέψη των παιδιών από πολύ μικρή ηλικία, πριν ακόμη διδαχθούν Φυσικές Επιστήμες στο σχολείο (Driver et al., 1985). Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν αποδοθεί κατά καιρούς διάφοροι όροι σε αυτές τις ιδέες όπως εναλλακτικές ιδέες, νοητικές παραστάσεις, παρανοήσεις, άτυπες ιδέες και αφελείς θεωρίες (Alwan, 2011). Ανεξάρτητα από τον όρο που χρησιμοποιείται όμως κάθε φορά, όλοι αυτοί οι όροι αντιπροσωπεύουν επίμονες ιδέες των μαθητών/τριών οι οποίες κατασκευάζονται με βιωματικούς τρόπους από τους ίδιους/ες και βρίσκονται σε απόσταση ή σε αντίθεση με τη σχολική επιστημονική γνώση.

Στο εποικοδομητικό αυτό πλαίσιο, οι εναλλακτικές ιδέες ταυτοποιήθηκαν ως εμπόδιο στην νοητική συγκρότηση των εννοιών και διαδραματίζουν γενικότερα ισχυρό περιοριστικό ρόλο στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών (Καριώτογλου & Κολιόπουλος, 1993β' Κουμαράς κ. άλ., 1992). Επομένως, η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών προϋποθέτει τον προσδιορισμό και την ταξινόμηση αυτών των ιδεών και απαιτεί την προσπάθεια τροποποίησής τους έτσι ώστε αυτές να είναι συμβατές με τη σχολική επιστημονική γνώση (Driver et al., 1985). Επομένως, στη μια κατεύθυνση, ο/η εκπαιδευτικός, τα αναλυτικά προγράμματα και το κάθε μορφής εκπαιδευτικό υλικό, πρέπει να αναγνωρίζουν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/τριών για τις έννοιες και τα φαινόμενα που μελετούν οι Φυσικές Επιστήμες και να προετοιμάζονται έτσι ώστε να προσαρμόζουν τις διδακτικές προοπτικές τους σε αυτές τις ιδέες. Από την άλλη πλευρά, χρειάζεται η δημιουργία εκπαιδευτικών περιβαλλόντων αλλά και αξιοποίηση εξειδικευμένων στρατηγικών στο πλαίσιο των οποίων οι μαθητές/τριες θα πρέπει να είναι έτοιμοι να διαδραματίσουν ενεργό ρόλο στη μαθησιακή διαδικασία και με τη βοήθεια των εκπαιδευτικών να ευθυγραμμίσουν τις ιδέες τους με τη σχολική επιστημονική γνώση (Stavrou et al., 2018). Επίσης σε μια τέτοια προοπτική, αξιοποιούνται, διαδοχικά ή παράλληλα, επαγωγικές και παραγωγικές προσεγγίσεις, οι οποίες σχεδιάζονται συστηματικά ή αναδύονται σε κρίσιμες στιγμές των διδακτικών διαδικασιών.

Τα τελευταία χρόνια, εντός του πλαισίου του εποικοδομισμού αναδεικνύεται η έννοια του 'πρόδρομου μοντέλου' που φαίνεται να δρα συμπληρωματικά με άλλες 'τοπικές' στρατηγικές. Τα πρόδρομα μοντέλα είναι γνωστικές οντότητες οι οποίες: α) παρεμβάλλονται μεταξύ των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/τριών και της σχολικής επιστημονικής γνώσης, και β) επιτρέπουν στους μαθητές/τριες να οδηγηθούν σε διαδικασίες σκέψης, οι οποίες, αφενός, ξεπερνούν τα εμπόδια των αρχικών συλλογισμών τους και, αφετέρου, είναι συμβατές με τις επιστημονικές (Ravanis & Boilevin, 2022' Weil-Barais, 2001). Η δομή και το περιεχόμενο του πρόδρομου μοντέλου δηλαδή περιέχει κομβικά στοιχεία των επιστημονικών μοντέλων, αν και δεν ταυτίζεται απόλυτα με αυτά. Κατά τη διδακτική διαδικασία γίνεται μία προσπάθεια να δημιουργηθούν όλες οι απαραίτητες προϋποθέσεις ώστε τα παιδιά να αναδομήσουν τη σκέψη τους κατάλληλα ώστε να κατακτήσουν το επιδιωκόμενο πρόδρομο μοντέλο. Η κατάκτηση αυτή θέτει τις στέρεες βάσεις ώστε στη συνέχεια της σχολικής τους ζωής να είναι σε θέση να κατακτήσουν κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο και το μοντέλα των Φυσικών Επιστημών όπως αυτά σχηματοποιούνται στη σχολική γνώση (Ravanis, 2020).

Στο πλαίσιο του εποικοδομισμού το πείραμα δεν διαθέτει την αυτονομία που φαίνεται να έχει στο παραδοσιακό και το ανακαλυπτικό πλαίσιο διδασκαλίας. Αντίθετα, εδώ λειτουργεί συνεπικουρικά μαζί με άλλα στοιχεία διδασκαλίας με σκοπό να υπηρετήσει συγκεκριμένα σημεία εστίασης της εποικοδομητικής διδακτικής προσέγγισης. Έτσι, τόσο πειραματικές διαδικασίες που έχουν τη βάση τους στο επαγωγικό λογικό σχήμα, όπως το πείραμα επίδειξης, όσο και πειραματικές διαδικασίες που έχουν τη βάση τους στο παραγωγικό λογικό σχήμα, όπως το ανακαλυπτικό πείραμα, δύνανται να συνυπάρχουν σε μία εποικοδομητική διδασκαλία (Ραβάνης, 2016). Κύριο μέλημα των

πειραματικών αυτών διαδικασιών είναι η προσπάθεια αποσταθεροποίησης των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/τριών και ο μετασχηματισμός τους σε ιδέες συμβατές με την επιστήμη. Στην προσπάθεια αυτή συχνά επιδιώκεται η χρήση καθημερινών υλικών, καθώς η απρόσμενη συμπεριφορά τους στις διάφορες πειραματικές διατάξεις συμβάλλει στην αναδιοργάνωση των ιδεών των παιδιών (Stylos & Kotsis, 2021). Επιπλέον, στο πλαίσιο του εποικοδομισμού το πείραμα δεν περιορίζει την εμπλοκή του σε γνωστικά θέματα αλλά επεκτείνεται και σε άλλα ζητήματα που άπτονται των μεθόδων, των στάσεων και της φύσης της επιστήμης γενικότερα (Högström et al., 2010). Έτσι, θέματα όπως η αβεβαιότητα των μετρήσεων, ο σχετικός χαρακτήρας και η ιστορικότητα της επιστημονικής γνώσης και ο ομαδικός χαρακτήρας της επιστημονικής προόδου γίνονται συχνά αντικείμενα συνολικότερης συζήτησης με αφορμή τις πειραματικές διαδικασίες.

Όπως λοιπόν έγινε προσπάθεια να αναπτυχθεί σχηματικά, διαφορετικές θεωρητικές προσεγγίσεις για τη μάθηση επιδρούν διαφορετικά στις στρατηγικές για την ανάπτυξη πειραματικών διαδικασιών που αναπτύσσονται εντός μίας διδακτικής παρέμβασης. Στη συνέχεια θα γίνει προσπάθεια να παρουσιαστούν τα δομικά και λειτουργικά στοιχεία μιας ειδικής πειραματικής διδασκαλίας για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και το σημείο βρασμού του νερού, η οποία επιχειρεί να αναδείξει μια ιδιαίτερη διαδρομή στο πλαίσιο του εποικοδομισμού, αυτή της προσπάθειας συγκρότησης πρόδρομων μοντέλων στη σκέψη των παιδιών. Με βάση αυτό το σχεδιασμό υλοποιήθηκε μια πιλοτική πειραματική διαδικασία με μαθητές/τριες της πρώτης γυμνασίου σε σχολείο της Αχαΐας και ήδη αναλύονται τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Η ανάλυση αυτή αποσκοπεί στη διαπίστωση των προβλημάτων σχεδιασμού και υλοποίησης, προκειμένου αυτά να ληφθούν υπόψη στην αναμόρφωση της δομής της διαδικασίας και του συνολικού εκπαιδευτικού υλικού, με σκοπό την αξιοποίησή τους στην επόμενη φάση που θα πραγματοποιηθεί η κύρια έρευνα.

ΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΒΡΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΠΡΟΠΤΙΚΗ ΤΟΥ ΠΡΟΔΡΟΜΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Οι στόχοι της διδασκαλίας

Η μέτρηση της θερμοκρασίας με θερμόμετρο καθώς και η έννοια του σημείου βρασμού του νερού αποτελούν συστατικά μέρη της βασικής διδακτικής ενότητας της Θερμότητας τόσο στις τελευταίες τάξεις του δημοτικού (ε' και στ' τάξη) όσο και στην πρώτη τάξη του γυμνασίου (α' τάξη). Στην προτεινόμενη, λοιπόν, πειραματική διδασκαλία, η οποία έχει τις βάσεις της στο θεωρητικό πλαίσιο του εποικοδομισμού, τίθενται ως γνωστικοί στόχοι οι μαθητές/τριες να εμπεδώσουν την μέτρηση της θερμοκρασίας με θερμόμετρο, να κατακτήσουν και να εκφράζουν ένα πρόδρομο μοντέλο, το οποίο επεξηγεί γιατί η θερμοκρασία του νερού δεν δύναται να ανέλθει πάνω από τους 100 βαθμούς Κελσίου στις συνήθεις συνθήκες πίεσης και να

κατανοήσουν τον τρόπο λειτουργίας της χύτρας ταχύτητας. Καθώς όμως, όπως ήδη αναφέρθηκε, στο πλαίσιο του εποικοδομισμού το πείραμα δεν περιορίζεται αποκλειστικά σε γνωστικά θέματα αλλά επεκτείνεται και σε ζητήματα που άπτονται της φύσης της επιστήμης γενικότερα και πολυεπίπεδα, τίθενται επιπλέον και στόχοι που αφορούν στους τομείς δεξιοτήτων και στάσεων ζωής. Όσον αφορά σε τομείς των δεξιοτήτων οι μαθητές/τριες εκπαιδεύονται στο να τηρούν τους κανόνες ασφαλείας που διέπουν την εκτέλεση πειράματος σχετικά με το βρασμό του νερού, να χειρίζονται το θερμόμετρο ως όργανο μέτρησης σε μία διαδικασία που μπορεί να παράγει σφάλματα και να μπορούν να εκφράζονται μέσω της τέχνης με αφορμή την αναπαράσταση/ερμηνεία ενός φυσικού συστήματος. Όσον αφορά στις στάσεις ζωής, οι μαθητές/τριες καλούνται να εκτιμήσουν τις φυσικές έννοιες που βρίσκονται πίσω από τη χρήση διαφόρων οικιακών συσκευών, όπως για παράδειγμα η χύτρα ταχύτητας, αλλά και αντίστροφα τη χρηστική αξία συσκευών της καθημερινότητας που εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των σωμάτων.

Η προετοιμασία της διδασκαλίας

Οι μαθητές/τριες μεταβαίνουν στο εργαστήριο. Ο/η εκπαιδευτικός έχει προετοιμάσει την αίθουσα του εργαστηρίου έχοντας διαρρυθμίσει τα θρανία κατάλληλα ώστε όλοι να έχουν άμεση επαφή με το κέντρο της αίθουσας και να συγκροτούν ομάδες. Παράλληλα έχει προετοιμάσει την πειραματική διάταξη τοποθετώντας σε κεντρικό σημείο της αίθουσας τα συστατικά της μέρη, δηλαδή ένα πυρίμαχο δοχείο, πηγή θερμότητας (γκαζάκι), θερμόμετρα. Σε κάθε θρανίο υπάρχει ένα φύλλο εργασίας το οποίο αναμένεται να καθοδηγήσει με σαφήνεια τους μαθητές/τριες καθ' όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης. Το φύλλο εργασίας παρατίθεται ολόκληρο στο Παράρτημα Α.

Δραστηριότητα 1η – ανίχνευση εναλλακτικών ιδεών

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, ακόμη και αν η πλειονότητα των μαθητών/τριών είναι σε θέση να αναγνωρίσει ένα θερμόμετρο, ένα πολύ μικρό ποσοστό εξ αυτών έχει επίγνωση του πώς αυτό λειτουργεί (Akutugba & Wallace, 2009; Havu-Nuutinen, 2007; Kampeza et al., 2016). Έτσι, αρκετά παιδιά προσπαθούν να συσχετίσουν τη λειτουργία του θερμομέτρου με μια σειρά παραγόντων όπως η αίσθηση της θερμότητας «είναι ευαίσθητο στο ζεστό και στο κρύο νερό» ή η έννοια της πίεσης «Όταν ζεσταίνεται... αρχίζει να συμπίεζεται. Η πίεση είναι καυτή» (Appleton, 1985, σ. 125). Στην ίδια κατεύθυνση, οι Driver et al. (1985) τονίζουν ότι αν και οι 11χρονοι μαθητές/τριες φέρονται να γνωρίζουν πώς να χρησιμοποιούν ένα θερμόμετρο, στην πραγματικότητα έχουν μια αρκετά περιορισμένη προσέγγιση στις υποκείμενες έννοιες και σπάνια τις χρησιμοποιούν αυθόρμητα για να περιγράψουν την θερμική κατάσταση ενός αντικειμένου.

Επιπλέον, οι μαθητές/τριες συχνά δεν κατανοούν και δεν αναγνωρίζουν το σημείο βρασμού του νερού και το σημείο τήξης του πάγου. Έτσι, όπως σημειώνει ο Appleton (1985), τα παιδιά αυτά αντιμετωπίζουν δυσκολία στην εύρεση της θερμοκρασίας τόσο μιας ποσότητας νερού που βράζει όσο και ενός ποτηριού γεμάτο πάγο. Στο πλαίσιο αυτό ο Anderson (1980) διεξήγαγε έρευνα σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι

μαθητές/τριες αντιλαμβάνονται το σημείο βρασμού. Πιο συγκεκριμένα, κάθε παιδί παρατηρούσε μια κατσαρόλα γεμάτη νερό τοποθετημένη στο μάτι μιας κουζίνας. Η κατσαρόλα θερμαινόταν μέχρι το νερό να αρχίσει να βράζει. Τότε τα παιδιά ερωτούνταν για την θερμοκρασία του νερού καθώς αυτό συνέχισε να βράζει και να θερμαίνεται από το μάτι της κουζίνας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά συχνά δεν ήταν σε θέση να κατανοήσουν ότι η θερμοκρασία του νερού που βράζει παραμένει σταθερή στους 100°C ανεξάρτητα από την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται σε αυτό. Έτσι, πολλοί μαθητές/τριες εκτιμούσαν είτε ότι η θερμοκρασία θα αυξηθεί πάνω από τους 100°C , είτε ότι θα μειωθεί κάτω από τους 100°C , καθώς το νερό θα αρχίσει να εξαερώνεται. Αρκετά παιδιά δε εκφράζουν την εναλλακτική ιδέα ότι, εάν μία ποσότητα νερού βράσει για αρκετή ώρα, τότε το νερό ενδέχεται να φουσκώσει και εν τέλει να οδηγηθεί σε έκρηξη (Ravanis, 2013).

Οι Driver et al. (1985) επισημαίνουν ότι ακόμη και αν τα παιδιά μπορούν να αποστηθίσουν ότι το νερό βράζει στους 100°C , δεν μπορούν εύκολα να το συνδέσουν με την έννοια της αλλαγής φάσης. Έτσι, αν και είναι σε θέση να αντιληφθούν ότι ο ατμός δημιουργείται από το νερό που βράζει, δεν μπορούν να δεχτούν ότι αυτός ο ατμός μπορεί να μετατραπεί εκ νέου σε νερό (Ravanis, 2013). Επιπλέον δυσκολεύονται να λάβουν υπόψη τους τη θερμική ισορροπία και θεωρούν ότι κάθε ουσία έχει μια μέγιστη θερμοκρασία. Απόρροια αυτού είναι η εναλλακτική ιδέα ότι ορισμένα στερεά δεν μπορούν να μετατραπούν σε υγρά. Πράγματι, η καθημερινή τους εμπειρία δεν τους επιτρέπει να συνειδητοποιήσουν ότι ένα μεγάλο φάσμα στερεών υλικών, μπορούν να λιώσουν κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.

Επιπλέον, οι μαθητές/τριες φαίνεται συχνά να αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην εύρεση της τελικής θερμοκρασίας μιγμάτων νερού όπου αναμιγνύονται είτε διαφορετικές ποσότητες νερού που βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία είτε ίσες ποσότητες νερού που βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες (Paik et al., 2007). Όπως επισημαίνουν οι Stavy και Berkovitz (1980), η δυσκολία αυτή γίνεται ακόμα η μεγαλύτερη όταν οι μαθητές/τριες καλούνται να επιλύσουν τέτοια προβλήματα σε αριθμητική μορφή. Έτσι, σχετικά με την πρώτη κατηγορία προβλημάτων, τα παιδιά είτε προσθέτουν πλήρως (π.χ. $70^{\circ}\text{C} + 70^{\circ}\text{C} = 140^{\circ}\text{C}$), είτε μερικώς τις θερμοκρασίες των δύο ποσοτήτων νερού (π.χ. $70^{\circ}\text{C} + 70^{\circ}\text{C} = 100^{\circ}\text{C}$), αφού το σημείο βρασμού του νερού είναι 100°C . Αντιθέτως, στην δεύτερη κατηγορία προβλημάτων, τα παιδιά προσπαθούν να οδηγηθούν στην ορθή λύση είτε προσθέτοντας ($70^{\circ}\text{C} + 20^{\circ}\text{C} = 90^{\circ}\text{C}$) ή αφαιρώντας ($70^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C}$) τις δεδομένες θερμοκρασίες. Σε κάθε περίπτωση φαίνεται πως οι μαθητές/τριες μπορούν να εκτιμήσουν καλύτερα την τελική θερμοκρασία όταν το πρόβλημα παρουσιάζεται σε λεκτική μορφή, απαλλαγμένο από μαθηματικούς υπολογισμούς (Driver et al., 1985).

Ωστόσο, παρά τα ερευνητικά δεδομένα, συχνά οι μαθητές/τριες ενός εξειδικευμένου διδακτικού περιβάλλοντος έχουν τις ιδιαιτερότητές τους. Γι' αυτό ακριβώς το συγκεκριμένο σχέδιο πειραματικών δραστηριοτήτων ξεκίνησε με την ανίχνευση των εναλλακτικών ιδεών των συγκεκριμένων μαθητών/τριών. Έτσι, ο/η εκπαιδευτικός μοιράζει σε κάθε ομάδα ένα θερμόμετρο εργαστηρίου και δίνει λίγο χρόνο στους

μαθητές/τριες να το επεξεργαστούν. Παράλληλα απευθύνει ερωτήσεις σχετικά με τον τρόπο χρήσης του, πραγματοποιώντας έτσι μια σύνδεση με τη θεματολογία του προηγούμενου μαθήματος. Τέλος, επιδεικνύει στους μαθητές/τριες διάφορους τύπους θερμομέτρων (σώματος, δωματίου κτλ) και τους ζητά να αναγνωρίσουν τις διαφορές μεταξύ τους (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Διάφοροι τύποι θερμομέτρων.

Καθώς η διδακτική παρέμβαση έχει προετοιμαστεί στο εσωτερικό του εποικοδομητικού πλαισίου, κεντρικό ρόλο σε αυτή κατέχουν οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/τριών. Ο/η εκπαιδευτικός λοιπόν προσπαθεί σε αυτό το στάδιο της διδακτικής παρέμβασης να ανιχνεύσει τις εναλλακτικές ιδέες που ενδεχομένως αποκαλύπτονται. Στην προσπάθεια αυτή δείχνει στον βίντεο-προβολέα μία προσομοίωση του βρασμού του νερού και εκτελεί ένα ψηφιακό πείραμα επίδειξης με σκοπό να εκμαιεύσει τις ιδέες αυτές. Στόχος εδώ είναι με κατάλληλες ερωτήσεις στο πείραμα επίδειξης οι ίδιοι οι μαθητές/τριες να παρακινηθούν να εκφράσουν και να διατυπώσουν με σαφήνεια τις ιδέες τους (πιθανώς εναλλακτικές). Καθώς, ωστόσο, εναλλακτικές ιδέες παιδιών έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης και έρευνας στη διεθνή βιβλιογραφία ανά διδακτική ενότητα και ανά αντικείμενο, είναι χρήσιμο ο/η εκπαιδευτικός να έχει λάβει γνώση αυτών πριν την έναρξη της οποιασδήποτε διδακτικής παρέμβασης.

Δραστηριότητα 2η – κεντρική πειραματική διαδικασία

Σε ένα κατάλληλα σχεδιασμένο περιβάλλον, ο/η εκπαιδευτικός ρίχνει στο πυρίμαχο δοχείο 100 ml νερό. Κατόπιν τοποθετεί το δοχείο στην πηγή θερμότητας (γκαζάκι).



Σχήμα 2. Πείραμα επίδειξης προσομοίωσης βρασμού.

Οι μαθητές/τριες σε ομάδες προσεγγίζουν τη διάταξη και παίρνουν μετρήσεις θερμοκρασίας (Σχήμα 2). Παράλληλα καλούνται να παρατηρήσουν τη διάταξη, να σημειώσουν στο φύλλο εργασίας την κάθε τους μέτρηση και να ανακαλύψουν τις αλλαγές που επέρχονται στο νερό καθώς η θερμοκρασία του ανεβαίνει. Καθώς πλησιάζουμε στο σημείο βρασμού των 100° Κελσίου συζητάμε τι ενδείξεις αναμένουμε να δείξει το θερμόμετρο. Οι μαθητές/τριες εναλλάσσονται προσερχόμενοι μπροστά από την πειραματική διάταξη και παρακολουθούν την σταθερή πλέον ένδειξη του θερμομέτρου. Καθώς η αύξηση της θερμοκρασίας ποσότητας νερού που ήδη βράζει αποτελεί συνήθη εναλλακτική ιδέα για τα παιδιά, ο/η εκπαιδευτικός αναδεικνύει το πειραματικό αποτέλεσμα και συζητά επισταμένα γι' αυτό. Παράλληλα επιχειρεί να επισημάνει όλες τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών που έρχονται σε σύγκρουση με τα πειραματικά ευρήματα.

Δραστηριότητα 3η – ένα πρόδρομο μοντέλο για το βρασμό

Σύμφωνα με τους Posner et al. (1982) προκειμένου οι μαθητές/τριες να οικοδομήσουν τη νέα γνώση δεν αρκεί απλώς να δυσφορήσουν και να αμφισβητήσουν τις δικές τους εναλλακτικές ιδέες, αλλά θα πρέπει η νέα ιδέα που θα τους προταθεί ή θα αναδειχτεί από τις πειραματικές διαδικασίες να εμφανίζεται κατ' αρχήν εύλογη, αληθοφανής και κατανοητή. Σε αυτό το στάδιο λοιπόν της διδακτικής παρέμβασης, ο/η εκπαιδευτικός παραθέτει στους μαθητές/τριες το πρόδρομο μοντέλο του οποίου τα κύρια χαρακτηριστικά φαίνονται στο Σχήμα 3 και έχουν αντληθεί από το φάσμα των εναλλακτικών ιδεών που προαναφέρθηκαν. Σ

τη συνέχεια ο/η εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές/τριες να αναπαραστήσουν οπτικά το πρόδρομο μοντέλο μέσω μίας ζωγραφιάς στο φύλλο εργασίας. Στα πλαίσια της διαφοροποιημένης διδασκαλίας, κάποιες ομάδες καλούνται να αναπαραστήσουν το πρόδρομο μοντέλο με τη χρήση πλαστελίνης. Για μαθητές/τριες μεγαλύτερης ηλικίας ή με εστιασμένα ενδιαφέροντα προτείνεται και η ομαδοσυνεργατική δραματοποιημένη αναπαράσταση του μοντέλου μέσω ενός μιμητικού αυτοσχεδιασμού στη διάρκεια του οποίου το ανθρώπινο σώμα μετατρέπεται το ίδιο σε υλικό παραγωγής τέχνης.

Αφού συλλεγούν με τον πιο αξιόπιστο τρόπο όλα τα δεδομένα, ακολουθεί συζήτηση επί των ζωγραφιών/κατασκευών/αυτοσχεδιασμών των παιδιών.

Πρόδρομο μοντέλο για το βρασμό

- ✓ Όταν θερμαίνουμε ένα ποτήρι ζέσεως με νερό η θερμοκρασία του ανεβαίνει.
- ✓ Καθώς η θερμοκρασία του νερού ανεβαίνει, εμφανίζονται σιγά-σιγά μπουρμπουλήθρες σε αυτό.
- ✓ Όταν οι μπουρμπουλήθρες γεμίσουν όλον τον όγκο του νερού, ατμός βγαίνει πάνω από την επιφάνεια του νερού. Λέμε τότε ότι το νερό **βράζει**.
- ✓ **Η θερμοκρασία που βράζει το νερό** είναι οι **100** βαθμοί Κελσίου.
- ✓ Όσο και να συνεχίσουμε να θερμαίνουμε το νερό, η θερμοκρασία του δεν μπορεί να ανέβει πάνω από τους 100 βαθμούς Κελσίου γιατί
- ✓ Εικονική αναπαράσταση



Σχήμα 3. Ένα πρόδρομο μοντέλο για το βρασμό.

Δραστηριότητα 4η – χύτρα ταχύτητας.

Ωστόσο, είναι πιθανόν ακόμη αρκετοί μαθητές/τριες να έχουν δυσκολίες στην προσέγγιση του πρόδρομου μοντέλου διατηρώντας τις εναλλακτικές τους ιδέες. Σύμφωνα με τους Posner et al. (1982) προκειμένου να επιτευχθεί η υιοθέτηση της νέας ιδέας, θα πρέπει αυτή να συνδεθεί με φαινόμενα καθημερινής ζωής. Εδώ λοιπόν ο/η εκπαιδευτικός θέτει το θέμα της λειτουργίας της χύτρας ταχύτητας, η οποία επιτρέπει την αναγνώριση της παρεμπόδισης της απώλειας θερμότητας από το εσωτερικό του κλειστού δοχείου, καθώς οι υδρατμοί παγιδεύονται στο εσωτερικό του και έτσι δεν είναι δυνατή απώλεια θερμότητας με τον ατμό (Σχήμα 4). Επομένως, ο περιορισμός των υδρατμών στον κλειστό χώρο της χύτρας επιτρέπει στη συσκευή να ανεβάσει τη θερμοκρασία του περιεχομένου συστήματος υγρού και ατμών πάνω από τους 100° Κελσίου. Σε κάθε περίπτωση ωστόσο, η συζήτηση, όπως προβλέπει το χρησιμοποιούμενο πρόδρομο μοντέλο, παραμένει στο μακροσκοπικό επίπεδο αφού δεν γίνεται καμία αναφορά στην μοριακή-ατομική φύση της ύλης.



Σχήμα 4. Η περίπτωση της χύτρας ταχύτητας.

Δραστηριότητα 5η – βραστήρας

Στη συνέχεια, σε κάθε ομάδα μαθητών/τριών δίνεται ένας βραστήρας (Σχήμα 5) και αφού τον θέσουν σε λειτουργία τους ζητείται να σκεφτούν και να προτείνουν ενδεχόμενες χρήσεις του. Κατόπιν καλούνται να περιγράψουν πώς το πρόδρομο μοντέλο, το οποίο προβλέπει ισοζύγιο απορρόφησης θερμότητας από το γκαζάκι και απώλειας θερμότητας με τους υδρατμούς, βρίσκει εφαρμογή στην περίπτωση του βραστήρα (παραγωγικό σχήμα σε επιμέρους εφαρμογές).



Σχήμα 5. Ο βραστήρας.

Αξιολόγηση και εμπέδωση διδακτικής παρέμβασης

Τέλος, ο/η εκπαιδευτικός δίνει στα παιδιά ένα φυλλάδιο με ερωτήσεις (Παράρτημα Β) και ακολουθεί συζήτηση για τα θέματα που περιλαμβάνει. Έτσι, με βάση το φυλλάδιο γίνεται η ανακεφαλαίωση του μαθήματος ενώ παράλληλα αξιολογείται η επίτευξη των στόχων από την πλευρά του διδάσκοντα. Στο τέλος ο/η εκπαιδευτικός ευχαριστεί τα παιδιά για την παρουσία τους στο εργαστήριο, τους αναθέτει για το σπίτι την αντίστοιχη εργασία και τους ζητά ευγενικά να αποχωρήσουν.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Το πείραμα αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της διδασκαλίας της Φυσικής και πεδίο μελέτης του αντίστοιχου πεδίου θεωρίας και έρευνας της Διδακτικής της Φυσικής. Δύο βασικά πλέγματα εννοιών, το επαγωγικό και το παραγωγικό λογικό σχήμα, σχετίζονται με τις θεωρίες μάθησης, επηρεάζουν την οργάνωση της πειραματικής διδασκαλίας και μάλιστα συχνά αυτό δεν είναι ούτε διατυπωμένο ούτε καν ορατό. Γι' αυτό είναι αναγκαίο οι πειραματικές σχολικές διαδικασίες κατά το σχεδιασμό τους να συγκροτούνται με συνείδηση των θεωριών μάθησης στις οποίες βασίζονται, έτσι ώστε ο σχεδιασμός και η υλοποίησή τους να οδηγούν σε τεκμηριωμένες και ορθολογικές επιλογές οι οποίες να αντέχουν στη σχετική έρευνα. Για παράδειγμα, όπως ήδη αναλύθηκε, ένας επαγωγικός πειραματικός σχεδιασμός σχετίζεται με το παραδοσιακό πλαίσιο αντιλήψεων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και εκφράζεται στις διδακτικές πρακτικές μέσω των πειραμάτων επίδειξης. Από την άλλη, ο παραγωγικός σχεδιασμός σχετίζεται με το ανακαλυπτικό πλαίσιο και εκφράζεται μέσω των ανακαλυπτικών πειραματικών δραστηριοτήτων. Και τα δύο αυτά πλέγματα συλλογισμών, ωστόσο, δύναται να συνυπάρξουν και να αλληλεπιδράσουν στο πλαίσιο της θεωρίας του εποικοδομισμού. Και αυτό γιατί στο εν λόγω πλαίσιο η πειραματική διαδικασία λειτουργεί συνεπικουρικά μαζί με άλλα στοιχεία της διδασκαλίας με σκοπό να υπηρετήσει συγκεκριμένα σημεία εστίασης της εποικοδομητικής διδακτικής προσέγγισης που, με σχηματικό τρόπο, συνίστανται στην αποσταθεροποίηση των

εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/τριών και την τροποποίησή τους σε ιδέες συμβατές με την σχολική επιστημονική γνώση.

Σε αυτήν ακριβώς την εποικοδομητική προοπτική, στην εργασία που παρουσιάσαμε εδώ, αποτυπώθηκε η βασική δομή και τα στοιχεία μιας εξειδικευμένης πειραματικής διδασκαλίας για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και το σημείο βρασμού του νερού. Στη διδασκαλία αυτή γίνεται αρχικά μία προσπάθεια ανάδειξης των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/τριών μέσω ενός ψηφιακού πειράματος επίδειξης. Στη συνέχεια μέσω μιας ανακαλυπτικής πειραματικής διάταξης επιχειρείται ο μετασχηματισμός των ιδεών των παιδιών σε ιδέες συμβατές με την σχολική επιστημονική γνώση, αλλά και η μετάβαση της σκέψης τους σε ένα πιο σταθερό σχήμα προσέγγισης της σχετικών ερωτημάτων που υπερβαίνει την απλή παράθεση των μετασχηματισμένων ιδεών. Στην προοπτική αυτή συγκροτείται και παρατίθεται ένα πρόδρομο μοντέλο για το σημείο βρασμού του νερού, ενώ παράλληλα γίνεται απόπειρα εμπέδωσης των βασικών στοιχείων του πρόδρομου μοντέλου, με αναφορά στον τρόπο λειτουργίας καθημερινών συσκευών όπως π.χ. η χύτρα ταχύτητας.

Η προσπάθεια αυτή αποτελεί μια πρώτη προσέγγιση για την δημιουργία μιας πειραματικής διδακτικής διαδικασίας για ορισμένα θερμικά φαινόμενα στο εσωτερικό του εποικοδομητικού πλαισίου. Η ιδιαιτερότητά της είναι η σαφής θεωρητική αναφορά του η οποία οδήγησε στην αξιοποίηση της έννοιας αλλά και της λειτουργίας ενός πρόδρομου μοντέλου. Ο αρχικός σχεδιασμός και η πιλοτική υλοποίηση βρίσκονται σε μια πορεία ανάλυσης και οδηγούν σε μια αναθεωρημένη έκδοση της συνολικής διαδικασίας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Καριώτογλου, Π., & Κολιόπουλος, Δ. (1993α). Οι ανακαλυπτικές επιδείξεις και η εφαρμογή τους στη διδασκαλία της ελαστικότητας στο Γυμνάσιο. Στο Δ. Κολιόπουλος (Επιμ.), *Η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Ελλάδα* (σ. 87-96). Αθήνα: Εκδόσεις Γ. Πνευματικού.
- Καριώτογλου, Π., & Κολιόπουλος, Δ. (1993β). Το πείραμα στην εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και μάθησης της φυσικής: Εφαρμογή στη διδασκαλία της πίεσης και της ενέργειας, Στο Δ. Κολιόπουλου (Επιμ.), *Η πειραματική διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Πρόταση για ένα επιμορφωτικό πρόγραμμα*, 147-159, Αθήνα, Εκδόσεις Γ. Πνευματικός.
- Κόκκοτας, Π., & Βλάχος, Ι. (1999). Ο ρόλος του πειράματος στην επιστήμη και στη διδασκαλία-μάθηση. *Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για τις Φυσικές Επιστήμες*, 5, 13-26.
- Κολιόπουλος, Δ. (Επιμ.). (1993). *Η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Ελλάδα*. Αθήνα: Εκδόσεις Γ. Πνευματικού.
- Κουλαϊδής, Β., & Κουζέλης, Γ. (1989). *Επιστημολογία και Διδακτική*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Κουμαράς, Π. (2002). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.

- Κουμαράς, Π., Καριώτογλου, Π., Αντωνιάδου, Ν., & Ψύλλος, Δ. (1992). Η εποικοδομητική στρατηγική στην πειραματική προσέγγιση της διδασκαλίας της Φυσικής. *Επιθεώρηση Φυσικής, H*, 22, 12-20.
- Κώτσης, Θ. Κ. (2001). Η χρήση πειραμάτων στη διδασκαλία της Φυσικής στο Ελληνικό Δημοτικό Σχολείο. *Επιστημονική Επετηρίδα Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, 14*, 219-231.
- Ραβάνης, Κ. (2016). *Εισαγωγή στη διδακτική και στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Σκουμιός, Μ., & Χατζηνικήτα, Β. (2000). Μοντέλα μαθητών για θερμότητα, θερμοκρασία και θερμικά φαινόμενα. *Επιθεώρηση Φυσικής, H*(31), 58-71.
- Τσελφές, Β. (2002). *Δοκιμή και πλάνη, το εργαστήριο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νήσος.
- Akatugba, A. H., & Wallace, J. (2009). An integrative perspective on students' proportional reasoning in high school Physics in a West African context. *International Journal of Science Education, 31*(11), 1473-1493.
- Alwan, A. (2011). Misconception of heat and temperature among physics students. *Social and Behavioral Sciences, 12*, 600-614.
- Anderson, B. (1980). *Some aspects of children's understanding of boiling point*. Cognitive Development Research in Science and Mathematics. WF Archenhold et al (eds), The University of Leeds.
- Appleton, K. (1985). Children's Ideas about Temperature. *Research in Science Education, 15*, 122-126.
- Canlas, I. P. (2019). Using visual representations in identifying students' preconceptions in friction. *Research in Science & Technological Education, 39*(2) 156-184.
- Driver, R. Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Evangelou, F., & Kotsis, K. (2019). Real vs virtual physics experiments: Comparison of learning outcomes among fifth grade primary school students. A case on the concept of frictional force. *International Journal of Science Education, 41*(3), 330-348.
- Harré, R. (1972). *The Philosophies of Science*. London: Oxford University Press.
- Hewitt, P. G. (2014). *Conceptual Physics*. Pearson Education.
- Havu-Nuutinen, S. K. S. (2007). Young children's conceptions of temperature and thermometer. *International Journal of Learning, 14*(9), 93-101.
- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2010). Labwork and learning in secondary school chemistry: the importance of teacher and student interaction. *Research in Science Education, 40*, 505-523.
- Kaliampos, G., & Ravanis, K. (2019). Thermal conduction in metals: Mental representations in 5-6 years old children's thinking. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni, 8*(1), 1-9.

- Kampeza, M., Vellopoulou, A, Fragkiadaki, G., & Ravanis, K. (2016). The expansion thermometer in preschoolers' thinking. *Journal of Baltic Science Education*, 15(2), 185-193
- Kokologiannaki, V., & Ravanis, K. (2013). Greek sixth graders mental representations of the mechanism of vision. *New Educational Review*, 33(3), 167-184.
- Kornelaki, A. C., & Plakitsi, K. (2018). Identifying contradictions in Science Education activity using the Change Laboratory Methodology. *World Journal of Education*, 8(2) 27-45.
- Kotsis, K. T., (2023). Alternative ideas about concepts of physics are a timelessly valuable tool for physics education. *Eurasian Journal of Science and Environmental Education*, 3(2), 83-97.
- Kotsis, K. T., & Stylos, G., (2023). Correlation of Primary School Students Misconceptions about Concepts of Mechanics from their Mental Age. *European Journal of Education Studies*, 10(1), 77-90
- Leboutet, L. (1973). *L'enseignement de la Physique*. Paris: PUF.
- Paik, S., Cho, B., & Go, M. (2007). Korean 4- to 11-year-old student conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 284-302.
- Pantidos, P., & Tsitouridou, M. (2012). Future teachers explain the concept of refraction: implications for teacher education. *Skhole*, 17, 235-240.
- Posner, J., Strike, K., Hewson, P., & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Poultasakis, S., Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S. (2021) The management of Digital Learning Objects of Natural Sciences and Digital Experiment Simulation Tools by teachers. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 1(2), 58-71.
- Psillos, D., & Niedderer, H (Eds.). (2002). *Teaching and learning in the Science Laboratory*. Dordrecht: Kluwer Academic.
- Ravanis, K. (2013). Mental representations and obstacles in 10–11-year-old children's thought concerning the melting and coagulation of solid substances in everyday life. *Preschool and Primary Education*, 1(1), 130-137.
- Ravanis, K. (2020). Precursor models of the Physical Sciences in Early Childhood Education students' thinking. *Science Education Research and Praxis*, 76, 24-31.
- Ravanis, K., & Boilevin, J.-M. (2022). What use is a Precursor Model in early Science teaching and learning? Didactic perspectives. In J.-M. Boilevin, A. Delsérieys & K. Ravanis (Eds.), *Precursor Models for teaching and learning Science during early childhood* (pp. 33-49). Springer.
- Stavrou, D., Michailidi, E., & Sgouros, G. (2018). Development and dissemination of a teaching learning sequence on nanoscience and nanotechnology in a context of communities of learners. *Chemistry Education Research and Practice*, 19, 1065-1080.
- Stavy, R. & Berkovitz, B. (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, 64(5), 679-692.

Stylos, G., & Kotsis K. T., (2021). Use of a simple homemade apparatus to teach basic thermal concepts – Six qualitative demonstrations/experiments. *The Physics Teacher*, 59, 477-479.

Tsihouridis, C., Vavougiος, D., & Ioannidis, G. (2013). The effectiveness of virtual laboratories as a contemporary teaching tool in the teaching of electric circuits in Upper High School as compared to that of real labs. In Proceedings of 2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL) (pp. 845-849). Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

Weil-Barais, A. (2001). Constructivist approaches and the teaching of science. *Prospects*, 31(2), 187-196.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Μέτρηση Θερμοκρασίας - Βρασμός

Όνοματεπώνυμο:

Δραστηριότητα 1^η – ανίχνευση εναλλακτικών ιδεών

A. Ο/η εκπαιδευτικός παρουσιάζει στα παιδιά ένα θερμόμετρο εργαστηρίου όπως αυτό που απεικονίζεται παρακάτω. Με ένα τέτοιο θερμόμετρο είχαν γίνει οι μετρήσεις στην προηγούμενη πειραματική διαδικασία.

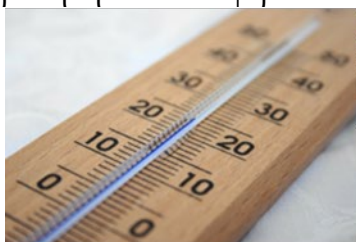


Ερώτηση: Ποια είναι η θερμοκρασία στην οποία βράζει το νερό;

.....

B. Διαφορετικοί τύποι θερμομέτρων

Ερώτηση: Σε τι διαφέρει αυτό το θερμόμετρο από τα παρακάτω θερμομέτρα;



.....

Δραστηριότητα 2^η – Πειραματική Διαδικασία

Στον πάγκο του εργαστηρίου υπάρχουν τα παρακάτω μέρη από τα οποία αποτελείται μια πειραματική διάταξη

- ένα ποτήρι ζέσεως με 100 ml νερού
- ένα θερμόμετρο εργαστηρίου
- μία πηγή θερμότητας (γκαζάκι)



Σκεφτείτε σε ομάδες και ακολουθώντας καταγράψτε τον τρόπο με τον οποίον τα παραπάνω συστατικά στοιχεία συναρμολογούνται ώστε να προκύψει μια απολύτως λειτουργική συσκευή βρασμού.

.....

Κάθε ομάδα, με σειρά που υποδεικνύει ο/η εκπαιδευτικός και υπό την αυστηρή καθοδήγησή του για λόγους ασφάλειας προσέρχεται στον πάγκο και 'διαβάζει' τη μέτρηση του θερμομέτρου καθώς το νερό βράζει.

Καταγράφουμε όλοι μαζί τις θερμοκρασίες στον παρακάτω πίνακα:

Χρόνος (λεπτά)	Θερμοκρασία βρασμού (βαθμοί κελσίου)

Ερωτήσεις

Τι παρατηρείται όταν βράζει το νερό;

.....

Η ένδειξη του θερμομέτρου κατά τη διάρκεια του βρασμού παραμένει σταθερή ή μεταβάλλεται;

.....

Ποια είναι η μέγιστη θερμοκρασία στην οποία μπορεί να βρεθεί το νερό στη συγκεκριμένη διάταξη;

Δραστηριότητα 3^η – Θεωρία

Όταν θερμαίνουμε ένα ποτήρι ζέσεως με νερό η θερμοκρασία του ανεβαίνει. Καθώς η θερμοκρασία του νερού ανεβαίνει, εμφανίζονται σιγά-σιγά μπουρμπουλήθρες σε αυτό.

Όταν οι μπουρμπουλήθρες γεμίσουν όλον τον όγκο του νερού, ατμός βγαίνει πάνω από την επιφάνεια του νερού. Λέμε τότε ότι το νερό **βράζει**.

Η θερμοκρασία που βράζει το νερό είναι οι **100** βαθμοί κελσίου.

Όσο και να συνεχίσουμε να θερμαίνουμε το νερό, η θερμοκρασία του δεν μπορεί να ανέβει πάνω από τους 100 βαθμούς κελσίου γιατί

όσο θερμότητα 'έρχεται' από
γκαζάκι στο νερό



τόση θερμότητα φεύγει
από το νερό με τον ατμό

Παρακαλώ ζωγραφίστε σε μία σελίδα / φτιάξτε με πλαστελίνη το πρόδρομο μοντέλο βρασμού του νερού και κατόπιν, αφού συνεννοηθείτε για τη διανομή των ρόλων και τη σκηνοθεσία, προχωρήστε στη δραματοποιημένη ανάπτυξη αυτοσχεδιασμού που αναπαριστά το μοντέλο αυτό.

Δραστηριότητα 4^η – Η περίπτωση της χύτρας ταχύτητας

Η χύτρα ταχύτητας είναι μία συσκευή που μπορεί να ανεβάσει τη θερμοκρασία του νερού πάνω από 100 βαθμούς κελσίου. Έτσι μπορούμε να έχουμε το φαγητό μας πιο γρήγορα έτοιμο και πιο νόστιμο!!



Μπορείτε να σκεφτείτε τον τρόπο λειτουργίας της χύτρας; Γράψτε τις σκέψεις σας παρακάτω.

.....

Δραστηριότητα 5^η – Ο βραστήρας

Δίνεται ο βραστήρας. Παρακαλείστε να θέσετε τον βραστήρα σε λειτουργία και να προτείνετε πιθανές χρήσεις του.



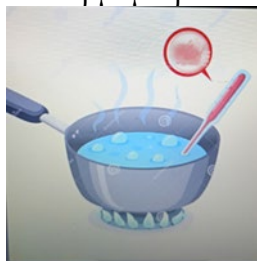
Μπορείτε να περιγράψετε πως το πρόδρομο μοντέλο του βρασμού βρίσκει εφαρμογή στην περίπτωση του βραστήρα; Γράψτε τις σκέψεις σας παρακάτω.

.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Ερωτήσεις κατανόησης

1. Το σημείο βρασμού του νερού είναι:
Α. 0 βαθμοί Κελσίου
Β. 25 βαθμοί Κελσίου
Γ. 100 βαθμοί Κελσίου
2. Το θερμόμετρο σώματος μετράει θερμοκρασίες:
Α. από 0 βαθμούς Κελσίου έως 100 βαθμούς Κελσίου
Β. από 34 βαθμούς Κελσίου έως 44 βαθμούς Κελσίου
Γ. από 25 βαθμούς Κελσίου έως 50 βαθμούς Κελσίου
3. Η θερμοκρασία του νερού που βράζει σε ένα ποτήρι ζέσεως στο σχολικό εργαστήριο:
Α. μπορεί να γίνει μεγαλύτερη από 100 βαθμούς Κελσίου
Β. δεν μπορεί να γίνει μεγαλύτερη από 100 βαθμούς Κελσίου
4. Σε μία χύτρα ταχύτητας μπορεί να νερό να βράζει σε θερμοκρασία πάνω από 100 βαθμούς Κελσίου:
Α. σωστό
Β. λάθος
5. Το νερό που απεικονίζεται στην παρακάτω φωτογραφία βράζει. Να αναγράψετε πόση θερμοκρασία θα δείχνει το θερμόμετρο.



- A. Μόλις ξεκίνησε ο βρασμός
- B. 3 λεπτά μετά το βρασμό
- Γ. 6 λεπτά με