



## Διαχωρισμός και Συσχέτιση Θεωρητικών Ιδεών και Εργαστηριακών Τεκμηρίων κατά τη Διερευνητική Διδασκαλία - Μάθηση

Αναστάσιος Ζουπίδης<sup>1</sup>, Βασίλης Τσελφές<sup>2</sup> και Πέτρος Καριώτογλου<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Αναπληρωτής Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης,  
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

<sup>2</sup>Ομότιμος Καθηγητής, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

<sup>3</sup>Ομότιμος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

<sup>1</sup>azoupidis@eled.duth.gr

### Περίληψη

Στην εργασία εξετάζουμε εμπειρικά και ποιοτικά την εξέλιξη της διαφοροποίησης και συσχέτισης των επιστημονικών ΙΔΕΩΝ που εμπλέκονται σε φαινόμενα πλεύσης-βύθισης, με τα ΤΕΚΜΗΡΙΑ που προκύπτουν από τις παρεμβάσεις εκπαιδευόμενων εκπαιδευτικών σε σχετικούς με την πλεύση-βύθιση εργαστηριακούς ΚΟΣΜΟΥΣ. Οι ΚΟΣΜΟΙ αυτοί οργανώθηκαν διδακτικά με στόχο την εξοικείωση των φοιτητών στη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ), κατά τη διερεύνηση. Τα αποτελέσματα δείχνουν τόσο τα μαθησιακά εμπόδια που ορθώνονται από την εμπειρική/ διαισθητική ταύτιση ΙΔΕΩΝ-ΤΕΚΜΗΡΙΩΝ, όσο και πρόσφορους δρόμους αποκατάστασης της επιστημονικά αποδεκτής σχέσης τους.

**Λέξεις κλειδιά:** εργαστηριακές επιστήμες, διερεύνηση, στρατηγική ελέγχου μεταβλητών

## Differentiation and Correlation of Scientific Ideas and Laboratory Evidence during Inquiry-based Teaching and Learning

Anastasios Zoupidis<sup>1</sup>, Vasilis Tselfes<sup>2</sup> and Petros Kariotoglou<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Associate Professor, Department of Primary Education, Democritus University of Thrace

<sup>2</sup>Emeritus Professor, National and Kapodistrian University of Athens,

<sup>3</sup>Emeritus Professor, University of Western Macedonia

<sup>1</sup>azoupidis@eled.duth.gr

### Abstract

In this paper we empirically and qualitatively study the evolution of the differentiation and correlation of the scientific IDEAS involved in the floating-sinking phenomena with the EVIDENCE resulting from the interventions of student teachers in laboratory COSMOS related to floating-sinking. These COSMOS were didactically organized to familiarize the students with the Control of Variable Strategy (CVS) during the investigation. The results show both the barriers to learning created by the empirical/intuitive identification of IDEAS-EVIDENCE and suggest ways of restoring their scientifically accepted relationship.

**Keywords:** laboratory sciences, inquiry, control of variables strategy

### Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχει παρατηρηθεί αξιοσημείωτη αύξηση της δημόσιας ενασχόλησης με θέματα που σχετίζονται με την επιστήμη (Hofstein et. al., 2011), για παράδειγμα θέματα όπως η κλιματική κρίση και η πανδημία. Ως συνέπεια, η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες προωθεί εμφαντικά, μέσω της τυπικής και μη εκπαίδευσης, και όχι μόνον υπόρρητα όπως

παλαιότερα, την απόκτηση όχι μόνο γνώσεων, αλλά και δεξιοτήτων και ικανοτήτων, που βρίσκονται στην σφαίρα του επιστημονικού γραμματισμού (Bianchi et.al., 2022· National Research Council [NRC 2012]· Next Generation Science Standards [NGSS], 2013). Ως αποτέλεσμα, οι σύγχρονες εκπαιδευτικές τάσεις τείνουν να υιοθετούν και να προωθούν εργαστηριακά περιβάλλοντα μάθησης, όπου κυριαρχούν κατά κανόνα οι παρεμβατικές διερευνητικές μαθησιακές πρακτικές (Bybee 2006· Pedaste et al. 2015).

Σε αυτό το πλαίσιο, αναλύουμε δεδομένα που συλλέχθηκαν (pre-post) για να αξιολογήσουν τα μαθησιακά αποτελέσματα μιας διδακτικής ακολουθίας, στην οποία διδάχθηκε εργαστηριακά η ΣΕΜ σε εκπαιδευόμενους/ες εκπαιδευτικούς προσχολικής εκπαίδευσης (Zoupidis et al., 2021). Η υπόθεση στη βάση της οποίας πραγματοποιήθηκε η ανάλυση είναι η ακόλουθη: ο εργαστηριακός χαρακτήρας των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) αλλά και της διδασκαλίας τους, διατρέχεται από την παραδοχή ότι τόσο οι ερευνητές όσο και οι εκπαιδευτικοί και οι εκπαιδευόμενοι δεν αναπαριστούν απλώς τον φυσικό κόσμο αλλά παρεμβαίνουν σε αυτόν και τον μετασχηματίζουν/κατασκευάζουν (Hacking, 1992), χρησιμοποιώντας επιστημονικές πρακτικές παρέμβασης στις υλικές οντότητες και εναλλακτικούς κώδικες επικοινωνίας (Radder, 1996).

Σύμφωνα με το μοντέλο του Hacking (1992), η επιστημονική δραστηριότητα των εργαστηριακών επιστημών χαρακτηρίζεται από την διαχείριση τριών σημαντικών κατηγοριών οντοτήτων, οι οποίες αλληλεπιδρούν δυναμικά μεταξύ τους και μπορούν να μετασχηματίζουν η μια την άλλη. Οι οντότητες αυτές είναι: α. Οι ΙΔΕΕΣ (I) οι σχετικές με το φυσικό φαινόμενο που μελετάται, π.χ. τα ερωτήματα, οι υποθέσεις, οι θεμελιώδεις πεποιθήσεις και γνώσεις, οι θεωρητικές έννοιες και τα μοντέλα κ.λπ., β. Οι υλικές οντότητες του εργαστηριακού μας ΚΟΣΜΟΥ (K), π.χ. το δείγμα, οι πηγές και οι ανιχνευτές των τροποποιήσεων, τα εργαλεία, οι γεννήτριες των δεδομένων, τα «ακατέργαστα δεδομένα», ο ίδιος ο επιστήμονας, κ.λπ., και γ. Τα ΤΕΚΜΗΡΙΑ (T) που θεωρούνται ή παρουσιάζονται ως κατάλληλα από τον επιστήμονα και συνυπάρχουν με τον τρόπο κατασκευής τους, σε αντίθεση με τα «ακατέργαστα δεδομένα», π.χ. τα εκτιμημένα, τα αναλυμένα, τα προς ερμηνεία τεκμήρια, κ.ο.κ.

Στο πλαίσιο του επιστημονικού πειραματισμού, οι τρεις παραπάνω οντότητες (I, K και T), αλληλοεπιδρούν με επιτυχία όταν κατορθώνουν να ταιριάξουν μεταξύ τους και αυτό μπορεί να συμβεί με διάφορους τρόπους· κατασκευάζοντας τα κατάλληλα ΤΕΚΜΗΡΙΑ, αλλάζοντας κάποιες από τις ΙΔΕΕΣ, παρεμβαίνοντας στον υλικό ΚΟΣΜΟ, κατασκευάζοντας καινούρια κομμάτια του ή τέλος με κάποιον συνδυασμό των προηγούμενων (Ζουπίδης κ.ά., 2025). Στη βάση αυτού του μοντέλου, οι παραπάνω διαφοροποιήσεις διατρέχονται τόσο από τη δυσκολία προσέγγισης του φυσικού K ως σύνολο οντοτήτων που υπάρχει και αλληλοεπιδρά μαζί μας άρρητα, όσο και από την επιστημονική παράδοση αναπαράστασης των χαρακτηριστικών αυτού του K, και μέσω θεωρητικών, αφηρημένων και μη αισθητών I, και μέσω αισθητών και εργαστηριακά κατασκευασμένων T (Τσελφές, 2002· Hacking, 1992). Το ερώτημα που επιχειρούμε να απαντήσουμε μέσω της ανάλυσης μας είναι: κατανοούνται, συσχετίζονται και χρησιμοποιούνται με επιστημονικό τρόπο από τους/τις φοιτητές/τριες οι οντότητες των εργαστηριακών K στους οποίους παρεμβαίνουν/ κατασκευάζουν, με τις οντότητες των I και T με τις οποίες τους αναπαριστούν;

## Μεθοδολογία

Τα δεδομένα της ποιοτικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε, αποτέλεσαν οι απαντήσεις 17 φοιτητριών/τών Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών οι οποίες απάντησαν pre-post ερωτηματολόγια. Τα ερωτήματα, των οποίων τις απαντήσεις αναλύουμε, αφορούσαν φαινόμενα πλεύσης-βύθισης και ήταν τα ακόλουθα:

**Ερώτημα 1.** *Βυθίζουμε ένα αντικείμενο μέσα σε νερό. Μια συμφοιτήτριά σου ισχυρίζεται ότι «το βάρος του αντικειμένου επηρεάζει την πλεύση ή τη βύθισή του, δηλαδή ότι τα πιο βαριά αντικείμενα βυθίζονται και τα πιο ελαφριά επιπλέουν».*

*Τι προτείνεις να κάνουμε για να ελέγξουμε εάν η συμφοιτήτριά σου έχει δίκιο; Έχεις στη διάθεσή σου βαριά και ελαφριά αντικείμενα από όποιο υλικό θέλεις, π.χ. σίδηρο, ξύλο, μάρμαρο, φελλό, κ.ά. Επίσης, τα αντικείμενα αυτά μπορούν να είναι με κοιλότητα (δηλ. κούφια) ή συμπαγή (δηλ. γεμάτα). Τέλος, έχεις όσες λεκάνες θέλεις γεμάτες με νερό, λάδι ή / και αλατόνερο. Πρόσεξε ότι δεν μας ενδιαφέρει η σωστή απάντηση αλλά ο τρόπος με τον οποίο θα ελέγξουμε την άποψη της συμφοιτήτριάς σου.*

**Ερώτημα 2.** *Πραγματοποιήσαμε τα παρακάτω τέσσερα πειράματα.*

	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

*Με ποιο ή ποια από αυτά τα πειράματα μπορείς να συμπεράνεις εάν η συμφοιτήτριά σου έχει δίκιο; Γιατί το νομίζεις αυτό;*

Οι απαντήσεις των φοιτητριών συντίθενται από προτάσεις που χρησιμοποιούν όρους, οι οποίοι σημαίνουν Κ, Ι και Τ. Οι Κ αυτοί υποβάλλονται από τα ερωτήματά μας με τη γενική μορφή: *ένα αντικείμενο μέσα σε νερό* και υποχρεώνουν τις φοιτήτριες να νοήσουν (pre) και στη συνέχεια να κατασκευάσουν και να εκτιμήσουν (post) τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, τα οποία περιλαμβάνουν: α) «αντικείμενα» (Ι) τα οποία χαρακτηρίζονται: από «μεγάλο» ή «μικρό» (Τ) «βάρος» (Ι), από «υλικά» (Ι) που μπορεί να είναι «σίδηρο», «ξύλο», «μάρμαρο», «φελλός» (Τ) και «έχουν» ή δεν «έχουν» (Τ) «κοιλότητες» (Ι), κοκ.

Οι επιλογές αυτές θα πρέπει να οδηγούν με πειστικό τρόπο στον έλεγχο της «Υπόθεσης» (Ι): *το «βάρος του αντικειμένου» (Ι) επηρεάζει την «πλεύση ή τη βύθισή» (Τ) του ή μεταγραμμένη στη μορφή: τα πιο «βαριά αντικείμενα» (Τ) «βυθίζονται» (Τ) και τα πιο «ελαφριά» (Τ) «επιπλέουν» (Τ).* Τεχνικά, αναλύουμε τις απαντήσεις κάθε φοιτήτριας, πριν και μετά την ολοκλήρωση των μαθημάτων, με τον τρόπο που αναλύσαμε παραπάνω και το ερώτημά μας. Η υπόθεση που παρουσιάζουμε και δοκιμάζουμε σε αυτή τη μελέτη είναι η εξής: Αρχικά, πριν την παρέμβαση, οι απαντήσεις των φοιτητριών θα φανερώνουν ένα σχήμα, στο οποίο θα κυριαρχούν οι συνδέσεις  $T \rightarrow K$ , δηλαδή κατασκευή κομματιών του «Κόσμου» στη βάση επιθυμητών «Τεκμηρίων», π.χ. *επιλέγω συγκεκριμένα αντικείμενα (φελλό, μάρμαρο), τα οποία θα δω ότι επιπλέουν ή ότι βυθίζονται*, και οι συνδέσεις  $K \rightarrow T$ , δηλαδή αναπαράσταση μέσω «Τεκμηρίων», αισθητών δηλαδή κατηγοριών, των οντοτήτων και των γεγονότων που περιλαμβάνει ο υλικός «Κόσμος», ο οποίος περιλαμβάνει ασφαλώς και εμάς, π.χ. *ο φελλός επιπλέει και το μάρμαρο βυθίζεται*. Μετά την παρέμβαση, αναμένουμε οι συνδέσεις  $K \rightarrow T$  να αντικατασταθούν σε μικρό ή μεγαλύτερο βαθμό από συνδέσεις  $K \rightarrow I$ , δηλαδή αναπαράσταση μέσω «Ιδεών», νοητικών, μη αισθητών δηλαδή, θεωρητικών κατά κανόνα κατηγοριών, των ίδιων οντοτήτων και γεγονότων, π.χ. *το υλικό ενός αντικειμένου επηρεάζει την πλεύση ή την βύθισή του*.

## Αποτελέσματα

Εδώ παρουσιάζουμε ενδεικτικά την ανάλυση των απαντήσεων τριών φοιτητών/τριών, οι οποίες ακολουθούν περισσότερο ή λιγότερο το ίδιο μοτίβο με μικρές αποκλίσεις.

## Φοιτήτρια 1

Στο πρώτο ερώτημα η φοιτήτρια, πριν την παρέμβαση, απάντησε: *Αρχικά θα πάρουμε 2 λεκάνες [K]... Στην πρώτη θα βάλουμε ως τη μέση [T] της λεκάνης νερό [T] και θα ρίξουμε μέσα το μάρμαρο [T] και στην δεύτερη θα ρίξουμε μέσα ένα κομμάτι φελλό [T]. Η φοιτήτρια περιγράφει δηλαδή τον εργαστηριακό της Κ στη βάση αποκλειστικά T.*

Στη συνέχεια αιτιολογεί: *Στην πρώτη λεκάνη το μάρμαρο [T] που ρίξαμε μέσα βρίσκεται στον πάτο [T] της λεκάνης και ο φελλός [T] στην δεύτερη επιπλέει [T]. Αυτό συμβαίνει επειδή το βάρος [I] του μάρμαρου [T] είναι μεγαλύτερο [T] από την πίεση [I] που του ασκεί το νερό και έτσι βυθίζεται [T]. Με τον φελλό [T] όμως λόγω του μικρού βάρους [T] του επιπλέει [T]. Η αιτιολόγηση εδώ περιλαμβάνει ουσιαστικά μία μόνον I, της πίεσης, και αυτή εκτός πλαισίου και μάλλον παραποιημένη, μιας και συγκρίνεται με βάρος. Η I του «βάρους» που χρησιμοποιεί είναι στην ουσία μεταγλωττισμένο T γιατί με αυτή περιγράφει το υλικό-μάρμαρο (βάρος του μαρμάρου), και όχι κάποια μέτρηση ή εκτίμηση της μεταβλητής βάρους.*

Μετά την παρέμβαση, απαντά: *Θα πάρουμε δύο λεκάνες με την ίδια [T] ποσότητα νερού [T]. Στην μία θα βάλουμε ένα ξύλο [T] 0,5 κιλά [T] και στην άλλη ένα ξύλο [T] 3 κιλά [T]. Η φοιτήτρια τώρα φαίνεται να νοεί την I του βάρους ως μεταβλητή (δίνει δύο τιμές), αν και εξακολουθεί να απαντά χρησιμοποιώντας αποκλειστικά T.*

Και αιτιολογεί: *Βλέπουμε ότι το ξύλο [T] που ζυγίζει 0,5 κιλά [T] επιπλέει [T] και το άλλο έχει βουλιάξει [T]. Διατηρούμε όλες τις άλλες μεταβλητές [I] ίδιες [T] και αλλάζουμε αυτήν [I] που θέλουμε να ελέγξουμε. Στην προκειμένη περίπτωση το βάρος [I] του υλικού [I]. Ο λόγος δηλαδή που χρησιμοποιεί και η σκέψη της αρχίζει να μετακινείται από τα T στις I.*

Στο δεύτερο ερώτημα, πριν την παρέμβαση, και παρά τη ρητή απεικόνιση I στον πίνακα (πρώτη στήλη), η χρήση των T παραμένει κεντρική και η λειτουργία των I περιορισμένη και ατελής/ασαφής: *... στο 2 το μάρμαρο [T] αν και μέσα στο αλατόνερο [T] λόγω του βάρους [T] του θα βυθιστεί [T] όπως και στο πείραμα 3. Στο 4ο πείραμα αν και ίδιο βάρος [T], τα υλικά [I] έχουν διαφορετική σύσταση [I].*

Τέλος, μετά την παρέμβαση και τη διαχείριση του πίνακα, απαντά στη δεύτερη ερώτηση συνδέοντας γενικά τις κατάλληλες I με τα κατάλληλα T: *Με το πείραμα 1 γιατί η μεταβλητή [I] που θέλουμε να ελέγξουμε είναι το βάρος [I], το οποίο αλλάζει [T] και όλες οι άλλες μένουν ίδιες [T], δηλαδή το υλικό [I] και το υγρό [I].*

Παρόλο που η φοιτήτρια αυτή φαίνεται να αντικαθιστά σταδιακά τα Τεκμήρια με Ιδέες, δεν κατορθώνει να ξεφύγει από την κυριαρχία της λειτουργίας μέσω των Τεκμηρίων, η οποία αντιστέκεται μέχρι τέλους. Οι απαντήσεις της μετά την παρέμβαση φανερώνουν στοιχειώδη κατανόηση και σωστή εφαρμογή της ΣΕΜ.

## Φοιτήτρια 2

Στο πρώτο ερώτημα η φοιτήτρια, πριν την παρέμβαση, απάντησε: *Θα έπαιρνα π.χ. το σίδηρο (T), θα έβαζα σε μια λεκάνη π.χ. νερό (T), θα τοποθετούσα το αντικείμενο από σίδηρο (T) και θα παρατηρούσαμε τι συμβαίνει (T). Στη συνέχεια, μπορώ να πάρω ένα αντικείμενο πάλι από σίδηρο (T) και ένα ακόμα από φελλό (T), να τα βάλω στη λεκάνη με το νερό (T) και να τα συγκρίνω (T). Έτσι θα λάβω υπόψη και άλλες παραμέτρους (I) που επηρεάζουν την πλεύση βύθιση. Η φοιτήτρια κατασκευάζει τον Κόσμο στη βάση Τεκμηρίων: Εδώ θεωρούμε ότι η φοιτήτρια προσεγγίζει το «σίδηρο», το «νερό», τον «φελλό» ως τεκμήρια, τα οποία αποφασίζει με βάση αισθητηριακά δεδομένα- δεδομένα “παραστατικής αμεσότητας” (τα έχει ξαναδεί και όλοι οι συνάνθρωποι της συμφωνούν ότι π.χ. «το υλικό με αυτή την όψη θα το λες σίδηρο»... δεν μπορείς να επιβιώσεις με διαφορετικό τρόπο στην κοινότητα που ζεις...και δεν σε ενδιαφέρει αν αυτό που βλέπεις και λες «σίδηρο» έχει ή δεν έχει μέσα καθόλου από αυτό το πράγμα που ο δάσκαλος της χημείας σου αποκαλεί Fe.*

Στη συνέχεια αιτιολογεί: *Θα σκεφτόμουν τους παράγοντες (I) που επηρεάζουν την πλεύση βύθιση (T) όπως το υλικό (I) που είναι φτιαγμένο το αντικείμενο (I), αλλά και το υγρό (I) στο*

οποίο το τοποθετώ (T). Η φοιτήτρια αιτιολογεί την κατασκευή του K στη βάση (I): παράγοντες: υλικά, αντικείμενα, υγρά. Ιδέες με τις οποίες πρέπει να «παιξει» για να δει αν εναλλακτικές επιλογές από αυτές ικανοποιούν το αισθητό Τεκμήριο της πλεύσης ή της βύθισης. Η προσέγγιση αυτή είναι εναλλακτική ως προς την επιστημονική. Ένας επιστήμονας θα ξεκινούσε από μια οργανωμένη και αναγνωρισμένη θεωρία για να ελέγξει την υπόθεση (I): «το βάρος του αντικειμένου επηρεάζει την πλεύση ή τη βύθισή του».

Μετά την παρέμβαση, απαντά: Η πλεύση βύθιση (T) επηρεάζεται από το υλικό (I) αρχικά. Έτσι θα πάρουμε λεκάνες με ή νερό ή λάδι ή αλατόνερο (T) και θα βυθίσουμε ένα αντικείμενο (I). Σκεπτόμενη επιστημονικά-θεωρητικά και διαχειριζόμενη την πρότερη εκπαιδευτική βιωμένη εμπειρία της (επιμένει να μη λαμβάνει υπόψη ό,τι δεν περιλαμβάνεται σε αυτή, π.χ. κοιλότητες), προτείνει ένα πείραμα για κάθε για κάθε υγρό και για κάθε υλικό (π.χ. 9 πειράματα για τρία υλικά σε τρία υγρά).

Και αιτιολογεί: Θα σκεφτόμουν πως το υλικό (I) είναι αυτό που επηρεάζει την πλεύση-βύθιση (T) και θα το έδειχνα παίρνοντας δύο λεκάνες με νερό (K) και τοποθετώντας ένα υλικό (I) συμπαγές (I) από σίδηρο (T) και ένα συμπαγές (I) από φελλό (T). Η φοιτήτρια αιτιολογεί ορθά, θεωρητικά-επιστημονικά μεταφερόμενη από τη βιωμένη εκπαιδευτική της εμπειρία (η οποία περιλαμβάνει και τη μεταβλητή του υγρού) στο ερώτημα που απαντά.

Στο δεύτερο ερώτημα, πριν την παρέμβαση, η φοιτήτρια επιλέγει με βάση μια μόνο μεταβλητή (τα πειράματα 2 και 3), ανεξάρτητα μάλλον από την υπόθεση που ελέγχει. Συγκεκριμένα, αναφέρει: Θα επέλεγα το πείραμα 2, γιατί διαφοροποιείται το είδος (T) του υγρού (I), οπότε θα παρατηρούσαμε αν το είδος του υγρού επηρεάζει την πλεύση βύθιση (T) και το πείραμα 3 γιατί τα αντικείμενα (I) είναι από άλλα υλικά (I). Δεν βοηθάει το πείραμα 1, γιατί το αντικείμενο (I) είναι από ίδιο (T) υλικό (I) και μέσα σε ίδιο (T) υγρό (I). Επίσης, δεν βοηθάει το πείραμα 4, γιατί η πλεύση βύθιση (T) δεν επηρεάζεται από το βάρος (I) του αντικειμένου (I). Αν και περνάει στον επιστημονικό θεωρητικό λόγο παραμένει εγκλωβισμένη στη βιωμένη μάλλον εκπαιδευτική της εμπειρία (γενική εκπαίδευση), από την οποία ανακαλεί ότι η πλεύση-βύθιση εξαρτάται από το υλικό (πυκνότητα) και από το υγρό (πυκνότητα).

Μετά την παρέμβαση και τη διαχείριση του πίνακα, η απάντηση της φοιτήτριας φανερώνει επιτυχή μάθηση της ΣΕΜ: Σωστό είναι το πείραμα 1 γιατί αλλάζει (T) μόνο η μεταβλητή (I) που θέλουμε να ελέγξουμε. Δεν βοηθάνε τα υπόλοιπα πειράματα. Στο πείραμα 2 αλλάζει (T) και το είδος του υλικού (I) και του υγρού (I). Στο πείραμα 3 αλλάζει (T) το βάρος (I) και το είδος του υλικού (I). Το πείραμα 4 αποκλείεται γιατί αλλάζει (T) η μεταβλητή (I) που δεν μας ενδιαφέρει. Είναι σημαντικό το γεγονός ότι η φοιτήτρια απορρίπτει το πείραμα 4, το οποίο θα επιβεβαίωνε εν δυνάμει τη βιωμένη εκπαιδευτική της εμπειρία.

Σε αυτήν την περίπτωση, η φοιτήτρια κατορθώνει να διαχειριστεί σε σημαντικό βαθμό τις Ιδέες έναντι των Τεκμηρίων, που σχετίζονται με το φαινόμενο, καθώς και τη μέθοδο ΣΕΜ.

### Φοιτήτρια 3

Στο πρώτο ερώτημα η φοιτήτρια, πριν την παρέμβαση, απάντησε: Θα χρειαστούμε ένα κύβο σίδηρου (T) και έναν φελλό (T) μεγαλύτερο μέγεθος (T) από τον κύβο σίδηρου και δύο λεκάνες με νερό (T). Στη μία λεκάνη με το νερό (T) θα ρίξουμε μέσα τον κύβο από σίδηρο (T) και στην άλλη λεκάνη τον φελλό (T). Η φοιτήτρια κατασκευάζει τον Κόσμο στη βάση Τεκμηρίων, και προσθέτει ακόμη ένα T ως στοιχείο της κατασκευής. Το κυβικό σχήμα.

Στη συνέχεια αιτιολογεί: Αυτό που θα παρατηρήσουμε είναι ότι εάν ρίξουμε τον κύβο από σίδηρο (T) στην λεκάνη με το νερό (T) αυτός θα βυθιστεί (T) ενώ εάν ρίξουμε τον φελλό (T) στην λεκάνη με το νερό (T) αυτός θα επιπλεύσει (T). Επομένως, το συμπέρασμα είναι ότι δεν έχει σημασία το μέγεθος του αντικειμένου (I) στην πλεύση και την βύθιση (T). Στην αιτιολόγηση χρησιμοποιεί επίσης T αλλά καταλήγει σε μια συσχέτιση της I «μέγεθος» με το T της πλεύσης-βύθισης, γεγονός που παραπέμπει σε πιθανή ταύτιση του μεγέθους με το βάρος.

Μετά την παρέμβαση, απαντά: Τα υλικά (I) που θα χρειαστούμε είναι μια λεκάνη με νερό (T), μια σφαίρα από σίδηρο (T) ενός κιλού (T) και μια σφαίρα από σίδηρο (T) μισού κιλού (T).

Σε μια λεκάνη θα βυθίσουμε αυτά τα δύο υλικά που έχουν το ίδιο σχήμα (I) αλλά διαφορετικό βάρος (I). Η φοιτήτρια πετυχαίνει την κατασκευή Κόσμου που απαντά επιστημονικά (και μέσω Ιδεών) στο ερώτημα, αν και επιμένει να εισάγει ως μεταβλητή και την I του σχήματος.

Και αιτιολογεί: Αυτό που θα βλέπαμε στο πείραμα είναι ότι και η σφαίρα ενός κιλού (T) και η σφαίρα μισού κιλού (T) θα βυθιστούν (T) στο νερό (T). Οπότε, το συμπέρασμα που βγάζουμε είναι ότι το βάρος (I) δεν επηρεάζει την πλευση και βύθιση (T). Η φοιτήτρια αιτιολογεί ορθά και με χρήση ορθού θεωρητικού λόγου, ενώ η διπλή σημασία του όρου «βάρος» φαίνεται να έχει διορθωθεί.

Στο δεύτερο ερώτημα, πριν την παρέμβαση, η φοιτήτρια αναφέρει: Τα πειράματα 3 και 4. Γιατί στο πείραμα 3 το ξύλο (T) έχει μικρότερο (T) βάρος (I1) από το μάρμαρο (T), επομένως το μάρμαρο (T) θα βυθιστεί (T) και το ξύλο όχι (T). Στο πείραμα 4 παρόλο που έχουν το ίδιο (T) βάρος (I2), εάν ρίξουμε το μάρμαρο (T) μέσα στο νερό (T) θα βυθιστεί (T) ενώ το ξύλο όχι (T) και αυτό συμβαίνει γιατί το μάρμαρο (T) έχει μεγαλύτερο (T) βάρος (I1) από το ξύλο (T). Εδώ αποκαλύπτεται πλήρως η απόδοση στον όρο «βάρος» δύο διαφορετικών σημασιών: ... παρόλο που έχουν το ίδιο (T) βάρος (I2)... γιατί το μάρμαρο (T) έχει μεγαλύτερο (T) βάρος (I1) από το ξύλο (T) ..., δηλαδή «βάρος» το βάρος, «βάρος» και η πυκνότητα. Επιπλέον, στη συνέχεια, αιτιολογεί στη βάση T που συνδέονται αδιακρίτως και με τις δύο διαφορετικές σημασίες (Ιδέες) που αποδίδει στον όρο «βάρος». Απέκλεισα το πείραμα 1 και αυτό διότι και στις δύο δοκιμές έχουν το ίδιο υλικό (I), το ξύλο (T), όμως διαφορετικό (T) βάρος (I2), αλλά το βάρος (I1) δεν παίζει ρόλο στο ξύλο (T) διότι και στις δύο περιπτώσεις το ξύλο (T) θα επιπλεύσει (T). Το πείραμα 2 διότι έχουν διαφορετικό είδος νερού (T) και το ξύλο (T) στο νερό θα επιπλεύσει (T), στο αλατόνερο (T) το μάρμαρο (T) δεν θα βυθιστεί τελείως (T).

Μετά την παρέμβαση και τη διαχείριση του πίνακα, η απάντηση της φοιτήτριας περιλαμβάνει επιτυχή επιλογή, με χρήση ορθού θεωρητικού λόγου: Θα επέλεγα το πείραμα 1 γιατί η μεταβλητή (I) που θέλουμε να εξετάσουμε είναι το βάρος (I) και μόνο αυτή πρέπει να αλλάξει (T) και οι υπόλοιπες (I) να μείνουν σταθερές (T). Το πείραμα 2 δεν είναι έγκυρο γιατί αλλάζουν (T) όλες οι μεταβλητές (I). Το πείραμα 3 δεν είναι έγκυρο γιατί αλλάζει και η μεταβλητή του βάρους (I) αλλά και η μεταβλητή του είδους του υλικού (I). Το πείραμα 4 δεν είναι έγκυρο γιατί δεν εξετάζει την μεταβλητή του βάρους (I) αλλά την μεταβλητή του υλικού (I).

Η φοιτήτρια κατορθώνει να διαχειριστεί σε σημαντικό βαθμό τις Ιδέες έναντι των Τεκμηρίων, που σχετίζονται με το φαινόμενο, καθώς και τη μέθοδο ΣΕΜ. Επιπλέον, η μεθοδολογική διαχείριση πετυχαίνει και εννοιολογική αλλαγή.

Συνολικά, από τις δεκαεπτά φοιτήτριες, οι δεκατέσσερις παρουσιάζουν παρόμοια επίδοση με μία από τις παραπάνω περιπτώσεις, διαχειριζόμενες σε όλο και μεγαλύτερο βαθμό τις Ιδέες έναντι των Τεκμηρίων, αξιοποιώντας ορθά την μέθοδο ΣΕΜ, ενώ τρεις φοιτήτριες δεν κατορθώνουν να αντικαταστήσουν τα Τεκμήρια με Ιδέες, ούτε να εφαρμόσουν ορθά την μέθοδο ΣΕΜ.

### Συζήτηση και συμπεράσματα

Οι φοιτήτριες εκκινούν τον σχεδιασμό των εργαστηριακών παρεμβάσεων τους σκεπτόμενες, σχεδόν αποκλειστικά, με βάση τα T (π.χ. βαρύ/ελαφρύ, ξύλινο, σιδερένιο, κ.ά.) που περιγράφουν τα συστατικά του K που πρόκειται να κατασκευάσουν. Οι I (βάρος, υλικό, υγρό) εμφανίζονται περισσότερο ή λιγότερο συγκεχυμένες όταν υποχρεώνονται να αιτιολογήσουν την επιλογή τους. Συγκεκριμένα συνδέουν τα T με βάση τα οποία επιλέγουν, με τις I που παραπέμπουν σε αυτά (π.χ. βάρος) αλλά και με I που προέρχονται από αλλά πλαίσια της βιωμένης καθημερινής ή σχολικής εμπειρίας τους (π.χ. πίεση). Δεν αιτιολογούν όμως αποκλειστικά με βάση I. Αιτιολογούν με βάση άλλα T που συνδέουν με εκείνα που χρησιμοποίησαν για να κάνουν τις επιλογές τους, όπως για παράδειγμα: ... με τον φελλό [T] όμως λόγω του μικρού βάρους [T] του επιπλέει [T]... Τα πράγματα βελτιώνονται μετά την παρέμβαση και κυρίως μετά την παρουσίαση του πίνακα με τα τέσσερα πειράματα όπου

εμφανίζεται ρητά, στην πρώτη στήλη, η χρήση των I ως μεταβλητών και τα διαφοροποιημένα με βάση τα T πειράματα που περιγράφονται στις 4 επόμενες στήλες.

Συνοπτικά, φαίνεται ότι οι φοιτήτριες λειτουργούν αρχικά με βάση τη βιωμένη εμπειρία τους (Whitehead, 1929). Σκέπτονται και παρεμβαίνουν «αιτιωδώς αποτελεσματικά», χρησιμοποιώντας όμως όρους για τους οποίους προϋπάρχει διαθέσιμη αισθητική εμπειρία («παραστατική αμεσότητα» κατά Whitehead). Στην εξέλιξη της δραστηριότητας και κυρίως μετά και τη ρητή παρέμβαση που υλοποιεί ο πίνακας, αρχίζουν να διαχωρίζουν τους όρους των θεωρητικών I από την «παραστατική αμεσότητα» των T και να κατανοούν τον ρόλο τους στις αιτιακές, «αιτιωδώς αποτελεσματικές», διατυπώσεις τους. Διδακτικά, αυτό σημαίνει ότι πρέπει να αφιερώνουμε χρόνο για τη διαφοροποίηση των θεωρητικών ιδεών (I) από τα εργαστηριακά τεκμήρια (T) που συνδέονται μαζί τους. Σημαντικό εύρημα της παρούσας εργασίας είναι ότι η διδακτική και μαθησιακή αξιοποίηση ενός πίνακα με έγκυρα και μη έγκυρα πειράματα δεν βοηθά μόνο στην διάκριση μεταξύ έγκυρων και μη έγκυρων πειραμάτων, η οποία αποτελεί ενδογενές στοιχείο και πτυχή της μεθόδου ΣΕΜ, αλλά και στον διαχωρισμό και την συσχέτιση μεταξύ των I και των T, το οποίο είναι βασικό στοιχείο στην κατανόηση της επιστημονικής δραστηριότητας.

## Βιβλιογραφία

- Ζουπίδης Α., Τσελφές, Β., & Καριώτογλου, Π. (2025). Πτυχές Εφαρμογής της Εργαστηριακής Διδασκαλίας της Φυσικής στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση στο Πλαίσιο της Διερεύνησης. Στο Κ.Θ. Κώτσος & Γ. Στύλος Γ. (Επιμ.), *Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Επετειακός Τόμος για τα 40χρονα του ΠΤΔΕ Ιωαννίνων*. Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. ISBN: 978-618-82063-5-9.
- Τσελφές, Β. (2002). *Δοκιμή και Πλάνη: Το εργαστήριο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, Νήσος, Αθήνα.
- Bianchi, G., Pisiotis, U. and Cabrera Giraldez, M. (2022). *GreenComp. The European sustainability competence framework*. Y. Punie, and M. Bacigalupo, (Επιμ.). EUR 30955 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-46485-3, JRC128040.  
<https://doi.org/10.2760/13286>
- Bybee, R. W. (2006). Scientific inquiry and science teaching. Στο: L. B. Flick & N. G. Lederman (Επιμ.), *Scientific Inquiry and Nature of Science*, 1-14. The Netherlands: Springer.
- Hacking, I. (1992). The self – vindication of the laboratory sciences. Στο A. Pickering (Επιμ.), *Science as practice and culture*. Chicago: The University Chicago Press.
- Hofstein, A., Eilks, I. & Bybee, R. (2011). Societal issues and their importance for contemporary science education – A Pedagogical justification and the state-of-the-art in Israel, Germany, and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 1459–1483.  
<https://doi.org/10.1007/s10763-010-9273-9>
- National Research Council (NRC) (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, by States*. Washington: The National Academies Press.
- 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>
- Radder, H. (1996), *In and about the world*. New York: State University Press.
- Whitehead A. N. (1929). *Process and Reality*. Cambridge University Press.
- Zoupidis, A., Tselfes, V. & Kariotoglou, P. (2021). Preservice early childhood teachers' beliefs that influence their intention to use inquiry-based learning methods. *International Journal of Early Years Education*, 31(3). <https://doi.org/10.1080/09669760.2021.1890552>