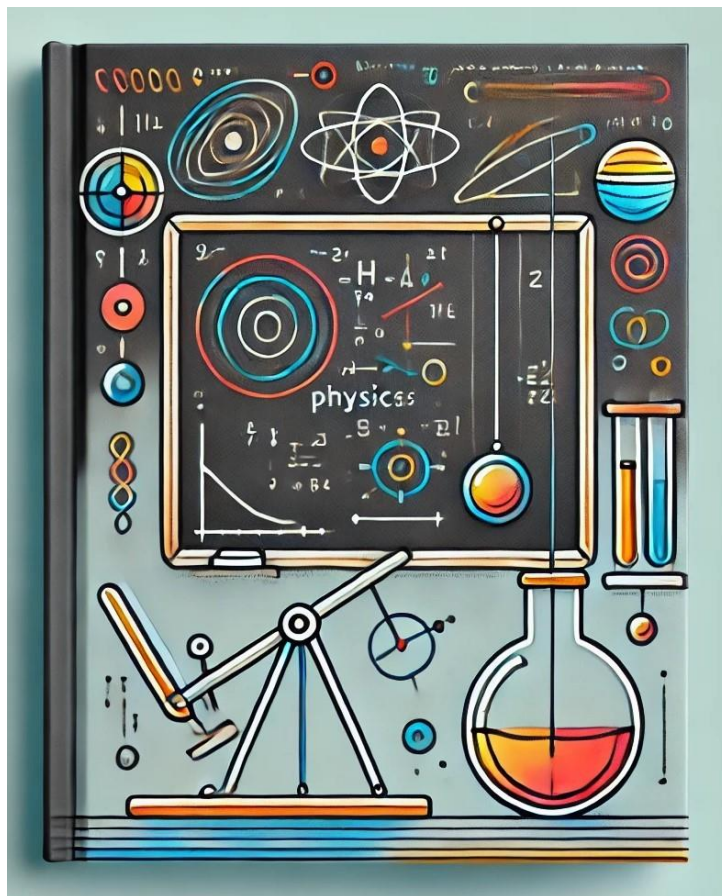




Επετειακός Τόμος

Πείραμα & Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών



Επιμέλεια:
Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης & Γεώργιος Στύλος

Ιωάννινα
2025

Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Open Book Press

Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης

Copyright 2025

Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Επιμέλεια:

- Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- Γεώργιος Στύλος, ΕΔΙΠ, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Το σχεδιασμό του εξώφυλλου ανέλαβε η κ. Ελευθερία Τσιούρη και ο κ. Γεώργιος Στύλος, με τη βοήθεια της OpenAI.

ISBN: 978-618-82063-5-9

DOI: <https://doi.org/10.12681/lpet.240>

Περιεχόμενα

Πρόλογος

- Τάσεις στην έρευνα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών: Ανάλυση εργασιών που αναφέρονται στην παιδαγωγική χρήση του πειράματος** 1-14
Γεώργιος Αμπατζίδης, Αναστασία Στάχτιαρη, Αναστάσιος Σιάτρας
- Παλιά εργαλεία σε νέους καιρούς: Αναζητώντας την εννοιολογική αλλαγή** 15-29
Διονύσιος Βαβουγιός
- Η εκπαιδευτική ρομποτική και η τεχνητή νοημοσύνη, ως σύγχρονα εργαλεία υποστήριξης της πειραματικής διδασκαλίας της φυσικής: Οι τρέχουσες πρακτικές** 30-44
Αριστοτέλης Γκιόλμας, Κωνσταντίνος Σκορδούλης, Γιάννα Κατσιαμπούρα, Γεώργιος Πριμεράκης, Άνθιμος Χαλκίδης, Βασιλική Ψωμά, Ηλίας Μπόικος, Ζωγραφιά Παπαναγιώτου, Αικατερίνη Μπενίση, Αλεξάνδρα-Τριανταφυλλιά Παπαναγιώτου, Θεοπούλα Χρυσοχού, Αναστάσιος Κόλλιας
- Πτυχές εφαρμογής της εργαστηριακής διδασκαλίας της φυσικής στην υποχρεωτική εκπαίδευση στο πλαίσιο της διερεύνησης** 45-70
Αναστάσιος Ζουπίδης, Βασίλης Τσελφές, Πέτρος Καριώτογλου
- Η πειραματική διδασκαλία στο πλαίσιο του εποικοδομισμού: Η μέτρηση της θερμοκρασίας και το σημείο βρασμού του νερού** 71-90
Γιώργος Καλιαμπός, Ιωάννης Πολίτης, Κωνσταντίνος Ραβάνης
- Από τη μεθοδολογία της επιστημονικής έρευνας στη μεθοδολογία της εκπαιδευτικής διερεύνησης και στην επιστημονική – εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση: Εφαρμογές και η καθιέρωση της διερευνητικής διαδικασίας με τα προγράμματα σπουδών** 91-98
Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης
- Ψηφιακές τεχνολογίες για την πειραματική διδασκαλία της κλιματικής αλλαγής** 99-117
Αθανασία Κοκολάκη, Νίκος Καπελώνης, Δημήτρης Σταύρου
- Η πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση** 118-135
Ελένη Κολοκούρη, Αικατερίνη Πλακίτση
- Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με πειράματα που αξιοποιούν υλικά καθημερινής χρήσης** 136-155
Παναγιώτης Κουμαράς, Θεόδωρος Πιερράτος
- Διερεύνηση των στάσεων των μαθητών/τριών γυμνασίου απέναντι στην επιστήμη μετά την εμπλοκή τους σε STEM IB-mLabs εργαστήρια Φυσικής** 156-176
Μανόλης Κουσιόγλου, Βασίλειος Γκάγκας, Ελένη Πετρίδου, Αναστάσιος Μολοχίδης, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης

Χρήση του CHATGPT για τη διδασκαλία της Φυσικής με πειράματα στο δημοτικό σχολείο	177-191
<i>Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης</i>	
Έρευνα για την επιλογή θεματολογίας και εφαρμογή της σχεδιαστικής σκέψης στα πλαίσια θερινού σχολείου	192-210
<i>Ανθούλα Μαΐδου, Χαρίτων Πολάτογλου</i>	
Ενσωμάτωση πραγματικών και εικονικών περιβαλλόντων πειραματισμού στην εκπαίδευση STEM+: Εμπειρική έρευνα και εφαρμογές στην προσχολική εκπαίδευση	211-222
<i>Υβόνη Παύλου, Ζαχαρίας Χ. Ζαχαρία</i>	
Η επίδραση πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στην επιχειρηματολογία και στις ικανότητες των μαθητών να συγκροτούν επιχειρήματα	223-245
<i>Μιχαήλ Σκουμιός</i>	
Διδάσκοντας για τη Φύση της Επιστήμης στο εργαστήριο	246-258
<i>Κωνσταντίνα Στεφανίδου, Κωνσταντίνος Σκορδούλης</i>	
Το πείραμα και η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στην Ελλάδα	259-278
<i>Γεώργιος Στύλος, Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης</i>	
Σύνδεση του μακροσκοπικού με το υπομικροσκοπικό επίπεδο της Χημείας μέσω πειραμάτων	279-306
<i>Γεώργιος Τσαπαρλής</i>	
Το εκπαιδευτικό εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών την «Εποχή των Γραμματισμών» και της «Κλιματικής Κρίσης»	307-332
<i>Βασίλης Τσελφές</i>	
Εκπαιδεύοντας υποψηφίους δασκάλους στις Φυσικές Επιστήμες με την προσέγγιση STE(A)M: Εφαρμογή στην πράξη	333-346
<i>Χαρίλαος Τσιχουρίδης</i>	
Νοητικά πειράματα: Η συμβολή τους στη Φυσική και στη διδασκαλία της Φυσικής	347-365
<i>Κρυσταλλία Χαλκιά, Αθανάσιος Βελέντζας</i>	
Η συμβολή των εικονικών εργαστηρίων στην πειραματική εργασία	366-382
<i>Δημήτριος Ψύλλος, Αθανάσιος Ταραμόπουλος</i>	

Πρόλογος

Καθώς γιορτάζουμε με υπερηφάνεια την 40ή επέτειο του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, κοιτάμε το σημαντικό ταξίδι της προόδου και της εξέλιξης στον τομέα της εκπαίδευσης. Με μεγάλη υπερηφάνεια και ενθουσιασμό, παρουσιάζουμε αυτόν τον επετειακό τόμο, «Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών». Αυτή η συλλογή κειμένων όχι μόνο αποτίει φόρο τιμής στην ιστορία του Τμήματος, αλλά επίσης θέτει το έδαφος για μελλοντικές ανακαλύψεις και εξελίξεις στον τρόπο με τον οποίο διδάσκουμε και κατανοούμε τη φυσική.

Οι Φυσικές Επιστήμες, ως εμπειρικές επιστήμες, βασίζονται σε πειράματα για να επιβεβαιώσουν θεωρίες και να διερευνήσουν τις αρχές που διέπουν τον φυσικό κόσμο. Στο ίδιο πνεύμα, ο τομέας της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών έχει προχωρήσει χρησιμοποιώντας πειραματικές μεθόδους για να βελτιώσουμε την βελτίωση των μεθόδων διδασκαλίας και των αποτελεσμάτων της μάθησης. Αυτή η συλλογή εργασιών καταδεικνύει τη διαρκή περιέργεια που ορίζει τις Φυσικές Επιστήμες ως πεδίο σπουδών, καθώς και τις παιδαγωγικές στρατηγικές που χρησιμοποιούμε για να μεταδώσουμε τις αρχές τους.

Η εξέλιξη της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών είναι ένα δυναμικό ταξίδι, που προσαρμόζεται συνεχώς για να ενσωματώσει νέα επιστημονικά ευρήματα, τεχνολογική πρόοδο και θεωρίες διδασκαλίας. Οι παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, οι οποίες επικεντρώνονταν κυρίως στη θεωρία, έχουν σταδιακά δώσει τη θέση τους σε πιο διαδραστικές και μαθητικοκεντρικές προσεγγίσεις. Η συμπερίληψη πειραμάτων στο πρόγραμμα σπουδών έχει διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο σε αυτόν τον μετασχηματισμό, προωθώντας μια βαθύτερη κατανόηση των εννοιών και προωθώντας μια πρακτική προσέγγιση μάθησης.

Κατά τα πρώτα στάδια της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες, τα πειράματα βασίζονταν κυρίως στην επίδειξη, που πραγματοποιήθηκαν από εκπαιδευτικούς για να αναδείξουν συγκεκριμένες αρχές. Αν και κάπως αποτελεσματική, αυτή η προσέγγιση περιόρισε την ενεργό συμμετοχή των μαθητών και την κριτική σκέψη. Συνειδητοποιώντας την ανάγκη για πιο διαδραστικές ευκαιρίες μάθησης, οι εκπαιδευτικοί άρχισαν να δημιουργούν προγράμματα σπουδών με επίκεντρο πειράματα από τους μαθητές. Αυτή η μετάβαση βελτίωσε την εννοιολογική κατανόηση και καλλιέργησε ζωτικές επιστημονικές δεξιότητες όπως παρατήρηση, ανάλυση και δοκιμή υποθέσεων.

Στη σημερινή εκπαιδευτική σφαίρα, ο πειραματισμός ξεπερνά τα όρια του παραδοσιακού εργαστηρίου. Η πρόοδος στην τεχνολογία έχει φέρει νέες πτυχές στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με πειράματα, όπως προσομοιώσεις υπολογιστών, εικονικά εργαστήρια, απομακρυσμένα πειράματα και στις μέρες μας με τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης. Αυτές οι καινοτομίες κατέστησαν εφικτή τη διεξαγωγή περίπλοκων πειραμάτων που προηγουμένως ήταν απρόσιτα για πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα λόγω περιορισμένων πόρων. Για παράδειγμα, οι προσομοιώσεις υπολογιστών επιτρέπουν στους μαθητές να οπτικοποιήσουν και να χειριστούν φυσικά συστήματα με τρόπους που δεν είναι δυνατοί σε ένα παραδοσιακό εργαστήριο. Τα εικονικά εργαστήρια προσφέρουν στους μαθητές την ευκαιρία να πραγματοποιήσουν πειράματα σε προσομοιωμένο περιβάλλον, παρέχοντας ευελιξία και προσβασιμότητα, ειδικά σε απομακρυσμένες ή υποεξυπηρετούμενες περιοχές. Τα απομακρυσμένα πειράματα επιτρέπουν τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από εργαστήρια που βρίσκονται πολύ

μακριά, επεκτείνοντας το πεδίο της πειραματικής μάθησης. Παρά αυτές τις τεχνολογικές εξελίξεις, ο πυρήνας του πειραματισμού στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών παραμένει βασισμένος σε αρχές μάθησης που βασίζονται στην έρευνα. Προτρέποντας τους μαθητές να κάνουν ερωτήσεις, να σχηματίζουν υποθέσεις, να σχεδιάσουν πειράματα και να αναλύσουν τα αποτελέσματα, καλλιεργείται τόσο η περιέργεια, όσο και η αναλυτική επιστημονική νοοτροπία. Αυτή η μέθοδος ενισχύει την κατανόηση των αρχών της φύσης και προάγει τις δεξιότητες σε διάφορους κλάδους.

Αυτή η επετειακή έκδοση συγκεντρώνει συνεισφορές από αξιόλογους Έλληνες Καθηγητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, καθένας από τους οποίους παρουσιάζει ξεχωριστές απόψεις για τη σημασία των πειραμάτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Τα κεφάλαια του βιβλίου περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, που κυμαίνονται από παραδοσιακά πρακτικά πειράματα έως καινοτόμο αξιοποίηση της τεχνολογίας σε περιβάλλοντα διδασκαλίας. Οι συγγραφείς εμβαθύνουν σε αποτελεσματικές μεθόδους για την ενσωμάτωση πειραμάτων σε προγράμματα σπουδών των Φυσικών Επιστημών σε όλα τα εκπαιδευτικά επίπεδα, χρησιμοποιώντας εμπειρικές μελέτες, παραδείγματα περιπτώσεων και θεωρητικές αξιολογήσεις. Ένα κεντρικό σημείο που προκύπτει από αυτές τις συνεισφορές είναι η αναγκαιότητα ευθυγράμμισης των πειραματικών εργασιών με τους εκπαιδευτικούς στόχους. Όταν ενσωματώνονται προσεκτικά στο πρόγραμμα σπουδών, τα καλά σχεδιασμένα πειράματα μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την εννοιολογική κατανόηση και τη συμμετοχή των μαθητών. Διάφορα κεφάλαια παρουσιάζουν επιτυχημένες εφαρμογές μάθησης βάσει έρευνας, απεικονίζοντας πώς οι πειραματικές εργασίες μπορούν να προσαρμοστούν ώστε να ταιριάζουν σε διαφορετικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα και μαθησιακές προτιμήσεις. Μια άλλη σημαντική πτυχή είναι η σημασία της κατάρτισης των εκπαιδευτικών για την προώθηση της αποτελεσματικής εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Οι πρωτοβουλίες επαγγελματικής ανάπτυξης που παρέχουν στους εκπαιδευτικούς τις απαραίτητες δεξιότητες και γνώσεις για να επινοήσουν και να επιβλέπουν πειράματα είναι απαραίτητες για την επιτυχή ενσωμάτωση πειραματικών εργασιών στις αίθουσες διδασκαλίας. Οι συγγραφείς διερευνούν διαφορετικές μεθόδους για την κατάρτιση των εκπαιδευτικών, υπογραμμίζοντας τη σημασία της συνεχούς επαγγελματικής ανάπτυξης και των συνεργατικών προσπαθειών μεταξύ των εκπαιδευτικών.

Καθώς αναμένουμε το μέλλον της διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες, ο πειραματισμός θα παραμείνει απαραίτητος για την προώθηση του επιστημονικού γραμματισμού και της καινοτομίας. Οι προκλήσεις του σημερινού κόσμου, όπως οι τεχνολογικές εξελίξεις και τα παγκόσμια επιστημονικά ζητήματα, απαιτούν ένα προσαρμόσιμο, καινοτόμο εκπαιδευτικό σύστημα βασισμένο σε εμπειρική έρευνα. Μέσα από τον πειραματισμό και τη μάθηση που βασίζεται στην έρευνα, μπορούμε να εξοπλίσουμε τους μαθητές για να κατανοήσουν τον φυσικό κόσμο και να συνεισφέρουν πολύτιμα στο μέλλον του.

Αυτός ο ειδικός τόμος, «Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών», τιμά την ιστορία, την τρέχουσα κατάσταση και τις μελλοντικές προοπτικές της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Χρησιμεύει ως αφιέρωμα στους εκπαιδευτικούς που έχουν αφιερώσει τη σταδιοδρομία τους στην καλλιέργεια ενός πάθους για τις Φυσικές Επιστήμες και μια αφοσίωση στην έρευνα. Επιπλέον, ενθαρρύνει όλους τους

εκπαιδευτικούς να συνεχίσουν να εξερευνούν, να πειραματίζονται και να καινοτομούν στις μεθόδους διδασκαλίας τους.

Πιστεύουμε ότι οι γνώσεις και οι εμπειρίες που παρουσιάζονται σε αυτήν τη δημοσίευση θα παρακινήσουν και θα διαφωτίσουν εκπαιδευτικούς, ερευνητές και υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, βοηθώντας στη συνεχή ανάπτυξη της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Καθώς σηματοδοτούμε αυτό το σημαντικό ορόσημο, ας επιβεβαιώσουμε την αφοσίωσή μας στην εκπαιδευτική αριστεία και στον διαρκή αντίκτυπο του πειραματισμού στην αποκάλυψη των θαυμάτων του φυσικού κόσμου.

Ως υπεύθυνοι της παρούσας έκδοσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους τους συναδέλφους -συγγραφείς, οι οποίοι συμμετείχαν με τις εργασίες τους σε αυτόν τον τόμο. Η παρουσίαση των εργασιών γίνεται με αλφαβητική σειρά του υπεύθυνου συγγραφέα.

Καθ. Κωνσταντίνος Κώτσης

Δρ. Γεώργιος Στύλος

Ιωάννινα

2025

ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΟΥ ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Γεώργιος Αμπατζίδης¹, Αναστασία Στάχτιαρη², Αναστάσιος Σιάτρας³

¹Επίκουρος Καθηγητής ΠΤΠΕ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ²Εκπαιδευτικός ΠΕ60,

³Επίκουρος Καθηγητής ΠΤΠΕ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

gampatzidis@uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκτέλεση πειραμάτων από μαθητές/τριες κατέχει κεντρική θέση στις εργαστηριακές δραστηριότητες, στο πλαίσιο της διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών μέσω διερεύνησης. Οι πειραματικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία και μάθηση έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν σημαντικά την επίδοση των μαθητών/τριών στα μαθήματα φυσικών επιστημών, ενισχύοντας την κατανόηση σχετικών εννοιών και φαινομένων και υποστηρίζοντας την ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων. Η συγκεκριμένη μελέτη έχει στόχο τη διερεύνηση των ερευνητικών τάσεων που αναδεικνύονται μέσα από την αλληλεπίδραση της έννοιας του πειράματος με επιστημονικές δημοσιεύσεις που αναφέρονται στο πεδίο της διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών στην Ελλάδα.

Λέξεις κλειδιά: Πείραμα, διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών, ανάλυση περιεχομένου

Αναφορά: Αμπατζίδης, Γ., Στάχτιαρη, Α., & Σιάτρας, Α. (2025). *Τάσεις στην Έρευνα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών: Ανάλυση Εργασιών που Αναφέρονται στην Παιδαγωγική Χρήση του Πειράματος*, 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

TRENDS IN SCIENCE EDUCATION RESEARCH: ANALYSIS OF STUDIES REFERRING TO PEDAGOGICAL USE OF EXPERIMENTS

Georgios Ampatzidis¹, Anastasia Stachtiri², Anastasios Siatras³

¹Assistant Professor at the University of Thessaly-Department of Early Childhood Education, ²Kindergarten Teacher, ³Assistant Professor at the University of Thessaly-Department of Early Childhood Education

gampatzidis@uth.gr

ABSTRACT

Conducting experiments by students holds a central position in laboratory activities within the framework of inquiry-based science education. Experimental approaches in teaching and learning have the potential to significantly improve students' performance in science subjects, enhancing their understanding of relevant concepts and phenomena, and supporting the development of critical thinking and problem-solving skills. This study aims at investigating the research trends that emerge from the interaction of the concept of experimentation with research papers related to the field of science education in Greece.

Keywords: Experimentation, teaching and learning of science, content analysis

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι εργαστηριακές δραστηριότητες έχουν εδώ και πολλά χρόνια κεντρικό ρόλο στο πρόγραμμα σπουδών του σχολείου ως μέσο οικοδόμησης κατανόησης για τον φυσικό κόσμο. Ήδη από τον 19^ο αιώνα, όταν στα σχολεία άρχισαν να διδάσκονται συστηματικά οι φυσικές επιστήμες ως διακριτό γνωστικό αντικείμενο, το εργαστήριο έγινε ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών (Layton, 1973). Μετά τη δεκαετία του 1920 και τη ραγδαία αύξηση των επιστημονικών γνώσεων, το εργαστήριο χρησιμοποιήθηκε κυρίως ως μέσο για την επιβεβαίωση των πληροφοριών που είχαν προηγουμένως διδαχθεί με διάλεξη του/της εκπαιδευτικού (Hofstein, Kirpnis, & Abrahams, 2013). Έτσι, οι εκπαιδευτικοί διεξήγαγαν πειράματα επίδειξης στην τάξη τα οποία λειτουργούσαν ως αποδεικτικό συμπλήρωμα της θεωρίας που οι μαθητές/τριες είχαν διδαχθεί σε προηγούμενα μαθήματα. Αν και τα πειράματα επίδειξης χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα και σε ορισμένες περιπτώσεις θεωρούνται αναντικατάστατα (πχ. στις περιπτώσεις χειρισμού εξοπλισμού υψηλού κόστους ή στις περιπτώσεις που απαιτούνται δεξιότητες χειρισμού που υπερβαίνουν εκείνες των μαθητών/τριών), η προσφορά τους στη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών θεωρείται μικρότερη από εκείνη των πειραμάτων που

διεξάγονται από μαθητές/τριες (Αρναουτάκης, Καρανίκας, Καραπαναγιώτης, Κόκκοτας, & Κουρέλης, 2005).

Με τις μεταρρυθμίσεις στη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών που ξεκίνησαν τη δεκαετία του 1960 σε πολλές χώρες, ο επιβεβαιωτικός χαρακτήρας του εργαστηρίου αποδυναμώθηκε και ενισχύθηκε η εμπλοκή των μαθητών/τριών σε δραστηριότητες διερεύνησης και επίλυσης προβλημάτων (Hofstein et al., 2013). Ήδη κατά τη δεκαετία του 1970 τονίστηκε η αξία των εργαστηριακών δραστηριοτήτων με άμεση εμπλοκή των μαθητών/τριών στην (α) ανάπτυξη δεξιοτήτων (ακριβής χειρισμός οργάνων, δεξιότητες διερεύνησης, επικοινωνιακές δεξιότητες, κριτική σκέψη και επίλυση προβλημάτων, δεξιότητες συνεργασίας), (β) ανάπτυξη θετικών στάσεων απέναντι στις φυσικές επιστήμες, (γ) οικοδόμηση κατανόησης για τις φυσικές έννοιες (εφαρμογή των διδαχθεισών εννοιών και ανακάλυψη νέων εννοιών), και (δ) οικοδόμηση κατανόησης για την φύση της επιστήμης (κατανόηση του τρόπου με τον οποίο εργάζονται οι επιστήμονες/ισσες και της ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης) (Trumpfer, 2003). Έτσι, οι εργαστηριακές δραστηριότητες συνδέθηκαν με την προσέγγιση της διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών μέσω διερεύνησης (Gillies, 2020· Nicol, 2021). Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτής της προσέγγισης περιλαμβάνουν (i) την ενεργή συμμετοχή των μαθητών/τριών στη διαδικασία της μάθησης, (ii) την εμπλοκή των μαθητών/τριών στην επίλυση αυθεντικών προβλημάτων, (iii) την ανάπτυξη δεξιοτήτων συστηματικής παρατήρησης, διατύπωσης ερωτήσεων και υποθέσεων, σχεδιασμού, και καταγραφής παρατηρήσεων, (iv) την κατασκευή επιχειρημάτων και την επικοινωνία με τους/ις συνομήλικους/ες ως κύρια διαδικασία οικοδόμησης γνώσης, (v) την υποστήριξη της οικοδόμησης γνώσης με παρατηρήσεις και συμπληρωματικές πηγές αξιόπιστων ενδείξεων και (vi) την ανάπτυξη αυτονομίας και αυτορρύθμισης στο πλαίσιο της ενεργούς συμμετοχής (Constantinou, Tsivitanidou, & Rybska, 2018).

Δεσπόζουσα θέση ανάμεσα στις εργαστηριακές δραστηριότητες στο πλαίσιο της διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών μέσω διερεύνησης έχει η διεξαγωγή πειραμάτων από μαθητές/τριες (Lunetta, Hofstein, & Clough, 2007· Osborne, 2014· Steffe & Thompson, 2000). Ενσωματώνοντας πειράματα στα μαθήματα φυσικών επιστημών, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν ένα εμπλουτισμένο μαθησιακό περιβάλλον που ενδυναμώνει τον επιστημονικό γραμματισμό και ενθαρρύνει την ανάπτυξη περιέργειας για τον φυσικό κόσμο (Kotsis, 2024). Οι πειραματικές προσεγγίσεις διδασκαλίας και μάθησης έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν σημαντικά την επίδοση των μαθητών/τριών στα μαθήματα φυσικών επιστημών, διαμορφώνοντας προϋποθέσεις πρακτικών εμπειριών που ενισχύουν την κατανόηση των σχετικών εννοιών και φαινομένων περισσότερο αποτελεσματικά συγκριτικά με άλλες προσεγγίσεις. Ακόμα, η διενέργεια πειραμάτων από τους/ις μαθητές/τριες φαίνεται πως υποστηρίζει την ανάπτυξη ικανοτήτων κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων (Kaya & Ercag, 2023). Όταν οι μαθητές/τριες εκτελούν πειράματα, εμπλέκονται σε διαδικασίες διατύπωσης υποθέσεων, παρατήρησης, επιλογής υλικών και μεθόδων, εφαρμογής μαθηματικών τύπων και διατύπωσης συμπερασμάτων, αναπτύσσοντας με αυτό τον τρόπο δεξιότητες σκέψης που

σχετίζονται με τις επιστημονικές διαδικασίες (Minner, Levy, & Century, 2010· Stone, 2014).

Λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία του πειράματος στη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών όπως σκιαγραφήθηκε παραπάνω, σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι η διερεύνηση των τάσεων που αναδεικνύονται μέσα από την αλληλεπίδραση της έννοιας του πειράματος με ερευνητικές εργασίες που αναφέρονται στο πεδίο της διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών στην Ελλάδα. Με στόχο η διερεύνηση να αφορά τις σύγχρονες τάσεις της σχετικής έρευνας, αντικείμενο της μελέτης είναι οι εργασίες που έχουν δημοσιευθεί σε τόμους πρακτικών των πανελλήνιων συνεδρίων της Ένωσης για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία (ΕΝΕΦΕΤ) τα τελευταία 10 χρόνια (2013-2023). Τα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώνονται είναι τα εξής:

1. Ποιες θεματικές κατηγορίες των εργασιών που αναφέρονται στο πείραμα αναδεικνύονται στα πρακτικά των πανελλήνιων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023);
2. Ποιο είναι το φύλο των συγγραφέων/ισσών των εργασιών που αναφέρονται στο πείραμα στα πρακτικά των πανελλήνιων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023);
3. Ποιος είναι ο τύπος των εργασιών που αναφέρονται στο πείραμα στα πρακτικά των πανελλήνιων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023);
4. Ποιος είναι ο φορέας προέλευσης των συγγραφέων/ισσών των εργασιών που αναφέρονται στο πείραμα στα πρακτικά των πανελλήνιων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023);
5. Ποια είναι η ιδιότητα των συμμετεχόντων/ουσών της έρευνας στις εργασίες που αναφέρονται στο πείραμα στα πρακτικά των πανελλήνιων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023);
6. Ποιος είναι ο αριθμός των συμμετεχόντων/ουσών της έρευνας στις εργασίες που αναφέρονται στο πείραμα στα πρακτικά των πανελλήνιων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023);
7. Ποια είναι η χρονική διάρκεια της έρευνας στις εργασίες που αναφέρονται στο πείραμα στα πρακτικά των πανελλήνιων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023);

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

Η συγκεκριμένη μελέτη αναφέρεται σε 5 τόμους πρακτικών των πανελλήνιων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (8^ο, 9^ο, 10^ο, 11^ο & 12^ο πανελλήνιο συνέδριο), εστιάζοντας το πεδίο της έρευνας στην τελευταία δεκαετία από το 2013 έως το 2023. Συγκεκριμένα, το δείγμα της έρευνας αναφέρεται στους παρακάτω τόμους πρακτικών:

- Πρακτικά του 8^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών & Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (Βαβουγιός & Παρασκευόπουλος, 2013).

- Πρακτικά του 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών & Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές (Ψύλλος, Μολοχίδης & Καλλέρη, 2016).
- Πρακτικά του 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών & Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης (Σταύρου, Μιχαηλίδη, & Κοκολάκη, 2018).
- Πρακτικά του 11^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών & Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21^ο αιώνα (Σπύρτου, Παπαδοπούλου, Ζουπίδης, Μαλανδράκης, & Καριώτογλου, 2020).
- Πρακτικά του 12^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών & Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Ο ρόλος της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες στην κοινωνία του 21^{ου} αιώνα (Σκορδούλης, Στεφανίδου, Μανδρίκας, & Μπόικος, 2022).

Για τη συγκρότηση των δεδομένων του δείγματος, αναζητήθηκαν και καταγράφηκαν εργασίες στους δημοσιευμένους τόμους πρακτικών όπου στους τίτλους ή/και στις περιλήψεις εμπεριέχεται η λέξη «πείραμα», με όλους τους δυνατούς γραμματικούς συνδυασμούς (π.χ. «πειράματος», «πειραματικών»). Ο αριθμός των εργασιών (N) που εντοπίστηκε, επιμερίζεται ανά τόμο πρακτικών, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Πρακτικά πανελληνίων συνεδρίων ΕΝΕΦΕΤ και αριθμός εργασιών.

Πρακτικά ΕΝΕΦΕΤ	Εργασίες (N)
Πρακτικά 8 ^{ου} Συνεδρίου (Βαβουγιός & Παρασκευόπουλος, 2013)	31
Πρακτικά 9 ^{ου} Συνεδρίου (Ψύλλος κ.ά., 2016)	25
Πρακτικά 10 ^{ου} Συνεδρίου (Σταύρου κ.ά., 2018)	36
Πρακτικά 11 ^{ου} Συνεδρίου (Σπύρτου κ.ά., 2020)	30
Πρακτικά 12 ^{ου} Συνεδρίου (Σκορδούλης κ.ά., 2023)	23
Σύνολο	145

Το σύνολο των εργασιών (N=145) αποτελεί το δείγμα της έρευνας για να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα. Διευκρινίζεται ότι τα πρακτικά των πανελληνίων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ είναι αναρτημένα στην ηλεκτρονική ιστοσελίδα της Ένωσης (βλ.

<https://www.enepnet.gr/>), ελεύθερα προσβάσιμα από όλα τα μέλη της ερευνητικής, ακαδημαϊκής και εκπαιδευτικής κοινότητας.

Διαδικασία κωδικοποίησης και ανάλυσης των δεδομένων

Για το 1^ο ερευνητικό ερώτημα πραγματοποιήθηκε θεματική ανάλυση. Για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας και εγκυρότητας της έρευνας, οι αναλύσεις των δεδομένων έγιναν ανεξάρτητα από τα μέλη της ερευνητικής ομάδας (Ισαρη & Πουρκός, 2015· Creswell, 2011· Robson, 2010). Μόλις ολοκληρώθηκε η διαδικασία αυτή, πραγματοποιήθηκαν πέντε συναντήσεις για την επαλήθευση των δεδομένων. Σε κάθε συνάντηση, τα μέλη της ερευνητικής ομάδας συζήτησαν και αναστοχάστηκαν τις αναλύσεις των δεδομένων κάθε εργασίας. Για τις περιπτώσεις που παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις στις αναλύσεις, πραγματοποιήθηκε από κοινού ανάλυση ώστε να οριστικοποιηθούν οι ταξινομήσεις των δεδομένων της έρευνας. Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν οι συχνότητες των εργασιών που εντάσσονται σε κάθε θεματική κατηγορία από αυτές που αναδείχθηκαν με την παραπάνω διαδικασία.

Για το 2^ο ερευνητικό ερώτημα, οι συγγραφείς/ισσες των εργασιών ταξινομήθηκαν σύμφωνα με το φύλο τους. Η κατανομή τους στις κατηγορίες «άνδρας» και «γυναίκα» βασίστηκε στα ονόματα που εμφανίζονται στις εργασίες και σε κριτήρια όπως οι καταλήξεις των επιθέτων και τα μικρά ονόματα που συνήθως αντιστοιχούν στο κάθε φύλο.

Για το 3^ο ερευνητικό ερώτημα, υπολογίστηκαν οι συχνότητες των εργασιών που εντάσσονται σε κάθε τύπο εργασίας (προφορική ανακοίνωση, εργαστήριο, αναρτημένη ανακοίνωση [poster], εργασία εφαρμογών, υπαίθρια δραστηριότητα, προσκεκλημένη ομιλία) σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση που χρησιμοποιούν οι τόμοι των πρακτικών.

Για το 4^ο ερευνητικό ερώτημα, οι συγγραφείς/ισσες των εργασιών ταξινομήθηκαν σύμφωνα με τον φορέα προέλευσής τους (πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση, τριτοβάθμια εκπαίδευση, στελέχη εκπαίδευσης, Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών [ΕΚΦΕ]). Στη συνέχεια, τα αναφερόμενα τμήματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης αναλύθηκαν περαιτέρω σε ειδικότερες κατηγορίες (π.χ. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Τμήμα Φυσικής, Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Τμήμα Πληροφορικής κ.ά.).

Για το 5^ο ερευνητικό ερώτημα, οι συμμετέχοντες/ουσες της έρευνας ταξινομήθηκαν σύμφωνα με την ιδιότητά τους (π.χ. προπτυχιακοί/ές φοιτητές/τριες, μαθητές/τριες δημοτικού σχολείου κ.ά.).

Για το 6^ο ερευνητικό ερώτημα, τα δεδομένα αριθμού συμμετεχόντων/ουσών της έρευνας ταξινομήθηκαν στις κατηγορίες: έως 50 άτομα, από 51 άτομα έως 100 άτομα, περισσότερα από 100 άτομα, καμία αναφορά στο μέγεθος.

Για το 7^ο ερευνητικό ερώτημα, τα δεδομένα διάρκειας της έρευνας ταξινομήθηκαν στις κατηγορίες: λιγότερο από 1 μήνα, από 1 μήνα έως λιγότερο από 6 μήνες, από 6 μήνες έως 1 έτος, περισσότερο από 1 έτος, καμία αναφορά στη διάρκεια.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι οι εργασίες που αναφέρονται στο πείραμα στα πρακτικά των πανελληνίων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023), ομαδοποιούνται σε 7 θεματικές κατηγορίες και αφορούν: 1) Διδακτικές παρεμβάσεις και μαθησιακές εφαρμογές, 2) Τεχνολογίες, 3) Αντιλήψεις μαθητών/τριών, φοιτητών/τριών και εκπαιδευτικών, 4) Διεπιστημονικές προσεγγίσεις, 5) Εκπαίδευση μελλοντικών και εν ενεργεία εκπαιδευτικών, 6) Αναλυτικά προγράμματα και βιβλία και 7) Ενταξιακή εκπαίδευση (Πίνακας 2). Διευκρινίζεται ότι από την ανάλυση διαπιστώνεται πως οι εργασίες δύναται να ταξινομούνται σε 1, 2 ή/και περισσότερες θεματικές κατηγορίες, διαμορφώνοντας μεγαλύτερο σύνολο ειδικών αναφορών εργασιών ($N_1=226$) από τα δεδομένα της έρευνας ($N=145$).

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 2, 111 ειδικές αναφορές εργασιών εστιάζουν στη θεματική κατηγορία «Διδακτικές παρεμβάσεις και μαθησιακές εφαρμογές», αναδεικνύοντάς την ως τη δημοφιλέστερη κατηγορία. Στη συνέχεια, η θεματική κατηγορία «Τεχνολογίες» αναφέρεται σε 57 ειδικές αναφορές εργασιών. Παρόμοιος αριθμός ειδικών αναφορών παρουσιάζονται στις θεματικές κατηγορίες «Διεπιστημονικές προσεγγίσεις» και «Εκπαίδευση μελλοντικών και εν ενεργεία εκπαιδευτικών» (14 και 11, αντίστοιχα). Τέλος, λιγότερες ειδικές αναφορές εργασιών εμφανίζουν οι θεματικές κατηγορίες «Αναλυτικά προγράμματα και βιβλία» (8 ειδικές αναφορές) και «Ενταξιακή εκπαίδευση» (3 ειδικές αναφορές).

Πίνακας 2. Θεματικές κατηγορίες και ειδικές αναφορές εργασιών.

Θεματικές κατηγορίες	N_1	%
Διδακτικές παρεμβάσεις και μαθησιακές εφαρμογές	111	49,11
Τεχνολογίες	57	25,22
Αντιλήψεις μαθητών/τριών, φοιτητών/τριών και εκπαιδευτικών	22	9,77
Διεπιστημονικές προσεγγίσεις	14	6,19
Εκπαίδευση μελλοντικών και εν ενεργεία εκπαιδευτικών	11	4,86
Αναλυτικά προγράμματα και βιβλία	8	3,53
Ενταξιακή εκπαίδευση	3	1,32
Σύνολο	226	100

Αναφορικά με το φύλο των συγγραφέων/ισσών των εργασιών των πρακτικών των πανελληνίων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023) που αναφέρονται στο πείραμα, από την ανάλυση προκύπτει ότι οι άνδρες είναι σημαντικά περισσότεροι (248) από τις γυναίκες (128) (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Συχνότητα συγγραφέων/ισσών ανάλογα με το φύλο.

Φύλο	N ₂	%
Άνδρες	248	65,96
Γυναίκες	128	34,04
Σύνολο	376	100

Σχετικά με τον τύπο των εργασιών που αναφέρονται στο πείραμα στα πρακτικά των πανελληνίων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023), η πλειονότητά τους αφορά προφορικές ανακοινώσεις (116 εργασίες), ενώ περιορισμένος αριθμός αναφέρεται σε εργαστήρια που δίνουν έμφαση σε πειραματικές διαδικασίες (12 εργασίες) ή αναρτημένες ανακοινώσεις (10). Από μία εμφάνιση παρατηρείται στις κατηγορίες «υπαίθρια δραστηριότητα» και «προσκεκλημένη ομιλία» (Πίνακας 4).

Αναφορικά με τον φορέα προέλευσης των συγγραφέων/ισσών των εργασιών που αναφέρονται στο πείραμα στα πρακτικά των πανελληνίων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023), από την ανάλυση προκύπτει ότι οι περισσότεροι/ες συγγραφείς/ισσες εργασιών προέρχονται από την τριτοβάθμια εκπαίδευση (282).

Πίνακας 4. Συχνότητα εργασιών ανάλογα με τον τύπο.

Τύποι εργασιών	N	%
Προφορικές ανακοινώσεις	116	80,00
Εργαστήρια	12	8,28
Αναρτημένες ανακοινώσεις (posters)	10	6,89
Εργασίες εφαρμογών	5	3,45
Υπαίθριες δραστηριότητες	1	0,69
Προσκεκλημένες ομιλίες	1	0,69
Σύνολο	145	100

Αμέσως μετά σε συχνότητα φορέα προέλευσης συγγραφέων/ισσών εμφανίζεται η δευτεροβάθμια εκπαίδευση (48), ενώ παρόμοιος αριθμός συγγραφέων/ισσών προέρχεται από την πρωτοβάθμια εκπαίδευση και τα Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών (ΕΚΦΕ) (20 & 24, αντίστοιχα). Τέλος, μικρός αριθμός συγγραφέων/ισσών δηλώνουν στελέχη εκπαίδευσης (2) (Πίνακας 5).

Αναλύοντας περαιτέρω τους φορείς τριτοβάθμιας εκπαίδευσης από τους οποίους προέρχονται οι συγγραφείς/ισσες των εργασιών που διερευνήθηκαν, προέκυψαν τα στοιχεία του Πίνακα 6.

Πίνακας 5. Συχνότητα συγγραφέων/ισσών ανάλογα με τον φορέα προέλευσης.

Φορέας προέλευσης συγγραφέων/ισσών	N ₂	%
Τριτοβάθμια Εκπαίδευση	282	75
Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση	48	12,77
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση	20	5,32
Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών	24	6,38
Στελέχη Εκπαίδευσης	2	0,53
Σύνολο	376	100

Έτσι, από την ανάλυση φαίνεται ότι οι περισσότεροι/ες συγγραφείς/ισσες προέρχονται από Παιδαγωγικά Τμήματα Δημοτικής Εκπαίδευσης (54,61%), ενώ σημαντικός αριθμός συγγραφέων/ισσών προέρχεται από Τμήματα Φυσικής (12,05%) και Παιδαγωγικά Τμήματα Προσχολικής Εκπαίδευσης (6,73%). Σημειώνεται πως σε κάποιες περιπτώσεις αναφέρεται η σχολή, το πανεπιστήμιο ή το πρόγραμμα προέλευσης και όχι το τμήμα.

Πίνακας 6. Συχνότητα συγγραφέων/ισσών ανάλογα με το Τμήμα, τη Σχολή, το Πανεπιστήμιο ή το Πρόγραμμα προέλευσης.

Τμήμα, Σχολή, Πανεπιστήμιο ή Πρόγραμμα	N ₃ συγγραφέων/ισσών	%
Παιδαγωγικό Δημοτικής Εκπαίδευσης	154	54,61
Τμήμα Φυσικής	34	12,06
Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης	19	6,73
Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής	18	6,38
Τμήμα Χημείας	15	5,32
Τμήμα Επιστημών Αγωγής (Παν. Κύπρου)	7	2,48
Τμήμα Φυσικής, Χημείας & Τεχνολογίας Υλικών	4	1,43
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο	4	1,43
Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας & Θεωρίας Επιστήμης	4	1,43
Τμήμα Μηχανικών Τεχνολογίας Αεροσκαφών	3	1,07

Ανεξάρτητοι/ες ερευνητές/τριες	3	1,07
Τμήμα Πληροφορικής	2	0,71
Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο	2	0,71
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών	2	0,71
Διδρυματικό & Διατμηματικό ΠΜΣ «Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες»	2	0,71
Τμήμα Βιολογίας	1	0,35
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ, Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων	1	0,35
Σχολή Επιστημών Υγείας	1	0,35
Τμήμα Έρευνας και Ανάπτυξης	1	0,35
Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών	1	0,35
Τμήμα Εκπαιδευτικής Πολιτικής	1	0,35
Τμήμα Περιφερειακής & Διασυνοριακής Ανάπτυξης	1	0,35
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού	1	0,35
ΔΠΜΣ Επιστήμες Αγωγής	1	0,35
Σύνολο	282	100

Στον Πίνακα 7 φαίνεται πως οι εργασίες που αναφέρονται στο πείραμα στα πρακτικά των πανελληνίων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023), ταξινομούνται σε 13 κατηγορίες ανάλογα με την ιδιότητα των συμμετεχόντων/ουσών της έρευνας. Συγκεκριμένα, στην πλειονότητα των εργασιών συμμετέχουν μαθητές/τριες γυμνασίου & λυκείου (58). Αμέσως μετά εμφανίζεται η κατηγορία προπτυχιακού/ές φοιτητές/τριες με 34 εργασίες, ενώ ακολουθεί η κατηγορία μαθητές/τριες δημοτικού σχολείου με 26 εργασίες. Επιπλέον, από την ανάλυση προκύπτει ότι υφίστανται 4 εργασίες στις οποίες συμμετέχουν μαθητές/τριες τόσο από την πρωτοβάθμια όσο και από τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, ενώ εντοπίστηκαν 4 εργασίες στις οποίες συμμετέχουν ταυτόχρονα μαθητές/τριες, φοιτητές/τριες και εκπαιδευτικοί. Τέλος, σε 2 εργασίες δεν υπάρχουν αναφορές για την ιδιότητα των συμμετεχόντων/ουσών.

Πίνακας 7. Συχνότητα εργασιών ανάλογα με την ιδιότητα συμμετεχόντων/ουσών.

Ιδιότητα πληθυσμού δείγματος	N	%
Προπτυχιακοί/ές φοιτητές/τριες	34	23,44
Μεταπτυχιακοί/ές φοιτητές/τριες	1	0,69

Μαθητές/τριες νηπιαγωγείου	2	1,38
Μαθητές/τριες δημοτικού σχολείου	26	17,93
Μαθητές/τριες γυμνασίου & λυκείου	58	40
Μαθητές/τριες επαγγελματικού λυκείου	1	0,69
Μαθητές/τριες Α/θμιας & Β/θμιας	4	2,76
Μαθητές/τριες ειδικής αγωγής και εκπαίδευσης	2	1,38
Μαθητές/τριες-Φοιτητές/τριες-Εκπαιδευτικοί	4	2,76
Εκπαιδευτικοί Α/θμιας	4	2,76
Εκπαιδευτικοί Β/θμιας	5	3,45
Επιμορφούμενοι/ες	2	1,38
Δεν αναφέρεται ή δεν προσδιορίζεται	2	1,38
Σύνολο	145	100

Το 40% των εργασιών που αναφέρονται στο πείραμα στα πρακτικά των πανελληνίων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023), αναφέρονται σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν με τη συμμετοχή έως 50 ατόμων. Ακολουθούν εργασίες με έρευνες σε δειγματικό πληθυσμό άνω των 100 ατόμων (18,62%) και από 51 έως 100 άτομα (15,86%). Αξιοσημείωτο είναι το ποσοστό εργασιών (25,52%) στις οποίες δεν αναφέρεται ο αριθμός των συμμετεχόντων/ουσών (Πίνακας 8).

Πίνακας 8. Συχνότητα εργασιών ανάλογα με τον αριθμό των συμμετεχόντων/ουσών.

Μέγεθος δείγματος	N	%
Έως 50 άτομα	58	40
Από 51 άτομα έως 100 άτομα	23	15,86
Παραπάνω από 100 άτομα	27	18,62
Δεν αναφέρεται	37	25,52
Σύνολο	145	100

Αναφορικά με τη διάρκεια των ερευνών, φαίνεται πως το 26,21% των εργασιών που αναφέρονται στο πείραμα στα πρακτικά των πανελληνίων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023) αφορούν έρευνες οι οποίες ολοκληρώθηκαν σε χρονικό διάστημα μικρότερο του ενός μήνα. Ακολουθούν οι εργασίες που αναφέρονται σε έρευνες που διήρκεσαν από 1 μήνα έως λιγότερο από 6 μήνες (15,86%) και από 6 μήνες έως 1 έτος (14,48%). Μόνο 4,81% των εργασιών για το πείραμα αφορούσε έρευνες με διάρκεια μεγαλύτερη του ενός έτους. Τέλος, είναι αξιοσημείωτο ότι σε σημαντικό ποσοστό εργασιών (38,62%) η χρονική διάρκεια δεν αναφέρεται (Πίνακας 9).

Η διερεύνηση των τάσεων που αναδεικνύονται μέσα από την αλληλεπίδραση της έννοιας του πειράματος με ερευνητικές εργασίες που αναφέρονται στο πεδίο της διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών στην Ελλάδα ανέδειξε ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Για παράδειγμα, φαίνεται πως η ενταξιακή εκπαίδευση δεν έχει σημαντική θέση ανάμεσα στις εργασίες που αναφέρονται στο πείραμα στα πρακτικά των πανελληνίων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ που διερευνήθηκαν. Ακόμα, φαίνεται πως οι άνδρες συγγραφείς είναι σημαντικά περισσότεροι από τις γυναίκες συγγράφισσες, ενώ η μεγάλη πλειονότητα των συγγραφέων/ισσών προέρχεται από την τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Πίνακας 9. Συχνότητα εργασιών ανάλογα με τη χρονική διάρκεια.

Χρονική διάρκεια της έρευνας	N	%
Λιγότερο από 1 μήνα	38	26,21
Από 1 μήνα έως λιγότερο από 6 μήνες	23	15,86
Από 6 μήνες έως 1 έτος	21	14,48
Περισσότερο από 1 έτος	7	4,83
Δεν αναφέρεται	56	38,62
Σύνολο	145	100

Επισημαίνεται πως στην εξαγωγή οποιουδήποτε συμπεράσματος θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη συγκεκριμένοι περιορισμοί οι οποίοι συνδέονται με τη μεθοδολογία της παρούσας μελέτης. Για παράδειγμα, η τεχνική αναζήτησης που χρησιμοποιήθηκε δεν έδινε τη δυνατότητα ανίχνευσης εργασιών οι οποίες ενδεχομένως σχετίζονταν με πειραματισμό αλλά δεν περιλάμβαναν τη συγκεκριμένη λέξη ή την περιλάμβαναν μόνο στο σώμα της εργασίας και όχι στον τίτλο ή την περίληψη. Ακόμα, η ταξινόμηση των συγγραφέων/ισσών ως προς το φύλο έγινε με κριτήρια που αφορούν το όνομά τους και όχι με δήλωση αυτοπροσδιορισμού. Επιπρόσθετα, στην περίπτωση της προέλευσης των συγγραφέων/ισσών ενδεχομένως να μην ανιχνεύονται πληροφορίες διπλής προέλευσης (π.χ. υποψήφιος/α διδάκτορας/ισσα που είναι παράλληλα και εκπαιδευτικός πρωτοβάθμιας ή δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης).

Επιλέχθηκαν τα πρακτικά των πανελληνίων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ ως αντικείμενο της συγκεκριμένης μελέτης καθώς είναι το πιο δημοφιλές συνέδριο στην Ελλάδα που αφορά τη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Φυσικά, η διερεύνηση των ερευνητικών τάσεων που αναδεικνύονται μέσα από την αλληλεπίδραση της έννοιας του πειράματος με επιστημονικές δημοσιεύσεις που αναφέρονται στο πεδίο της διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών στην Ελλάδα θα μπορούσε να επεκταθεί ως προς τη διερεύνηση εργασιών που περιλαμβάνονται στα πρακτικά άλλων συνεδρίων (όπως π.χ. τα πανελλήνια συνέδρια «Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση») αλλά και σε σχετικά επιστημονικά περιοδικά (όπως π.χ. τα περιοδικά «Έρευνα για την Εκπαίδευση στις

Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία» και «Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα & Πράξη»). Τέλος, προτείνεται πως θα είχε ενδιαφέρον να διερευνηθούν τα ίδια ερευνητικά ερωτήματα στο σύνολο των εργασιών των 5 τόμων πρακτικών των πανελληνίων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (2013-2023) ώστε να γίνει σύγκριση των τάσεων που εμφανίζουν οι εργασίες που αναφέρονται στο πείραμα με εκείνες που αναφέρονται σε διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αρναουτάκης Ι., Καρανίκας, Γ., Καραπαναγιώτης, Β., Κόκκοτας, Π., & Κουρέλης, Γ. (2005). *Πειράματα φυσικής για το Δημοτικό, το Γυμνάσιο και το Λύκειο. Αξιοποίηση του πειράματος στη διδακτική πράξη*. Αθήνα, Ελλάδα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Βαβουγιός, Δ., & Παρασκευόπουλος, Σ. (Επιμ.) (2013). 8^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών & Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση. Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία & Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
- Τσαρη, Φ., & Πουρκός, Μ. (2015). *Ποιοτική μεθοδολογία έρευνας*. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.
- Σκορδούλης, Κ., Στεφανίδου, Κ., Μανδρίκας, Α., & Μπόικος, Η. (Επιμ.) (2023). 12^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση. Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία & Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Σπύρτου, Α., Παπαδοπούλου, Π., Ζουπίδης, Α., Μαλανδράκης, Γ., & Καριώτογλου, Π. (Επιμ.) (2020). 11^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση. Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία & Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης-Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας.
- Σταύρου, Δ., Μιχαηλίδη, Α., & Κοκκολάκη, Α. (Επιμ.) (2018). 10^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση. Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία & Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Κρήτης.
- Ψύλλος, Δ., Μολοχίδης, Α., & Καλλέρη, Μ. (Επιμ.) (2016). 9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση. Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία & Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.
- Constantinou, C. P., Tsivitanidou, O. E., & Rybska, E. (2018). What Is Inquiry-Based Science Teaching and Learning? In O. E. Tsivitanidou, P. Gray, E. Rybska, L. Louca, & C. P. Constantinou (Eds.), *Professional Development for Inquiry-Based Science Teaching and Learning* (pp. 1–23). Cham, Switzerland: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-91406-0_1

- Creswell, J. W. (2011). *Η έρευνα στην εκπαίδευση. Σχεδιασμός, διεξαγωγή και αξιολόγηση της ποσοτικής και ποιοτικής έρευνας*. (Ν. Κουβαράκου, Μτφρ.). Αθήνα, Ελλάδα: Ίων.
- Gillies, R. M. (2020). *Inquiry-based Science Education*. Boca Raton, FL: CRC Press. doi: 10.1201/9780429299179
- Hofstein, A., Kipnis, M., & Abrahams, I. (2013). How to Learn in and from the Chemistry Laboratory. In I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), *Teaching Chemistry – A Studybook: A Practical Guide and Textbook for Student Teachers, Teacher Trainees and Teachers* (pp. 153–182). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers. doi: 10.1007/978-94-6209-140-5_6
- Kaya, O. S., & Ercag, E. (2023). The impact of applying challenge-based gamification program on students' learning outcomes: Academic achievement, motivation and flow. *Education and Information Technologies*, 28(8), 10053–10078. doi: 10.1007/s10639-023-11585-z
- Kotsis, K. T. (2024). The Significance of Experiments in Inquiry-based Science Teaching. *European Journal of Education and Pedagogy*, 5(2), 86–92. doi: 10.24018/ejedu.2024.5.2.815
- Layton, D. (1973). *Science for the people: The origins of the school science curriculum in England*. London, England: George Allen & Unwin Ltd.
- Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. P. (2007). Learning and Teaching in the School Science Laboratory: An Analysis of Research, Theory, and Practice. In S. K. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 393–442). New York, NY: Routledge.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis year 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496. doi: 10.1002/tea.20347
- Nicol, C. B. (2021). An Overview of Inquiry-Based Science Instruction Amid Challenges. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(12), em2042. doi: 10.29333/ejmste/11350
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196. doi: 10.1007/s10972-014-9384-1
- Robson, C. (2010). *Η έρευνα του πραγματικού κόσμου. Ένα μέσον για κοινωνικούς επιστήμονες και επαγγελματίες ερευνητές* (Β. Νταλάκου & Κ. Βασιλικού, Μτφρ.). Αθήνα, Ελλάδα: Gutenberg.
- Steffe, L. P., & Thompson, P. W. (2000). Teaching Experiment Methodology Underlying Principles and Essential Elements. In A. E. Kelly & R. A. Lesh (Eds.), *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education* (pp. 267–308). New York, NY: Routledge.
- Stone, E. M. (2014). Guiding Students to Develop an Understanding of Scientific Inquiry: A Science Skills Approach to Instruction and Assessment. *CBE—Life Sciences Education*, 13(1), 90–101. doi: 10.1187/cbe-12-11-0198
- Trumper, R. (2003). The Physics Laboratory – A Historical Overview and Future Perspectives. *Science & Education*, 12(7), 645–670. doi: 10.1023/A:1025692409001

ΠΑΛΙΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΣΕ ΝΕΟΥΣ ΚΑΙΡΟΥΣ : ΑΝΑΖΗΤΩΝΤΑΣ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Διονύσιος Βαβουγιός

Καθηγητής Τμήμα Φυσικής Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

dvavou@uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί να θυμίσει σε καιρούς τεχνικής νοημοσύνης τις βασικές ιδέες οι οποίες οδηγούν τον μαθητή και την μαθήτριά να αναπτύξουν την πρωτογενή φυσική νοημοσύνη τους κατανοώντας τελικά πως αυτός ο θαυμάσιος φυσικός κόσμος λειτουργεί. Εκκινώντας από τις εναλλακτικές ιδέες καταλήγει στην διερεύνηση των τρόπων που το πείραμα μπορεί να συνδεθεί με αυτές αποδίδοντας τα μέγιστα και οδηγώντας στο πολυπόθητο αγαθό της εννοιολογικής αλλαγής. Αν και οι νέες τεχνολογίες καθορίζουν πλέον το παιχνίδι η παρούσα εργασία γυρίζει στις πηγές που μας βοήθησαν να κατανοήσουμε πως μπορούμε να φτάσουμε στην εννοιολογική αλλαγή που όταν συμβαίνει χαρακτηρίζει την φυσική ανθρώπινη ευφυΐα.

Λέξεις κλειδιά: εναλλακτικές ιδέες, διδασκαλία πειραματικού τύπου, εννοιολογική αλλαγή

Αναφορά: Βαβουγιός, Δ. (2025). *Παλιά Εργαλεία σε Νέους Καιρούς: Αναζητώντας την Εννοιολογική Αλλαγή*, 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

OLD TOOLS IN NEW TIMES: SEEKING CONCEPTUAL CHANGE

Denis Vavougiος

Department of Physics University of Thessaly

dvavou@uth.gr,

ABSTRACT

This work aims to remind us, in times of artificial intelligence, of the fundamental ideas that guide students to develop their primary natural intelligence by ultimately understanding how this wonderful natural world operates. Starting from alternative ideas, it explores ways in which experimentation can be connected to these ideas, yielding the maximum results and leading to the much-desired goal of conceptual change. Although new technologies now dominate, this work returns to the sources that helped us understand how we can achieve the conceptual change that, when it occurs, characterizes natural human intelligence.

Keywords: *alternative ideas, experimental teaching, conceptual change*

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σύγχρονες ερευνητικές προσπάθειες της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι κατά ένα μεγάλο ποσοστό οι Μαθησιακές Δυσκολίες οφείλονται και στο γεγονός ότι οι μαθητές και οι μαθήτριες έχουν διαμορφώσει ακόμα και πριν από την φοίτησή τους στο σχολείο ιδέες για τα φαινόμενα που παρατηρούν στον κόσμο που τους περιβάλλει και ιδιαίτερα για τα φυσικά φαινόμενα. Οι αρχικές αυτές ιδέες τους καθορίζουν οποιαδήποτε επόμενη δραστηριότητα τους. Μπορούμε λοιπόν να αντιληφθούμε το πόσο σημαντική είναι η έρευνα των ιδεών τους μιας και μέσα από την μελέτη τους μπορούμε να κατανοήσουμε εκτός των άλλων και τις δυσκολίες που συναντούν κατά την διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης εννοιών των φυσικών επιστημών. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι επίσης η διερεύνηση του τρόπου που υπεισέρχεται στην διδακτική παρέμβαση το πείραμα όπως και η αλληλεπίδρασή του με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και μαθητριών. Η παρούσα εργασία αποσκοπεί να θυμίσει σε καιρούς τεχνικής νοημοσύνης τις βασικές ιδέες οι οποίες οδηγούν τον μαθητή και την μαθήτρια να αναπτύξουν την πρωτογενή φυσική νοημοσύνη τους κατανοώντας πως αυτός ο θαυμάσιος φυσικός κόσμος λειτουργεί.

B. ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ ΕΧΟΥΝ ΙΔΕΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΦΥΣΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Παιδιά 13-14 ετών προσπαθούν να εξηγήσουν στους ερευνητές¹ τι είναι η σκιά και πως σχηματίζεται

(Σκιά) ... Είναι μια αντανάκλαση αλλά ... είναι ένα σκοτεινότερο φως

(Pascal, 15ετών)

Το φως ... ξεκινάει. Και τότε συναντά ένα αντικείμενο... Το φωτίζει, αλλά στο πίσω μέρος δεν μπορεί να το διασχίσει ... Έτσι είναι μαύρο, αυτό τότε κάνει την σκιά.

(Herve, 15ετών)

Κι όταν το ερώτημα των ερευνητών γίνεται «Υπάρχει φως στις καρέκλες του δωματίου;» μια από τις απαντήσεις είναι η ακόλουθη:

Σε ορισμένες από αυτές δεν υπάρχει γιατί βρίσκονται στην σκιά ... Κάτω από τα τραπέζια ... (υπάρχει σκιά)... επειδή υπάρχουν ... τραπέζια που κρύβουν το φως ... (Σκιά)... είναι η εικόνα ενός προσώπου ή ενός πράγματος ... Δεν μπορείς πραγματικά να δεις τον άνθρωπο ... Βλέπεις μόνο τη σκιά ... το φως φωτίζει τον άνθρωπο ... πίσω από τον άνθρωπο αντανακλά τη σκιά του.

(Laurent, 14 ετών)

Κι όταν στα πλαίσια της ίδιας έρευνας καταθέτουν τι απόψεις τους για το φως της ημέρας προκύπτουν απαντήσεις όπως η επόμενη:

Υπάρχει φως παντού [μέσα στο δωμάτιο] ... λοιπόν δεν είναι φως είναι κάτι που δίνει την δυνατότητα να βλέπουμε. Θα έλεγα ... δεν είναι πραγματικό φως...

(14 ετών)

Αναλύοντας οι ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών απαντήσεις των παιδιών όπως οι προηγούμενες που δίνονται στα πλαίσια ερευνητικών έργων καταλήγουν σε ένα συμπέρασμα καλά γνωστό τόσο στους διδάσκοντες / διδάσκουσες όσο και στους γονείς τους. Το συμπέρασμα μπορεί να διατυπωθεί ως εξής: οι μαθητές, πριν ακόμη δεχτούν οποιαδήποτε διδασκαλία σχετική με τη φυσική, χημεία, βιολογία και γενικότερα τις Φυσικές Επιστήμες, έχουν σχηματίσει ένα σύνολο από προσωπικές ιδέες, απόψεις και αντιλήψεις για τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου που τους περιβάλλει. Οι ιδέες αυτές των παιδιών / μαθητών οι οποίες στην βιβλιογραφία καταγράφονται και ως:

- Εναλλακτικές ιδέες
- Παρανοήσεις

¹ Αποσπάσματα από το κεφάλαιο 3 στο βιβλίο «Οι ιδέες των παιδιών για τις Φυσικές Επιστήμες». Rosalind Driver, Edith Guesne & Andrée Tiberghien. ΕΕΦ και Τροχαλία (1993)

- Προϋπάρχουσες ιδέες
- Αυθόρμητες αντιλήψεις
- Διαισθητικές ιδέες
- Επιστήμη των παιδιών
- Αναπαραστάσεις
- Νοητικά μοντέλα²

αποτελούν την βάση για την συγκρότηση ερμηνευτικών σχημάτων/ μοντέλων ή καλύτερα τα αυτοδύναμα κατασκευασμένα διανοητικά εργαλεία (Gilbert et al., 1982) μέσω των οποίων παρατηρούν, προβλέπουν και ερμηνεύουν το σύνολο των φαινομένων που υποπίπτουν στην αντίληψή τους. Αν και τις περισσότερες φορές ως ερμηνευτικά σχήματα δεν βρίσκονται σε συμφωνία με τα αντίστοιχα του επικρατούντος σχετικά με την γνωστική περιοχή επιστημονικού μοντέλου εν τούτοις αποτελούν το μόνο ουσιαστικό και λογικά αποτελεσματικό εργαλείο ανάλυσης «του πραγματικού κόσμου» για τον μαθητή που ασκεί μια τεράστια επίδραση σε ότι μεταγενέστερο θα διδαχθεί στο σχολείο για τις Φυσικές Επιστήμες. Με την βοήθεια του τίθενται ερωτήματα, διατυπώνονται υποθέσεις, γίνονται παρατηρήσεις, αντιμετωπίζονται προβληματικές καταστάσεις, ερμηνεύονται και αναλύονται φαινόμενα και γενικότερα αποκτάει ένα προσωπικό νόημα η λειτουργία του κόσμου³ (Driver, 1983). Αυτός είναι και ο λόγος που αρκετοί ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών αποκάλεσαν τις ιδέες των παιδιών και «επιστήμη των παιδιών».

Συνήθως στο σχολείο επιδιώκουμε να αναπτύξουμε αποτελεσματικές διδακτικές στρατηγικές με βασικό σκοπό να αλλάξουμε τις αρχικές ιδέες του μαθητή⁴ και να τον οδηγήσουμε στην υιοθέτηση εννοιών, απόψεων αλλά και τρόπων σκέψης που συμφωνούν με το σύγχρονο έγκυρο επιστημονικό μοντέλο. Η ερευνητική εμπειρία έχει δείξει όμως ότι τρία πράγματα μπορούν να συμβούν:

- Η διδασκαλία μπορεί να επηρεάσει τις ιδέες του μαθητή/ της μαθήτριας με τρόπους που γνωρίζουμε

² Κάθε ένα από αυτά τα ονόματα κρύβει συνήθως μια ιστορία και προέρχεται από ένα κλάδο της έρευνας όπως για παράδειγμα τα νοητικά μοντέλα και οι αναπαραστάσεις που ξεκινούν από την έρευνα στην ψυχολογία.

³ Κατά την Driver (σελ 3, 1983) η έκταση που τροποποιούνται οι ιδέες των μαθητών για ένα ορισμένο θέμα, αλλά και οι παρατηρήσεις και οι ερμηνείες τους επηρεάζονται από τις ιδέες αλλά και τις προσδοκίες τους.

⁴ Για τον οποίο είναι πάρα πολύ λογικές και αποτελεσματικές στην ερμηνεία μιας πληθώρας φαινομένων. Τις περισσότερες όμως φορές διδάσκοντες/ διδάσκουσες αλλά και γονείς εκφράζουν την διαφωνία τους και θεωρούν τις ιδέες των παιδιών/ μαθητών παράλογες ή /και λαθεμένες. Το ουσιαστικό επιχείρημά τους είναι ότι η εξήγηση του παιδιού και του επιστήμονα είναι διαφορετικές στην «φύση» τους. Αυτή η διαφορετικότητα έχει να κάνει εκτός των άλλων με το γεγονός ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν για περιπτώσεις που είναι όμοιες διαφορετικά εξηγητικά σχήματα /μοντέλα αλλά και γλώσσα που είναι περιγραφική χωρίς να ακριβολογεί.

- Η διδασκαλία μπορεί να επηρεάσει τις ιδέες του μαθητή/ της μαθήτριας με τρόπους που δεν γνωρίζουμε
- Η διδασκαλία μπορεί να μην επηρεάσει καθόλου τις ιδέες τους.

Αν και η πρώτη περίπτωση είναι ιδιαίτερα επιθυμητή και επιδιώκεται τόσο από τον ερευνητή όσο και από τον διδάσκοντα, η διαφοροποίηση των εναλλακτικών ιδεών με την διδασκαλία, έχει την πλέον μικρότερη πιθανότητα να συμβεί. Επιπλέον οι διδάσκοντες /διδάσκουσες με εμπειρία στην διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μπορούν να αναγνωρίσουν ότι οι προσωπικές αντιλήψεις των μαθητών και μαθητριών τους σχετικά με τα συμβαίνοντα στον φυσικό μας κόσμο συγκροτούν δομές που χαρακτηρίζονται από συνοχή/ συνεκτικότητα και αυτοσυνέπεια⁵ και συχνά παρουσιάζουν αξιοσημείωτη αντοχή στην αλλαγή τους κάτω από την κάθε μορφής διδασκαλία⁶ (Ψύλλος κ.ά., 1993). Διαφοροποίησή τους πιστεύεται ότι συμβαίνει καθώς ο μαθητής αναπτύσσεται βιολογικά και κοινωνικά όμως υπάρχουν έρευνες όπως αυτή της Viennot (1979) που έχει διαπιστώσει ότι οι εναλλακτικές ιδέες μπορούν να παραμένουν ενεργές πολλά χρόνια μετά την αποφοίτηση των μαθητών από το σχολείο.

Μερικά από τα πλέον ενδιαφέροντα ερευνητικά ερωτήματα που αφορούν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών:

- Με ποιο τρόπο οι αντιληπτικοί μηχανισμοί των παιδιών / των μαθητών και των μαθητριών δημιουργούν αυτές τις ιδέες;
- Ποιοι είναι οι καθοριστικοί παράγοντες που τις επηρεάζουν;
- Πως είναι δυνατόν παιδιά / μαθητές- μαθήτριες διαφορετικής ηλικίας, γλώσσας ή πνευματικού πολιτισμού (κουλτούρας) να έχουν παρόμοιες αντιλήψεις.

Οι εναλλακτικές ιδέες αποτελούν γέννημα των αντιληπτικών μηχανισμών του παιδιού, που έχει ως βάση την άμεση εμπειρία από το φυσικό αλλά και το κοινωνικό περιβάλλον. Καθώς το παιδί υπάρχει και αλληλεπιδρά μέσα σ' αυτά μ' άλλα άτομα επικοδομεί ταυτόχρονα μέσα από αυτήν την διαδικασία την προσωπική του γνώση (Driver & Oldham 1986, Κόκκοτας 2002) για τα φαινόμενα και τον κόσμο.

Καθώς το παιδί αναπτύσσεται οι εμπειρίες του αυξάνουν και οι γνώσεις ακολουθούν τον ίδιο άγριο χορό αύξησης⁷ με μια γλώσσα που θα πρέπει να εκφράσει όλα τα προηγούμενα χωρίς όλες τις φορές να είναι ικανή γι' αυτό αλλά εν τούτοις να συνεχίζει τα πειράματά της κι ίσως αυτό να εξηγεί γιατί η γλώσσα που τα παιδιά περιγράφουν ή/ και εξηγούν τις ιδέες τους δεν είναι και τόσο ακριβής. Πράγματα που μοιάζουν αλλά

⁵ Όσον αφορά τον μαθητή.

⁶ Παραδοσιακή ή σύγχρονη και ακόμη και όταν η διδασκαλία αυτή συνοδεύεται από τις κατάλληλες πειραματικές δραστηριότητες αλλά και τις αντίστοιχες θεωρητικές επεξηγήσεις. Και είναι πολύ συχνό το φαινόμενο οι μαθητές να εφαρμόζουν στην λύση προβλημάτων του σχολείου ή /και τις σχολικές εξετάσεις τις επιστημονικές ιδέες που διδάχθηκαν ενώ σε προβλήματα της καθημερινής ζωής να κρατούν και να εφαρμόζουν τις εναλλακτικές τους απόψεις

⁷ Που πολλές φορές μάλιστα είναι ένας χορός που δεν είναι καν πολυωνυμικός αλλά εκθετικός χορός αύξησης.

και διαφέρουν είναι η πρώτη προσπάθεια για χωρισμό σε ομάδες και δημιουργία κλάσεων ομοειδών εννοιών και αντικειμένων που όμως καθορίζουν και τα άλλα τα ετεροειδή ως προς ιδιότητες και την συμπεριφορά. Κομμάτια της πραγματικότητας για τα οποία έχει νόημα να μιλάμε και τα άλλα, το περιβάλλον, κι έτσι με αναγωγή στον φυσικό κόσμο έχουμε την ιδέα του συστήματος και του περιβάλλοντός του. Στοιχεία κοινά που καθορίζουν σχέσεις, ομάδες ομοειδών ή και επιλεγμένων ώστε να αποτελούν ομάδα ετεροειδών σχέσεων που καθορίζουν δομές, συνύφασμα δομών που οδηγούν στην δημιουργία μοντέλων για ερμηνεία και πρόβλεψη. Χωρίς πάντα να υπάρχει συνειδητή αίσθηση της νοητικής επεξεργασίας και επανεπεξεργασίας το κτίσιμο συνεχίζεται. Και η γενικότητα και η διαχρονικότητα αυτής της διαδικασίας τελικά χαρακτηρίζει όμοια και τις ιδέες των παιδιών και ξαναβρίσκεται από τους ερευνητές.

Όμως ο άνθρωπος από την φύση του είναι ζώο κοινωνικό που του αρέσει να μαθαίνει κι αυτή η διαδικασία της μάθησης είναι μια καθαρή διαδικασία κοινωνικής αλληλεπίδρασης. Στο έργο παίζουν και επεμβαίνουν ηθελημένα ή αθέλητα στον καθορισμό των προσωπικών ιδεών του παιδιού /μαθητή ή μαθήτριας τα μέλη του άμεσου οικογενειακού (πατέρας, μητέρα, αδέρφια, παππούδες, γιαγιάδες κλπ..) και φιλικού (φίλοι και φίλες του παιδιού και της οικογένειας γενικότερα) περιβάλλοντος, οι συμμαθητές και οι διδάσκοντες χωρίς να ξεχνούμε και τις αντιλήψεις που ως «πρόσωπο» περνούν και τα Μέσα Μαζικής Επικοινωνίας. Η γλώσσα που χρησιμοποιείται, εργαλείο σκέψης και ταυτόχρονα διαμεσολάβησης εννοιών και νοημάτων, δίνει νοήματα στις λέξεις και τις φράσεις όχι απαραίτητα συμβατά (Gilbert et al.,1982) με αυτά των επιστημόνων και του πλαισίου, των διδασκόντων και των σχετικών συγγραμμάτων, αλλά επαρκών και αναγκαίων για την καθημερινή επιβίωση. Και ξαφνικά η γλώσσα ξαναβρίσκεται στο επίκεντρο (μήπως και έφυγε ποτέ!) καθορίζοντας το βάθος και την ποιότητα της επικοινωνίας. Το ζητούμενο η προσέγγιση του νοήματος που δίνει ο μαθητής με κείνο του διδάσκοντα ή καλλίτερα ο προσδιορισμός των όρων της πιθανής σύμπτωσης των νοημάτων, η κατάσταση που δίνει τομή συνόλων διάφορη του μηδενός αν σαν σύνολο εννοούμε την γλώσσα που μιλάει ο καθένας και σαν τομή το αποτέλεσμα της επί της ουσίας επικοινωνίας τους. Και είναι βέβαιο ότι ούτε ο διδάσκων μπορεί να αλλάξει την γλώσσα των φυσικών επιστημών ούτε ο μαθητής να ζήσει και να δημιουργήσει στην χώρα μιας ανοίκειας γλώσσας, κι' αυτό εξηγεί γιατί ενώ κατά την γνώμη των ειδικών γράφονται θαυμάσια εγχειρίδια αποτυγχάνουν στην πράξη μιας και οι μαθητές τα διαβάζουν τα ερμηνεύουν και αποκτούν την γνώση που είναι σύμφωνη με την δική τους γλώσσα και με τα δικά τους προσωπικά ερμηνευτικά σχήματα.

Συνοψίζοντας : Γεννιόμαστε σ' ένα τόπο με ένα ορισμένο κλίμα και κει αρχίζουμε να συλλέγουμε τις πρώτες γνώσεις κι εμπειρίες μας, βιωματικά, ή μήπως είναι γραμμένες στο DNA μας ως ένα πρώτο λειτουργικό σύστημα που καθορίζει την ζωή μας; Αλληλεπιδρώντας με την οικογένεια, τους φίλους, τους δασκάλους, τους άλλους συνεχίζουμε να μαθαίνουμε υποχρεωτικά αλλά και επειδή το θέλουμε άλλες φορές βαρετά κι άλλες ενδιαφέροντα πράγματα. Χρησιμοποιούμε μια γλώσσα για να επικοινωνούμε και να διαμεσολαβούμε έννοιες και σκέψεις. Υιοθετούμε αξίες,

σεβόμαστε ή απορρίπτουμε παραδόσεις, η δράση μας καθορίζεται από τις προσδοκίες αλλά και τις προκαταλήψεις μας. Και τελικά συνεχίζουμε να διαμορφωνόμαστε ως προσωπικότητες δια βίου ζώντας σε ένα πλούσιο πολιτισμικό πλαίσιο γεμάτο ερεθίσματα και αλληλεπιδράσεις. Μην ξεχνάμε την κυρίαρχη ιδεολογία όπως εκφράζεται όχι μόνον μέσα από τα αναλυτικά προγράμματα, τα σχολικά βιβλία και τις μεθόδους διδασκαλίας, τουλάχιστον τις παραδοσιακές, αλλά και τα ΜΜΕ. Τέλος σημαντικός παράγοντας είναι και ο πλούτος ή η φτώχεια σε υλική και τεχνική υποδομή που μπορούμε κάθε φορά να χρησιμοποιούμε όχι όμως άσχετα από το πλαίσιο που υλοποιείται αυτή η χρήση.

Κοινά χαρακτηριστικά των ιδεών των μαθητών.

Θα αναφερθούν στην συνέχεια ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά των ιδεών των μαθητών όπως προκύπτουν από την σχετικά βιβλιογραφία. Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά αυτά είναι

- Σκέψη που κυριαρχείται από την αισθητηριακή αντίληψη
- Περιορισμένη εστίαση
- Εστίαση σε αλλαγές παρά σε σταθερές καταστάσεις
- Γραμμικός αιτιακός συλλογισμός
- Έννοιες που δεν διαχωρίζονται
- Εξάρτηση από το πλαίσιο
- Εγωκεντρική και ανθρωποκεντρική άποψη
- Απόδοση χαρακτηριστικών ανθρώπων και ζώων

Θα αναλύσουμε στην συνέχεια ορισμένα από αυτά που θεωρούνται ουσιαστικά για την κατανόηση των ιδεών των μαθητών του Γυμνασίου και του Λυκείου

Σκέψη που κυριαρχείται από την αισθητηριακή αντίληψη

Με την διδασκαλία προσπαθούμε να κάνουμε τον μαθητή να αντιδρά, μπροστά στα φυσικά / χημικά/ βιολογικά κλπ φαινόμενα που παρατηρεί ή τις προβληματικές καταστάσεις που αντιμετωπίζει χρησιμοποιώντας τα νοητικά εργαλεία των επιστημόνων. Η κατάσταση αυτή συνεπάγεται ότι ο μαθητής θα πρέπει να οδηγηθεί με την διδασκαλία στην κατασκευή και χρήση μοντέλων για τα συστήματα και τις μεταξύ τους και με το περιβάλλον αλληλεπιδράσεις. Πρέπει να προσδιορίσει φυσικές οντότητες⁸ και σχέσεις που τις διέπουν και μέσω μαθηματικής έκφρασης να κατασκευάσει ποιοτικές και ποσοτικές περιγραφές τους που να χαρακτηρίζονται από σαφήνεια και ακρίβεια στα όρια της εγκυρότητας και αποτελεσματικότητας του μοντέλου. Η όλη διαδικασία είναι εξαιρετικά πολυσύνθετη και πολύπλοκη μιας και πρέπει να βρεθούν οι κατάλληλες μεταβλητές (ανεξάρτητες και εξαρτημένες) και οι παράμετροι και μέσω της κατάλληλης εξίσωσης να καθορισθεί η σχέση τους. Όμως

⁸ Που μπορεί να είναι απλά ή σύνθετα αντικείμενα ή/ και συνδυασμοί τους με δομή , συστήματα κλπ

τόσο οι οντότητες όσο και ποσότητες που τις αναπαριστούν / περιγράφουν δεν αποτελούν χειροπιαστά αντικείμενα άμεσα παρατηρήσιμα. Είναι επομένως «λογικό και αναμενόμενο» λόγω της εξαιρετικής δυσκολίας όταν ο μαθητής αντιμετωπίζει καινούργιες προβληματικές καταστάσεις / προβλήματα να στηρίζει τους συλλογισμούς του σε άμεσα παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά της κατάστασης / προβλήματος⁹. Ως αποτέλεσμα αρχικές ιδέες και ερμηνευτικά μοντέλα κυριαρχούνται από τα δεδομένα των αισθήσεων και πολλές φορές τα μη ορατά δεν υπάρχουν και απαιτείται ικανός χρόνος για την πλήρη χρήση των κατάλληλων νοητικών εργαλείων. Μερικά πολύ χαρακτηριστικά παραδείγματα αναφέρονται από την Driver (σελ 273, 1993), Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson (σελ 183-184, σελ 190-191, 1998), Χατζηνικήτα και Χρηστίδου (στο Κουλαιδής 2001, σελ 154).

- **Περιορισμένη εστίαση**

Ως περιορισμένη εστίαση χαρακτηρίζεται, στη βιβλιογραφία που αναφέρεται στην μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών, η τάση τους, κατά την μελέτη των διαφόρων φυσικών / χημικών / βιολογικών κλπ φαινομένων και καταστάσεων, να συγκεντρώνουν την προσοχή τους σε ορισμένες όψεις / χαρακτηριστικά αυτών αδιαφορώντας για τις άλλες /άλλα. Ποιο είναι όμως το κριτήριο συγκέντρωσης της προσοχής του παιδιού; Κατά την Driver (σελ 274 1993) η προσοχή συγκεντρώνεται μεταξύ των χαρακτηριστικών του φαινομένου, που εκδηλώνουν συνεχώς την παρουσία τους, σε εκείνα που ξεχωρίζουν. Μια άλλη σχετική τάση των παιδιών είναι η προσπάθειά τους να εξηγούν αυτά που συμβαίνουν κατά την εξέλιξη ενός φαινομένου αποδίδοντας συγκεκριμένες ιδιότητες στα συστατικά των συμμετεχόντων συστημάτων αντί να εξετάσουν την μεταξύ τους αλληλεπίδραση. Επίσης κατά την αλληλεπίδραση συστημάτων και περιβάλλοντος συγκεντρώνουν την προσοχή τους στις συγκεκριμένες ιδιότητες που αποδίδουν στα συστήματα αγνοώντας / παραλείποντας την μελέτη της σχέσης αλληλεπίδρασης συστήματος και περιβάλλοντος. Τέλος στην ίδια κατηγορία της περιορισμένης εστίασης ανήκει και η τάση του παιδιού, κατά την μελέτη συστημάτων που υφίστανται μεταβολές κατάστασης κατά την χρονική τους εξέλιξη, να συγκεντρώνει το ενδιαφέρον του στις μεταβατικές καταστάσεις του συστήματος και όχι στις καταστάσεις ισορροπίας. Κατά την Driver (1993) το παιδί θεωρεί αναγκαίο να ψάχνει για απλούς μηχανισμούς που εξηγούν την αλλαγή¹⁰ και συνδέουν τις ακολουθίες των καταστάσεων κατά την χρονική εξέλιξη ενώ οι σταθερές καταστάσεις μένουν πάντα ίδιες και έτσι για το παιδί δεν χρειάζονται καμιά εξήγηση. Μερικά πολύ χαρακτηριστικά παραδείγματα αναφέρονται από την Driver (σελ 274-275, 1993) και τους Hatzinikita και Koulaidis (1997).

Γραμμικός αιτιακός συλλογισμός

Για να περιγράψουν και να εξηγήσουν τα παιδιά τις αλλαγές που συμβαίνουν στα φυσικά / χημικά βιολογικά κλπ συστήματα υιοθετούν μια αρχική αιτία η οποία με την

⁹ Για μια ουσιαστικότερη ανάλυση του τι συμβαίνει στο επίπεδο των νοητικών διεργασιών δεξ Χατζηνικήτα και Χρηστίδου (§ 6.1.1, σελ 154, στο Κουλαιδής 2001)

¹⁰ Για τον αιτιακό συλλογισμό του παιδιού δεξ το Παράλληλο Κείμενο 1 στο Χατζηνικήτα και Χρηστίδου (§ 6.1.2, σελ 158, στο Κουλαιδής 2001)

σειρά της παράγει μια σειρά από αποτελέσματα αλληλένδετα μεταξύ τους σαν τους κρίκους μιας αλυσίδας¹¹. Μπορούμε να σκεφτόμαστε αυτά τα αποτελέσματα ως όρους μιας ακολουθίας που στην απλούστερη των περιπτώσεων είναι χρονικά εξαρτημένη. Στην βιβλιογραφία η ακολουθία αυτής της μορφής χαρακτηρίζεται ως γραμμική αιτιακή ακολουθία (Driver, 1993). Οι Χατζηνικήτα και Χρηστίδου (§ 6.1.5, σελ 163, στο Κουλαϊδής 2001) αναλύοντας την δουλειά της Viennot (1992) σχετικά με τον συλλογισμό των μαθητών στις διάφορες θεματικές περιοχές των Φυσικών Επιστημών εντοπίζουν ότι η περιγραφή και ερμηνεία των αλλαγών γίνεται με την χρήση «γραμμικών, χρονικών ή /και τοπικών αιτιακών αλυσίδων κάθε τμήμα των οποίων αναφέρεται σε ένα απλό φαινόμενο». Στην απλούστερη περίπτωση, όπου θεωρούμε γραμμικές αιτιακές αλυσίδες έχει εισαχθεί αυτόματα βέλος του χρόνου που δείχνει τις επιθυμητές/ προτιμώμενες κατευθύνσεις σ' αυτές (αιτία→αποτέλεσμα1 →.....). Εδώ φαίνεται πως έχει την ρίζα του το πρόβλημα της αδυναμίας κατανόησης των αλληλεπιδράσεων μεταξύ συστημάτων αλλά και συστήματος περιβάλλοντος όταν ο μαθητής προσπαθεί να παραγάγει ερμηνευτικούς συλλογισμούς στηρίζοντας τις σκέψεις του σε τέτοιες αλυσίδες αποτελεσμάτων. Κατά τον ίδιο τρόπο προκύπτει και το γνωστό πρόβλημα όπου ο μαθητής ή η μαθήτρια δεν μπορούν να αντιληφθούν την δυνατότητα αντιστρεψιμότητας μιας μεταβολής ενώ αυτό φαίνεται ιδιαίτερα απλό για τον επιστήμονα ή τον διδάσκοντα. Μερικά πολύ χαρακτηριστικά παραδείγματα αναφέρονται από την Driver (σελ 276-277, 1993) και Χατζηνικήτα και Χρηστίδου (στο Κουλαϊδής 2001, σελ 164).

Έννοιες που δεν διαχωρίζονται

Ένα ιδιαίτερα σημαντικό αποτέλεσμα της ερευνητικής προσπάθειας για την μελέτη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών είναι και το επόμενο. Οι μαθητές κατέχουν και χρησιμοποιούν ένα σύνολο από εναλλακτικές ιδέες κάθε μια από τις οποίες διαθέτει ένα υποσύνολο από σημασίες που μπορεί να είναι διαφορετικές είτε από αυτές που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια της σχολικής ύλης για τις φυσικές επιστήμες είτε από αυτές που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια της επιστημονικής έρευνας. Το ίδιο υποσύνολο σημασιών είναι τις περισσότερες φορές ευρύτερο από τα αντίστοιχα του σχολικού ή του επιστημονικού πλαισίου. Κατά την Driver (σελ 277, 1993) το πέρασμα από την μια σημασία στην άλλη γίνεται χωρίς απαραίτητα να το συνειδητοποιήσει ο μαθητής μια και ο μαθητής δεν νοιώθει την ανάγκη του λεπτού διαχωρισμού των εννοιών και των σημασιών τους που θεωρείται αναγκαίος από τον ερευνητή των φυσικών επιστημών ή τον διδάσκοντα.

Εξάρτηση από το πλαίσιο.

Στα πλαίσια των ίδιων ερευνών έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές πολλές φορές στην προσπάθεια τους να ερμηνεύσουν προβληματικές καταστάσεις της περιοχής των Φυσικών Επιστημών δεν νοιώθουν την ανάγκη να αντιμετωπίζουν ταυτόσημες καταστάσεις με παρόμοια ερμηνευτικά σχήματα σε αντίθεση με το τι θα έπραττε ένας επιστήμονας . Αντίθετα χρησιμοποιούν με αρκετή ευκολία σχήματα που οδηγούν σε

¹¹ Αλυσίδα αποτελεσμάτων κατά την Driver (1993)

διαφορετικά αλλά και πολλές φορές αντιφατικά μεταξύ τους νοήματα που εξαρτώνται από το πλαίσιο τοποθέτησης της προβληματικής κατάστασης. Και αυτό είναι ένα άλλο χαρακτηριστικό των ιδεών των μαθητών η εξάρτησή τους δηλαδή από το πλαίσιο όπου παρατηρούνται, καταγράφονται και υφίστανται επεξεργασία. Οι ερευνητές έχουν σχηματίσει την πεποίθηση ότι οι αντιλήψεις που καταγράφονται στα πλαίσια μιας ερευνητικής εργασίας δεν αποτελούν το σύνολο των αντιλήψεων του μαθητή¹² αλλά ένα μικρό του υποσύνολο που ενεργοποιήθηκε λόγω της αλληλεπίδρασης του μαθητή με το πρόβλημα που αντιμετωπίζει¹³. Ποιοι θα μπορούσαν να είναι κατά την γνώμη σας οι παράγοντες που επηρεάζουν αυτήν την αλληλεπίδραση¹⁴;

Γ. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ.

Θα ξεκινήσουμε αυτήν την ενότητα κάνοντας μια επίσκεψη σε μια σχολική τάξη. Ας κάνουμε και την υπόθεση εργασίας ότι το μάθημα της ημέρας είναι σχετικό με τον βρασμό. Με ποιους τρόπους θα μπορούσε να υλοποιηθεί αυτή η διδασκαλία; Θα παρουσιάσουμε στην συνέχεια μερικούς από αυτούς.

1. Ο συνήθης τρόπος για την διδασκαλία της σχετικής ενότητας είναι ο παραδοσιακός και τα εποπτικά μέσα κιμωλία και πίνακας. Ο καθηγητής του μαθήματος ξεκινάει λοιπόν την παράδοση περιγράφοντας ένα κλασσικό πείραμα βρασμού. Ζωγραφίζει στον πίνακα την σχετική διάταξη Στην συνέχεια παραδίδει το μάθημα εξηγώντας το φαινόμενο και καταλήγει με το συμπέρασμα ότι ενώ αρχικά με την παροχή θερμότητας η θερμοκρασία ανεβαίνει κατά την διάρκεια του βρασμού η θερμοκρασία σταθεροποιείται και για το απεσταγμένο νερό είναι ίση με 100°C ενώ το νερό μετατρέπεται σε ατμό.
2. Στην δεύτερη εκδοχή της διδασκαλίας ο καθηγητής στήνει πάνω στην έδρα την διάταξη και κάνει το πείραμα ο ίδιος καλώντας κάποιον από τους μαθητές να διαπιστώσει κάθε τόσο τι δείχνει το θερμόμετρο. Η διδασκαλία ολοκληρώνεται με τον ίδιο όπως και στην προηγούμενη περίπτωση τρόπο.
3. Στην τρίτη εκδοχή της διδασκαλίας ο καθηγητής χωρίζει την τάξη σε ομάδες και σε κάθε μια από αυτές δίνει τον κατάλληλο εργαστηριακό εξοπλισμό και οδηγίες για να εκτελέσουν το πείραμα όπως και ένα φύλλο εργασίας όπου θα πρέπει οι μαθητές να καταγράψουν τις μετρήσεις που θα πάρουν (θερμοκρασία σε σχέση με τον χρόνο). Στο τέλος της δραστηριότητας συζητούν την διαδικασία και τα αποτελέσματα που προέκυψαν αναλύοντας και εξηγώντας το φαινόμενο του βρασμού.
4. Τέλος κατά την τελευταία εκδοχή ο καθηγητής αρχικά περιγράφει το συγκεκριμένο πείραμα ή κάποιο άλλο φαινόμενο της καθημερινής τους ζωής που αναφέρεται σε

¹² Στην βιβλιογραφία χαρακτηρίζεται και ως το «εννοιολογικό του σύμπαν» του μαθητή δες την εργασία Giordan et al., (1994)

¹³ Η πιο σωστά διατυπωμένα «του εννοιολογικού σύμπαντος» του μαθητή με το γνωστικό πλαίσιο του προβλήματος που αντιμετωπίζει

¹⁴ Συνοπτικά θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε τους εξής παράγοντες α) χαρακτηριστικά της κατάστασης β) τύπος του προβλήματος γ) ο βαθμός εξοικείωσης με το πρόβλημα ή την κατάσταση και δ) τα χαρακτηριστικά του πλαισίου.

βρασμό και τους ζητάει να προβλέψουν τι θα συμβεί. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση οι μαθητές είναι χωρισμένοι σε ομάδες. Η κάθε ομάδα σκέφτεται (και ατομικά και ομαδικά), προβλέπει και ανακοινώνει τις απόψεις της στην τάξη μέσω του εκλεγμένου αντιπροσώπου της. Ο καθηγητής μοιράζει στην συνέχεια τον κατάλληλο εργαστηριακό εξοπλισμό στις ομάδες και τους ζητάει να εκτελέσουν το πείραμα. Στην συνέχεια τα αποτελέσματα κάθε ομάδας συζητούνται στην τάξη και προκύπτουν τα σχετικά αποτελέσματα για το φαινόμενο.

Θα προσπαθήσουμε να σχολιάσουμε τα προηγούμενα τόσο από την πλευρά του μαθητή όσο και την πλευρά του διδάσκοντα. Ξεκινώντας από την πρώτη εκδοχή ο διδάσκων θεωρεί τον μαθητή με μυαλό άδειο από οποιαδήποτε σχετικά με το φαινόμενο ιδέα ή πληροφορία και επίσης πιστεύει ότι η γνώση που του παρέχει καταγράφεται από τον μαθητή με τον τρόπο που του δίνεται. Μια λιγότερη «επώδυνη» παραλλαγή είναι αυτή που ο διδάσκων θεωρεί ότι ο μαθητής έρχεται με ιδέες λαθεμένες που θα τις αλλάξει στις επιστημονικά ορθές μέσω της διδασκαλίας του. Τέλος υπάρχει και η ιδιαίτερα «σκληρή» άποψη όπου θεωρείται πως στο μυαλό του μαθητή συνυπάρχουν τόσο οι αρχικές του ιδέες για το φαινόμενο του βρασμού όσο και αυτές που ο διδάσκων παρουσίασε. Ο μαθητής είναι ιδιαίτερα μπερδεμένος μια και ενώ ίσως χρησιμοποιεί την άποψη του διδάσκοντα στην εξήγηση των φαινομένων όταν εξετάζεται διατηρεί τις προσωπικές του ιδέες σε επίπεδο ερμηνείας καθημερινών προβληματικών καταστάσεων που σχετίζονται με το φαινόμενο¹⁵. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε αρκετές περιπτώσεις όταν ο καθηγητής θεωρεί ασήμαντες και άσχετες τις ιδέες του μαθητή του φθάνει να τον θεωρεί και να τον χαρακτηρίζει μέχρι και νοητικά ανεπαρκή/ ανώριμο.

Ας δούμε τώρα τι συμβαίνει με τον μαθητή. Στην περίπτωση που εξετάζουμε το πείραμα που δεν εκτελέστηκε αλλά σχεδιάστηκε στον πίνακα κάνει τον κάθε μαθητή στην καλύτερη κατάσταση να ανατρέξει σε δικές του εντελώς προσωπικές εμπειρίες από παρόμοιες περιστάσεις π.χ μια κατσαρόλα ή ένα μπρίκι που βράζει και στα οποία σίγουρα το ενδιαφέρον του στρέφεται στο πως θα τα χειριστεί με ασφάλεια παρά στο πως με ένα θερμόμετρο θα διαπιστώσει τι συμβαίνει με την θερμοκρασία τους. Έτσι το που θα συγκεντρώσει την προσοχή του γίνεται μια ιστορία εντελώς προσωπική και η γνώση που θα αποκτηθεί είναι σαν να διδάσκεται π.χ ένα φιλολογικό μάθημα. Η παρουσίαση / διδασκαλία του φαινομένου από τον διδάσκοντα έχει ως αποτέλεσμα κατά πλειοψηφία και υπό τον όρο ότι η επικοινωνία του μαθητή και του διδάσκοντα είναι καλή να περάσουν πληροφορίες για τον βρασμό στον μαθητή ενώ αναζητούνται οι φυσικές έννοιες και το νόημα που κρυβόταν πίσω από τις όρους, τις γραφικές παραστάσεις και τους νόμους που προσπάθησε ο διδάσκων να του μεταδώσει. Και στην περίπτωση αυτή (Osborne & Freyberg, 1985) δεν είναι απίθανο το νόημα του διδάσκοντα και του μαθητή να διαφέρουν εντελώς.

¹⁵ Κατά τον Κόκκοτα (σελ 158, 2002) τέσσερες είναι οι λόγοι που οι καθηγητές αν και εντοπίζουν τις νοητικές αναπαραστάσεις /ιδέες των μαθητών δεν τις χρησιμοποιούν α) τις θεωρούν παρασιτικό φαινόμενο χωρίς καμιά ιδιαίτερη αξία στην διδασκαλία β) είναι πολυάριθμες γ) έχουν σύνθετη δομή και δ) μπορούν να προκαλέσουν σύγχυση.

Στην δεύτερη εκδοχή το πείραμα εκτελέστηκε μπροστά στα μάτια των μαθητών όλης της τάξης. Και εδώ σχετικά με τον διδάσκοντα ισχύουν οι προηγούμενες διαπιστώσεις. Υπάρχει διαφοροποίηση ως προς τον μαθητή. Καθένας από τους μαθητές «βλέπει» το ίδιο πείραμα/ την ίδια πειραματική δραστηριότητα να εκτελείται και μερικοί από αυτούς διαβάζουν ορισμένα πειραματικά δεδομένα και ενώ καταγράφει αυτά που προτείνει ο διδάσκοντας «ερμηνεύει» το συγκεκριμένο πείραμα με τον προσωπικό του τρόπο. Οι ερευνητές ισχυρίζονται ότι ο βαθμός που οι μαθητές υιοθετούν τρόπους αντιμετώπισης νέων η/ και προβληματικών καταστάσεων εξαρτάται ισχυρά από τις προσωπικές τους αντιλήψεις. Η ιδέα αυτή ταιριάζει με την διαπίστωση της Driver (σελ 3, 1993) :

«.....Τα άτομα εσωτερικεύουν την εμπειρία τους κατά τρόπο που εν μέρει τουλάχιστον είναι δικός τους κατασκευάζουν τα δικά τους νοήματα. Αυτές οι προσωπικές «ιδέες» επηρεάζουν τον τρόπο που προσλαμβάνονται οι πληροφορίες. Αυτός ο προσωπικός τρόπος προσέγγισης των φαινομένων έχει επίσης βρεθεί στον τρόπο, με τον οποίο παράγεται η επιστημονική γνώση.....Σ' αυτόν τον τρόπο σκέψης, οι παρατηρήσεις των γεγονότων επηρεάζονται από τα θεωρητικά πλαίσια (frameworks) του παρατηρητή.....»

Θα πρέπει όμως στο σημείο αυτό να σημειώσουμε ότι αν και οι ιδέες/ απόψεις / αντιλήψεις κατασκευάζονται προσωπικά εν τούτοις υπάρχουν ιδέες και ερμηνείες για τις διάφορες κατηγορίες φαινομένων που είναι ταυτόσημες και τις μοιράζονται μαθητές διαφόρων χωρών όπως και διαφόρων χρονικών περιόδων. Έτσι για παράδειγμα στο φαινόμενο του βρασμού οι μαθητές πιστεύουν ότι όσο παρέχουμε θερμότητα η θερμοκρασία θα ανεβαίνει και παραξενεύονται ιδιαίτερα όταν αυτή σταθεροποιείται με την έναρξη του βρασμού.

Όπως είναι φανερό οι δυο πρώτες προσεγγίσεις υιοθετούν ένα «μεταδοτικό μοντέλο» για την διδασκαλία και την μάθηση όχι άσχετο με τις κρατούσες ιδεολογικές επιλογές για το τι αναμένεται ως κοινωνική συμπεριφορά της τάξης (ησυχία, πειθαρχία,), ρόλος του διδάσκοντα (αυθεντία, κάτοχος της μόνης άξιας να μεταδοθεί γνώσης) και έργο του μαθητή (πλήρης κάλυψη της ύλης που προβλέπει το αναλυτικό πρόγραμμα και τρόπος αξιολόγησής της).

Στην τρίτη εκδοχή όπως και στις προηγούμενες δύο οι ιδέες των μαθητών δεν λαμβάνονται υπ' όψιν από τον διδάσκοντα ο οποίος δεν νοιώθει την ανάγκη να τις αξιοποιήσει με κάποιο τρόπο στην διδασκαλία του. Η βασική ιδέα πίσω από την διδασκαλία είναι ότι αν στους μαθητές δοθούν τα κατάλληλα εργαλεία (συσκευές, πειραματικές διατάξεις....) και φύλλα εργασίας στα οποία εκτός από τα βήματα που θα πρέπει να ακολουθήσουν συνυπάρχουν/ εμπλέκονται και τα κατάλληλου τύπου ερωτήματα ο μαθητής ασκείται (χειρωνακτικά και πνευματικά) στις επιστημονικές διαδικασίες και γίνεται τελικά κάτοχος του τρόπου σκέψης του επιστήμονα ανακαλύπτοντας προσωπικά την γνώση. Είναι όμως αυτό δυνατό; Πόση μεγάλη είναι η απόσταση από την θεωρητική ιδέα ως την εφαρμογή της; Μπορούν τελικά να «δουν» και να «ερμηνεύσουν» επιστήμονας και μαθητής τα φυσικά φαινόμενα με τον ίδιο τρόπο;

Από αυτά που συζητήσαμε πριν φαίνεται πως ο μαθητής ακολουθώντας συγκεκριμένα βήματα, απαντώντας σε ερωτήματα και εκτελώντας πειράματα αποκτάει μια ξεχωριστή εμπειρία. Δουλεύοντας σε ομάδες ανταλλάσσει ιδέες αλλά αυτές δεν «μετράνε» τόσο όσο αν μπορούσε να τις δοκιμάσει διαδοχικά αποκλείοντας κάποιες και κρατώντας κάποιες άλλες κι ακόμη αισθάνεται πάντα ως εξωτερικό του αντίπαλο αυτό που ο επιστήμονας ή ο διδάσκων παρουσιάζει δηλ το επιστημονικό μοντέλο. Αισθάνεται ότι του ζητούν να ανακαλύψει αυτό που είναι ήδη γνωστό. Έτσι η ανακάλυψη γίνεται επαλήθευση και η μόνη χαρά ότι το έκανε με τα χέρια του. Κι αφού αυτό που έκανε «λειτουργεί καλά», δηλ τελικά το πείραμα πέτυχε και το νερό έβρασε και κατά την διάρκεια του βρασμού βρήκε σταθερή θερμοκρασία περίπου 100° C την καταχωρεί κρατώντας και μερικά από τα ερωτήματα και τις απορίες/ ιδέες του μια και αυτά κατά την συζήτηση που επακολουθεί μπορεί να δείξουν «επιστημονική άγνοια».

Τέλος η τελευταία εκδοχή δίνει την δυνατότητα στον καθηγητή να εντοπίσει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών του και να τις χρησιμοποιήσει στην διδασκαλία και την μάθηση νέων φυσικών εννοιών. Εδώ οι μαθητές αρχικά σκέφτονται και ερμηνεύουν σύμφωνα με τις ιδέες τους. Όταν όμως οι σκέψεις τους υλοποιούνται μέσω της κατάλληλης πειραματικής ή/ και θεωρητικής διαδικασίας τότε βλέπουν αυτό που προκύπτει από την προσωπική τους δράση να μην συμφωνεί με αυτό που σκέφτηκαν¹⁶. Προκύπτει μια εσωτερική σύγκρουση, γνωστικού τύπου, όπου μετά από αρκετές δοκιμές έχει ως αποτέλεσμα την διάθεση για υιοθέτηση νέων τρόπων σκέψης και πιθανά την μετακίνηση προς τις απόψεις του κυρίαρχου επιστημονικού μοντέλου για το φαινόμενο που εξετάζεται. Παρατηρούμε ότι οι αρχικές ιδέες των μαθητών λειτουργούν ως πλαίσιο υποδοχής των νέων ιδεών επηρεάζοντας τους τρόπους/ διαδικασίες που οι νέες γνώσεις προσκτώνται και αφομοιώνονται. Ο αντίπαλος είναι τώρα εσωτερικός και η εννοιολογική αλλαγή που προκύπτει μια φυσιολογική και ουσιαστικά λογική διεργασία. Ως παράδειγμα ενώ πριν την εκτέλεση του πειράματος του βρασμού οι μαθητές υποθέτουν πως όσο παρέχουμε θερμότητα η θερμοκρασία θα αυξάνει, η σταθεροποίησή της στους 100° C κατά την εκτέλεση του πειράματος οδηγεί σε ιδέες όπως :

- Το θερμόμετρο είναι χαλασμένο
- Χρειάζεται δυνατότερη πηγή θέρμανσης
- Λιγότερο ίσως νερό.....

Όταν οι δοκιμές αυτών των ιδεών δείξουν ότι τίποτα από αυτά δεν στέκει η εσωτερική νοητική διεργασία οδηγεί στην αναζήτηση των απόψεων που εξηγούν το φαινόμενο. Ο διδάσκων εξήγησε τι συμβαίνει στο βρασμό και γιατί η θερμοκρασία καθ' όλη την διάρκειά του διατηρήθηκε σταθερή. Ο διδάσκων δημιούργησε το κατάλληλο μαθησιακό περιβάλλον στα πλαίσια του οποίου:

- Προκλήθηκε ενδιαφέρον

¹⁶ Αν αρχικές ιδέες και αποτελέσματα των πειραματικών δοκιμών συμφωνούν τότε προκύπτει ουσιαστική ενίσχυση μέσω της επιβεβαίωσης των αρχικών ιδεών/ απόψεων.

- Παρουσιάστηκαν αναγνωρίστηκαν πειραματικά υλικά και εργαλεία
- Διατυπώθηκαν προσωπικές ιδέες
- Δοκιμάστηκαν στην πράξη
- Επιλέχθηκαν και υιοθετήθηκαν αυτές που είναι επιστημονικά κατάλληλες.

Η όλη διαδικασία ήταν μια προσωπική κατάκτηση του μαθητή που έδρασε σε πνεύμα ατομικό και με σχετική αυτονομία. Πιθανώς το αναλυτικό πρόγραμμα έμεινε πίσω, η αυθεντία του καθηγητή υποχώρησε, η τάξη αποδομήθηκε σε σχετικά απείθαρχες ομάδες αλλά χρησιμοποιήθηκαν οι νοητικοί μηχανισμοί που τα παιδιά διαθέτουν για να αντιλαμβάνονται αυτά που συμβαίνουν στο καθημερινό τους περιβάλλον.

Δ. Εναλλακτικές ιδέες και Αναλυτικό Πρόγραμμα

Ολοκληρώνουμε την παρουσίαση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών δεν μπορούμε να μην ανατρέξουμε στο πρώτο μοντέλο σχεδιασμού αναλυτικού προγράμματος των Driver & Oldham (1986)¹⁷ στο οποίο ένα από τα τέσσερα βασικά συστατικά του¹⁸ είναι και οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών. Είναι επομένως φανερό ότι αν θέλουμε να θέσουμε ως επιθυμητό στόχο την εννοιολογική αλλαγή θα πρέπει εκτός από τον καθορισμό του γνωστικού περιεχομένου της σχολικής ύλης, που θα προέλθει από τον μετασχηματισμό της αντίστοιχης επιστημονικής γνώσης και το πείραμα που της αντιστοιχεί, να ληφθούν σοβαρά υπ' όψιν και οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Κόκκοτας, Π. (2002). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών Μέρος II. Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Αθήνα.
- Κουλαιδής, Β. (Ακαδ Υπευθ.). (2001). Διδακτική των φυσικών Επιστημών. Τόμος I. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών. Πάτρα.
- Ψύλλος, Δ., Κουμαράς, Π., Καριώτογλου, Π. (1993). Εποικοδόμηση της Γνώσης στην Τάξη με Συνέρευνα Δασκάλου και Μαθητή. Σύγχρονη Εκπαίδευση, τ 70.
- Adey, P., Bliss, J., Head, J., and Shayer, M. (Editors). (1989) "Adolescent Development and School Science" Falmer Press
- Driver, R. (1983) The Pupil as Scientist. Milton Keynes. Open University Press.
- Driver, R., Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development. Studies in Science Education, No 13.

¹⁷ Rosalind Driver "Changing Conceptions" στο Adey, Bliss, Head and Shayer (Editors) "Adolescent Development and School Science" Falmer Press (1989)

¹⁸ Περιεχόμενο, ιδέες μαθητών, εποικοδόμηση –εννοιολογική αλλαγή, πρακτικές γνώσεις διδασκόντων

- Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1985). *Children Ideas in Science*. Open University Press, London. Δες Ελληνική Μετάφραση ΕΕΦ-Τροχαλία, Αθήνα.
- Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson. (2000). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια Παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών Κόκκοτας, Π. (Επιμέλεια). Τυπωθήτω, Αθήνα.*
- Gilbert, J., Osborne, R., & Fensham, P. (1982). *Children's Science and its Consequences for Teaching*. *Science Education* 66, (4).
- Giordan, A., Girault, Y., & Clement, P. (1994). *Conceptions et connaissances*, Berne: Peter Lag
- Hatzinikita, V., Koulaïdis, V. (1997). Pupils' ideas on conservation during changes in the state of water, *Research in Science and Technological Education*, 15, 1, p53-70.
- Osborne, R. & Freyberg, P. (1985). *Learning in Science*. London, Heinemann
- Viennot, L. (1979). *Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics*. *Eur Journal of Science Education*. Vol. 1, N 2.
- Viennot, L. (1992). *Raisonnement a plusieurs variables: tendances de la pensee commune*, Aster, 14.

Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΚΑΙ Η ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ, ΩΣ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ: ΟΙ ΤΡΕΧΟΥΣΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ

Αριστοτέλης Γκιόλμας¹, Κωνσταντίνος Σκορδούλης², Γιάννα Κατσιαμπούρα³, Γεώργιος Πριμεράκης⁴, Άνθιμος Χαλκίδης⁵, Βασιλική Ψωμά⁶, Ηλίας Μπόικος⁷, Ζωγραφιά Παπαναγιώτου⁸, Αικατερίνη Μπενίση⁹, Αλεξάνδρα-Τριανταφυλλιά Παπαναγιώτου¹⁰, Θεοπούλα Χρυσοχού¹¹ & Αναστάσιος Κόλλιας¹²

¹Επίκουρος Καθηγητής ΠΤΔΕ - ΑΠΘ, ²Καθηγητής ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ, ³Επίκουρη Καθηγήτρια ΠΤΔΕ-ΕΚΠΑ, ⁴ΕΔΙΠ, ΠΤΔΕ - ΑΠΘ, ⁵Επιστημονικός Συνεργάτης ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ, ⁶Υποψήφια Διδακτόρισα ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ, ⁷Υποψήφιος Διδάκτορας ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ, ⁸Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ, ⁹Μ.Εδ., ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ, ¹⁰Προπτυχιακή Φοιτήτρια ΣΕΜΦΕ - ΕΚΠΑ, ¹¹Επιστημονική Συνεργάτιδα ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ, ¹²Επιστημονικός Συνεργάτης ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ.

agkiolm@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν κεφάλαιο διερευνάται διεξοδικά η χρήση δύο καινούργιων - σχετικά - εργαλείων που εμπλουτίζουν τα τελευταία χρόνια την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής, σε όλες τις βαθμίδες της Εκπαίδευσης: της **Εκπαιδευτικής Ρομποτικής** και της **Τεχνητής Νοημοσύνης**. Μελετάται το θεωρητικό και παιδαγωγικό πλαίσιο της χρήσης των δύο αυτών εργαλείων, παρατίθενται εκτεταμένα παραδείγματα χρήσης τους και εφαρμογές τους και παρουσιάζονται οι εκπαιδευτικοί και μαθησιακοί στόχοι που επιτυγχάνονται με αυτά. Συζητώνται περιπτώσεις εφαρμογής των δύο εργαλείων στην εργαστηριακή διδασκαλία της Φυσικής και παρατίθενται διάφορες μορφές της. Τέλος αναλύονται οι δεοντολογικοί περιορισμοί στη χρήση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και της Τεχνητής Νοημοσύνης στην πειραματική εκπαίδευση της Φυσικής και εξετάζονται οι προοπτικές χρήσης των δύο εργαλείων στο μέλλον.

Λέξεις κλειδιά: εκπαιδευτική ρομποτική, τεχνητή νοημοσύνη, πειραματική διδασκαλία Φυσικής

Αναφορά: Γκιόλμας, Α. & Σκορδούλης, Κ., Κατσιαμπούρα, Γ., Πριμεράκης, Γ., Χαλκίδης, Α., ... & Κόλλιας, Α. (2025). *Η Εκπαιδευτική Ρομποτική και η Τεχνητή Νοημοσύνη, ως Σύγχρονα Εργαλεία Υποστήριξης της Πειραματικής Διδασκαλίας της Φυσικής: Οι Τρέχουσες Πρακτικές*, 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

EDUCATIONAL ROBOTICS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE, AS MODERN TOOLS OF SUPPORTING THE EXPERIMENTAL TEACHING OF PHYSICS: THE CURRENT PRACTICES

Aristotelis Gkiolmas¹, Constantine Skordoulis², Gianna Katsiampoura³, George Primerakis⁴, Anthimos Chalkidis⁵, Vasiliki Psoma⁶, Ilias Boikos⁷, Zografia Papanagiotou⁸, Aikaterini Benisi⁹, Alexandra-Triantafyllia Papanagiotou¹⁰, Theopoula Chrysochou¹¹ & Anastasios Kollias¹²

¹Assistant Professor, Department of Primary Education, Aristotle University of Thessaloniki, ²Professor, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ³Assistant Professor, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ⁴Laboratory Teaching Staff, Department of Primary Education, Aristotle University of Thessaloniki, ⁵Research Fellow, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ⁶PhD Candidate, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ⁷PhD Candidate, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ⁸Post-graduate Student, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ⁹M.Ed., Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ¹⁰Under-graduate Student, School of Applied Mathematical and Physical Sciences, National Technical University of Athens, ¹¹Research Fellow, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ¹²Research Fellow, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens.

agkiolm@eled.auth.gr

ABSTRACT

In the current chapter, the use of two - relatively - new tools is scrutinised, which enhance, in the recent years, the experimental teaching of Physics at all levels of education: Educational Robotics and Artificial Intelligence. The theoretical and the pedagogical framework of the use of these two aforementioned tools is studied, extensive examples of their use and application are detailed, and - finally - the educational and learning objectives achieved by these two, aforementioned, tools are presented. Certain cases of implementation of these two tools, in their various forms, in the laboratory teaching of Physics are discussed and listed. Finally, the

ethical restrictions in the use of both Educational Robotics and Artificial Intelligence in the experimental instruction of Physics are analyzed, and the perspectives of usage of these two tools in the future are examined.

Keywords: educational robotics, artificial intelligence, experimental teaching of Physics

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μία διαρκής και αυξανόμενη ενσωμάτωση διεθνώς, τόσο πλατφορμών Εκπαιδευτικής Ρομποτικής (στο εξής, συχνά: **EP**), (Esportuno & Gerardo, 2014), όσο και περιβαλλόντων Τεχνητής Νοημοσύνης (στο εξής, συχνά: **TN**) (Mahligawati et al., 2023) στην διδασκαλία και μάθηση που αφορά τη Φυσική και ειδικότερα την πειραματική διδασκαλία αυτής. Και τα δύο αυτά καινοτόμα εργαλεία, δείχνουν να εμπλουτίζουν κατά πολύ την εκπαίδευση στη Φυσική και, ειδικότερα, το πειραματικό σκέλος αυτής.

Αρχικά σε ό,τι αφορά τη χρήση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής, έρευνες (Ospennikova, Ershov & Iljin, 2015) έχουν δείξει ότι η εισαγωγή της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στην πειραματική διδασκαλία της Φυσικής: (i) αύξησε το ενδιαφέρον των μαθητών και μαθητριών για τη μελέτη του αντικειμένου, (ii) βελτίωσε την κατανόηση της διδαχθείσας ύλης, (iii) αύξησε την επιθυμία των μαθητών να εμπλακούν με τη Φυσική σε μεταγενέστερο στάδιο σπουδών τους (π.χ. Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση) και (iv) αύξησε την επιθυμία τους να εμπλακούν επαγγελματικά με πεδία που περιέχουν τη Φυσική και την Τεχνολογία.

Από την άλλη πλευρά, τα περιβάλλοντα Τεχνητής Νοημοσύνης που όλο και περισσότερο χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση (Παρασκευάς, 2024), πέρα από τα κλασικά πλεονεκτήματα που παρέχουν, όπως η εξατομικευμένη μάθηση, η διαρκής ανατροφοδότηση και η συν-διαμόρφωση του μαθήματος από διδάσκοντα και μαθητές, παρέχουν, όπως φαίνεται, ειδικά στην πειραματική διδασκαλία της Φυσικής, και άλλα πλεονεκτήματα (Domenichini et al., 2024), όπως είναι η ισχυρή εμπλοκή των μαθητών με την Φυσική και το πείραμα, και η ισχυρή παρόθηση για πειραματική πρακτική στη Φυσική.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΚΑΙ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η χρήση της EP (Souza, & Duarte, 2015) και της TN (Kotsis, 2024) ως μέσα για την πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και της Φυσικής ειδικότερα, προέκυψε μέσα από μία σειρά από αιτίες και συνθήκες.

Αρχικά ο πειραματικός εξοπλισμός στην εκπαίδευση υφίσταται φθορές και απώλειες και η ύπαρξη πειραματικών εργαλείων χαμηλού συνήθως κόστους (όπως στην Εκπαιδευτική Ρομποτική) και εργαλείων μοντελοποίησης και προσομοίωσης (όπως σε διάφορα περιβάλλοντα Τεχνητής Νοημοσύνης) αποτελεί μία βασική διέξοδο σε αυτό. Να τονιστεί ότι οι διατάξεις EP είναι μικρής κλίμακας (όγκου) σε σχέση με τις κλασικές

πειραματικές συσκευές, ενώ βέβαια τα περιβάλλοντα ΤΝ απαιτούν απλά τη χρήση υπολογιστή και του Διαδικτύου.

Άλλος, πολύ σημαντικός λόγος είναι, τα τελευταία 25-30 χρόνια, η πλατεία διάδοση και εδραίωση της εκπαίδευσης STEM, ενός διεπιστημονικού εκπαιδευτικού πεδίου, στηριγμένου σε τεχνικές σχεδίου δράσης (project), όσο και στη διερεύνηση (inquiry) και την επίλυση προβλήματος. Δεδομένου ότι τόσο η Εκπαιδευτική Ρομποτική, όσο και τα εργαλεία Τεχνητής Νοημοσύνης αποτελούν κεντρικές συνιστώσες του STEM, ακολούθησαν και αυτές μία αντίστοιχη πορεία εξάπλωσης και εδραίωσης στην εκπαιδευτική κοινότητα.

Επιπρόσθετα συγκεκριμένες περιοχές της Φυσικής είναι αδύνατο να καλυφθούν με κλασική πειραματική διδασκαλία, όπως η Αστροφυσική, η Σχετικότητα, η Κβαντομηχανική και άλλες, καθιστώντας πολύτιμη τη συμβολή της ΤΝ. Αντίστοιχο επιχείρημα υφίσταται και για την ΕΡ, με πιο κλασικό παράδειγμα την Ηλεκτρονική (δίοδοι LED, τρανζίστορς, ποτενσιόμετρα και άλλα), έναν κατ' εξοχήν κλάδο της Φυσικής που - θεωρούμε ότι - δύσκολα θα “κατέβαινε” σε χαμηλότερες βαθμίδες Εκπαίδευσης από την Τριτοβάθμια, χωρίς τη συμβολή της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής.

Επιπρόσθετα, μέσα σε Κατασκευαστικά Εποικοδομητικά (Constructionist) πλαίσια, οι Luciano και άλλοι (2019) καταδεικνύουν ότι η πειραματική εκπαίδευση στη Φυσική με τη συνδρομή της Ρομποτικής, σχετίζεται άμεσα με διδακτικούς στόχους όπως η ικανότητα επίλυσης προβλήματος, η δημιουργικότητα και η κριτική συλλογιστική.

Κατ' αντιστοιχία, η χρήση και ένταξη της ΤΝ στην πειραματική διδασκαλία της Φυσικής σχετίζεται με κλάδους όπως η Γνωσιακή Ψυχολογία, η Επιστήμη των Υπολογιστών και η Εκπαιδευτική Τεχνολογία και άπτεται ζητημάτων όπως είναι η εξατομίκευση της μάθησης και η “ευκαμψία” της διδασκαλίας στη Φυσική (Tong, Zheng & Wan, 2019)

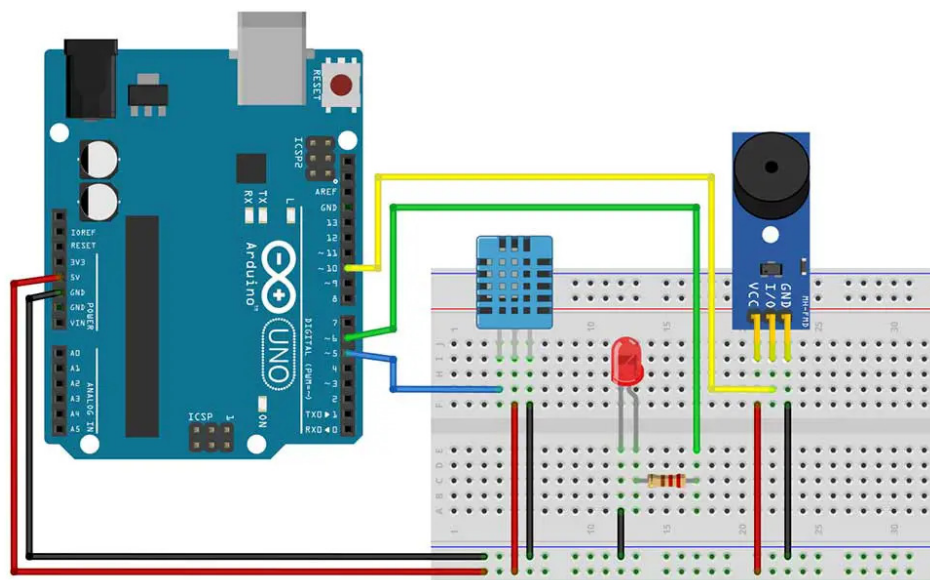
ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

Οι τρεις πιο δημοφιλείς πλατφόρμες Εκπαιδευτικής Ρομποτικής αυτή τη στιγμή, στην Ελληνική Εκπαίδευση είναι - χωρίς αμφιβολία - τρεις: το Arduino, το Lego Spike και το BBC Micro:bit. Και οι τρεις έχουν ευρεία χρήση διεθνώς, σε ό,τι αφορά την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής, σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Petry et al., 2016; Petrovič, 2021; Kalelioglu & Sentence, 2020, Quyen, Van Bien, & Thuan, 2023). Κάθε μία, όμως, από τις τρεις αυτές πλατφόρμες Εκπαιδευτικής Ρομποτικής έχει δικά της ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα, που την καθιστούν κατάλληλη για συγκεκριμένα επίπεδα μαθητών και συγκεκριμένες ενότητες στη διδασκαλία της Φυσικής.

A. Το Arduino

Το Arduino είναι μικρο-ελεγκτής. Παίρνει “είσοδο” από τον υπολογιστή με τον οποίο συνδέεται και μπορεί να τροφοδοτείται με ρεύμα από αυτόν. Αντίστοιχα παράγει “κάτι” ως έξοδο. Η “είσοδος” μπορεί να γίνει είτε γράφοντας κώδικα στο δικό του περιβάλλον προγραμματισμού (IDE, βασισμένο στη γλώσσα C++) είτε με

περιβάλλοντα προγραμματισμού “με πλακίδια” (επί παραδείγματι το Scratch for Arduino, S4A). Αυτή η λογική του ότι προγραμματίζει κανείς κάτι και βλέπει πλέον το αποτέλεσμα όχι στην οθόνη του υπολογιστή, αλλά σαν υλικό δημιούργημα μπροστά του (π.χ. σε αυτό που λέγεται “πλακέτα υλοποίησης κυκλωμάτων” ή breadboard) κάνει το Arduino να υπάγεται σε αυτό που ονομάζεται “φυσική υπολογιστική” ή “φυσικός προγραμματισμός” (physical computing).



Εικόνα 1. Διάταξη “Συναγερμού Θερμοκρασίας” με Arduino (Ramos, 2024, Αναμορφωμένη εικόνα: Αναστάσιος Κόλλιας)

Σημαντικά πλεονεκτήματα του Arduino για την εκπαιδευτική του χρήση είναι το πολύ χαμηλό του κόστος, το ελεύθερο υλικό προγραμματισμού και τεκμηρίωσης που βρίσκει κανείς στο Διαδίκτυο, το μικρό του μέγεθος και άλλα.

Ειδικότερα όμως σε ότι αφορά την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής, θα λέγαμε ότι αυτό που το καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμο και δημοφιλές είναι τα κυκλώματα που μπορεί να υλοποιήσει ο διδάσκων και ο μαθητής στο breadboard και που περιλαμβάνουν πλήθος οντοτήτων Φυσικής και, κυρίως, η τεράστια γκάμα αισθητήρων που χρησιμοποιεί σαν input και που μετρούν πάρα πολλά Φυσικά μεγέθη (θερμοκρασία, απόσταση, ένταση φωτός και πολλά άλλα). Επιπρόσθετα, η χρήση οθόνης LCD (Liquid Crystal Display) σε σύνδεση με τον μικρο-ελεγκτή, παρέχει συχνά τη δυνατότητα, τα φυσικά μεγέθη που λαμβάνονται πειραματικά ως είσοδος, και καταγράφονται στη Σειριακή Οθόνη (Serial Monitor), να προβάλλονται σε πραγματικό χρόνο και να είναι διαθέσιμα για καταγραφή ή επεξεργασία.

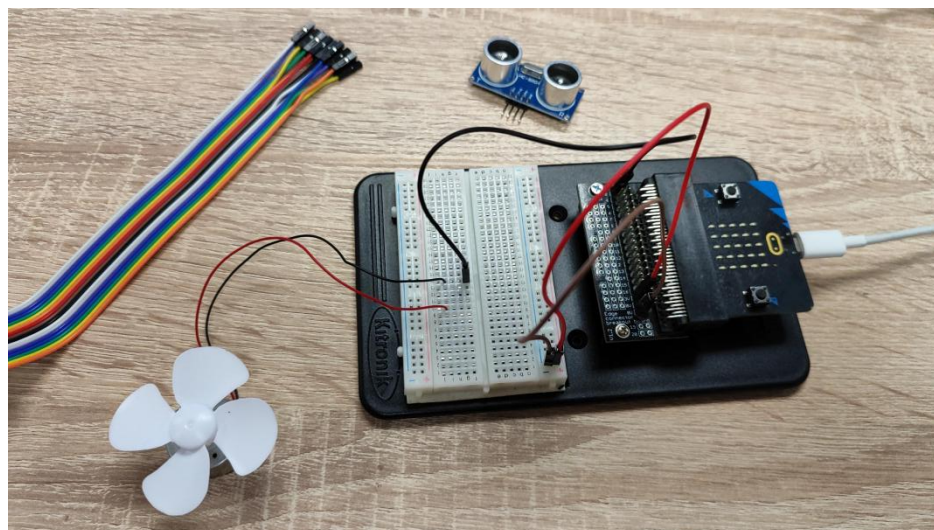
Στην πειραματική διάταξη της Εικόνας 1 (Ramos, 2024), ένα Arduino λαμβάνει - με έναν αισθητήρα - τιμές θερμοκρασίας ως είσοδο και όταν οι τιμές αυτές υπερβούν ένα όριο, ανάβει ένα λαμπάκι LED (φωτοδίοδος) και ενεργοποιείται ένας πιεζοηλεκτρικός βομβητής. Έτσι καταγράφουμε τιμές θερμοκρασίας μέσα σε κάποια όρια (πειραματικά) και μετά έχουμε “συναγερμό”. Αν προσθέσουμε και οθόνη LCD, οι τιμές θερμοκρασίας που καταγράφονται από το σύστημα, μπορούν και να

προβάλλονται.

B. Το BBC Micro:bit.

Το Micro:bit είναι και αυτό ένας μικρο-ελεγκτής, που έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά με το Arduino. Φτιάχτηκε από την Βρετανική τηλεόραση, σε συνεργασία με επιστήμονες υπολογιστών, προκειμένου να φέρει παιδιά μικρότερης ηλικίας σε επαφή με τον προγραμματισμό, τη “φυσική υπολογιστική” και την εκπαιδευτική Ρομποτική. Είναι ακόμη πιο μικρό σε διαστάσεις και ακόμη πιο οικονομικό από το Arduino. Απευθύνεται, ως εκ τούτου, γενικά, σε μαθητές πιο μικρούς από ότι το Arduino. Εδώ το περιβάλλον προγραμματισμού είναι κυρίως διαδικτυακό, ωστόσο υπάρχει πλέον εφαρμογή που μπορεί να εγκατασταθεί τοπικά. Χαρακτηριστικό του αποτελεί πως υποστηρίζει περιβάλλον προγραμματισμού “με πλακίδια”, αλλά και τις πολύ δημοφιλείς γλώσσες Python και Java (<https://microbit.org/code/>).

Το Micro:bit έχει “βάσεις επέκτασης” που του επιτρέπουν να συνδέεται με breadboard, σε παρόμοια λογική με το Arduino, και μπορεί να “τρέχει” και προσομοιωμένα στην οθόνη του περιβάλλοντος προγραμματισμού (κάτι που το Arduino δεν κάνει, απλά στο S4A είναι “ορατό”. Ωστόσο, το ψηφιακό περιβάλλον του Tinkercad, www.tinkercad.com/circuits, προσφέρει τη λειτουργική μοντελοποίηση και των δύο πλατφορμών Εκπαιδευτικής Ρομποτικής). Έχει περίπου ίδιους αισθητήρες με το Arduino για πειραματική διδασκαλία, ενώ έχει επιπλέον και ενσωματωμένους κάποιους αισθητήρες *πάνω* στην πλακέτα, επί παραδείγματι αισθητήρα επιτάχυνσης, κάτι που το Arduino δεν έχει, με εξαίρεση μερικές εκδοχές του (ενδεικτικά: Arduino Nano).



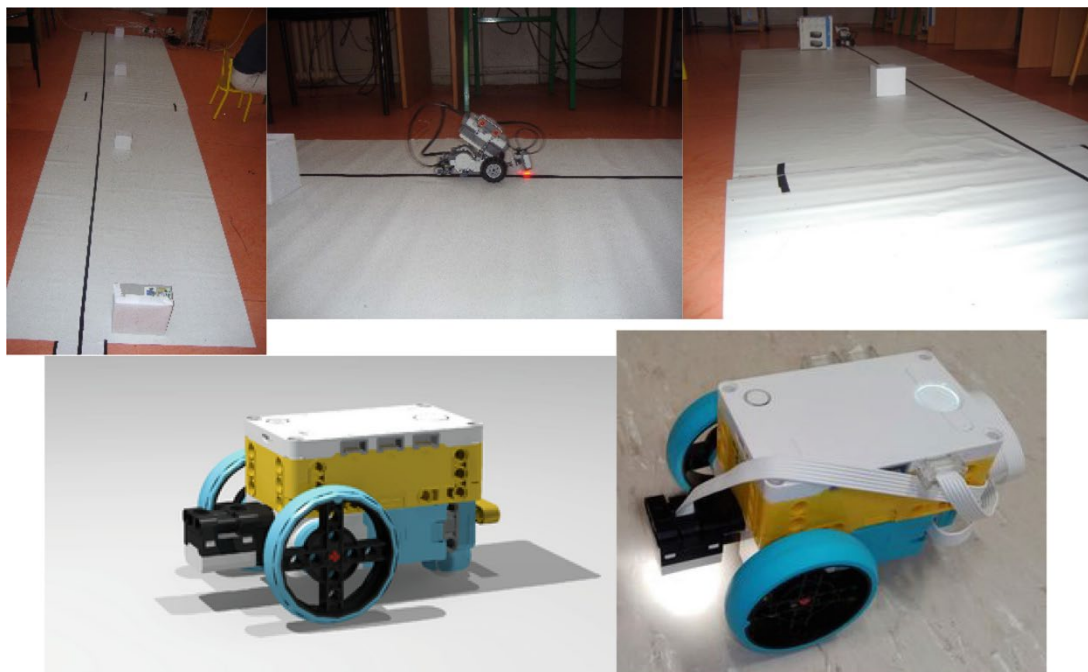
Εικόνα 2. Καταγραφή (ποιοτικά) της επιτάχυνσης μέσα από την ταχύτητα περιστροφής ενός ανεμιστήρα, με Micro:bit και αισθητήρα επιτάχυνσης (Kitronik, 2016, Αναμόρφωση εικόνας: Αναστάσιος Κόλλιας)

Σαν παράδειγμα χρήσης του Micro:bit για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής,

δίνουμε μία διάταξη που εικονίζεται στην Εικόνα 2, και καταγράφει ποιοτικά την επιτάχυνση της πλακέτας, όπως την μετράει ο αισθητήρας, απεικονιζόμενη στην ταχύτητα περιστροφής ενός μικρού ανεμιστήρα. Όταν η επιτάχυνση μεγαλώνει ο ανεμιστήρας γυρίζει πιο γρήγορα. Επιπρόσθετα, όταν αλλάξει φορά η επιτάχυνση, αλλάζει φορά και η περιστροφή του ανεμιστήρα! Η διάταξη αποτελεί εργαστηριακή άσκηση στο Εργαστήριο Ρομποτικής του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Γ. Το Lego Spike (Essential / Prime)

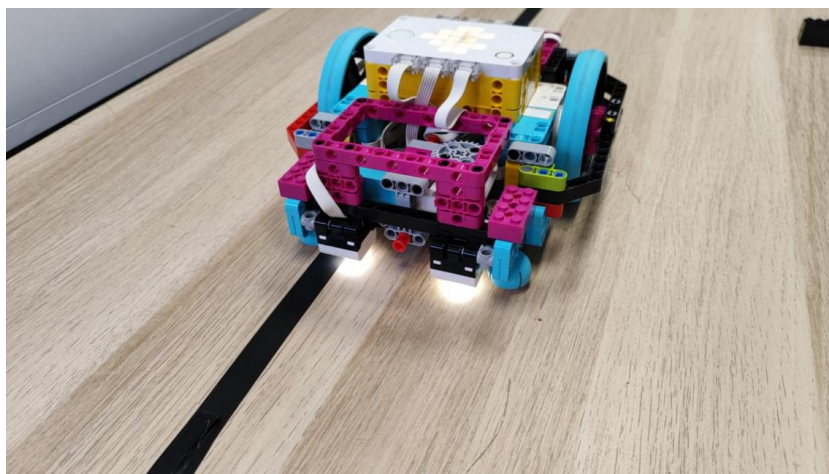
Το Lego είναι μία διάταξη Εκπαιδευτικής Ρομποτικής αρκετά μεγαλύτερου κόστους από τις δύο άλλες. Προσομοιάζει όμως περισσότερο στην κλασική εικόνα ενός Ρομπότ εκπαιδευτικής χρήσης. Προγραμματίζεται πλέον και αυτό αποκλειστικά μέσα από τον υπολογιστή, αν και μέχρι την έκδοση EV3 - εν αντιθέσει με τα δύο προηγούμενα – είχε και μία υπολογιστική αυτονομία, δηλαδή προγραμματιζόταν και με εντολές - μενού που διέθετε εσωτερικά. Το Lego διαθέτει και αυτό αισθητήρες απόστασης, χρώματος, έντασης φωτός, πίεσης και γυροσκόπιο, λιγότερους από τις δύο προαναφερθείσες διατάξεις. Παρ' όλα αυτά, διαφαίνεται μία τάση σε όλες τις εταιρείες να ενοποιηθούν οι αισθητήρες και να είναι κοινói σε όλα τα είδη Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Επίσης το Lego ΔΕΝ διαθέτει σε τόσο βαθμό ελεύθερο λογισμικό, όσο οι δύο προηγούμενες πλατφόρμες. Υποστηρίζει δύο εκδόσεις προγραμματισμού με πλακίδια (Block Programming) τα Icon Blocks και τα Word Blocks, καθώς και μια ειδική έκδοση της Python.



Εικόνα 3. Πείραμα μέτρησης της μέσης ταχύτητας με Lego NXT και Lego Spike Prime (Petrovič, 2021)

Η χρήση του Lego Spike, τόσο του Prime (πρώην Mindstorms EV-3), που αφορά

μαθητές δευτεροβάθμιας και ύστερης πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, όσο και του Essentials (πρώην WeDo) που αφορά μικρότερες ηλικίες Δημοτικού, εκτείνεται και αυτή σε αρκετές περιοχές της εργαστηριακής διδασκαλίας της Φυσικής. Θα λέγαμε όμως ότι η μεγάλη δυναμική του είναι στη διεξαγωγή και διδασκαλία πειραμάτων Κινηματικής και γενικότερα Μηχανικής. Στην Εικόνα 3 φαίνεται μία διάταξη από Lego NXT και Lego Spike Prime, για τη μέτρηση της μέσης ταχύτητας (η συσκευή κινείται σε τμήματα τροχιάς) (Petrovič, 2021).



Εικόνα 4. Το πιο σύγχρονο μοντέλο του Lego Spike Prime, που χρησιμοποιούμε για το πείραμα της μέσης ταχύτητας, αντί του παλαιότερου Lego NXT. (Φωτογραφία: Αναστάσιος Κόλλιας)

Στην εικόνα 4 φαίνεται το πιο σύγχρονο μοντέλο του Spike Prime, που χρησιμοποιούμε στο ίδιο πείραμα, για τα τμήματα της τροχιάς, καταργώντας τελείως το παλαιότερο Lego NXT.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ

Παράδειγμα λογισμικού Τεχνητής Νοημοσύνης που τελευταία χρησιμοποιείται ευρέως για τη διδασκαλία της Φυσικής (Callaghan et al., 2021) είναι το Labster (www.labster.com). Το Labster προσφέρει στους μαθητές μία σειρά από εικονικά πειράματα, τύπου hands-on, με το επιπρόσθετο χαρακτηριστικό ότι οι προσομοιώσεις “προσαρμόζονται” στις ενέργειες του μαθητή / της μαθήτριας και δίνουν - σε πραγματικό χρόνο - ανατροφοδότηση και πειραματική καθοδήγηση. Στην Εικόνα 5 φαίνεται ένα στιγμιότυπο οθόνης από το Labster, το οποίο προσομοιώνει πείραμα για τη διατήρηση της ενέργειας.

Ένα δεύτερο, πολύ ευρέως χρησιμοποιούμενο λογισμικό TN για τη δημιουργία πειραμάτων Φυσικής στην τάξη είναι το Magic School Science-Lab_Generator (www.magicschool.ai/tools/science-lab-generator).



Εικόνα 5. Στιγμιότυπο οθόνης από προσομοίωση του περιβάλλοντος TN Labster, η οποία προσομοιώνει πειράματα για τη διατήρηση της ενέργειας.

Εδώ, το περιβάλλον TN αλληλεπιδρά πιο πολύ με τον διδάσκοντα, δηλαδή ο/η εκπαιδευτικός κάνει μία σειρά από επιλογές μέσα από ένα μενού: σε τι βαθμίδα απευθύνονται τα πειράματα Φυσικής που θέλει να κάνει, ποια ενότητα θέλει να διδάξει, ποιο το υπόβαθρο των μαθητών, γενικά ποιο είναι το πειραματικό πλαίσιο και τέλος ποιοι είναι οι διδακτικοί του στόχοι στο πείραμα και το περιβάλλον TN του παράγει - σε πλήρη περιγραφή ένα ή περισσότερα πειράματα με τις προδιαγραφές αυτές, καθώς και διαμορφωτική αξιολόγηση πάνω σε αυτά.

Generate an engaging science lab based on topics and standards of your choice.

Grade level:

6th grade

Science Lab Description:

Ways of Heat Transfer

Additional Context:

My students are at the very beginning of their study of heat, so please provide as much background information as possible in the lesson.

Standards Set to Align to:

NGSS

Generate

Εικόνα 6. Οι επιλογές που κάνει ο εκπαιδευτικός για το περιβάλλον TN Magic-School-Science-Lab-Generator, ώστε να παραχθεί ένα πείραμα για τους τρόπους διάδοσης της Θερμότητας

Για παράδειγμα, στην Εικόνα 6, ο εκπαιδευτικός κάνει επιλογές και περιγραφές που αφορούν πειράματα για τους τρόπους διάδοσης θερμότητας, σε επίπεδο βαθμίδας 6 (ΣΤ΄ Δημοτικού). Αντίστοιχα στην Εικόνα 7, φαίνεται το πείραμα που παράγει και περιγράφει το περιβάλλον TN “Magic School - Science Lab Generator” και στην Εικόνα 8 οι στόχοι που θέτει (πχ κατά NGSS).

Science Lab: Ways of Heat Transfer

Objective:

In this lab, students will explore the different ways heat can be transferred and understand the concepts of conduction, convection, and radiation.

Materials Needed:

- Metal spoon
- Plastic spoon
- Styrofoam cup
- Water
- Heat source (like a candle or lamp)
- Thermometer

Procedure:

1. Fill one Styrofoam cup and one metal spoon with hot water.
2. Place the metal spoon in the hot water and observe what happens.
3. Place the plastic spoon in the hot water and observe what happens.
4. Hold the metal spoon above the heat source and observe.
5. Hold the plastic spoon above the heat source and observe.

Observations:

- Record your observations of what happened in each step.
- Note any differences you observed between the metal and plastic spoons.

Analysis:

- Based on your observations, explain how heat was transferred in each scenario.
- Identify which method of heat transfer (conduction, convection, radiation) was at play in each case.

Reflection Questions:

1. Why do you think the metal spoon felt hotter than the plastic spoon?
2. How does heat transfer impact our daily lives?
3. Can you think of any real-life examples of conduction, convection, and radiation?

Assessment:

- Write a short paragraph explaining the concept of heat transfer to someone who has never heard of it before.
- Draw and label a diagram showing conduction, convection, and radiation.

NGSS Standards:

Εικόνα 7. Το πείραμα για τους τρόπους διάδοσης της Θερμότητας που παράγει το περιβάλλον TN “Magic-School-Science-Lab-Generator”

- MS-PS3-3: Apply scientific principles to design, construct, and test a device that either minimizes or maximizes thermal energy transfer.
- MS-PS3-4: Plan an investigation to determine the relationships among the energy transferred, the type of matter, the mass, and the change in the average kinetic energy of the particles as measured by the temperature of the sample.

This lab provides a hands-on opportunity for 6th-grade students to explore heat transfer concepts and engage in scientific inquiry. It is designed to build a strong foundation for their understanding of thermal energy and its applications in the real world.

Εικόνα 8. Οι στόχοι και η γενική περιγραφή του πειράματος για τους τρόπους διάδοσης της Θερμότητας που παράγει το περιβάλλον TN “Magic-School-Science-Lab-Generator”

Παρόμοιας λογικής περιβάλλον TN με το “Magic School”, είναι και το “EduAide” (www.eduaide.ai) που έχει “δημιουργούς περιεχομένων μαθήματος” (“content

generators”) και ειδικά ένας από αυτούς, το “Lab + Material List” εμphasίζει σε δημιουργία εργαστηριακών και πειραματικών δραστηριοτήτων.

Άλλα περιβάλλοντα TN, όπως το ιδιαίτερα δημοφιλές στην εκπαίδευση “Wolfram Alpha” (www.wolframalpha.com) είναι πολύ κατάλληλα για επεξεργασία πειραματικών μετρήσεων από τους μαθητές (πχ εύρεση μέσης τιμής, υπολογισμός πηλίκων, ριζών κλπ).

Ευρέως χρησιμοποιούμενο για πειραματικές προσομοιώσεις Φυσικής είναι και το περιβάλλον TN, “Spline” (www.spline.design) στο οποίο χτίζονται εξ’ ολοκλήρου τρισδιάστατες προσομοιώσεις πειραμάτων Φυσικής, με τον χρήστη/μαθητή να κατασκευάζει τα αντικείμενα και τις αλληλεπιδράσεις τους από μενού επιλογών.

Ακόμη όμως και κλασικά περιβάλλοντα TN, όπως το ChatGPT είναι πολύ χρήσιμα για την ανάλυση πειραματικών ευρημάτων και την ανατροφοδότηση των μαθητών. Ενδεικτικά, “δίνοντας στο ChatGPT την παρακάτω ερώτηση:

” I measured the period of a pendulum 4 times. The results are: 2.2 s, 2.3 s, 7.8 s and 2.4 s. What went wrong?”

λαμβάνεται η απάντηση:

“In the measurements of the pendulum's period, one value (7.8 seconds) is significantly different from the others (2.2, 2.3, and 2.4 seconds). This discrepancy indicates that something likely went wrong with the measurement of 7.8 seconds. Here are a few possible reasons for this outlier:

1. **Measurement Error:** There might have been a mistake during the measurement process, such as starting or stopping the timer too early or too late.
2. **Counting Error:** It's possible that the number of oscillations was miscounted. For example, the person measuring might have counted multiple oscillations as one or missed counting some oscillations.
3. **Environmental Factors:** Something in the environment could have temporarily affected the pendulum's motion, such as a gust of wind or an accidental disturbance.
4. **Recording Error:** There could have been an error in recording the data. The actual measured period might have been incorrectly noted down as 7.8 seconds instead of a value close to the other measurements.
5. **Faulty Equipment:** The timer or the apparatus used for measuring might have malfunctioned or been improperly calibrated during that particular measurement.

Given that the other three measurements (2.2, 2.3, and 2.4 seconds) are relatively consistent, it is reasonable to conclude that the 7.8-second measurement is an outlier caused by one of the above errors. Ignoring or repeating the measurement would be a practical approach to ensure accurate results.”

Γίνεται φανερό ότι περιβάλλοντα ΤΝ παρέχουν συχνά γόνιμη ανατροφοδότηση και ανάλυση στην πειραματική πρακτική των μαθητών.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ

Τόσο η Εκπαιδευτική Ρομποτική, όσο και η Τεχνητή Νοημοσύνη εξυπηρετούν - θεωρούμε - συγκεκριμένους διδακτικούς στόχους και παρέχουν συγκεκριμένα μαθησιακά οφέλη, μέσα από την ένταξη τους στην εργαστηριακή διδασκαλία της Φυσικής:

- Ο μαθητής/η μαθήτρια έχει πολύ αυξημένο βαθμό αλληλεπίδρασης με την πειραματική διάταξη. Συχνά συμμετέχει και στον καθεαυτό σχεδιασμό το πειράματος.
- Υπάρχει διαρκής ανατροφοδότηση και βρόχοι δοκιμής-και-λάθους κατά την εμπλοκή με τη διαδικασία.
- Διευκολύνεται η - όσο συχνή επιλεγεί - **καταγραφή (recording)** των μετρήσεων, με ταυτόχρονη ανάλυση και επεξεργασία τους σε πραγματικό χρόνο ή μετά.
- Μπορούν να εντοπιστούν συστηματικά ή τυχαία πειραματικά σφάλματα και να αποπειραθεί επί τόπου ερμηνεία τους.
- Ο μαθητής/μαθήτρια ή φοιτητής/φοιτήτρια μπορεί εύκολα να επιλέγει και να αντικαθιστά τον εξοπλισμό αν κάτι δεν του/της κάνει ή φθάρηκε. Αυτό γίνεται συνήθως με πολύ χαμηλό κόστος ή και σε εικονικό περιβάλλον.

ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Είναι φανερό ότι, τόσο σε ό,τι αφορά την Εκπαιδευτική Ρομποτική, όσο και σε ό,τι αφορά την Τεχνητή Νοημοσύνη υπάρχουν σαφείς περιορισμοί δεοντολογίας σε ό,τι αφορά τη χρήση τους στην πειραματική διδασκαλία της Φυσικής.

Κατ' αρχήν, είναι βασικό να θυμάται τόσο ο διδάσκων όσο και οι μαθητές ότι κινούμαστε πάντα σε ένα περιβάλλον **διερεύνησης (inquiry)**. Διαφορετικά, και τα δύο εργαλεία αυτά όχι μόνο χάνουν τη δυναμική τους στην πειραματική διδασκαλία, αλλά λειτουργούν κατά αντίστροφο τρόπο, ως εμπόδια στη μάθηση και τη βελτίωση του μαθητή.

Η διδασκαλία πχ της Ρομποτικής με συμπεριφοριστικό τρόπο (“πάρε αυτό το καλώδιο, βάλε το εκεί”, “σύνδεσε το μπουτόν εδώ”, κλπ) μόνο αρνητικές επιπτώσεις μπορεί να έχει στη μάθηση.

Παρομοίως στην ΤΝ, είναι τελείως λάθος να τη χρησιμοποιούμε στην παραγωγή έτοιμων απαντήσεων ή σχεδίων πειραμάτων, αλλά **μόνο** επικουρικά, αφού έχουν προηγηθεί απόπειρες σχεδιασμού, ερμηνείας κλπ., από τα μανθάνοντα υποκείμενα.

Επιπρόσθετα η - αναπόφευκτη - εμπορική χροιά που έχουν και τα δύο αυτά εργαλεία, η ΕΡ και η ΤΝ, καθ' όσον σε μεγάλο βαθμό προωθούνται και από εταιρείες, οφείλει

από το διδάσκοντα να περιορίζεται στο ελάχιστο και να περιορίζεται σε ό,τι επισήμως έρχεται από την εκπαιδευτική δομή στην οποία υπαγόμαστε.

Είναι πολύ σημαντικό, ακόμη, να μην ενθαρρύνεται η ατομική αλληλεπίδραση του μαθητή με τη διάταξη της ΕΡ ή με τον υπολογιστή (στην περίπτωση της ΤΝ), αλλά να παραμένουμε στα πλαίσια της συνεργατικής μάθησης, σε ομάδες με τα γνωστά μαθησιακά και άλλα οφέλη.

Τέλος, δεν θα πρέπει να μας διαφεύγει ότι και τα δύο αυτά σύγχρονα εργαλεία - όπως και κάθε μέσο και πρακτική στην πειραματική διδασκαλία ης Φυσικής - οφείλουν να είναι ανοικτά σε όλες τις κοινωνικές, φυλετικές και άλλες ομάδες μαθητών και να ενθαρρύνουμε όλους και όλες να εμπλέκονται ισχυρά με αυτά, χωρίς αποκλεισμούς φυλής, φύλου, κοινωνικής τάξης, εθνικότητας, κοινωνικής ομάδας, θρησκευματος, αναπηρίας κλπ.

ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΜΕΣΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Αποτελεί σταθερή πεποίθησή μας ότι η κλασική, hands-on, εμπλοκή με πειράματα Φυσικής αποτελεί την καλύτερη διδακτική πρακτική και θα ήταν επιθυμητό να μην εγκαταλειφθεί ποτέ, να την προάγουμε δε, ως διδάσκοντες, σε κάθε ευκαιρία (πειράματα επίδειξης, μετωπικά, νοητικά κλπ.).

Από την άλλη - εκτιμούμε - δεν είναι καλό να αγνοηθεί η δυναμική αυτών των δύο καινούργιων εργαλείων, της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και της Τεχνητής Νοημοσύνης (που κάποτε αλληλο- επικαλύπτονται κιόλας στην Εκπαιδευτική Πράξη), όπως και οι μεγάλες προοπτικές που δίνουν - αν γίνει κατάλληλη χρήση τους - για το μέλλον της Εκπαίδευσης στη Φυσική.

Σε μία πρώτη ανάγνωση, ανοίγει το πεδίο για την πειραματική εμπλοκή με κλάδους της Φυσικής που ήταν πολύ δύσκολο να έχουμε πειραματισμό ως τώρα (ενδεικτικά: Κβαντομηχανική, Σχετικότητα, Θεωρία Χάους, Ηλεκτρονική σε ό,τι αφορά Δημοτικό και Γυμνάσιο).

Επιπρόσθετα, ο ρόλος του μαθητή ως *σχεδιαστή* του πειράματος μπορεί πλέον μελλοντικά να αναβαθμιστεί πάρα πολύ, καθώς και - με τη συνεχή ανατροφοδότηση που παρέχουν τα εργαλεία αυτά - ο ρόλος του ως συν - διαμορφωτή της πειραματικής διαδικασίας, μαζί με τον διδάσκοντα.

Είναι - πιστεύουμε - εφικτό, μέσα από από τα εργαλεία της ΕΡ και της ΤΝ, να φτάσουμε σε μορφές πειραματισμού στη Φυσική, όπου οι μαθητές γίνονται *κατασκευαστές* και *δημιουργοί* οντοτήτων πλέον. Οντοτήτων όπως “έξυπνες” συσκευές, “εικονικές” (virtual) δημιουργίες και άλλες. Ξεφεύγουμε δηλαδή από τον κλασικό πειραματισμό και πηγαίνουμε προς τον πειραματισμό-κατασκευή και τον πειραματισμό-δημιουργία.

Επίσης τα εργαλεία αυτά - με ηλεκτρονικές δομές όπως τα hubs επί παραδείγματι - δύνανται να οδηγήσουν σε ευρείες, διεθνείς κοινότητες χρηστών, που θα

συνδιαλέγονται και θα δημιουργούν πάνω σε νέα εργαλεία και πρακτικές για την εκπαιδευτική Φυσική και την πειραματική Εκπαιδευτική Φυσική.

Ο χρόνος, φυσικά, και ο τρόπος χρήσης των εργαλείων αυτών, θα δείξει αν αυτές οι προοπτικές έχουν βάση και θα υλοποιηθούν ή αν τα εργαλεία αυτά θα τύχουν κακής χρήσης ή θα υποβαθμιστούν. Εμείς, ως άνθρωποι της εκπαίδευσης, οφείλουμε να είμαστε αισιόδοξοι και δημιουργικοί.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Callaghan, N. I., Khaira, S., Ouyang, A., Cadavid, J. L., Chang, H. H., Co, I. L., ... & Kilkenny, D. M. (2021). Discovery: virtual implementation of inquiry-based remote learning for secondary STEM students during the COVID-19 pandemic. *Biomedical engineering education*, 1, 87-94.
- Esportuno, F., & Gerardo, B. (2014). Influence of robotics-aided lessons on students' physics achievement. *WVSU Research Journal*, 3(1), σελ. 1-14.
- Kalelioglu, F., & Sentance, S. (2020). Teaching with physical computing in school: the case of the Micro: bit. *Education and Information Technologies*, 25(4), σελ. 2577-2603.
- Kitronik (2016) Inventor's Kit Experiment 5- Further Help. Ανακτήθηκε από τον ιστότοπο: <https://kitronik.co.uk/blogs/resources/inventors-kit-experiment-5-further-help>, στις 30 Ιουνίου 2024.
- Kotsis, K. T. (2024). Artificial Intelligence helps primary school teachers to plan and execute physics classroom experiments. *EIKI Journal of Effective Teaching Methods*, 2(2).
- Luciano, A., Giacomassi, A., P., Altoé Fusinato, L., Carvalhais Gomes, A., Luciano, Takai, H. (2019) "The educational robotics and Arduino platform: Constructionist learning strategies to the teaching of physics." Στο: *Journal of Physics: Conference Series*, Τόμος 1286, No 1, σελ. 012044. IOP Publishing.
- Mahligawati, F., Allanas, E., Butarbutar, M., H., and Nordin, N., A., N. (2023) "Artificial intelligence in Physics Education: a comprehensive literature review." Στο: *Journal of Physics: Conference Series*, Τόμος 2596, No 1, σελ.. 012080. IOP Publishing, 2023.
- Ospennikova, E., Ershov, M., & Iljin, I. (2015). Educational robotics as an innovative educational technology. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 214, 18-26.
- Petrovič, P. (2021). Spike up prime interest in Physics. Στο: *Robotics in Education: Methodologies and Technologies* (σελ. 146-160). Springer International Publishing.
- Petry, C. A., Pacheco, F. S., Lohmann, D., Correa, G. A., & Moura, P. (2016). Project teaching beyond Physics: Integrating Arduino to the laboratory. Στο: *2016 Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEET)* (σελ. 1-6). Εκδόσεις: IEEE.
- Quyen, K. T., Van Bien, N., & Thuan, N. A. (2023). Micro: bit in Science Education: A systematic review. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 9(1), σελ. 1-14.
- Ramos, S. (2024) Stay Alerted: Building a Temperature Alarm with Arduino & DHT11. Ανακτήθηκε από τον ιστότοπο: <https://arduoinintro.com/articles/projects/stay-alerted-building-a-temperature-alarm-with-arduino-dht11>, στις 30 Ιουνίου 2024

- Souza, M. A., & Duarte, J. R. (2015). Low-cost educational robotics applied to physics teaching in Brazil. *Physics Education*, 50(4), σελ. 482.
- Tong, M. S., Zheng, H. Q., & Wan, G. C. (2019). Improvement of Education Method by Using Artificial Intelligence Technology. Στο: *2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Education (TALE)* (σελ. 1-5). IEEE.
- Παρασκευάς, Μ. (2024). Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Εκπαίδευση. Διάλεξη στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο στις 25 Ιουνίου 2024.

ΠΤΥΧΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

Αναστάσιος Ζουπίδης¹, Βασίλης Τσελφές², Πέτρος Καριώτογλου³

¹Επικ. Καθηγητής ΠΤΔΕ ΔΠΘ, ²Ομότιμος Καθηγητής ΕΚΠΑ, ³Ομότιμος Καθηγητής
ΠΔΜ

azoupidis@eled.duth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή αναλύουμε ποιοτικά, τέσσερις περιπτώσεις επιτυχούς εφαρμογής Διδακτικών-Μαθησιακών Ακολουθιών (DMA), ως προς τα χαρακτηριστικά των εργαστηριακών δραστηριοτήτων με τις οποίες εμπλέκουν τους εκπαιδευόμενους. Η ανάλυση στηρίζεται στην «ταξινόμια των οντοτήτων της εργαστηριακής πρακτικής», του Ian Hacking, όπως μετασχηματίστηκε και χρησιμοποιήθηκε σε διδακτικό-μαθησιακό πλαίσιο. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι διδακτικές προσεγγίσεις της διερεύνησης προμοδοτούν την εργαστηριακή έναντι της θεωρητικής «μορφή ζωής» της επαγγελματικής επιστήμης, με τις θεωρητικές οντότητες να προσεγγίζονται κυρίως μέσω αισθητών τεκμηρίων παρά μέσω αφηρημένων ιδεών ή μαθηματικών μεταβλητών.

Λέξεις κλειδιά: εργαστηριακές επιστήμες, εργαστηριακή διδασκαλία της φυσικής, διδακτικές προσεγγίσεις της διερεύνησης

Αναφορά: Ζουπίδης Α., Τσελφές, Β., & Καριώτογλου, Π. (2025). Πτυχές Εφαρμογής της Εργαστηριακής Διδασκαλίας της Φυσικής στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση στο Πλαίσιο της Διερεύνησης, 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

ASPECTS OF PHYSICS LABORATORY TEACHING IMPLEMENTATION IN COMPULSORY EDUCATION IN THE CONTEXT OF INQUIRY

Anastasios Zoupidis¹, Vasilis Tselfes², Petros Kariotoglou⁵

¹Assistant Professor DPLE DUTH, ²Emeritus Professor NKUA, ³Emeritus Professor
UoWM

azoupidis@eled.duth.gr

ABSTRACT

In this paper, we qualitatively analyze four cases of successful Teaching-Learning Sequences (TLSs) implementation, focusing on the features of the laboratory practices that the learners participate in. Ian Hacking's "taxonomy of the entities of laboratory practice", as transformed and used in a teaching-learning context, serves as the foundation for the analysis. The findings demonstrate that inquiry-based teaching approaches prioritize the laboratory over professional science's theoretical "form of life", approaching theoretical entities primarily through perceptible evidence rather than abstract ideas or mathematical variables.

Keywords: laboratory sciences, physics laboratory-based teaching, inquiry-based teaching

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχει παρατηρηθεί αξιοσημείωτη αύξηση της δημόσιας ενασχόλησης με θέματα που σχετίζονται με την επιστήμη και τα οποία συχνά έχουν προσωπικές, οικονομικές, κοινωνικές και ασφαλώς ευρύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (δες για παράδειγμα, Adúriz-Bravo & Pujalte, 2020· Feinstein & Waddington, 2020· Hofstein et. al., 2011). Ως συνέπεια, η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες παίζει όλο και πιο σημαντικό ρόλο στην απόκτηση των γνώσεων, δεξιοτήτων και ικανοτήτων που απαιτούνται, τόσο για την ενεργό συμμετοχή στον κοινωνικό διάλογο, με στόχο την λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων, όσο και στην ανάληψη σχετικών πρωτοβουλιών παρέμβασης στον ιδιωτικό αλλά και δημόσιο χώρο (δες για παράδειγμα, Hodson, 2003· Osborne, 2023· Valladares, 2021). Αποτέλεσμα είναι, στις μέρες μας, να προωθούνται εμφατικά, μέσω της τυπικής και μη εκπαίδευσης, ικανότητες επιστημονικού γραμματισμού (π.χ. Le Hebel et. al., 2014), κλιματικής αλλαγής (π.χ. Bianchi et.al., 2022), διαχείρισης της «Ανθρωπόκαινης» εποχής μας (π.χ.

Monroe, 2023), μέχρι και ικανότητες διαχείρισης του Ασταθούς, Αβέβαιου, Πολύπλοκου και Αμφίσημου (VUCA) σύγχρονου Κόσμου μας (π.χ. Shliakhonchuk, 2019). Όλες οι παραπάνω ικανότητες περιλαμβάνουν κατά κανόνα τη συνδυασμένη μάθηση επιστημονικών πρακτικών και γνώσεων με στόχους που αναφέρονται στην κατανόηση ζητημάτων και σε συνδυασμένες με αυτή την κατανόηση παρεμβάσεις στο ευρύτερο κοινωνικό και φυσικό πλαίσιο. Παρεμβάσεις που τείνουν να επηρεάσουν αν όχι να διαμορφώσουν, πολλές φορές σε συνεργασία με την Τεχνολογία, αποφάσεις και δράσεις τοπικής ή και παγκόσμιας εμβέλειας.

Όλα τα παραπάνω ρεύματα εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες ή μέσω των φυσικών επιστημών στοχεύουν ως μαθησιακά αποτελέσματα στην ανάπτυξη ικανοτήτων από τους εκπαιδευόμενους. Ενδιαφέρονται δηλαδή για το τι θα μπορούν να κάνουν οι μαθητές μας με τις γνώσεις που θα έχουν κατανοήσει μετά τις διδασκαλίες μας και όχι μόνον για ικανοποιητικά επίπεδα κατανόησης αυτών των γνώσεων. Για παράδειγμα, σύμφωνα με «Το Ευρωπαϊκό πλαίσιο ικανοτήτων βιωσιμότητας» (Bianchi et.al., 2022), οι εκπαιδευόμενοι σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, πρέπει με τη βοήθεια των μαθημάτων επιστήμης, να ασκούνται και να βελτιώνουν τόσο τις γνωστικές τους ικανότητες (συστημικής και κριτικής σκέψης, οριοθέτησης προβλήματος, δημιουργικής σκέψης, ...), όσο και τις παρεμβατικές τους (προώθησης της φύσης, προσαρμοστικότητας, πολιτικής αυτενέργειας, συλλογικής δράσης, ατομικής πρωτοβουλίας...). Γεγονός που σημαίνει ότι οι παραπάνω σύγχρονες εκπαιδευτικές τάσεις τείνουν να υιοθετούν και να προωθούν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο τα εργαστηριακά περιβάλλοντα μάθησης, όπου κυριαρχούν κατά κανόνα οι παρεμβατικές μαθησιακές πρακτικές.

Στην εργασία, μας ενδιαφέρει η εργαστηριακή διδασκαλία στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών, η οποία αποτελούσε από πάντα (δες π.χ. DeBoer, 1991) ένα από τα σημαντικότερα διδακτικά εργαλεία για τους εκπαιδευτικούς, τόσο στις παραδοσιακές δια μεταφοράς προσεγγίσεις του επιστημονικού περιεχομένου, όσο και στις κατά καιρούς καινοτόμες προτάσεις της ανακάλυψης, της εποικοδόμησης, της διερεύνησης και των παραλλαγών τους. Πολύ περισσότερο στις μέρες μας, όπου οι διευρυμένοι στόχοι του επιστημονικού γραμματισμού τείνουν να καθιερώσουν ως κυρίαρχη διδακτική προσέγγιση αυτή της επιστημονικής διερεύνησης/ διερώτησης (Flick & Lederman, 2006· Riga et. al., 2017· Roberts & Bybee, 2014), η οποία παρέχει στους μαθητές και τις μαθήτριες τις ευκαιρίες να έρθουν σε επαφή, να βιώσουν και να εξοικειωθούν με τις επιστημονικές πρακτικές και να παρέμβουν στη φύση και στην κοινότητα μέσα από ερευνητικές διαδικασίες.

Εδώ βέβαια, ένα σημαντικό ζήτημα παραμένει δυσεπίλυτο και αμφίσημο: πρόκειται για το ζήτημα της σύγχυσης που δημιουργείται σχετικά με το αν η «διερεύνηση» είναι μέθοδος διδασκαλίας της επιστήμης ή επιστημολογική περιγραφή της φύσης της επιστήμης (DeBoer, 1991: 309). Πρόκειται για ένα ζήτημα που τις τελευταίες δεκαετίες του 19ου αιώνα είχε λυθεί με τον διαχωρισμό της δηλωτικής επιστημονικής γνώσης (περιεχόμενο) από τη διαδικαστική επιστημονική γνώση (μεθοδολογία), με τα δύο αυτά σαφή πεδία γνώσεων να διδάσκονται ως διακριτά επιστημονικά περιεχόμενα. Ο

εικοστός αιώνας όμως έδειξε και εξακολουθεί να δείχνει μέχρι τις μέρες μας ότι δεν υπάρχει ένα σαφές διαδικαστικό περιεχόμενο επιστημονικής μεθοδολογίας που μπορεί να διδαχθεί ανεξάρτητα από το δηλωτικό περιεχόμενο· υπάρχουν επιστημονικές πρακτικές συνδεδεμένες με τις γνώσεις που χρησιμοποιούν και παράγουν, καθώς και πλήθος εναλλακτικών επιστημολογικών προσεγγίσεών τους, που τις οργανώνουν ως περιγραφές της φύσης των επιστημών. Και εκτιμούμε, ότι με το πρόβλημα αυτό είναι δύσκολο να μην εμπλακούμε, όταν επιχειρούμε να ασχοληθούμε με το πιο διάσημο και μελετημένο σετ επιστημονικών πρακτικών, αυτό που προσεγγίζεται από τον όρο «επιστημονικό πείραμα», στις τρέχουσες μορφές της διδακτικής διερεύνησης.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Ο ρόλος του πειράματος στα ιστορικά μοντέλα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών

Στην ιστορική διαδρομή που διαγράφει η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) φαίνεται να έχουν επικρατήσει τα ακόλουθα μοντέλα /ρεύματα της ΔΦΕ, όπως εμφανίζονται κυρίως στην έρευνα, αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις και στην εκπαιδευτική πράξη, ειδικά σε εκπαιδευτικά και οικονομικά αναπτυγμένες χώρες π.χ. Β. Αμερική και Δυτ. Ευρώπη (Καριώτογλου 2006). Αυτά είναι τα εξής:

- A) Παραδοσιακό (προ του 1960)
- B) Ανακαλυπτικό (1960-80)
- Γ) Εποικοδομητικό (1980-2000)
- Δ) Επιστημονικού γραμματισμού (2000 – 2020)

Στο παραδοσιακό έχουμε έμφαση στη θεωρία, ιδιαίτερα στη δηλωτική γνώση (έννοιες, νόμοι, ερμηνείες...), το δε πείραμα, κυρίως ως πείραμα επίδειξης, χρησιμοποιείται για την επιβεβαίωση της θεωρίας, χωρίς κάποια ιδιαίτερη διδασκαλία στη χρησιμοποιούμενη μέθοδο και την εκμάθησή της (Καριώτογλου 2006).

Στο ανακαλυπτικό που ακολούθησε, έχουμε στροφή στο πείραμα και έμφαση στη διαδικαστική γνώση, κυρίως ως μεταφορά των επιστημονικών πειραματικών διαδικασιών στην τάξη, με στόχο την «ανακάλυψη» της γνώσης (Bruner 1961). Ωστόσο δόθηκε η εντύπωση ότι τα πάντα μπορούν να ανακαλυφθούν από τους μαθητές /τριες, πράγμα ιδιαίτερα δύσκολο, όταν μάλιστα δεν δόθηκε έμφαση στις δυσκολίες των μαθητών, π.χ. εναλλακτικές ιδέες. Οι έρευνες έδειξαν ότι υπήρξε επιτυχία σε συναισθηματικό επίπεδο και στην αλλαγή των στάσεων ως προς τις ΦΕ, πολλοί νέοι ήθελαν να γίνουν επιστήμονες, αλλά όχι και στο γνωστικό επίπεδο, δεν μάθαιναν δηλαδή καλύτερα ΦΕ (Καριώτογλου κ.ά. 1997).

Στο εποικοδομητικό ρεύμα υιοθετείται η άποψη ότι ο μαθητής /τρια (επ)οικοδομεί/ κατασκευάζει τη γνώση, ατομικά ή κοινωνικά, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα την ανάδειξη των αρχικών – εναλλακτικών συνήθως απόψεων των παιδιών (Βοσνιάδου και Brewer, 1993). Στη διάρκεια των μαθημάτων αυτού του ρεύματος επιδιώκεται η μάθηση γνώσης δηλωτικού τύπου, ενώ ο ρόλος του πειράματος περιορίζεται, όταν

προτείνεται και χρησιμοποιείται, για τον έλεγχο των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών /τριών (Ψύλλος κ.ά. 1993).

Στο ρεύμα του επιστημονικού (και σε κάποιες περιπτώσεις και του τεχνολογικού) γραμματισμού υπάρχουν ποικίλες και αποκλίνουσες απόψεις τόσο για το ποιο περιεχόμενο πρέπει να διδαχθεί, όσο και για τους τρόπους με τους οποίους πρέπει να πραγματοποιηθεί η διδασκαλία του. Εδώ συναντάμε από την καθαρή μεταφορά της επιστημονικής γνώσης, ως και προσεγγίσεις με έμφαση στην επιστημολογική και κοινωνική διάσταση των ΦΕ, οι οποίες επιλέγονται με στόχο την άσκηση σε ικανότητες χρήσης της επιστημονικής γνώσης, για την εξυπηρέτηση όχι μόνον γνωστικών στόχων αλλά και παρεμβάσεων στη φύση και την κοινωνία (δες Harlen 2001:84· OECD 2000:10). Σε μια προσπάθεια να ανατρέψουν την έμφαση που δίνονταν στο εποικοδομητικό ρεύμα στη δηλωτική γνώση, σε όλες σχεδόν τις προσεγγίσεις του γραμματισμού, προτείνεται η διερεύνηση ως μέθοδος προσέγγισης της διαδικαστικής γνώσης και του πειράματος που είχε υποβαθμιστεί στη διάρκεια του εποικοδομητικού ρεύματος. Μια σημαντική διαφορά που παρατηρείται σε σχέση με την ανακάλυψη είναι ότι λαμβάνονται υπόψη οι δυσκολίες των μαθητών που είχε αναδείξει το εποικοδομητικό ρεύμα π.χ. εναλλακτικές ιδέες, αλλά και οι δυσκολίες μάθησης της διαδικαστικής γνώσης. Ως κλασικό παράδειγμα θεωρούμε την πρόταση των περισσότερων ερευνητών για τη ρητή διδασκαλία των βημάτων π.χ. της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών και της διαδικασίας του συμπερασμού (Ζουπίδης 2011), γεγονός που θεωρείται ως περίπτωση διδακτικού μετασχηματισμού του διαδικαστικού περιεχομένου (Καριώτογλου 2021).

Υπάρχουν και νεότερες προτάσεις που φαίνεται να εστιάζουν σε σύγχρονα περιεχόμενα ΦΕ, π.χ. νανοτεχνολογία (Manou et al. 2018) ή επιστήμες των υλικών (Psillos & Kariotoglou 2016), με διαφορετικούς πια στόχους, όπως η προετοιμασία εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού στη σχετική βιομηχανία ή και μελλοντικών καταναλωτών σχετικών προϊόντων. Η κλιματική αλλαγή και Τεχνητή νοημοσύνη φαίνεται να βάζουν καινούργια ερωτήματα στη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ, αλλά ακόμη βρισκόμαστε στην αρχή της συζήτησης (Τσελφές 2024).

Πτυχές της διερεύνησης

Η διερεύνηση στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) προσεγγίζεται με τρεις τουλάχιστον συμπληρωματικούς τρόπους, στην προσπάθεια να απαντηθούν τα εξής ερωτήματα: α) τι εννοούμε όταν λέμε διερεύνηση στην εκπαίδευση των ΦΕ, β) ποιος είναι ο σκοπός της διερεύνησης όταν αξιοποιείται στην τάξη και γ) πώς προσδιορίζεται η διερεύνηση στο συνεχές μεταξύ παραδοσιακών και διερευνητικών προσεγγίσεων διδασκαλίας και μάθησης.

α) Καταρχάς, με τον όρο διερεύνηση στις ΦΕ εννοούμε, εν γένει, τον τρόπο με τον οποίο εργάζονται οι επιστήμονες (θέτουν ερωτήματα, παρατηρούν, σχεδιάζουν έρευνες, εξάγουν συμπεράσματα με βάση τεκμήρια, κλπ.), και κατ' επέκταση στην εκπαίδευση, εννοούμε τις δραστηριότητες μέσα από τις οποίες οι μαθητές και οι μαθήτριες προσεγγίζουν τις επιστημονικές έννοιες και διαδικασίες (Bybee 2006· NRC 2000· Pedaste et al. 2015).

β) Επιπλέον, όπως επισημαίνεται από τους Abd-El-Khalick et al. (2004), η διερευνητική διδασκαλία και μάθηση μπορεί να διακριθεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες: α) τη «διερεύνηση ως μέσο» για μάθηση (inquiry as means), δηλαδή τη διερεύνηση ως μια διδακτική προσέγγιση, η οποία στοχεύει κυρίως στην κατανόηση του περιεχομένου των ΦΕ, αυτού που αλλιώς στην βιβλιογραφία το βρίσκουμε ως δηλωτική γνώση, και β) τη «διερεύνηση ως σκοπό» (inquiry as ends), δηλαδή τη διερεύνηση ως μια σειρά αναμενόμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας, τα οποία εκτός από την κατανόηση κάποιου περιεχομένου των ΦΕ, περιλαμβάνουν την κατανόηση του πώς κάνουμε διερεύνηση στο πλαίσιο ενός περιεχομένου των ΦΕ, καθώς και την ανάπτυξη επιστημολογικής κατανόησης της φύσης της επιστήμης και των πρακτικών διερεύνησης (Bybbee 2006· NRC 2000· NRC 2012).

Η μάθηση σε διερευνητικά περιβάλλοντα, και των δύο παραπάνω κατηγοριών, προκύπτει μέσα από διερευνητικές διαδικασίες που στόχο έχουν τη λύση ενός κεντρικού προβλήματος (problem-based inquiry process) και η διερεύνηση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω ανταλλαγής απόψεων με τους συμμαθητές (debating with peers), σχεδιασμό ερευνητικών δραστηριοτήτων, αναζήτηση και συλλογή πληροφοριών, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, χρήση ή/και κατασκευή μοντέλων, παραγωγή συνεκτικής και συνεπούς επιχειρηματολογίας, κ.ά. (Duschl & Grandy 2008· NRC 2000). Η ανάπτυξη αποτελεσματικών τρόπων διάχυσης των διαδικασιών διερεύνησης στους μαθητές σε όλες τις βαθμίδες θεωρείται πολύ σημαντική (δες για παράδειγμα Krajcik 2001· NRC 2012· Sutman et al. 2008· Wenning 2005 και 2007).

γ) Οι προσεγγίσεις της διδασκαλίας και μάθησης οι οποίες χρησιμοποιούν διερευνητικές μεθόδους αποτελούν ένα συνεχές από περιβάλλοντα μάθησης στα οποία ποικίλει ο βαθμός στον οποίο είναι δάσκαλο-κατευθυνόμενα ή μαθητοκεντρικά (Crawford 2007· van Zee 2006). Στο ένα άκρο βρίσκεται η διδασκαλία που στηρίζεται στην μεταφορά της γνώσης και ο δάσκαλος αποφασίζει ποιο περιεχόμενο θα διδάξει, ποιες δραστηριότητες θα χρησιμοποιηθούν και αξιολογεί συνεχώς, ώστε να μετρήσει την μάθηση. Στο άλλο άκρο βρίσκεται η μάθηση που λαμβάνει χώρα καθημερινά και στην οποία ο ίδιος ο μαθητής αποφασίζει τι θα μάθει, πώς θα το μάθει, ποιες πηγές θα χρησιμοποιήσει, και πώς θα αυτοαξιολογηθεί για να ελέγξει τη μάθηση.

Η θέση των διερευνητικών προσεγγίσεων στο συνεχές των περιβαλλόντων διδασκαλίας και μάθησης, μεταξύ των δύο παραπάνω άκρων, εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, όπως οι ίδιοι οι μαθητές, η πρόθεση του δασκάλου, η συγκεκριμένη κατάσταση, ο επιδιωκόμενος στόχος κ.ά. (Crawford 2007). Πιο συγκεκριμένα, οι Bell et al. (2005) και αργότερα οι Blanchard et al. (2010) εντοπίζουν τέσσερα επίπεδα της διερεύνησης: i) την επιβεβαίωση, όπου οι μαθητές επιβεβαιώνουν ένα ερώτημα του εκπαιδευτικού μέσω μιας προσχεδιασμένης διαδικασίας, γνωρίζοντας εκ των προτέρων τα αποτελέσματα της δραστηριότητας, ii) την δομημένη διερεύνηση, όπου οι μαθητές ερευνούν ένα ερώτημα του εκπαιδευτικού μέσω μιας προσχεδιασμένης διαδικασίας, iii) την καθοδηγούμενη διερεύνηση, όπου οι μαθητές ερευνούν ένα ερώτημα του εκπαιδευτικού μέσω δικών τους σχεδιασμών και iv) την ανοιχτή διερεύνηση, όπου οι μαθητές ερευνούν ένα ερώτημα που θέτουν οι ίδιοι, μέσω δικών τους σχεδιασμών. Στα

τελευταία τρία επίπεδα οι μαθητές δεν γνωρίζουν τα αποτελέσματα της δραστηριότητας, κάτι που χαρακτηρίζει σε μικρό ή μεγάλο βαθμό ένα διερευνητικό περιβάλλον μάθησης, και με την έννοια αυτή το πρώτο επίπεδο στην παραπάνω ταξινόμια, αυτό της επιβεβαίωσης, βρίσκεται στην ουσία εκτός του συνεχούς των διερευνητικών περιβαλλόντων μάθησης.

Πτυχές της εργαστηριακής διδασκαλίας σε διερευνητικά περιβάλλοντα

Στην περίπτωση της διερεύνησης οι εργαστηριακές δραστηριότητες χάνουν τη σχετική αυτονομία που είχαν στις προηγούμενες διδακτικές προσεγγίσεις και εντάσσονται στο γενικότερο πλαίσιο μιας δραστηριότητας που προσπαθεί να ακολουθεί τα βήματα της επιστημονικής έρευνας. Δεν παίρνει δηλαδή τον διακριτό ρόλο της δραστηριότητας που «επιβεβαιώνει τη θεωρία» όπως συμβαίνει στην παραδοσιακή διδασκαλία· δεν παίρνει τον ρόλο του υλικού «υποδείγματος/ ανάλογου της θεωρίας» που του επιφυλάσσει η ανακάλυψη· ούτε της υλικής πραγματικότητας που οδηγεί σε εννοιολογική σύγκρουση στην εποικοδόμηση. Εμφανίζεται όταν η συνολική δραστηριότητα της διερεύνησης το χρειάζεται, όπου το χρειάζεται και με όποια μορφή είναι η πλέον κατάλληλη, χωρίς να εξαιρείται καμία από της παραπάνω μορφές που αναφέραμε για τις διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις (Hodson 1988).

Για να δούμε λοιπόν πού και πώς χρησιμοποιούνται τα πειράματα στη διερεύνηση χρειαζόμαστε ένα μοντέλο αναπαράστασης της όλης διερευνητικής διαδικασίας. Ένα μοντέλο, δηλαδή, αναπαράστασης της συνολικής επιστημονικής δραστηριότητας από την οποία αντλεί τα πρότυπά της η διερεύνηση, το οποίο θα πρέπει να διαχωρίζει της αναπαραστατικές δραστηριότητες από τις παρεμβατικές και αναλόγως να αναθέτει ρόλους στα πειράματα. Επειδή το μοντέλο αυτό πρέπει να είναι από τη φύση του επιστημολογικό (μιλά για την επιστημονική δραστηριότητα) και επειδή επιστημολογικά ρεύματα υπάρχουν πολλά, επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε εδώ το πιο γενικό μοντέλο που έχουμε βρει μέχρι στιγμής στη βιβλιογραφία. Το μοντέλο των «πρακτικών των εργαστηριακών επιστημών» του Ian Hacking (1992) το οποίο αφενός εστιάζει στο εργαστηριακό περιβάλλον που μας ενδιαφέρει και αφετέρου περιλαμβάνει όσα εναλλακτικά επιστημολογικά μοντέλα γνωρίζουμε ως υπο-περιπτώσεις. Επιπλέον, το μοντέλο αυτό μιλά για τη δυναμική της παραγωγής της επιστημονικής γνώσης μέσω γενικευμένων πρακτικών και ως τέτοιο μας επιτρέπει, όπως θα φανεί και από την περιγραφή που ακολουθεί, να κάνουμε χρήση των οντοτήτων και των συνδέσεων που το οικοδομούν και στο επιστημονικό και στο εκπαιδευτικό πλαίσιο. Αυτό συμβαίνει επειδή οι πρακτικές που περιγράφει μπορεί να μην είναι υποχρεωτικά επιστημονικές· επιστημονικοί είναι κάποιοι συνδυασμοί από τις πρακτικές αυτές και ως εκ τούτου η χρήση τους στο εκπαιδευτικό πλαίσιο δεν είναι κατά την άποψή μας καταχρηστική. Δεν συνεπάγεται δηλαδή ότι αντιμετωπίζουμε τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς τους ως επιστήμονες.

Το μοντέλο αυτό προκύπτει από την «ταξινόμια των οντοτήτων της εργαστηριακής πρακτικής», του I. Hacking (1992). Σύμφωνα με αυτή την ταξινόμια, η επιστημονική δραστηριότητα των εργαστηριακών επιστημών, επιστημών που «κατασκευάζουν» στο εργαστήριο τα κομμάτια του κόσμου που μελετούν, έχει μια σχετικά αυτόνομη

«εσωτερική ζωή». Η «ζωή» αυτή διαθέτει μια ελάχιστη εσωτερική δυναμική που δεν αλλοιώνεται από τις όποιες εξωτερικές (κοινωνικές ή παραδοσιακές) σχέσεις, άσχετα από το αν οι στόχοι της ή οι προτιμήσεις της σχετίζονται με κοινωνικές, οικονομικές ή πολιτικές παραμέτρους. Ακολουθώντας τις περιγραφές του Hacking (1992, σσ.43-50) και μετασχηματίζοντάς τες στην κατεύθυνση της διδακτικής αναπλαισίωσης, που τελικά μας ενδιαφέρει, μπορούμε να περιγράψουμε την εσωτερική αυτή «ζωή» ως εξής:

Στο εσωτερικό της δραστηριότητας των εργαστηριακών επιστημών οι επιστήμονες διαχειρίζονται τρεις σημαντικές κατηγορίες οντοτήτων, οι οποίες αλληλεπιδρούν δυναμικά μεταξύ τους και μπορούν να μετασχηματίζουν η μια την άλλη. Οι οντότητες αυτές είναι:

Α. Οι «ιδέες» οι σχετικές με το φυσικό φαινόμενο που μελετάται. Εδώ μπορούν να ενταχθούν οντότητες όπως τα ερωτήματα, οι θεμελιώδεις πεποιθήσεις και γνώσεις (που χωρίς αυτές δεν νοείται επιστήμη, αλλά και που παράλληλα, επειδή θεωρούνται δεδομένες, δεν αναφέρονται συστηματικά), οι θεωρητικές έννοιες, η συστηματική θεωρία, τα θεωρητικά μοντέλα, οι τοπικές υποθέσεις, τα μοντέλα των συσκευών, κ.λπ.

Β. Οι υλικές οντότητες του εργαστηριακού μας «κόσμου», όπως το δείγμα, οι πηγές των τροποποιήσεων (συσκευές που επηρεάζουν, μεταβάλλουν ή αλληλεπιδρούν με το δείγμα), οι ανιχνευτές των τροποποιήσεων, τα εργαλεία, οι γεννήτριες των δεδομένων (μπορεί να είναι από τον πειραματιστή μέχρι τα καταγραφικά, τις φωτογραφικές μηχανές ή τα «σκάνερς»), καθώς και τα «ακατέργαστα δεδομένα» (Hacking 1992, σ.44). Τα τελευταία είναι ό,τι παράγουν οι γεννήτριες των δεδομένων. Είναι τα ανερμήνευτα σημάδια, τα γραφήματα των μεταβολών με το χρόνο, οι φωτογραφίες κ.λπ. Τα δεδομένα κατασκευάζονται στο εργαστήριο. Δεν «δίνονται» από τη φύση. Είναι η υλική παραγωγή των συσκευών (Ackermann 1985). Υλικές οντότητες και ακατέργαστα δεδομένα δίνουν υπόσταση στο φαινόμενο μέσα στον πραγματικό «κόσμο» – μέρος του οποίου είναι και ο εργαστηριακός, όπως και ο ίδιος ο επιστήμονας.

Γ. Τα «τεκμήρια» που θεωρούνται ή παρουσιάζονται ως κατάλληλα από τον επιστήμονα και συνυπάρχουν με τον τρόπο κατασκευής τους. Τεκμήρια μπορούν να αποτελούν τα εκτιμημένα δεδομένα (ότι απομένει μετά την εκτίμηση των σφαλμάτων), τα ανηγμένα δεδομένα (ότι απομένει μετά την αναγωγή ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων), τα αναλυμένα δεδομένα (ότι επιλέγεται από τα δεδομένα στη βάση της υπόθεσης ή της ερώτησης), τα προς ερμηνεία δεδομένα (ότι από τα αναλυμένα δεδομένα μπορεί να συνδεθεί με κάποια στοιχεία της συστηματικής θεωρίας) κ.ο.κ.

Οι ιδέες και τα τεκμήρια είναι οντότητες που αναπαριστούν το εργαστηριακό φαινόμενο. Ταυτόχρονα ερμηνεύουν ή εγκυροποιούν οι μεν τα δε. Είναι οντότητες του γνωστικού κόσμου μέσω των όποιων αναπαρίστανται τα φαινόμενα του «πραγματικού κόσμου». Οι επιστήμονες επικοινωνούν μέσω των ιδεών και των τεκμηρίων όταν συζητούν τις προβλέψεις τους, τις ερμηνείες των φαινομένων ή την εγκυρότητά τους. Εδώ, χρησιμοποιούν τον «επιστημονικό λόγο» (συναντάμε τις γραπτές του εκδοχές στις δημοσιεύσεις), ο οποίος σε μεγάλο βαθμό είναι συμβολικός και μαθηματικός.

Από την άλλη μεριά, το φαινόμενο σαν μέρος του υλικού κόσμου είναι πάντα παρόν στο εργαστήριο και με ένα διαφορετικό τρόπο. Ο επιστήμονας αλλά και ο τεχνικός του εργαστηρίου, παρεμβαίνει (Hacking 1995) και κάνει τα πράγματα να «δουλέψουν» με τον ένα ή τον άλλο τρόπο· αλλά το πραγματικό/ υλικό μέρος του φαινομένου, που δεν μπορεί να μιλήσει για τον εαυτό του, δεν «υποτάσσεται» υποχρεωτικά σε οποιαδήποτε ιδέα ή αναμενόμενο τεκμήριο. Εδώ, οι επιστήμονες επικοινωνούν κατά τη διάρκεια των παρεμβατικών τους δραστηριοτήτων με τους συναδέλφους τους που μπορεί να είναι και τεχνικοί, χρησιμοποιώντας όρους που αναφέρονται σε οντότητες του υλικού κόσμου και σε τρόπους με τους οποίους μπορούν να τις χειριστούν. Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιούν μια μορφή λόγου, που θα μπορούσαμε να την πούμε τεχνική. Ο λόγος αυτός δεν έχει συστηματική σχέση με τον επιστημονικό και είναι κατά κανόνα ανεξάρτητος από τις επιστημονικές ιδέες που εμπλέκονται με τον εκάστοτε πειραματισμό (Radder 1996). Θεωρούμε ότι και μόνο η ύπαρξη αυτής της μορφής λόγου φανερώνει τη σημασία των παρεμβάσεων στο πλαίσιο της επιστημονικής δραστηριότητας.

Έτσι, ο επιστημονικός πειραματισμός είναι επιτυχής, όχι όταν οι ιδέες συμφωνούν απλά με τα τεκμήρια, αλλά όταν ταιριάζουν μεταξύ τους οι ιδέες, η υλική κατασκευή και τα τεκμήρια. Αυτό μπορεί να γίνει με μια ποικιλία από τρόπους: είτε κατασκευάζοντας τα κατάλληλα τεκμήρια (π.χ. επιλέγοντας μεθόδους διαχείρισης των ακατέργαστων δεδομένων), είτε αλλάζοντας κάποιες από τις ιδέες, είτε παρεμβαίνοντας στον υλικό κόσμο και κατασκευάζοντας καινούρια κομμάτια του (π.χ. νέες συσκευές μέτρησης που παράγουν διαφορετικού τύπου ακατέργαστα δεδομένα), είτε, τέλος, με κάποιο συνδυασμό των προηγούμενων. Έτσι, στην εργαστηριακή πρακτική τα προβλήματα της φιλοσοφικής επαγωγής (οι θεωρίες καθοδηγούνται από την παρατήρηση/ τα τεκμήρια) και της φιλοσοφικής παραγωγής (οι παρατηρήσεις/ τα τεκμήρια καθοδηγούνται από τη θεωρία) χάνουν τη σημασία τους. Μεταξύ ιδεών και τεκμηρίων μπορεί κανείς να δημιουργεί σχέσεις χρησιμοποιώντας τότε την επαγωγή (για να επικυρώσει κάποιες ιδέες) και τότε την παραγωγή (για να ερμηνεύσει κάποια τεκμήρια). Αλλά το ουσιαστικό δέσιμο ιδεών και τεκμηρίων γίνεται με την κατασκευή του κατάλληλου κομματιού υλικής «πραγματικότητας». Επιπλέον, στο εσωτερικό της εργαστηριακής πρακτικής και η Ποππεριανή διάψευση αποκτά διαφορετική σημασία από την φιλοσοφική: αν ένα τεκμήριο διαψεύδει μια θεωρητική ιδέα, τότε ίσως κάποιος μπορεί, παρεμβαίνοντας στον υλικό κόσμο, να κατασκευάσει μια νέα «πραγματικότητα» που να του δίνει τα κατάλληλα τεκμήρια.

Στη βάση αυτού του μοντέλου επιχειρούμε στην εργασία μας να διερευνήσουμε την πιθανή ύπαρξη συγκεκριμένων πτυχών της εργαστηριακής διδασκαλίας που οργανώνονται στο πλαίσιο της διερευνητικής διδασκαλίας και μάθησης. Για τον λόγο αυτό αναλύουμε με βάση το παραπάνω μοντέλο τέσσερις περιπτώσεις διερευνητικών Διδακτικών-Μαθησιακών Ακολουθιών (ΔΜΑ) που έχουν οργανώσει, εφαρμόσει και αξιολογήσει συνεργαζόμενοι συνάδελφοι. Οι περιγραφές αυτών των ΔΜΑ παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΜΑΘΗΣΙΑΚΩΝ ΑΚΟΛΟΥΘΙΩΝ (ΔΜΑ)

1^η περίπτωση ΔΜΑ: Εισαγωγή της πυκνότητας μέσω πειραμάτων πλεύσης - βύθισης

Σε διδακτορική διατριβή που ασχολείται με τη διδασκαλία των φαινομένων της πλεύσης και της βύθισης σε μαθητές/τριες Ε΄ Δημοτικού (Ζουπίδης 2011) προτείνεται, μεταξύ άλλων, η χρήση καθώς και η ρητή διδασκαλία της μεθόδου της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ), με σταδιακή μείωση της υποστήριξης στην εφαρμογή της μεθόδου, η οποία αναμένεται να επηρεάσει την εννοιολογική κατανόηση της πυκνότητας καθώς και τις ερμηνείες των μαθητών στα φαινόμενα της πλεύσης και της βύθισης. Οι στόχοι ήταν: α) η κατανόηση της διαδικαστικής γνώσης, δηλαδή πτυχών της ΣΕΜ, για παράδειγμα ότι «για να ελέγξουμε εάν μια μεταβλητή επηρεάζει ένα φαινόμενο, κρατάμε όλες τις άλλες μεταβλητές σταθερές και αλλάζουμε την μεταβλητή που μας ενδιαφέρει», και β) η κατανόηση της έννοιας της πυκνότητας ως εντατικό μέγεθος και η χρήση της ως εργαλείο για την ερμηνεία των φαινομένων της πλεύσης και της βύθισης μέσω του κανόνα «εάν ένα αντικείμενο έχει πυκνότητα μικρότερη από την πυκνότητα του νερού τότε το αντικείμενο επιπλέει στο νερό, ενώ αντίθετα εάν έχει πυκνότητα μεγαλύτερη από την πυκνότητα του νερού τότε το αντικείμενο βυθίζεται στο νερό».

Η διδακτική παρέμβαση οργανώθηκε μέσω Διδακτικής-Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) (Psillos & Kariotoglou 2016) πέντε ενότητων, καθεμία από τις οποίες διαρκεί 80 λεπτά (βλ. Καριώτογλου κ.ά. 2010α και 2010β· Spyrtou et al. 2008). Στην πρώτη ενότητα οι μαθητές εξοικειώνονται με τα φαινόμενα της π/β και εισάγονται με ρητό τρόπο στη μέθοδο ΣΕΜ, κάτι που αποτελεί στοιχείο του διδακτικού μετασχηματισμού για την βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών πρακτικών. Στη δεύτερη ενότητα διερευνούν τους παράγοντες που πιθανόν να επηρεάζουν το φαινόμενο της π/β ομογενούς αντικειμένου, και ασκούνται στη μέθοδο ελέγχου μεταβλητών και εξαγωγής συμπερασμάτων (μέθοδος ΣΕΜ), με σταδιακή μείωση της υποστήριξης στην εφαρμογή της μεθόδου. Στην τρίτη και την τέταρτη ενότητα οι μαθητές εισάγονται στην έννοια της πυκνότητας μέσω οπτικού μοντέλου της και αξιοποιούν το κριτήριο σύγκρισης πυκνοτήτων για την πρόβλεψη ομογενών και σύνθετων αντικειμένων στο νερό και σε άλλα υγρά. Τέλος, στην πέμπτη ενότητα οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν ανοιχτά τεχνολογικά προβλήματα, όπως της ανέλκυσης ενός βυθισμένου πλοίου, αξιοποιώντας την έννοια της πυκνότητας και το κριτήριο σύγκρισης πυκνοτήτων του υλικού ενός αντικειμένου και του υγρού.

Όπως περιγράφεται στην διδακτορική διατριβή (Ζουπίδης, 2011), οι μαθητές/τριες βελτίωσαν σημαντικά την κατανόηση της έννοιας της πυκνότητας ως ιδιότητας των υλικών και τις ερμηνείες τους στα φαινόμενα της π/β της καθημερινής εμπειρίας, μεταβαίνοντας κυρίως από τις ερμηνείες που χρησιμοποιούν ως κριτήριο το βάρος του αντικειμένου σε ερμηνείες που χρησιμοποιούν ως κριτήριο το υλικό του αντικειμένου. Επίσης, στις περιπτώσεις που τους δόθηκε η πυκνότητα των αντικειμένων, οι μαθητές/τριες χρησιμοποίησαν ως κριτήριο για την π/β ενός αντικειμένου τη σύγκριση

πυκνοτήτων του αντικειμένου και του υγρού, καταφέρνοντας μάλιστα να επεκτείνουν τη μάθηση αυτή και σε φαινόμενα που δεν είχαν διδαχθεί. Επιπλέον, οι μαθητές/τριες κατανόησαν σε σημαντικό βαθμό τη μέθοδο ΣΕΜ για τον έλεγχο μιας μεταβλητής, αλλά φάνηκε ότι δυσκολεύτηκαν να κατανοήσουν το σκέλος της μεθόδου αυτής που σχετίζεται με τον συμπερασμό από τον έλεγχο της μεταβλητής. Τέλος, στο πλαίσιο της παραπάνω έρευνας αναδείχθηκε η σημασία της διδασκαλίας και της κατανόησης της διαδικαστικής γνώσης για τον έλεγχο μεταβλητών στην εννοιολογική κατανόηση της πυκνότητας και του φαινομένου της π/β (Zoupidis, Pnevmatikos et al. 2016). Θεωρούμε ότι τα στοιχεία που βοήθησαν στη βελτίωση των απόψεων των μαθητών ήταν η σταδιακή μείωση της υποστήριξης στην εφαρμογή της μεθόδου για τον έλεγχο μεταβλητών και η ρητή διδασκαλία των πτυχών της μεθόδου αυτής. Το ενδιαφέρον σε αυτό το σημείο, με βάση την θεωρητική προσέγγιση του Τσελφέ (2024) σε αυτόν τον τόμο, είναι ότι και στα δύο αυτά στοιχεία υπήρξαν βελτιωτικές αλλαγές, κατά την εξελικτική διαδικασία εφαρμογής της ΔΜΑ από την πρώτη στην δεύτερη εφαρμογή της, όπως αυτές περιγράφονται στο Zoupidis, Spyrtou et al. (2016).

2^η περίπτωση ΔΜΑ: Ενίσχυση των διαισθητικών απόψεων για την πίεση μέσω μέτρησής της σε διάφορα βάθη

Σε διδακτορική διατριβή που ασχολείται με τη διδασκαλία των ρευστών με έμφαση στην πίεση σε μαθητές /τριες Γυμνασίου (Καριώτογλου 1991) και σε ερευνητικό πρόγραμμα σε φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος (ΠΤ) (Kariotoglou 2002) προτείνεται, μεταξύ άλλων, η αξιοποίηση της ΣΕΜ στη διδασκαλία του βασικού νόμου της υδροστατικής, στους/στις παραπάνω εκπαιδευόμενους/ες. Οι στόχοι ήταν α) η ενίσχυση των διαισθητικών ιδεών των εκπαιδευομένων για τη σχέση πίεσης και βάθους: «... η πίεση αυξάνει με το βάθος, γιατί όσο πιο βαθιά κάνουμε βουτιά, τόσο τα αυτιά μας πονάνε πιο πολύ από την πίεση...», που είναι προς την επιστημονική κατεύθυνση, β) η ενίσχυση, με την παραπάνω διαδικασία, της ασθενούς έννοιας της «πίεσης», έναντι τη ισχυρής έννοιας της «δύναμης» και η διευκόλυνση της διάκρισης των εννοιών, μέσω γνωστικής σύγκρουσης. Να σημειωθεί ότι για τους περισσότερους εκπαιδευόμενους (μαθητές/τριες και φοιτητές /τριες ΠΤ) οι δυο έννοιες είναι αδιαφοροποίητες, με κυρίαρχη τη δύναμη (Kariotoglou et al. 1995).

Η διδακτική παρέμβαση οργανώθηκε μέσω διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας (ΔΜΑ) (Psillos & Kariotoglou 2016) οκτώ (8) διδακτικών ωρών συνολικά 4 ενοτήτων – βημάτων. Στην πρώτη ενότητα, επιδιώκεται η εξοικείωση με απλά φαινόμενα και έννοιες της περιοχής, όπως και με ποιοτικά πειράματα. Π.χ. υγρά, αέρια, ρευστά, συμπιεστότητα αερίων αλλά όχι υγρών κλπ. Στη δεύτερη ενότητα, που εστιάζουμε στη μελέτη μας αυτή, ενισχύονται οι διαισθητικές απόψεις, π.χ. για τη σχέση πίεσης και βάθους, ενώ εισάγονται οι εκπαιδευόμενοι /ες σε ποσοτικά πειράματα (σχέση πίεσης και βάθους) και στη διάκριση και έλεγχο μεταβλητών. Στις άλλες δυο ενότητες, προκαλείται γνωστική σύγκρουση στους εκπαιδευόμενους /ες επιδιώκοντας διάκριση πίεσης – δύναμης, παράλληλα πειράματα σύγκρισης πιέσεων σε φαρδύ – στενό δοχείο και δυνάμεων σε φαρδιά – στενή βεντούζα. Τέλος, εφαρμόζεται η νέα γνώση στην μελέτη της αρχής του Pascal και του νόμου των Boyle – Mariotte, μέσω ποσοτικών πειραμάτων (Psillos & Kariotoglou 1999).

Όπως περιγράφεται στην εργασία Kariotoglou (2002), οι φοιτητές/τριες συνάντησαν δυσκολίες στην εκτέλεση των πειραμάτων, πιθανόν λόγω σχετικής απειρίας, π.χ. στη χρήση του ψηφιακού μανόμετρου. Επίσης αντιμετώπισαν εύκολα τη διάκριση και έλεγχο μεταβλητών σε επίπεδο αναπαράστασης, ενώ δυσκολεύτηκαν στην εφαρμογή, π.χ. επιλογή και χρήση των οργάνων. Επιπλέον, δυσκολεύτηκαν στην επεξεργασία μετρήσεων, κυρίως λόγω της ύπαρξης σφαλμάτων στη μέτρηση, που έκανε τις τρεις ομάδες να βρίσκουν λίγο διαφορετικές τιμές πίεσης στο ίδιο βάθος. Τέλος, δυσκολεύτηκαν και στην εξαγωγή συμπερασμάτων ως αποτέλεσμα των μετρήσεων, π.χ. στην επαλήθευση της αρχής του Pascal.

3^η περίπτωση ΔΜΑ: Ενίσχυση των δεξιοτήτων της επιστημονικής μεθόδου, σε πειράματα με μαγνήτες

Σε διπλωματική μεταπτυχιακή εργασία (Τεμερτζίδου 2012) και αντίστοιχη δημοσίευση (Τεμερτζίδου κ.ά. 2014) μελετάται η ικανότητα των νηπίων να ασκούνται στις διάφορες μορφές της ταξινόμησης. Ως όρος περιλαμβάνει ευρύτερα την ομαδοποίηση, τη σειροθέτηση και την οργάνωση σε σύνθετες δομές (Κωνσταντίνου κ.ά. 2004), που αποτελεί μια βασική δεξιότητα που εμπλέκεται σε κάθε αλληλεπίδραση του μικρού παιδιού με το περιβάλλον.

Μελετήθηκαν, μέσω διδακτικού πειράματος (N=30), ατομικά, η ικανότητα των νηπίων να ομαδοποιούν μαγνητικά και μη υλικά, να ομαδοποιούν τα μη μαγνητικά υλικά με δοσμένο ή χωρίς κριτήριο, αν μπορούν να σειροθετούν μαγνήτες κατά φθίνουσα ισχύ, και τέλος αν μπορούν να προβλέπουν και να ελέγχουν την πρόβλεψή τους. Θα εστιάσουμε την παρουσίαση αυτής της πτυχής της πειραματικής διαδικασίας στην τελευταία περίπτωση, δηλαδή στη σειροθέτηση.

Στα νήπια δίνονταν τρεις, εξωτερικά όμοιοι μαγνήτες, διαφορετικής ισχύος και τους ζητούνταν να τους σειροθετήσουν. Να βρουν δηλαδή ποιος είναι ο ισχυρότερος και ποιος ο ασθενέστερος. Αν δεν μπορούσαν, η ερευνήτρια τους έδινε ένα κουτάκι συνδετήρες, ως υποβοήθηση, και ανάλογα με την περίπτωση υπήρχε περαιτέρω υποβοήθηση. Για παράδειγμα, σε περίπτωση αδυναμίας απάντησης, η ερευνήτρια πλησίαζε έναν από τους 3 μαγνήτες στους συνδετήρες και τοποθετούσε σε ειδική θέση το σωρό των συνδετήρων που έλκονταν από το μαγνήτη. Αυτή η υποβοήθηση οδήγησε πολλά νήπια να επαναλάβουν την προηγούμενη διαδικασία με τους άλλους μαγνήτες και να καταλήξουν να σειροθετήσουν τους 3 μαγνήτες ανάλογα με την ποσότητα συνδετήρων που τράβηξε ο κάθε μαγνήτης. Στην περίπτωση που κάποια νήπια δεν μπορούσαν να ανταποκριθούν υπήρχε πρόσθετη βοήθεια, π.χ. τους τόνιζε να προσέξουν πόσους συνδετήρες τράβηξε ο κάθε μαγνήτης.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι αρχικά 8 νήπια ελέγχουν την ισχύ των μαγνητών σωστά χωρίς υποβοήθηση, 11 με μία υποβοήθηση και άλλα 11 με δύο ή και περισσότερες βοήθειες. Στη φάση αξιολόγησης, με άλλα υλικά, οι προηγούμενοι αριθμοί είναι 26, 4, 0, γεγονός που δείχνει σημαντική βελτίωση της ικανότητας αυτής. Σε σχέση με την σειροθέτηση, αρχικά 17 νήπια την κάνουν σωστά χωρίς υποβοήθηση και 13 με μία υποβοήθηση, ενώ στη φάση αξιολόγησης οι αριθμοί είναι 21 και 9 αντίστοιχα. Και εδώ υπάρχει σημαντική βελτίωση.

Από τα παραπάνω οι ερευνητές/τριες συμπεραίνουν ότι τα νήπια έχουν την αναπτυξιακή ικανότητα να κάνουν ταξινομήσεις και μάλιστα «πάνε» καλύτερα στην πιο απαιτητική σειροθέτηση παρά στην απλή ομαδοποίηση σε αντίθεση με κάποιες θεωρητικές προτάσεις. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι στις φάσεις αξιολόγησης υπάρχει βελτίωση της ικανότητας ταξινόμησης. Τέλος, προτείνεται η αξιοποίηση παρόμοιων δραστηριοτήτων στο Νηπιαγωγείο, αφού φαίνεται πως τα νήπια έχουν την ικανότητα να ανταποκριθούν σε τέτοιες δραστηριότητες και αντίστοιχους στόχους.

Σε άλλη διπλωματική εργασία (Δημητρίου 2014), με παρόμοιο περιεχόμενο, μελετάται η εξάσκηση 32 νηπίων, μέσω της εφαρμογής Διδακτικής-Μαθησιακής Ακολουθίας 4 ενοτήτων, σε δεξιότητες ταξινόμησης μαγνητικών υλικών και σειροθέτησης, ως προς την ισχύ τους, 3 εξωτερικά όμοιων μαγνητών διαφορετικής ισχύος. Η διδακτική μέθοδος ήταν η ανακαλυπτική επίδειξη, ενώ η αξιολόγηση της διδασκαλίας έγινε με ατομικές ημι-δομημένες συνεντεύξεις, πριν και μετά τη διδασκαλία. Τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνεται να συμφωνούν με αυτά της προηγούμενης διπλωματικής, στην οποία στηρίχτηκε η τελευταία. Τα παιδιά εξοικειώθηκαν με το γνωστικό αντικείμενο των μαγνητών, στο πλαίσιο οργανωμένης διδασκαλίας και στο τέλος, τα περισσότερα, ήταν ικανά να ταξινομήσουν τα αντικείμενα ανάλογα με το αν έλκονται ή όχι από το μαγνήτη και επίσης να σειροθετούν όμοιους μαγνήτες με βάση την ισχύ τους.

Τελικά και οι δυο διπλωματικές με διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις καταλήγουν στο ίδιο αποτέλεσμα, όπως και άλλες έρευνες ότι είναι δυνατή η εκμάθηση πτυχών της διαδικαστικής γνώσης από νήπια, ειδικά αν εφαρμόζεται σε οικεία φαινόμενα όπως αυτά των μαγνητών.

4^η περίπτωση ΔΜΑ: Η πειραματική διδασκαλία στη διδασκαλία σύγχρονων θεμάτων (Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία)

Σε διδακτορική διατριβή (Μάνου 2020) και σε σχετική δημοσίευση (Manou et al. 2018) που μελετάται η διδασκαλία στοιχείων της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (N-ET), παρουσιάζεται ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου και οι πειραματικές δραστηριότητες, οι οποίες προτείνονται ώστε να γίνει προσβάσιμο και κατανοητό από μαθητές και εκπαιδευτικούς το περιεχόμενο της N-ET. Η διδασκαλία και μάθηση σύγχρονων θεμάτων φυσικών επιστημών, όπως είναι η N-ET, προκύπτει από το γεγονός ότι τα επιτεύγματα της NET έχουν επηρεάσει την καθημερινότητα αλλά και τις προοπτικές καριέρας μέσα από τις εφαρμογές στην βιοιατρική, την ηλεκτρονική και την επιστήμη των υλικών. Σημαντικά ζητήματα, ανάμεσα σε άλλα, που προκύπτουν στην προσπάθεια να ενταχθεί το διαθεματικό περιεχόμενο της N-ET στην εκπαίδευση είναι ο καθορισμός του περιεχομένου που πρέπει να διδαχθεί και ο σχεδιασμός των πειραματικών δραστηριοτήτων που θα καταστήσουν το περιεχόμενο της N-ET προσιτό στους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς (Jones et. al. 2013).

Μια από τις θεμελιώδεις ιδέες που περιλαμβάνονται στην N-ET είναι η ιδέα «μέγεθος-κλίμακα». Καθώς αλλάζει το μέγεθος και η κλίμακα στην οποία προσεγγίζουμε τα φαινόμενα δεν αλλάζουν μόνον οι ιδιότητες των υλικών, αλλά επίσης τα εργαλεία και τα μοντέλα με τα οποία διαχειριζόμαστε και ερμηνεύουμε τα φαινόμενα αυτά, καθώς και οι κυρίαρχες δυνάμεις που κυριαρχούν σε κάθε περίπτωση (Murty et al. 2013·

Stevens et al. 2009). Η ερευνητική ομάδα των Manou et al. (2018) προτείνουν δύο πειραματικές δραστηριότητες για την ενίσχυση της παραπάνω ιδέας «μέγεθος-κλίμακα».

Η πρώτη πειραματική δραστηριότητα αφορά στην χρήση ενός διαγράμματος, το οποίο οδηγεί στην κατηγοριοποίηση αντικειμένων στον μακρόκοσμο, τον μικρόκοσμο και τον νανόκοσμο με κριτήριο το εργαλείο που χρησιμοποιούμε για να κάνουμε το αντικείμενο ορατό, δηλαδή το μάτι, το μικροσκόπιο και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο αντίστοιχα. Το διάγραμμα αυτό προτείνεται να χρησιμοποιηθεί διαδοχικά σε περισσότερες από μία περιπτώσεις κατά την διάρκεια εφαρμογής μια Διδακτικής-Μαθησιακής Ακολουθίας εννέα διδακτικών ωρών, ως «σκαλοπάτι» που θα βοηθήσει στην σαφέστερη διάκριση των τριών περιοχών/κόσμων. Τα διδακτικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν βίντεο και φωτογραφίες που σχετίζονται με τους τρεις κόσμους σε άμεση σύνδεση με το όργανο που επιτρέπει την παρατήρησή τους, πραγματικό μικροσκόπιο για την παρατήρηση του μικρόκοσμου, φωτογραφίες από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, καθώς και υλικό για την δημιουργία αφισών από τους εκπαιδευτικούς, για την αναπαράσταση αντικειμένων των τριών κόσμων.

Η δεύτερη πειραματική δραστηριότητα αφορά και προτείνεται για να ενισχύσει την οικοδόμηση της ιδέας της εξάρτησης των ιδιοτήτων των υλικών από το μέγεθος τους. Η εξάρτηση αυτή μπορεί να οφείλεται είτε στα κβαντικά φαινόμενα που αρχίζουν να κυριαρχούν όταν μεταβαίνουμε στην περιοχή του νανόκοσμου, είτε σε μια μεγάλη αύξηση του λόγου της επιφάνειας προς τον όγκο (S/V) των αντικειμένων. Οι ερμηνείες που βασίζονται στην κυριαρχία των κβαντικών φαινομένων στον νανόκοσμο, είναι εξαιρετικά δύσκολο να γίνουν κατανοητές ακόμη και από μαθητές στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση, λόγω των σύνθετων μαθηματικών αλλά και των προβλέψεων που προκύπτουν από αυτές και που είναι ενάντια στην καθημερινή εμπειρία. Αντίθετα, ερμηνείες που βασίζονται στην μεγάλη αύξηση του λόγου S/V είναι μεν δυσνόητες, κυρίως όμως λόγω της δύσκολης έννοιας του μαθηματικού λόγου. Σε αυτήν την περίπτωση, υπάρχουν διδακτικές προτάσεις στην βιβλιογραφία, με βάση τις οποίες η έννοια του λόγου δύο μεγεθών μπορεί να προσεγγιστεί με ποιοτικό τρόπο, αποφεύγοντας την χρήση της δυσνόητης μαθηματικής αναπαράστασης. Έτσι, η πειραματική δραστηριότητα που προτείνεται από τους Manou et al. (2018) εστιάζει στην ιδιότητα της υδροφοβικότητας, της οποίας η τιμή αυξάνεται ανάλογα με την μείωση της επιφάνειας επαφής μεταξύ δύο αντικειμένων, όπως για παράδειγμα μεταξύ μιας σταγόνας νερού και ενός φύλλου λωτού (lotus effect). Για την αναπαράσταση αυτής της επιφάνειας επαφής, χρησιμοποιήθηκαν υλικά καθημερινής χρήσης, όπως φελιζόλ, ξυλάκια, καρφιά, μπαλόνη, κ.ά.

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των δύο δραστηριοτήτων σε εκπαιδευτικούς έδειξαν ότι οι δραστηριότητες μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην μετατόπιση των ιδεών τους προς την επιστημονική άποψη σχετικά με την ιδέα «μέγεθος-κλίμακα» και την εξάρτηση των ιδιοτήτων των υλικών από αυτήν.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την ανάλυση των παραπάνω τεσσάρων περιπτώσεων κωδικοποιούμε το μοντέλο του Hacking με τον ακόλουθο τρόπο (δες για παράδειγμα, Τσελφές 2002, 2003· Χατζηπέτρου κ.ά. 2023· Psillos et. al. 2004): υποθέτουμε ότι οι δραστηριότητες που εφαρμόστηκαν σε κάθε μια από τις παραπάνω ΔΜΑ ακολουθούν διαδοχικές συνδέσεις κάποιων, διαφορετικών κάθε φορά εργαστηριακών οντοτήτων, που με βάση το μοντέλο εντοπίζονται:

α) από τις αναφορές των ερευνητών στις ίδιες τις εργαστηριακές οντότητες. Ως τέτοιες θεωρούμε τον «Κόσμο», τα «Τεκμήρια» και τις «Ιδέες». Τις οντότητες αυτές κωδικοποιούμε με τα γράμματα C (Cosmos), E (Evidence) και I (Ideas), αντίστοιχα, ακολουθώντας τους Psillos et. al. (2004), που ονόμασαν την εν λόγω επιστημολογική προσέγγιση με τα αρχικά CEI και

β) τις μεταξύ τους και ανά δραστηριότητα συνδέσεις, επιλέγοντας από όλες τις δυνατές: $C \rightarrow E$, $C \rightarrow I$, $E \rightarrow C$, $I \rightarrow C$, $I \rightarrow E$ και $E \rightarrow I$. Συγκεκριμένα, οι συνδέσεις αυτές εμφανίζονται δυνητικά ως εργαστηριακές πρακτικές με τους εξής τρόπους:

i) αναπαράσταση μέσω «Τεκμηρίων», αισθητών δηλαδή κατηγοριών, των οντοτήτων και των γεγονότων που περιλαμβάνει ο υλικός «Κόσμος», ο οποίος περιλαμβάνει ασφαλώς και εμάς ($C \rightarrow E$): π.χ.: το χρώμα της ακτίνας που βγάζει η συσκευή λέιζερ φαίνεται να είναι κόκκινο,

ii) αναπαράσταση μέσω «Ιδεών», νοητικών, μη αισθητών δηλαδή, θεωρητικών κατά κανόνα κατηγοριών, των ίδιων οντοτήτων και γεγονότων ($C \rightarrow I$): π.χ.: η ακτίνα που βγάζει η συσκευή λέιζερ είναι μιας μόνον συχνότητας,

iii) κατασκευή κομματιών του «Κόσμου» στη βάση επιθυμητών «Τεκμηρίων» ($E \rightarrow C$): π.χ.: φτιάχνω μια διάταξη που θα προβάλλει σκιές στην οθόνη,

iv) κατασκευή κομματιών του «Κόσμου» στη βάση υφιστάμενων «Ιδεών» ($I \rightarrow C$): π.χ.: φτιάχνω μια πειραματική διάταξη για να ελέγξω αν η υπόθεση της ανάκλασης είναι αυτή που γράφει το βιβλίο,

v) πρόβλεψη «Τεκμηρίων» στη βάση υφιστάμενων «Ιδεών» ($I \rightarrow E$): π.χ.: το διαφανές γυαλί δεν θα φτιάξει σκιά, και

vi) επίρρωση ή μη υφιστάμενων «Ιδεών» στη βάση «Τεκμηρίων» ($E \rightarrow I$): π.χ.: το διαφανές γυαλί που χρησιμοποιήσαμε βγάζει σκιά!

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής μας παρέχουν τη δυνατότητα να διαπιστώσουμε αφενός σε ποιο βαθμό οι διερευνητικές ΔΜΑ στηρίζονται σε κάποιες κυρίως συνδέσεις και όχι σε άλλες και αφετέρου να εντοπίσουμε τον τρόπο με τον οποίο αυτές αναπτύσσονται.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1^η περίπτωση ΔΜΑ: Εισαγωγή της πυκνότητας μέσω πειραμάτων πλεύσης - βύθισης

Ενότητα 1α: οι μαθητές εξοικειώνονται με τα φαινόμενα της πλεύσης/ βύθισης (π/β): σημαίνει ότι οι μαθητές παρατηρούν ή και κατασκευάζουν «Κόσμους» π/β· υλικούς δηλαδή κόσμους όπου συνυπάρχουν υγρά και στερεά και συλλέγουν «Τεκμήρια» που αντιστοιχούν στους παρατηρησιακούς όρους της π/β (επιπλέουν ή βυθίζονται). Πραγματοποιούν δηλαδή μεταβάσεις $C \rightarrow E$.

Ενότητα 1β: οι μαθητές εισάγονται με ρητό τρόπο στη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών, όπου περιγράφονται ρητά οι διαδικασίες ελέγχου για το αν ένα παρατηρούμενο φαινόμενο, δηλαδή ένα «Τεκμήριο» E_0 μπορεί να οφείλεται σε κάποιο από τα επιμέρους χαρακτηριστικά/ μεταβλητές του, τα οποία θα μπορούσαν να είναι είτε επιμέρους «Τεκμήρια» ($E_1, E_2 \dots E_n$) ή και θεωρητικές «Ιδέες» ($I_1, I_2 \dots I_n$) συνδεδεμένες με αυτά. Περιγράφονται δηλαδή ρητά οι πιθανές συνδέσεις $I_n \rightarrow E_n$ και ο διαδοχικός έλεγχος της ισχύος τους.

Ενότητα 2: διερευνώνται οι παράγοντες που πιθανόν να επηρεάζουν το φαινόμενο της π/β ομογενούς αντικειμένου. Συγκεκριμένα, ελέγχονται τρεις υποθέσεις που μπορούν να οδηγούν τον «Κόσμο» της συνύπαρξης στερεού υγρού σε πλεύση ή σε βύθιση («Τεκμήριο» E_0). Κάθε υπόθεση (θεωρητική «Ιδέα» I_1, I_2 και I_3) συντίθεται από μια τριάδα «Τεκμηρίων», που γίνονται αντιληπτά μέσω παρατήρησης ή μέτρησης, και αναφέρονται στο βάρος του στερεού σώματος (E_1), στο υλικό του στερεού σώματος (E_2) ή στο είδος του υγρού (E_3). Δοκιμάζονται δηλαδή οι συνδέσεις:

A. I_1 (E_1 =μεταβλητό, E_2 και E_3 =σταθερά) $\rightarrow E_0$

B. I_2 (E_2 =μεταβλητό, E_1 και E_3 =σταθερά) $\rightarrow E_0$

Γ. I_3 (E_3 =μεταβλητό, E_1 και E_2 =σταθερά) $\rightarrow E_0$

που καταλήγουν να εμφανίζουν ως πλέον ισχυρή την υπόθεση ότι η πλεύση ή η βύθιση («Τεκμήριο» E_0) εξαρτάται από το ποιο είναι το υλικό του στερεού σώματος («Τεκμήριο» E_2).

Ενότητα 3 και 4: οι μαθητές εισάγονται στην έννοια της πυκνότητας (Θεωρητική «Ιδέα» I_p , με αναφορά και στα στερεά και στα υγρά) μέσω οπτικού μοντέλου της (μοντέλο, που την καθιστά κατά κάποιο τρόπο ορατή, δηλαδή «Τεκμήριο» E_p : κύβος με εσωτερική κατανομή σημείων μεγαλύτερης ή μικρότερης συγκέντρωσης, ανάλογα με το αν αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη ή μικρότερη πυκνότητα) και αξιοποιούν το κριτήριο σύγκρισης πυκνοτήτων (σύγκρισης των μοντέλων-«Τεκμηρίων») για την πρόβλεψη ομογενών και σύνθετων αντικειμένων στο νερό και σε άλλα υγρά. Ασκούνται δηλαδή στη μετάβαση $E_p \rightarrow E_0$.

Ενότητα 5: οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν ανοιχτά τεχνολογικά προβλήματα αξιοποιώντας την έννοια της πυκνότητας και το κριτήριο σύγκρισης πυκνοτήτων του υλικού ενός αντικειμένου και του υγρού. Καλούνται δηλαδή να πραγματοποιήσουν επιπλέον μεταβάσεις από την «Ιδέα-Τεκμήριο» της πυκνότητας στην οπτική μορφή της προς άλλα «Τεκμήρια» εναλλακτικών «Κόσμων». Για παράδειγμα, δοκιμάζουν να μεταβούν από την «παρατήρηση-Τεκμήριο» ενός βυθισμένου ομοιώματος πλοίου, στην τελική κατάσταση-Τεκμήριο, όπου το πλοίο επιπλέει. Για την επιτυχία της μετάβασης δοκιμάζουν να επιλέξουν και να προσδέσουν στο βυθισμένο ομοίωμα, άλλα

σώματα που η αισθητή πυκνότητά τους (ιδέα-τεκμήριο) είναι μικρότερη από αυτή του νερού.

2^η περίπτωση ΔΜΑ: Ενίσχυση των διαισθητικών απόψεων για την πίεση μέσω μέτρησής της σε διάφορα βάθη

Ενότητα 1: επιδιώκει την εξοικείωση με απλά φαινόμενα και έννοιες της περιοχής, όπως και με ποιοτικά πειράματα. Π.χ. υγρά, αέρια, ρευστά, συμπιεστότητα αερίων αλλά όχι υγρών κ.λπ. Οι συγκεκριμένες δραστηριότητες εξοικείωσης επιχειρούν να εποικοδομήσουν τις θεωρητικές «Ιδέες» υγρό, αέριο, στερεό κ.λπ. μέσω κατάλληλων αισθητών «Τεκμηρίων» (ποσότητα, όγκος κ.λπ.). Επιχειρούν δηλαδή συνδέσεις $E \rightarrow I$. Από την άλλη μεριά, για «Ιδέες» όπως η συμπιεστότητα, που δεν προσεγγίζονται άμεσα με αισθητά τεκμήρια, κατασκευάζονται «προς τούτοις» εργαστηριακοί «Κόσμοι» (για παράδειγμα μια σύριγγα που άλλοτε είναι γεμάτη με νερό και άλλοτε με αέρα), από τους οποίους προκύπτουν τα «Τεκμήρια» που οδηγούν στις «Ιδέες» ($K \rightarrow E \rightarrow I$).

Ενότητα 2: ενισχύονται οι διαισθητικές απόψεις των εκπαιδευόμενων, για τη σχέση πίεσης και βάθους, ενώ αυτοί εισάγονται σε ποσοτικά πειράματα (σχέση πίεσης και βάθους) και στη διάκριση και έλεγχο μεταβλητών. Εδώ, επιχειρείται καταρχήν η προσέγγιση της θεωρητικής «Ιδέας» της πίεσης σε ένα σημείο ενός ρευστού μέσω της ένδειξης του οργάνου που την μετρά, του μανομέτρου, που στην περίπτωση ήταν ψηφιακό. Πραγματοποιείται δηλαδή μια ταύτιση της «Ιδέας» με το «Τεκμήριο» της μέτρησής της, όπως για παράδειγμα συνηθίζεται στη θερμοκρασία (όπου πολλές φορές ο ορισμός της είναι: η ένδειξη του θερμομέτρου). Από εκεί και μετά πραγματοποιούνται συνδέσεις των «Τεκμηρίων» της πίεσης E_p και του βάθους E_h (σχέση πίεσης και βάθους: $E_h \rightarrow E_p$), καθώς και συνδέσεις του τύπου ΣΕΜ που περιγράψαμε στην προηγούμενη περίπτωση.

Ενότητα 3 και 4: προκαλείται γνωστική σύγκρουση στους εκπαιδευόμενους επιδιώκοντας διάκριση πίεσης – δύναμης, παράλληλα πειράματα σύγκρισης πιέσεων σε φαρδύ – στενό δοχείο και δυνάμεων σε φαρδιά – στενή βεντούζα. Και εδώ, στους «Κόσμους» που κατασκευάζονται με τα δοχεία και τις βεντούζες επιχειρούνται συνδέσεις μεταξύ «Τεκμηρίων» στενό, φαρδύ, ένταση δύναμης, μετρούμενη πίεση.

Ενότητα 5: και εδώ κυριαρχούν οι μεταβάσεις μεταξύ «Τεκμηρίων», μιας και η νέα γνώση εφαρμόζεται, για παράδειγμα, στη μελέτη της αρχής του Pascal μέσω ποσοτικών πειραμάτων. Στη σχετική δηλαδή συζήτηση για τον Νόμο του Pascal, κατασκευάστηκε ένας καινούργιος «Κόσμος», δοχείων με διαφορετικές διατομές (Τεκμήρια), με υδατοστεγείς αναμονές προς ψηφιακά μανόμετρα σε διάφορα βάθη (Τεκμήρια), με τις ενδείξεις των μανομέτρων (Τεκμήρια) να αντιστοιχούν απευθείας σε πιέσεις κ.ο.κ. Με τον τρόπο αυτό, η «Ιδέα» που αναπαριστά ο Νόμος του Pascal μετασηματίστηκε και ελέγχθηκε αποκλειστικά ως σύγκριση «Τεκμηρίων».

3^η περίπτωση ΔΜΑ: Ενίσχυση των δεξιοτήτων της επιστημονικής μεθόδου, σε πειράματα με μαγνήτες

Ενότητα 1: τα νήπια άσκησαν τις ικανότητές τους στο να ομαδοποιούν μαγνητικά και μη υλικά, συνδέοντάς τα με «Τεκμήρια» έλξης ή μη έλξης σιδερένιων αντικειμένων.

Εδώ τα νήπια ασκήθηκαν σε συνδέσεις επαγωγικής εποικοδόμησης της θεωρητικής «Ιδέας» του μαγνητικού υλικού συλλέγοντας και κατηγοριοποιώντας «Τεκμήρια» έλξης $E \rightarrow I$, τα οποία ταύτιζαν με το αισθητά τεκμήρια της έλξης – μη έλξης. Τα νήπια, μάλιστα, πέτυχαν να δημιουργήσουν τις ταξινομήσεις (ιδέα μαγνητικού ή μη υλικού) και όταν είχαν εκ των προτέρων δοσμένο κριτήριο (Τεκμήριο) για τις δοκιμές τους και όταν δεν είχαν.

Ενότητα 2: ασκήθηκαν στο να σειροθετούν μαγνήτες κατά φθίνουσα ισχύ:

A. σχετίζοντας την θεωρητική «Ιδέα» της ισχύος ενός μαγνήτη με το «τεκμήριο» του πλήθους των σιδερένιων συνδετήρων που αυτός μπορούσε να συγκρατεί μέσω της έλξης. Καθιέρωσαν, δηλαδή μια σύνδεση I (ισχύς μαγνήτη) $\rightarrow E$ (πλήθος συνδετήρων), που παραπέμπει σε μέτρηση, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση της πίεσης.

B. με βάση το τεκμήριο αυτό προχώρησαν με επιτυχία στο να σειροθετήσουν τους μαγνήτες διαχειριζόμενα το «Τεκμήριο» της ποσότητας των ελκόμενων ανά μαγνήτη συνδετήρων για να χτίσουν την μαθηματική στην ουσία της ιδιότητα-«Ιδέα» της διάταξης των μαγνητών από τον πιο ισχυρό προς τον πιο ασθενή.

4^η περίπτωση ΔΜΑ: Η πειραματική διδασκαλία στη διδασκαλία σύγχρονων θεμάτων (Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία)

Ενότητα 1: εδώ σημαντική είναι η οικοδόμηση της «Ιδέας» «μέγεθος-κλίμακα», επειδή όταν αλλάζει το μέγεθος ενός υλικού και πραγματοποιείται «μετάβαση κλίμακας», αλλάζουν απότομα (και «καταστροφικά») και οι ιδιότητες του υλικού, με συνέπεια, να αλλάζουν τα μοντέλα με τα οποία διαχειριζόμαστε και ερμηνεύουμε τα φαινόμενα, καθώς και οι κυρίαρχες δυνάμεις που ρυθμίζουν την κάθε περίπτωση. Η «Ιδέα» αυτή προσεγγίστηκε μέσω του «Τεκμηρίου» του διαφορετικού οργάνου μέτρησης που χρησιμοποιείται για την παρατήρηση των φαινομένων στις διαφορετικές «κλίμακες». Μέσω δηλαδή τριών διαφορετικών οργάνων παρατήρησης (ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, μικροσκοπίου και οφθαλμού) προσεγγίζονται τρεις διαφορετικοί «Κόσμοι» που χαρακτηρίζονται από διαφορετικές τιμές της «ιδέας» της κλίμακας.

Ενότητα 2: σημαντική είναι επίσης η «Ιδέα» της εξάρτησης των ιδιοτήτων των υλικών από το μέγεθος τους. Η εξάρτηση αυτή μπορεί να δικαιολογηθεί είτε μέσω κβαντικών φαινομένων που αρχίζουν να κυριαρχούν όταν αλλάζουμε κλίμακα, είτε μέσω της αλλαγής του λόγου της επιφάνειας προς τον όγκο (S/V) των αντικειμένων. Από αυτές τις δύο θεωρητικές προσεγγίσεις προτείνεται να χρησιμοποιηθεί η δεύτερη, σε φαινόμενα επαφής δύο σωμάτων, όπου σε πολλές περιπτώσεις οι εμφανιζόμενες δυνάμεις της συνάφειας μπορούν να προσεγγιστούν μόνον από το «Τεκμήριο» της μικρής ή μεγάλης επιφάνειας επαφής μεταξύ των δύο σωμάτων. Για παράδειγμα, η προσέγγιση της ιδιότητας της υδροφοβικότητας αντιμετωπίζεται καταρχήν με το «Τεκμήριο»: συγκρατεί ή όχι μια επιφάνεια τις σταγόνες του νερού που πέφτουν πάνω της. Το τεκμήριο αυτό συνάγεται ως σχετικό με το «Τεκμήριο»: είναι ή όχι μεγάλη η επιφάνεια επαφής μιας σταγόνας νερού με το σώμα. Το τελευταίο αυτό τεκμήριο δίνεται, ως παράδειγμα, με την ορατή μοντελοποίηση της επαφής μεταξύ μιας σταγόνας νερού και ενός φύλλου λωτού (lotus effect). Μια μοντελοποίηση, που μεγεθύνει και οπτικοποιεί τη μικρή επιφάνεια α) προτείνοντας ένα ανάλογο της

επιφάνειας του λωτού με «κρεβάτι φακίρη» και β) επιδεικνύοντας ότι το σφαιρικό σχήμα των σταγόνων του νερού, πάνω στο «κρεβάτι του φακίρη», μηδενίζει σχεδόν την επιφάνεια επαφής μαζί του. Με τον τρόπο αυτό συνδέει την «Ιδέα» της υδροφοβικότητας (ως τεκμήριο E1, κρατάει ή δεν κρατάει νερό) με ένα επίσης «Τεκμήριο» (E2, ελάχιστης επιφάνειας επαφής): $I \rightarrow E1 \rightarrow E2$.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω, από τις τέσσερις περιπτώσεις εφαρμογής διερευνητικών Διδακτικών-Μαθησιακών Ακολουθιών, εκτιμούμε ότι δείχνουν πώς η κατά Wittgenstein εκπαιδευτική «μορφή ζωής», που διαμορφώνεται μέσω της διερεύνησης, περιορίζεται στην κατεύθυνση της μιας από τις δύο μορφές ζωής που καλλιεργούνται στις επιστημονικές κοινότητες:

A. μοιάζει με την «εργαστηριακή επιστημονική μορφή ζωής», τόσο ως προς τις πρακτικές της, όσο και ως προς τα γλωσσικά ιδιώματα, ιδιώματα προφορικότητας, που καταλήγει να χρησιμοποιεί, αλλά

B. διαφέρει ουσιαστικά από τη «θεωρητική επιστημονική μορφή ζωής», η οποία χρησιμοποιεί αναλυτικά μαθηματικά γλωσσικά ιδιώματα και πρακτικές, ιδιώματα και πρακτικές της εγγράμματης δυτικής επιστημονικής παράδοσης.

Μιας και αυτό, το εξαιρετικά ενδιαφέρον κατά την άποψή μας αποτέλεσμα, στηρίζεται στην εργασία μας ποιοτικά, από έναν περιορισμένο αριθμό μελέτης περιπτώσεων, δεν θα επεκταθούμε ιδιαίτερα στην υποστήριξή του.

Θα αναφέρουμε όμως ότι για την τεκμηρίωση της συγκεκριμένης διαφοροποίησης συνηγορεί η περιγραφή του μοντέλου του Ian Hacking (1992) που προηγήθηκε· συνηγορεί η πλήρης ανάλυση της διαφοροποίησης της εργαστηριακής από τη θεωρητική επιστημονική δραστηριότητα του Hans Radder (1996), καθώς και το κλασικό κείμενο του Walter Ong (1997) περί παραδόσεων/ πολιτισμών προφορικότητας και εγγραματοσύνης, που τείνουν να μετασχηματίσουν οι ICTs της εποχής μας σε μια νέα κατεύθυνση δευτερογενούς προφορικότητας.

Επιπλέον, ο παραπάνω διαχωρισμός, μεταξύ εργαστηριακής και θεωρητικής επιστήμης και των επιστημόνων σε θεωρητικούς και εργαστηριακούς, είναι δεδομένη και πάγια στον επαγγελματικό επιστημονικό χώρο. Για την ολοκλήρωση βέβαια της επιστημονικής δραστηριότητας και τη συνολική κατανόηση της «φύσης της επιστήμης» οι δύο παραπάνω κατηγορίες προσεγγίζονται ως ισοδύναμες και συνεργαζόμενες, παρά τις διαφορές τους.

Στην περίπτωση όμως της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης που εξετάζουμε, τα αποτελέσματά μας από τις εργαστηριακές δραστηριότητες δείχνουν ότι αυτές μπορούν να βοηθήσουν:

α) στη μάθηση επιστημονικών πρακτικών με τη λογική της ρητής περιγραφής τους ή και της επίδειξής τους: «κάνε το έτσι» ή «κάνε το όπως το κάνω». Διαδικασίες, που είναι συνήθειες και στην επικοινωνία μεταξύ των επιστημόνων και των μη επιστημόνων

τεχνικών, στο επιστημονικό εργαστήριο και που στην περίπτωση μας αποδεικνύεται αποδοτική στην ρητή διδασκαλία της εφαρμογής ΣΕΜ, τόσο στην πρώτη όσο και στη δεύτερη περίπτωση ΔΜΑ που εξετάσαμε (εισαγωγή της πυκνότητας μέσω πειραμάτων πλεύσης-βύθισης και ενίσχυση των διαισθητικών απόψεων για την πίεση μέσω μέτρησής της σε διάφορα βάθη).

β) στη διαχείριση των θεωρητικών «Ιδεών» κυρίως με τη μορφή «Τεκμηρίων» που συνδέονται μαζί τους με διάφορους τρόπους. Για παράδειγμα:

β1. Στις περιπτώσεις που εξετάσαμε, η προσέγγιση του περιεχομένου των επιστημονικών «Ιδεών» που χρησιμοποιήθηκαν ή διδάχτηκαν, πραγματοποιήθηκε με τη δημιουργία/ κατασκευή/ οικοδόμηση «Τεκμηρίων» απευθείας συνδεδεμένων με τις «Ιδέες»: ορατοί κύβοι πυκνότητας στη θέση της πυκνότητας, μετρήσεις/ ενδείξεις μανομέτρου στη θέση της πίεσης, αριθμός ελκόμενων συνδετήρων στη θέση της ισχύος του μαγνήτη, μορφή της επιφάνειας λωτού στη θέση της υδροφοβίας, όργανο παρατήρησης στη θέση της κλίμακας.

β2. Στις ίδιες περιπτώσεις, οι «Ιδέες-υποθέσεις» που κατασκευάστηκαν και ελέγχθηκαν πειραματικά (μέσω της κατασκευής των κατάλληλων διατάξεων-«Κόσμων»), ήταν επίσης συνθέσεις «Τεκμηρίων»: η π/β εξαρτάται από το βάρος του στερεού σώματος ως εκτίμηση ή μέτρηση, από το εκτιμώμενο υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το σώμα, από το εκτιμώμενο είδος-υλικό του υγρού που υποδέχεται το σώμα· η πίεση ως μέτρηση εξαρτάται από το βάθος ή από το φάρδος του δοχείου, επίσης ως μέτρηση ή εκτίμηση· η δύναμη ως εκτιμώμενη από αυτόν που την ασκεί εξαρτάται από το εκτιμώμενο, επίσης, φάρδος της βεντούζας.

Το παραπάνω φαινόμενο φαίνεται να υποστηρίζει την διδακτική τάση της μοντελοποίησης των θεωρητικών ιδεών, μέσω μοντέλων που έχουν αισθητή, υλική υπόσταση και με τον τρόπο αυτό τείνουν να σημαίνουν τις «Ιδέες» που αντιπροσωπεύουν, μέσω αισθητών «Τεκμηρίων», όπως π.χ. συνέβη στην περίπτωση του μοντέλου-κύβου ως σημαίνοντος την πυκνότητα.

Είναι όμως ένα φαινόμενο που η μελέτη μας υποστηρίζει ως πολύ ευρύτερο. Για παράδειγμα, η χρήση των αποτελεσμάτων της μέτρησης μια «Ιδέας»-μεταβλητής στη θέση της ίδιας της «Ιδέας», δεν εμφανίζεται μόνον στις περιπτώσεις που μελετήσαμε. Ο ορισμός «Η θερμοκρασία είναι η ένδειξη του θερμόμετρου» είναι πολύ παλιός και χρησιμοποιείται ευρύτατα και στην εκπαίδευση και στο επιστημονικό εργαστήριο.

Η για πρώτη φορά παρουσίαση, επίσης, κορυφαίων επιστημονικών ιδεών από τους δημιουργούς τους, εμφανίζει την ίδια ακριβώς τάση αισθητηριακής σήμανσης μέσω «Τεκμηρίων». Κλασικά παραδείγματα αποτελούν ο ορισμός της «ακτίνας φωτός» από τον Νεύτωνα μέσω ενός αισθητού ανάλογου «βροχής σωματιδίων» (δες Newton (1730), *Opticks*, pp.1-2) ή η «κινητήρια δύναμη» της θερμότητας ως κινητήρια δύναμη της ροής της (κατ' αναλογία προς τις υδατοπτώσεις) από χώρους υψηλής θερμοκρασίας προς χώρους χαμηλής (Carnot 1824· Τσελφές & Παρούση 2019).

Μια επιπλέον, ανάλογη περίπτωση αποτελούν οι αισθητές μέσω «Τεκμηρίων» διατάξεις, που ενώ είναι αδύνατον να κατασκευαστούν, αναπαριστούν αισθητούς

«Κόσμους» μέσω «νοητικών πειραμάτων»: όπως το «τραίνο του Αϊνστάιν», που αναπαριστά την «Ιδέα» της σχετικότητας του χρόνου μέσω της διαφοράς που εμφανίζει η διάρκεια «ισόχρονων» φαινομένων, μετρούμενων από δύο διαφορετικούς παρατηρητές.

Η όλη διαδικασία, επομένως, μας επιτρέπει να κατανοήσουμε και το γιατί η μάθηση θεωρητικών «Ιδεών», με τη μορφή που τις συναντάμε στα κείμενα των θεωρητικών δημοσιεύσεων, είναι δύσκολη σε σχολικό πλαίσιο. Όπως δηλώνεται ρητά στην 4η περίπτωση που μελετήσαμε, οι κλασικές θεωρητικές «Ιδέες» (φαινομένων κλίμακας, κβαντικής φυσικής...) δεν επιχειρείται καν να διδαχτούν. Το γεγονός αυτό μπορεί να γίνει κατανοητό, επειδή στο πλαίσιο της θεωρητικής επιστημονικής παράδοσης οι «Ιδέες» συνομιλούν μεταξύ τους μέσω μαθηματικών σχέσεων, που δεν γνωρίζουν ούτε οι μαθητές ούτε οι διδάσκοντες αλλά και εξυπηρετούν άλλους στόχους και αρχές από αυτές που διαμορφώνονται μέσα σε ένα σχολικό, εργαστηριακό ή μη, περιβάλλον.

Συνολικά, από την ανάλυσή μας, αλλά και από την αναδρομή μας σε επιστημονικά πεδία, φαίνεται ότι οι διερευνητικές διδακτικές δραστηριότητες εξελίσσονται κυρίως όπως οι εργαστηριακές και όχι οι θεωρητικές επιστημονικές. Τόσο η γλώσσα όσο και η κυριαρχία των «Τεκμηρίων» συνηγορούν σ' αυτό. Επομένως, ένα γενικό συμπέρασμα της μορφής «Η διδακτική διερεύνηση δουλεύει επιτυχώς κατ' αναλογία με την εργαστηριακή επιστημονική δραστηριότητα», φαίνεται και λογικό και θεμιτό και χρήσιμο στον εκπαιδευτικό χώρο. Για να δουλέψει όπως και η θεωρητική επιστημονική δραστηριότητα, χρειάζεται εντατική μύηση εκπαιδευόμενων και εκπαιδευτικών, τουλάχιστον στη «διάλεκτο» των μαθηματικών: μια συνθήκη που ακόμη και αν επιχειρηθεί και αν πετύχει, μάλλον θα αποσυνδέσει τα μαθησιακά αποτελέσματα από την καθημερινή ζωή και κουλτούρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βοσνιάδου, Σ. & Brewer, W. F. (1993). Θεωρίες της αναδιοργάνωσης της γνώσης κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 34, 35-45.
- Δημητρίου, Δ. (2014). *Καλλιέργεια των επιστημονικών δεξιοτήτων στο Νηπιαγωγείο με τη διδασκαλία των μαγνητών και των ιδιοτήτων τους*. Αδημοσίευτη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. ΠΜΣ: Επιστήμες της Αγωγής: ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: Διδακτική Μεθοδολογία και Αναλυτικά Προγράμματα. Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, ΠΔΜ, Φλώρινα
- Ζουπίδης, Α. (2011). Διδασκαλία και μάθηση με τη χρήση μοντέλων Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας: εφαρμογή στα φαινόμενα της πλεύσης / βύθισης. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή, ΠΤΝ, ΠΔΜ. Φλώρινα.
- Καριώτογλου, Π. (1991). *Προβλήματα διδασκαλίας και μάθησης της Μηχανικής των Ρευστών στο Γυμνάσιο*, Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.
- Καριώτογλου, Π., Κορομπίλης, Κ., Κουμαράς, Π. (1997). Εξακολουθούν να είναι επίκαιρες οι ανακαλυπτικές μέθοδοι διδασκαλίας; *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 92, 52-61.

- Καριώτογλου, Π. (2006). *Γνώση Παιδαγωγικού Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών: Τρεις μελέτες περίπτωσης*. Γράφημα, Θεσσαλονίκη, σελ. 146,
- Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α., Πνευματικός, Δ., Κασκάλης, Θ., Μαλανδράκης, Γ., Ζουπίδης, Α., Κολλίνη, Κ., Μπλούχου, Σ., Πολατίδου, Θ., Σουλτάνης, Κ., Τριανταφυλλίδου, Ρ., & Αρβανιτάκης, Ι., (2010α). *Η πυκνότητα των υλικών σε φαινόμενα πλεύσης / βύθισης: πειραματικές διαδικασίες και μοντελοποίηση, Βιβλίο εκπαιδευτικού*. Λευκωσία: Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Πανεπιστήμιο Κύπρου, ISBN 978-9963-689-69-9 (επίσης στα αγγλικά με ISBN 978-9963-689-71-2).
- Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α., Πνευματικός, Δ., Κασκάλης, Θ., Μαλανδράκης, Γ., Ζουπίδης, Α., Κολλίνη, Κ., Μπλούχου, Σ., Πολατίδου, Θ., Σουλτάνης, Κ., Τριανταφυλλίδου, Ρ., & Αρβανιτάκης, Ι., (2010β). *Η πυκνότητα των υλικών σε φαινόμενα πλεύσης / βύθισης: πειραματικές διαδικασίες και μοντελοποίηση, Διδακτικό υλικό*. Λευκωσία: Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Πανεπιστήμιο Κύπρου, ISBN 978-9963-689-68-2 (επίσης στα αγγλικά με ISBN 978-9963-689-70-5).
- Καριώτογλου, Π. (2021). Ο Διδακτικός Μετασχηματισμός Περιεχομένου και η Αναγκαιότητα στη Διδακτική Φυσικών Επιστημών: Ζητήματα, Ευρήματα και Προτάσεις. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*. 1(1):39, DOI: 10.12681/riste.27268
- Κωνσταντίνου, Κ., Φερωνύμου, Γ., Νικολάου, Χρ., Κυριακίδου, Ε. (2004). Οι Φυσικές Επιστήμες στο Νηπιαγωγείο: Βοήθημα για τη Νηπιαγωγό: Εκδόσεις Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου.
- Μάνου, Α. (2020). Ανάπτυξη και Αξιολόγηση Διδακτικών Μαθησιακών Σειρών για την Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών στη Νανοτεχνολογία. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή, ΠΤΔΕ, ΠΔΜ. Φλώρινα.
- Τεμερτζίδου, Ε. (2012). *Μελέτη της ικανότητας παιδιών προσχολικής ηλικίας και πρωτο-σχολικής ηλικίας να ταξινομούν υλικά με βάση τις μαγνητικές τους ιδιότητες*. Αδημοσίευτη μεταπτυχιακή εργασία: ΠΜΣ: Επιστήμες της Αγωγής: ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: Διδακτική Μεθοδολογία και Αναλυτικά Προγράμματα, Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, ΠΔΜ, Φλώρινα.
- Τεμερτζίδου, Ε., Παπαδοπούλου, Π. και Καριώτογλου, Π. (2014). Μελέτη των δεξιοτήτων παιδιών προσχολικής ηλικίας στην ταξινόμηση των υλικών βάσει των μαγνητικών τους ιδιοτήτων. Στο Π. Καριώτογλου και Π. Παπαδοπούλου (επ), *Φυσικές Επιστήμες και Περιβάλλον στην Προσχολική Εκπαίδευση, Αναζητήσεις και Προτάσεις*, ΕΚΔΟΣΕΙΣ GUTENBERG, Αθήνα.
- Τσελφές, Β. (2002). *Δοκιμή και Πλάνη: Το εργαστήριο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, Νήσος, Αθήνα.
- Τσελφές, Β. (2003). Μια πρόταση για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στηριγμένη στην κατά Ι. Hacking προσέγγιση της «εσωτερικής ζωής» τους, στο Κ. Σκορδούλης & Α. Χαλκιά (Επιμ.), *Η συμβολή της ιστορίας και φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*, ΠΤΔΕ-ΕΚΠΑ, Αθήνα.
- Τσελφές, Β. & Παρούση, Α. (2019). Οι δικές μας θεωρίες για το φως: μια προσπάθεια οικοδόμησης θεωρητικού λόγου από εκπαιδευόμενες Νηπιαγωγούς. Στο Π.

- Παντίδος (επιμ.) *Ο ρόλος των Φυσικών Επιστημών στην Προσχολική Εκπαίδευση*, 321-339, Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Τσελφές, Β. (2024). Το εκπαιδευτικό εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών την εποχή των «Γραμματισμών» και της «κλιματικής κρίσης». Σε αυτό τον τόμο
- Χατζηπέτρου, Μ., Ζουπίδης, Α. & Τσελφές, Β. (2023). Επιστημολογική ανάλυση και κριτική στη δομή μιας εκπαιδευτικής παρέμβασης σε παιδιά Γυμνασίου στη θεματική της οπτικής. Στο: *Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων των Εργασιών: 13ο Πανελλήνιο Συνέδριο της ΔΦΕ και ΝΤ στην Εκπαίδευση*, ΕΚΤ.
- Ψύλλος, Δ., Κουμαράς, Π., Καριώτογλου, Π. (1993). Εποικοδόμηση της γνώσης στην τάξη με συνέρευνα δάσκαλου και μαθητή, *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 70, 34-41.
- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R. A., Hofstein, A., Lederman, N. G., Mamlok, R., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: international perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419. doi:[10.1002/sce.10118](https://doi.org/10.1002/sce.10118)
- Ackermann, R. (1985). *Data, Instruments and Theory: A Dialectical Approach to Understanding Science*. Princeton: Princeton University Press.
- Adúriz-Bravo, A., Pujalte, A.P. (2020). Social Images of Science and of Scientists, and the Imperative of Science Education for All. In: Yacoubian, H.A., Hansson, L. (eds) *Nature of Science for Social Justice*. Science: Philosophy, History and Education. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47260-3_11
- Bell, R., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.
- Bianchi, G., Pisiotis, U. and Cabrera Giraldez, M. (2022). GreenComp. The European sustainability competence framework, Punie, Y. and Bacigalupo, M. editor(s), EUR 30955 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-46485-3, doi:10.2760/13286, JRC128040.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577–616. <https://doi.org/10.1002/sce.20390>
- Bruner, J. (1961). *The act of discovery*. Harvard Educational Review, 31(1): 21.
- Bybee, R. W. (2006). Scientific inquiry and science teaching. In: L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science* (pp. 1-14). The Netherlands: Springer.
- Carnot, S. (1824). *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance* (R. H. Thurston, Trans. and edited. Peter Smith, Gloucester, MA, 1977). Paris: Bachelier.
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613-642. <https://doi.org/10.1002/tea.20157>
- DeBoer, G. (1991). *A history of ideas in science education: implications for practice*. NY: Teachers College Press

- Duschl, R., & Grandy, R. (2008). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: framing the debates. In R. Duschl & R. Grandy (Eds.), *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation* (pp. 1-37). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Feinstein, N. W., & Waddington, D. I. (2020). Individual truth judgments or purposeful, collective sensemaking? Rethinking science education's response to the post-truth era. *Educational Psychologist*, 55(3), 155-166.
- Flick, L. & Lederman, N. (Eds.). (2006). *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. Springer.
- Hacking, I. (1992). The self – vindication of the laboratory sciences. In A. Pickering (Ed.), *Science as practice and culture*. Chicago: The University Chicago Press.
- Hacking, I. (1995), *Representing and Intervening*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Harlen, W. (2001), The Assessment of Scientific Literacy in the OECD/PISA Project, *Studies in Science Education*, 36(1), 79-103, <https://doi.org/10.1080/03057260108560168>
- Hodson, D. (1988), Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20: 53-66. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.1988.tb00144.x>
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645–670. <https://doi.org/10.1080/09500690305021>
- 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>
- Jones G., Blonder, R., Gardner, G., Albe, V., Falvo, M. & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education* 35(9), 1490-1512.
- Kariotoglou, P., Koumaras, P., Psillos, D. (1995). Différenciation conceptuelle: un enseignement d'hydrostatique, fondé sur le développement et la contradiction des conceptions des élèves. *Didaskalia*, 7(7), DOI: 10.4267/2042/23767
- Kariotoglou, P. (2002). A Laboratory – based teaching learning sequence on fluids: developing primary student teachers' conceptual and procedural knowledge. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.), *Teaching and Learning in the Science Laboratory* (pp. 79 – 90). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Krajcik, J. (2001). Supporting Science Learning in Context: Project-Based Learning. In: Tinker, R. και Krajcik, J. (eds), *Portable Technologies: Science Learning in Context*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, ISBN 0-306-46643-0, New York, 92.
- Le Hebel, F., Montpied, P., Tiberghien, A. (2014). Which Effective Competencies Do Students Use in PISA Assessment of Scientific Literacy?. In: Bruguière, C., Tiberghien, A., Clément, P. (eds) *Topics and Trends in Current Science*

- Education. Contributions from Science Education Research*, vol 1. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7281-6_17
- Manou, L., Spyrtou, A., Hatzikraniotis, E., & Kariotoglou, P. (2018). Content transformation for experimental teaching nanoscale science and engineering to primary teachers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1076(1), 1-10. IOP Publishing.
- Monroe, M. C., Eames, C., White, P. J., & Ardoin, N. M. (2023). Education to build agency in the Anthropocene. *The Journal of Environmental Education*, 54(6), 351–354. <https://doi.org/10.1080/00958964.2023.2277209>
- Murty B., Shankar, P., Raj, B., Rath, B.B. & Murday, J. (2013). *Textbook of Nanoscience and Nanotechnology*. Universities Press (India) Private Limited.
- National Research Council (NRC) (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council (NRC) (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington DC: The National Academies Press.
- Newton, I. (1730). *Opticks: a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections, and Colours of Light*. The Project Gutenberg eBook of Opticks, by Isaac Newton. <https://www.gutenberg.org/cache/epub/33504/pg33504-images.html>
- OECD. (2000). *Measuring student knowledge and skills: The PISA assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris: OECD.
- Ong, W. (1997). *Προφορικότητα και Εγγραμματοσύνη*, μτφρ. Κώστας Χατζηκυριάκου. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Osborne, J. (2023). Science, Scientific Literacy, and Science Education. *In Handbook of Research on Science Education: Volume III* (Vol. 3, pp. 785–816).
- 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>
- Psillos, D., Kariotoglou, P. (1999). Teaching fluids: intended knowledge and students' actual conceptual evolution. *International Journal of Science Education*, 21(1), 17-38.
- Psillos, D., Tselfes, V. & Kariotoglou, P. (2004). An epistemological analysis of the evolution of didactical activities in teaching–learning sequences: the case of fluids. *International Journal of Science Education*, 26(5), 555–578.
- Psillos, D. & Kariotoglou, P. (2016). *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences Introducing the Science of Materials in European Schools*, Springer, Dordrecht.
- Radder, H. (1996), *In and about the world*. New York: State University Press.
- Riga, F., Winterbottom, M., Harris, E., Newby, L. (2017). Inquiry-Based Science Education. In: Taber, K.S., Akpan, B. (eds) *Science Education. New Directions in Mathematics and Science Education*. Sense Publishers, Rotterdam. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_19

- Roberts, D., & Bybee, R. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education. In N. Lederman & S. Abell (Eds.), *Handbook of Research in Science Education* (pp. 545–558). Routledge.
- Shliakhovchuk, E. (2019). After cultural literacy: new models of intercultural competency for life and work in a VUCA world. *Educational Review*, 73(2), 229–250. <https://doi.org/10.1080/00131911.2019.1566211>
- Spyrtou, A., Zoupidis, A., & Kariotoglou, P. (2008). The design and development of an ICT Enhanced Module concerning density as a property of materials applied in floating-sinking phenomena. In: C. P. Constantinou και N. Papadouris (Eds.), GIREP INTERNATIONAL CONFERENCE, *Physics Curriculum Design, Development and Validation*, Selected Papers, 391-407. ISBN 978-9963-689-20-0.
- Stevens S., Sutherland, L.M. & Krajcik, J.S. (2009) *The big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Sutman, F., Schmuckler, J. & Woodfield, J. (2008). *The Science Quest. Using Inquiry/Discovery to Enhance Student Learning*, Grades 7-12. Published by Jossey-Bass, USA, 89, 125.
- Valladares, L. (2021). Scientific Literacy and Social Transformation. *Science & Education*, 30, 557–587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>
- van Zee, E. H., (2006). Teaching “Science Teaching“ Through Inquiry, in Appleton, K. (eds.), *Elementary Science Teacher Education*, London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wenning, C.J. (2005). Levels of inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and inquiry processes. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 2(3), 3-11.
- Wenning, C.J. (2007). Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 4(2), 21-24.
- Zoupidis, A., Pnevmatikos D., Spyrtou, A., and Kariotoglou, P. (2016). The impact of procedural and epistemological knowledge on conceptual understanding: the case of density and floating-sinking, *Instructional Science*, 44(4), 315-334. <https://www.jstor.org/stable/26303041>
- Zoupidis, A., Spyrtou, A., Malandrakis, G., Kariotoglou, P. (2016). The evolutionary refinement process of a Teaching Learning Sequence for introducing inquiry aspects and density as materials' property in floating / sinking phenomena, In D. Psillos & P. Kariotoglou (Eds.), *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences*, (pp. 167-199), Springer.

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 Κλασσικής 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· Roultzakis 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 συνθήκες 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 μέρης, 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 conductions 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., Vavougiotis, 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.

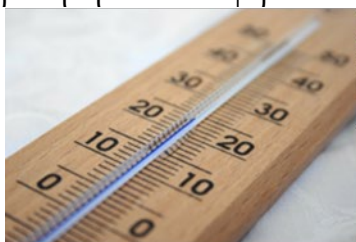


Ερώτηση: Ποια είναι η θερμοκρασία στην οποία βράζει το νερό;

.....

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.



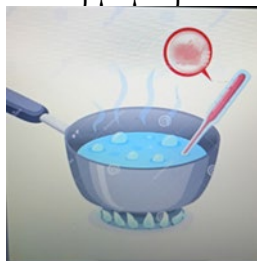
Μπορείτε να περιγράψετε πως το πρόδρομο μοντέλο του βρασμού βρίσκει εφαρμογή στην περίπτωση του βραστήρα; Γράψτε τις σκέψεις σας παρακάτω.

.....

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

**ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ
ΕΡΕΥΝΑΣ ΣΤΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ
ΜΕ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ:
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ Η ΚΑΘΙΕΡΩΣΗ ΤΗΣ
ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΜΕ ΤΑ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**

Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης

ομότ. Καθηγητής ΕΚΠΑ

gkalkanis@gmail.com , <http://micro-kosmos.uoa.gr>

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Διαχρονικό ζητούμενο της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες ήταν η αξιοποίηση (και) στην εκπαίδευση της ιστορικά καταξιωμένης επιστημονικής μεθοδολογίας της έρευνας των φυσικών επιστημών. Η προσομοίωση της επιστημονικής έρευνας και η εφαρμογή της στην εκπαιδευτική διαδικασία, ως «επιστημονική-εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση», αποδεικνύεται επιτυχής και αποτελεσματική. Αποτέλεσμα αυτής της επιτυχίας είναι η καθιέρωσή της από τα νέα Προγράμματα Σπουδών 2023 για τις φυσικές επιστήμες που προτείνουν τη συστηματική εφαρμογή της σε όλες τις βαθμίδες και τάξεις της εκπαίδευσης, προσφέροντας πολλά και σημαντικά βοηθήματα στους μαθητές / μελλοντικούς πολίτες, με κυριότερο αυτό για την απόκτηση ορθολογικής σκέψης / ορθολογισμού (...).

Λέξεις κλειδιά: επιστημονική - εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση, επιστημονική έρευνα, εκπαιδευτική διερεύνηση

Αναφορά: Καλκάνης, Γ. Θ. (2025). Από τη Μεθοδολογία της Επιστημονικής Έρευνας στη Μεθοδολογία της Εκπαιδευτικής Διερεύνησης και στην Επιστημονική-Εκπαιδευτική Μεθοδολογία με Διερεύνηση: Εφαρμογές και η Καθιέρωση της Διερευνητικής Διαδικασίας με τα Προγράμματα Σπουδών, 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

**FROM THE METHODOLOGY OF SCIENTIFIC
RESEARCH TO THE METHODOLOGY OF
EDUCATIONAL INVESTIGATION AND TO
SCIENTIFIC-EDUCATIONAL METHODOLOGY
BY INQUIRY APPLICATIONS AND THE
ESTABLISHMENT OF THE INQUIRY PROCEDURE IN
GREEK CURRICULA**

Georgios Theof. Kalkanis

emeritus Professor of University of Athens

gkalkanis@gmail.com , <http://micro-kosmos.uoa.gr>

ABSTRACT

A constant issue of science education was the utilization of the historically acknowledged scientific methodology of science research (and) in education. The simulation of scientific research and its implementation in the educational process as "scientific-educational methodology by inquiry" has proven successful and effective. The result of this success is its establishment by the new Science Curricula 2023 that proposes the systematic application of the inquiry procedure/methodology in all levels and grades of science education, providing important aids to the students / future citizens to be orthologists (...).

Keywords: *scientific - educational methodology by inquiry, scientific research, educational inquiry*

**Η ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕ
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ**

Η «επιστημονική - εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση» (Καλκάνης, 2007α) είναι η γενικότερη εκδοχή του «ερευνητικά εξελισσόμενου εκπαιδευτικού προτύπου» που προτάθηκε και εφαρμόστηκε από τη συγγραφική ομάδα των εγχειριδίων της σειράς «Φυσικά – Ερευνώ κι Ανακαλύπτω» της Ε΄ και Στ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου (Αποστολάκης κά, 2003, 2006). Οι μέθοδοι με διερεύνηση (όπως αυτή) που υιοθετούν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης ως εκπαιδευτική μέθοδο αναγνωρίζονται από τις αρχές του 2000 ως κυρίαρχες (Καριώτογλου, 2011) προτείνεται δε η εφαρμογή τους στα Προγράμματα Σπουδών και από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Science Education Now, 2007).

Η μέθοδος αυτή προτάθηκε και εφαρμόστηκε και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση με τα βιβλία των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αθηνών (Καλκάνης, 2007β, 2007γ). Τα υποχρεωτικά αυτά μαθήματα σε δυο εξάμηνα (3ο-4ο) για τους φοιτητές του τμήματος / μελλοντικούς δασκάλους συμπληρώνονταν με υποχρεωτικές, επίσης, εργαστηριακές ασκήσεις στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών για ένα δίωρο την εβδομάδα επί δύο εξάμηνα (5ο-6ο) που ακολουθούσαν τη θεωρητική διδασκαλία.

Μεταβαίνοντας από την επιστημονική έρευνα στην εκπαιδευτική διερεύνηση, αντιγράφοντας ή προσομοιώνοντας τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου της έρευνας και ενσωματώνοντάς τα σε **φύλλα εργασίας**, η επιστημονική - εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση επιδιώκει και επιτυγχάνει σε κάθε μεθοδολογικό βήμα:

1. Να προκαλεί το ενδιαφέρον των εκπαιδευόμενων για την εκάστοτε θεματική της εκπαιδευτικής διαδικασίας με εναύσματα, όπως θέματα της επικαιρότητας, σχετικά φυσικά ή και ανθρωπογενή φαινόμενα, επιστημονικές ή τεχνολογικές ανακοινώσεις, ή/και διαθεματικές αναφορές στις τέχνες... (βήμα 1ο: πρόκληση ενδιαφέροντος).
2. Να προβληματίζει και να ζητά υποθέσεις ή προτάσεις από τους εκπαιδευόμενους για τον τρόπο μελέτης της θεματικής, οργανώνοντας συζητήσεις μεταξύ τους και θέτοντας ερωτήματα, ώστε οι εκπαιδευόμενοι να συνδέσουν τη συγκεκριμένη θεματική με προϋπάρχουσες γνώσεις (βήμα 2ο: προβληματισμός και διατύπωση υποθέσεων).
3. Να εμπλέκει σε πειραματισμό (πραγματικό ή εικονικό, με πραγματικές κατά το δυνατόν μετρήσεις και ιδιοκατασκευές) τους εκπαιδευόμενους, κατατάσσοντάς τους σε ομάδες και διακρίνοντας ρόλους. Ο πειραματισμός –απαραίτητα– πρέπει να είναι αποδεικτικός (απορριπτικός ή επιβεβαιωτικός) μιας υπόθεσης και ανακαλυπτικός της "θεωρίας" των εκπαιδευόμενων και όχι επιδεικτικός μετά τη διατύπωση της γνωστής θεωρίας (βήμα 3ο: πειραματισμός).
4. Να ζητά τη διατύπωση των παρατηρήσεων, των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων των εκπαιδευόμενων που θα αποτελέσουν την εξαχθείσα / ανακαλυφθείσα γνώση, τη «θεωρία» τους (βήμα 4ο: διατύπωση παρατηρήσεων, αποτελεσμάτων, συμπερασμάτων).
5. Να εφαρμόζει διεπιστημονικά / διαθεματικά τη «θεωρία», να την εμπεδώνει, να τη γενικεύει σε ευρύτερες θεματικές και να την ερμηνεύει με τον μικρόκοσμο (βήμα 5ο: εφαρμογές, γενίκευση, μικρο-ερμηνείες).

Με την απαραίτητη εμπλοκή των εκπαιδευόμενων κατά την εκπαιδευτική διαδικασία σε πραγματικούς πειραματισμούς και πραγματικές μετρήσεις, αλλά και στη διατύπωση από τους ίδιους των συμπερασμάτων τους (της «θεωρίας» τους) από τα αποτελέσματα των πειραματισμών τους, καταδεικνύεται καταρχήν στους εκπαιδευόμενους ότι οι θεωρίες είναι αντικειμενικές και δεν εξαρτώνται από προαντιλήψεις ή προκαταλήψεις, αλλά μόνον από το πείραμα.

Παράλληλα με τις **γνώσεις** που αποκτούν οι εκπαιδευόμενοι αποκτούν ή και ενισχύουν προσδοκώμενες **δεξιότητες** συμμετέχοντας ενεργητικά στα διάφορα και ποικίλα βήματα της μεθοδολογίας.

Προστίθεται ότι η καταγραφή παρατηρήσεων, σχολίων, κρίσεων, μετρήσεων, αποτελεσμάτων, συμπερασμάτων (...) στα **φύλλα εργασίας** –έντυπα ή ηλεκτρονικά– από τους ίδιους τους εκπαιδευόμενους παρέχει τη δυνατότητα στον/στην εκπαιδευτικό για αναλυτική (σε κάθε βήμα και ενέργεια) **αξιολόγηση** των εκπαιδευόμενων, καθενός ξεχωριστά, τόσο όσον αφορά στην ενεργό συμμετοχή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία και στις γνώσεις που απέκτησαν όσο και στις δεξιότητες που ανέπτυξαν κατά την εκπαιδευτική διαδικασία.

ΟΙ ΚΑΛΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ

Σε όλο το πλέγμα των δραστηριοτήτων που προβλέπει / απαιτεί η εφαρμογή της μεθόδου, σημαντική είναι η παράπλευρη συμβολή μερικών «καλών πρακτικών», είτε πρόκειται για ατομικές πρακτικές που εφαρμόζουν οι εκπαιδευόμενοι ή μια ομάδα εκπαιδευομένων και αφορούν στα μεθοδολογικά βήματα, είτε πρόκειται για γενικότερες πρακτικές που αφορούν στα μελετούμενα αντικείμενα και τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις τους και εφαρμόζονται από το σύνολο των εκπαιδευομένων.

Μερικές από αυτές τις καλές πρακτικές προτείνονται με την πεποίθηση ότι βελτιστοποιούν την ποιότητα και αποτελεσματικότητα της επιστημονικής εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση, ανά μεθοδολογικό βήμα:

- Το έναυσμα του ενδιαφέροντος για τη μελέτη μερικών θεματικών είναι δυνατόν να παρωθείται εκτός από την επικαιρότητα νέων επιστημονικών ή και τεχνολογικών ανακαλύψεων / εφαρμογών, ή φυσικά φαινόμενα και ιδιαιτερότητες του καιρού, (όπως προαναφέρθηκε), ή να προκαλείται επίσης και από την ομαδική θέαση κινηματογραφικών / τηλεοπτικών έργων, επετείους, συζητήσεις, παιχνίδια, αθλήματα, ...
- Ο προβληματισμός και η αναζήτηση από τους μαθητές ή φοιτητές να ενθαρρύνεται κατά τις συζητήσεις μεταξύ τους, με βάση προϋπάρχουσες γνώσεις τους, καθώς και η αναζήτηση γνώσεων ή εμπειριών από ειδικούς, όπως και από αναπαραστάσεις / προσομοιώσεις των μικροσκοπικών δομών και διαδικασιών του μικροκόσμου (Καλκάνης κά. 2007δ, 2007ε) που συνδέονται με τα μικροσκοπικά φαινόμενα υπό μελέτη, ...
- Ο πειραματισμός -από τους ίδιους τους μαθητές ή φοιτητές- να γίνεται και με ιδιο-κατασκευές (που αναπτύσσουν πολλές δεξιότητες, Καλκάνης κά. 2013β), αλλά και να περιλαμβάνει (και) σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες (αισθητήρες / απτήρες σε σύνδεση τους με Η/Υ όπως και επεξεργασία δεδομένων, ... Γκικοπούλου, 2020).

- Η διατύπωση αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων να γίνεται από τους μαθητές ή φοιτητές, με τον εκπαιδευτικό να τους συντονίζει / κατευθύνει και να τους οδηγεί σε λογικές κρίσεις, στην ορθολογική σκέψη ...
- Η γενίκευση των επί μέρους νέων γνώσεων -και των απαιτούμενων δεξιοτήτων- να εντάσσεται στην εφαρμογή της ορθολογικής σκέψης.

ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ, Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Μετά τις πρώτες εφαρμογές της μεθόδου (με άλλο όνομα, όπως προαναφέρθηκε) στα βιβλία φυσικών επιστημών της Ε' και Στ' τάξης της δημοτικής εκπαίδευσης το 2001 και 2006 –αντίστοιχα (Αποστολάκης κά. 2001, 2006)- και (με αυτό το όνομα) σε βιβλία φυσικών επιστημών της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, το 2007 (Καλκάνης, 2007γ), η μέθοδος εφαρμόζεται συνεχώς έως σήμερα σε βιβλία της δημοτικής και γυμνασιακής (Αντωνίου κά. 2014, Καλκάνης κά. 2013α, 2014) εκπαίδευσης.

Κατά τη μακρόχρονη εφαρμογή της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια / γυμνασιακή εκπαίδευση δεν δημοσιεύθηκαν ή διατυπώθηκαν από εκπαιδευτικούς αρνητικές κρίσεις για την αποτελεσματικότητά της και δεν ζητήθηκαν παρεμβάσεις ή και αλλαγές στη δομή και τη λειτουργία της. Αντίθετα, οι θετικές κρίσεις που έχουν δημοσιευτεί (Γκικοπούλου 2013, Καλκάνης κά. 2019) για τη μέθοδο, αλλά και για πολλές υποστηρικτικές της μεθόδου καλές πρακτικές, υποδεικνύουν την εν γένει αποδοχή της από τους εκπαιδευτικούς της τυπικής εκπαίδευσης.

Όσον αφορά στους χιλιάδες φοιτητές που ασκήθηκαν σε εργαστηριακά πειράματα φυσικών ενταγμένα στην επιστημονική - εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση η σχετική έρευνα (Γκικοπούλου 2019) έδειξε ότι είχαν καλύτερη επίδοση όσον αφορά στην ακρίβεια και πληρότητα των συμπερασμάτων τους, στη διασύνδεση των συμπερασμάτων τους με τη θεωρία αλλά και στις εφαρμογές, υποδηλώνοντας την ανάπτυξη ενός επιστημονικού τρόπου σκέψης. Τα αποτελέσματα αυτά είναι αρκετά ενθαρρυντικά με προεκτάσεις και στην τυπική εκπαίδευση όπου εφαρμόζεται η ίδια μέθοδος, καθώς υποδηλώνουν ότι μπορεί να βοηθήσει και στην ανάπτυξη επιστημονικού τρόπου σκέψης και στους μαθητές της τυπικής εκπαίδευσης.

Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία και με αποτελέσματα άλλων ερευνών (Koerber et al. 2015) που υποστηρίζουν ότι η κατανόηση της φύσης της επιστήμης και της αναγκαιότητας του ελέγχου των υποθέσεων και της αξιολόγησης των δεδομένων βοηθούν τους μαθητές να αντιμετωπίσουν τις αφελείς και μερικά σωστές αντιλήψεις τους προσεγγίζοντας περισσότερο τις επιστημονικές.

Επίσης, η Kuhn επισημαίνει (1999) ότι βασικός σκοπός της εκπαίδευσης είναι να μάθει στους μαθητές πώς να σκέφτονται, ώστε να μπορούν να αποκτούν νέες γνώσεις και δεξιότητες. Η διερευνητική μάθηση βοηθά στην επίτευξη αυτού του σκοπού δεδομένου ότι βοηθά τους μαθητές να αποκτήσουν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης. Η ίδια και οι συνεργάτες της (Kuhn et al. 2000) ορίζουν τη διερευνητική μάθηση ως

μια εκπαιδευτική διαδικασία κατά την οποία οι μαθητές μελετούν προσεκτικά τα φαινόμενα (πραγματικά ή εικονικά) και καταλήγουν σε συμπεράσματα για αυτά.

Η ΚΑΤΑΞΙΩΣΗ ΣΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ 2023

Η αναγνώριση των πλεονεκτημάτων της διερευνητικής μάθησης (όπως αυτή που επιχειρείται και με την παρουσιαζόμενη εδώ επιστημονική - εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση), που οδηγεί στην ανακάλυψη και όχι στην απομνημόνευση της αλήθειας, υιοθετήθηκε και προτείνεται και από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής / Υπουργείο Παιδείας ώστε η διερευνητική διαδικασία και πρακτική να αποτελέσει τον μεθοδολογικό οδηγό των (νέων) Προγραμμάτων Σπουδών του 2023 (ΙΕΠ, 2022) που αφορούν στις φυσικές επιστήμες, σε όλες τις βαθμίδες και τάξεις.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στους/στις διαχρονικά πιστούς/τές και αγαπημένους/νες συνεργάτες/τιδες μου.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Αντωνίου Ν., Δημητριάδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ., Παπασιμίπα Λ. (2014). Εργαστηριακός Οδηγός Φυσικής Β' Γυμνασίου, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα 2014
- Αποστολάκης, Ε., Κορόζη, Β., Παναγοπούλου, Ε., Πετρέα, Κ., Σταύρος Σ., Καλκάνης Γ.Θ., (2001). "Ερευνώ και Ανακαλύπτω" εγχειρίδια Ε' και Στ' Δημοτικού, βιβλίο για το μαθητή, βιβλίο για το δάσκαλο, ένθετο "με μια ματιά", φύλλα αξιολόγησης, Υπουργείο Παιδείας, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2001
- Αποστολάκης Ε., Παναγοπούλου Ε., Σάββας Σ., Τσαγλιώτης Ν., Μακρή Β., Πανταζής Γ., Πετρέα Κ., Σωτηρίου Σ., Τόλιας Β., Τσαγκογέωργα Α., Καλκάνης Γ.Θ. (2006). "ΦΥΣΙΚΑ Ε' και Στ' Δημοτικού - Ερευνώ και Ανακαλύπτω", - Βιβλίο Μαθητή, - Τετράδιο Εργασιών, - Βιβλίο Δασκάλου, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2006
- Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Καλκάνης Γ. (2013). «Από τον Ηλεκτρισμό στο Μαγνητισμό» με απλή αυτο-Κατασκευή Ηλεκτρικού Κινητήρα για Εκπαιδευτικό Πειραματισμό και «Από το Μαγνητισμό στον Ηλεκτρισμό» με απλή αυτο-Κατασκευή Ηλεκτρικής Γεννήτριας για Εκπαιδευτικό Πειραματισμό, Εργαστήριο «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» με ιδιο-Πειράματα / αυτο-Κατασκευές και «με το μικρόΚοσμο Εξηγώ» τον Φυσικό Κόσμο, 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2013
- Γκικοπούλου Ο. (2019). «Η επιστημονική / εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση και ο επιστημονικός τρόπος σκέψης – Μια έρευνα», 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση -

- Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι., Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα, 2019
- Γκικοπούλου Ο. (2020). Οκτώ Επεισόδια Εκπαιδευτικής Τηλεόρασης, με ευθύνη του Ινστιτούτου Εκπαιδευτική Πολιτικής, 2020, <https://webtv.ert.gr/category/mathainoume-sto-spiti>
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (2022). (νέα) Προγράμματα Σπουδών, <https://ier.edu.gr/el/nea-programmata-sroudou-archiki-selida>
- Καλκάνης Γ.Θ. (2007α). "Η Επιστημονική - Εκπαιδευτική Μεθοδολογία και Δεοντολογία" (Προσκεκλημένη Ομιλία / Εισήγηση), 4η Συνάντηση Αθηνών "Ζητήματα Επιστήμης: Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδακτική", Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2007
- Καλκάνης Γ.Θ. (2007β). Βιβλίο "Εκπαιδευτική ΦΥΣΙΚΗ και Εκπαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ", Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 2007
- Καλκάνης Γ.Θ. (2007γ). Βιβλία "Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ", Ι. οι Θεωρίες και ΙΙ. τα Φαινόμενα, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 2007
- Καλκάνης Γ.Θ. κά. (2007δ). Διαδικτυακές προσομοιώσεις και εκπαιδευτικά επεισόδια «Με τον μικρόκοσμο εξηγώ ...»: http://micro-kosmos.uoa.gr/gr/software/ekp_tileorasi.htm
- Καλκάνης Γ.Θ. κά. (2007ε). Διαδικτυακές προσομοιώσεις των δομών και διαδικασιών του μικρόκοσμου: <http://micro-kosmos.uoa.gr/gr/software/prosomoioseis.htm> και Φωτόδεντρο <http://photodentro.edu.gr>
- Καλκάνης Γ.Θ., Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Πατρινόπουλος Μ., Τσάκωνας Π., Δημητριάδης Π., Παπατσιμπα Λ., Μιτζήθρας Κ., Καπόγιαννης Α., Σωτηρόπουλος Δ.Ι., Πολίτης Σ., (2013α). Βιβλίο "Η Φυσική με Πειράματα" Α' Γυμνασίου, Βιβλίο Μαθητή, Υπουργείο Παιδείας, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα 2013
- Καλκάνης Γ., Γκικοπούλου Ουρ., Ιμβριώτη Δ., Καπότης Ευστ., Γουσόπουλος Δ. (2013β). ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» με ιδιο-Πειράματα / αυτο-Κατασκευές και «με το μικρόΚοσμο Εξηγώ» τον Φυσικό Κόσμο, 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2013
- Καλκάνης Γ.Θ., Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Πατρινόπουλος Μ., Τσάκωνας Π., Δημητριάδης Π., Παπατσιμπα Λ., Μιτζήθρας Κ., Καπόγιαννης Α., Σωτηρόπουλος Δ.Ι., Δρόλαπας Αν. (2014). Βιβλίο "Η Φυσική με Πειράματα" Α' Γυμνασίου, Βιβλίο Εκπαιδευτικού, Υπουργείο Παιδείας, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα 2014
- Καλκάνης Γ., Τόμπρας Γ. (2019). «Ελλείμματα της Εκπαίδευσης στη Φυσική «από το Λύκειο στο Πανεπιστήμιο» □ Μια Έρευνα και Προτάσεις», 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι., Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα, 2019
- Καριώτογλου Π. (2011). «Σύγχρονες τάσεις στα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών», 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων

Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης,
Αλεξανδρούπολη, 2011

- Kalkanis G. (2013) "From the Scientific to Educational Monte Carlo Simulations of microKosmos in the frame of Scientific / Educational Methodology by Inquiry" Invited Paper in "Concepts of Matter in Science Education", Springer Series "Innovations in Science Education and Technology", Vol. 19, Editors G. Tsaparlis, H. Sevian, Springer Dordrecht Heidelberg New York London, ISSN 1873-1058, ISBN 978-94-007-5913-8
- Koerber S., Mayer D., Osterhaus Ch., Schwippert K., Sodian B., (2015). The Development of Scientific Thinking in Elementary School: A Comprehensive Inventory. *Child Development*, January/February 2015, Volume 86, Number 1, Pages 327–336
- Kuhn D. (1999). A developmental model of critical thinking. *Educational Research*, vol. 28, no. 2, pp. 16–46, 1999.
- Kuhn D., Black J., Keselman A., and Kaplan D. (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognitive Instruction*, vol. 18, no. 4, pp. 495–523, 2000.
- Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe, High Level Group on Science Education (2007). European Commission, Michel Rocard (chair), Directorate-General for Research Science, Economy and Society, 2007

ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Αθανασία Κοκολάκη¹, Νίκος Καπελώνης² & Δημήτρης Σταύρου³

¹Μεταδιδακτορική ερευνήτρια ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης, ²Υποψ. Διδάκτορας ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης &

³Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης

akokolaki@edc.uoc.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων και μέσων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) θεωρείται ότι μπορεί να συνεισφέρει υποστηρικτικά στην υλοποίηση πειραματικών διαδικασιών. Στην παρούσα εργασία αρχικά περιγράφονται τα ψηφιακά μαθησιακά περιβάλλοντα που έχουν αναπτυχθεί στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος Erasmus+ “STEM DIGITALIS” για τη διδασκαλία της Κλιματικής Αλλαγής. Στην συνέχεια περιγράφεται η εμπειρική έρευνα με 17 μελλοντικούς εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης αναφορικά με τις απόψεις τους για τη διδακτική αξιοποίηση ψηφιακών μέσων στη διδασκαλία των ΦΕ. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν κυρίως τις δυνατότητες των ψηφιακών εργαλείων αφενός για την εμπλοκή των μαθητών/-τριων σε διερευνητικές διαδικασίες και αφετέρου για την αύξηση της αυθεντικότητας του πλαισίου διδασκαλίας.

Λέξεις κλειδιά: πείραμα, πειραματική διδασκαλία, ψηφιακές τεχνολογίες, κλιματική αλλαγή

Αναφορά: Κοκολάκη, Α., Καπελώνης Ν., & Σταύρου, Δ. (2025). Ψηφιακές Τεχνολογίες για την Πειραματική Διδασκαλία της Κλιματικής Αλλαγής, 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

DIGITAL TECHNOLOGIES FOR THE EXPERIMENTAL TEACHING OF CLIMATE CHANGE

Athanasia Kokolaki¹, Nikos Kapelonis² & Dimitris Stavrou³

¹ Post doc researcher University of Crete, ² PhD candidate University of Crete &

³ Professor University of Crete

akokolaki@edc.uoc.gr

ABSTRACT

The use of digital tools and technologies in science teaching is considered to contribute to the implementation of experimental work in science classrooms. In the present study, we initially outline the digital learning environments that have been developed within the European Erasmus+ project “STEM DIGITALIS” for teaching Climate Change. Then, the empirical research with 17 pre-service primary education teachers is described regarding their views on the educational use of digital tools and technologies for science teaching. The results highlight that pre-service teachers mainly recognize the potential of the digital tools for engaging students in inquiry -based activities as well as for increasing the authenticity of the learning environment.

Keywords: *experiment, experimental science teaching, digital technologies, climate change*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πείραμα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Το πείραμα αποτελεί ένα από τα πιο ευρέως αξιοποιούμενα διδακτικά μέσα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) δεδομένου ότι η διεξαγωγή πειραμάτων θεωρείται ότι συμβάλλει αφενός στην επεξεργασία και βαθύτερη κατανόηση του επιστημονικού περιεχομένου από πλευράς των μαθητών/-τριων και αφετέρου στην καλλιέργεια των διερευνητικών τους δεξιοτήτων εξοικειώνοντας τους με την επιστημονική μεθοδολογία, τον επιστημονικό τρόπο σκέψης αλλά και με πτυχές της φύσης της επιστήμης και της επιστημονικής έρευνας (Duit & Tesch, 2010 · Koronen & Mäntylä, 2006 · Hofstein & Lunetta, 2004). Οι πειραματικές διαδικασίες εμπλέκουν τους μαθητές/-τριες με διαδικασίες παρατήρησης, διατύπωσης υποθέσεων, συλλογής δεδομένων, καταγραφής μετρήσεων, ανάλυσης των δεδομένων, ερμηνείας των αποτελεσμάτων, διατύπωσης και επικοινωνίας συμπερασμάτων. Πέραν όμως της εμπλοκής των μαθητών/-τριών με τις προαναφερθείσες διαδικασίες που συμβάλλουν στη διαμόρφωση εννοιολογικού πλαισίου (*minds-on*), η διεξαγωγή πειραμάτων προωθεί ταυτόχρονα και την καλλιέργεια των πρακτικών δεξιοτήτων των μαθητών/-

τριών μέσα από την επιλογή κατάλληλου εξοπλισμού, το χειρισμό αναλογικών και ψηφιακών οργάνων κλπ. (*hands-on*). Ωστόσο, για την οικοδόμηση της νέας γνώσης από τους μαθητές/-τριες δεν αρκεί η διεξαγωγή πειραμάτων χωρίς αυτή να συνοδεύεται από την κατάλληλη διαπραγμάτευση της διαδικασίας με τον/την εκπαιδευτικό και τους υπόλοιπους μαθητές/-τριες (Duit & Tesch, 2010 · Kluge, 2014). Έρευνες έχουν δείξει ότι για την επίτευξη των επιθυμητών μαθησιακών αποτελεσμάτων απαιτείται εκτός από την εμπλοκή με *hands-on* δραστηριότητες, η διαμόρφωση κατάλληλων αυθεντικών μαθησιακών περιβαλλόντων που θα προκαλούν τις ιδέες και προγενέστερες γνώσεις των μαθητών/-τριών και θα επιτρέπουν τη σύνδεση της πράξης αφενός με την καθημερινότητα τους και αφετέρου με την επιστημονική θεωρία (Duit & Tesch, 2010 · Kluge, 2014). Παράλληλα, έχει διαπιστωθεί ότι κατά την υλοποίηση πειραμάτων από τους ίδιους τους μαθητές/-τριες, αυτοί/-ές τείνουν να δίνουν έμφαση κυρίως σε πρακτικά και οργανωτικά ζητήματα ενώ ταυτόχρονα λόγω της απόκλισης των δικών τους προσωπικών ιδεών από τις επιστημονικά ορθές τείνουν να αντιλαμβάνονται τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα (πχ. στοχοθεσία πειράματος, παρατηρήσεις κλπ.) και να ερμηνεύουν τα αποτελέσματα μέσα από τα δικά τους νοητικά σχήματα. Συνεπώς, συχνά οι μαθητές/-τριες κατά την εμπλοκή σε πειραματικές διαδικασίες τείνουν να υιοθετούν μια πιο μηχανιστική προσέγγιση ακολουθώντας τις οδηγίες και τα βήματα που έχουν προκαθοριστεί από άλλους γεγονός που καθιστά αναγκαία την υιοθέτηση ενός ενεργού ρόλου από τον/την εκπαιδευτικό κατά τη διδακτική πράξη (Duit & Tesch, 2010 · Ferreira & Morais, 2013).

Ψηφιακά εργαλεία & Πειραματική διαδικασία

Η διεξαγωγή πειραμάτων, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, παρέχει στους μαθητές/-τριες μια αυθεντική μαθησιακή εμπειρία βασισμένη στην αξιοποίηση χειραπτικών υλικών και μέσων από τους ίδιους τους μαθητές/-τριες ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει στην εξοικειώσή τους με επιστημονικές πρακτικές και δεξιότητες (Duit & Tesch, 2010). Ωστόσο, δεδομένου ότι η διεξαγωγή πειραμάτων είναι μια αρκετά απαιτητική διαδικασία τόσο για τους μαθητές/-τριες όσο και για τους εκπαιδευτικούς, στη βιβλιογραφία συχνά προτείνεται η ταυτόχρονη αξιοποίηση ψηφιακών και τεχνολογικών μέσων, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά παρέχοντας δυνατότητες για πολλαπλές αναπαραστάσεις των υπό μελέτη φαινομένων, μεγεθών, συσχετίσεων αλλά και για ενίσχυση της εστίασης των μαθητών/-τριών στις εκάστοτε εννοιολογικές πτυχές που εξετάζονται (De Jong et al. 2013 · Zacharia et al., 2012 · Kluge, 2014 · Wörner et al., 2022). Επιπλέον, οι νέες τεχνολογίες και τα ψηφιακά εργαλεία, ιδιαίτερα όταν η αξιοποίησή τους συνδυάζεται με καινοτόμες παιδαγωγικές και διδακτικές πρακτικές, θεωρείται ότι μπορούν να εμπλουτίσουν τη μαθησιακή εμπειρία των μαθητών/-τριών παρέχοντας επιπρόσθετες ευκαιρίες για i. εμπλοκή με διερευνητικές διαδικασίες, ii. σύνδεση των προσωπικών εμπειριών με άλλες εμπειρίες και γεγονότα του πραγματικού κόσμου, iii. ανατροφοδότηση και εμπλοκή με μεταγνωστικές διαδικασίες, iv. έλεγχο του ρυθμού και της διαδικασίας μάθησης (*self – management*) και v. κοινωνική αλληλεπίδραση μεταξύ των συμμετεχόντων (Kim et al., 2019 · Rocha Fernandes et al., 2019 · Rutten et al., 2012 · Webb, 2012).

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, τα ψηφιακά εργαλεία και νέες τεχνολογίες που ενσωματώνονται πιο συχνά στην εκπαιδευτική πρακτική για την υποστήριξη μιας διδασκαλίας ΦΕ περιλαμβάνουν: αισθητήρες για λήψη μετρήσεων (*sensors*), προσομοιώσεις (*simulations*), εργαλεία οπτικοποίησης φαινομένων (*dynamic visualization tools*), εικονικά εργαστήρια (*virtual labs*), εφαρμογές για κινητές συσκευές (*apps for mobile devices*), εκπαιδευτική ρομποτική (*educational robotics*), ψηφιακά παιχνίδια (*gaming & technology – mediates play*) καθώς και εφαρμογές εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας (*virtual & augmented reality apps*) (πχ. Becker et al., 2020 · Oliveira et al., 2019). Τα παραπάνω ψηφιακά εργαλεία και νέες τεχνολογίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις ακόλουθες ευρύτερες κατηγορίες:

- Ψηφιακά περιβάλλοντα με εμπύθιση (*Immersive learning environments*): Τα δισδιάστατα (2D) και τρισδιάστατα (3D) περιβάλλοντα μάθησης όπως είναι τα ψηφιακά παιχνίδια, οι εφαρμογές εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας παρέχουν στους χρήστες εμπειρίες παιχνιδοποίησης αλλά και δυνατότητες αυτονομίας στην πλοήγηση με στόχο τη συλλογή πληροφοριών και δεδομένων (πχ. Ibáñez & Delgado-Kloos, 2017· Murillo-Zamorano et al. 2023 · Zourmpakis et al., 2023).
- Παραμετροποιήσιμα μαθησιακά περιβάλλοντα (*Configurable digital resources*): Τα ψηφιακά εργαλεία αυτής της κατηγορίας επιτρέπουν στους χρήστες τον χειρισμό και την τροποποίηση παραμέτρων σε ένα πείραμα ή μοντέλο με στόχο την λήψη αντίστοιχων δεδομένων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα εργαλείων αυτής της κατηγορίας είναι οι προσομοιώσεις (πχ. Zacharia, 2005).
- Εργαλεία για επεξεργασία πραγματικών δεδομένων (*Real data processors*): Τα εργαλεία αυτής της κατηγορίας επιτρέπουν στους χρήστες την αναπαράσταση, επεξεργασία και ανάλυση πραγματικών δεδομένων συχνά σε πραγματικό χρόνο υποστηρίζοντας με αυτό τον τρόπο την ερμηνεία των αποτελεσμάτων και τη διαμόρφωση γενικεύσεων και συμπερασμάτων. (πχ. Pliaki et al., 2019· Niryakis & Stavrou, 2022).
- Ψηφιακοί διαδραστικοί πόροι (*Digital Interactive Resources*): Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα εργαλεία εκείνα που παρέχουν τη δυνατότητα στους χρήστες να συλλέγουν με έναν αλληλεπιδραστικό και οργανωμένο τρόπο τα δεδομένα και τις πληροφορίες που απαιτούνται για την διεξαγωγή μιας μικρής έρευνας όπως είναι για παράδειγμα τα διαδραστικά video-πειράματα (Hatherly et al., 2009).
- Εργαλεία για διαμοιρασμό δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (*Real time sharing tools*): Τα εργαλεία αυτά παρέχουν τη δυνατότητα επικοινωνίας και συνεργασίας μεταξύ των χρηστών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου εργαλείου είναι τα κοινόχρηστα αρχεία και πίνακες, που υποστηρίζουν την ανταλλαγή σχολίων μεταξύ των χρηστών καθώς και την συλλογική εργασία για ένα κοινό αποτέλεσμα.

Απόψεις εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων στη διδασκαλία

Έρευνες αναφορικά με τη χρήση ψηφιακών εργαλείων και νέων τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία έχουν αναδείξει μια σημαντική συσχέτιση μεταξύ του τρόπου αξιοποίησης των ψηφιακών εργαλείων και των επιδόσεων των μαθητών/-τριών (Webb, 2012). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει τη σημασία του ρόλου του/ της εκπαιδευτικού και των επιλογών του/της σε επίπεδο παιδαγωγικών και διδακτικών προσεγγίσεων για την ενσωμάτωση των ψηφιακών εργαλείων και νέων τεχνολογιών στην διδακτική πράξη. Συνεπώς, ένας παράγοντας που μελετάται στη βιβλιογραφία σχετικά με την ενσωμάτωση ψηφιακών εργαλείων και νέων τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία σχετίζεται με τις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά αφενός με τα ίδια τα ψηφιακά μέσα και αφετέρου τις δυνατότητες που παρέχουν τα ψηφιακά μέσα για τον σχεδιασμό περιβαλλόντων μάθησης (Hillmayr et al., 2020). Μια πρόσφατη έρευνα σε εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης από 12 χώρες (Fraillon et al., 2019 · Hillmayr et al., 2020) έδειξε ότι το 87% των συμμετεχόντων στην έρευνα αναγνωρίζει ότι η αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων και μέσων συμβάλλει στην προσαρμογή της μαθησιακής διαδικασίας στις ανάγκες των μαθητών/-τριών, το 78% δίνει έμφαση στις δυνατότητες που παρέχουν τα ψηφιακά μέσα για συνεργασία μεταξύ των εκάστοτε μαθητευόμενων ενώ το 91% τονίζει την αύξηση της πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών/-τριών ως ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα αξιοποίησης ψηφιακών μέσων στη διδασκαλία. Ωστόσο, στην ίδια έρευνα (Fraillon et al., 2019 · Hillmayr et al., 2020) το 37% των συμμετεχόντων ανέφεραν ότι η αξιοποίηση ψηφιακών μέσων και εργαλείων στην διδασκαλία μπορεί να λειτουργήσει αποσπασματικά για τους μαθητές/-τριες ενώ το 23% ανέφεραν ότι εμποδίζει βαθύτερη κατανόηση των εννοιών προς διαπραγμάτευση.

Με βάση λοιπόν την αξία ενσωμάτωσης ψηφιακών εργαλείων και τεχνολογιών στην διδασκαλία των ΦΕ για την υποστήριξη της πειραματικής διαδικασίας και δεδομένου ότι οι απόψεις των εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση τέτοιων μέσων στη διδασκαλία μπορεί να έχει καθοριστική σημασία για τον τρόπο αξιοποίησης τους στην εκπαιδευτική πράξη, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των απόψεων μελλοντικών εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την χρήση ψηφιακών εργαλείων στη διδασκαλία των ΦΕ και συγκεκριμένα για τη διδασκαλία ενός σύγχρονου STEM αντικειμένου όπως είναι αυτό της Κλιματικής Αλλαγής. Συνεπώς, το ερευνητικό ερώτημα που καθοδηγεί την παρούσα εργασία είναι: *Ποιες είναι οι απόψεις μελλοντικών εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για την διδακτική αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων και νέων τεχνολογιών στη διδασκαλία της Κλιματικής Αλλαγής;*

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ανάπτυξη ψηφιακού διδακτικού υλικού

Η παρούσα εργασία υλοποιήθηκε στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος Erasmus+ “STEM DIGITALIS” το οποίο αποτέλεσε μια σύμπραξη ανάμεσα σε πέντε ακαδημαϊκά ιδρύματα από ισάριθμες χώρες της Ευρώπης και συγκεκριμένα την Ελλάδα, τη Γερμανία, την Εσθονία, την Ολλανδία και την Ιρλανδία (<https://stemdigitalis-project.eu/>). Σκοπός του προγράμματος ήταν αφενός η ψηφιοποίηση STEM δραστηριοτήτων και αφετέρου η ανάπτυξη μικτών περιβαλλόντων μάθησης (*blended learning environments*) για την εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε σύγχρονα STEM αντικείμενα. Στα πλαίσια του προγράμματος αναπτύχθηκαν συνολικά πέντε ψηφιακά διδακτικά σενάρια στις εξής STEM θεματικές: i) Κλιματική Αλλαγή (ΚΑ) (*Climate change*), ii) Συμβολομετρία (*Interferometry*), iii) Ωκεάνιες Μπαταρίες & Ενεργειακές Φάρμες (*Ocean batteries & energy farms*), iv) Οικιακή Ενέργεια (*Energy at home*) και v) Ποιότητα του Νερού (*Water quality*) καθώς και διδακτικές στρατηγικές για την αξιοποίηση αυτών των διδακτικών σεναρίων σε περιβάλλοντα μικτής μάθησης.

Η ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Διδακτικής Θετικών Επιστημών (ΕΔΘΕ) του Πανεπιστημίου Κρήτης σχεδίασε και ανέπτυξε το ψηφιακό διδακτικό σενάριο για την ΚΑ, το οποίο διαρθρώνεται σε τρεις επιμέρους ενότητες. Σκοπός του διδακτικού σεναρίου είναι οι φοιτητές/-τριες να εξοικειωθούν με τις θεμελιώδεις έννοιες και διαστάσεις της ΚΑ όπως είναι α. τα αίτια, β. οι επιπτώσεις, γ. τα προτεινόμενα μέτρα προσαρμογής και αντιμετώπισης αυτών των επιπτώσεων καθώς και δ. οι κοινωνικές προεκτάσεις της ΚΑ.

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή του περιεχομένου, των ψηφιακών δραστηριοτήτων και των εργαλείων που αξιοποιήθηκαν σε κάθε μια από τις ενότητες του διδακτικού σεναρίου.

Ενότητα 1: Αιτιώδης μηχανισμός πρόκλησης ΚΑ

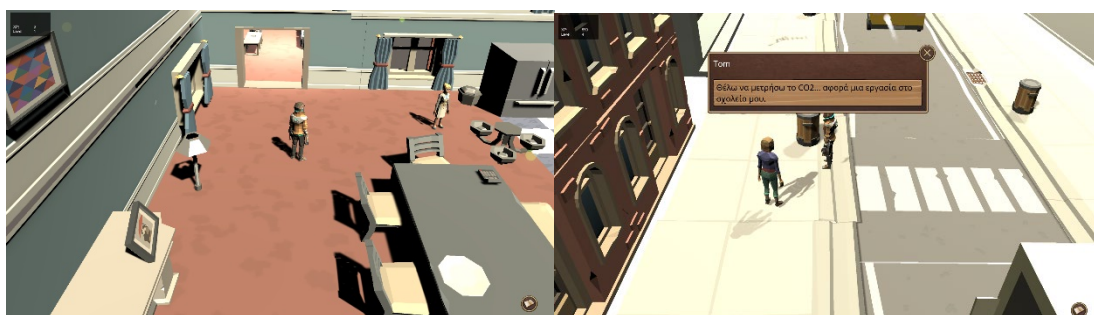
Στόχος της πρώτης ενότητας του διδακτικού σεναρίου είναι οι φοιτητές/-τριες να αναγνωρίσουν την συσχέτιση μεταξύ της αύξησης της θερμοκρασίας που σημειώνεται τις τελευταίες δεκαετίες και της αύξησης της συγκέντρωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα.

Η ενότητα αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος, οι φοιτητές/-τριες εισάγονται στις θεμελιώδεις έννοιες της ενότητας μέσα από την ανάγνωση και επεξεργασία δύο άρθρων από εφημερίδες τα οποία αφορούν στους στόχους και τις αποφάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) σχετικά με τον ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας και την κλιματική ουδετερότητα ως το 2030 και 2050 αντίστοιχα. Στο δεύτερο μέρος της ενότητας οι φοιτητές/-τριες καλούνται να επεξεργαστούν πραγματικά δεδομένα (*real data*) από τον σταθμό Mauna Loa της Χαβάης (<https://gml.noaa.gov/obop/mlo/>) σχετικά με την αύξηση της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης των εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα τις τελευταίες δεκαετίες ώστε να διαμορφώσουν τα τελικά τους συμπεράσματα αναφορικά με τη μεταξύ τους συσχέτιση.

Για την υλοποίηση των παραπάνω αναπτύχθηκαν τα ακόλουθα ψηφιακά περιβάλλοντα:

1.1. Ψηφιακό Εκπαιδευτικό Παιχνίδι

Το ψηφιακό εκπαιδευτικό παιχνίδι αναπτύχθηκε μέσω της πλατφόρμας παιχνιδοποίησης UNITY και αποτελεί ένα περιβάλλον μάθησης με εμβύθιση (*Immersive learning environment*) (http://stemdigitalis-project.eu/unityGame_UoC_final_en.zip). Στα πλαίσια της ενότητας 1, το ψηφιακό παιχνίδι αποτελεί το περιβάλλον μέσα στο οποίο οι φοιτητές/-τριες συλλέγουν και συγκρίνουν τα δεδομένα που καλούνται να επεξεργαστούν ώστε να διαμορφώσουν τα τελικά τους συμπεράσματα αναφορικά με την συσχέτιση της αύξησης της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης των εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα τα τελευταία 40 χρόνια. Ο πρωταγωνιστής του παιχνιδιού είναι ένας φοιτητής που θέλει να συλλέξει επιστημονικά δεδομένα τα οποία να υποστηρίζουν τις αποφάσεις της ΕΕ για το κλίμα. Κατά την αναζήτηση των επιστημονικών δεδομένων, ο πρωταγωνιστής του παιχνιδιού συναντά μια ερευνήτρια του κλίματος στο εργαστήριό της. Μέσω μιας χρονομηχανής, που έχει αναπτύξει η ερευνήτρια, ο πρωταγωνιστής «ταξιδεύει» στις τέσσερις προηγούμενες δεκαετίες, χωρίς όμως να γνωρίζει σε ποια δεκαετία βρίσκεται (Εικόνα 1).

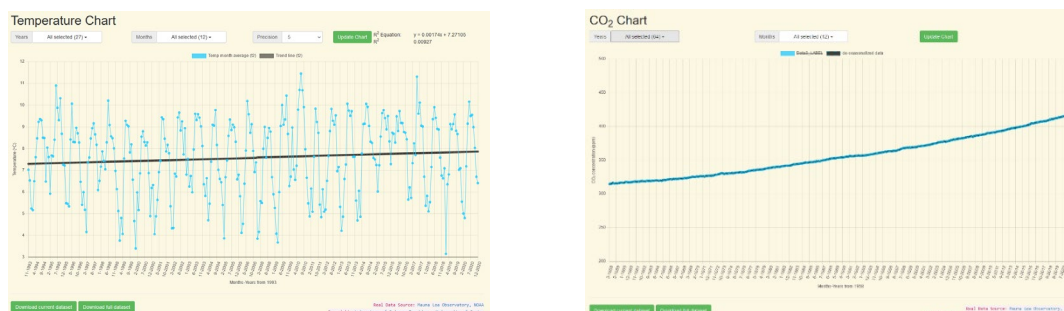


Εικόνα 1. Στιγμιότυπα από το περιβάλλον του ψηφιακού παιχνιδιού

Μια σειρά από ερωτήσεις/απαντήσεις σε πολίτη της κάθε περιόδου, οδηγεί τον πρωταγωνιστή να αναζητήσει και να ανακαλύψει τα δεδομένα της εκάστοτε περιόδου. Τα δεδομένα που συλλέγει αφορούν το ύψος της μέσης θερμοκρασίας της Γης και της συγκέντρωσης των εκπομπών του CO₂ στην ατμόσφαιρα κατά τη δεκαετία που έχει επισκεφθεί. Τα δεδομένα που συλλέγονται κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του πρωταγωνιστή στις 4 δεκαετίες είναι σε μορφή γραφικής παράστασης (βλ. 1.2. Διαδραστικές γραφικές παραστάσεις). Προκειμένου ο χρήστης να μπορέσει να λάβει τις γραφικές παραστάσεις, αξιοποιείται κάποιο φορητό έξυπνο μέσο (κινητό, tablet κτλ.), για να σαρώσει τις αντίστοιχες εικόνες QR που παρουσιάζονται στη διάρκεια του παιχνιδιού. Αφού ο πρωταγωνιστής έχει ταξιδέψει στις διαφορετικές δεκαετίες και έχει συλλέξει τα δεδομένα θερμοκρασίας και συγκέντρωσης εκπομπών CO₂ μέσω γραφικών παραστάσεων, ο χρήστης καλείται να συνδυάσει και να σειροθετήσει αυτές τις γραφικές παραστάσεις ώστε τελικά να διαμορφώσει τα συμπεράσματά του για τη μεταξύ τους συσχέτιση.

1.2. Διαδραστικές γραφικές παραστάσεις

Οι διαδραστικές γραφικές παραστάσεις αναπτύχθηκαν αξιοποιώντας εργαλεία html. Βασικό τους χαρακτηριστικό είναι ότι επιτρέπουν στον χρήστη την επιλογή συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος στο εύρος των τελευταίων σαράντα ετών. Η μια διαδραστική γραφική παράσταση αφορά στην απεικόνιση των τιμών θερμοκρασίας (<https://edthe.edc.uoc.gr/climateChange/temp.html>) ενώ η δεύτερη στην απεικόνιση της συγκέντρωσης των εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα (<https://edthe.edc.uoc.gr/climateChange/co2.html>) (Εικόνα 2) τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες βασιζόμενοι στα πραγματικά δεδομένα του σταθμού μετρήσεων Mauna Loa της Χαβάης. Στη γραφική παράσταση της θερμοκρασίας εκτός από την απεικόνιση των τιμών του επιλεγμένου χρονικού διαστήματος, παρέχεται η δυνατότητα να εμφανιστεί η γραμμή παλινδρόμησης (*regression line*) για την επιλεγμένη χρονική περίοδο ενώ παράλληλα ο χρήστης μπορεί να δει άμεσα τις αλλαγές θερμοκρασίας καθώς και την τάση που υπάρχει για το επιλεγμένο χρονικό διάστημα. Στη γραφική παράσταση της συγκέντρωσης των εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα παρέχεται η δυνατότητα εμφάνισης των δεδομένων χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι εποχιακές διακυμάνσεις (*de-seasonalized*) προκειμένου να κατανοηθούν πιο εύκολα οι υποκείμενες τάσεις. Οι διαδραστικές γραφικές παραστάσεις στα πλαίσια της ενότητας 1 του διδακτικού σεναρίου της ΚΑ δεν αξιοποιούνται μεμονωμένα αλλά περιλαμβάνονται στη ροή του ψηφιακού παιχνιδιού που περιγράφηκε παραπάνω.



Εικόνα 2. Στιγμιότυπο από τη γραφική παράσταση της θερμοκρασίας & της συγκέντρωσης των εκπομπών CO₂

1.3. Διαδραστικό video-πείραμα

Το διαδραστικό video-πείραμα αναπτύχθηκε αξιοποιώντας εργαλεία H5P και αποτελεί έναν διαδραστικό πόρο (*Digital interactive resource*) που υποστηρίζει τη διερευνητική διαδικασία μέσα από τις δυνατότητες που παρέχει στο χρήστη για διατύπωση προβλέψεων, καταγραφή μετρήσεων, εξαγωγή συμπερασμάτων κλπ. (http://h5p.edthe.edc.uoc.gr/co2_stemdigitalis/) (Εικόνα 3). Το διαδραστικό video-πείραμα παρουσιάζει την πορεία εξέλιξης ενός πραγματικού πειράματος που διαπραγματεύεται τη συσχέτιση αυξημένης συγκέντρωσης CO₂ και αύξησης της θερμοκρασίας σε μια φιάλη μέσω της χρήσης ασύρματων αισθητήρων θερμοκρασίας. Στο video – πείραμα έχουν ενσωματωθεί hotspots που οδηγούν το χρήστη στις οδηγίες, τα υλικά του πειράματος καθώς και άλλους εξωτερικούς συνδέσμους (πχ. κοινόχρηστα αρχεία, padlets κλπ.) για τον διαμοιρασμό των απόψεων και συμπερασμάτων των χρηστών κατά τη διαδικασία υλοποίησης της δραστηριότητας. Στα πλαίσια της

ενότητας 1 του διδακτικού σεναρίου της ΚΑ το video-πείραμα δεν αξιοποιείται μεμονωμένα αλλά περιλαμβάνεται στη ροή του ψηφιακού παιχνιδιού που περιγράφηκε παραπάνω.



Εικόνα 3. Στιγμιότυπα από το διαδραστικό video-πείραμα

Ενότητα 2: Ανθρωπογενείς δραστηριότητες & ΚΑ

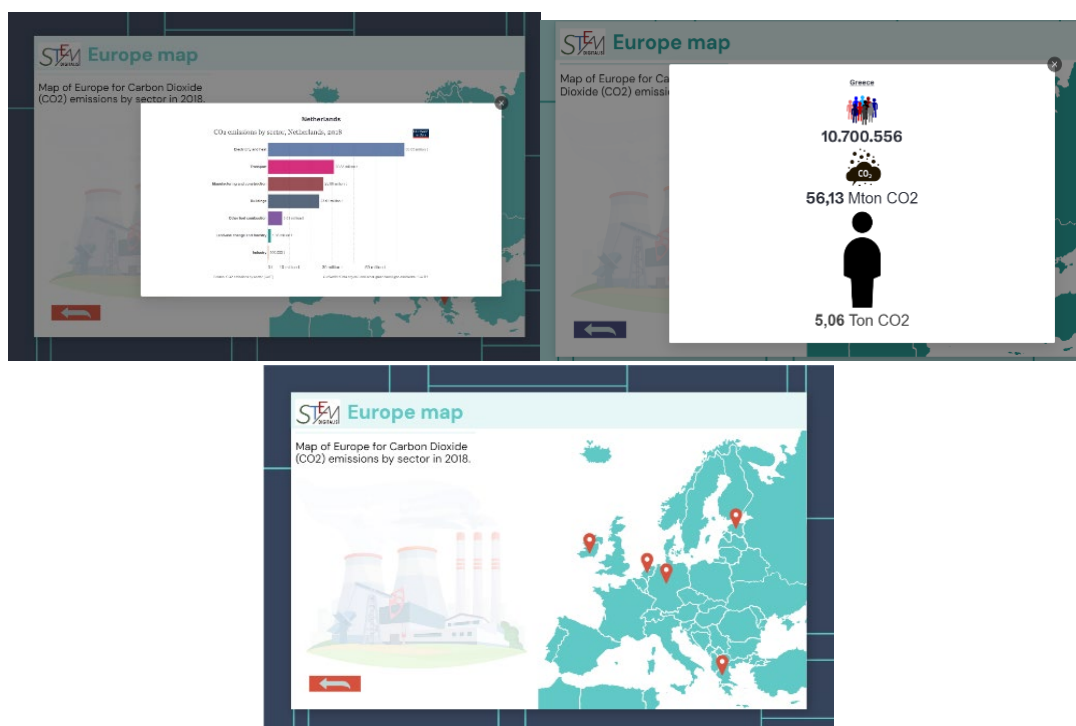
Στόχος της δεύτερης ενότητας του διδακτικού σεναρίου είναι οι φοιτητές/-τριες να εξοικειωθούν με τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που συνεισφέρουν στην αύξηση της συγκέντρωσης των εκπομπών CO₂ και να υπολογίσουν το προσωπικό τους ανθρακικό αποτύπωμα (*carbon footprint*) λόγω χρήσης οικιακών ηλεκτρικών συσκευών και αστικών μετακινήσεων. Επιπρόσθετα, η δεύτερη ενότητα του διδακτικού σεναρίου της ΚΑ στοχεύει στην εξοικείωση των φοιτητών/-τριων με διάφορες μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

Η ενότητα αποτελείται από τρία μέρη. Στο πρώτο μέρος, οι φοιτητές/-τριες επεξεργάζονται δεδομένα αναφορικά με τις ετήσιες και κατά κεφαλήν εκπομπές CO₂ σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες καθώς και στο είδος των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων που συνεισφέρουν περισσότερο σε αυτές τις εκπομπές. Στο δεύτερο μέρος της ενότητας οι φοιτητές/-τριες υπολογίζουν το ανθρακικό τους αποτύπωμα βάση καθημερινών επιλογών σε μετακίνηση και χρήση ηλεκτρικών οικιακών συσκευών. Τέλος, στο τρίτο μέρος οι εκπαιδευόμενοι/-ες καλούνται να συγκρίνουν τις εκπομπές CO₂ που οφείλονται στη χρήση ηλεκτρικών οικιακών συσκευών με τις αντίστοιχες εκπομπές CO₂ αν η παραγωγή ενέργειας βασιζόταν αποκλειστικά σε διαφορετικές μορφές ΑΠΕ όπως ηλιακή, αιολική, γεωθερμία, πυρηνική κλπ. ώστε να διαμορφώσουν τελικά τα συμπεράσματά τους αναφορικά με την συνεισφορά των ΑΠΕ ως μέτρο μετριασμού και αντιμετώπισης της ΚΑ. Για την υλοποίηση των παραπάνω αναπτύχθηκαν τα ακόλουθα ψηφιακά περιβάλλοντα:

2.1. Διαδραστικές εικόνες

Οι διαδραστικές εικόνες αναπτύχθηκαν μέσω του εργαλείου ανάπτυξης διαδραστικού περιεχομένου Genially και αποτελούν διαδραστικούς πόρους (*Interactive resources*) που υποστηρίζουν την πρόσβαση των φοιτητών/-τριων σε δεδομένα σχετικά i. με τις ετήσιες εκπομπές CO₂ σε κάθε μια από τις πέντε ευρωπαϊκές χώρες που συμμετείχαν στο πρόγραμμα “STEM DIGITALIS” δηλαδή τις Ελλάδα, Γερμανία, Ολλανδία, Ιρλανδία και Εσθονία (<https://view.genially.com/62c86a4d281281001128ef94/interactive-content-copy->

[eyrwpaikos-xarths-ekpompwn-co2](https://view.genially.com/62c839b8d7de75001c4644bb/interactive-content-copy-eyrwpaikos-xarths-ekpompwn-co2)) και ii. τις ετήσιες εκπομπές CO₂ σε κάθε μια από τις προαναφερθείσες χώρες ανά τομέα ανθρώπινης δραστηριότητας όπως Ηλεκτρισμός – Θέρμανση, Μεταφορές, Βιομηχανία, κλπ. (<https://view.genially.com/62c839b8d7de75001c4644bb/interactive-content-copy-eyrwpaikos-xarths-ekpompwn-co2>) (Εικόνα 4). Οι διαδραστικές εικόνες έχουν ενσωματωμένα hotspots και επιτρέπουν στους φοιτητές/-τριες την πρόσβαση στις πληροφορίες και τα δεδομένα που περιέχονται στις εικόνες.



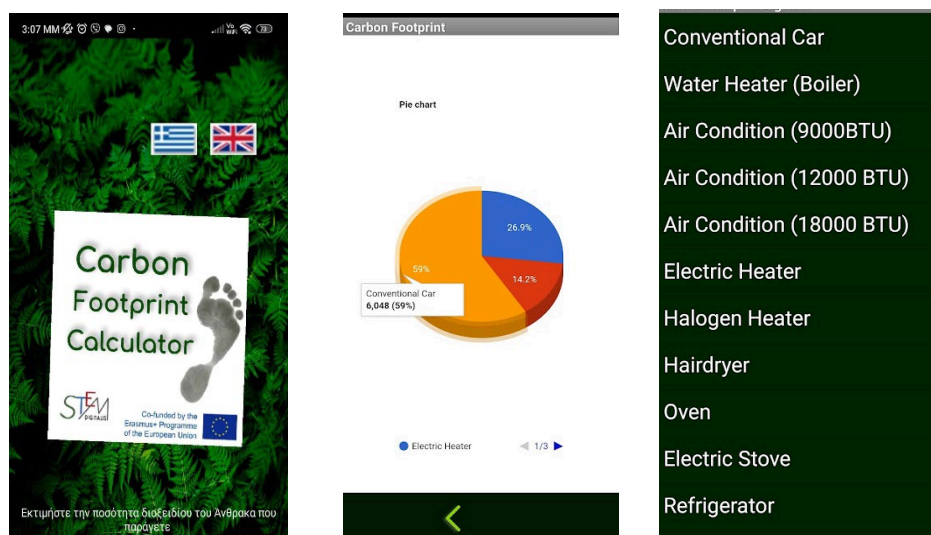
Εικόνα 4. Στιγμιότυπα από τις διαδραστικές εικόνες

2.2. Εφαρμογή για έξυπνες συσκευές

Η εφαρμογή για έξυπνες συσκευές αναπτύχθηκε αξιοποιώντας το εργαλείο App Inventor

(https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_chalkia_duck.CarbonDigitalis_SeKykloforia&hl=el). Η εφαρμογή αφορά στον υπολογισμό του προσωπικού ανθρακικού αποτυπώματος των φοιτητών/-τριων με βάση τις επιλογές τους σε δύο κατηγορίες της ανθρώπινης δραστηριότητας που θεωρείται ότι συνεισφέρουν περισσότερο στην αύξηση της συγκέντρωσης των εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα όπως είναι η μετακίνηση και η χρήση ηλεκτρικών οικιακών συσκευών. Στην κατηγορία της μετακίνησης υπάρχουν διάφορα μέσα μεταφοράς και οχήματα, όπως αυτοκίνητο, λεωφορείο, τρένο κλπ. με αντίστοιχη επιλογή της απόστασης που διανύουμε σε χιλιόμετρα καθημερινά. Η κατηγορία των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών περιέχει συσκευές όπως καλοριφέρ, ηλεκτρική κουζίνα, ψυγείο, τηλεόραση,

υπολογιστής, θερμοσίφωνας κλπ. με αντίστοιχη επιλογή στο χρόνο χρήσης των συσκευών σε καθημερινή βάση. Μόλις ο χρήστης συμπληρώσει τη λίστα των οικιακών ηλεκτρικών συσκευών και μέσων μεταφοράς που χρησιμοποιεί στην καθημερινότητα του, η εφαρμογή παρουσιάζει ένα κυκλικό ένα διάγραμμα (Εικόνα 5), αποτυπώνοντας το ποσοστό συνεισφοράς της κάθε συσκευής ή μέσου μεταφοράς στο συνολικό ποσό εκπομπής CO₂ του ατόμου.



Εικόνα 5. Στιγμιότυπα από την εφαρμογή για υπολογισμό του προσωπικού αποτυπώματος CO₂

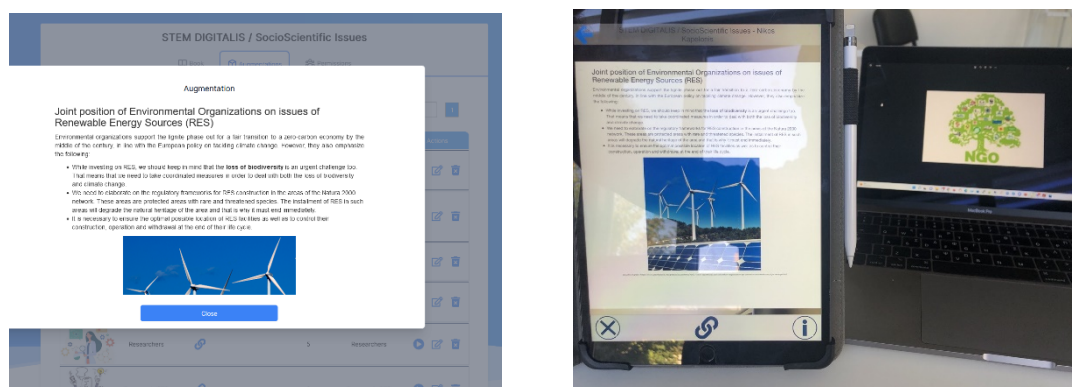
Ενότητα 3: ΚΑ ως κοινωνικοεπιστημονικό ζήτημα

Στόχος της τρίτης ενότητας του ψηφιακού διδακτικού σεναρίου της ΚΑ είναι οι φοιτητές/-τριες να εξοικειωθούν με τις οπτικές ποικίλων φορέων σχετικά με ένα κοινωνικοεπιστημονικό ζήτημα που σχετίζεται με τις προτεινόμενες λύσης μετριασμού και αντιμετώπισης της ΚΑ και να συμμετέχουν σε μια δραστηριότητα debate ώστε να εκφράσουν τις απόψεις και τα επιχειρήματά τους σχετικά με το ζήτημα υπό διαπραγμάτευση. Πιο συγκεκριμένα, το κοινωνικοεπιστημονικό ζήτημα με το οποίο έρχονται σε επαφή οι εκπαιδευόμενοι σχετίζεται με την απολιγνιτοποίηση της Ελλάδας και συγκεκριμένα το δίλημμα στο οποίο καλούνται να πάρουν θέση είναι το ακόλουθο: «Φανταστείτε ότι είστε κάτοικος μιας περιοχής στην οποία υπάρχουν εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω καύσης λιγνίτη. Έπειτα από τις έντονες συζητήσεις του τελευταίου καιρού αναφορικά με την μετάβαση στη μεταλιγνιτική εποχή (post – lignite era), καλείστε να συμμετάσχετε σε μια συζήτηση για τη σταδιακή κατάργηση του λιγνίτη. Συγκεκριμένα, καλείστε να είστε μέλος μιας ομάδας τοπικών αρχών και κατοίκων ώστε να συζητήσετε εάν συμφωνείτε ή όχι με την οριστική κατάργηση της λειτουργίας των λιγνιτικών σταθμών στην περιοχή σας και την αντικατάστασή τους από αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα».

Η ενότητα 3 αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος, οι φοιτητές/-τριες συζητούν δεδομένα σχετικά με το ενεργειακό μίγμα ποικίλων ευρωπαϊκών χωρών και αναζητούν τους λόγους για τους οποίους η Ελλάδα στήριζε την παραγωγή ενέργειας της στον λιγνίτη κατά τις προηγούμενες δεκαετίες. Στο δεύτερο μέρος της ενότητας, οι φοιτητές/-τριες εξετάζουν τις οπτικές ποικίλων φορέων αναφορικά με την απολιγνιτοποίηση της Ελλάδας και την αντικατάσταση των λιγνιτικών εργοστασίων με αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα και συμμετέχουν σε ένα debate προκειμένου να διαμορφώσουν επιχειρήματα και αντεπιχειρήματα βασιζόμενοι και στα επιστημονικά δεδομένα που έχουν έρθει σε επαφή κατά την υλοποίηση των εννοιών 1 και 2 του ψηφιακού διδακτικού σεναρίου. Για την υλοποίηση των παραπάνω αναπτύχθηκε το ακόλουθο ψηφιακό περιβάλλον:

3.1. Εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας αναπτύχθηκε μέσω του εργαλείου AR Tutor και αποτελεί ένα περιβάλλον μάθησης με εμπύθιση (*Immersive learning environment*) (Εικόνα 6). Η συγκεκριμένη εφαρμογή απαιτεί τη χρήση έξυπνων συσκευών όπως κινητά τηλέφωνα ή tablets ώστε ο χρήστης να σαρώσει εικόνες εμπλεκόμενων φορέων και να αποκτήσει μέσω αυτής της σάρωσης πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικές με τον εκάστοτε φορέα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι φοιτητές/-τριες έρχονται σε επαφή με τις απόψεις για την απολιγνιτοποίηση και την αξιοποίηση ΑΠΕ i. της ΕΕ, ii. Μη κυβερνητικών περιβαλλοντικών οργανώσεων, iii. Ακτιβιστών, iv. Κατοίκων περιοχής που πρόκειται να φτιαχτούν αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα, v. Επιστημόνων του κλίματος και vi. Εταιριών ΑΠΕ. Αφού οι εκπαιδευόμενοι αντλήσουν αυτές τις πληροφορίες, τις συζητούν σε ομάδες και διατυπώνουν τα επιχειρήματά τους αναφορικά με τον κοινωνικοεπιστημονικό προβληματισμό που τους έχει τεθεί.



Εικόνα 6. Στιγμιότυπα από την εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας

Σε όλες τις προαναφερθείσες ενότητες έχουν επιπλέον αξιοποιηθεί εργαλεία διαμοιρασμού σε πραγματικό χρόνο (*Real time sharing tools*) όπως είναι τα κοινόχρηστα αρχεία και πίνακες μέσω διαδικτύου (πχ. padlet dashboards, google share

documents κλπ.) τα οποία αξιοποιήθηκαν για να υποστηρίξουν αφενός την επικοινωνία μεταξύ των εκπαιδευόμενων και την ομαδική τους εργασία και αφετέρου την κοινοποίηση των απόψεων τους στην ολομέλεια.

Το ψηφιακό διδακτικό σενάριο για την ΚΑ εφαρμόστηκε σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης κατά τα ακαδημαϊκά έτη 2022 και 2023 σε προπτυχιακά μαθήματα του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης καθώς και σε ένα θερινό σχολείο που έλαβε χώρα στην Κρήτη τον Ιούλιο του 2022 με συμμετέχοντες φοιτητές/-τριες από τα πανεπιστημιακά ιδρύματα της κοινοπραξίας του προγράμματος “STEM DIGITALIS” .

Συμμετέχοντες εμπειρικής έρευνας

Οι συμμετέχοντες της παρούσας εμπειρικής έρευνας ήταν 17 φοιτητές και φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης, οι οποίοι βρίσκονταν στο τρίτο έτος των σπουδών τους και οι οποίοι συμμετείχαν στο σεμιναριακό μάθημα «Ψηφιακές Τεχνολογίες στη Διεπιστημονική STEM εκπαίδευση». Σκοπός του συγκεκριμένου μαθήματος είναι οι φοιτητές/-τριες να εξοικειωθούν με την αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη διδασκαλιών βασισμένων στην STEM προσέγγιση. Οι συμμετέχοντες φοιτητές/-τριες είχαν ολοκληρώσει επιτυχώς τα δύο υποχρεωτικά μαθήματα του προγράμματος σπουδών του τομέα της διδακτικής των ΦΕ του τμήματος με τίτλο «Βασικές Έννοιες Φυσικής» και «Διδακτική Φυσικών Επιστημών» καθώς και τις αντίστοιχες εργαστηριακές ασκήσεις των μαθημάτων αυτών. Με βάση τα μαθήματα τα οποία είχαν παρακολουθήσει και ολοκληρώσει επιτυχώς οι συμμετέχοντες φοιτητές/-τριες, θεωρήθηκε ότι ήταν εξοικειωμένοι με τις βασικές θεωρητικές αρχές της διδασκαλίας των ΦΕ, την ανάπτυξη διδακτικού υλικού για βασικές έννοιες περιεχομένου καθώς και τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη πειραματικών δραστηριοτήτων. Οι συμμετέχοντες φοιτητές/-τριες δεν είχαν εκπαιδευτεί και δεν είχαν κάποια πρότερη εμπειρία σχετικά με την αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων στη διδασκαλία των ΦΕ και την STEM εκπαίδευση γενικότερα.

Πλαίσιο διεξαγωγής εμπειρικής έρευνας

Το σεμιναριακό μάθημα «Ψηφιακές Τεχνολογίες στη Διεπιστημονική STEM εκπαίδευση» έλαβε χώρα σε 13 τρίωρες συναντήσεις το εαρινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2022 – 2023. Κατά τη διάρκεια των συναντήσεων αυτών εφαρμόστηκε το ψηφιακό διδακτικό υλικό για την ΚΑ, που περιγράφηκε αναλυτικά παραπάνω, στους συμμετέχοντες φοιτητές/-τριες (Πίνακας 1) ώστε αρχικά να βιώσουν ως μαθητευόμενοι/-ες την αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων κατά την υλοποίηση μιας STEM διδασκαλίας επικεντρωμένης στην ΚΑ και στη συνέχεια να αναστοχαστούν ως μελλοντικοί εκπαιδευτικοί σχετικά με την αξιοποίηση αντίστοιχων εργαλείων και μέσων κατά την δόμηση των δικών τους διδασκαλιών.

Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια των τριών πρώτων συναντήσεων οι φοιτητές/-τριες προσανατολίστηκαν γύρω από βασικές αρχές και διαστάσεις της STEM εκπαίδευσης καθώς και την αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων κατά την υλοποίηση STEM διδασκαλιών. Στις επόμενες έξι συναντήσεις εφάρμοσαν το ψηφιακό διδακτικό

υλικό που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του προγράμματος STEM DIGITALIS μέσω του οποίου εξοικειώθηκαν αφενός με θεμελιώδεις έννοιες της ΚΑ και αφετέρου με την αξιοποίηση ψηφιακών περιβαλλόντων στην STEM εκπαίδευση.

Πίνακας 1. Περιεχόμενο συναντήσεων

Συνάντηση	Αντικείμενο συνάντησης
1 ^η – 3 ^η	Προσανατολισμός φοιτητών/-τριών (STEM εκπαίδευση, ψηφιακά εργαλεία στη STEM εκπαίδευση)
4 ^η – 5 ^η	Εφαρμογή ενότητας 1: Αιτιώδης μηχανισμός πρόκλησης ΚΑ
6 ^η – 7 ^η	Εφαρμογή ενότητας 2: Ανθρωπογενείς δραστηριότητες & ΚΑ
8 ^η – 9 ^η	Εφαρμογή ενότητας 3: ΚΑ ως κοινωνικοεπιστημονικό ζήτημα
10 ^η – 12 ^η	Σχεδιασμός STEM διδασκαλιών από τους φοιτητές/-τριες αξιοποιώντας ψηφιακά εργαλεία
13 ^η	Αναστοχασμός

Έπειτα, στις επόμενες δύο συναντήσεις οι συμμετέχοντες φοιτητές/-τριες κλήθηκαν να αξιοποιήσουν τα ψηφιακά περιβάλλοντα που χρησιμοποιήσαν ώστε να σχεδιάσουν τις δικές τους διδασκαλίες σχετικά με έννοιες της ΚΑ ενώ στην τελευταία συνάντηση οι φοιτητές/-τριες αναστοχάστηκαν γύρω από την αξιοποίηση αυτών και αντίστοιχων ψηφιακών περιβαλλόντων στον σχεδιασμό και υλοποίηση STEM διδασκαλιών.

Συλλογή & Ανάλυση δεδομένων

Δεδομένα συλλέχθηκαν από α. τις ηχογραφήσεις όλων των συζητήσεων των φοιτητών/τριών κατά τη διάρκεια αφενός της εφαρμογής του ψηφιακού διδακτικού σεναρίου της ΚΑ και αφετέρου κατά τη διάρκεια σχεδιασμού των δικών τους διδασκαλιών καθώς και β. ένα ερωτηματολόγιο μικτού τύπου που δόθηκε στους φοιτητές/-τριες μετά τέλος της διαδικασίας επικεντρωμένο στις απόψεις τους για την διδακτική αξιοποίηση των ψηφιακών εργαλείων και περιβαλλόντων μάθησης στην STEM εκπαίδευση.

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου (Bryman, 2017). Πιο συγκεκριμένα, οι απόψεις των φοιτητών/-τριών εξετάστηκαν ως προς τις δυνατότητες και που αναγνωρίζουν αναφορικά με τη αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων και μέσων σε μια STEM διδασκαλία (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Κατηγοριοποίηση των δεδομένων

Κατηγορίες	Κριτήρια
Διερεύνηση	<ul style="list-style-type: none">• Διατύπωση προβλέψεων• Διαχείριση μεταβλητών• Οπτικοποίηση & διαχείριση δεδομένων• Επεξεργασία δεδομένων• Καταγραφή μετρήσεων

	<ul style="list-style-type: none">• Διατύπωση γενικεύσεων & συμπερασμάτων
Κοινωνική αλληλεπίδραση	<ul style="list-style-type: none">• Συνεργασία• Ανταλλαγή απόψεων• Δυνατότητα παροχής ανατροφοδότησης σε/ από συμμαθητή/-τρια
Αυθεντικότητα	<ul style="list-style-type: none">• Κίνητρο για εμπλοκή• Αύξηση ενδιαφέροντος• Εμπλοκή με πραγματικά δεδομένα• Σύνδεση με προσωπικές εμπειρίες
Πρακτικά ζητήματα	<ul style="list-style-type: none">• Ασφάλεια υλοποίησης διεξαγωγής πειραμάτων• Εξοικονόμηση εξοπλισμού• Εξοικονόμηση χρόνου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Με βάση την ανάλυση των δεδομένων, προέκυψε ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν ως κυρίαρχες δυνατότητες αξιοποίησης των ψηφιακών μέσων σε μια STEM διδασκαλία την εμπλοκή των μαθητών/τριων με διερευνητικές διαδικασίες καθώς και τις ευκαιρίες που αυτά παρέχουν για διαμόρφωση αυθεντικών πλαισίων μάθησης (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Αποτελέσματα των απόψεων των φοιτητών/-τριων για τις δυνατότητες διδακτικής αξιοποίησης ψηφιακών εργαλείων

Κατηγορίες	Απόλυτη συχνότητα αναφορών
Διερεύνηση	22
Κοινωνική αλληλεπίδραση	7
Αυθεντικότητα	18
Πρακτικά ζητήματα	9

Πιο συγκεκριμένα, ως προς τη διερεύνηση η πλειοψηφία των μελλοντικών εκπαιδευτικών αναγνωρίζει την σημασία των ποικίλων δυνατοτήτων οπτικοποίησης δεδομένων που παρέχουν τα ψηφιακά μέσα γεγονός που συνεισφέρει στην αποτελεσματικότερη διαχείριση και επεξεργασία τους καθώς και τις δυνατότητες για γρήγορους υπολογισμούς και μετρήσεις. Ειδικότερα, έδωσαν ιδιαίτερη έμφαση στην αξία των διαδραστικών γραφικών παραστάσεων και εικόνων για την αναπαράσταση και οπτικοποίηση των υπό μελέτη δεδομένων γεγονός που θεωρούν ότι μπορεί να λειτουργήσει υποστηρικτικά στην ερμηνεία αυτών των δεδομένων και συνεπώς στη διατύπωση γενικεύσεων και συμπερασμάτων. Παράλληλα, αναγνώρισαν την δυνατότητα του διαδραστικού video-πειράματος για εξοικείωση των μαθητών/-τριων με διαδικασίες διατύπωσης προβλέψεων καθώς και της εφαρμογής για υπολογισμό του

ανθρακικού αποτυπώματος στην επεξεργασία και εκτέλεση γρήγορων υπολογισμών με βάση πραγματικά δεδομένα.

Ως προς την αυθεντικότητα των πλαισίων που διαμορφώνονται μέσα από την αξιοποίηση των ψηφιακών εργαλείων, τονίζεται η δυνατότητα σύνδεσης των υπό μελέτη εννοιών και δεδομένων με τις προσωπικές εμπειρίες των χρηστών καθώς και η αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών/-τριών για εμπλοκή λόγω του παιγνιώδους τρόπου με τον οποίο αποκτούν πρόσβαση στο υπό διαπραγμάτευση περιεχόμενο, δεδομένα και πληροφορίες. Ιδιαίτερη έμφαση έδωσαν στο ελκυστικό περιβάλλον του ψηφιακού παιχνιδιού καθώς και στην εφαρμογή για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος που δίνει τη δυνατότητα συνειδητοποίησης της προσωπικής συνεισφοράς στην ΚΑ. Ταυτόχρονα, σύμφωνα με τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς η αυθεντικότητα, που παρέχει στη διδακτική πράξη η αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων, αυξάνεται όταν εξετάζονται πραγματικά δεδομένα (*real data*) όπως στην περίπτωση της αξιοποίησης των διαδραστικών γραφικών παραστάσεων.

Επιπρόσθετα, οι συμμετέχοντες στην έρευνα μελλοντικοί εκπαιδευτικοί αναγνώρισαν ως πλεονέκτημα της αξιοποίησης ψηφιακών μέσων σε μια STEM διδασκαλία το γεγονός ότι εξοικονομείται πολύτιμος χρόνος και εξοπλισμός σε περίπτωση υλοποίησης μιας πειραματικής διαδικασίας που απαιτεί αρκετό χρόνο και εξειδικευμένα υλικά και εργαλεία. Συνεπώς, φαίνεται ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί δίνουν έμφαση και στα πρακτικά - οργανωτικά ζητήματα αναφορικά με την υλοποίηση πειραματικών διαδικασιών σε μια STEM διδασκαλία. Η συγκεκριμένη δυνατότητα αναγνωρίστηκε ιδιαίτερα λόγω της αξιοποίησης του διαδραστικού *video-πειράματος*.

Τέλος, υπήρξαν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί που ανέφεραν τις δυνατότητες που προσφέρουν τα ψηφιακά εργαλεία για την κοινωνική αλληλεπίδραση των χρηστών τονίζοντας τις δυνατότητες συνεργασίας και ανταλλαγής απόψεων που προσφέρει η αξιοποίηση ψηφιακών κοινόχρηστων αρχείων και πινάκων όπως είναι οι πίνακες *padlet*, *google jamboards* κλπ. καθώς και την δυνατότητα να δώσουν και να πάρουν ανατροφοδότηση από τους υπόλοιπους χρήστες κατά την διάρκεια υλοποίησης μιας δραστηριότητας.

Παρά τις προαναφερθείσες δυνατότητες που αναγνωρίζουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί στην αξιοποίηση των ψηφιακών περιβαλλόντων μάθησης που επεξεργάστηκαν, οι ίδιοι αναφέρουν ως περιορισμό το γεγονός ότι οι μαθητές/-τριες δεν εμπλέκονται με πρακτική εργασία (*practical work / hands – on activities*) κατά την υλοποίηση των δραστηριοτήτων ενώ προτείνουν την αναδιαμόρφωση ορισμένων ψηφιακών πόρων σε παραμετροποιήσιμους (*configurable resources*) ώστε να παρέχεται η δυνατότητα στους μαθητές/-τριες να επεξεργάζονται διαφορετικές μεταβλητές και παράγοντες κατά τις διερευνήσεις τους.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία περιγράφονται αναλυτικά τα ψηφιακά μαθησιακά περιβάλλοντα που έχουν αναπτυχθεί για τη διδασκαλία της ΚΑ στα πλαίσια του

ευρωπαϊκού προγράμματος “STEM DIGITALIS”. Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη αυτών των ψηφιακών περιβαλλόντων μάθησης αναδεικνύει τις δυνατότητες που παρέχουν τα ψηφιακά εργαλεία και μέσα για το σχεδιασμό περιβαλλόντων μάθησης που εμπλέκουν τους εκάστοτε μαθητευόμενους/-ες ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία, παρέχοντας μάλιστα επιπρόσθετες ευκαιρίες για διερεύνηση, αλληλεπίδραση και εξατομίκευση. Παράλληλα, το γεγονός ότι για την ανάπτυξη των συγκεκριμένων STEM ψηφιακών περιβαλλόντων μάθησης αξιοποιήθηκαν συνδυαστικά ποικίλα ψηφιακά εργαλεία και μέσα θεωρούμε ότι συνέβαλε αποτελεσματικά ώστε να περιοριστούν οι περιορισμοί που απορρέουν από την αξιοποίηση του εκάστοτε εργαλείου και μέσου μεμονωμένα.

Παράλληλα, η παρούσα εργασία αναδεικνύει ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης φαίνεται να αναγνωρίζουν τις δυνατότητες των ψηφιακών μέσων για ενίσχυση της εμπλοκής των μαθητών/-τριων σε διερευνητικές διαδικασίες καθώς και για αύξηση της αυθεντικότητας και αλληλεπίδρασης στην τάξη. Οι δυνατότητες αυτές έχουν αναγνωριστεί στη βιβλιογραφία (De Jong et al. 2013; Zacharia et al., 2012; Kluge, 2014; Kim et al., 2019; Webb, 2012; Wörner et al., 2022) ως πλεονεκτήματα αξιοποίησης ψηφιακών εργαλείων και μέσων στη διδασκαλία των ΦΕ ιδιαίτερα λόγω των δυνατοτήτων που αυτά παρέχουν για αναπαράσταση, οπτικοποίηση και επεξεργασία δεδομένων. Το γεγονός λοιπόν ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης μπορούν και αναγνωρίζουν αυτές τις δυνατότητες αποτελεί ένα πρώτο βήμα για την αποτελεσματική αξιοποίησή ψηφιακών μέσων και περιβαλλόντων μάθησης από τους ίδιους/-ες κατά το σχεδιασμό και υλοποίηση των δικών τους STEM διδασκαλιών. Κρίνεται επομένως σημαντικό να δομηθούν κατάλληλα προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης μελλοντικών αλλά και εν ενεργεία εκπαιδευτικών σχετικά με την αξιοποίηση τέτοιων εργαλείων στην εκπαιδευτική πράξη ώστε να μπορούν να ενσωματώνουν αποτελεσματικά αυτά τα εργαλεία και να αξιοποιούν στο μέγιστο τις δυνατότητες που αυτά παρέχουν.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία υποστηρίχθηκε από το έργο STEM DIGITALIS το οποίο χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα Erasmus+ της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Συμφωνία χρηματοδότησης αριθ. 2020-1-EL01-KA226-HE-094691).

Επίσης ευχαριστούμε τα μέλη και τους συνεργάτες της ερευνητικής ομάδας του Εργαστηρίου Διδακτικής Θετικών Επιστημών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης και ιδιαίτερα τους/τις Ζουρμπάκη Αλκίνοο, Μεταξά Ιωάννη, Μπιτσάκη Χαρίκλεια, Μποτζάκη Ελένη, Χαλκιαδιάκη Κωνσταντίνο και Μιχαηλίδη Έμιλυ για την συνεισφορά τους στην ανάπτυξη των ψηφιακών μαθησιακών περιβαλλόντων.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Becker S., Klein P., Gößling A., Kuhn J. (2020). Using mobile devices to enhance inquiry-based learning processes. *Learning and Instruction*, 69, 101350. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101350>
- De Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>
- Duit, R., & Tesch, M. (2010). On the role of the experiment in science teaching and learning—Visions and the reality of instructional practice. In M. Kalogiannakis, D. Stavrou, P. Michaelides (Eds.). *Proceedings of the 7th international conference on hands-on science (pp.17-30)*. Rethymno: The University of Crete.
- Ferreira, S., & Morais, A. M. (2014). Conceptual demand of practical work in science curricula: A methodological approach. *Research in Science Education*, 44, 53-80. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9377-7>
- Fraillon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T., & Duckworth, D. (2020). *Preparing for life in a digital world: IEA international computer and information literacy study 2018 international report* (p. 297). Springer Nature.
- Hatherly, P. A., Jordan, S. E., & Cayless, A. (2009). Interactive screen experiments—innovative virtual laboratories for distance learners. *European Journal of Physics*, 30(4), 751. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/30/4/008>
- Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, 103897. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88(1), 28-54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109-123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Iliaki, G., Velentzas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2019). Exploring the music: a teaching-learning sequence about sound in authentic settings. *Research in Science & Technological Education*, 37(2), 218-238. <https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1526170>
- Kim, M. C., Hannafin, M. J., & Bryan, L. A. (2007). Technology-enhanced inquiry tools in science education: An emerging pedagogical framework for classroom practice. *Science education*, 91(6), 1010-1030. <https://doi.org/10.1002/sce.20219>
- Kluge, A. (2014). Combining laboratory experiments with digital tools to do scientific inquiry. *International journal of science education*, 36(13), 2157-2179. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.916456>

- Koronen, I. T., & Mäntylä, T. (2006). Generative role of experiments in physics and in teaching physics: A suggestion for epistemological reconstruction. *Science & Education*, 15, 31-54. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-3199-6>
- Murillo-Zamorano, L. R., López-Sánchez, J. Á., López-Rey, M. J., & Bueno-Muñoz, C. (2023). Gamification in higher education: The ECON+ star battles. *Computers & Education*, 194, 104699. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104699>
- Nipyraakis, A., & Stavrou, D. (2022). Integration of ICT in Science Education Laboratories by Primary Student Teachers. In S. Papadakis & M. Kalogiannakis (eds), *STEM, Robotics, Mobile Apps in Early Childhood and Primary Education: Technology to Promote Teaching and Learning* (pp. 55-78). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0568-1_4
- Oliveira, A., Feyzi Behnagh, R., Ni, L., Mohsinah, A. A., Burgess, K. J., & Guo, L. (2019). Emerging technologies as pedagogical tools for teaching and learning science: A literature review. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 1(2), 149-160. <https://doi.org/10.1002/hbe2.141>
- Rocha Fernandes, G. W., Rodrigues, A. M., & Ferreira, C. A. R. (2019). *Using ICT inquiry-based science education*. Springer International Publishing.
- Rutten, N., Van Joolingen, W. R., & Van Der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & education*, 58(1), 136-153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
- Webb*, M. E. (2012). Affordances of ICT in science learning: implications for an integrated pedagogy. *International journal of science education*, 27(6), 705-735. <https://doi.org/10.1080/09500690500038520>
- Wörner, S., Kuhn, J., & Scheiter, K. (2022). The best of two worlds: A systematic review on combining real and virtual experiments in science education. *Review of Educational Research*, 92(6), 911-952. <https://doi.org/10.3102/0034654322107941>
- Zacharia, Z. C. (2005). The impact of interactive computer simulations on the nature and quality of postgraduate science teachers' explanations in physics. *International Journal of Science Education*, 27(14), 1741-1767. <https://doi.org/10.1080/09500690500239664>
- Zacharia, Z. C., Loizou, E., & Papaevripidou, M. (2012). Is physicality an important aspect of learning through science experimentation among kindergarten students?. *Early Childhood Research Quarterly*, 27(3), 447-457. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2012.02.004>
- Zourmpakis, A. I., Kalogiannakis, M., & Papadakis, S. (2023). A Review of the Literature for Designing and Developing a Framework for Adaptive Gamification in Physics Education. In M. F. Taşar & P. R. L. Heron (Eds.) *The International Handbook of Physics Education Research: Teaching Physics*. AIP Publishing https://doi.org/10.1063/9780735425712_005

Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Ελένη Κολοκούρη¹, Αικατερίνη Πλακίτση²

¹ΕΔΙΠ, ΠΤΝ Παν. Ιωαννίνων, ² Καθηγήτρια, ΠΤΝ Παν. Ιωαννίνων

ekolokouri@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στη σημασία της πειραματικής διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες ειδικά στο Νηπιαγωγείο, και περιγράφει τις βασικές αρχές για την οργάνωση και υλοποίησή της με βάση και το νέο Πρόγραμμα Σπουδών του 2021. Επισημαίνει τη μακρόχρονη αξία του πειράματος στην επιστημονική έρευνα και υπογραμμίζει τις λειτουργίες του πειράματος που συμβάλλουν στην επιστημονική πρόοδο. Το πείραμα θεωρείται θεμέλιο της επιστημονικής γνώσης και παγκόσμια γλώσσα που διευκολύνει την επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ των ερευνητών. Στην εκπαίδευση, η πειραματική διδασκαλία θεωρείται απαραίτητη, καθώς γεφυρώνει τη θεωρία με την πράξη. Η εφαρμογή της στο Νηπιαγωγείο βοηθά τα παιδιά να προσεγγίσουν την επιστημονική μέθοδο και να αναπτύξουν δεξιότητες παρατήρησης, αναζήτησης, συνεργασίας και επικοινωνίας. Ως πλαίσιο σχεδιασμού προτείνεται το κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο μάθησης της θεωρίας της Δραστηριότητας και παρουσιάζονται παραδείγματα σχεδιασμού με βάση τον επεκτατικό κύκλο μάθησης. Στο πλαίσιο αυτό, η μάθηση συνδέεται με την καθημερινή ζωή και προωθεί την ιδιότητα του ενεργού πολίτη, ο οποίος δρα στο πλαίσιο του επιστημονικού εγγραμματισμού και προχωρά στην κριτική προσέγγιση της επιστήμης.

Λέξεις κλειδιά: πειραματική διδασκαλία, Φυσικές Επιστήμες, προσχολική εκπαίδευση

Αναφορά: Κολοκούρη, Ε., & Πλακίτση, Α. (2025). *Η Πειραματική Διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση*, στο Κώτσος 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 EARLY YEARS SCIENCE EDUCATION

Eleni Kolokouri¹ & Aikaterini Plakitsi²

¹Laboratory Teaching Staff, ²Professor

Department of Early Childhood Education, University of Ioannina

ekolokouri@uoi.gr

ABSTRACT

This paper refers to the importance of experimental teaching in Science Education in the early years. It describes the basic principles for the organization in class and implementation based on the new Curriculum of 2021. It points out the long-standing value of the experiment in scientific research and highlights the functions of the experiment that contribute to scientific progress. The experiment is considered a foundation of scientific knowledge and a universal language that facilitates communication and collaboration between researchers. Experimental teaching is essential in education as it bridges theory with practice. In the early years, experimental teaching helps children approach the scientific method and develop observation, research, cooperation, and communication skills. As a design framework, the sociocultural learning framework of the Activity theory is proposed, and examples of design based on the expansive learning cycle are presented. In this context, learning is connected to everyday life, promotes active citizenship in the context of scientific literacy, and adopts a critical approach to science.

Keywords: experimental teaching, science education, early childhood education

ΟΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην προσχολική ηλικία είναι ένα κρίσιμο πεδίο γνωστικής και νοητικής ανάπτυξης και συνδέεται άμεσα με την εξερεύνηση σε αυθεντικά περιβάλλοντα μάθησης, την άσκηση στον επιστημονικό τρόπο σκέψης, αλλά και με την καλλιέργεια δεξιοτήτων και στάσεων ζωής. Η εκπαίδευση στις μικρές ηλικίες δεν εστιάζει μόνο σε έννοιες και γνωστικές δομές αλλά περιλαμβάνει πρακτικές σε εναλλακτικά περιβάλλοντα μάθησης εκτός των ορίων της σχολικής τάξης. Αφετηρία αποτελεί το ενδιαφέρον των μαθητών και η ενίσχυση αυτού δημιουργεί τη βάση για την προώθηση της επιστημονικής γνώσης από τις μικρές ηλικίες. Η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες είναι πρωταρχικής σημασίας σύμφωνα με έρευνες (Fleer 2015· Kampourakis 2018· Ravanis 2017 & 2021· Roth 2011· Vosniadou 2019· Wells, 1994),

μας δείχνουν ότι η προσχολική ηλικία είναι το κατάλληλο χρονικό σημείο για να δημιουργηθούν στα παιδιά οι δομές οι οποίες θα διαμορφώσουν προσωπικότητες που θα αντιλαμβάνονται τις επιστημονικές έννοιες και θα αναπτύξουν δια βίου ενδιαφέρον για την επιστήμη.

Η προσέγγιση εννοιών και φαινομένων των Φυσικών Επιστημών από τις μικρές ηλικίες αποτελεί μία πολύπλοκη καθώς από τη μία πλευρά σκοπός είναι η προσέγγιση εννοιών και φαινομένων των Φυσικών Επιστημών με τρόπο κατανοητό για τους μαθητές και από την άλλη πλευρά, η προσαρμογή του επιστημονικού περιεχομένου στον βιωματικό τρόπο διδασκαλίας και μάθησης. Η επιστημονική γνώση, για να είναι κατάλληλη να διδαχθεί στους μικρούς μαθητές, θα πρέπει να περάσει από μια διαδικασία επιλογής και διδακτικού μετασχηματισμού και η διαδικασία αυτή δεν αναφέρεται μόνο σε απλοποίηση του γνωστικού περιεχομένου αλλά επηρεάζεται και από επιστημολογικούς και ψυχολογικούς παράγοντες (Καριώτογλου, 2021).

Για τον σχεδιασμό του εκπαιδευτικού υλικού για τις των Φυσικές Επιστήμες έχει ιδιαίτερη σημασία να λαμβάνονται υπόψη οι προηγούμενες γνώσεις και οι πρωταρχικές ιδέες των παιδιών και να αναζητούνται τρόποι για το πώς αυτές θα μετασχηματιστούν σε επιστημονική γνώση (Ραβάνης, 2016· Πλακίτση 2008). Στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν και να εξηγήσουν τον κόσμο που ζουν, τα παιδιά αναπτύσσουν τις δικές τους ιδέες για τις έννοιες και τα φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών, για τις βιολογικές διεργασίες των ζωντανών οργανισμών και για την ψυχική κατάσταση και τη συμπεριφορά των ανθρώπων (Carey, 2009· Gopnik & Wellman, 2012). Οι πρωταρχικές ιδέες των παιδιών σχετίζονται με γνώσεις από τον φυσικό κόσμο, τους ζωντανούς οργανισμούς αλλά και με την ερμηνεία της ανθρώπινης συμπεριφοράς σε σχέση με τον περιβάλλοντα κόσμο. Για τον μετασχηματισμό αυτών των ιδεών, ο εκπαιδευτικός οργανώνει μαθησιακές εμπειρίες που προάγουν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, και αξιοποιεί τις γνώσεις των παιδιών, για να επέλθει εννοιολογική αλλαγή (Vosniadou, 2013).

Ο εκπαιδευτικός αναλαμβάνει τον ρόλο του διευκολυντή - διαμεσολαβητή καθώς και του εμπνευστή και δημιουργεί αυθεντικά περιβάλλοντα μάθησης σύμφωνα με τις ανάγκες των μαθητών του, ενισχύει το ενδιαφέρον των μαθητών και να αναπτύσσει τη δυναμική της ομάδας, παρέχει τα κατάλληλα υλικά και μέσα και αξιολογεί ολόκληρη την εκπαιδευτική διαδικασία. (Kolokouri, Theodoraki & Plakitsi, 2012). Στο πλαίσιο αυτό, ο εκπαιδευτικός εμπλέκει στους μαθητές του σε καταστάσεις αυθεντικού διαλόγου, ενισχύει τις συμμετοχικές διαδικασίες μάθησης, δίνει ευκαιρίες για διερευνήσεις μέσα από τις οποίες θα προσεγγίσει τις επιστημονικές έννοιες, αναζητεί τις κατάλληλες παιδαγωγικές προσεγγίσεις λαμβάνοντας υπόψη του την προσαρμογή των δραστηριοτήτων στο κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο των μαθητών του (Kolokouri, 2022). Οι αναδυόμενες έννοιες που προκύπτουν από τις διερευνήσεις των μαθητών, προσεγγίζονται σε βάθος και αποτελούν ευκαιρίες για τον σχεδιασμό εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων για την προσέγγιση εννοιών των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση κατάλληλων εργαλείων. Υπό αυτή την έννοια, η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν το περιβάλλον τους, το οποίο δεν είναι άλλο από τον κόσμο στον οποίο ζουν (Roth, Goulard & Plakitsi, 2013).

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών συνδέεται άμεσα με την καλλιέργεια της επιστημονικής σκέψης των μαθητών και πιο συγκεκριμένα με τις διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου, οι οποίες χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες για να διερευνήσουν τον φυσικό κόσμο (Καλλέρη, 2016). Οι διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου περιγράφουν μία σειρά καθορισμένων διαδικασιών, μέσα από τις οποίες οι επιστήμονες γνωρίζουν την πραγματικότητα, ανακαλύπτουν τους νόμους της φύσης και διαμορφώνουν τις θεωρίες για την εξήγηση των φυσικών φαινομένων. Η καλλιέργεια αυτών ενισχύει την ενεργητική μάθηση στις μικρές ηλικίες, τόσο στις Φυσικές Επιστήμες όσο και σε άλλα πεδία μάθησης καθώς προσομοιάζει τον τρόπο με τον οποίο ενεργούν οι επιστήμονες σε παγκόσμιο επίπεδο (NARST, 1990). Ως εκ τούτου, οι διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου καλλιεργούν τη λογική σκέψη των παιδιών και τα βοηθούν να προσεγγίσουν έννοιες και φαινόμενα και να κατανοήσουν τον φυσικό κόσμο (Πλακίτση, 2008). Οι βασικές διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου είναι οι ακόλουθες (http://old.primedu.uoa.gr/sciedu/new_ant/new_method.htm):

1. Παρατήρηση: αποτελεί αφετηρία της γνώσης μέσω της οποίας οι μαθητές συγκεντρώνουν ενδείξεις για μια έννοια ή ένα φυσικό φαινόμενο και προσπαθούν να περιγράψουν αυτό που συμβαίνει.
2. Ταξινόμηση: είναι η διαδικασία μέσω της οποίας οι μαθητές ταξινομούν τα αντικείμενα σε κατηγορίες με βάση τις ανακαλύπτουν ιδιότητες τα και κοινά χαρακτηριστικά τους.
3. Μαθηματικές εκφράσεις: σχετίζονται με τη χρήση των Μαθηματικών στο πεδίο των Φυσικών Επιστημών, ο συνδυασμός των οποίων συμβάλλει στο να διατυπώνονται οι ορισμοί, οι νόμοι αλλά και να κωδικοποιούνται οι μετρήσεις και οι παρατηρήσεις.
4. Μέτρηση: διευκολύνει τη σύνδεση των Φυσικών Επιστημών με την καθημερινή ζωή. Στο πλαίσιο αυτό, οι μαθητές εξασκούνται στις μετρήσεις μεγεθών, ύψους, βάρους κλπ. χρησιμοποιώντας όργανα όπως είναι ο ζυγός ή το θερμόμετρο αλλά και συμβατικές μονάδες μέτρησης στις μικρές ηλικίες όπως οι παλάμες, οι πατούσες, τα βήματα, οι μαρκαδόροι, οι κορδέλες, κλπ.
5. Χωροχρονικές σχέσεις: αναφέρονται στην περιγραφή των σχέσεων και των μεταβολών με τη χρήση σχημάτων, στην απόσταση, στην κίνηση, στην ταχύτητα, στην επιτάχυνση κλπ.
6. Επικοινωνία: μπορεί να είναι λεκτική ή μη λεκτική και αναφέρεται στην ικανότητα έκφρασης των μαθητών προφορικά ή γραπτά μέσω της οποίας αναδεικνύονται οι σκέψεις αλλά και οι ιδέες τους για τα φυσικά φαινόμενα και ενισχύεται σημαντικά μέσω της ομαδικής εργασίας.
7. Προβλέψεις: απαντούν στην ερώτηση 'τι θα συμβεί αν...', στηρίζονται σε δεδομένα και γίνεται έλεγχος αυτών με περαιτέρω διερεύνηση.

8. Εξαγωγή συμπερασμάτων: συνδέεται άμεσα με την παρατήρηση καθώς προχωρά στην εξήγηση αυτής. Αποτελεί την τελική διαδικασία παραγωγής της γνώσης που βασίζεται σε ενδείξεις και ως εκ τούτου, συμβάλλει στην κατανόηση των φαινομένων.

9. Λειτουργικοί ορισμοί: είναι ορισμοί των φυσικών φαινομένων που δίνονται από τους ίδιους τους μαθητές σε κατάλληλο πλαίσιο και απαντούν κυρίως στις ερωτήσεις ‘Πώς είναι αυτό’, ‘Τι κάνει;’ ή ‘Πώς λειτουργεί;’.

10. Υποθέσεις: παράγονται από κατά εικασία υπολογισμούς και συνδέονται με την ύπαρξη μερικών πειραματικών δεδομένων, τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε μία υπόθεση. Στην επιστήμη οι υποθέσεις αποτέλεσαν σε πολλές περιπτώσεις κίνητρα για την παραγωγή νέας γνώσης.

11. Ερμηνεία: είναι η επεξεργασία των δεδομένων και η συσχέτισή τους με συγκεκριμένα ερωτήματα έτσι ώστε να οδηγήσουν στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Συνδέεται άμεσα με δεδομένα από τις προηγούμενες διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου και επιπλέον, απαιτείται η ικανότητα σύνδεσης αυτών με την υπάρχουσα γνώση.

12. Αναγνώριση και έλεγχος μεταβλητών: συνδέεται άμεσα με την πειραματική διαδικασία καθώς περιλαμβάνει τις μεταβλητές του πειράματος, οι οποίες απομονώνονται και ελέγχονται. Στη συνέχεια καταγράφονται οι αλλαγές σε δυο πειράματα, με την αλλαγή της μεταβλητής σε ένα από αυτά.

13. Διεξαγωγή πειραμάτων: είναι άμεσα συνδεδεμένη με την επιστημονική έρευνα καθώς μέσω των πειραμάτων επαληθεύονται ή διαψεύδονται οι υποθέσεις, δοκιμάζονται οι θεωρίες και αναζητούνται νέα φαινόμενα με βάση αυτές, δημιουργούνται νέα αντικείμενα ή υλικά και προωθεί σε μεγάλο βαθμό την ανακάλυψη της γνώσης.

14. Κατασκευή μμοντέλων: η χρήση μοντέλων για την αναπαράσταση και την περιγραφή φαινομένων με σκοπό την καλύτερη μελέτη και κατανόησή τους.

Παρόλο που αρκετές από τις διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου παρουσιάζουν μια δυσκολία στην προσέγγισή τους στις μικρές ηλικίες, είναι γεγονός πως η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες μέσω της επιστημονικής διερεύνησης είναι ιδιαίτερα σημαντικοί. Οι μικροί μαθητές, μέσα από τις διερευνήσεις τους αποκτούν επιστημονικές εμπειρίες σε αυθεντικά περιβάλλοντα μάθησης που δίνουν νόημα στη μάθηση και συμβάλλουν στην κατανόηση των φυσικών φαινομένων (Καλλέρη, 2016· Πλακίτση, 2008). Η εξάσκηση στις διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου ενισχύει τη φυσική περιέργεια των μικρών μαθητών και την τάση τους να κάνουν ερωτήσεις, τους βοηθά να προσεγγίζουν τις επιστημονικές έννοιες μέσω της έρευνας, και τους προσφέρει σκαλωσιές μάθησης με βάση τις οποίες οι μαθητές μπορούν να κατασκευάσουν το επόμενο επίπεδο κατανόησης και γνώσης στη ζώνη επικείμενης ανάπτυξής τους (Jirout & Zimmerman, 2015).

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ

Στην Ελλάδα υπήρξε μία προσπάθεια εξέλιξης και αναδιαμόρφωσης των Προγραμμάτων Σπουδών της τελευταία εικοσαετία, έτσι ώστε να εναρμονίζονται με τις σύγχρονες επιταγές σε παγκόσμιο επίπεδο, όσον αφορά στην οικονομία, στην πολιτική, στην κοινωνία και στον πολιτισμό. Κοινός τόπος σε όλα τα Προγράμματα είναι η ολόπλευρη ανάπτυξη του παιδιού, η διαθεματική προσέγγιση της γνώσης, τα σχέδια εργασίας και οι θεματικές προσεγγίσεις, ο ρόλος του παιχνιδιού ως βασικό πλαίσιο μάθησης, η βιωματική και η συνεργατική μάθηση, η διαμορφωτική αξιολόγηση, η αξιοποίηση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στη διδασκαλία και μάθηση και ο καθοριστικός ρόλος του εκπαιδευτικού στην οργάνωση και υλοποίηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Στο ΔΕΠΠΣ (2003), οι Φυσικές Επιστήμες μαζί με το Περιβάλλον εντάσσονται στην κατεύθυνση της Μελέτης Περιβάλλοντος η οποία χωρίζεται στους άξονες Ανθρωπογενές Περιβάλλον και Αλληλεπίδραση και Φυσικό Περιβάλλον και Αλληλεπίδραση. Στο πλαίσιο αυτό, γίνεται διαθεματική προσέγγιση εννοιών από τις Φυσικές Επιστήμες, την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, τη Γεωγραφία, την Ιστορία, τα Θρησκευτικά, την Κοινωνική και Πολιτική Αγωγή, την Αγωγή Υγείας και την Κυκλοφοριακή Αγωγή. Επιπλέον, στη Μελέτη Περιβάλλοντος εμπλέκονται στοιχεία από τα Μαθηματικά, τη Δημιουργία και Έκφραση αλλά και τις Νέες Τεχνολογίες.

Στη συνέχεια, τα Νέα Π.Σ. (2011 & 2014) προτείνουν ένα πλαίσιο μάθησης στο οποίο δίνονται ευκαιρίες στους μικρούς μαθητές να αναπτύξουν και να καλλιεργήσουν βασικές δεξιότητες που συνδέονται με θέματα των Επιστημών και την ενεργό συμμετοχή του πολίτη και επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα να συσχετίζουν επιστημονικές και τεχνολογικές έννοιες με κοινωνικά ζητήματα. Η μαθησιακή περιοχή των Φυσικών Επιστημών και στα δύο Προγράμματα Σπουδών, περιλαμβάνει μία σειρά ενοτήτων από τη Βιολογία, τη Φυσική, τη Μετεωρολογία, τη Γεωγραφία και την Αστρονομία. Οι ενότητες αυτές σχετίζονται με τους ζωντανούς οργανισμούς, τα αντικείμενα και υλικά, τις έννοιες και τα φαινόμενα από τον φυσικό κόσμο, τον πλανήτη Γη και το διάστημα.

Στην πορεία της εξέλιξης της εκπαιδευτικής διαδικασίας και το πλαίσιο της καθιέρωσης της υποχρεωτικότητας της δίχρονης προσχολικής εκπαίδευσης, η αναγκαιότητα για την ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα για την αντιμετώπιση των παγκόσμιων προβλημάτων, το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής προχώρησε το 2021 στη σύνταξη ενός ακόμη Προγράμματος Σπουδών για την Προσχολική Εκπαίδευση, το οποίο φαίνεται να διατηρεί τις βασικές αρχές των προηγούμενων προγραμμάτων αλλά και να εισάγει νέα στοιχεία. Σύμφωνα με το πρόγραμμα αυτό, η διδασκαλία και μάθηση στο Νηπιαγωγείο περιλαμβάνει 4 θεματικά πεδία, συνδέεται άμεσα με τις δεξιότητες του 21ου αιώνα, κυρίως όσες σχετίζονται με τη σκέψη, τη ζωή, την επιστήμη και την τεχνολογία και τη μάθηση, και δίνει έμφαση στη διαμόρφωση γνώσεων, στάσεων και αξιών έτσι ώστε τα παιδιά να επιτύχουν την αποτελεσματική

μάθηση μέσα από κατάλληλα εργαλεία σκέψης, επιστήμης και τεχνολογίας, ζωής και μάθησης (Κολοκούρη, 2022).

Στο πεδίο των Φυσικών Επιστημών παρατηρούμε κάποιες διαφορές σε σχέση με τα προηγούμενα Προγράμματα του 2011 και του 2014 καθώς εντάσσεται σε ένα ευρύτερο θεματικό πεδίο, αυτό των Θετικών Επιστημών μαζί με τα Μαθηματικά και την Τεχνολογία κατασκευών ενώ έχουν συμπτυχθεί οι ενότητες: Αντικείμενα και Υλικά και Έννοιες και φαινόμενα από το φυσικό κόσμο. Έτσι, έχουμε τώρα στις Φυσικές Επιστήμες 3 υποενότητες που αντιστοιχούν με τους Ζωντανούς Οργανισμούς, την Ύλη και τα Φαινόμενα και τη Γη-Πλανητικό σύστημα και Διάστημα. Στο πλαίσιο αυτό, αναφέρονται ως σημαντικές οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών για τα φυσικά φαινόμενα και η καλλιέργεια του επιστημονικού εγγραμματισμού για τη δημιουργία υπεύθυνων και ενεργών πολιτών. Ως νέο στοιχείο, εμφανίζεται η υποενότητα της Τεχνολογίας Κατασκευών, η οποία συνδέεται με τις Φυσικές Επιστήμες ‘προς την κατεύθυνση της εφαρμοσμένης επιστήμης’ (ΝΕΑ Π.Σ., 2021).

Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΤΙΣ ΜΙΚΡΕΣ ΗΛΙΚΙΕΣ

Η σπουδαιότητα του πειράματος ως βασικό εργαλείο για την έρευνα και την εξέλιξη σε διαφορετικά επιστημονικά πεδία έχει αναγνωριστεί από την αρχαιότητα ως σήμερα. Από τον Αριστοτέλη και τους πρώτους φιλοσόφους, οι οποίοι χρησιμοποίησαν την παρατήρηση και την εμπειρική μεθοδολογία για την κατανόηση του φυσικού κόσμου, έως τις σύγχρονες επιστημονικές ανακαλύψεις στη φυσική, τη χημεία, τη βιολογία και την ιατρική, το πείραμα έχει αποτελέσει βασική συνιστώσα της επιστημονικής έρευνας, καθώς και ένα μοντέλο για τη διαλεκτική διαμεσολάβηση ανάμεσα στον άνθρωπο και τη φύση (Πλακίτση, 2008).

Το πείραμα αποτελεί θεμέλιο για την πρόοδο της επιστημονικής γνώσης καθώς μέσω αυτού επιτελούνται βασικές λειτουργίες που συμβάλλουν στην προαγωγή της επιστήμης, όπως το να δοκιμάζεται η αλήθεια μιας υπόθεσης ή και συνολικά μια θεωρία, αναζητούνται νέα φαινόμενα, τα οποία έχουν προβλεφθεί από μια θεωρία, δημιουργούνται νέα υλικά ή αντικείμενα και μελετώνται αναλογίες και πρότυπα πειράματα (Κώτσης, 2005). Οι λειτουργίες αυτές είναι κοινές σε όλη την επιστημονική κοινότητα και ως εκ τούτου, το πείραμα αποτελεί μια παγκόσμια γλώσσα, η οποία διευκολύνει την επικοινωνία και την συνεργασία μεταξύ των ερευνητών σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η διδασκαλία μέσω πειραμάτων αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στην εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς γεφυρώνει τις θεωρητικές έννοιες και τα φαινόμενα με την πραγματικότητα και η προσέγγισή της αντιμετωπίζεται διαφορετικά από τις τάσεις που κυριαρχούν και με βάση τις θεωρίες της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Κόκκοτας & Βλάχος· 2000 Κώτσης, 2005). Η παραδοσιακή προσέγγιση, η οποία συνδέεται με τη θεωρία μάθησης του συμπεριφορισμού, εστιάζει κυρίως σε πειράματα επίδειξης ενώ ο δάσκαλος, αναλαμβάνει το ρόλο του μεταδότη γνώσεων και διαμορφώνει ο ίδιος το κατάλληλο περιβάλλον για μάθηση. Στην ανακαλυπτική

προσέγγιση, ο μαθητής εκτίθεται σε καταστάσεις προβληματισμού, στις οποίες καλείται να διαμορφώσει και να ελέγξει υποθέσεις, να διερευνήσει και να διατυπώσει κανόνες έννοιες και αρχές που θα το οδηγήσουν στην επίλυση του προβλήματος και κατά συνέπεια στην επιστημονική γνώση.

Η εποικοδομητική προσέγγιση, η οποία συνδέεται με τη θεωρία της εποικοδόμησης της γνώσης από τις πρωταρχικές ιδέες των μαθητών, ενισχύει τη δημιουργία γνωστικών συγκρούσεων κατά την πειραματική διδασκαλία με σκοπό την εννοιολογική αλλαγή (Κώτσης, 2005· Ραβάνης, 2016). Η γνώση δομείται πάνω σε προγενέστερες γνώσεις, οι οποίες συνδέονται κάθε φορά με τις νέες γνώσεις και τις εμπειρίες των μαθητών, ενώ η διαχείριση του λάθους αποτελεί μία διαδικασία μέσα από την οποία ο μαθητής μαθαίνει και εξελίσσεται.

Στα Νέα Προγράμματα Σπουδών για το Νηπιαγωγείο (2021), δίνεται έμφαση στη μαθητοκεντρική μάθηση κατά την εκπαιδευτική διαδικασία ενθαρρύνει τη μαθητοκεντρική μάθηση, και στο πλαίσιο αυτό οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά στην εκτέλεση των πειραμάτων, καταγράφουν δεδομένα και εξάγουν συμπεράσματα. Κατά τη διεξαγωγή πειραμάτων καλλιεργούνται και άλλες διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου όπως η παρατήρηση, οι προβλέψεις, ο έλεγχος μεταβλητών, η εξαγωγή συμπερασμάτων και οι λειτουργικοί ορισμοί.

Τα πειράματα στο Νηπιαγωγείο σχετίζονται και με άλλα θεματικά πεδία ή μαθησιακές περιοχές π.χ. τα Μαθηματικά, τις Πιθανότητες, την Εκπαίδευση για την Αειφόρο ανάπτυξη και τις Τέχνες. Αυτό το μοντέλο διδασκαλίας ενισχύει την προσέγγιση των επιστημονικών εννοιών και την ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων από τις μικρές ηλικίες, καθιστώντας τους μαθητές ικανούς να εφαρμόσουν τη γνώση στην καθημερινή τους ζωή.

Επιπλέον, το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών δίνει έμφαση στην ανάπτυξη των ικανοτήτων του 21^{ου} αιώνα, οι οποίες, σύμφωνα με το Συμβούλιο της Ευρώπης (Barret, 2020), είναι ένας συνδυασμός γνώσεων, δεξιοτήτων και στάσεων, που πρέπει να καλλιεργήσουν οι μαθητές από την προσχολική ηλικία, προκειμένου να ανταποκριθούν με επιτυχία στις προκλήσεις του μέλλοντος. Στο πλαίσιο αυτό, οι γνώσεις βασίζονται στις θεωρίες και συνδέονται με την προσέγγιση και κατανόηση εννοιών, οι δεξιότητες με την εκτέλεση διαδικασιών και την αξιοποίηση των γνώσεων που έχουν αποκτηθεί και τέλος οι στάσεις, συνδέονται με την καλλιέργεια συμπεριφοράς και δράσης απέναντι σε άτομα, φαινόμενα ή καταστάσεις (Πεντέρη, Ε., Χλαπάνα, Ε., Μέλλιου, Κ., Φιλιππίδη, Α., & Μαρινάτου, Θ., 2021).

Μέσω της πειραματικής διδασκαλίας οι μαθητές αναπτύσσουν γνώσεις, δεξιότητες, ενισχύουν την κριτική σκέψη και την ικανότητα αξιολόγησης επιστημονικών δεδομένων και αναπτύσσουν θετική στάση απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες ενώ παράλληλα συνεργάζονται και επικοινωνούν μέσα από ομαδικές δραστηριότητες.

Αυτό το νέο πλαίσιο ανάπτυξης που προωθεί το Νέο ΠΣ για το Νηπιαγωγείο, συνδέεται άμεσα με την κοινωνικοπολιτισμική προσέγγιση της μάθησης ως θεωρητικό πλαίσιο, σύμφωνα με την οποία, η συγκρότηση της γνώσης και η μάθηση βασίζονται σε δράσεις

του κοινωνικού, του πολιτισμικού και του ιστορικού πλαισίου (Lave, 1993). Η επιστημονική γνώση οικοδομείται σε κοινωνικό επίπεδο (Κόμης, 2004) και η μαθησιακή δραστηριότητα υπάρχει μόνο μέσα στο κοινωνικό, πολιτισμικό και ιστορικό πλαίσιο μέσα στο οποίο διαδραματίζεται. Στην προσέγγιση αυτή, η μάθηση συντελείται σε συνεργατικά περιβάλλοντα με βασικές διαδικασίες την επικοινωνία και την από κοινού υλοποίηση δραστηριοτήτων ενώ οι ίδιες οι γνώσεις καθορίζονται σε κοινωνικό επίπεδο μέσα από κώδικες (Πλακίτση, Σταμούλης, Θεοδωράκη, Κολοκούρη, Νάννη & Κορνελάκη, 2018).

Η θεωρία της Δραστηριότητας αναπτύχθηκε αρχικά στη δεκαετία του 1920 από ψυχολόγους ερευνητές με σημαντικές επιρροές από τη φιλοσοφία του Μαρξισμού. Ο Vygotsky μέσω της θεωρίας της Δραστηριότητας έθεσε τα θεμέλια για τη μελέτη της ανθρώπινης συμπεριφοράς στο κοινωνικό περιβάλλον και επιπλέον υποστήριξε τη μελέτη του ατόμου όπως αυτό εξελίσσεται στο κοινωνικό, πολιτισμικό και ιστορικό πλαίσιο στο οποίο ζει. Η θεωρία της Δραστηριότητας χρησιμοποιεί ως βασική μονάδα ανάλυσης την ίδια τη δραστηριότητα (Engeström, 1999). Οι ανθρώπινες δραστηριότητες καθορίζονται από την ύπαρξη αναγκών και με τη διαμεσολάβηση νοητικών και χειραπτικών εργαλείων κατευθύνονται προς την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Οι στόχοι συνδέονται άμεσα με την εφαρμογή των αποτελεσμάτων τους, η οποία περιγράφεται ως έκβαση (outcome) στο κοινωνικό, πολιτισμικό και ιστορικό πλαίσιο μέσα στο οποίο η δραστηριότητα λαμβάνει χώρα και εξελίσσεται. Στο πλαίσιο της θεωρίας της Δραστηριότητας η συγκρότηση της γνώσης πραγματοποιείται επομένως μέσα από τη συμμετοχή των ατόμων στην κοινότητα και με τη διαμεσολάβηση εργαλείων. Η μάθηση είναι αποτέλεσμα μιας διαδικασίας κοινωνικής αλληλεπίδρασης και νοείται μόνο μέσα στο κοινωνικό, ιστορικό και πολιτισμικό πλαίσιο μέσα στο οποίο διαδραματίζεται. (Κολοκούρη, 2022· Πλακίτση κ.α., 2018).

Η θεωρία της Δραστηριότητας τονίζει την ανθρώπινη διάσταση της επιστήμης, υπό την έννοια ότι οι επιστημονικές έννοιες, οι νόμοι και οι θεωρίες διαμορφώθηκαν από ανθρώπους που έζησαν σε συγκεκριμένο κοινωνικό, ιστορικό και πολιτισμικό πλαίσιο. Υπό το πρίσμα αυτό η διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών συνδέεται με την ιστορία της επιστήμης, η οποία συνδέεται με την αλληλεπίδραση της γνώσης με το οικονομικό, κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο παράγοντες μέσα στο οποίο διαμορφώνεται γεγονός που βοηθά στην ολιστική προσέγγιση της γνώσης από τους μαθητές και ενισχύει τη διαμόρφωση συνολικής εικόνας σχετικά με τις έννοιες και τα φυσικά φαινόμενα (Κολοκούρη, 2016).

Η προσέγγιση των επιστημονικών εννοιών μέσα στο ευρύτερο κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο κάνει τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών πιο αποτελεσματική για τους μαθητές (Matthews, 2007) ενώ το πείραμα ως εργαλείο και βασική διαδικασία επιστημονικής μεθόδου συνδέεται άμεσα το επιστημονικό πλαίσιο μέσα στο οποίο για πρώτη φορά επιτελέστηκε. Ως εκ τούτου, η επιστήμη εμφανίζεται ως προϊόν ανθρώπινων ενεργειών από τους επιστήμονες που έζησαν σε συγκεκριμένο κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο, γεγονός που συμβάλλει στη δημιουργία αυθεντικών καταστάσεων μάθησης.

Η ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΣΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ

Για την οργάνωση της πειραματικής διδασκαλίας στη Νηπιαγωγείο προτείνεται το κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο μάθησης της θεωρίας της Δραστηριότητας, μέσα στο οποίο οι εμπλεκόμενοι στη διδασκαλία και μάθηση βρίσκονται σε ανοιχτή επικοινωνία, αξιοποιούν από κοινού τα εργαλεία που έχουν στη διάθεσή τους και μέσα από συνεργατικές δράσεις οδηγούνται στην επίτευξη του σκοπού τους αλλά και στην περαιτέρω αξιοποίηση της γνώσης.

Για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού ακολουθείται το μεθοδολογικό εργαλείο SCOPES, το οποίο περιλαμβάνει βασικά συστατικά στοιχεία της θεωρίας της Δραστηριότητας όπως είναι το σύστημα Δραστηριότητας (System of Activity), οι αντιφάσεις (Contradictions), η έκβαση των αποτελεσμάτων (Outcome), η πράξη (Praxis), ο επεκτατικός κύκλος μάθησης (Expansive Learning Cycle). Με βάση το εργαλείο SCOPES μελετώνται συστήματα δραστηριότητας τα οποία είναι προσανατολισμένα στο στόχο, διαμεσολαβούνται από χειραπτικά και νοητικά εργαλεία, συνδέουν τη θεωρία με την πράξη, αξιοποιούν τις αντιφάσεις ως μέσο προόδου και εξέλιξης και συνδέουν της διδασκαλία και μάθησης με την καθημερινή ζωή (Kolokouri & Kornelaki, 2019).

Ένα σύστημα Δραστηριότητας (System of Activity) περιλαμβάνει τα Υποκείμενα (μαθητές και δάσκαλος) που χειρίζονται νοητικά και χειραπτικά εργαλεία και κινούνται προς την επίτευξη των επιθυμητών στόχων (Αντικείμενα). Μέσα στο σύστημα αυτό διαμορφώνονται από κοινού και μέσα από συνεργατικές δράσεις οι Κανόνες και γίνεται ένας Καταμερισμός εργασίας με βάση τον οποίο μοιράζονται οι αρμοδιότητες κατά την εκτέλεση της δραστηριότητας. Όλα αυτά λαμβάνουν χώρα στα όρια της Κοινότητας, οποία μπορεί να εκτείνεται και σε άλλους φορείς πέρα από το σχολικό περιβάλλον. Οι αντιφάσεις (Contradictions) που προκύπτουν σε ένα σύστημα Δραστηριότητας συμβάλλουν στην εξέλιξή του και στην υιοθέτηση νέων μεθόδων διδασκαλίας και στρατηγικών ενώ η έκβαση των αποτελεσμάτων (Outcome), συνδέεται με την αξιοποίηση της γνώσης και τη μεταφορά της σε νέες καταστάσεις.



Εικόνα 1: Τα στάδια του επεκτατικού κύκλου μάθησης (Engeström, 1999)

Η πειραματική διδασκαλία είναι αποτέλεσμα συνδυασμού θεωρίας και πράξης (Praxis) και διαμορφώνεται στο πλαίσιο ενός επεκτατικού κύκλου μάθησης (Expansive Learning Cycle). Ο επεκτατικός κύκλος μάθησης (Εικόνα 1) είναι μια ανοιχτή διαδικασία μάθησης που περιλαμβάνει στάδια όπως το ερώτημα, την ανάλυση της κατάστασης, τη μοντελοποίηση, την εφαρμογή του μοντέλου, την ενσωμάτωση και τέλος την αξιολόγηση και αποδοχή και αξιοποιείται για την προσέγγιση εννοιών και φαινομένων των Φυσικών Επιστημών και την πειραματική διδασκαλία από τις μικρές ηλικίες (Κολοκούρη, 2022· Πλακίτση κ.α. 2018).

Η πειραματική διδασκαλία στο Νηπιαγωγείο συνδέεται με την προσέγγιση μιας έννοιας ή ενός φαινομένου των Φυσικών Επιστημών και μπορεί να αξιοποιεί τα 5 μαθησιακά πλαίσια (παιχνίδι, ρουτίνες, καταστάσεις από την καθημερινότητα, διερευνήσεις, οργανωμένες δραστηριότητες) που προτείνει το Πρόγραμμα Σπουδών του Νηπιαγωγείου (2021). Στο πλαίσιο αυτό προτείνεται ο σχεδιασμός ενός διδακτικού σεναρίου, το οποίο περιλαμβάνει μία σειρά δραστηριοτήτων για την έννοια ή το φυσικό φαινόμενο που μελετάται και τη μεταξύ τους σύνδεση μέσα από τεχνικές όπως παιχνίδια για το δέσιμο της ομάδας, παιχνίδια ρόλων εκπαιδευτικό δράμα, παντομίμα, κουκλοθέατρο, η κούκλα χαρακτήρας, παραμύθια, δραματοποίηση, κινούμενα σχέδια και έργα τέχνης.



Εικόνες 2, 3: Διαμόρφωση γωνιάς των Φυσικών Επιστημών

Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να έχει διαμορφωθεί ένας χώρος, κέντρο ενδιαφέροντος ή γωνιά στην τάξη του Νηπιαγωγείου, στον οποίο θα υλοποιούνται, σε μικρές ομάδες, οι δράσεις, οι θεματικές προσεγγίσεις και τα σχέδια εργασίας που σχετίζονται με έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών.

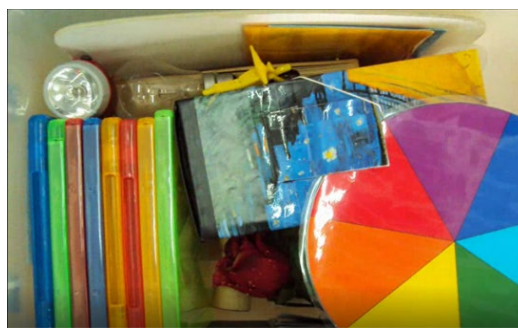
Ο χώρος συνδιαμορφώνεται από τον εκπαιδευτικό και τους μαθητές και ο εξοπλισμός προτείνεται να είναι απλός, να σχετίζεται με υλικά καθημερινής χρήσης και όργανα που μπορούν τα παιδιά να αξιοποιούν τόσο κατά τις οργανωμένες δραστηριότητες όσο και στις ελεύθερες διερευνήσεις τους (Εικόνες 2, 3).

Έπειτα, μπορεί να γίνει προσέγγιση της έννοιας του επιστήμονα και να συζητήσουμε σχετικά με τη ζωή, τις συνήθειες και τον τρόπο εργασίας των επιστημόνων και τα εργαλεία που χρησιμοποιούν. Η διαδικασία αυτή οδηγεί στη συνδιαμόρφωση κανόνων όταν διαπραγματευόμαστε έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών και στην

εξοικείωση με την επιστημονική μέθοδο όπως παρατηρούμε και στα σχέδια μαθητών (Εικόνες 4, 5).



Στη συνέχεια, γίνεται εισαγωγή της έννοιας ή του φαινομένου των Φυσικών Επιστημών που πρόκειται να μελετηθεί χρησιμοποιώντας το 'βαλιτσάκι του επιστήμονα' ή το 'κουτί της επιστήμης' (Εικόνες 6, 7). Και τα δύο περιέχουν τα υλικά που είναι απαραίτητα για την υλοποίηση του διδακτικού σεναρίου που έχει δημιουργηθεί.



Για κάθε διδακτικό σενάριο σχεδιάζεται μία σειρά διδακτικών ενοτήτων η οποία προσεγγίζει την έννοια ή του φαινόμενο των Φυσικών Επιστημών που πρόκειται να μελετηθεί. Κάθε διδακτική ενότητα υποδιαιρείται σε δραστηριότητες οι οποίες ως διδακτική ενότητα συγκροτούν την έννοια των Φυσικών Επιστημών που προσεγγίζεται σε κάθε περίπτωση. Έτσι για κάθε επιμέρους μαθησιακό στόχο που τίθεται σχεδιάζεται και μία ομάδα δραστηριοτήτων. Κατά το σχεδιασμό της κάθε δραστηριότητας λαμβάνεται υπόψη ο τρόπος με τον οποίο η χρήση των εργαλείων υποστηρίζουν τη μάθηση σε σχέση με το αντικείμενο της δραστηριότητας, δηλαδή την επίτευξη του στόχου καθώς και οι δυνατότητες για αλληλεπίδραση που προσφέρει η δραστηριότητα μεταξύ των Υποκειμένων (μαθητές, εκπαιδευτικός). Η διάρκεια υλοποίησης του

διδασκτικού σεναρίου μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τις δραστηριότητες που έχει σχεδιάσει αρχικά ο εκπαιδευτικός αλλά και με το ενδιαφέρον των μαθητών. Η εργασία γίνεται σε ομάδες και ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην αξιοποίηση της γνώσης σε νέες καταστάσεις, στη σύνδεση με την καθημερινή ζωή, καθώς και στις διαθεματικές προεκτάσεις τις οποίες το διδασκτικό σενάριο μπορεί να υποστηρίξει.

Ακολουθώντας τον επεκτατικό κύκλο μάθησης για τον σχεδιασμό των πειραμάτων στο Νηπιαγωγείο, αρχικά τίθεται ένα *ερώτημα* στους μαθητές αξιοποιώντας κάποια από τις τεχνικές που αναφέρθηκαν παραπάνω. Στο στάδιο αυτό, που αποτελεί ενέργεια απλών λειτουργιών, δημιουργείται το κίνητρο για περαιτέρω διερεύνηση. Η *ανάλυση της κατάστασης* μέσα από ερωτήσεις όπως, «Γιατί συμβαίνει αυτό;», «τι γνωρίζουμε για το πρόβλημα;», «τι μπορούμε να κάνουμε;», «ποια εργαλεία έχουμε στη διάθεσή μας;» περιλαμβάνει τον συμβολικό ή πρακτικό μετασχηματισμό της κατάστασης προκειμένου να ανακαλυφθούν οι αιτίες ή οι επεξηγηματικοί μηχανισμοί. Στο στάδιο της *μοντελοποίησης* πραγματοποιείται ο σχεδιασμός μιας δράσης ή η κατασκευή ενός μοντέλου, ως ένα ρητό, απλουστευμένο πρότυπο της νέας ιδέας που προσπαθεί να δώσει μία εξήγηση ή να προσφέρει μια λύση στην προβληματική κατάσταση. Ακολουθεί η *εφαρμογή του νέου μοντέλου* και η *εσωμάτωση*, στάδια κατά τα οποία πραγματοποιείται η εφαρμογή/λειτουργία και ο πειραματισμός με το συγκεκριμένο μοντέλο έτσι ώστε να αναδειχθεί πλήρως η δυναμική, οι δυνατότητες, αλλά και οι περιορισμοί του. Τέλος, πραγματοποιείται η *αξιολόγηση και αποδοχή* τελικά του νέου μοντέλου σε μια νέα, σταθερή μορφή πρακτικής. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) δίνονται παραδείγματα σχεδιασμού της πειραματικής διδασκαλίας με βάση τον επεκτατικό κύκλο μάθησης.

Πίνακας 1: Σχεδιασμός με βάση την επεκτατική μάθηση

Στάδια επεκτατικού κύκλου	Ανάλυση και σύνθεση χρωμάτων	Διάκριση μαγνητιζόμενων και μη υλικών από τους μαγνήτες	Μέτρηση χρόνου	Επίπλευση και βύθιση στερεών στο νερό
Ερώτηση	Από πού προέρχονται τα χρώματα; Έχουν σχέση με το φως; Οι μαθητές παρακολουθούν μέρος ενός κινουμένου σχεδίου, στο οποίο οι πρωταγωνιστές συζητούν για τα χρώματα έπειτα από επίσκεψη στο εργαστήριο του Νεύτωνα.	Ποια αντικείμενα μαγνητίζονται και ποια όχι; Ο Άρης και η Μάγνη (φανταστικοί ήρωες μιας ιστορίας) ανακαλύπτουν ένα ξεχασμένο κουτί, πάνω στο οποίο είναι χαραγμένη η μορφή του Θαλή και η φράση “Κάλιστον κόσμος, ποίημα γαρ θεού”. Ανοίγοντας το κουτί ανακαλύπτουν παράξενα	Πώς λειτουργεί το ηλιακό ρολόι;	Ποια υλικά επιπλέουν και ποια βυθίζονται στο νερό; Οι μαθητές λαμβάνουν ένα γράμμα από έναν γνωστό ήρωα κινουμένων σχεδίων το οποίο θέτει την κατάσταση προβληματισμού.

		αντικείμενα και η αναζήτηση ξεκινά.		
Ανάλυση της κατάστασης	Συγκεντρώνουμε τις ιδέες των μαθητών μέσα από έναν καταγισμό ιδεών και πραγματοποιούμε συνδέσεις με την καθημερινή τους ζωή. Συζητάμε τι είδαμε στο εργαστήριο του Νεύτωνα.	Συγκεντρώνουμε τις ιδέες των μαθητών/σύνδεση με την καθημερινή τους ζωή (καταγισμός ιδεών). Σύνδεση με την ιστορία της επιστήμης.	Διερεύνηση των ιδεών των μαθητών σε σχέση με τον χρόνο και τα ρολόγια, κατασκευή εννοιολογικού χάρτη. Εικονική περιήγηση στο μουσείο Κωτσανά στην αίθουσα με τα ρολόγια των αρχαίων Ελλήνων.	Ο εκπαιδευτικός μπαίνει στο ρόλο του ήρωα, συναντά τα παιδιά και συζητούν σχετικά με το γράμμα με σκοπό να διερευνήσουν, να αξιολογήσουν και να επιλύσουν το πρόβλημα. Στη συνέχεια συμπληρώνουν έναν πίνακα προβλέψεων για τη συμπεριφορά διαφορετικών υλικών μέσα στο νερό.
Μοντελοποίηση	Σχεδιάζουμε τη δράση μας με τους μαθητές, συγκεντρώνουμε τα υλικά που χρειαζόμαστε για το πείραμα της ανάλυσης των χρωμάτων	Σχεδιάζουμε τη δράση μας με τους μαθητές για να ανακαλύψουμε ποια αντικείμενα μαγνητίζονται και ποια όχι χρησιμοποιώντας πραγματικά υλικά και μέσα από παιχνίδια στο Scratch και στο Science4us	Κατασκευή ηλιακού ρολογιού με απλά υλικά.	Σχεδιάζουμε τη δράση μας με τους μαθητές, συγκεντρώνουμε τα υλικά που χρειαζόμαστε για τα πειράματα της επίπλευσης-βύθισης.
Εφαρμογή του μοντέλου	- Πείραμα ανάλυσης χρωμάτων: Κρατάμε cd σε σημείο που πέφτει ήλιος και παρατηρούμε ότι μέσα σε αυτά βλέπουμε το ουράνιο τόξο. - Οι μαθητές χρησιμοποιούν πρίσματα και φακούς και πειραματίζονται όπως ο Νεύτωνας σε σκοτεινό δωμάτιο.	Χρησιμοποιούμε το Scratch Jr για να φτιάξουμε το δικό μας παιχνίδι διάκρισης μαγνητιζόμενων και μη υλικών	Οι μαθητές πειραματίζονται με το ηλιακό ρολόι.	Πραγματοποιούμε πειράματα μέσα από τα οποία οι μαθητές ανακαλύπτουν ποια υλικά επιπλέουν και ποια βυθίζονται.
Εφαρμογή του μοντέλου – Ενσωμάτωση	Πειραματίζονται με το δίσκο του Νεύτωνα και ανακαλύπτουν τη	Χρησιμοποιούμε αντικείμενα και μαγνήτες για να κατασκευάσουμε το	Παρατηρούμε τη σκιά ενός σώματος που το φωτίζει ο	Με αφορμή ένα τηλεφώνημα του ήρωα στην τάξη, αναλύουμε τις πληροφορίες που

	σύνθεση των χρωμάτων	δικό μας μαγνητικό γλυπτό.	ήλιος και συσχετίζουμε το φαινόμενο με τη λειτουργία του ηλιακού ρολογιού.	μας έδωσε με βάση τις οποίες σχεδιάζουμε και υλοποιούμε νέα πειράματα, αυτή τη φορά βάζοντας υλικά σε νερό με ανθρακικό.
Αξιολόγηση και αποδοχή	Οι μαθητές ζωγραφίζουν το πείραμα της ανάλυσης του φωτός και κατασκευάζουν το δικό τους δίσκο του Νεύτωνα	Παρακολουθούμε την ταινία Magnito και συζητάμε με τους μαθητές, ποια αντικείμενα θα έλξει αν έρθει στην τάξη μας.	Έρχεται στο σχολείο μας μία επείγουσα ειδοποίηση μέσω του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, σύμφωνα με την οποία κανένα ρολόι δεν θα λειτουργεί για μία εβδομάδα. Πώς θα μετράμε τις ώρες των μαθημάτων; Πότε θα βγαίνουμε διάλειμμα; Μπορούμε να εφαρμόσουμε τα όσα μάθαμε για το σκοπό αυτό;	Με βάση την τεχνική του εκπαιδευτικού δράματος ‘ρόλος στον τοίχο’ συγκεντρώνουμε όλες τις γνώσεις που αποκτήσαμε και τις καταγράφουμε για να τις στείλουμε ως απάντηση στον ήρωα και να τον βοηθήσουμε να επιλύσει το πρόβλημά του.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα εργασία εστίασε στην παρουσίαση της οργάνωσης της πειραματικής διδασκαλίας στο Νηπιαγωγείο, αναδεικνύοντας τα πολλαπλά οφέλη αυτής της προσέγγισης στην ανάπτυξη γνώσεων, δεξιοτήτων και στάσεων των μικρών μαθητών. Στα Νέα Προγράμματα Σπουδών για το Νηπιαγωγείο (2021) δίνεται έμφαση στη μαθητοκεντρική μάθηση, κατά την οποία οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά στην εκτέλεση των πειραμάτων, καταγράφουν δεδομένα και εξάγουν συμπεράσματα. Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων καλλιεργούνται διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου όπως η παρατήρηση, οι προβλέψεις, ο έλεγχος μεταβλητών, και οι λειτουργικοί ορισμοί. Αυτές οι διαδικασίες είναι ουσιώδεις για την προσέγγιση των φυσικών φαινομένων στις μικρές ηλικίες. Τα πειράματα στο νηπιαγωγείο συνδέονται και με άλλα θεματικά πεδία του Προγράμματος Σπουδών και λαμβάνουν χώρα στο πλαίσιο διαθεματικής προσέγγισης μέσα από την οποία οι μαθητές εργάζονται με την επιστημονική μέθοδο, αναπτύσσουν πρακτικές δεξιότητες και συνδέουν τη γνώση με την καθημερινή τους ζωή. Κατά την πειραματική διδασκαλία αξιοποιούνται οι εναλλακτικές ιδέες των

μαθητών, οι οποίες ενισχύουν τη δημιουργία γνωστικών συγκρούσεων και την εννοιολογική αλλαγή αλλά και το κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο διαμόρφωσης των επιστημονικών θεωριών και των εννοιών, το οποίο καθιστά την επιστήμη μια διαδικασία διαρκούς εξέλιξης και αναδιαμόρφωσης στο χώρο και στο χρόνο.

Η εφαρμογή της πειραματικής διδασκαλίας στο Νηπιαγωγείο αντιμετωπίζει προκλήσεις αλλά προσφέρει και σημαντικά πλεονεκτήματα. Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να είναι καλά προετοιμασμένοι, να διαθέτουν επαρκή κατάρτιση, να παρέχουν τα κατάλληλα υλικά για να σχεδιάζουν κατάλληλα περιβάλλοντα μάθησης για την πειραματική προσέγγιση. Στις μικρές ηλικίες είναι ιδιαίτερα σημαντική η χρήση καθημερινών υλικών στην πειραματική διδασκαλία, καθώς αυτά προσφέρουν πολλαπλά οφέλη τόσο στον εκπαιδευτικό, όσο και στους μαθητές. Η χρήση τους διευκολύνει τον διδακτικό μετασχηματισμό εννοιών των Φυσικών Επιστημών και τη σύνδεσή τους με εμπειρίες από την καθημερινή ζωή (Κουμαράς, Πιερράτος 2022).

Η πειραματική διδασκαλία προάγει την ενεργή συμμετοχή των μαθητών, ενισχύει την κριτική σκέψη και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και διευκολύνει την προσέγγιση επιστημονικών εννοιών στις μικρές ηλικίες. Οι μαθητές μαθαίνουν να εργάζονται συνεργατικά και να επικοινωνούν τις ιδέες τους. Συνοψίζοντας, η πειραματική διδασκαλία στην προσχολική ηλικία αποτελεί μια εκπαιδευτική προσέγγιση που μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη στους μαθητές. Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να εστιάσει στην περαιτέρω ανάπτυξη και υποστήριξη των εκπαιδευτικών μεθόδων και στην αξιολόγηση των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων αυτής της προσέγγισης στη διδασκαλία και μάθηση των μαθητών του Νηπιαγωγείου.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ (2003). *Διαθεματικό ενιαίο πλαίσιο προγραμμάτων σπουδών και αναλυτικά προγράμματα σπουδών υποχρεωτικής εκπαίδευσης*. Αθήνα: ΥΠΕΠΘ-ΠΙ, ΦΕΚ 304B/13-03-2003. Ανακτήθηκε από <http://www.pi-schools.gr/programs/depps/>.
- Καλλέρη, Μ. (2016). *Έννοιες και φαινόμενα από τον φυσικό κόσμο για μικρά παιδιά*. Θεσσαλονίκη: Ostracon Publishing.
- Καριώτογλου, Π. (2021). Ο Διδακτικός Μετασχηματισμός Περιεχομένου και η Αναγκαιότητα στη Διδακτική Φυσικών Επιστημών: Ζητήματα, Ευρήματα και Προτάσεις. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, 1, 39-62.
- Κόκκοτας, Π., & Βλάχος, Ι. (2000). *Ο ρόλος του πειράματος στην επιστήμη, τη διδασκαλία και τη μάθηση. Διδακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Τυπωθήτω. Γ. Δαρδανός
- Κολοκούρη, Ε. (2022). *Οι Φυσικές Επιστήμες, το Περιβάλλον και η Υγεία για τον ενεργό πολίτη μέσα από ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα για το νερό*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.
- Κολοκούρη, Ε. (2016). *Η θεωρία της δραστηριότητας στις τυπικές και άτυπες μορφές διδασκαλίας εννοιών των Φυσικών Επιστημών για παιδιά ηλικίας 5-9 ετών. Η περίπτωση των κινουμένων σχεδίων*. Διδακτορική Διατριβή.

- Κόμης, Ι. Β., (2004). *Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των επικοινωνιών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Κουμαράς, Π., Πιερράτος Θ. (2022). *Οδηγός διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με πειράματα*. Θεσσαλονίκη: Ροπή
- Κώτσης, Κ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής και Πείραμα*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Ιωάννινα.
- Νέα Προγράμματα Σπουδών για το Νηπιαγωγείο (2014). Ανακτήθηκε 13 Δεκεμβρίου 2023 από:
http://iep.edu.gr/images/IEP/EPISTIMONIKI_YPIRESIA/Epist_Monades/A_Kyklus/P_roshol_Agogi_nea/2019/meros_1_paidagogiko_plaisio.pdf
- Πεντέρη, Ε., Χλαπάνα, Ε., Μέλλιου, Κ., Φιλιππίδη, Α., & Μαρινάτου, Θ. (2021). *Οδηγός Νηπιαγωγού-Πυξίδα: Θεωρητικό και Μεθοδολογικό Πλαίσιο*. Στο πλαίσιο της Πράξης «Αναβάθμιση των Προγραμμάτων Σπουδών και Δημιουργία Εκπαιδευτικού Υλικού Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης» του ΙΕΠ με MIS 5035542.
- Πλακίτση, Κ., Σταμούλης, Ε., Θεοδωράκη Χ., Κολοκούρη, Ε., Νάννη, Ε., Κορνελάκη, Α. (2018). *Η Θεωρία της Δραστηριότητας και οι Φυσικές Επιστήμες: Μια νέα διάσταση στην STEAM εκπαίδευση*. Αθήνα: Gutenberg-Δαρδανός.
- Πλακίτση, Κ., (2008). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην Προσχολική και στην Πρώτη Σχολική Ηλικία. Σύγχρονες Τάσεις και Προοπτικές*. Αθήνα: Πατάκης.
- Πρόγραμμα Σπουδών για την Προσχολική Εκπαίδευση (2021). Ανακτήθηκε 13 Μαρτίου 2023 από <http://iep.edu.gr/el/nea-ps-provoli>
- Ραβάνης, Κ., (2016). *Εισαγωγή στη Διδακτική και τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Barrett, M. (2020). The Council of Europe’s Reference Framework of Competences for Democratic Culture: Policy context, content and impact. *London Review of Education*, 18(1), 1–17.
- Carey, S. (2009). *The origin of concepts*. Oxford and New York: Oxford University Press.
- Gopnik, A., & Wellman, H. M. (2012). Reconstructing constructivism: Causal models, Bayesian learning mechanisms, and the theory theory. *Psychological Bulletin*, 138(6), 1085-1108.
- Engeström, Y. (1999). Activity theory and individual and social transformation. In Y. Engeström, R. Miettinen & R-L. Punamääki (Eds.), *Perspectives on Activity Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fleer, M. (2015). A cultural-historical model of early childhood science education. In M. Fleer & N. Pramling (eds.), *A cultural historical study of children learning science* (pp. 199-213). Dordrecht: Springer.
- Jirout, J., Zimmerman, C. (2015). Development of Science Process Skills in the Early Childhood Years. In K. C. Trundle, M. Sackes (Eds.), *Research in early childhood science education* (pp. 143-165). U.S.A.: Springer.
- Kampourakis, K. (2018) On the Meaning of Concepts in Science Education. *Science & Education* 27, 591–592.

- Kolokouri, E., & Kornelaki A. C. (2019). Introducing a new socio-cultural tool for Science Education in First Grades: SCOPES, Conference proceedings ISCAR 2019: *Crisis in contexts*, Ioannina, Greece, (pp. 87-101).
- Kolokouri, E., Theodoraki, Ch., Plakitsi, K. (2012). A Cultural Historical Activity Theory Approach in Natural Sciences Education Laboratory Lessons towards Reforming Teachers' Training. *World Journal of Education*, 2 (2), 23-40.
- Lave, J. (1993). The practice of learning. In S. Chaiklin & J. Lave (Eds.), *Understanding practice. Perspectives on activity and context* (pp. 3-32). Cambridge: Cambridge University Press.
- Matthews, M. (2007). Science Education and the Scientific Revolution: a way to learn about Science. *Review of Science, Mathematics and ICT Education* 1(1), 49-61.
- NARST (1990). *The Science Process Skills*. Retrieved March 26, 2021 from <https://narst.org/research-matters/science-process-skills>
- OECD (2018): *Improving Learning Spaces Together*, School User Survey <http://www.oecd.org/education/OECD-School-User-Survey-2018.pdf>
- Ravanis, K. (2021). The Physical Sciences in Early Childhood Education: theoretical frameworks, strategies and activities. *Journal of Physics: Conference Series*, 1796.
- Ravanis, K. (2017). Early Childhood Science Education: state of the art and perspectives. *Journal of Baltic Science Education*, 16, 3, 284-288.
- Roth, W.-M., Goulart, M. I. M., & Plakitsi, K. (2013). *Science during early childhood: A Cultural-Historical Perspective*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Roth, W.-M. (2011). Science in/for early childhood: More than lip service. In K. Plakitsi (Ed.), *Sociocultural and Sociocognitive Approaches in the Di-dactics of Natural Sciences in Early Childhood*. Athens: Patakis.
- Simpkins, S., Davis-Kean, P., Eccles, J. (2006). Math and Science Motivation: A Longitudinal Examination of the Links Between Choices and Beliefs. *Developmental psychology*, 42, 70-83.
- Vosniadou, S. (2019). The Development of Students' Understanding of Science. *Frontiers in Education*, 4, 32.
- Vosniadou, S. (2013). Conceptual change in learning and instruction: The framework theory approach. In S.
- Vosniadou (Ed.), *The international handbook of conceptual change* (2nd ed., pp. 11–30). New York: Routledge.
- Wells, G. (1994). *Learning and teaching scientific concepts: Vygotsky's ideas revisited*, paper presented, Vygotsky and the Human Sciences, Conference, Moscow.

Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΞΙΟΠΟΙΟΥΝ ΥΛΙΚΑ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗΣ ΧΡΗΣΗΣ

Παναγιώτης Κουμαράς¹, Θεόδωρος Πιερράτος²

¹αφ. Καθηγητής ΠΤΔΕ ΑΠΘ, ²Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης

koumaras@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται μερικές βασικές παιδαγωγικές αρχές που αφορούν τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με πειράματα. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι στόχοι της διδασκαλίας με τη χρήση πειραμάτων, τα πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης υλικών καθημερινής χρήσης, το πώς η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μπορεί να συνδεθεί με καταστάσεις από την καθημερινή ζωή καθώς και η αξία που έχει αυτή η σύνδεση. Δίνονται παραδείγματα κρίσιμων πειραμάτων, αναπτύσσονται τρόποι ένταξης του πειράματος στην εκπαιδευτική πρακτική και προτείνονται κάποιες βασικές ιδέες για την αξιολόγηση των μαθητών με τη χρήση πειραμάτων και καταστάσεων από την καθημερινή ζωή.

Λέξεις κλειδιά: Φυσικές Επιστήμες, πειράματα, υλικά καθημερινής χρήσης

Αναφορά: Κουμαράς, Π., & Πιερράτος, Θ. (2025). *Η Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με Πειράματα που Αξιοποιούν Υλικά Καθημερινής Χρήσης*, στο Κώτσος 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

TEACHING SCIENCE WITH EXPERIMENTS THAT UTILIZE EVERYDAY MATERIALS

Panagiotis, Koumaras¹, Theodoros Pierratos²

¹Retired Professor at School of Education, ATh, ²Science Teacher in Secondary
Education

koumaras@eled.auth.gr

ABSTRACT

This paper presents some basic pedagogical principles concerning the teaching of Natural Sciences through experiments. Specifically, the objectives of teaching using experiments, the advantages of using everyday materials, how science teaching can be linked to situations from everyday life and the value of this connection are analyzed. Examples of critical experiments are given, ways of integrating the experiment into educational practice are developed and some basic ideas are proposed for the assessment of students using experiments and situations from everyday life.

Keywords: science, experiments, everyday materials

ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Οι Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.), έχοντας ως σκοπό τη μελέτη των φαινομένων, στηρίζονται στην εμπειρία, που προκύπτει και από την παρατήρηση, και στο πείραμα. Έτσι, δεν θα πρέπει να ξαφνιάζει το γεγονός ότι και η διδασκαλία τους οφείλει να ενσωματώνει το πείραμα ως βασικό και αναπόσπαστο συστατικό μέρος της. Τονίζουμε ότι δεν χρησιμοποιούμε τη λέξη «πείραμα» με την αυστηρή έννοια που έχει στην επιστήμη, δηλαδή, του ελέγχου μεταβλητών. Η λέξη «πείραμα» χρησιμοποιείται εδώ με τη σημασία που του αποδίδεται στη σχολική «γλώσσα», δηλαδή δραστηριότητα με χρήση υλικών.

Πλούσια βιβλιογραφία, η οποία ανάγεται σε περισσότερα από 50 χρόνια ερευνών, υποστηρίζει την αναγκαιότητα διδακτικής αξιοποίησης του πειράματος στην εκπαίδευση, ίσως μάλιστα και να την υπερεκτιμά. Οι στόχοι αυτών των πειραμάτων μπορούν να είναι οι εξής:

1. Γνωστικοί. Με τον όρο αυτό κυρίως νοούνται στόχοι που σχετίζονται με τη μάθηση του περιεχομένου των Φ.Ε. με απώτερη επιδίωξη τη δημιουργία

επιστημόνων ή μηχανικών. Έρευνες στην Ελλάδα (Χαλκιά, 1993) δείχνουν ότι τέτοιου είδους στόχοι είναι κυρίαρχοι κατά την πραγματοποίηση πειραμάτων στις σχολικές τάξεις καθώς μέσω αυτών επιδιώκεται οι μαθητές «να μάθουν», «να κατανοήσουν», «να θυμούνται».

Στα σύγχρονα Προγράμματα Σπουδών Φ.Ε. πέρα από το σώμα γνώσεων (γεγονότα, έννοιες, νόμοι, θεωρίες κ.λπ.) περιλαμβάνονται, για όλους τους μαθητές, δραστηριότητες διερεύνησης και χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Μάλιστα, τόσο οι διαδικασίες διερεύνησης (μεθοδολογίες των Φ.Ε.) όσο και τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. έχουν ισοδύναμο ρόλο στους στόχους του μαθήματος με αυτούς του γνωστικού περιεχομένου και όχι απλά συμπληρωματικό, με το πείραμα να μπορεί να συμβάλλει αποφασιστικά στην επίτευξή τους.

2. Γνωστικής ανάπτυξης. Με τον όρο αυτό νοούνται στόχοι που σχετίζονται με τη μάθηση περιεχομένου / μεθοδολογίας / φύσης της γνώσης των Φ.Ε. όχι όμως μόνο για να εκπαιδευτούν μελλοντικοί επιστήμονες ή/και μηχανικοί αλλά για να επιτευχθεί ευρύτερη νοητική ανάπτυξη. Στο πλαίσιο αυτό οι Φ.Ε. γίνονται αντικείμενο για όλους.

Ας δώσουμε ένα παράδειγμα: η παρατήρηση από τον μαθητή κάποιου μη αναμενόμενου γεγονότος, π.χ. ένα κυλινδρικό κουτί το οποίο όταν αφηθεί ελεύθερο σε ένα κεκλιμένο επίπεδο κυλάει προς τον ανήφορο, είναι δύσκολο να ενσωματωθεί στις υπάρχουσες γνωστικές δομές του. Μια τέτοιου τύπου παρατήρηση, ειδικά αν αυτή αποτελεί μέρος ενός προβλήματος που έχει νόημα για τον μαθητή, μπορεί να συντελέσει στο να συμβούν αλλαγές στις γνωστικές δομές του ώστε να συμπεριληφθεί και η καινούργια εμπειρία. Από πειράματα όπως το παραπάνω, το κυριότερο κέρδος δεν είναι να μάθει ο μαθητής το περιεχόμενο της Φυσικής (ένα σώμα ισορροπεί όταν το κέντρο βάρους του είναι στην κατώτερη θέση) αλλά η απόπειρα του μαθητή να το ερμηνεύσει, ακόμη και αν αρχικά το ερμηνεύσει λανθασμένα.

Ας σημειωθεί εδώ ότι στη γνωστική ανάπτυξη συντελεί επίσης η γνώση στοιχείων από τη μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών: για παράδειγμα, από ένα πείραμα είναι δυνατό να βγει συμπέρασμα μόνο αν μεταβάλλεται κάθε φορά μια μεταβλητή και όλες οι άλλες κρατούνται σταθερές. Η διαπίστωση αυτή αποτελεί σημαντική γνωστική πρόοδο για έναν μαθητή και μπορεί να έχει σημαντικές προεκτάσεις στην εξαγωγή συμπερασμάτων και τη λήψη αποφάσεων στην καθημερινή του ζωή.

3. Συναισθηματικοί. Το πείραμα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να αναπτύξει ο μαθητής θετική στάση προς τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών, να ασχοληθεί δηλαδή με αυτά γιατί του προκαλούν το ενδιαφέρον (εσωτερικά κίνητρα) και όχι απλά για την όποια «αμοιβή» (εξωτερικά κίνητρα). Ειδικά για τα μαθήματα Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο, ο στόχος διαμόρφωσης θετικής στάσης προς αυτές είναι εξόχως σημαντικός λόγω της πρώτης οργανωμένης επαφής του παιδιού με αυτές, η οποία θα επηρεάσει και τη στάση του στα επερχόμενα χρόνια στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Όπως θα δούμε και παρακάτω, η θετική στάση μπορεί να ενδυναμωθεί αναδεικνύοντας

την άρρηκτη σχέση Φυσικών Επιστημών με την καθημερινή ζωή, όταν δηλαδή ο μαθητής εμπλέκεται με προβλήματα που τα αναγνωρίζει και τα δέχεται σαν προβλήματα με τα οποία έχει λόγους να ασχοληθεί.

4. Κοινωνικοί. Ο μαθητής κάνοντας πειράματα σε μικρές ομάδες μαθαίνει να συνεργάζεται με τους άλλους, να συζητά τις απόψεις του και να τις υποστηρίζει, να αποδέχεται τις απόψεις των άλλων εφόσον στηρίζονται σε επιχειρήματα που τεκμηριωμένα καταρρίπτουν τα δικά του. Τα παραπάνω αποτελούν δύο από τις τέσσερις κομβικές ικανότητες (Competencies) για τον 21ο αιώνα (World Economic Forum, 2015, σ. 3, 23). Αυτές είναι γνωστές στη βιβλιογραφία και ως 4C, από τα αρχικά τους: Critical thinking/problem solving, Creativity, Communications, Collaboration.
5. Ψυχοκινητικοί. Ο μαθητής κάνοντας ο ίδιος πειράματα αποκτά χειρωνακτικές δεξιότητες, κάτι μάλλον παραμελημένο στο σημερινό σχολείο στη Ελλάδα.

Οι παραπάνω στόχοι αλληλοεμπλέκονται: δεν μπορεί να απομονωθεί και να εξυπηρετηθεί ο κάθε ένας χωριστά. Η ταξινόμηση που επιχειρήθηκε εδώ έχει μόνο το νόημα της καταγραφής δυνατοτήτων και προτεραιοτήτων. Σημειώνουμε επίσης ότι προκειμένου να ικανοποιηθούν οι στόχοι αυτοί, πέρα από την εκτέλεση του πειράματος, ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στον παιδαγωγικό χειρισμό εκ μέρους του εκπαιδευτικού, όπως για παράδειγμα η διατύπωση κατάλληλων ερωτήσεων, ώστε να μη μείνει ο μαθητής μόνο στον εντυπωσιασμό που ενδεχομένως προκαλεί κάποιο πείραμα. Στο σημείο αυτό θα επανέλθουμε παρακάτω.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗΣ ΧΡΗΣΗΣ

Τι υλικά να χρησιμοποιήσει ο εκπαιδευτικός για να υποστηρίξει τη διδασκαλία του στην οποία τα πειράματα αποτελούν σημαντικό μέρος; Ειδικό εργαστηριακό εξοπλισμό, που βρίσκει κανείς σε καλά οργανωμένα εργαστήρια Φυσικών Επιστημών, ή υλικά καθημερινής χρήσης, που συναντά κανείς στο καθημερινό περιβάλλον του;

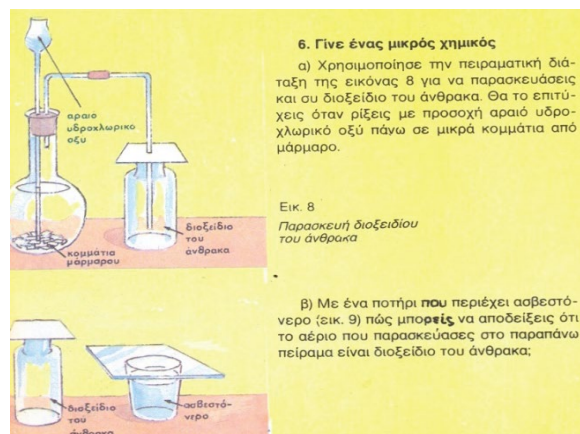
Επιχειρώντας να δώσουμε απάντηση, αξίζει να σκύψουμε πάνω από τις παρακάτω πιο συνηθισμένες απαντήσεις φοιτητών, υποψήφιων δασκάλων, στην ερώτηση: «Στα Δημοτικά σχολεία γίνονται, σε γενικές γραμμές, λίγα πειράματα. Σε ποιόν ή σε ποιους λόγους νομίζεις ότι οφείλεται αυτό;». Οι απαντήσεις αυτές ήταν (Κουμαράς, 2017):

1. Δεν υπάρχουν υλικά.
2. Δεν υπάρχουν κατάλληλοι χώροι (εργαστήρια).
3. Ενέχουν κινδύνους για τον δάσκαλο ή/και τους μαθητές.
4. Τα πειράματα δεν πετυχαίνουν.
5. Δεν μας έχει δοθεί η κατάλληλη εκπαίδευση.

Η διδακτική εμπειρία των συγγραφέων υποδεικνύει ότι τις ίδιες λίγο-πολύ απαντήσεις δίνουν και εν ενεργεία εκπαιδευτικοί τόσο της πρωτοβάθμιας όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Αντίστοιχα, η Χαλκιά (2008) καταγράφει την αντίληψη πολλών εκπαιδευτικών «που νομίζουν ότι στο μάθημα των Φ.Ε. θα πρέπει να

χρησιμοποιούν επιστημονικά όργανα ακριβείας, ή ειδικές συσκευές, και να πραγματοποιούν όλες τις επιστημονικές διερευνήσεις σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους (εργαστήρια)».

Γιατί οι εκπαιδευτικοί, τόσο οι υποψήφιοι όσο και οι εν ενεργεία, φαίνεται όχι μόνο να μην ξαφνιάζονται αλλά και να δικαιολογούν τη μικρή διείσδυση του πειράματος ως οργανικού μέρους της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών;



Εικόνα 1. Παρασκευή και ταυτοποίηση διοξειδίου του άνθρακα.

Ένα παράδειγμα από προτεινόμενο πείραμα σε παλαιότερο σχολικό βιβλίο μπορεί να μας βοηθήσει να απαντήσουμε στο ερώτημα αυτό. Το πείραμα Χημείας (Εικόνα 1) προέρχεται από το βιβλίο «Φυσικά ΣΤ΄ Τάξης», πρώτο μέρος, (Αλεξόπουλος κ.ά., 1997) ενώ παρόμοιο μπορεί να βρει κανείς και στο σημερινό βιβλίο (Αβραμιώτης κ.ά., 2013) ή σε παλιότερο της Χημείας Β΄ Γυμνασίου (Γεωργιάδου κ.ά., 2002).

Πόσο εύκολο είναι να πραγματοποιηθεί στο Δημοτικό Σχολείο το πείραμα αυτό; Τι προβλήματα μπορεί να προκύψουν; Θα μπορούσαμε να επικαλεστούμε τα εξής:

1. Απαιτούνται ειδικά υλικά: φιάλη Χημείας, γυάλινοι σωλήνες.
2. Απαιτείται εργαστήριο τόσο ως χώρος για την αποθήκευση των υλικών, καθώς σύμφωνα με όσα υπονοούνται από την εκφώνηση απαιτούνται πολλαπλές σειρές οργάνων, όσο και για την απαγωγή του εκλυόμενου αερίου υδροχλωρίου.
3. Τόσο τα γυάλινα σκεύη όσο επίσης το υδροχλωρικό οξύ και, κυρίως, το εκλυόμενο υδροχλώριο ενέχουν κινδύνους για τα παιδιά και τον εκπαιδευτικό (προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα).

Θεωρούμε ότι το πείραμα αυτό για τους παραπάνω λόγους δεν μπορεί πρακτικά να γίνει, τουλάχιστον στο Δημοτικό Σχολείο, ίσως και στο Γυμνάσιο ακόμη και στο Λύκειο. Και επειδή τα σχολικά εγχειρίδια βρίθουν από τέτοιου τύπου πειράματα δεν είναι να απορεί κανείς για την επιφυλακτική στάση των υποψήφιων αλλά και εν ενεργεία εκπαιδευτικών απέναντι στην πειραματική διδασκαλία.

Είναι όμως τα παραπάνω τα σημαντικότερα προβλήματα αυτού του πειράματος; Αν βρεθείς σε σχολείο που έχει όλα τα απαιτούμενα υλικά, ακόμη και εργαστήριο, είναι

το καταλληλότερο παιδαγωγικά πείραμα που θα μπορούσες να κάνεις για να παρασκευάσεις διοξείδιο του άνθρακα; Αποψη μας είναι ότι το πείραμα αυτό μπορεί να αντικατασταθεί από ένα απολύτως ασφαλές και παιδαγωγικά καταλληλότερο πείραμα στο οποίο χρησιμοποιούνται υλικά καθημερινής χρήσης ενώ συνδέεται επίσης με καταστάσεις της καθημερινής ζωής του μαθητή (Κουμαράς & Πιερράτος, 2022, σ. 357-361).

Άραγε αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει όλα τα πειράματα να χρησιμοποιούν υλικά καθημερινά υλικά αντί για ειδικό εργαστηριακό εξοπλισμό; Η απάντηση δεν μπορεί να είναι μονοσήμαντη: τα πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα της χρησιμοποίησης ενός υλικού στη διδακτική διαδικασία καθορίζονται από τους διδακτικούς στόχους που τίθενται. Θα μπορούσε, ωστόσο, κανείς να παραθέσει μία σειρά από πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης υλικών και καταστάσεων από την καθημερινή ζωή, στην υποχρεωτική κυρίως εκπαίδευση, όταν κυρίαρχος στόχος δεν είναι η ποσοτική επιβεβαίωση νόμων αλλά η επίγνωση των φαινομένων και η συσχέτιση όσων διδάσκονται στο σχολείο με την καθημερινή ζωή. Ακολουθούν τα σημαντικότερα από αυτά:

1. Η χρήση καθημερινών υλικών συντελεί στην εστίαση της προσοχής του μαθητή στο φαινόμενο και όχι στη συσκευή ή την περίπλοκη διάταξη που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση του πειράματος. Μια ειδικά κατασκευασμένη, άγνωστη στο μαθητή, συσκευή είναι δυνατόν να προσελκύσει την προσοχή και το ενδιαφέρον του, και η μελέτη του φαινομένου να περάσει σε δεύτερη μοίρα.
2. Έχει παρατηρηθεί (Κουμαράς, 1989· Σάββας, 1996) ότι οι μαθητές, βλέποντας στο εργαστήριο την έκβαση ενός πειράματος, πιστεύουν ότι αυτή οφείλεται στα χρησιμοποιούμενα ειδικά υλικά και ότι χωρίς αυτά, στην καθημερινή ζωή, δεν συμβαίνει το ίδιο ή κάτι αντίστοιχο. Με τη χρήση καθημερινών υλικών αποφεύγεται ο κίνδυνος να θεωρηθεί ότι ένα φαινόμενο, ειδικά αν αυτό είναι «παράξενο», προκαλείται ή οφείλεται στα χρησιμοποιούμενα υλικά. Ο μαθητής επικουρείται να συνδέσει τις Φυσικές Επιστήμες με την καθημερινή ζωή και να συσχετίσει την επιστήμη με το περιβάλλον του. Αυτό γίνεται με μεγαλύτερη επιτυχία αν τα πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης καταλήγουν ή αρχίζουν όπου είναι δυνατόν, με παρουσίαση αντίστοιχων καταστάσεων που αντιμετωπίζουν (ή χρησιμοποιούν) οι άνθρωποι στην καθημερινή τους ζωή. Από την άλλη μεριά, ειδικά όργανα τα οποία χρησιμοποιούνται μόνο στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών και δεν αποτελούν μέρος της καθημερινής εμπειρίας του μαθητή, συντελούν στην απομάκρυνση της επιστήμης που διδάσκεται στο σχολείο από τον πραγματικό καθημερινό κόσμο και στην απομόνωσή της (Χαλκιά, 1993· Harlen, 1992). Δεν είναι λογικό να υποθέτουμε ότι μπορούμε να βοηθήσουμε τα παιδιά να ερμηνεύσουν τον κόσμο της καθημερινής τους ζωής με όργανα παντελώς ξένα από αυτόν.
3. Η χρήση καθημερινών υλικών συντελεί στο να αφαιρεθεί ένα ποσοστό από το μυστήριο που περιβάλλει την επιστήμη, και συνεπώς οδηγεί στην απομυθοποίηση του ρόλου οργάνων και συσκευών. Δείχνει ότι η επιστήμη δεν

είναι κάτι το εξωτικό, το μακρινό και ιδιαίτερο αλλά μπορεί να σχετίζεται με αντικείμενα και κοινές εμπειρίες της καθημερινής ζωής (Κουμαράς, 1994', Χαλκιά, 1993' Munson, 1985' Woolnough & Allsop, 1985). Τα παραπάνω είναι πιθανό να οδηγήσουν τον μαθητή στην ανάπτυξη θετικής στάσης προς τις Φυσικές Επιστήμες.

4. Τα ειδικά σχεδιασμένα σύνθετα όργανα εισάγουν πρόσθετες δυσκολίες στη διδακτική διαδικασία, π.χ. προσπάθεια του διδάσκοντα να εξηγήσει τον τρόπο λειτουργίας των οργάνων, δυσκολίες χειρισμού κ.λπ. Τα σύνθετα ειδικά όργανα είναι πιθανό να αποτελούν τα ίδια αντικείμενο μάθησης και όχι μέσο για τη μάθηση.
5. Πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης προσφέρονται για να δοθεί στον μαθητή «δουλειά στο σπίτι» διαφορετική από τη συνηθισμένη: είναι δυνατό να ζητηθεί από τους μαθητές να κάνουν, ακολουθώντας δικές μας γραπτές οδηγίες, ακίνδυνα πειράματα με υλικά που θα βρουν στο σπίτι τους αντί να απαντούν σε ερωτήσεις ή να λύνουν κατασκευασμένα προβλήματα (Καρανίκας, 1993' Μπακάλη & Κουμαράς, 1997' Nicolson, 1980). Έτσι, πιθανά η ενασχόληση των μαθητών με τις Φυσικές Επιστήμες να μην είναι μια βαρετή σχολική εργασία αλλά μια ενδιαφέρουσα εμπειρία που μπορεί να συμβάλλει και στη νοητική τους ανάπτυξη.
6. Πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης, η επιστήμη καθημερινών αντικειμένων και η χρησιμοποίηση καταστάσεων από την καθημερινή ζωή, ενθαρρύνουν σημαντικά τους μαθητές από χαμηλότερα οικονομικά και κοινωνικά στρώματα καθώς και τους θεωρούμενους «κακούς» μαθητές να συμμετέχουν στο μάθημα (Χατζηπαύλου, 2016' Hodson & Prophet, 1983).
7. Η έρευνα έχει δείξει πως αν η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών βασίζεται κατά κύριο λόγο σε υλικά (και καταστάσεις) από τον κόσμο της καθημερινής ζωής παρέχεται ένα περιβάλλον μέσα στο οποίο μαθητές γλωσσικών μειονοτήτων μπορούν να ενεργοποιηθούν ιδιαίτερα. Αυτό συμβαίνει επειδή η διδασκαλία αυτή βασίζεται κατά κύριο λόγο σε υλικά και φαινόμενα που όλοι σχεδόν οι μαθητές έχουν δει ή βιώσει και θέλουν να μιλήσουν για αυτά (Michaels et al., 2008, σ. 3 και 103). Σε δράσεις με παιδιά από προσφυγικούς καταυλισμούς, υπήρξε η αρχική εντύπωση ότι «ένα πείραμα που ξαφνιάζει ή εντυπωσιάζει καταφέρνει να προσελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών ανεξάρτητα από τη δυσκολία στη γλωσσική επικοινωνία».
8. Στη διάρκεια των τελευταίων 40 περίπου ετών έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές έχουν διαμορφωμένες απόψεις για την ερμηνεία φαινομένων της καθημερινής ζωής, πριν από τη διδασκαλία του αντίστοιχου θέματος. Εάν στόχος μας είναι να οδηγήσουμε τους μαθητές να αμφισβητήσουν οι ίδιοι τις ερμηνείες τους για καθημερινά φαινόμενα, τότε υπάρχει ένας ακόμη λόγος για χρήση υλικών από την καθημερινή ζωή παρά ειδικών εργαστηριακών συσκευών. Αν το πείραμα γίνεται με υλικά γνωστά στο μαθητή το αποτέλεσμα έχει πολλές πιθανότητες – οπωσδήποτε περισσότερες από όσες το πείραμα που γίνεται με ειδικές συσκευές και όργανα– να προβληματίσει τον μαθητή, να του δημιουργήσει δυσαρέσκεια για τις προϋπάρχουσες απόψεις του και να τον προετοιμάσει να

οικοδομήσει τη νέα γνώση (Driver et al., 1993). Εργαστηριακά όργανα και ειδικές πειραματικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών και τα οποία ο μαθητής δεν θα συναντήσει ποτέ στη δική του καθημερινότητα, είναι απίθανο να βοηθήσουν τον μαθητή να συνδέσει τα διδασκόμενα στο μάθημα με την δική του καθημερινότητα.

Τα πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης, εκτός των πλεονεκτημάτων που έχουν για τους μαθητές, παρουσιάζουν πλεονεκτήματα για τους εκπαιδευτικούς, κυρίως της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης αλλά και για εκείνους της δευτεροβάθμιας, ειδικά όταν οι τελευταίοι καλούνται να διδάξουν μαθήματα που δεν είναι της κύριας ειδικότητάς τους, γιατί:

1. Τα απαιτούμενα υλικά, ως υλικά της καθημερινής τους ζωής, τους είναι γνωστά, «φιλικά» και δεν τους φοβίζουν από άποψη επικινδυνότητας. Οι εκπαιδευτικοί είναι εξοικειωμένοι με αυτά και δεν νοιώθουν να απειλούνται ούτε οι ίδιοι ούτε οι μαθητές τους.
2. Τα πειράματα αυτής της κατηγορίας έχουν για τους εκπαιδευτικούς το πλεονέκτημα της επιτυχούς εκτέλεσης. Αντίθετα, πειράματα με ειδικά υλικά έχουν περισσότερες πιθανότητες «αποτυχίας» και η προοπτική αυτή αποθαρρύνει τον διδάσκοντα.
3. Τα ειδικά σχεδιασμένα σύνθετα όργανα εισάγουν επιπλέον δυσκολίες τόσο στην εξοικείωση των εκπαιδευτικών με αυτά όσο και στον χειρισμό και την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των οργάνων.
4. Δεν απαιτείται ειδικός χώρος για την εκτέλεση των πειραμάτων, καθώς τα πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης μπορούν να γίνονται στην αίθουσα διδασκαλίας, με μικρές ή και καθόλου τροποποιήσεις της αίθουσας (Κουμαράς, 2017, σ. 136).

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό που δίνει προστιθέμενη αξία στη χρήση των υλικών από τον κόσμο της καθημερινής ζωής: τα υλικά αυτά δεν προσφέρονται μόνο για συζήτηση και ερμηνεία φαινομένων και ως εκ τούτου για την εισαγωγή εννοιών, νόμων, κ.λπ. Προσφέρονται και για τη διεξαγωγή ερευνών με ερωτήματα που θα μπορούσαν να είναι πραγματικά ερωτήματα της καθημερινής ζωής όπως π.χ. πάω εκδρομή, τι να κάνω για να διατηρηθεί κρύο το νερό στο μπουκάλι; Ή πού μπορώ να βάλω τον καφέ μου για να διατηρηθεί ζεστός κ.λπ. Η χρήση τέτοιου είδους υλικών βοηθά τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν ότι στην καθημερινή τους ζωή μπορεί να προκύψουν ερωτήματα προς διερεύνηση, τα οποία θα πρέπει να είναι σε θέση να διερευνούν χρησιμοποιώντας υπάρχοντα υλικά (Χαλκιά, 2008).

ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΖΩΗ

Όπως κάθε άνθρωπος έτσι και το παιδί, συνειδητά ή όχι, διαρκώς παρατηρεί και αναζητεί ερμηνείες όσων συμβαίνουν γύρω του. Η δεξιότητα παρατήρησης και η δυνατότητα εξαγωγής λογικού συμπεράσματος είναι ίσως ευκολότερο, και σίγουρα πιο χρήσιμο, να καλλιεργηθούν στα παιδιά εκθέτοντάς τους σε αυθεντικές καταστάσεις της

καθημερινής ζωής και όχι μόνο σε ελεγχόμενες καταστάσεις του κόσμου του εργαστηρίου. Γενικότερα οι δεξιότητες και ικανότητες που μπορεί να καλλιεργήσει ένα πείραμα, όπως ο σχεδιασμός, η εκτέλεση, η συλλογή δεδομένων, ο έλεγχος της ερμηνείας κ.λπ., υποστηρίζεται ότι είναι καλύτερα να καλλιεργούνται με την αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με τον κόσμο της καθημερινής ζωής παρά με τον τυπικό κόσμο της επιστήμης: πράγματι, έρευνες δείχνουν ότι δεξιότητες/ικανότητες που καλλιεργούνται στον κόσμο του εργαστηρίου δεν μεταφέρονται από τον μαθητή στον καθημερινό του κόσμο (Unesco, 1988) κι επομένως έχουν αμελητέα παιδαγωγική αξία.

Η χρησιμοποίηση καταστάσεων από την καθημερινή ζωή είναι ένας άλλος τρόπος, πέρα από τα πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης, για να συνδεθεί η ακαδημαϊκή γνώση με την πραγματικότητα του παιδιού: ο μαθητής εκτίθεται σε μια κατάσταση από την καθημερινή ζωή με στόχο να του δημιουργηθεί μια απορία, π.χ. «πώς λειτουργεί» ή «γιατί συμπεριφέρεται έτσι», και στη συνέχεια εμψυχώνεται να εμπλακεί στην αναζήτηση απαντήσεων. Έτσι η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έρχεται να ερμηνεύσει τον κόσμο στον οποίο ζει το παιδί και να συνδέσει όσα διδάσκεται στο σχολείο με τον κόσμο γύρω του. Η επικέντρωση της διδασκαλίας σε τέτοια προβλήματα κεντρίζει το ενδιαφέρον του παιδιού, κάνει το μάθημα ελκυστικό, ακόμη και συναρπαστικό (Unesco, 1988).

Προσέξτε ότι με τον τρόπο αυτό η απορία για το φαινόμενο προηγείται και η ερμηνεία ακολουθεί. Αυτή είναι μια συνηθισμένη διαδικασία άτυπης μάθησης που συμβαίνει διαρκώς εκτός σχολικού περιβάλλοντος: στην καθημερινή μου ζωή βλέπω κάτι, μου γεννιέται μια απορία και αναζητώ την απάντηση. Η απάντηση έχει νόημα και ενδιαφέρον για μένα και γι' αυτό την αναζητώ. Η διαδικασία αυτή είναι καταφανώς σε αντιδιαστολή με ό,τι συμβαίνει συνήθως στη σχολική τάξη: εκεί η επίκληση στην καθημερινή εμπειρία γίνεται, αν γίνεται, στο τέλος του μαθήματος ως εφαρμογή όσων διδάχτηκαν. Ας δώσουμε στο σημείο αυτό ένα ενδεικτικό παράδειγμα για να γίνει πιο κατανοητή η θέση μας.



Εικόνα 2. Το μπροστινό μέρος ενός ασθενοφόρου. Υπάρχει κάτι που σου κάνει εντύπωση;

Ζητάμε από τους μαθητές να θυμηθούν την τελευταία φορά που συνάντησαν ένα ασθενοφόρο: Παρατήρησαν κάτι που τους έκανε εντύπωση; Για να κατευθύνουμε τη συζήτηση κατά το δοκούν, προβάλλουμε μία φωτογραφία όπως αυτή της Εικόνας 2. Εκμαιεύουμε την εύλογη απορία: Γιατί η λέξη ΑΣΘΕΝΟΦΟΡΟ ή AMBULANCE είναι γραμμένη «ανάποδα»;

Δίνουμε καθρέφτες στα παιδιά και τους ζητάμε να παρατηρήσουν τη φωτογραφία του ασθενοφόρου μέσα από αυτούς. Πώς φαίνεται τώρα η λέξη ΑΣΘΕΝΟΦΟΡΟ ή AMBULANCE; Άρα, μπορούμε να υποθέσουμε γιατί η λέξη είναι γραμμένη ανάποδα; Για ποιον καθρέφτη έχει γραφεί ώστε να διαβάζεται σωστά;

Η διδακτική αυτή προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη του φαινομένου ανάκλαση.

Τα παράδειγμα αυτό αφορά σε κεφάλαια που συναντώνται στα σχολικά βιβλία της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, τα οποία, στην μέχρι σήμερα μορφή τους, δεν είναι ιδιαίτερα προσανατολισμένα στην παρατήρηση και στην ερμηνεία του γύρω μας κόσμου. Κι όμως, ένας τέτοιος στόχος της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες θα μπορούσε να κάνει τον κόσμο στον οποίο ζει ο μαθητής καλύτερα αντιληπτό ώστε να μπορεί να τον εκτιμά και να τον απολαμβάνει. Εναπόκειται επομένως στον εκπαιδευτικό, ώστε ακόμη και με τα σημερινά σχολικά βιβλία και τη διδακτέα ύλη που περιέχουν, να φέρει σε επαφή τους μαθητές του με τον «κόσμο εκεί έξω». Ένας τρόπος για να γίνει αυτό είναι να οργανωθεί μια βόλτα με τους μαθητές π.χ. στη γειτονιά σε μια οικοδομή που χτίζεται (πώς ελέγχεται η οριζοντιότητα των καλουπιών για τα τσιμεντένια δάπεδα ή τις ταράτσες), στον δρόμο (γιατί η τροχαία χρησιμοποιεί σηματοδότες κωνικού σχήματος), στη χιονισμένη γειτονιά (γιατί λειώνει νωρίτερα το χιόνι πάνω στα φρεάτια υπονόμων παρά στο έδαφος, γύρω ή πέρα από αυτά, γιατί στα κεραμίδια κάποιων μονοκατοικιών το χιόνι έχει λειώσει ενώ σε άλλες όχι, ποιες από αυτές κατοικούνται, γιατί ρίχνουν αλάτι στους χιονισμένους δρόμους), στην παιδική χαρά (τι «κερδίζουν» τα παιδιά όταν σηκώνονται όρθια πάνω στην κούνια), στο Λούνα Παρκ (πώς κάνει ανακύκλωση το τρενάκι), στο λιμάνι (γιατί «κάθεται» ένα φεριμπότ όταν φορτώνει) (Βουρλιάς, 2016· Κεραμιδάς & Κουμαράς, 2008· Κουμαράς, 2002· Escobar, 1994).

Ίσως έτσι σταματήσει η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών να είναι απλά διδασκαλία λέξεων, όπως πολλές φορές γίνεται, μάλλον από αδυναμία μας. Επιπλέον, ίσως έτσι σταματήσουμε ως δάσκαλοι να δίνουμε βαρύτητα μόνο στην αναζήτηση απαντήσεων και να διδάξουμε στα παιδιά να παρατηρούν τον κόσμο γύρω τους, να αναρωτιούνται και κατόπιν να αναζητούν απαντήσεις.

ΚΡΙΣΙΜΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Από τη δεκαετία του 1980 έχει καταγραφεί ότι οι μαθητές έχουν διαμορφωμένες απόψεις για την ερμηνεία φαινομένων της καθημερινής ζωής πριν από τη διδασκαλία του αντίστοιχου κεφαλαίου στο σχολείο. Οι απόψεις αυτές διατηρούνται στην διάρκεια

της εκπαίδευσης αναλλοίωτες ή μερικά μόνο τροποποιημένες, και επηρεάζουν όχι μόνο την ερμηνεία των παρατηρήσεών τους, αλλά είναι δυνατόν ακόμη να επηρεάσουν και τις ίδιες τους τις παρατηρήσεις (Κουμαράς, 1989). Οι αρχικές απόψεις του μαθητή, γνωστές στη βιβλιογραφία ως ιδέες μαθητών ή εναλλακτικές απόψεις, θεωρούνται καθοριστικός παράγοντας για την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας (Driver et al., 1993; Driver et al., 1998). Είναι βέβαια δυνατόν οι απόψεις των μαθητών να είναι προς την κατεύθυνση της επιθυμητής γνώσης και, κατάλληλα διαχειριζόμενες, να αξιοποιηθούν για την κατάκτηση αυτής της γνώσης από τους μαθητές. Στην περίπτωση αυτή μιλάμε για επαύξηση της γνωστικής δομής των μαθητών, δηλαδή απλά για προσθήκη νέων στοιχείων στην ήδη υπάρχουσα γνωστική δομή τους χωρίς να δημιουργούνται ουσιώδεις αλλαγές στο υπάρχον νοητικό τους σχήμα. Τις περισσότερες φορές, όμως, οι απόψεις των μαθητών χρειάζεται να τροποποιηθούν. Η τροποποίηση αυτή μπορεί να γίνει, υπό την επίδραση μιας καινούργιας εμπειρίας, με την εναρμόνιση και την αναδιοργάνωση. Κατά την εναρμόνιση έχουμε την εξέλιξη των υπάρχοντων νοητικών σχημάτων έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στα καινούργια δεδομένα. Πιο βαθιά αλλαγή των ιδεών των μαθητών γίνεται στην περίπτωση της αναδιοργάνωσης οπότε αλλάζουν δομή και περιεχόμενο τα νοητικά σχήματα των μαθητών. Στη θέση των αρχικών δημιουργούνται νέα νοητικά σχήματα με τη βοήθεια των οποίων ερμηνεύονται εμπειρίες που δεν μπορούσαν να ερμηνευτούν με τα αρχικά είτε επανερμηνεύονται παλαιότερες εμπειρίες.

Η πραγματοποίηση πειραμάτων θα μπορούσε να διευκολύνει την κατάκτηση γνώσης τόσο στην περίπτωση της επαύξησης της γνωστικής βάσης του μαθητή όσο και της εναρμόνισης (Καριώτογλου κ.ά, 1997). Στην περίπτωση, όμως, της αναδιοργάνωσης είναι απαραίτητο το πείραμα να συνοδεύεται και από συζήτηση. Στην περίπτωση αυτή το πείραμα απλά δίνει την αναγκαία εμπειρία για την υποστήριξη της συζήτησης. Από ερευνητές του χώρου της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών υποστηρίζεται ότι είναι σημαντικό, πριν από τη διδασκαλία της νέας γνώσης, ο μαθητής να έχει την ευκαιρία να διατυπώσει τη δική του άποψη (όταν υπάρχει), να συνειδητοποιήσει (βλέποντας το αποτέλεσμα κατάλληλα σχεδιασμένου πειράματος) την ανεπάρκεια της άποψής του, να δυσαρεστηθεί με αυτή και μετά να διδαχτεί την καινούργια, η οποία να του παρουσιαστεί έτσι ώστε να είναι κατανοητή και εύλογη. Επιπλέον προτείνεται η σύγκριση της αρχικής άποψης του μαθητή με την επιστημονική, αυτήν που διδάχτηκε. Στόχος αυτής της σύγκρισης είναι να αντιληφθεί ο μαθητής ότι η άποψη που διδάχτηκε μπορεί να ερμηνεύσει φαινόμενα που δεν μπορούσε να ερμηνεύσει ο ίδιος με την αρχική του άποψη. Τα πειράματα που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να προκαλέσουν τη δυσαρέσκεια του μαθητή με την αρχική του άποψη, ονομάζονται κρίσιμα πειράματα.

Παλαιότερα, στον σχεδιασμό πειραμάτων λαμβανόταν υπόψη μόνο η επιστημονική γνώση που θέλαμε να διδαχθεί. Πλέον, σημαντικός παράγοντας για τον σχεδιασμό κρίσιμων πειραμάτων είναι και η γνωστική αφετηρία του μαθητή. Έτσι, παλαιότερα θα θεωρούνταν απλά λάθος εκ μέρους του μαθητή να συνδέσει το βολτόμετρο σε σειρά σε ένα κύκλωμα, το οποίο θα υποδείκνυε κενά στην επιστημονική του γνώση. Πλέον, ο λανθασμένος αυτός τρόπος σύνδεσης υποδεικνύει τον αρχικό τρόπο σκέψης του μαθητή και μπορεί να αξιοποιηθεί διδακτικά για να αναδειχθεί η διαφοροποίηση των

εννοιών ρεύμα-τάση (Κουμαράς, 1989· Parisi et al., 2007). Αντίστοιχα, λαμβάνοντας υπόψη αφενός τις αρχικές ιδέες των μαθητών, όπως έχουν καταγραφεί σε πολλές έρευνες, και αφετέρου τον αιτιακό συλλογισμό που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να προβλέπουν την εξέλιξη ενός πειράματος ή να το ερμηνεύουν εκ των υστέρων (Κουμαράς, 2015· Πιερράτος κ.ά., 2019), μπορούν να σχεδιάζονται κρίσιμα πειράματα με μεγάλη παιδαγωγική αξία. Ενδεικτικά, για παράδειγμα, ένα τέτοιο πείραμα αφορά τη σύγκριση των χρόνων λειτουργίας ενός ηλεκτρικού κυκλώματος μπαταρίας-λάμπας και ενός που περιλαμβάνει μια ίδια μπαταρία και δυο (ίδιες) λάμπες στη σειρά. Η πλειονότητα των μαθητών θεωρεί ότι μία λάμπα είναι καταναλωτής ηλεκτρικού ρεύματος, και μεγαλύτερος αριθμός από αυτές θα οδηγεί σε μεγαλύτερη κατανάλωση. Έτσι, μέσα από το αντίστοιχο πείραμα, οι μαθητές αιφνιδιάζονται όταν διαπιστώνουν ότι οι δύο λάμπες, συνδεδεμένες σε σειρά, απαιτούν για τη λειτουργία τους μικρότερο ποσό ενέργειας από ό,τι μια λάμπα, για το ίδιο χρονικό διάστημα.

Για να γίνουν σαφέστερα τα παραπάνω ας δώσουμε ένα ακόμη αναλυτικό παράδειγμα.

Πώς πίνουμε νερό με ένα καλαμάκι

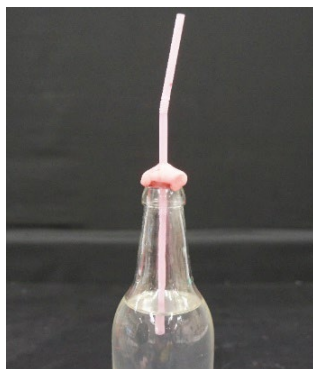
Η επιστημονική άποψη

Ρουφάμε μέρος του αέρα από το βυθισμένο στο νερό καλαμάκι. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η πίεση μέσα στο καλαμάκι να γίνει μικρότερη από την ατμοσφαιρική πίεση, που υπάρχει στον περιβάλλοντα χώρο. Η διαφορά μεταξύ της πίεσης που υπάρχει μέσα στο καλαμάκι από αυτήν που υπάρχει στον περιβάλλοντα χώρο έχει ως αποτέλεσμα την άσκηση δύναμης που οδηγεί το υγρό στο στόμα μας.

Η άποψη των μαθητών

Θεωρούν ότι πίνουμε γιατί ρουφάμε, έτσι η δύναμη που οδηγεί το υγρό στο στόμα μας δεν προέρχεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα, αλλά απλά από το ρούφηγμα. Οι μαθητές αποδίδουν την κίνηση του υγρού στην ισχύ της αναρρόφησης και δεν θεωρούν ότι η ροή του υγρού είναι συνέπεια της διαφοράς πιέσεων μέσα κι έξω από το καλαμάκι. Η άποψη αυτή παραμένει ισχυρή στους μαθητές και μετά τη διδασκαλία.

Προτεινόμενο πείραμα



Εικόνα 3. Κλείσε τον λαιμό του μπουκαλιού με πλαστελίνη.

Πάρε ένα καθαρό, γυάλινο μπουκάλι όγκου 0,5 L, ένα καλαμάκι, καθαρό πόσιμο νερό, πλαστελίνη. Γέμισε το μπουκάλι με καθαρό νερό, τοποθέτησε σε αυτό ένα καλαμάκι και ζήτησε από έναν μαθητή σου να προσπαθήσει να πει νερό ρουφώντας συνεχώς, χωρίς δηλαδή να πάρει δεύτερη ανάσα. Κατόπιν, γέμισε πάλι το μπουκάλι με καθαρό, πόσιμο νερό, τοποθέτησε σε αυτό ένα καλαμάκι και κλείσε το στόμιο του μπουκαλιού γύρω από το καλαμάκι, αεροστεγώς με πλαστελίνη, η οποία περιβάλλει το καλαμάκι που εξακολουθεί να φτάνει μέσα στο νερό, Εικόνα 3. Ζήτησε από τον ίδιο μαθητή να προσπαθήσει να πει νερό, ρουφώντας και πάλι συνεχώς, χωρίς να πάρει δεύτερη ανάσα. Θα δεις ότι μετά την τοποθέτηση της πλαστελίνης, ο μαθητής πίνει στην αρχή λίγο νερό και στη συνέχεια δεν μπορεί να πει παρόλο που ρουφάει.

ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΤΑΞΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ

Η εκτόξευση του Σπούτνικ, στις 4 Οκτωβρίου 1957, από τη Σοβιετική Ένωση προκάλεσε στις αρχές της δεκαετίας του 1960 στη Δύση, και κυρίως στις ΗΠΑ και στη Μεγάλη Βρετανία, μεγάλες αλλαγές στα προγράμματα σπουδών Φυσικών Επιστημών. Στόχος των προγραμμάτων που προέκυψαν ήταν η παραγωγή επιστημόνων και μηχανικών, αναγκαίων για την επιθυμητή παγκόσμια κυριαρχία, κι έτσι τα σχολικά εργαστήρια Φυσικών Επιστημών βρέθηκαν στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος. Θεωρήθηκε ότι τα παιδιά με το να κάνουν πειράματα σε μικρές ομάδες, ακολουθώντας οδηγίες, θα έφταναν στη γνώση εφαρμόζοντας την «καθοδηγούμενη ανακάλυψη». Το σύνθημα που κυριάρχησε ήταν μια παροιμία που αποδίδεται στον Κομοφούκιο: «ακούω και ξεχνώ, βλέπω και θυμάμαι, κάνω και καταλαβαίνω».

Η λογική αυτή του 1960 αμφισβητήθηκε όταν πλήθος ερευνών κατά τη δεκαετία 1975-1985 έδειξαν ότι κι αν ακόμη τα παιδιά κάνουν πειράματα δεν είναι σίγουρο ότι θα φτάσουν οπωσδήποτε στην επιθυμητή γνώση (Κουμαράς, 1989, σ. 14-15· Michaels et al., 2008, σ. 41). Το να εκτεθεί κάποιος σε νέες πληροφορίες, δεν συνεπάγεται ότι τις κατανοεί κιάλας ή ότι τις ερμηνεύει κατά τον επιθυμητό τρόπο. Αδιαμφισβήτητα, η διδακτική αποτελεσματικότητα του πειράματος εξαρτάται από τις ειδικές απαιτήσεις του κάθε μαθήματος: εύκολα μπορεί να φτάσουν τα παιδιά π.χ. στη γνώση ποια υλικά έλκουν οι μαγνήτες αλλά πολύ δυσκολότερα στη γνώση ότι το ηλεκτρικό ρεύμα δεν καταναλώνεται, παρότι βλέπουν ένα αμπερόμετρο να έχει την ίδια ένδειξη παντού, κατά μήκος του κυκλώματος (Psillos et al., 1987). Για να υπάρξει, ωστόσο, κατανόηση απαιτείται μια βαθύτερη αναδιοργάνωση της νεοεισερχόμενης πληροφορίας, κάτι που προϋποθέτει την οργανωμένη συζήτηση στην τάξη.

Έτσι, σταδιακά, σε διεθνές επίπεδο, η άποψη του 1960 έχει πλέον εγκαταλειφθεί στα σημερινά προγράμματα σπουδών όπου θεωρείται ότι:

«Η διδασκαλία και η μάθηση των Φυσικών Επιστημών δεν προϋποθέτει απλώς την ενδιαφέρουσα εκτέλεση πειραμάτων με την ελπίδα ότι οι μαθητές με κάποιον τρόπο, από μόνοι τους, θα ανακαλύψουν τις βασικές έννοιες από τα αποτελέσματα των πειραμάτων αυτών. Η αποτελεσματική διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών

Επιστημών θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει την επικοινωνία και τη συνεργασία» (Michaels et al., 2008, σ. 87).

Παρόλα αυτά, στη χώρα μας, όπου ουσιαστικά η οργανωμένη διδασκαλία με χρήση πειραμάτων ποτέ δεν δοκιμάστηκε, υπάρχει ακόμη και σήμερα κυρίαρχη η άποψη ότι ένα μάθημα είναι πετυχημένο αν απλά και μόνο τα παιδιά χειρίζονται υλικά όντας οργανωμένα σε μικρές ομάδες. Αυτό μοιάζει να είναι ένας μύθος όπως αυτοί που καταγράφονται από το National Research Council (2000, σ. 52, 232) ως μύθοι και παρανοήσεις των εκπαιδευτικών ανά τον κόσμο, όπως π.χ. ότι «η ενεργός συμμετοχή των μαθητών σε πρακτικές δραστηριότητες αρκεί για να εξασφαλίσει ότι λαμβάνει χώρα διερευνητική διδασκαλία και μάθηση».

Μολονότι δεν μπορεί κανείς να αρνηθεί τη σπουδαιότητα της εργασίας σε μικρές ομάδες μαθητών καλό είναι να έχει υπόψη του ότι σύμφωνα με την έρευνα: α) η εργασία σε μικρές ομάδες απαιτεί πολύ διδακτικό χρόνο ενώ συνήθως εμφανίζονται οργανωτικά προβλήματα στην τάξη, όταν οι μαθητές δεν έχουν εκπαιδευτεί σε αυτήν, και β) τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι συνήθως μικρότερα των προσδοκιών του εκπαιδευτικού. Αυτά τα δύο είναι πιθανό να οδηγήσουν τον εκπαιδευτικό σε απογοήτευση και εγκατάλειψη της προσπάθειας. Μία λύση θα μπορούσε να είναι όλη η τάξη να εργάζεται ως μια ομάδα ενώ ο δάσκαλος χειρίζεται τα υλικά και συντονίζει τη συζήτηση (Michaels et al., 2008, σ. 73-75). Στην περίπτωση αυτή η χρήση των υλικών από τον δάσκαλο δεν είναι μία λύση ανάγκης, επειδή δεν υπάρχουν υλικά σε πολλαπλότητα για να καλύψουν τις ανάγκες της εργασίας σε μικρές ομάδες ή ενέχει κινδύνους ο χειρισμός τους από τα παιδιά. Είναι μία παιδαγωγική επιλογή, η οποία μπορεί να έχει πολλά διδακτικά οφέλη, εφόσον ακολουθήσει τις επιταγές της «ανακαλυπτικής επίδειξης».

Τονίζεται ότι ο όρος «επίδειξη» δεν χρησιμοποιείται με την κλασική έννοια που συνήθως του αποδίδεται, δηλαδή ότι ο δάσκαλος χειρίζεται μεν τα υλικά όχι, όμως, για να εξηγήσει αυτά που λέει, για να «επιβεβαιώνει» τη θεωρία (να «πείσει») ή για να δείξει εφαρμογές των όσων δίδαξε (μεταφορά της γνώσης). Ο όρος «επίδειξη» χρησιμοποιείται εδώ με την έννοια ότι: Ο δάσκαλος χειρίζεται τα υλικά, αλλά έτσι ώστε να ευνοήσει την αλληλεπίδρασή τους με τα παιδιά, μολονότι αυτή δεν συμβαίνει κατ' ανάγκη χειρωνακτικά. Η διαδικασία αλληλεπίδρασης συνιστάται στην καθοδηγούμενη, με κατάλληλες ερωτήσεις από τον δάσκαλο, παρατήρηση των υλικών, εύρεση και διατύπωση σχέσεων μεταξύ στοιχείων των υλικών ή σχετικών με αυτά εννοιών, διατύπωση πρόβλεψης, εξαγωγή συμπερασμάτων κ.ά. Δεν «δουλεύουν τα χέρια των μαθητών», αλλά μέσα από τις κατάλληλες ερωτήσεις που κάνει ο δάσκαλος επιχειρεί να «ενεργοποιήσει το μυαλό των μαθητών», βοηθώντας τους και για να οικοδομήσουν τη γνώση αλλά και για να καλλιεργήσουν ικανότητες.

Έτσι, κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής της ανακαλυπτικής επίδειξης, ο δάσκαλος, αφού έχει εξασφαλίσει ότι όλοι οι μαθητές μπορούν από τη θέση τους να βλέπουν αυτά που επιδεικνύονται, ζητάει από τους μαθητές: α) να παρατηρήσουν και να πουν τι παρατηρούν β) να συγκρίνουν και να εκφράσουν το αποτέλεσμα της σύγκρισης γ) να προβλέψουν και να διατυπώσουν τρόπους ελέγχου της πρόβλεψης δ) να ερμηνεύσουν

τα παρατηρούμενα. Σε περίπτωση που υπάρχουν διαφορετικές προβλέψεις (ή ερμηνείες) ο δάσκαλος φροντίζει για την ομαδοποίησή τους και προκαλεί συζήτηση μεταξύ εκπροσώπων διαφόρων απόψεων, με στόχο κάθε μαθητής να συνειδητοποιήσει την άποψή του και να ενδιαφερθεί για το αποτέλεσμα της δραστηριότητας που θα ακολουθήσει. Τέλος, βοηθά ενεργά στη διατύπωση συμπερασμάτων, στον έλεγχό τους και ανακεφαλαιώνει τα ευρήματα.

Η ανακαλυπτική επίδειξη είναι στην κατεύθυνση του διερευνητικού μοντέλου διδασκαλίας και μάθησης και θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα αναγκαίο βήμα εκπαίδευσης των παιδιών για να μάθουν να δουλεύουν σε ομάδες. Αν και γενικά ο χειρισμός των υλικών στην ανακαλυπτική επίδειξη γίνεται από τον δάσκαλο, μπορεί εναλλακτικά τα υλικά να χειρίζονται από διαφορετικό μαθητή κάθε φορά. Τονίζεται, ωστόσο, ότι αυτό δεν είναι το κρίσιμο σημείο σε ό,τι αφορά την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας, αλλά η συζήτηση στην τάξη και οι ικανότητες που αυτή καλλιεργεί. Η εμπειρία δείχνει ότι ο χειρισμός των υλικών, αν αφορά κάτι που εντυπωσίασε τους μαθητές, θα γίνει από τους ίδιους και εκτός μαθήματος, απλά για να το δείξουν σε άλλους. Σε αυτό βοηθά τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα πειράματα να είναι υλικά από τον κόσμο της καθημερινής ζωής, διότι έτσι είναι εύκολο να βρεθούν από τα παιδιά.

ΙΔΕΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Η εμπειρία όλων μας, τόσο ως μαθητές/φοιτητές όσο και ως δάσκαλοι, οδηγεί στο ότι οι μαθητές (όλων των ηλικιών) μελετούν οδηγούμενοι από τα θέματα των εξετάσεων: ισχύει το «διαβάζεται ότι αξιολογείται». Οι μαθητές πολύ σύντομα πληροφορούνται τι αξιολογείται στο μάθημα που παρακολουθούν και ασχολούνται κυρίως με αυτό, μια και αυτό «αμείβεται». Ο δάσκαλος, ανάλογα με το είδος των θεμάτων που χρησιμοποιεί, μπορεί ακόμη και να αναιρέσει τους σκοπούς ενός αναλυτικού προγράμματος, όπως βέβαια μπορεί και να τους ενισχύσει:

«Ο διδάσκων μπορεί πάντοτε να αναιρέσει το σκοπό του προγράμματος με τη στάση του, με τα αρνητικά σχόλιά του και κυρίως, με την επιλογή των θεμάτων στις εξετάσεις. Η πραγματική αξία του πνευματικού περιεχομένου ενός μαθήματος δεν προσδιορίζεται από το είδος των εγχειριδίων, αλλά από το είδος των εξετάσεων» (Arons 1992, σ. 478).

Σε συμφωνία με τα παραπάνω, αν ο δάσκαλος χρησιμοποιεί στη διδασκαλία του πειράματα με χρήση υλικών καθημερινής χρήσης και καταστάσεις από την καθημερινή ζωή αλλά τα θέματα των εξετάσεών του απαντώνται με τη γνώση τύπων και ορισμών του βιβλίου, οι μαθητές, πολύ σύντομα, θα ασχολούνται τελικά μόνο με αυτά. Τα πειράματα θα είναι κάτι μάλλον ευχάριστο αλλά που δεν αξιολογείται.

Στη συνέχεια της ενότητας αυτής δίνονται παραδείγματα θεμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αξιολόγηση, είτε με στόχους διαγνωστικούς (διαμορφωτικούς) είτε με στόχος αθροιστικούς (τυπική αξιολόγηση) (Κουμαράς, 2017, σ. 271-272). Τόσο η εμπειρία μας όσο και η έρευνά μας έχουν δείξει ότι αντίστοιχα θέματα προκαλούν το

ενδιαφέρον των παιδιών για τις Φυσικές Επιστήμες και επιπλέον συντελούν στο να δημιουργήσουν μια θετική εικόνα για αυτές.

Παράδειγμα 1ο

Δώσε στα παιδιά ένα φύλλο με οδηγίες τις οποίες θα ακολουθήσουν για να κάνουν ένα πείραμα στο σπίτι, σε ομάδες των δυο ή τριών. Φρόντισε το πείραμα να γίνεται με υλικά που υπάρχουν σε κάθε σπίτι. Ζήτησε να το βιντεοσκοπήσουν με κάποιο κινητό τηλέφωνο και να το παρουσιάσουν στην τάξη. Εφόσον το πείραμα καλύπτει ύλη που έχεις διδάξει, ζήτησε να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματά του.

Παράδειγμα 2ο

Δώσε στα παιδιά ένα πρόβλημα και ζήτησε από αυτά να σχεδιάσουν ένα πείραμα/ή μια διάταξη για να το επιλύσουν και να παρουσιάσουν την ιδέα τους στο επόμενο μάθημα. Αν το πείραμα που σχεδίασαν απαιτεί υλικά που δεν έχουν στο σπίτι μπορείς να τους τα δώσεις για να ελέγξουν το κατά πόσο το πείραμα που σχεδίασαν δουλεύει. Για παράδειγμα, μετά από μάθημα για την αγωγιμότητα των υγρών, δώσε στους μαθητές σου το παρακάτω πρόβλημα:

Ένα πρωινό ένας σωλήνας της ύδρευσης, που περνούσε κάτω από το ταβάνι του υπογείου, άρχισε να στάζει. Ο πατέρας της Γεωργίας ειδοποίησε τον υδραυλικό και κανόνισαν ραντεβού για το βράδυ. Ο πατέρας της Γεωργίας τοποθέτησε έναν κουβά κάτω από τη διαρροή, ζήτησε από τη Γεωργία όταν ο κουβάς γεμίζει να τον αδειάζει και έφυγε για τη δουλειά του. Η Γεωργία κουράστηκε να ανεβοκατεβαίνει από το δωμάτιό της στο υπόγειο για να ελέγχει κάθε τόσο αν έχει γεμίσει ο κουβάς. Από το μυαλό της πέρασε ένα πείραμα που είχαν κάνει στην τάξη της. Επειδή την είχε εντυπωσιάσει είχε ζητήσει από τον πατέρα της να αγοράσει τα απαιτούμενα υλικά. Όταν γύρισε ο πατέρας της, του έδειξε περιχαρής τι είχε κάνει και είχε καταφέρει να κάθεται στο δωμάτιό της και να κατεβαίνει στο υπόγειο μόνο όταν ο κουβάς γέμιζε. Μπορείς να φανταστείς και να περιγράψεις τι είχε κάνει η Γεωργία;

Παράδειγμα 3ο

Ζήτησε από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τις γνώσεις τους: α) για να ερμηνεύσουν καταστάσεις που μπορούν να παρουσιαστούν στην καθημερινή τους ζωή (έτσι πέραν των άλλων θα ωθηθούν και να παρατηρούν τι συμβαίνει γύρω τους), β) να σχετίζουν τις γνώσεις τους με κάτι που διάβασαν σε ένα λογοτεχνικό βιβλίο, γ) να λύσουν (ή να φτιάξουν) ένα αστυνομικό πρόβλημα όπου ο ένοχος αποκαλύπτεται γιατί ισχυρίζεται ότι είδε κάτι που δεν είναι σε συμφωνία με βασικές γνώσεις Φυσικών Επιστημών κ.λπ. Τα παραπάνω συντελούν στη δημιουργία ενδιαφέροντος στα παιδιά για τις Φυσικές Επιστήμες και επιδεικνύουν ότι αυτές δεν εξαντλούνται σε ορισμούς, νόμους, τύπους και λύση μαθηματικοποιημένων προβλημάτων.

Για παράδειγμα, μετά από τη διδασκαλία της διαστολής των υγρών μπορείς να δώσεις ένα πρόβλημα όπως το εξής: Στο σπίτι της Γεωργίας η δεξαμενή πετρελαίου για το

καλοριφέρ τους είναι τοποθετημένη σε μια μικρή αποθήκη στην ταράτσα του σπιτιού τους. Τον Απρίλιο ο πατέρας της γέμισε τη δεξαμενή με πετρέλαιο. Ο καιρός όμως ζέστανε και δεν άναψαν ξανά το καλοριφέρ. Κάποια στιγμή τον Ιούλιο η Γεωργία ανέβηκε στην αποθήκη της ταράτσας αναζητώντας ένα παιχνίδι της. Η ζέστη μέσα στην αποθήκη ήταν αποπνικτική. Αυτό δεν την παραξένεψε, ήταν συνηθισμένο για την αποθήκη τους το καλοκαίρι. Εκείνο όμως που την παραξένεψε ήταν ότι το δάπεδο της αποθήκης φαινόταν βρεγμένο ενώ η αποθήκη μύριζε έντονα πετρέλαιο. Ενημέρωσε αμέσως τον πατέρα της ο οποίος σκέφτηκε ότι μπορεί να έχει διαρροή η δεξαμενή. Άνοιξε το καπάκι της δεξαμενής. Τι παράξενο όμως! Η δεξαμενή ήταν τελείως γεμάτη. Ο πατέρας της Γεωργίας μουρμούρισε: Περίεργο! Αφού η δεξαμενή είναι γεμάτη, πώς βρέθηκε το πετρέλαιο στο δάπεδο; Το πρόσωπο της Γεωργίας έλαμψε. Φώναξε: εγώ ξέρω! Ποια νομίζεις πως ήταν η εξήγηση που έδωσε η Γεωργία; (Για περισσότερα σχετικά παραδείγματα βλέπε Κουμαράς, 2017, σ. 276-281).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ

Η ανάπτυξη και η εξέλιξη των Φυσικών Επιστημών είναι συνυφασμένη με το πείραμα. Επομένως, όταν η διδασκαλία τους στο σχολείο παραβλέπει ή υποβαθμίζει την πειραματική ενασχόληση των μαθητών μπορεί να θεωρηθεί ότι διαστρεβλώνει τη φύση και τον χαρακτήρα τους. Από την άλλη, η πραγματοποίηση πειραμάτων δεν εξασφαλίζει από μόνη της την εννοιολογική κατανόηση των φαινομένων.

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκαν επιχειρήματα που υποστηρίζουν τα πλεονεκτήματα της διδασκαλίας με την αξιοποίηση πειραμάτων στα οποία χρησιμοποιούνται υλικά καθημερινής χρήσης. Η χρησιμοποίηση αυτών των υλικών προτείνεται ως επιλογή και όχι απλά ως λύση ανάγκης, λόγω του χαμηλού κόστους και της εύκολης εύρεσής τους, όπως πιθανά θα μπορούσε να υποθέσει κάποιος. Η αμφισβήτηση αυτή συμπίπτει χρονικά με την εμφάνιση της άποψης «Φυσικές Επιστήμες για όλους», στη δεκαετία του '80:

Αναγνωρίζεται ότι μπορεί τα ειδικά όργανα και συσκευές να εντυπωσιάζουν και πιθανά να δημιουργούν και δέος για τη Φυσική ή και για τους λειτουργούς της αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι κατ' ανάγκη βοηθούν το διδακτικό έργο.

Σήμερα τα βιβλία της Unesco προωθούν την άποψη που υποστηρίζεται εδώ, δηλαδή την επιλογή των υλικών με κριτήριο τη συνάφεια με τον κόσμο της καθημερινής ζωής των παιδιών (Harlen & Elstgeest 2005, σ. 299-413). Στη σημερινή λογική, ακόμη και αν είχατε στο σχολείο σας ειδικά όργανα και υλικά για πειράματα Φυσικών Επιστημών, θα έπρεπε απλά να τα αντικαταστήσετε με υλικά από τον κόσμο της καθημερινής ζωής, όπου βέβαια τούτο γίνεται. Η χρησιμοποίηση υλικών καθημερινής χρήσης για την εκτέλεση πειραμάτων δεν αντιμετωπίζεται, από τις αρχές ήδη της δεκαετίας του '80, ως λύση ανάγκης, λόγω του χαμηλού κόστους και της εύκολης εύρεσής τους, αλλά ως επιλογή:

«Περίπλοκα και ακριβά όργανα και υλικά δεν έχουν νόημα, αν πρόκειται να μεσολαβήσουν μεταξύ του μαθητή και της άμεσης εξερεύνησης του καθημερινού

περιβάλλοντος. Έτσι για τους νεαρούς μαθητές υπάρχει ένα πλεονέκτημα, αν τα υλικά είναι “σπιτικά” αντικείμενα τα οποία αναγνωρίζουν και έχουν συνηθίσει να χρησιμοποιούν...» (Harlen, 1986).

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, ο πρώτος από τους συγγραφείς έζησε τις αντιδράσεις των εκπαιδευτικών στην παρουσίαση πειραμάτων με υλικά καθημερινής χρήσης αρχικά σε σεμινάρια που διοργάνωνε και στη συνέχεια, από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, των φοιτητών του σε σχετικό πανεπιστημιακό μάθημα και εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σε μαθήματα στα προγράμματα εξομοίωσης, που έγιναν εκείνη την εποχή. Οι φοιτητές από την αρχή φάνηκε να εντυπωσιάζονται και να τα αγκαλιάζουν. Από τους εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας, αρχικά στο Διδασκαλείο και στη συνέχεια σε προγράμματα εξομοίωσης, δεν υπήρχαν ισχυρές αρνητικές αντιδράσεις, οι περισσότεροι το αποδέχτηκαν και γνωρίσαμε αρκετούς που το εφάρμοσαν στις τάξεις τους. Βεβαίως είχαμε και, μειοψηφικές, αντιρρήσεις της μορφής «αυτά δεν είναι Φυσική. Πρέπει να δείξουμε κάτι πιο επιστημονικό, να δείξουμε στα παιδιά ότι η Φυσική είναι κάτι σοβαρότερο». Η πλειοψηφία των καθηγητών ΠΕ04 τα αποδέχτηκε, στη λογική όμως ότι παρέχουν λύση ανάγκης στο πρόβλημα της έλλειψης των επιθυμητών ειδικών υλικών. Από τους καθηγητές ΠΕ04 υπήρξαν ισχυρότερες αντιδράσεις από ό,τι από τους εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας, πάλι όμως προερχόμενες από τη μειοψηφία. Κάποιοι φοβήθηκαν ότι θα αντιδράσουν αρνητικά τα παιδιά, «πώς θα πάω με τα τενεκεδάκια στην τάξη;», «Η Φυσική απαιτεί ειδικά υλικά και όργανα» και κάποιοι φοβήθηκαν ότι δεν θα ήταν έτοιμοι «τώρα αναπτύσσω το μάθημα, λύνω ασκήσεις. Επιβάλλομαι. Αν κάνω αυτά τα πειράματα και υπάρχουν ερωτήσεις μπορεί να είναι δύσκολα». Θεωρούμε ότι οι πολλές επανεκδόσεις του βιβλίου «Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής» δείχνουν την αποδοχή της πρότασης για χρησιμοποίηση των πειραμάτων με υλικά καθημερινής χρήσης.

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 χρησιμοποιήσαμε ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις με εκπαιδευτικούς που τα εφάρμοσαν για να καταγράψουμε τις δικές τους εκτιμήσεις για τις αντιδράσεις των μαθητών τους στη διδασκαλία των Φ.Ε. με χρήση πειραμάτων με καθημερινά υλικά. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι εκπαιδευτικοί που τα εφάρμοσαν εντοπίζουν ως κύριο όφελος το ενδιαφέρον των παιδιών για το μάθημα. Το ενδιαφέρον των παιδιών το έχουμε καταγράψει και σε δημόσιες παρουσιάσεις πειραμάτων, στις ερωτήσεις που μας έκαναν και στον ενθουσιασμό με τον οποίο διοργάνωσαν τέτοιες εκδηλώσεις σε δικές τους παρουσιάσεις.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αβραμιώτης, Σ., Αγγελόπουλος, Β., Καπελώνης, Γ., Σινιγάλιας, Π., Σπαντίδης, Δ., Τρικαλίτη, Α., Φίλος, Γ. (2013). *Χημεία Β' Γυμνασίου*. Ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος».

Αλεξόπουλος, Β., Θεριανός Ο., Κώνστας, Κ., Φλωράκος Γ. (1997). *Φυσικά Στ' Τάξης, Πρώτο μέρος*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.

- Βουρλιάς, Κ. (2016). Η διδασκαλία της Φυσικής μέσα από αθλητικές δραστηριότητες στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης ΑΠΘ
- Γεωργιάδου, Τ., Καφετζόπουλος Κ., Πρόβης Ν., Σπυρέλλης, Ν., Χηνιάδης Δ. (2002). *Χημεία Β' Γυμνασίου*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Καρανίκας, Γ. (1993). Ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και ο πειραματισμός με κατασκευές που κάνουν οι ίδιοι οι μαθητές, μέσο για τη διδασκαλία των Φυσικών. *Εκπαιδευτική Κοινότητα*, 24, σελίδες 21-23.
- Καριώτογλου, Π., Κορομπίλης, Κ., Κουμαράς, Π. (1997). Εξακολουθούν να είναι επίκαιρες οι ανακαλυπτικές επιδείξεις; *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 92, σελίδες 52-61.
- Κεραμιδάς Κ., Κουμαράς, Π. (2008). Η παιδική χαρά ως εργαστήριο Φυσικής. Η διδασκαλία της επιταχυνόμενης κίνησης στο Λύκειο. Στο Κουμαράς Π., Σέρογλου Φ. *Αναλυτικά προγράμματα και βιβλία Φυσικών Επιστημών. Πρακτικά του 4ου πανελλήνιου συνεδρίου της ένωσης για τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Θεσσαλονίκη.
- Κουμαράς, Π. (1989). Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Φυσικής Α.Π.Θ.
- Κουμαράς, Π. (1994). Υλικά καθημερινής χρήσης για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στους μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. *Εκπαιδευτική Κοινότητα*, 27, σελίδες 34 - 37.
- Κουμαράς, Π. (2002). *Οδηγός για την Πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Θεσσαλονίκη: Χριστοδουλίδη.
- Κουμαράς, Π. (2015). *Μονοπάτια της σκέψης στον κόσμο της Φυσικής*. Εκδόσεις Gutenberg. Αθήνα.
- Κουμαράς, Π. (2017). *Διδάσκοντας Φυσική αύριο*. Εκδόσεις Gutenberg. Αθήνα.
- Κουμαράς, Π., Πιερράτος, Θ. (2022). *Οδηγός διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με πειράματα. Πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης για τον εκπαιδευτικό*. Εκδόσεις ΡΟΠΗ.
- Μπακάλη, Β., Κουμαράς, Π. (1997). Πειράματα στο σπίτι με χρησιμοποίηση υλικών καθημερινής χρήσης. *Ανοιχτό σχολείο*, 66, 5-10 και 67, 5-10.
- Πιερράτος, Θ., Τσακμάκη, Π., Κουμαράς, Π. (2019). Ένα μοντέλο ερμηνείας ανάδυσης εναλλακτικών ιδεών των μαθητών για έννοιες της Φυσικής. Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη, (70-71): 9-27. Ανακτήθηκε από <http://www.lib.uoi.gr/serp/>
- Σάββας, Σ. (1996). Το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο στη διδασκαλία της φυσικής με ιδιοκατασκευές και πειράματα με απλά μέσα. Πρόταση εφαρμογής για το δημοτικό σχολείο. Διδακτορική διατριβή. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Χαλκιά, Κ. (1993). Τι είδους επιστημονικές δραστηριότητες και τι είδους «Εργαστήριο» Φυσικών Επιστημών χρειάζονται τα παιδιά του Δημοτικού Σχολείου. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 18, 31-37.
- Χαλκιά, Κ. (2008). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Α' τόμος*. Αθήνα: Πατάκη.

- Χατζηπαύλου, Γ. (2016). Η διαπλοκή της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με τη διδασκαλία της γλώσσας ως μέρος μιας διαδικασίας ένταξης παιδιών Ρομά στο σχολείο. Στο Θ. Πιερράτος, Π. Κουμαράς και Χ. Πολάτογλου (2016). *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου: «Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες»*, σ. 515-521. <http://physcool.web.auth.gr/synedrio2016>
- Arons, A. (1992). *Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής*. Αθήνα: Τροχαλία.
- Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες*. Ένωση Ελλήνων Φυσικών και Τροχαλία. Αθήνα.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1998). *Οικο-Δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*. Εκδόσεις τυπωθήτω. Αθήνα.
- Escobar, C. (Ed) (1994). *Amusement Park Physics*. American Association of Physics Teachers.
- Harlen, W. (1986). Recent developments in primary and lower secondary school science. In: *D. Layton (Ed) Innovations in science and technology education*. Vol. 1, p.p. 29 - 47. Paris, UNESCO.
- Harlen, W. (1992). *The teaching of science*. London: David Fulton Publishers Ltd.
- Harlen, W., Elstgeest, J., 2005. *Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*. Αθήνα: ΤΥΠΩΘΗΤΩ –ΓΙΩΡΓΟΣ ΔΑΡΔΑΝΟΣ.
- Hodson, D., Prophet, R. (1983). Why the science curriculum changes – evolution or social control? *School Science Review*, Sept.83, p.p. 5-18.
- Michaels, S., Shouse, A.W., and Schweingruber H.A. (2008). *Ready, Set, Science! Putting Research to Work in K-8 Science Classrooms*. Board on Science Education, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academic Press.
- Munson, H. (1985). *Επιστήμη με απλά υλικά*. Λευκωσία: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nicolson, J. (1980). Practical work for the Gymnasium pupil. A laboratory for every child. *Η διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Συνέδριο για τα δεκάχρονα*. Λευκωσία: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου.
- Parisi, J-M., Borruto, P., Donadei, E., Foltrauer F., Grefan, S., Riverain, N. (2007). *Physique Chimie. 4e*. Programme 2007.
- Psillos, D., Koumaras, P., Valassiades, O. (1987). Pupils representations of electric current before during and after instruction on D.C. circuits. *J. Res. Sci. Techn. Educ.*, 5,2,p.p.185-199.
- Unesco (1988). *Games and Toys in the Teaching of Science and Technology*. Paris
- Woolnough, B., Allsop, T. (1985). *Practical work in science*. London: Cambridge University Press.
- World Economic Forum (2015). *New Vision for Education. Unlocking the Potential of Technology*.
https://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_NewVisionforEducation_Report2015.pdf

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΜΠΛΟΚΗ ΤΟΥΣ ΣΕ STEM IB-mLabs ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Μανόλης Κουσλόγλου¹, Βασίλειος Γκάγκας²,
Ελένη Πετρίδου³, Αναστάσιος Μολοχίδης⁴, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης⁵

¹Διδάκτωρ, Φυσικός, Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Καβάλας,

²Υποψήφιος Διδάκτωρ, Φυσικός, ³ΕΔΙΠ, ⁴Αναπληρωτής Καθηγητής, ⁵Καθηγητής,

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

tasosmol@physics.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία εξετάζονται οι στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστήμη, μετά τη συμμετοχή τους σε διερευνητικά εργαστήρια φυσικής με στοιχεία STEM υποστηριζόμενα από φορητές ψηφιακές συσκευές (STEM IB-mLabs). Ο στόχος της έρευνας ήταν να διερευνήσει πώς η συμμετοχή των μαθητών σε αυτά τα εργαστήρια, που διαθέτουν καινοτόμα χαρακτηριστικά, επηρεάζει την υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων. Συγκρίνονται οι στάσεις μαθητών/τριών που συμμετείχαν στα διερευνητικά εργαστήρια (ομάδα πειραματισμού, ΟΠ) με εκείνες μαθητών/τριών που παρακολούθησαν παραδοσιακά εργαστηριακά μαθήματα φυσικής (ομάδα ελέγχου, ΟΕ). Δεδομένα συλλέχθηκαν με τη χρήση ερωτηματολογίου (TOSRA) και ημιδομημένων συνεντεύξεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν στα διερευνητικά εργαστήρια (ΟΠ) εμφάνισαν αυξημένο ενδιαφέρον και θετικότερες στάσεις απέναντι στην επιστήμη σε σύγκριση με τους μαθητές/τριες της παραδοσιακής τάξης (ΟΕ). Οι μαθητές/τριες της ΟΠ δήλωσαν ότι προτιμούν περισσότερο να ανακαλύπτουν και να λύνουν προβλήματα μέσω πειραμάτων παρά να δέχονται πληροφορίες από άλλους. Τα ευρήματα της έρευνας υποδεικνύουν ότι η συμμετοχή μαθητών/τριών σε δραστηριότητες STEM IB-mLabs προάγει τις θετικές τους στάσεις απέναντι στην επιστήμη και μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Τα ευρήματα της έρευνας αναδεικνύουν ότι τα διερευνητικά εργαστήρια STEM IB-mLabs μπορούν να συμβάλλουν αποτελεσματικά στην προώθηση θετικών στάσεων απέναντι στην επιστήμη καθώς και να ενισχύσουν την επιστημονική παιδεία στους μαθητές/τριες.

Λέξεις κλειδιά: διερευνητική μάθηση, στάσεις απέναντι στην επιστήμη, STEM IB-mLabs, ερωτηματολόγιο TOSRA, φορητές ψηφιακές συσκευές

Αναφορά: Κουσιλόγλου, Μ., Γκάγκας, Β., Πετρίδου, Ε., Μολοχίδης, Α., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2025). Διερεύνηση των Στάσεων των Μαθητών/τριων Γυμνασίου απέναντι στην Επιστήμη μετά την Εμπλοκή τους σε STEM IB-mLabs Εργαστήρια Φυσικής, 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

INVESTIGATION OF HIGH SCHOOL STUDENTS' ATTITUDES TOWARD SCIENCE AFTER THEIR ENGAGEMENT IN STEM IB-mLabs PHYSICS LABORATORIES

Manolis Kousloglou¹, Vasilios Gkagkas²,

Eleni Petridou³, Anastasios Molohidis⁴, Euripides Hatzikraniotis⁵

¹Dr. Science Teacher, Directorate of Secondary Education of Kavala,

²PhD Candidate, Science Teacher, ³Laboratory Teaching Staff,

⁴Associate Professor, ⁵Professor

Laboratory of Didactics of Physics & Educational Technology,

School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki

tasosmol@physics.auth.gr

ABSTRACT

This research investigates students' attitudes toward science after their involvement in Inquiry-Based Learning physics-oriented labs with STEM components supported by portable digital devices (STEM IB-mLabs). The current study aimed to investigate how students' perceptions and adoption of scientific attitudes are influenced by their participation in these innovative laboratories. The study compared the attitudes of students who participated in investigative laboratories (experimental group) with those of students who attended traditional laboratory physics classes (control group). The research was conducted using the TOSRA questionnaire and semi-structured interviews. The results demonstrated that students who participated in the inquiry-based laboratories (experimental group) exhibited increased interest and more positive attitudes toward science than students in traditional classes (control group). The students from the experimental group said they prefer discovering and solving problems through experiments rather than receiving information from others. The research findings suggest that participation in STEM IB-mLabs activities promotes positive attitudes toward science and can contribute to improving science education. The research highlights that investigative STEM IB-mLabs can effectively promote positive attitudes toward science and enhance scientific literacy among students.

Keywords: *inquiry-based learning, attitudes toward Science, STEM IB-mLabs, TOSRA questionnaire, portable digital devices*

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ο όρος "στάσεις" αναφέρεται στο σύνολο των κλίσεων, συναισθημάτων, προκαταλήψεων, προϋπαρχουσών αντιλήψεων, ιδεών, φόβων, απειλών, κινδύνων και πεποιθήσεων ενός ατόμου για οποιοδήποτε συγκεκριμένο θέμα (Welch, 2010). Σε σχέση με την επιστήμη, αυτός ο όρος περιλαμβάνει μια ευρεία ποικιλία συναισθηματικών αντιδράσεων, όπως "προτιμώ", "αποδέχομαι", "εκτιμώ" και "δεσμεύομαι". Στις περισσότερες μελέτες, ο όρος "στάσεις" χρησιμοποιείται για να αναφερθεί στις έμφυτες αξίες ή στα ενδιαφέροντα των μαθητών/τριών για την επιστήμη (Kingir et al., 2013). Στην ουσία, οι στάσεις απέναντι στην επιστήμη περιλαμβάνουν συναισθήματα, απόψεις και πεποιθήσεις που έχουν διαμορφώσει τα άτομα ως αποτέλεσμα της άμεσης ή έμμεσης αλληλεπίδρασης με διάφορες πτυχές της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Επιπλέον, καλύπτουν συναισθηματικές αντιδράσεις που εκδηλώνονται απέναντι στην επιστήμη (Sugrah et al., 2023). Ορισμένοι ερευνητές θεωρούν τις στάσεις απέναντι στην επιστήμη ως προσκόλληση στη γνώση της επιστημονικής μεθόδου ή ως νοητικές διαδικασίες ενός επιστήμονα, που περιλαμβάνουν τη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων, την αξιολόγηση ιδεών και πληροφοριών και τη λήψη αποφάσεων (Gauld, 1982· Munby, 1983). Ο Klopfer (1971) ανέπτυξε μια δομή στάσεων απέναντι στην επιστήμη η οποία τοποθετείται στον συναισθηματικό τομέα και περιλαμβάνει έξι κατηγορίες: (α) στάσεις προς την επιστήμη και τους επιστήμονες, (β) αποδοχή της επιστημονικής έρευνας ως τρόπο σκέψης, (γ) υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων, (δ) απόλαυση των εμπειριών εκμάθησης της επιστήμης, (ε) ενδιαφέρον για δραστηριότητες που σχετίζονται με την επιστήμη, και (στ) ενδιαφέρον για μια καριέρα σχετική με την επιστήμη (Gkagkas & Hatzikraniotis, 2023). Οι στάσεις περιλαμβάνουν το συναισθηματικό στοιχείο, που αφορά το πώς αισθάνεται κανείς για την επιστήμη, προκαλώντας θετικές ή αρνητικές αντιδράσεις. Όταν οι μαθητές/τριες βλέπουν την επιστήμη με θετικό μάτι, είναι πιο πιθανό να συμμετέχουν ενεργά σε σχετικές δραστηριότητες. Οι στάσεις επίσης περιέχουν το γνωστικό στοιχείο, που περιλαμβάνει τις πεποιθήσεις και τις γνώσεις του ατόμου για την επιστήμη, και το στοιχείο της συμπεριφοράς, που αφορά τις πράξεις του ατόμου απέναντι στην επιστήμη (Gall et al., 2003· Karpudewan & Meng, 2017· Salta & Tzougraki, 2004).

Η σημασία των στάσεων που αναπτύσσουν οι μαθητές/τριες για την επιστήμη είναι εμφανής, καθώς πολλές έρευνες δείχνουν ότι αυτές οι στάσεις επηρεάζουν την επίτευξη στόχων, την επιτυχία και τις υψηλές βαθμολογίες (Freedman, 1997· Gungor et al., 2007· Karpudewan & Meng, 2017· Napier & Riley, 1985· Papanastasiou & Zembylas, 2002· Welch, 2010). Η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και η διαμόρφωση θετικών στάσεων απέναντι στην επιστήμη θεωρούνται πολύ σημαντικά στοιχεία που θα έπρεπε

να προωθούνται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στον 21ο αιώνα (Hastuti et al., 2018).

Ο σκοπός της παρούσης έρευνας είναι να διερευνήσει τις στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστήμη μετά από τη συμμετοχή τους σε διερευνητικά εργαστήρια φυσικής με στοιχεία STEM, υποστηριζόμενα από φορητές ψηφιακές συσκευές (STEM IB-mLabs). Συγκεκριμένα, η έρευνα επικεντρώνεται στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η ενεργός συμμετοχή των μαθητών/τριών σε αυτά τα εργαστήρια επηρεάζει τις αντιλήψεις τους για την επιστήμη και την υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων.

Η έρευνα μέσω της ανάλυσης των ευρημάτων της επιδιώκει να διερευνήσει εάν οι μαθητές και οι μαθήτριες που συμμετέχουν σε αυτά τα εργαστήρια με καινοτόμα χαρακτηριστικά, στα οποία έχει συντεθεί η τεχνολογία και η επιστημονική διερεύνηση, εμφανίζουν αυξημένο ενδιαφέρον και θετικότερες στάσεις προς την επιστήμη σε σύγκριση με τους μαθητές/τριες που παρακολουθούν παραδοσιακά εργαστηριακά μαθήματα φυσικής, μη συμμετέχοντας σε διερευνητικές δραστηριότητες. Μέσω του ερωτηματολογίου TOSRA και ημιδομημένων συνεντεύξεων, συλλέγονται δεδομένα που αποσκοπούν στο να αποκαλύψουν τις απόψεις και τα συναισθήματα των μαθητών/τριών σχετικά με την επιστημονική έρευνα και την εμπλοκή τους σε αυτήν.

Ο απώτερος στόχος της έρευνας είναι να παρέχει τεκμηριωμένες προτάσεις για τη βελτίωση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, προτείνοντας μεθόδους που ενισχύουν την ενεργή συμμετοχή και την κριτική σκέψη των μαθητών. Τα ευρήματα αναμένεται να συμβάλλουν στην ανάπτυξη νέων εκπαιδευτικών προγραμμάτων τα οποία θα ενθαρρύνουν θετικότερες στάσεις απέναντι στην επιστήμη και κατ' επέκταση θα προσανατολίσουν μεγαλύτερο μαθητικό κοινό στην εμπλοκή του με τις φυσικές επιστήμες.

Τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας ήταν:

- α) Ποιες είναι οι στάσεις των μαθητών/τριών που συμμετείχαν στον εκπαιδευτικό όμιλο απέναντι στην επιστημονική έρευνα και σε ποιον βαθμό υιοθετούν επιστημονικές στάσεις;
- β) Ποιες είναι οι διαφορές στις στάσεις των μαθητών/τριών που συμμετείχαν στις διερευνητικές δραστηριότητες (ομάδα πειραματισμού) απέναντι στην επιστημονική έρευνα και στην υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων, σε σχέση με μαθητές/τριες ίδιας τάξης που δεν συμμετείχαν στις διερευνητικές δραστηριότητες (ομάδα ελέγχου);

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

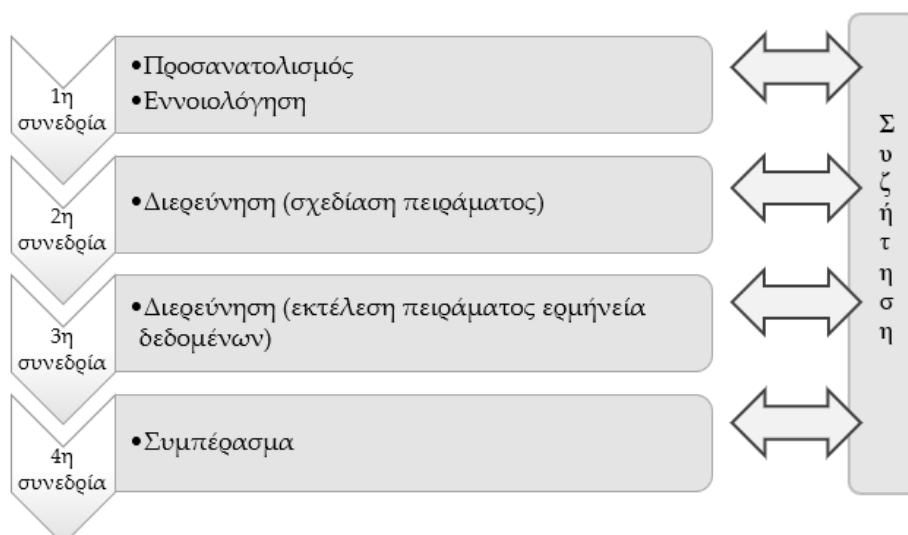
Πλαίσιο και Δείγμα της Έρευνας

Η έρευνα συντελέστηκε τη σχολική χρονιά 2022 - 23, σε μαθητές και μαθήτριες που συμμετείχαν στον Εκπαιδευτικό Όμιλο του 3ου Γυμνασίου Καβάλας, που απαρτίζονταν από 11 κορίτσια και 2 αγόρια της Γ' Γυμνασίου (ομάδα πειραματισμού / experimental group). Οι βαθμοί των μαθητών/τριών στο μάθημα της Φυσικής στο Α' τετράμηνο εκείνης της σχολικής χρονιάς, κάλυπταν όλο το φάσμα (βαθμοί 10 – 20).

Επίσης, στην έρευνα συμμετείχαν και 78 μαθητές/τριες της Γ' Γυμνασίου του ίδιου σχολείου (ομάδα ελέγχου / control group) στους οποίους διανεμήθηκε το ίδιο ερωτηματολόγιο στάσεων προκειμένου να γίνει σύγκριση των στάσεων των μαθητών/τριών μεταξύ των δύο ομάδων. Η ομάδα ελέγχου, κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους, όσο και στα προηγούμενα έτη, είχε συμμετάσχει σε πειραματικές ασκήσεις Φυσικής, χωρίς όμως να έχει εντυφώσει στην διερεύνηση

Σχεδίαση εργαστηριακών δραστηριοτήτων

Αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν εργαστηριακές δραστηριότητες διερευνητικής φύσης, στο επιστημονικό πεδίο της φυσικής, με στοιχεία STEM, οι οποίες υποστηρίζονταν από φορητές ψηφιακές συσκευές (STEM IB-mLabs). Οι δραστηριότητες αφορούσαν τέσσερις θεματικές ενότητες της Φυσικής (Νόμος του Hooke, Κατακόρυφη ταλάντωση μάζας-ελατηρίου, Απλό εκκρεμές, και Τριβή) και κάθε ενότητα ακολουθούσε τη διερευνητική δομή, σύμφωνα με τις φάσεις που περιγράφονται από τους Pedaste et al. (2015) (Αφόρμηση, Ερώτηση, Διατύπωση Υποθέσεων, Σχεδίαση & Εκτέλεση Πειράματος, Ανάλυση, Αξιολόγηση, Γενίκευση, Επικοινωνία, Αναστοχασμός) (Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1. Δομή κάθε εργαστηριακής παρέμβασης (θεματική ενότητα), κατά Pedaste et al. (2015)

Η κάθε θεματική ενότητα ολοκληρώνονταν σε τέσσερις συνεδρίες και η διάρκεια της κάθε συνεδρίας ήταν δύο διδακτικές ώρες, σε σύνολο 36 διδακτικών ωρών, σε διάστημα 4 μηνών. Οι συναντήσεις του εκπαιδευτικού ομίλου φυσικής πραγματοποιούνταν εβδομαδιαία, με χρονική διάρκεια δύο διδακτικών ωρών μετά το πέρας του σχολικού ωραρίου. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1, η πρώτη συνεδρία κάθε ενότητας αντιστοιχεί στις φάσεις του προσανατολισμού και της εννοιολόγησης, οι επόμενες δύο συνεδρίες στη φάση της έρευνας και η τελική συνεδρία στη φάση των συμπερασμάτων. Η φάση της συζήτησης λάμβανε χώρα καθ' όλη τη διάρκεια κάθε θεματικής ενότητας.

Με έναυσμα μια νοηματοδοτούμενη ιστορία, οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν στις διερευνητικές δραστηριότητες, έθεταν διερευνήσιμα ερωτήματα, διατύπωναν προβλέψεις, σχεδίαζαν και εκτελούσαν πειράματα, ανέλυναν τα δεδομένα του πειραματισμού τους, και κατέληγαν σε συμπεράσματα. Όλες οι διερευνητικές διαδικασίες εμπεριέχαν συνεργασία και διάλογο μεταξύ των μαθητών/τριών και γίνονταν σε ένα γενικότερο εκπαιδευτικό πλαίσιο αναστοχασμού.

Ένα παράδειγμα μιας νοηματοδοτούμενης ιστορίας στη φάση του Προσανατολισμού για την θεματική ενότητα της «Κατακόρυφη ταλάντωση μάζας-ελατηρίου» ήταν η εξής:

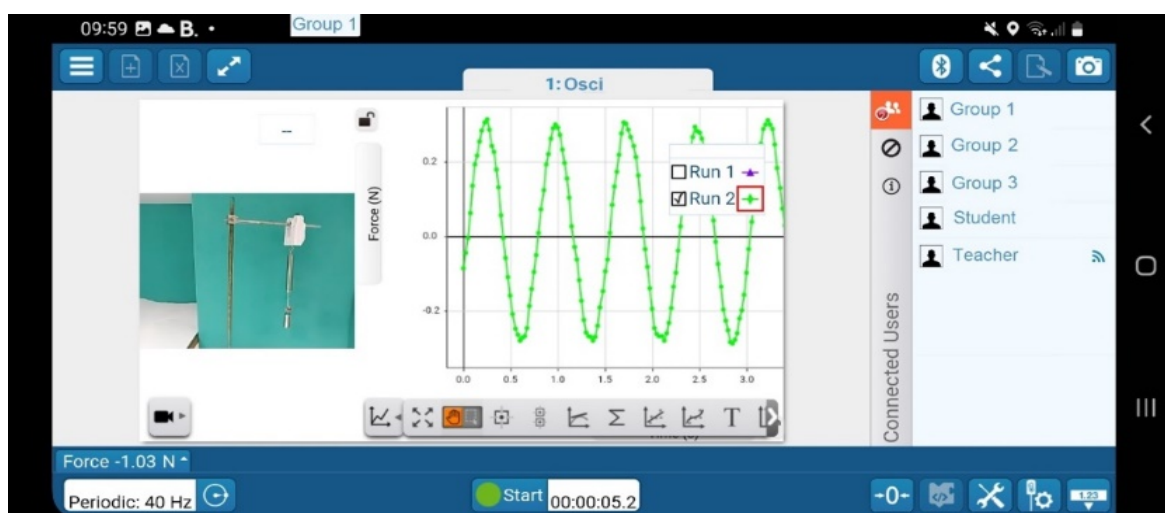
«Ο Γιάννης δεν έχει αποφασίσει αν του αρέσει ένα ποδήλατο βουνού ή ένα ποδήλατο πόλης, με τη διαφορά μεταξύ των δύο να είναι η ακαμψία του ελατηρίου της ανάρτησης. Ο Γιάννης αναγνώρισε την «ακαμψία» ενός ελατηρίου από τότε που διδάχτηκε το Νόμο του Hooke στο σχολείο. Ωστόσο, δεν μπορεί να τον συσχετίσει με την κίνηση του ποδηλάτου. Στο κατάστημα, τον ενημέρωσαν ότι τα ελατήρια ταλαντώνονται στις ανωμαλίες του δρόμου και θυμήθηκε ότι όταν κρεμούσε ένα βάρος σε ένα ελατήριο, αυτό κινούνταν «πάνω-κάτω». Έτσι, επέλεξε να αναλύσει την ταλάντωση ενός κατακόρυφου ελατηρίου. Με αφορμή την απόκτηση του ποδηλάτου, ο Γιάννης αναρωτήθηκε ποια στοιχεία επηρεάζουν την περίοδο ταλάντωσης.»

Με βάση την παραπάνω ιστορία, οι μαθητές/τριες παρακινούνταν να δημιουργήσουν διερευνήσιμες ερωτήσεις και υποθέσεις σχετικά με το πρόβλημα που αντιμετώπιζε ο πρωταγωνιστής της κάθε ιστορίας. Στη συνέχεια (στη 2η συνεδρία) οι μαθητές/τριες έλεγχαν τις υποθέσεις τους, μέσω του σχεδιασμού κατάλληλων πειραματικών διατάξεων και δραστηριοτήτων, με επιλογή του κατάλληλου εργαστηριακού εξοπλισμού από το εργαστήριο του σχολείου.

Στην 3η συνεδρία οι μαθητές/τριες εκτελούσαν το πείραμα και ανέλυναν τα πειραματικά τους ευρήματα. Οι μαθητές/τριες χρησιμοποιούσαν τις φορητές τους συσκευές (tablets) για να καταγράψουν και να αναλύσουν τα δεδομένα του πειραματισμού τους και στη συνέχεια κάθε ομάδα παρουσίαζε τα αποτελέσματά της στις υπόλοιπες ομάδες μαθητών. Αναστοχαστικές διαδικασίες λάμβαναν χώρα σε κάθε φάση της διερευνητικής διαδικασίας. Ωστόσο, στην 4η και τελευταία συνεδρία, οι μαθητές καλούνταν να αναστοχαστούν επί της συνολικής διερευνητικής διαδικασίας που ακολούθησαν, να συγκρίνουν τα ευρήματά τους με τις αρχικές τους υποθέσεις και να ανακοινώσουν τα συμπεράσματά τους στην ολομέλεια της τάξης, ενώ ακολουθούσε συζήτηση, ανατροφοδότηση και κριτική από τις υπόλοιπες ομάδες μαθητών/τριών.

Οι εργαστηριακές δραστηριότητες, είχαν υβριδικό χαρακτήρα (δια ζώσης και διαδικτυακά). Επίσης ακολουθήθηκαν αρχές ανεστραμμένης τάξης αξιοποιώντας τόσο διαδικτυακές δραστηριότητες όσο και πειραματικές προσεγγίσεις. Το υλικό οργανώθηκε στην πλατφόρμα eclass, ενώ χρησιμοποιήθηκε τόσο συμβατικός εξοπλισμός εργαστηρίου (ελατήρια, βάρη, βάσεις, σφιγκτήρες κ.λπ.) όσο και φορητή ψηφιακή τεχνολογία (PASCO Smart Carts, Force Acceleration Sensors σε συνδυασμό με το σχετικό λογισμικό SPARKvue καθώς και το PHYPHOX εγκατεστημένο σε φορητές συσκευές).

Τα Smart Carts της PASCO, είναι συσκευές που ενσωματώνουν αισθητήρες για την καταγραφή της δύναμης που τους ασκείται καθώς και της θέσης, της ταχύτητας, και της επιτάχυνσής τους σε τρεις άξονες. Αυτές οι συσκευές επικοινωνούν με το λογισμικό σουίτας PASCO SPARKvue μέσω Bluetooth για τη συλλογή δεδομένων σε tablet/smartphone/laptop. Τα δεδομένα μπορούν να οπτικοποιηθούν σε διάφορες μορφές (γραφήματα, πίνακες, αριθμητικούς δείκτες κ.λπ.). Στην Εικόνα 1 απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο μιας οθόνης tablet στο οποίο στα αριστερά φαίνεται η πειραματική διάταξη της κατακόρυφης ταλάντωσης μάζας αναρτημένης από ελατήριο και στο μέσον της η συγχρονική απεικόνιση των μετρήσεων. Οι μαθητές/τριες που απουσίαζαν από το εργαστήριο είχαν τη δυνατότητα να συνδεθούν από το σπίτι τους, αξιοποιώντας τη λειτουργία κοινής συνεδρίας (shared session) που προσφέρει η πλατφόρμα. Παράλληλα, μπορούσαν να λαμβάνουν τις μετρήσεις τους στις φορητές συσκευές τους. Συγκεκριμένα, στην Εικόνα 1, στο δεξί μέρος της, απεικονίζεται η συμμετοχή τριών ομάδων μαθητών/τριών και του εκπαιδευτικού στο πείραμα διαζώσης στο εργαστήριο, καθώς και ενός μαθητή που απουσιάζει και έχει συνδεθεί εξ αποστάσεως.



Εικόνα 1. Στιγμιότυπο οθόνης tablet στο οποίο τρέχει το λογισμικό SPARKvue.

Οι μαθητές/τριες εργάζονταν σε ομάδες των τριών ή τεσσάρων ατόμων και υποστηρίζονταν από φύλλα εργασίας (ΦΕ), τα οποία σχεδιάστηκαν λαμβάνοντας υπόψη την περιορισμένη εμπειρία των μαθητών/τριών στην ομαδική εργασία, στις διαδικασίες του πειραματισμού, στη μάθηση με βάση τη διερεύνηση καθώς και σε εφαρμογές φορητών συσκευών. Στα φύλλα εργασίας η καθοδήγηση του εκπαιδευτικού μειώνονταν από κάθε θεματική ενότητα στην επόμενη, ώστε οι διερευνητικές δραστηριότητες να είναι όλο και πιο ανοικτές. Η διαφοροποίηση στον βαθμό της καθοδήγησης κάθε φορά βασίστηκε σε σχετική μελέτη του Μολοχίδη κ.α. (2007) και αφορούσε στο αν ο μαθητής (Μ), ο καθηγητής (Κ) ή μαζί (Κ-Μ ή Μ-Κ) σχεδίαζαν την πειραματική διάταξη, εκτελούσαν την πειραματική διαδικασία, κατέληγαν στα

συμπεράσματα κλπ. Στον Πίνακα 1 φαίνεται για κάθε θεματική ενότητα ποιος εφάρμοζε κάθε στάδιο της διερεύνησης, όπου «Κ» σημαίνει ότι ο καθηγητής παρείχε πλήρη καθοδήγηση, όπου «Κ-Μ» ο καθηγητής συνεργαζόταν με τους μαθητές/τριες αλλά ο καθηγητής είχε αυξημένο ρόλο, όπου «Μ-Κ» οι μαθητές/τριες είχαν αυξημένο ρόλο αλλά συνεργαζόταν με τον καθηγητή που έδινε κάποιες κατευθύνσεις, και όπου «Μ» όπου οι μαθητές/τριες διεκπεραίωναν μόνοι τους το αντίστοιχο στάδιο της διερεύνησης.

Εργαλεία συλλογής δεδομένων

Ερωτηματολόγιο TOSRA

Η συλλογή των δεδομένων έγινε με το ερωτηματολόγιο TOSRA (Fraser, 1978; 1981), το οποίο έχει μεταφραστεί και προσαρμοστεί στα Ελληνικά από τους Gkagkas & Hatzikraniotis (2023). Από το εν λόγω ερωτηματολόγιο, επιλέχθηκαν δύο κλίμακες (με 8 και 10 ερωτήσεις αντίστοιχα) οι οποίες σχετίζονται με τις δεξιότητες διερεύνησης. Αυτές είναι:

- η κλίμακα α) «Στάσεις απέναντι στην επιστημονική έρευνα, Σ» (Attitude to Scientific Inquiry), και
- η κλίμακα β) «Υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων, Υ» (Adoption of Scientific Attitudes).

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η αλληλουχία των φύλλων εργασίας για κάθε θεματική ενότητα.

Η κλίμακα «Στάσεις απέναντι στην επιστημονική έρευνα, Σ» περιλαμβάνει ερωτήσεις οι οποίες αποτιμούν την αποδοχή της επιστημονικής έρευνας ως τρόπο σκέψης.

Πίνακας 1. Αλληλουχία των Φύλλων εργασίας σε κάθε θεματική ενότητα.

		Θεματική ενότητα			
		1η	2η	3η	4η
Στάδια διερεύνησης					
ΦΕ 1	Ποιος θέτει το πρόβλημα;	K	K-M	M-K	M
	Ποιος διατυπώνει το ερώτημα της έρευνας;	K	K-M	M-K	M
	Ποιος διατυπώνει την υπόθεση της έρευνας;	K-M	M-K	M-K	M-K
ΦΕ 2	Ποιος σχεδιάζει την πειραματική διάταξη;	K	K-M	M-K	M-K
	Ποιος επιλέγει τα υλικά;	K	K-M	M-K	M-K
	Ποιος επιλέγει την πειραματική διαδικασία;	K	K-M	M-K	M
	Ποιος κάνει τις μετρήσεις;	K-M	M-K	M	M
	Ποιος αναλύει τις μετρήσεις;	M-K	M-K	M	M
	Ποιος κάνει τις διαπιστώσεις;	M-K	M-K	M	M

	Ποιος ερμηνεύει τα αποτελέσματα και καταλήγει σε συμπεράσματα;	M-K	M-K	M	M
ΦΕ3	Ποιος συγκεντρώνει τις αναλύσεις όλων των μετρήσεων;	M-K	M	M	M
	Ποιος συνοψίζει όλα τα συμπεράσματα;	M-K	M	M	M
	Ποιος αξιολογεί τη διαδικασία και αναστοχάζεται;	K-M	M-K	M	M
	Ποιος επιλέγει τους τρόπους επικοινωνίας;	M-K	M	M	M

Σημείωση: 1η θεματική ενότητα: Νόμος Hooke, 2η θεματική ενότητα: Κατακόρυφη ταλάντωση μάζας αναρτημένης σε ελατήριο, 3η θεματική ενότητα: Απλό εκκρεμές, και 4η θεματική ενότητα: Τριβή

Πιο συγκεκριμένα, αποτιμάται η στάση των μαθητών/τριών απέναντι στον επιστημονικό πειραματισμό και στην αποδοχή της διερεύνησης ως μεθόδου απόκτησης πληροφοριών για τον φυσικό κόσμο. Η κλίμακα "Υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων, Υ" περιλαμβάνει ερωτήσεις οι οποίες εκτιμούν την υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων από τους/τις μαθητές/τριες. Πιο συγκεκριμένα, αξιολογείται ο βαθμός προθυμίας των μαθητών να αναθεωρήσουν τις διαμορφωμένες απόψεις τους για τον φυσικό κόσμο όταν έρχονται αντιμέτωποι με επιστημονικά τεκμήρια. Ο Πίνακας 2 συγκεντρώνει τα ερωτήματα από τις δύο κλίμακες.

Η κατάταξη των απαντήσεων των μαθητών/τριών έγινε με τη βοήθεια μιας τριβάθμιας κλίμακας Likert «Καθόλου αληθινό», «Μέτρια αληθινό», και «Πολύ αληθινό» και οι διατυπώσεις όλων των ερωτημάτων μετασχηματίστηκαν ώστε να αποκτήσουν θετική διάσταση. Αυτή η τροποποίηση έγινε με σκοπό να βοηθήσει τους μαθητές/τριες να απαντήσουν με μεγαλύτερη συνέπεια, αποφεύγοντας την ενδεχόμενη σύγχυσή τους από την εναλλαγή μεταξύ θετικών και αρνητικών δηλώσεων. Κάτι τέτοιο ενισχύει την αξιοπιστία των δεδομένων, μειώνοντας τις πιθανότητες παρερμηνείας και λανθασμένων απαντήσεων.

Πίνακας 2. Οι δύο κλίμακες του ερωτηματολογίου TOSRA που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα.

Κλίμακα	Ερωτήσεις
Στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστημονική έρευνα	<p>Σ1. Προτιμώ να ανακαλύψω γιατί συμβαίνει κάτι, κάνοντας μια πειραματική δραστηριότητα παρά να μου το περιγράψουν προφορικά άλλοι.</p> <p>Σ2. Προτιμώ να κάνω πειραματικές δραστηριότητες από το να τις διαβάζω.</p> <p>Σ3. Προτιμώ να κάνω πειράματα παρά να μαθαίνω πληροφορίες από τον καθηγητή.</p>

	<p>Σ4. Προτιμώ να κάνω μια πειραματική δραστηριότητα για να διαπιστώσω μόνος μου τι συμβαίνει, παρά να συμφωνώ με οτιδήποτε μου λένε οι άλλοι.</p> <p>Σ5. Προτιμώ να λύσω ένα πρόβλημα εκτελώντας ένα πείραμα, παρά να μου πουν την απάντηση άλλοι.</p> <p>Σ6. Είναι προτιμότερο να βρω μια απάντηση κάνοντας μια πειραματική δραστηριότητα παρά να ρωτήσω τον καθηγητή να μου δώσει μια απάντηση.</p> <p>Σ7. Προτιμώ να κάνω πείραμα σχετικά με ένα θέμα παρά να διαβάσω σχετικά με αυτό σε ένα επιστημονικό περιοδικό.</p> <p>Σ8. Είναι προτιμότερο να ανακαλύπτεις μέσα από πειράματα τα επιστημονικά δεδομένα, παρά να σου τα λένε.</p>
Υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων	<p>Υ1. Μου αρέσει να διαβάζω πράγματα που είναι αντίθετα με τις ιδέες που έχω ως τώρα.</p> <p>Υ2. Μου αρέσει να εκτελώ ξανά ένα πείραμα για να ελέγξω εάν προκύπτει το ίδιο αποτέλεσμα.</p> <p>Υ3. Έχω περιέργεια για τον κόσμο στον οποίο ζούμε.</p> <p>Υ4. Το να ανακαλύπτω καινούρια πράγματα είναι σημαντικό για εμένα.</p> <p>Υ5. Μου αρέσει να ακούω διαφορετικές απόψεις από τις δικές μου.</p> <p>Υ6. Το βρίσκω ενδιαφέρον να ακούω για καινούριες ιδέες.</p> <p>Υ7. Στις πειραματικές δραστηριότητες μου αρέσει να χρησιμοποιώ καινούριες μεθόδους που δεν έχω ξαναχρησιμοποιήσει.</p> <p>Υ8. Είμαι πρόθυμος να αλλάζω τις ιδέες που έχω σχετικά με ένα θέμα όταν οι αποδείξεις δείχνουν ότι αυτές οι ιδέες δεν είναι καλές.</p> <p>Υ9. Στις πειραματικές δραστηριότητες αναφέρω/σημειώνω τα αποτελέσματα που περίμενα να δω, καθώς επίσης και αυτά που δεν ήταν αναμενόμενα.</p> <p>Υ10. Μου αρέσει να ακούω τη γνώμη των άλλων όταν εκτελώ πειράματα.</p>

Ημιδομημένες συνεντεύξεις

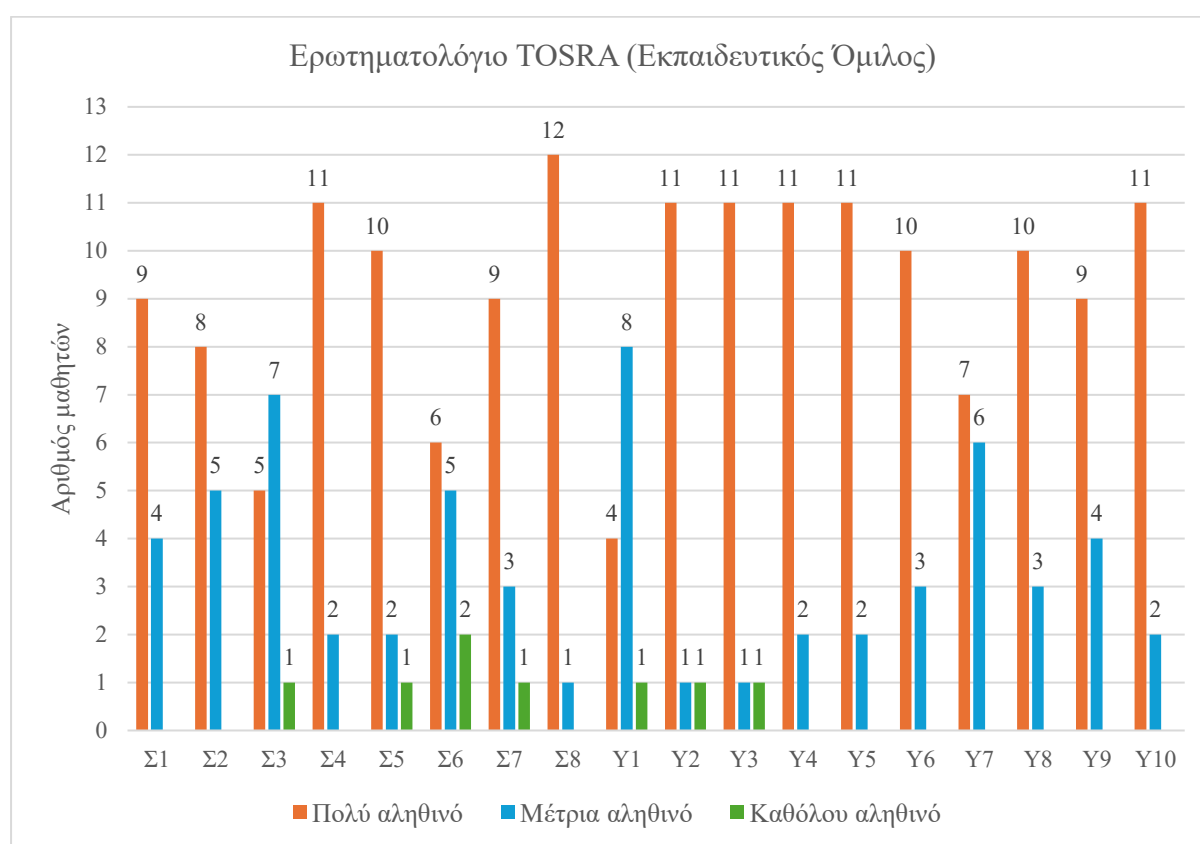
Ημιδομημένες συνεντεύξεις με τους μαθητές/τριες υλοποιήθηκαν μετά τη χορήγηση του ερωτηματολογίου TOSRA με σκοπό την περαιτέρω και σε μεγαλύτερο βάθος διερεύνηση των απαντήσεων των μαθητών/τριών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Οι ημιδομημένες συνεντεύξεις πραγματοποιήθηκαν με γνώμονα του ότι το δείγμα ήταν πολύ μικρό για να αναλυθούν ποσοτικά οι απαντήσεις τους στο

ερωτηματολόγιο. Η χρήση ημιδομημένων συνεντεύξεων συμβάλει στον εντοπισμό ιδιαίτερα χρήσιμων στοιχείων ως προς τις στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστημονική έρευνα και στην υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

α) Οι στάσεις των μαθητών/τριών του εκπαιδευτικού ομίλου απέναντι στην επιστημονική έρευνα και ο βαθμός στον οποίο υιοθετούν επιστημονικές στάσεις.

Τα αποτελέσματα από τον διαμοιρασμό του ερωτηματολογίου TOSRA παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 2, όπου σχεδόν στο σύνολο των ερωτήσεων οι μαθητές/τριες απάντησαν πολύ θετικά (πολύ αληθινό) ή θετικά (μέτρια αληθινό).



Διάγραμμα 2. Απαντήσεις των μαθητών/τριών του εκπαιδευτικού ομίλου φυσικής στα ερωτήματα του ερωτηματολογίου TOSRA (N=13)

Οι αρνητικές στάσεις των μαθητών/τριών ήταν ελάχιστες και αποτυπώθηκαν μόνο σε λίγα ερωτήματα. Γενικά, φαίνεται ότι η αποδοχή των επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές/τριες είναι πάρα πολύ υψηλή, αφού σε 11 ερωτήματα, και οι δεκατρείς μαθητές/τριες επιλέγουν «πολύ αληθινό» ή «μέτρια αληθινό», σε 6 ερωτήματα δώδεκα μαθητές/τριες κάνουν την ίδια επιλογή («πολύ» ή «μέτρα» αληθινό) και σε 1 ερώτημα,

ένδεκα από τους δεκατρείς μαθητές/τριες συμφωνούν πολύ ή μέτρια. Επίσης, σε δεκαέξι από τα δεκαοκτώ ερωτήματα η επιλογή «πολύ αληθινό» είναι η ισχύουσα.

Από τις απαντήσεις των μαθητών/τριών φαίνεται ότι προτιμούν ισχυρά να διαπιστώνουν οι ίδιοι τι συμβαίνει εκτελώντας πειράματα, να επιλύουν προβλήματα μόνοι τους και να επιδίδονται σε πειραματισμό προκειμένου να ανακαλύψουν κάτι, παρά να το μαθαίνουν από άλλου (κλίμακα "Στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστημονική έρευνα», ερωτήσεις Σ1-Σ8). Οι ημιδομημένες συνεντεύξεις που ακολούθησαν, διευκρίνισαν σε μεγαλύτερο βαθμό τους λόγους των επιλογών των μαθητών/τριών. Έπειτα από την ερώτηση στους μαθητές/τριες «Γιατί προτιμάς να ανακαλύψεις γιατί συμβαίνει κάτι, κάνοντας μια πειραματική δραστηριότητα παρά να σου το περιγράψουν προφορικά άλλοι;», η μαθήτρια¹ S1 απάντησε «Γιατί έτσι δοκιμάζω τις δυνατότητές μου», ενώ ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η απάντηση της μαθήτριας S2 «γιατί μπορεί να μην είναι αλήθεια αυτό που μας λένε οι άλλοι», αφού δείχνει να αναζητά επιστημονικές πρακτικές για την εγκυρότητα δεδομένων και συμπερασμάτων. Οι μαθήτριες S5, S6 και S9 απάντησαν ότι «έτσι είναι πιο εύκολο να κατανοήσουμε κάτι, με τις θεωρίες δεν είναι τόσο εύκολο. Μας αρέσει περισσότερο αυτή η διαδικασία», τονίζοντας την προτίμησή τους να εμπλέκονται σε πειραματικές δραστηριότητες σε σχέση με το να συμμετέχουν ως παθητικοί δέκτες στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Επίσης, όσον αφορά στην ισχυρή συμφωνία της στο ερώτημα «Σ2. Προτιμώ να κάνω πειραματικές δραστηριότητες από το να διαβάσω», η μαθήτρια S1 διευκρίνισε ότι «με το πείραμα αντιλαμβάνομαι πιο εύκολα τις έννοιες, ενώ το βρίσκω και πιο δημιουργικό», η μαθήτρια S4 είπε ότι «Το διάβασμα είναι βαρετό, ενώ το πείραμα πιο διασκεδαστικό, ευχάριστο και διαδραστικό», ενώ η μαθήτρια S7 δήλωσε ότι «με το πείραμα καταλαβαίνω λεπτομέρειες του θέματος και μπορώ να συνδέσω αυτό που κάνω με τη θεωρία». Τέλος η μαθήτρια S12 δήλωσε ότι «όταν διαβάσω ξεχνώ πιο γρήγορα, ενώ με το πείραμα, τα θυμάμαι». Ενδιαφέρουσα επίσης ήταν και η θέση της μαθήτριας S13 που ανέφερε ότι «το πείραμα απαιτεί περισσότερη σκέψη. Εδώ που τα λέμε, έτσι κι αλλιώς, πριν από κάθε πείραμα πρέπει να διαβάσω». Από τις απαντήσεις φαίνεται ότι οι μαθητές/τριες αναγνωρίζουν τη συμβολή της ενεργούς συμμετοχής τους στις πειραματικές δραστηριότητες, στην κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου. Αντίστοιχα, όσον αφορά στη συμφωνία με το γεγονός ότι «είναι προτιμότερη η επίλυση ενός προβλήματος με την εκτέλεση ενός πειράματος, παρά απλώς να συμφωνούμε με τη λύση άλλων», η μαθήτρια S5 επισημαίνει ότι «εμπιστεύομαι τη γνώμη μου. Ακούμε την άποψη του άλλου, αλλά έχουμε και τη δική μας οπτική, ώστε να μην πιστεύουμε τυφλά ό,τι μας λένε», η μαθήτρια S9 δήλωσε ότι «καλό είναι να έχουμε αμφιβολίες. Επίσης, με το να μου λένε κάτι οι άλλοι δεν λειτουργεί η σκέψη μου», ενώ η μαθήτρια S11 είπε ότι «Κάνοντας ένα πείραμα, συνεργάζομαι με άλλους. Κάποιος μόνος του μπορεί να κάνει λάθος». Ιδιαίτερα ενθαρρυντικές είναι οι απαντήσεις των μαθητών/τριών ως προς την στάση τους απέναντι στην επιστημονική έρευνα αφού φαίνεται ότι δεν αποδέχονται

¹ Επειδή στο δείγμα η αναλογία μαθητών / μαθητριών ήταν 2 / 11, θα αναφερόμαστε στη συνέχεια μόνον με το θηλυκό άρθρο σε ατομικό επίπεδο, για λόγους δεοντολογίας της έρευνας.

τις απόψεις των συμμαθητών τους, οι οποίες δεν προκύπτουν από τεκμήρια έρευνας. Παράλληλα, η μαθήτρια S12 στην δήλωσή της «*το να μας δίνει τη λύση κάποιος άλλος, είναι μια πιο γρήγορη διαδικασία*», εντοπίζει τον χρόνο και ενδεχομένως την προσπάθεια που απαιτείται για την επίλυση ενός προβλήματος μέσω της υλοποίησης πειράματος.

Αναφορικά με το πώς δικαιολογούν τις επιλογές τους οι μαθητές/τριες στο εάν προτιμούν να πειραματίζονται ή να τους δίνει την απάντηση ο καθηγητής (που διερευνάται με τις ερωτήσεις Σ3 και Σ6) η επιλογή των μαθητών/τριών «μέτρια αληθινό» ήταν ισοδύναμη με την επιλογή «πολύ αληθινό». Οι μαθήτριες S4 και S6 διατύπωσαν ταυτόσημες θέσεις ότι δηλαδή «*το πείραμα είναι μεν πιο κατανοητό, έχει πλεονεκτήματα, αλλά ο καθηγητής μπορεί να τα λέει πιο σωστά, αφού έχει τις γνώσεις για κάτι τέτοιο*». Η μαθήτρια S8 επεσήμανε ότι «*Το καλύτερο είναι, πρώτα να κάνουμε ένα πείραμα και μετά να το εξηγεί και ο καθηγητής, αλλά και το αντίστροφο*». Η μαθήτρια S9 ανέφερε ότι «*μαθαίνω καλύτερα με το πείραμα. Όταν μου τα λέει ο καθηγητής, δεν τα θυμάμαι*». Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών υποδηλώνουν ότι αναγνωρίζουν πως τα βέλτιστα μαθησιακά αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν η συμμετοχή τους σε πειραματικές δραστηριότητες συνδυάζεται με την καθοδήγηση και την εξήγηση από τον εκπαιδευτικό.

Συνοψίζοντας, από τις απαντήσεις των μαθητών/τριών στις ερωτήσεις της ημιδομημένης συνέντευξης αναφορικά με τον παράγοντα «*Στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστημονική έρευνα*», διαπιστώνεται ότι οι λόγοι που οι μαθητές/τριες επιλέγουν σε μεγαλύτερο βαθμό τις πειραματικές διαδικασίες έναντι της παραδοσιακής διδασκαλίας είναι επειδή τις βρίσκουν πιο ενδιαφέρουσες, τους βοηθούν να κατανοήσουν καλύτερα ένα θέμα, και επειδή αποτελούν μία βιωματική μάθηση που τους επιτρέπει να διατηρήσουν για περισσότερο καιρό στη μνήμη τους τη νέα γνώση. Επίσης, βρίσκουν ότι το πείραμα είναι συνεργατικό, διαδραστικό, ευχάριστο, ενώ τους προκαλεί να σκεφτούν κριτικά και να επιλέξουν εναλλακτικές λύσεις. Ωστόσο, αν και δεν εμπιστεύονται τυφλά τη γνώμη των άλλων και δηλώνουν ότι θέλουν να αμφιβάλουν, δηλώνουν πως εμπιστεύονται τον καθηγητή τους, δηλαδή έναν άνθρωπο που έχει τις γνώσεις πάνω στο θέμα και ο οποίος έχει τον σημαντικό ρόλο να προσφέρει επεξηγήσεις, πριν ή μετά το πείραμα, όπως επίσης και καθοδήγηση. Σε κάθε περίπτωση, το βασικό κριτήριο για να αποδεχτούν ή όχι κάτι, είναι τα τεκμήρια που εντοπίζουν οι ίδιοι στον πειραματισμό και όχι στα λόγια άλλων.

Όσον αφορά την κλίμακα «*Υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων*», οι απαντήσεις των μαθητών/τριών δείχνουν ότι είναι περίεργοι για τον κόσμο γύρω τους, θέλουν πολύ να μαθαίνουν άλλες ιδέες/γνώσεις, ακόμη κι αν αυτές έρχονται σε ρήξη με τις υπάρχουσες δικές τους, διότι έτσι θεωρούν ότι αυξάνεται η κριτική τους σκέψη τους και διευρύνονται οι ορίζοντές τους. Επίσης, τους αρέσει να επαναλαμβάνουν ένα πείραμα, να σημειώνουν ακόμη και τα μη αναμενόμενα ευρήματα, αλλά και να εφαρμόζουν νέες πειραματικές μεθόδους. Οι διευκρινήσεις που δίνουν οι μαθητές/τριες στις ημιδομημένες συνεντεύξεις, φωτίζουν τους λόγους των επιλογών τους. Όσον αφορά στην περιέργεια και στην ανακάλυψη (ερωτήσεις Y3 & Y4), η μαθήτρια S6 δήλωσε

ότι «Καθημερινά αναρωτιέμαι για πάρα πολλά πράγματα. Όχι μόνο στη Φυσική», η μαθήτρια S8 δήλωσε ότι «Ζούμε σε έναν κόσμο γεμάτο ερωτήματα. Δεν μπορείς να τα γνωρίζεις όλα. Δεν έχω βγει ακόμη στον κόσμο, δεν τον έχω δει μόνη μου χωρίς κάποιον δίπλα μου και θέλω να το κάνω», η μαθήτρια S11 δήλωσε ότι «Μου αρέσει να ανακαλύπτω νέα πράγματα, γιατί οι νέες γνώσεις μου δίνουν άλλο τρόπο σκέψης. Ανοίγω τους ορίζοντές μου» και η μαθήτρια S13 ότι «θέλω να κάνω νέες ανακαλύψεις που θα βοηθούν τον κόσμο».

Όσον αφορά τα πειράματα (ερωτήσεις Y2, Y7, Y9 και Y10), οι μαθητές/τριες έδωσαν διευκρινήσεις στις ημιδομημένες συνεντεύξεις τους. Η μαθήτρια S2 δήλωσε ότι «Μου αρέσει να κάνω ξανά ένα πείραμα για να ελέγξω αν βγαίνει το ίδιο αποτέλεσμα, γιατί μπορεί να παρέλειψα κάτι και έχω την ευκαιρία να το διορθώσω», η μαθήτρια S3 δήλωσε ότι «επαναλαμβάνω ένα πείραμα, όπως το κάνω και στα διαγωνίσματα, ώστε να έχω πιο σίγουρα αποτελέσματα», η μαθήτρια S7 δήλωσε ότι «στα πειράματα μου αρέσει να χρησιμοποιώ καινούργιες μεθόδους που δεν έχω ξαναχρησιμοποιήσει, γιατί μια νέα μέθοδος μπορεί αν είναι πιο αποτελεσματική, πιο εύκολη, πιο ενδιαφέρουσα». Ωστόσο οι μαθήτριες S4, S7, και S8 προβληματίστηκαν δηλώνοντας «από την άλλη, αν είμαι σίγουρος για μία μέθοδο, γιατί να την αλλάξω;», στάση που δικαιολογεί ενδεχομένως ότι στο αντίστοιχο ερώτημα Y7 έχει καταγραφεί ισορροπία στο ερωτηματολόγιο, ανάμεσα στο «πολύ αληθινό» και «μέτρια αληθινό». Η μαθήτρια S9 ανέφερε επίσης ότι «Στις πειραματικές δραστηριότητες αναφέρω/σημειώνω και αυτά που δεν ήταν αναμενόμενα, γιατί έτσι ανακαλύπτω νέα πράγματα στο πείραμα», ενώ η μαθήτρια S10 ανέφερε ότι «αν πρέπει σώνει και καλά να βρω μια συγκεκριμένη τιμή στο πείραμα, θα προσανατολιστώ να τη βρω». Τέλος, όσον αφορά το πείραμα, η μαθήτρια S8 επεσήμανε ότι «Μου αρέσει να ακούω τη γνώμη των άλλων όταν εκτελώ πειράματα, γιατί η γνώμη των άλλων μπορεί να βοηθήσει να εκτελεστεί το πείραμα πιο εύκολα, είναι καλύτερη η συνεργασία και το ομαδικό πνεύμα», ενώ για το ίδιο θέμα, η μαθήτρια S13 σημείωσε ότι «όλοι πρέπει να βοηθούν στο πείραμα. Έτσι, μπορώ να δω πώς σκέφτεται ο άλλος. Μπορώ να ζανασκεφτώ τι σκέφτηκα εγώ. Τελικά το να ακούω τη γνώμη των άλλων βοηθάει στη συζήτηση και συνεργασία».

Όσον αφορά την αποδοχή των ιδεών των άλλων (ερωτήσεις Y1, Y5, Y6, Y8), οι μαθητές/τριες κατέθεσαν πολύ ενδιαφέρουσες απόψεις. Η μαθήτρια S1 ανέφερε χαρακτηριστικά «Μου αρέσει να διαβάζω πράγματα που είναι αντίθετα με τις ιδέες που έχω ως τώρα, γιατί το να πιστεύεις κάτι σημαίνει ότι έχεις μελετήσει κάτι και το έχεις πιστέψει και άρα για να το αλλάξεις πρέπει ο άλλος να έχει επιχειρήματα». Η μαθήτρια S2 δήλωσε ότι «Μπορεί να είμαι λάθος, ενώ αν έχω μελετήσει να έχω πιο ολοκληρωμένη άποψη. Ό,τι πληροφορία μπορώ να λάβω, τη θέλω. Μου αρέσει ο διάλογος, η συζήτηση. Διευρύνω τις απόψεις μου». Η μαθήτρια S5 ανέφερε ότι «Μου αρέσει να ακούω διαφορετικές απόψεις από τις δικές μου γιατί μπορεί η δική μου άποψη να είναι λάθος», ενώ πολλοί μαθητές/τριες υπογράμμισαν ότι μπορούν να αποδεχτούν άποψη διαφορετική από τη δική τους «αρκεί ο άλλος να μην είναι αλαζόνας, να μπορεί να συνεννοηθεί μαζί μου, να σέβεται και τη δική μου άποψη». Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε η άποψη μαθήτριας με καταγωγή εκτός Ελλάδας «Μεγάλωσα σε διαφορετική κουλτούρα κι έχω μάθει να ακούω το διαφορετικό, εδώ στην Ελλάδα, το

πώς σκέφτονται και οι άλλοι, αλλιώς πώς θα ζούσα στη νέα μου πατρίδα;». Η μαθήτρια S9 αναφέρει «Είμαι πρόθυμη να αλλάξω τις ιδέες που έχω σε ένα θέμα όταν οι αποδείξεις δείχνουν ότι δεν είναι αυτές καλές, γιατί βασίζομαι στις αποδείξεις. Χωρίς αποδείξεις, εγώ δεν αλλάζω ιδέες». Πάνω στο ίδιο θέμα, η μαθήτρια S13 δήλωσε ότι «Η επιστήμη μου αρέσει πολύ γιατί βασίζεται σε κάτι που έχουμε βρει και δεν είναι η γνώμη και η άποψη του καθενός. Αν η επιστήμη δείχνει κάτι άλλο, δεν θα χαρώ σίγουρα αλλά θα είμαι πρόθυμη να το δεχτώ. Οι αποδείξεις είναι το βασικό και η έρευνα». Από τις απαντήσεις φαίνεται ότι οι μαθητές/τριες υιοθετούν επιστημονικές στάσεις αναγνωρίζοντας την σημασία της συνεργασίας και τη συμβολή διαφορετικών ιδεών στην προώθηση της επιστημονική έρευνας, καθώς και την αξία των επιστημονικών τεκμηρίων για την εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων.

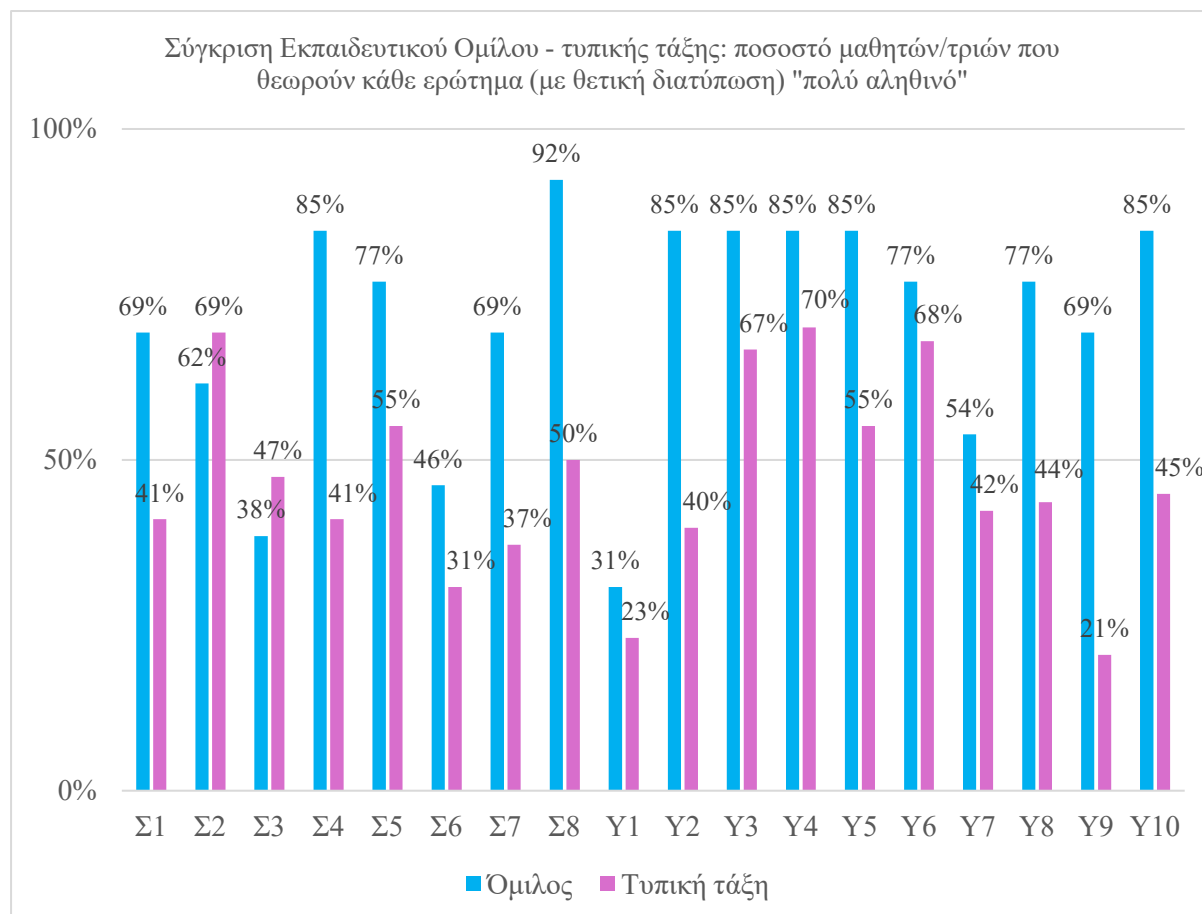
Συνολικά, όσον αφορά τον παράγοντα «Υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων», φάνηκε από τις απαντήσεις των μαθητών/τριών ότι δήλωσαν περίεργοι για τον κόσμο γύρω τους και ότι θέλουν πολύ να μαθαίνουν άλλες ιδέες/γνώσεις γιατί έτσι θεωρούν πως αυξάνεται η κριτική τους σκέψη και ότι διευρύνονται οι ορίζοντές τους. Οι μαθητές/τριες έπειτα από την εφαρμογή της παρέμβασης φαίνεται να ακούν ιδέες κι αν είναι διαφορετικές από τις δικές τους, καθώς αυτό αποτελεί μια αφορμή για συζήτηση/επιχειρηματολογία/συνεργασία. Μάλιστα, είναι διατεθειμένοι να αλλάξουν τις δικές τους απόψεις εάν αυτές είναι τεκμηριωμένα λανθασμένες και φυσικά να αποδεχτούν ιδέες μόνο εάν είναι έγκυρα τεκμηριωμένες. Οι μαθητές/τριες θέλουν να επαναλαμβάνουν τα πειράματα και να αναφέρουν ακόμη και μη αναμενόμενα αποτελέσματα, αρκεί τα πειράματα να είναι σημαντικά για εκείνους ή τον κόσμο γύρω τους.

β) Διαφορές στις στάσεις των μαθητών/τριών της ομάδας πειραματισμού απέναντι στην επιστημονική έρευνα και στην υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων σε σχέση με τους μαθητές/τριες που δεν συμμετείχαν στις διερευνητικές δραστηριότητες (ομάδα ελέγχου).

Προκειμένου να είναι πιο εύκολη η σύγκριση, μεταξύ των δυο δειγμάτων των μαθητών/τριών δεδομένου ότι το μέγεθος τους ήταν διαφορετικό, ο αριθμός των απαντήσεων σε κάθε βαθμό της τριβάθμιας κλίμακας Likert ανά ερώτημα του ερωτηματολογίου (καθόλου αληθινό, μέτρια αληθινό, πολύ αληθινό), μετατράπηκε σε ποσοστό επί του συνόλου των απαντήσεων σε κάθε ερώτημα. Τα αποτελέσματα καταγράφονται στο Διάγραμμα 3 όπου διακρίνεται το ποσοστό των μαθητών/τριών που επέλεξαν «πολύ αληθινό» σε κάθε ένα στοιχείο του ερωτηματολογίου, τόσο αυτών που ανήκαν στον εκπαιδευτικό όμιλο (ομάδα πειραματισμού), όσο και αυτών της τυπικής τάξης (ομάδα ελέγχου).

Όπως παρατηρείται, σε όλα σχεδόν τα ερωτήματα του ερωτηματολογίου, το ποσοστό των μαθητών/τριών που συμφωνούν πολύ, είναι αρκετά ως πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των μαθητών/τριών μιας τυπικής τάξης, που δεν έχουν εμπλακεί σε δραστηριότητες διερευνητικού τύπου. Ενδεικτικά, όσον αφορά την κλίμακα «Στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστημονική έρευνα», εντυπωσιακές είναι οι διαφορές στα ερωτήματα: «Σ1. Προτιμώ να ανακαλύψω γιατί συμβαίνει κάτι, κάνοντας μια πειραματική δραστηριότητα παρά να μου το περιγράψουν προφορικά άλλοι», «Σ4.

Προτιμώ να κάνω μια πειραματική δραστηριότητα για να διαπιστώσω μόνος μου τι συμβαίνει, παρά να συμφωνώ με οτιδήποτε μου λένε οι άλλοι», «Σ5. Προτιμώ να λύσω ένα πρόβλημα κάνοντας ένα πείραμα, παρά να μου πουν την απάντηση άλλου», «Σ7. Προτιμώ να κάνω πείραμα σχετικά με ένα θέμα παρά να διαβάσω σχετικά με αυτό σε ένα επιστημονικό περιοδικό» και «Σ8. Είναι προτιμότερο να ανακαλύπτεις μέσα από πειράματα τα επιστημονικά δεδομένα, παρά να σου τα λένε».



Διάγραμμα 3. Ποσοστό μαθητών/τριών εκπαιδευτικού ομίλου και τυπικής τάξης, που βρίσκουν «πολύ αληθινό» κάθε στοιχείο του ερωτηματολογίου TOSRA.

Όσον αφορά την κλίμακα «Υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων», οι μεγαλύτερες διαφορές καταγράφονται στα στοιχεία «Υ2. Μου αρέσει να εκτελώ ξανά ένα πείραμα για να ελέγξω εάν προκύπτει το ίδιο αποτέλεσμα», «Υ5. Μου αρέσει να ακούω διαφορετικές απόψεις από τις δικές μου», «Υ8. Είμαι πρόθυμος να αλλάζω τις ιδέες που έχω σχετικά με ένα θέμα όταν οι αποδείξεις δείχνουν ότι αυτές οι ιδέες δεν είναι καλές», «Υ9. Στις πειραματικές δραστηριότητες αναφέρω/σημειώνω τα αποτελέσματα που περίμενα να δω, καθώς επίσης και αυτά που δεν ήταν αναμενόμενα» και «Υ10. Μου αρέσει να ακούω τη γνώμη των άλλων όταν εκτελώ πειράματα».

Τέλος, σε δύο στοιχεία «Σ2. Προτιμώ να κάνω πειραματικές δραστηριότητες από το να τα διαβάζω» και «Σ3. Προτιμώ να κάνω πειράματα παρά να μαθαίνω πληροφορίες από τον καθηγητή», το ποσοστό των μαθητών/τριών της τυπικής τάξης ξεπερνά το

αντίστοιχο του εκπαιδευτικού ομίλου, κάτι που μάλλον είναι φυσιολογικό, καθώς φαίνεται να αντικατοπτρίζεται έτσι η μεγάλη επιθυμία των μαθητών/τριών της τυπικής τάξης να εμπλακούν σε πειραματικές διαδικασίες. Επίσης θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των μαθητών/τριών της τυπικής τάξης και του εκπαιδευτικού ομίλου αποτελούν απλώς μια ένδειξη της ανάπτυξης θετικών στάσεων έναντι της επιστήμης από μαθητές/τριες που εμπλέκονται σε δραστηριότητες διερεύνησης, καθώς οι λόγοι μπορεί να είναι άλλοι, που δεν έχουν συνεκτιμηθεί.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εδώ και δεκαετίες καταγράφεται σταθερή μείωση του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών για τις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά. Αντίστοιχα παρατηρείται μείωση και στο ποσοστό των φοιτητών σε προπτυχιακά και μεταπτυχιακά προγράμματα Φυσικών Επιστημών και άλλων γνωστικών αντικειμένων, που συμπεριλαμβάνονται στην εκπαίδευση STEM, η οποία έχει ως βασικό στόχο την σύνδεσή της εκπαίδευσης με τις σύγχρονες απαιτήσεις της αγοράς εργασίας (Astin, 1997· Welch, 2010). Η προώθηση θετικών στάσεων ως προς την επιστήμη, στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών, θεωρείται σημαντικός στόχος, λόγω του κρίσιμου ρόλου τους στην επίδραση θετικής βούλησης των μαθητών/τριών για μάθηση και της θετικής συσχέτισής τους με τη σχολική επίδοση. Αυτός είναι και ο λόγος που η μελέτη των στάσεων έχει κινήσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών (Gkagkas & Hatzikraniotis, 2023). Άλλωστε, οι στάσεις είναι μια δυναμική και όχι στατική διαδικασία, που σημαίνει ότι μπορούν να μεταβληθούν μέσω σκόπιμων εκπαιδευτικών παρεμβάσεων.

Οι αρνητικές στάσεις των μαθητών/τριών απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες οφείλονται σε αρκετούς παράγοντες. Αυτοί σχετίζονται με τον τρόπο διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο, με την προσωπικότητα των μαθητών/τριών, αλλά και με εξωτερικούς παράγοντες που σχετίζονται με το επίπεδο της εκπαίδευσης ή και τις ανταμοιβές που απονέμουν διαφορετικές χώρες σε σταδιοδρομίες που σχετίζονται με σπουδές στη Φυσική (Soh et al., 2010). Ως εκ τούτου, οι μαθητές/τριες δεν γεννιούνται με προδιάθεση είτε συμπάθειας είτε αντιπάθειας προς την επιστήμη, αλλά διαμορφώνουν τις στάσεις τους μέσω της μαθησιακής τους εμπειρίας και των εκπαιδευτικών ερεθισμάτων που λαμβάνουν (Koballa, 1998).

Στην παρούσα έρευνα, όπως αποτυπώθηκε από τις απαντήσεις των μαθητών/τριών στο ερωτηματολόγιο TOSRA και από τις μετέπειτα ημιδομημένες συνεντεύξεις τους, φάνηκε ότι οι μαθητές/τριες ήταν θετικοί σε όλες τις δηλώσεις-ερωτήσεις των δυο κλιμάκων «Στάσεις μαθητών/τριών απέναντι στην επιστημονική έρευνα», και «Υιοθέτηση επιστημονικών στάσεων». Οι στάσεις τους ήταν πιο θετικές σε σύγκριση με αυτές των συμμαθητών/τριών τους, του ίδιου σχολείου που συμμετείχαν σε τυπική τάξη. Τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν σε διερευνητικές δραστηριότητες STEM IB-mLabs:

(α) Προτιμούν να ανακαλύπτουν γιατί συμβαίνει κάτι, μέσω πειραματικών δραστηριοτήτων παρά να τους το περιγράψουν προφορικά, ακόμη και αν πρόκειται για τον εκπαιδευτικό τους, ή να το διαβάζουν, ακόμη και αν πρόκειται για επιστημονικό περιοδικό. Επιπλέον, προτιμούν να επιλύουν προβλήματα εκτελώντας πειράματα, παρά να τους προσφέρουν τη λύση άλλοι, συμπεριλαμβανομένου του καθηγητή τους. Οι λόγοι που στοιχειοθετούν αυτές τις στάσεις τους, είναι γενικά δύο: Αφενός, δεν μπορούν να εμπιστευτούν απλώς λεγόμενα άλλων όταν πρόκειται για επιστημονικά θέματα και αφετέρου θεωρούν ότι κατανοούν καλύτερα τις έννοιες όταν τις προσεγγίζουν πειραματικά. Αξίζει να επισημανθεί ωστόσο, ότι οι μαθητές/τριες δείχνουν σαφώς μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στον καθηγητή τους ή σε επιστημονικά περιοδικά, σε σχέση με τις απόψεις ή δεδομένα που τους παρέχουν «άλλοι».

(β) Τους αρέσει να ακούν ή να διαβάζουν απόψεις που είναι διαφορετικές από τις δικές τους και να εκτίθενται σε νέες ιδέες που τους ωθούν να αλλάξουν τις δικές τους, εφόσον αποδεικνύονται καλύτερες. Επιπλέον, έχουν περιέργεια για τον κόσμο γύρω τους και τους αρέσει η ανακάλυψη νέων γνώσεων. Βασικός λόγος που το αναφέρουν είναι ότι με αυτόν τον τρόπο διευρύνουν τους ορίζοντες τους και καλλιεργούν και τον τρόπο σκέψης τους.

(γ) Τους αρέσει να επαναλαμβάνουν πειράματα και μάλιστα με νέες μεθόδους, λαμβάνοντας υπόψη τη γνώμη των συμμαθητών/τριών τους, ώστε να διασφαλίσουν την ορθότητα του αποτελέσματος.

Επίσης ένα σημαντικό εύρημα είναι ότι οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν στις δραστηριότητες STEM IB-mLabs όπως καταγράφεται στις ημιδομημένες συνεντεύξεις, παρουσιάζουν χαρακτηριστικά συνυφασμένα με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης. Αυτά περιλαμβάνουν την αμφισβήτηση ατεκμηρίωτων απόψεων ή δεδομένων, τη διάθεση για αντιμετώπιση καταστάσεων από διαφορετικές οπτικές γωνίες, καθώς και την επιθυμία για συνεργασία στο πλαίσιο μιας έρευνας.

Η σημαντική διαφορά στις θετικές στάσεις απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες, μεταξύ των μαθητών/τριών που συμμετείχαν στα εργαστήρια STEM IB-mLabs και των συμμαθητών/τριών τους σε τυπικές τάξεις, αποτελεί ένδειξη ότι οι στάσεις υιοθετούνται είτε ενεργά είτε έμμεσα και επομένως μπορούν να διδαχθούν, κάτι που επιβεβαιώνεται από τη διεθνή βιβλιογραφία (ενδεικτικά: Koballa, 1989· Sugrah et al., 2023). Επίσης το μαθησιακό περιβάλλον αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στη διαμόρφωση των στάσεων των μαθητών/τριών. Έχει διαπιστωθεί ότι η θετική στάση απέναντι στην επιστήμη σχετίζεται με την ενεργή συμμετοχή, τις καλές σχέσεις με άλλους μαθητές/τριες και εκπαιδευτικούς και τη χρήση ποικιλίας διδακτικών στρατηγικών με υποστήριξη και τον μικρότερο δυνατό έλεγχο από πλευράς εκπαιδευτικών (Karpudewan & Meng, 2017· Myers & Fouts, 1992). Επιπλέον, η βασική διδακτική μέθοδος που εφαρμόστηκε στα εργαστήρια STEM IB-mLabs, δηλαδή η μάθηση με βάση τη διερεύνηση, φαίνεται να συνέβαλε καθοριστικά στην ανάπτυξη των θετικών στάσεων. Εμπειρικές μελέτες παρέχουν στοιχεία ότι τα εποικοδομητικά περιβάλλοντα μάθησης, τα προγράμματα που εμπλέκουν τους μαθητές/τριες σε αυθεντικά επιστημονικά προβλήματα και η εφαρμογή προγραμμάτων

σπουδών μάθησης με βάση τη διερεύνηση στις Φυσικές Επιστήμες μπορούν να έχουν θετικό αντίκτυπο και να βελτιώσουν σημαντικά τις στάσεις και τις απόψεις των μαθητών/τριών για την επιστήμη (Nichols & Miller, 1994· Shymansky et al., 1990· Welch, 2010).

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αυξανόμενη υποστήριξη της μάθησης με βάση τη διερεύνηση στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών, επειδή δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης θετικών στάσεων των μαθητών/τριών απέναντι στην επιστήμη και ταυτόχρονα μπορεί να συμβάλει σε μια βαθύτερη κατανόηση των εννοιών της επιστήμης από τους μαθητές/τριες (Suárez et al., 2018). Η μάθηση με βάση τη διερεύνηση προσφέρει εμπειρίες σχετικές με την επιστήμη, προάγει την ανάπτυξη μιας γνωσιολογικής επίγνωσης για το πώς λειτουργεί η επιστήμη και αναπτύσσει θετικές στάσεις απέναντί της (Chinn & Malhotra, 2002· Shymansky et al., 1983).

Η διερευνητική προσέγγιση επιτρέπει στους μαθητές/τριες να συνδέσουν τις δραστηριότητες στην τάξη με τις προσωπικές τους εμπειρίες, ενισχύοντας τα κίνητρό τους για μάθηση. Στη μελέτη των Rissing & Cogan (2009) παρατηρήθηκαν σημαντικά οφέλη στις στάσεις των μαθητών/τριών που συμμετείχαν σε εργαστήριο με διερευνητικές πρακτικές. Επίσης, τα ευρήματα της μελέτης του Gibson (1998) υποδηλώνουν ότι τα επιστημονικά προγράμματα που χρησιμοποιούν μια προσέγγιση βασισμένη στην έρευνα (research based) μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές/τριες με υψηλό ενδιαφέρον για την επιστήμη να διατηρήσουν αυτό το ενδιαφέρον κατά τη διάρκεια της φοίτησής τους στο γυμνάσιο.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Μολοχίδης, Α., Καριώτογλου, Π., & Ψύλλος, Δ. (2007). Η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου ως σχεδιαστική αρχή ανάπτυξης επιμορφωτικών προγραμμάτων: Αξιολόγηση μιας μελέτη περίπτωσης. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος & Γ. Τσαπαρλής (Επιμ.) *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και νέες τεχνολογίες στην εκπαίδευση*, 15-18 Μαρτίου 2007, Ιωάννινα.
- Astin, A. (1997). How “good” is your institution’s retention rate? *Research in Higher Education*, 38(6), 647-658. <https://doi.org/10.1023/A:1024903702810>
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science education*, 86(2), 175-218. <https://doi.org/10.1002/sce.10001>
- Kingir, S., Tas, Y., Gok, G., & Vural, S. S. (2013). Relationships among constructivist learning environment perceptions, motivational beliefs, self-regulation and science achievement. *Research in Science & Technological Education*, 31(3), 205–226. <https://doi.org/10.1080/02635143.2013.825594>
- Fraser, B. J. (1981). *Test of Science-Related Attitude (TOSRA)*. Melbourne: Australian Council for Educational Research.
- Fraser, B.L. (1978). Development of a test of science-related attitudes. *Science Education*, 62(4), 509-515. <https://doi.org/10.1002/sce.3730620411>

Freedman, M. P. (1997). Relationship among laboratory instruction, attitude toward science, and achievement in science knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 343-357.

[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199704\)34:4<343::AID-TEA5>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199704)34:4<343::AID-TEA5>3.0.CO;2-R)

Gall, M. D., Borg, W. R., & Gall J. P. (8^η εκδ. 2006). *Educational Research: An introduction*. Pearson. ISBN : 978-0205488490.

Gauld, C. (1982). The Scientific Attitude and Science Education: A Critical Reappraisal. *Science education*, 66(1), 109-21. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660113>

Gibson, H. L. (1998). Case studies of an inquiry-based science programs' impact on students' attitude towards science and interest in science careers. *Paper presented at the 71st Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. San Diego, CA, April 19-22, 1998. Ανακτήθηκε στις 15 Μαρτίου 2024, από το <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED417980.pdf>

Gkagkas, V. & Hatzikraniotis, E. (2023). Assessing Science Related Attitudes in Greek Upper Highschool Students. Στο L. G. Chova, C. G. Martínez, J. Lees (επιμ.) *INTED2023 Proceedings*. 17th International Technology, Education and Development Conference at Valencia, Spain, 6-8 March, 2023, pp. 4393-4400. <https://doi.org/10.21125/inted.2023.1161>

Gungor, A., Eryilmaz, A., & Fakioğlu, T. (2007). The relationship of freshmen's physics achievement and their related affective characteristics. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1036-1056. <https://doi.org/10.1002/tea.20200>

Hastuti, P. W., Nurohman, S., & Setianingsih, W. (2018). The development of science worksheet based on inquiry science issues to improve critical thinking and scientific attitude. *Journal of Physics: Conference Series* 1097, 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012004>

Karpudewan, M., & Meng, C. K. (2017). The effects of classroom learning environment and laboratory learning environment on the attitude towards learning science in the 21st-century science lessons. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 25-45.

<https://doi.org/10.32890/mjli.2017.7795>

Klopfer, L.E. (1971), Evaluation of learning in science, στο S. Bloom, J.T. Hastings, & G.F. Madaus (επιμ.) *Handbook on summative and formative evaluation of student learning*. pp. 559-642, New York, NY: McGraw-Hill. ISBN: 978-0070061149.

Koballa, T. R. (1989). Changing and measuring attitudes in the science classroom, *Research Matters to the Science Teacher*, No 8901. National Association for Research in Science Teaching. Ανακτήθηκε στις 15 Μαρτίου 2024, από το <https://narst.org/research-matters/changing-measuring-attitudes-science-classroom>

Munby, H. (1983). Thirty studies involving the "Scientific Attitude Inventory": What confidence can we have in this instrument?. *Journal of research in science teaching*, 20(2), 141-162. <https://doi.org/10.1002/tea.3660200206>

Myers III, R. E., & Fouts, J. T. (1992). A cluster analysis of high school science classroom environments and attitude toward science. *Journal of Research in Science teaching*, 29(9), 929-937. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290904>

- Napier, J. D., & Riley, J. P. (1985). Relationship between affective determinants and achievement in science for seventeen-year-olds. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(4), 365-383. <https://doi.org/10.1002/tea.3660220407>
- Nichols, J. D., & Miller, R. B. (1994). Cooperative learning and student motivation. *Contemporary educational psychology*, 19(2), 167-178. <https://doi.org/10.1006/ceps.1994.1015>
- Papanastasiou, E.C., Zembylas, M. The Effect of Attitudes on Science Achievement: A Study Conducted Among High School Pupils in Cyprus. *International Review of Education* 48, 469–484 (2002). <https://doi.org/10.1023/A:1021334424571>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L.A., de Jong, T., van Riesen, S.A.N., Kamp, E.T., Manoli, C.C., Zacharia, Z.C., Tsourlidaki, E. (2015). Phases of Inquiry-Based Learning: Definitions and the Inquiry Cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Rissing, S. W., & Cogan, J. G. (2009). Can an inquiry approach improve college student learning in a teaching laboratory?. *CBE—Life Sciences Education*, 8(1), 55-61. <https://doi.org/10.1187/cbe.08-05-0023>
- Salta, K., & Tzougraki, C. (2004). Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece. *Science Education*, 88(4), 535-547. <https://doi.org/10.1002/sce.10134>
- Shymansky, J. A., Kyle Jr, W. C., & Alport, J. M. (1983). The effects of new science curricula on student performance. *Journal of research in Science Teaching*, 20(5), 387-404. <https://doi.org/10.1002/tea.3660200504>
- Shymansky, J. A., Hedges, L. V., & Woodworth, G. (1990). A reassessment of the effects of inquiry-based science curricula of the 60's on student performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(2), 127-144. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270205>
- Soh, T. M. T., Arsad, N. M., & Osman, K. (2010). The relationship of 21st century skills on students' attitude and perception towards physics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 7, 546-554. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.10.073>
- Suarez, A., Specht, M., Prinsen, F., Kalz, M., & Ternier, S. (2018). A review of the types of mobile activities in mobile inquiry-based learning. *Computers & Education*, 118, 38-55. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.004>
- Sugrah, N., Suyanta, & Wiyarsi, A. (2023). Promoting students' critical thinking and scientific attitudes through socio-scientific issues-based flipped classroom. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 11: (1), 140–165. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.11.1.1856>
- Welch, A. G. (2010). Using the TOSRA to assess high school students' attitudes toward science after competing in the FIRST robotics competition: An exploratory study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 6(3), 187-197. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75239>

ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ CHATGPT ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης

Καθηγητής ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

kkotsis@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή διερευνά τις πιθανές χρήσεις του ChatGPT στη διδασκαλία της φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο, ιδιαίτερα σε συνδυασμό πειραμάτων. Η έρευνα υπογραμμίζει τη σημασία των πειραμάτων και διευκρινίζει πώς το ChatGPT μπορεί να ενισχύσει αυτή τη διαδικασία παρέχοντας στιγμιαία ανατροφοδότηση, επιτρέποντας διαδραστικές προσομοιώσεις και παρουσιάζοντας προσαρμοσμένες διαδρομές μάθησης. Το ChatGPT βοηθά στην αποσαφήνιση δύσκολων ιδεών για τους μαθητές, προωθεί την κριτική σκέψη και καλλιεργεί ένα συνεχές περιβάλλον μάθησης με τη συμμετοχή των μαθητών σε διάλογο. Η ενσωμάτωση του ChatGPT υποστηρίζει τους στόχους του προγράμματος σπουδών και ενθαρρύνει ένα δια βίου ενδιαφέρον για την επιστήμη μεταξύ των μαθητών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα εργαλεία που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη, όπως το ChatGPT, έχουν την ικανότητα να αλλάζουν ουσιαστικά τις παραδοσιακές προσεγγίσεις διδασκαλίας, ενισχύοντας τη συμμετοχή των μαθητών, την κατανόηση και τη συνολική εκπαιδευτική αποτελεσματικότητα.

Λέξεις κλειδιά: ChatGPT, διδασκαλία Φυσικής, πειράματα, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Αναφορά: Κώτσης, Κ. Θ. (2025). Χρήση του ChatGPT για τη Διδασκαλία της Φυσικής με Πειράματα στο Δημοτικό Σχολείο, 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

USES OF CHATGPT IN PRIMARY SCHOOL PHYSICS EDUCATION WITH HANDS-ON EXPERIMENTS

Konstantinos T. Kotsis

Department of Primary Education, University of Ioannina, Greece

kkotsis@uoi.gr

ABSTRACT

This paper explores the potential applications of ChatGPT in primary school physics education, particularly when integrated with hands-on experiments. The study emphasizes the importance of experiential learning and how ChatGPT can enhance this process by providing real-time feedback, facilitating interactive simulations, and offering personalized learning pathways. ChatGPT helps students clarify complex concepts, encourages critical thinking, and fosters a continuous learning environment by engaging students in dialogue. ChatGPT's integration supports curriculum objectives and inspires a lifelong passion for science among young learners. The findings suggest that AI-driven tools like ChatGPT can significantly transform traditional educational methods, improving student engagement, comprehension, and overall instructional effectiveness.

Keywords: *ChatGPT, Physics Teaching, hands-on experiments, Primary Education*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ειδικά σε τομείς όπως η φυσική, η ενσωμάτωση των σύγχρονων τεχνολογιών στις παραδοσιακές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις αναδιαμορφώνει τις παιδαγωγικές μεθόδους στο σύγχρονο εκπαιδευτικό τοπίο. Η τεχνητή νοημοσύνη – και συγκεκριμένα το ChatGPT – παρουσιάζει πρωτοφανείς ευκαιρίες για την ενίσχυση τόσο της εμπλοκής όσο και της κατανόησης των μαθητών (Sharma & Yadav, 2023). Αυτή η εργασία διερευνά τις διάφορες εφαρμογές του ChatGPT στη διδασκαλία της φυσικής του Δημοτικού Σχολείου, ιδιαίτερα στο πλαίσιο των πειραμάτων. Μέσω διαδραστικών διαλόγων και εξατομικευμένων σχολίων, το ChatGPT μπορεί να διευκρινίσει πολύπλοκες έννοιες, επιτρέποντας στους νέους μαθητές να τις κατανοήσουν πιο αποτελεσματικά (Orara et al., 2023). Επιπλέον, η αξιοποίηση εργαλείων επεξεργασίας φυσικής γλώσσας δίνει τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να διευκολύνουν σε βάθος συζητήσεις που διεγείρουν την κριτική σκέψη και την περιέργεια για επιστημονική έρευνα (Adeshola & Adepoju, 2023). Η εξέταση του ρόλου του ChatGPT στη διερευνητική μάθηση εκτείνεται πέρα από την απλή διάδοση περιεχομένου,

παρέχοντας βοήθεια επίλυσης προβλημάτων σε πραγματικό χρόνο και διαδρομές μάθησης προσαρμοσμένες στις ατομικές απαιτήσεις των μαθητών, στοχεύοντας, παράλληλα, στη γεφύρωση του χάσματος γνώσεων (Javaid et al., 2023). Ενθαρρύνοντας τους μαθητές να διερευνήσουν θεωρητικές έννοιες σε συνδυασμό με πραγματικές εφαρμογές, τέτοιες αλληλεπιδράσεις εμπλουτίζουν το πρόγραμμα σπουδών και συνδράμουν στη βαθύτερη κατανόηση των θεμελιωδών αρχών της φυσικής. Το ChatGPT εμπλουτίζει τα πειράματα δημιουργώντας ένα περιβάλλον ευνοϊκό για έρευνα και καινοτομία, ενισχύοντας έτσι τη συνολική διαδικασία μάθησης. Η αξιολόγηση των δυνατοτήτων του ChatGPT στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση απαιτεί σίγουρα διεξοδική εξέταση της παιδαγωγικής αποτελεσματικότητας και της ανάπτυξης των μαθητών (Zhang & Tur, 2024). Υποστηρίζοντας την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στη διερευνητική μάθηση, υπογραμμίζεται η σημασία των διαδραστικών τεχνολογιών στη διαμόρφωση των μελλοντικών εκπαιδευτικών παραδειγμάτων.

Η προώθηση του επιστημονικού αλφαριθμητισμού και της κριτικής σκέψης μέσω της διδασκαλίας της φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο είναι ένα πρωταρχικό μέλημα (Vieira & Tenreiro-Vieira, 2016). Η έγκαιρη ενασχόληση με έννοιες της φυσικής βοηθά τα παιδιά να κατανοήσουν τον κόσμο μέσω διερεύνησης και πειραμάτων, προωθώντας τη συμμετοχή και τη διατήρηση της γνώσης (Radu & Schneider, 2019). Η τεχνολογία, ιδιαίτερα εξελιγμένα εργαλεία όπως τα chatbots, μπορούν να ενισχύσουν αυτή την εκπαιδευτική διαδικασία παρέχοντας άμεση πρόσβαση σε πληροφορίες και διευκολύνοντας διαδραστικές συζητήσεις σχετικά με τις αρχές της φυσικής. Για παράδειγμα, τα chatbots μπορούν να απλοποιήσουν πολύπλοκα θέματα και να καθοδηγήσουν τους μαθητές μέσω πειραμάτων προσφέροντας οφέλη, όπως σε τομείς, όπου οι τεχνολογίες chatbot έχουν αποδειχθεί εξαιρετικά αποτελεσματικές (Hostetter et al., 2024). Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να ικανοποιήσουν τα διαφορετικά στυλ μάθησης και τις ανάγκες των νέων μαθητών ενσωματώνοντας αυτούς τους ψηφιακούς πόρους, προετοιμάζοντας, παράλληλα, τους μαθητές ώστε να μπορούν να ανταποκρίνονται στις εξελισσόμενες απαιτήσεις της επιστήμης και της τεχνολογίας (Hu et al., 2024). Κατά συνέπεια, η εξέλιξη της διδασκαλίας της φυσικής μέσω καινοτόμων μεθόδων παραμένει ουσιαστική για την περαιτέρω ανάπτυξη του διερευνητικού τρόπου σκέψης.

Η ενθάρρυνση των δεξιοτήτων της κριτικής σκέψης και της περιέργειας μεταξύ των μαθητών του Δημοτικού Σχολείου, καθώς και η ενεργός συμμετοχή σε πραγματικά πειράματα, ενισχύει σημαντικά την εκπαιδευτική εμπειρία (Wu et al., 2018). Οι μαθητές που συμμετέχουν σε δραστηριότητες που σχετίζονται με έννοιες της φυσικής όχι μόνο ενισχύουν την κατανόησή τους για την επιστημονική μέθοδο αλλά και βελτιώνουν την ικανότητά τους να κατανοούν πιο αποτελεσματικά τις αφηρημένες έννοιες. Με τη συμμετοχή σε πειράματα, οι μαθητές δημιουργούν συνδέσεις μεταξύ θεωρητικής γνώσης και πρακτικής εφαρμογής, βελτιώνοντας έτσι τη διατήρηση και την κατανόηση της γνώσης τους (Sandoval, 2005). Επιπλέον, καθώς οι μαθητές συχνά συνεργάζονται σε ομάδες για να προτείνουν υποθέσεις, να κάνουν δοκιμές και να αναλύσουν δεδομένα, τα πειράματα προωθούν την ομαδική εργασία και τις δεξιότητες επικοινωνίας (Holstermann et al., 2010). Αυτό το συνεργατικό περιβάλλον ενθαρρύνει

την ένταξη και μια ποικιλία προοπτικών, ενισχύοντας τελικά τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Η ενσωμάτωση του πειραματισμού σε ένα πρόγραμμα σπουδών βοηθά στην ανακούφιση των προκλήσεων που σχετίζονται με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας που βασίζονται σε διαλέξεις, μετατρέποντας έτσι την εκπαίδευση σε μία διαδραστική διαδικασία που έχει απήχηση στους μικρούς μαθητές (Steffe & Gale, 2012).

Η τεχνητή νοημοσύνη κέρδισε πρόσφατα την προσοχή στην εκπαιδευτική τεχνολογία, με το ChatGPT να αναδύεται ως μετασχηματιστικό εργαλείο τόσο για εκπαιδευτικούς όσο και για μαθητές (Alam, 2021). Ιδιαίτερα στο πλαίσιο της διδασκαλίας της φυσικής του Δημοτικού Σχολείου, αυτή η πλατφόρμα προσφέρει άμεση ανατροφοδότηση και εξατομικευμένες αλληλεπιδράσεις, οι οποίες μπορεί να είναι εξαιρετικά επωφελείς. Μέσω διαλόγων που βασίζονται στην έρευνα και τη διαδραστική επίλυση προβλημάτων, το ChatGPT δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να κατανοήσουν πολύπλοκες έννοιες μέσω προσαρμοσμένων μαθησιακών εμπειριών. Επιπλέον, υπογραμμίζεται ότι η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης (AI) σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τα μαθησιακά αποτελέσματα και να διευκολύνει την απρόσκοπτη ενσωμάτωση τεχνολογικών και παραδοσιακών μεθόδων διδασκαλίας (Staikova et al., 2024). Έχει αναφερθεί ότι οι αποτελεσματικές στρατηγικές αύξησης δεδομένων μπορούν να εμπλουτίσουν την ποιότητα των αλληλεπιδράσεων, διασφαλίζοντας ότι οι μαθητές λαμβάνουν ποικίλες, σχετικές απαντήσεις, προσαρμοσμένες στις συγκεκριμένες μαθησιακές τους ανάγκες (Martin & Graulich, 2024). Κατά συνέπεια, οι δυνατότητες του ChatGPT στην εκπαίδευση εκτείνεται πέρα από την απλή παράδοση περιεχομένου, καθώς υπόσχονται ένα βαθύτερο και με μεγαλύτερη εμπλοκή περιβάλλον μάθησης για τους νεαρούς μαθητές.

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ CHATGPT

Η ενσωμάτωση του ChatGPT στην εκπαίδευση της φυσικής στο σχολείο, ειδικά όταν περιέχει πειράματα, έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει σημαντικά την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών. Το ChatGPT χρησιμεύει ως ένα πρόσθετο εκπαιδευτικό εργαλείο που προωθεί τη βαθύτερη εμπλοκή με σύνθετες έννοιες, μέσω άμεσων απαντήσεων και προσαρμοσμένων επεξηγήσεων. Για παράδειγμα, όταν οι μαθητές εκπαιδεύονται στους νόμους της κίνησης και της δύναμης κατά τη διάρκεια πρακτικών δράσεων, το ChatGPT μπορεί να παρέχει παραδείγματα και διαδραστικούς διαλόγους που να διευκρινίζουν αυτές τις ιδέες σε πραγματικό χρόνο. Με βάση την τρέχουσα έρευνα, η εμπιστοσύνη στη διαμεσολάβηση της τεχνολογίας υποδεικνύει τη θετική αλληλεπίδραση με το ChatGPT, καθώς βοηθά τους μαθητές να αποκτήσουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση στο μαθησιακό τους περιβάλλον, αυξάνοντας έτσι την πρόθεσή τους να παραμένουν αφοσιωμένοι κατά τη διάρκεια διδασκαλίας της φυσικής. Μία μεθοδική ανάλυση της επιρροής του ChatGPT για τη διδασκαλία της γλώσσας έδειξε ότι μπορεί να επιτρέψει την αυτοκατευθυνόμενη μάθηση (Li et al., 2024), η

οποία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και στη φυσική, επιτρέποντας στους μαθητές να διερευνήσουν τις ιδέες τους μόνοι τους, ενώ θα λαμβάνουν ταυτόχρονα χρήσιμα σχόλια από την ΑΙ.

Η διευκόλυνση των διαδραστικών συνεδριών ερωτήσεων-απαντήσεων βελτιώνει σημαντικά την κατανόηση των σύνθετων εννοιών της φυσικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση από τους μαθητές (Ramirez, 2021). Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν έναν διάλογο που να διευκρινίζει τις τυχόν παρανοήσεις και να διεγείρει την κριτική σκέψη, επιτρέποντας στους μαθητές να θέτουν ερωτήσεις σχετικά με τα πειράματά τους. Αυτή η διαδραστική μορφή βοηθά στη διάκριση μεταξύ της επιφανειακής και της βαθύτερης εννοιολογικής κατανόησης, καθώς οι μαθητές διατυπώνουν τις σκέψεις και τις δράσεις τους σε πραγματικό χρόνο. Η άμεση ανατροφοδότηση που παρέχεται κατά τη διάρκεια αυτής της διεργασίας προωθεί την αίσθηση του ανήκειν σε μία ομάδα και τη συνεργατική μάθηση, ενισχύοντας ένα περιβάλλον όπου οι μαθητές νιώθουν άνετα να εκφράσουν οποιαδήποτε σύγχυση ή περιέργεια χωρίς το φόβο της κρίσης. Καθώς οι παρανοήσεις αντιμετωπίζονται έγκαιρα, οι μαθητές είναι πιο πιθανό να διατηρήσουν τη γνώση και να εφαρμόσουν τις έννοιες αποτελεσματικά σε πρακτικά σενάρια (Katz et al., 2021). Είναι γνωστό, άλλωστε, ότι η ενσωμάτωση δομημένων ερωτήσεων-απαντήσεων στην εκπαίδευση της φυσικής μέσω πειραμάτων, εμπλουτίζει τη μαθησιακή εμπειρία, επιφέροντας θετικά εκπαιδευτικά αποτελέσματα στην κατανόηση θεμελιωδών αρχών (Bobrowsky et al., 2014).

Αξιοποιώντας την τεχνολογία και την ανάλυση δεδομένων, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν αποτελεσματικά εξατομικευμένα σενάρια μάθησης που να καλύπτουν τις διαφορετικές ανάγκες των μαθητών για τη διδασκαλία της φυσικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Αυτή η προσέγγιση στηρίζεται στην πεποίθηση ότι κάθε μαθητής έχει μοναδικά δυνατά σημεία, αδυναμίες και ενδιαφέροντα, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τα επίπεδα εμπλοκής και κατανόησής του. Χρησιμοποιώντας εργαλεία όπως το ChatGPT, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να αναπτύξουν εξατομικευμένο εκπαιδευτικό υλικό και πρακτικά πειράματα που να συνάδουν με μεμονωμένα στυλ μάθησης (Mikeladze, 2023). Για παράδειγμα, οι μαθητές που αντιμετωπίζουν δυσκολίες με την έννοια της βαρύτητας μπορεί να επωφεληθούν από διαδραστικές προσομοιώσεις που να απεικονίζουν την αντίστοιχη δύναμη σε διάφορες καταστάσεις. Αντίθετα, ένας άλλος μαθητής που δείχνει ιδιαίτερη προτίμηση στην αφήγηση θα μπορούσε να εμπλακεί πιο ουσιαστικά μέσα από μαθήματα με άξονα αφηγηματικές μεθόδους ή ιστορίες σχετικά με την επιστημονική ανακάλυψη. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να προσαρμόσουν τις οδούς μάθησης για να εξασφαλίσουν ότι οι μαθητές εμπλέκονται αλλά και υποστηρίζονται από τη συνεχή αξιολόγηση της προόδου τους, μέσω διαμορφωτικών αξιολογήσεων, ενισχύοντας τη συνολική τους εμπειρία και ενθαρρύνοντας τη βαθύτερη κατανόηση των εννοιών της φυσικής (Miao et al., 2021).

Η ενσωμάτωση του ChatGPT στον σχεδιασμό μαθημάτων και στο πρόγραμμα σπουδών αποτελεί μια ευκαιρία για τους εκπαιδευτικούς για τη διδασκαλία της φυσικής

του Δημοτικού Σχολείου. Αξιοποιώντας τις προηγμένες δυνατότητες επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (Yildiz, 2023), οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν εξατομικευμένο εκπαιδευτικό υλικό, διασφαλίζοντας την τήρηση συγκεκριμένων μαθησιακών στόχων, καλύπτοντας παράλληλα τις διαφορετικές ανάγκες των μαθητών. Για παράδειγμα, το ChatGPT μπορεί να βοηθήσει στη δημιουργία λεπτομερών περιγραμμάτων μαθημάτων που ενσωματώνουν πειράματα, ενισχύοντας την εμπλοκή των μαθητών μέσω διαδραστικών μαθησιακών εμπειριών. Η παροχή άμεσης ανατροφοδότησης σχετικά με το περιεχόμενο του μαθήματος επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να βελτιώσουν τις προσεγγίσεις τους, προωθώντας έναν επαναληπτικό σχεδιασμό που να ανταποκρίνεται σε πολύ καλές παιδαγωγικές πρακτικές. Πέρα από τη δομή του μαθήματος, το ChatGPT μπορεί να διευκολύνει τη δημιουργία διαφοροποιημένων αξιολογήσεων, επιτρέποντας στους δασκάλους να αξιολογήσουν ολόπλευρα την κατανόηση των μαθητών. Η ενσωμάτωση αυτού του εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης βελτιώνει τελικά τον σχεδιασμό του προγράμματος σπουδών, προωθώντας ένα πιο εξατομικευμένο και αποτελεσματικό εκπαιδευτικό περιβάλλον που ευνοεί την επιστημονική έρευνα και την περιέργεια μεταξύ των νεαρών μαθητών (Juuti, 2005).

ΔΙΕΥΚΟΛΥΝΣΗ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΟ CHATGPT

Η ενσωμάτωση του ChatGPT στην εκπαίδευση της φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο προσφέρει μία επαναστατική προσέγγιση για τη διευκόλυνση των πειραμάτων. Παρέχοντας υποστήριξη σε πραγματικό χρόνο, το ChatGPT μπορεί να χρησιμεύσει ως διαδραστικός οδηγός που θα καθοδηγεί τους μαθητές μέσω πειραματικών διαδικασιών, ενισχύοντας τόσο την ενασχόλησή τους, όσο και την κατανόηση. Αυτός ο εικονικός βοηθός μπορεί να συνδράμει στην αποσαφήνιση πολύπλοκων εννοιών, όπως η μηχανική της δυναμικής των ρευστών ή η σημασία των υλικών που χρησιμοποιούνται σε πειράματα. Επιπλέον, το ChatGPT μπορεί να δημιουργήσει προσαρμοσμένες προτάσεις πειραμάτων με βάση τις εσφαλμένες αντιλήψεις των μαθητών, τα επίπεδα γνώσης και τους μαθησιακούς στόχους, ενισχύοντας ένα περιβάλλον όπου επικρατεί η διερεύνηση και η έρευνα (Kotsis, 2024a). Επίσης, μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να δημιουργήσουν αποτελεσματικά σχέδια μαθημάτων για να αντιμετωπίσουν παρανοήσεις σχετικά με τις έννοιες της φυσικής (Weber et al., 2024). Αυτή η προσέγγιση διασφαλίζει ότι οι μαθητές εμπλέκονται σε δραστηριότητες και αναπτύσσουν δεξιότητες κριτικής σκέψης, ανοίγοντας τον δρόμο για βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών αρχών, καθιστώντας, παράλληλα, τη μάθηση διαδραστική και ευχάριστη.

Η διασφάλιση ότι οι μαθητές κατανοούν πολύπλοκες έννοιες της φυσικής μέσω πειραμάτων απαιτεί έναν δομημένο σχεδιασμό. Τα αρχικά βήματα περιλαμβάνουν τη διατύπωση μίας σαφούς υπόθεσης και τον εντοπισμό σχετικών μεταβλητών, επιτρέποντας στους μαθητές να ασχοληθούν κριτικά με την επιστημονική διαδικασία. Στη συνέχεια, αναπτύσσεται μία μεθοδολογία, όπου βήμα προς βήμα διευκολύνει την κατανόηση των μαθητών, παρέχοντάς τους ένα αναπαραγόμενο πλαίσιο, το οποίο

ενισχύει την εμπιστοσύνη τους στη διεξαγωγή πειραμάτων. Η ενσωμάτωση εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης όπως το ChatGPT μπορεί να παρέχει στους μαθητές την απαιτούμενη βοήθεια σε πραγματικό χρόνο σε αυτή τη φάση, ενισχύοντας έτσι τα κίνητρα και την αυτοαποτελεσματικότητά τους, όπως σημειώθηκε στην πρόσφατη έρευνα για τον αντίκτυπο της τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση της γλώσσας (Teng, 2024). Καθώς οι μαθητές εξελίσσονται μέσα από το πείραμα, η συνεχής συλλογή δεδομένων και η επαναληπτική ανατροφοδότηση γίνονται ζωτικής σημασίας. Αυτή η επαναληπτική διαδικασία καλλιεργεί αναλυτικές δεξιότητες και παρακινεί την αυτόνομη μάθηση, προετοιμάζοντας τους μαθητές για μελλοντικές επιστημονικές έρευνες (Baig & Yadegaridehkordi, 2023). Τελικά, αυτή η δομημένη καθοδήγηση ενθαρρύνει μια βαθύτερη κατανόηση της φυσικής μέσω της ενεργούς συμμετοχής στη διαδικασία μάθησης.

Επιπλέον, τα πρωτόκολλα ασφαλείας και οι καλές πρακτικές είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της ακεραιότητας των πειραμάτων φυσικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Bhunia & Tehranipoor, 2018). Η θέσπιση σαφών κατευθυντήριων γραμμών για την ασφάλεια διαμορφώνει ένα περιβάλλον που προάγει τη συμμετοχή των μαθητών ενώ, ταυτόχρονα, μετριάζει αποτελεσματικά τους κινδύνους που σχετίζονται με τον πειραματισμό (Bhute et al., 2021). Αρχικά, είναι απαραίτητο να διεξάγονται αξιολογήσεις κινδύνου πριν από οποιοδήποτε πείραμα, εντοπίζοντας πιθανούς κινδύνους και προσδιορίζοντας τις απαραίτητες προφυλάξεις. Τελικά, η τήρηση των πρωτοκόλλων ασφαλείας προστατεύει τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς και ενισχύει την εκπαιδευτική εμπειρία, επιτρέποντας τη βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών μέσω της πρακτικής άσκησης (Henderson & Milstein, 2003).

Η ενσωμάτωση της επίλυσης προβλημάτων σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια των πρακτικών δραστηριοτήτων είναι ζωτικής σημασίας για την ενίσχυση της γνωστικής εμπλοκής στη διδασκαλία της φυσικής του Δημοτικού Σχολείου. Η δυναμική αυτή διαδικασία ενθαρρύνει τους μαθητές να εφαρμόζουν θεωρητικές έννοιες και καλλιεργεί την κριτική σκέψη και τις δεξιότητες συνεργασίας (Gwangwana, 2021). Όταν οι μαθητές αντιμετωπίζουν προκλήσεις κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, πρέπει να συμμετέχουν σε έναν επαναληπτικό διάλογο, εξετάζοντας τις υποθέσεις τους και προσαρμόζοντας τις προσεγγίσεις τους με βάση την άμεση ανατροφοδότηση. Η χρήση εργαλείων όπως το ChatGPT μπορεί να διευκολύνει αυτή τη συμμετοχή, παρέχοντας άμεση πρόσβαση σε εξηγήσεις, στρατηγικές αντιμετώπισης προβλημάτων και σχετικές επιστημονικές αρχές, εμπλουτίζοντας τη μαθησιακή εμπειρία. Η ανταπόκριση τέτοιων συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να εντοπίσουν κοινές παρανοήσεις σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στοχευμένες παρεμβάσεις που να εδραιώνουν την κατανόηση (Kotsis, 2024b). Κατά συνέπεια, η επίλυση προβλημάτων σε πραγματικό χρόνο, που ενισχύεται από τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης, δημιουργεί ένα διαδραστικό περιβάλλον μάθησης που προωθεί τη βαθύτερη κατανόηση και εφαρμογή των εννοιών της φυσικής στους νεαρούς μαθητές (Miao et al., 2021).

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ CHATGPT

Η ενσωμάτωση chatbots, όπως το ChatGPT, σε μηχανισμούς αξιολόγησης και ανάδρασης, αποτελεί μια μεταμορφωτική ευκαιρία στην εκπαίδευση της φυσικής του Δημοτικού Σχολείου, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται παράλληλα σε πειράματα. Η ικανότητα του ChatGPT να παρέχει άμεση, εξατομικευμένη ανατροφοδότηση (Abas et al., 2023), μπορεί να ενισχύσει σημαντικά τη συμμετοχή των μαθητών και την κατανόηση περίπλοκων επιστημονικών εννοιών. Προσφέροντας εξατομικευμένες αξιολογήσεις με βάση τις ατομικές επιδόσεις, οι εκπαιδευτικοί μπορούν γρήγορα να εντοπίσουν και να αντιμετωπίσουν τα μαθησιακά κενά σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, η ενσωμάτωση πλατφορμών διαλόγου με γνώμονα την τεχνητή νοημοσύνη ευθυγραμμίζεται με τις αναδυόμενες τάσεις στην εκπαιδευτική τεχνολογία, επιτρέποντας ένα πιο διαδραστικό και αποτελεσματικότερα ανταποκρινόμενο περιβάλλον μάθησης. Πρόσφατη έρευνα υπογραμμίζει ότι το ChatGPT επιδεικνύει ανώτερη απόδοση στην απόκριση σε ερωτήματα (Hostetter et al., 2024). Είναι μία ανεκτίμητη πηγή για την υποστήριξη των εκπαιδευτικών και των μαθητών, καθώς ενισχύει τη βαθύτερη κατανόηση των βασικών αρχών, προωθώντας, παράλληλα, την ανεξάρτητη έρευνα. Αυτή η ικανότητα είναι απαραίτητη, καθώς ενθαρρύνει τους μαθητές να διερευνήσουν και να πειραματιστούν, ισχυροποιώντας τη θεωρητική γνώση μέσω πρακτικής εφαρμογής και ενισχύοντας τα συνολικά εκπαιδευτικά αποτελέσματα (Staikova et al., 2024).

Η χρήση τεχνικών διαμορφωτικής αξιολόγησης μέσω του ChatGPT μπορεί να μεταμορφώσει τη δυναμική της μάθησης στη διδασκαλία της φυσικής του Δημοτικού Σχολείου, ιδιαίτερα όταν ενσωματώνονται πειράματα. Το ChatGPT μπορεί να διευκολύνει την ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο για τα πειράματα των μαθητών, αποτελώντας ένα διαδραστικό εργαλείο, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να μετρήσουν αμέσως την κατανόηση και να εντοπίσουν παρανοήσεις. Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να συμμετάσχουν σε διάλογο με το ChatGPT για να εξηγήσουν τις πειραματικές διαδικασίες ή τα αποτελέσματά τους, ωθώντας το AI να αναλύσει τις απαντήσεις τους και να παράσχει προσαρμοσμένες προτάσεις για βελτίωση ή περαιτέρω εξερεύνηση (Kotsis, 2024c). Αυτή η διαδικασία ενισχύει τις δεξιότητες κριτικής σκέψης και καλλιεργεί ένα συνεχές περιβάλλον μάθησης όπου οι μαθητές αισθάνονται ότι ενθαρρύνονται να διερευνήσουν και να εξερευνήσουν έννοιες σε βαθύτερο επίπεδο. Επιπλέον, τα πλούσια δεδομένα που παράγονται μέσω αυτών των αλληλεπιδράσεων μπορούν να εξελίξουν τις εκπαιδευτικές στρατηγικές, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να προσαρμόσουν τις μεθόδους και το υλικό τους ανταποκρινόμενοι στις ανάγκες και το επίπεδο κατανόησης των μαθητών, ενισχύοντας έτσι τη συνολική διδακτική αποτελεσματικότητα στην τάξη (Mecouch, 2006· Keeley, 2008).

Η ενσωμάτωση του ChatGPT στις εκπαιδευτικές διαδικασίες υπόσχεται βελτίωση της απόδοσης και της κατανόησης των μαθητών μέσω της άμεσης ανατροφοδότησης

(Kotsis, 2024c). Στο πλαίσιο της διδασκαλίας της φυσικής εκπαίδευσης του Δημοτικού Σχολείου, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια πειραμάτων, τέτοιες άμεσες απαντήσεις μπορούν να διευκολύνουν τη βαθύτερη κατανόηση σύνθετων εννοιών. Η ανατροφοδότηση που παρέχεται σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να εντοπίζουν και να αντιμετωπίζουν εγκαίρως τις εσφαλμένες αντιλήψεις, ενισχύοντας ένα περιβάλλον που ευνοεί τη μάθηση (Kotsis, 2024b). Σύγχρονη έρευνα έχει δείξει ότι η βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης επηρεάζει θετικά τα κίνητρα και τη συμμετοχή των μαθητών, με εντυπωσιακά μαθησιακά αποτελέσματα (Teng, 2024). Η ανάλυση συναισθήματος από μελέτες στη νοσηλευτική εκπαίδευση δείχνει ότι υπάρχουν θετικές εμπειρίες από την τεχνητή νοημοσύνη, οι οποίες δύνανται να βρίσκουν εφαρμογή, κατά τον ίδιο τρόπο, για τους μαθητές φυσικής, ενισχύοντας τη μάθησή τους και την εφαρμογή των επιστημονικών αρχών (Gunawan et al., 2024). Χρησιμοποιώντας το ChatGPT ως υποστηρικτικό εκπαιδευτικό εργαλείο, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εξασφαλίσουν ότι οι μαθητές θα λαμβάνουν άμεση επικοινωνιακή κριτική, γεφυρώνοντας τελικά τα κενά στην κατανόηση και προωθώντας την ακαδημαϊκή επιτυχία.

Η αποτελεσματική ανάλυση δεδομένων αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο για τη συνεχή βελτίωση των μεθοδολογιών διδασκαλίας, ιδιαίτερα στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών, όπου τα εμπειρικά στοιχεία μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στις διδακτικές βελτιώσεις. Με τη συστηματική αξιολόγηση των μετρήσεων της απόδοσης και της ενασχόλησης των μαθητών, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εντοπίσουν επιτυχημένες στρατηγικές αλλά και τομείς που χρήζουν βελτίωσης (Wong & Liem, 2022). Η ενσωμάτωση εργαλείων όπως το ChatGPT μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να αναλύσουν αυτά τα δεδομένα και να δημιουργήσουν νέες παιδαγωγικές ιδέες. Οι πιθανές χρήσεις των εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να εξορθολογήσουν τις εργασίες επεξεργασίας δεδομένων, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να επικεντρωθούν σε ποιοτικές βελτιώσεις στην προσέγγισή τους. Για παράδειγμα, μία πρόσφατη μελέτη υπογραμμίζει πώς το συναίσθημα για την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στη νοσηλευτική εκπαίδευση αντανακλά κυρίως θετικά αποτελέσματα, υποδηλώνοντας μια αλλαγή παραδείγματος στις εκπαιδευτικές πρακτικές (Gunawan et al., 2024). Ομοίως, η ανάλυση των τάσεων στις δημοσιεύσεις που σχετίζονται με τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης σε ανάλογη οδοντιατρική έρευνα δείχνει μια αυξανόμενη αποδοχή της τεχνολογίας ως ουσιαστικού πλεονεκτήματος στον ακαδημαϊκό λόγο και την πρακτική (Uribe, 2024). Μέσω αυτής της θεώρησης, η ανάλυση δεδομένων καθίσταται καθοριστική για την προώθηση μίας κουλτούρας συνεχούς βελτίωσης στις μεθόδους διδασκαλίας, ειδικά στο πλαίσιο της διδασκαλίας της φυσικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση με τη χρήση πειραμάτων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η ενσωμάτωση του ChatGPT στη διδασκαλία της φυσικής για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση προβλέπεται να είναι σημαντική ενισχύοντας την εμπλοκή και την κατανόηση των μαθητών μέσω πειραμάτων. Διευκολύνοντας τις διαδραστικές προσομοιώσεις και την άμεση ανατροφοδότηση, το ChatGPT μπορεί να αποσαφηνίσει

θεωρητικές έννοιες της φυσικής ενώ επιτρέπει στους μαθητές να εξερευνήσουν πρακτικές εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η προσέγγιση ευθυγραμμίζεται με τις τρέχουσες εκπαιδευτικές τάσεις που τονίζουν τη σημασία της διερευνητικής μάθησης, της εμπάθυσης της κατανόησης και της καλλιέργειας δεξιοτήτων κριτικής σκέψης. Καθώς το εκπαιδευτικό τοπίο εξελίσσεται με την τεχνολογία, η αξιοποίηση καινοτόμων εργαλείων όπως το ChatGPT μπορεί να οδηγήσει σε μετασχηματιστικά αποτελέσματα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ενθαρρύνοντας μία γενιά επιστημονικά εγγράμματων ατόμων και ενισχύοντας την περιέργεια των μικρών μαθητών (Adnan et al., 2024).

Η έρευνα για την ενσωμάτωση του ChatGPT για τη διδασκαλία της φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο αποκαλύπτει αρκετά χρήσιμα ευρήματα που υπογραμμίζουν τον πιθανό αντίκτυπό τους στη μάθηση. Συγκεκριμένα, η χρήση εργαλείων που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να αυξήσει αποτελεσματικά την εκπαιδευτική εμπειρία, επιτρέποντας την εξατομικευμένη διδασκαλία και διευκολύνοντας τα πρακτικά πειράματα, τα οποία είναι ζωτικής σημασίας για την εμπλοκή των μαθητών. Επίσης, οι αποτελεσματικές στρατηγικές αύξησης δεδομένων μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την απόδοση του μοντέλου μηχανικής μάθησης, βελτιώνοντας τα εκπαιδευτικά αποτελέσματα. Η ικανότητα του ChatGPT να παραφράζει το εκπαιδευτικό περιεχόμενο και να δημιουργεί συνθετικές απαντήσεις, όχι μόνο αντιμετωπίζει τις προκλήσεις των περιορισμένων δεδομένων εκπαίδευσης, αλλά επιτρέπει επίσης πιο δυναμικές αλληλεπιδράσεις που ευθυγραμμίζονται με τις διαφορετικές ανάγκες των μαθητών. Επιπλέον, η κατανόηση της διασταύρωσης της τεχνητής νοημοσύνης και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας έχει επιπτώσεις πέρα από τα ακαδημαϊκά περιβάλλοντα, καθώς αυτά τα εργαλεία μπορούν να ενισχύσουν τη μεγαλύτερη συνειδητοποίηση της επιστημονικής δεοντολογίας μεταξύ των μαθητών. Αξιοποιώντας το ChatGPT, οι εκπαιδευτικοί μπορούν ενδεχομένως να μεταμορφώσουν τον τρόπο διδασκαλίας των εννοιών της φυσικής, κάνοντας τη διαδικασία μάθησης πιο αποτελεσματική, σχετική και ελκυστική για τους μαθητές του Δημοτικού Σχολείου.

Η δυνατότητα προώθησης της εκπαίδευσης της φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο μέσω της ενσωμάτωσης του ChatGPT προσκαλεί μια πολύπλευρη προσέγγιση για περαιτέρω έρευνα και εφαρμογή. Οι μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να διερευνήσουν τα παιδαγωγικά πλαίσια που ευθυγραμμίζουν τις δυνατότητες του ChatGPT με καθιερωμένες θεωρίες μάθησης, ιδιαίτερα στο πλαίσιο των πρακτικών πειραμάτων. Οι ερευνητές πρέπει να αξιολογήσουν όχι μόνο την αποτελεσματικότητα του ChatGPT ως συμπληρωματικού εκπαιδευτικού εργαλείου αλλά και τον αντίκτυπό του στη συμμετοχή των μαθητών και στην κατανόηση των εννοιών της φυσικής. Επιπλέον, υπάρχει επιτακτική ανάγκη να αξιολογηθεί η προσαρμοστικότητα του ChatGPT σε διαφορετικά περιβάλλοντα μάθησης και δημογραφικά στοιχεία των μαθητών για να κατανοηθεί η αποτελεσματικότητά του στην προώθηση της εκπαίδευσης χωρίς αποκλεισμούς. Στο μέλλον, η συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών, τεχνολόγων και ερευνητών θα είναι ζωτικής σημασίας για το σχεδιασμό πειραματικών μελετών που βελτιώνουν τις τεχνικές ολοκλήρωσης και αντιμετωπίζουν τυχόν προκλήσεις,

διασφαλίζοντας έτσι ότι η εφαρμογή του ChatGPT εμπλουτίζει την εκπαιδευτική εμπειρία με απτούς και ουσιαστικούς τρόπους.

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης σε εκπαιδευτικά πλαίσια, προκαλεί μία μετασχηματιστική αλλαγή στις παιδαγωγικές μεθοδολογίες και στα μαθησιακά αποτελέσματα. Τα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης, που παραδειγματίζονται από πλατφόρμες όπως το ChatGPT, διευκολύνουν εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες που καλύπτουν διαφορετικές ανάγκες των μαθητών, επιτρέποντας μια πιο λεπτή ενασχόληση με πολύπλοκες επιστημονικές έννοιες. Προάγοντας διαδραστικά και προσαρμοστικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, αυτές οι τεχνολογίες ενισχύουν την κατανόηση και τη διατήρηση μέσω άμεσης ανατροφοδότησης και προσαρμοσμένων πόρων. Ωστόσο, είναι ζωτικής σημασίας να αναγνωρίσουμε τους περιορισμούς των εργαλείων που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη, ιδίως όσον αφορά την ανάγκη για ανθρώπινη εποπτεία για την προώθηση της κριτικής σκέψης και της δεοντολογίας. Δίνοντας έμφαση σε μία ισορροπημένη προσέγγιση, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να αξιοποιήσουν την τεχνητή νοημοσύνη ως συμπληρωματικό πόρο αντί να αντικαταστήσουν τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας. Εν κατακλείδι, η στρατηγική και στοχαστική ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στη διδασκαλία της φυσικής μπορεί να ενδυναμώσει τους μικρούς μαθητές, εξοπλίζοντάς τους με τις αναλυτικές δεξιότητες που είναι απαραίτητες για την πλοήγηση σε έναν κόσμο που βασίζεται όλο και περισσότερο στα δεδομένα, διασφαλίζοντας, παράλληλα, την ακεραιότητα της εκπαιδευτικής εμπειρίας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Abas, M. A., Arumugam, S. E., Yunus, M. M., & Rafiq, K. R. M. (2023). ChatGPT and personalized learning: Opportunities and challenges in higher education. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 13(12). <http://doi.org/10.6007/IJARBSS/v13-i12/20240>
- Adeshola, I., & Adepoju, A. P. (2023). The opportunities and challenges of ChatGPT in education. *Interactive Learning Environments*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2253858>
- Adnan, M., Xiao, B., Ali, M. U., Bibi, S., Yu, H., Xiao, P., Zhao, P., Wang, H., & An, X. (2024). Human inventions and its environmental challenges, especially artificial intelligence: New challenges require new thinking. *Environmental Challenges*, 16, 100976. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100976>
- Alam, A. (2021). Possibilities and Apprehensions in the Landscape of Artificial Intelligence in Education. *2021 International Conference on Computational Intelligence and Computing Applications (ICCICA)*, Nagpur, India, pp. 1-8, <https://doi.org/10.1109/ICCICA52458.2021.9697272>

- Baig, M. I., & Yadegaridehkordi, E. (2023). ChatGPT in the higher education: A systematic literature review and research challenges. *International Journal of Educational Research*, 127, 102411. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102411>
- Bhunja, S., & Tehranipoor, M. M. (2018). *Hardware security: a hands-on learning approach*. Morgan Kaufmann.
- Bhute, V. J., Inguva, P., Shah, U., & Brechtelsbauer, C. (2021). Transforming traditional teaching laboratories for effective remote delivery—A review. *Education for Chemical Engineers*, 35, 96-104. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.01.008>
- Bobrowsky, M., Korhonen, M., & Kohtamäki, J. (2014). *Using physical science gadgets and gizmos, grades 6-8: Phenomenon-based learning* (Vol. 1). NSTA Press.
- Gunawan, J., Aunguroch, Y., & Montayre, J. (2024). ChatGPT integration within nursing education and its implications for nursing students: A systematic review and text network analysis. *Nurse Education Today*, 141, 106323. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2024.106323>
- Gwangwava, N. (2021). Learning design thinking through a hands-on learning model. *International Journal of Innovative Teaching and Learning in Higher Education (IJITLHE)*, 2(1), 1-19. <https://doi.org/10.4018/IJITLHE.20210101.oa4>
- Henderson, N., & Milstein, M. M. (2003). *Resiliency in schools: Making it happen for students and educators*. Corwin press.
- Holstermann, N., Grube, D., & Bögeholz, S. (2010). Hands-on activities and their influence on students' interest. *Research in Science Education*, 40, 743-757. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9142-0>
- Hostetter, H., Naser, M., Huang, X., & Gales, J. (2024). The role of large language models (AI chatbots) in fire engineering: An examination of technical questions against domain knowledge. *Natural Hazards Research*. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2024.06.003>
- Hu, K., Xu, K., Xia, Q., Li, M., Song, Z., Song, L., & Sun, N. (2024). An overview: Attention mechanisms in multi-agent reinforcement learning. *Neurocomputing*, 598, 128015. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.128015>
- Javid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Khan, S., & Khan, I. H. (2023). Unlocking the opportunities through ChatGPT Tool towards ameliorating the education system. *BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations*, 3(2), 100115. <https://doi.org/10.1016/j.tbench.2023.100115>
- Juuti, K. (2005). Towards primary school physics teaching and learning: design research approach. *Didacta Varia*, 10(1), 89-92.

- Katz, S., Albacete, P., Chounta, I. A., Jordan, P., McLaren, B. M., & Zapata-Rivera, D. (2021). Linking dialogue with student modelling to create an adaptive tutoring system for conceptual physics. *International journal of artificial intelligence in education*, 31(3), 397-445. <https://doi.org/10.1007/s40593-020-00226-y>
- Keeley, P. (2008). *Uncovering student ideas in science: Another 25 formative assessment probes*. NSTA press.
- Kotsis, K. T. (2024d). ARTIFICIAL INTELLIGENCE CREATES FAIRY TALES FOR PHYSICS TEACHING IN PRIMARY EDUCATION. *European Journal of Open Education and E-learning Studies*, 9(1), 1-16. <http://doi.org/10.46827/ejoe.v9i1.5250>
- Kotsis, K. T. (2024a). Correcting Students' Misconceptions in Physics Using Experiments Designed by ChatGPT. *European Journal of Contemporary Education and E-Learning*, 2(2), 83-100. [https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2\(2\).07](https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2(2).07)
- Kotsis, K. T. (2024b). ChatGPT Develops Physics Experiment Worksheets for Primary Education Teachers. *European Journal of Education Studies*, 11(5). 1-20. <http://dx.doi.org/10.46827/ejes.v11i5.5274>
- Kotsis, K. T. (2024c). Integration of Artificial Intelligence in Science Teaching in Primary Education: Applications for Teachers. *European Journal of Contemporary Education and E-Learning*, 2(3), 27-43. [https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2\(3\).04](https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2(3).04)
- Li, B., Lowell, V. L., Wang, C., & Li, X. (2024). A systematic review of the first year of publications on ChatGPT and language education: Examining research on ChatGPT's use in language learning and teaching. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100266. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100266>
- Martin, P. P., & Graulich, N. (2024). Navigating the data frontier in science assessment: Advancing data augmentation strategies for machine learning applications with generative artificial intelligence. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100265. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100265>
- Mecouch, S. (2006). Uncovering Student Ideas in Science: 25 Formative Assessment Probes. *The Science Teacher*, 73(3), 82.
- Miao, F., Holmes, W., Huang, R., & Zhang, H. (2021). *AI and education: A guidance for policymakers*. Unesco Publishing.
- Mikeladze, T. (2023). Creating teaching materials with ChatGPT. In *Proceedings of the IRCEELT—2023 13th International Research Conference on Education, Tbilisi, Georgia* (pp. 5-6).
- Opara, E., Mfon-Ette Theresa, A., & Aduke, T. C. (2023). ChatGPT for teaching, learning and research: Prospects and challenges. *Opara Emmanuel Chinonso, Adalikwu Mfon-Ette Theresa, Tolorunleke Caroline Aduke (2023). ChatGPT for*

- Teaching, Learning and Research: Prospects and Challenges. Glob Acad J Humanit Soc Sci*, 5(2), 33-40, <https://doi.org/10.36348/gajhss.2023.v05i02.001>
- Radu, I., & Schneider, B. (2019). What can we learn from augmented reality (AR)? Benefits and drawbacks of AR for inquiry-based learning of physics. In *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1-12). <https://doi.org/10.1145/3290605.3300774>
- Ramirez, H. J. M. (2021). Facilitating Computer-Supported Collaborative Learning with Question-Asking Scripting Activity and its Effects on Students' Conceptual Understanding and Critical Thinking in Science. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 29(1).
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656. <https://doi.org/10.1002/sce.20065>
- Sharma, S., & Yadav, R. (2023). Chat GPT – A Technological Remedy or Challenge for Education System. *Global Journal of Enterprise Information System*, 14(4), 46-51. Retrieved from <https://www.gjeis.com/index.php/GJEIS/article/view/698>
- Staikova, M., Ivanova, V., & Chivarov, N. (2023). Students understanding for AI in different educational levels. *IFAC-PapersOnLine*, 58(3), 182-186. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.147>
- Steffe, L. P., & Gale, J. (Eds.). (2012). *Constructivism in Education*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203052600>
- Teng, M. F. (2024). ChatGPT is the companion, not enemies: EFL learners' perceptions and experiences in using ChatGPT for feedback in writing. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 100270. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100270>
- Uribe, S. E., & Maldupa, I. (2024). Estimating the Use of ChatGPT in Dental Research Publications. *Journal of Dentistry*, 105275. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105275>
- Vieira, R. M., & Tenreiro-Vieira, C. (2016). Fostering scientific literacy and critical thinking in elementary science education. *International Journal of science and mathematics education*, 14(4), 659-680. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9605-2>
- Weber, A., Péliissier, A., & Rodríguez Martínez, M. (2024). T-cell receptor binding prediction: A machine learning revolution. *ImmunoInformatics*, 15, 100040. <https://doi.org/10.1016/j.immuno.2024.100040>
- Wong, Z. Y., & Liem, G. A. D. (2022). Student engagement: Current state of the construct, conceptual refinement, and future research directions. *Educational Psychology Review*, 34(1), 107-138. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09628-3>

- Wu, H., Kuo, Y., Wu, K., Jen, H., & Hsu, S. (2018). Learning benefits of secondary school students' inquiry-related curiosity: A cross-grade comparison of the relationships among learning experiences, curiosity, engagement, and inquiry abilities. *Science Education*, 102(5), 917-950. <https://doi.org/10.1002/sce.21456>
- Yıldız, T. A. (2023). The Impact of ChatGPT on Language Learners' Motivation. *Journal of Teacher Education and Lifelong Learning*, 5(2), 582-597. <https://doi.org/10.51535/tell.1314355>
- Zhang, P., & Tur, G. (2024). A systematic review of ChatGPT use in K-12 education. *European Journal of Education*, 59(2), e12599. <https://doi.org/10.1111/ejed.12599>

ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΘΕΡΙΝΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ

Ανθούλα Μαΐδου¹, Χαρίτων Πολάτογλου²

¹Σύμβουλος Εκπαίδευσης ΠΕ81, ΔΔΕ Δυτικής Θεσσαλονίκης, ²Ομ. Καθηγητής
Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ.

anthoula.maidou@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή ερευνούμε αρχικά μέσα από ένα σταθμισμένο ερωτηματολόγιο τις απόψεις των μαθητών/τριων για πτυχές της σχεδιαστικής σκέψης. Βρίσκουμε τις προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιούν τα θέματα ή τα προβλήματα ή το αντικείμενο ώστε να είναι κατάλληλο διδακτικά για να αποτελέσει δραστηριότητα για την εφαρμογή της σχεδιαστικής σκέψης από μαθητές/τριες. Βάσει των προϋποθέσεων διαλέξαμε για μια διδακτική παρέμβαση (ΔΠ) διάρκειας δυο ωρών α) μια δραστηριότητα σχεδιαστικής σκέψης σε συνδυασμό με αντίστροφη μηχανική για την κατανόηση του σχεδιασμού ενός χάρτινου κυπέλου καφέ και β) την εφαρμογή της σχεδιαστικής σκέψης για την επίλυση του προβλήματος της Διδούς για τη δημιουργία μέγιστου μήκους από ένα δέρμα αγελάδας. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε τον Ιούνιο του 2024 στα πλαίσια θερινού σχολείου για μαθητές λυκείου. Μετά την εμπειρία που απόκτησαν από την εφαρμογή της σχεδιαστικής σκέψης σε ομάδες και τις συζητήσεις στην ολομέλεια χρησιμοποιήσαμε το αρχικό ερωτηματολόγιο για να διαπιστώσουμε αν άλλαξαν και πώς οι απόψεις των μαθητών/τριών για πτυχές της σχεδιαστικής σκέψης. Από τα αποτελέσματα φάνηκε από τις αποκρίσεις των μαθητών/τριων ότι γενικά είχαν θετικότερες απόψεις και στάσεις για πτυχές της σχεδιαστικής σκέψης. Η επιλογή της θεματολογίας της ΔΠ φάνηκε ότι πέτυχε τον στόχο καθώς οι μαθητές/τριες συμμετείχαν στην εργασία στις ομάδες και στις ολομέλειες ενεργά, εποικοδομητικά και με πολύ θετική διάθεση στις δραστηριότητες.

Λέξεις κλειδιά: σχεδιαστική σκέψη, διδακτική παρέμβαση, ερωτηματολόγιο

Αναφορά: Μαΐδου, Α., & Πολάτογλου, Χ. (2025). Έρευνα για την Επιλογή Θεματολογίας και Εφαρμογή της Σχεδιαστικής Σκέψης στα Πλαίσια Θερινού Σχολείου, 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

RESEARCH ON TOPIC SELECTION AND APPLICATION OF DESIGN THINKING IN A SUMMER SCHOOL CONTEXT

Anthoula Maidou¹, Hariton Polatoglou²

¹ *Educational Consultant for Structural Engineers and Architects, Directorate of
Secondary Education of West Thessaloniki,*

² *Emeritus Professor, School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki*

anthoula.maidou@gmail.com

ABSTRACT

In this work, we first investigate through a standardized questionnaire the opinions of the students on aspects of design thinking. Subsequently we define the conditions that must be satisfied by a topic, problem or object to be didactically appropriate as an activity for the application of design thinking by students. Based on the conditions, we chose for a two-hour teaching intervention (TI) a) a design thinking activity in combination with reverse engineering to understand the design of a paper coffee cup and b) the application of design thinking to solve Dido's problem for creating maximum length from a cow hide. The research was carried out in June 2024 as part of a summer school for upper secondary high school students. After the experience they gained from applying design thinking in groups and plenary discussions we used the original questionnaire to find out if and how the students' views on aspects of design thinking had changed. From the results of the students' responses, it appeared that they had in general more positive views and attitudes. The choice of the subject of the TI seemed to have achieved the goal as the students participated in the group works and in the plenary sessions actively, constructively and with a very positive attitude to the activities.

Keywords: *design thinking, teaching intervention, questionnaire*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σχεδιαστική σκέψη

Η έννοια της σχεδιαστικής σκέψης (design thinking) ξεκίνησε να χρησιμοποιείται στα μέσα του 20^{ου} αιώνα, όταν οι σχεδιαστές (designers) άρχισαν να εφαρμόζουν τις διαδικασίες του σχεδιασμού για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων πέρα από τα παραδοσιακά πεδία του σχεδιασμού. Η ιδέα άρχισε να κερδίζει έδαφος στη δεκαετία του 1970, όταν ο Simon (1969) ανέλυσε την έννοια του σχεδιασμού ως τρόπο σκέψης

στο βιβλίο του «The Sciences of the Artificial». Με το έργο αυτό έθεσε τα θεμέλια για την αντίληψη του σχεδιασμού ως μιας γνωστικής διαδικασίας που θα μπορούσε να εφαρμοστεί συστηματικά για την επίλυση ποικίλων προβλημάτων. Σημαντική ήταν και η συνεισφορά του Faste (1994), καθηγητή στο Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ, ο οποίος επέκτεινε αυτές τις ιδέες, τονίζοντας τη σημασία της δημιουργικότητας και της καινοτομίας στην επίλυση προβλημάτων.

Τις δεκαετίες του 1980 και 1990, η εταιρεία συμβούλων σχεδιασμού IDEO (<https://designthinking.ideo.com/>) συνεισέφερε στη διάδοση της σχεδιαστικής σκέψης. Οι Kelley και Brown, συνιδρυτές του IDEO, υποστήριξαν την εφαρμογή της σχεδιαστικής σκέψης πέρα από τον παραδοσιακό σχεδιασμό, στις επιχειρήσεις και την καινοτομία. Το άρθρο του Brown «Design Thinking» (Brown, 2008), τόνισε τη σημασία του ανθρωποκεντρικού σχεδιασμού στην προώθηση της καινοτομίας.

Το Ινστιτούτο Σχεδιασμού Hasso Plattner στο Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ, γνωστό ως d.school (2024), θεσμοθέτησε περαιτέρω τη σχεδιαστική σκέψη. Το ινστιτούτο d.school έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη και τη διάδοση μεθοδολογιών σχεδιαστικής σκέψης, καθιστώντας τις προσιτές σε ένα ευρύτερο κοινό. Τα εκπαιδευτικά τους προγράμματα χρησιμοποιήθηκαν ευρέως για την εκπαίδευση στις αρχές της σχεδιαστικής σκέψης, διευρύνοντας περαιτέρω την επιρροή της μεθοδολογίας αυτής.

Αρχικά λοιπόν η σχεδιαστική σκέψη μελετήθηκε αποκλειστικά ως η γνωστική διαδικασία των σχεδιαστών (Cross, Dorst & Roozenburg, 1992· Eastman, McCracken & Newstetter, 2001) με στόχο την απόκτηση γνώσεως για τα κύρια χαρακτηριστικά της σχεδιαστικής δημιουργικότητας με σκοπό τη βελτίωση των ικανοτήτων σκέψης των σχεδιαστών σε ατομικές και ομαδικές σχεδιαστικές διαδικασίες και την εκπαίδευση των σχεδιαστών. Σήμερα, η σχεδιαστική σκέψη νοείται ως μια σύνθετη διαδικασία σκέψης για τη σύλληψη νέων πραγματικοτήτων, που εκφράζει την εισαγωγή της κουλτούρας σχεδιασμού και των μεθόδων της σε τομείς όπως η επιχειρηματική καινοτομία και η καινοτόμος διαχείριση και οργάνωση οργανισμών. Συνεπώς η σχεδιαστική σκέψη επεκτάθηκε από τον σχεδιασμό, προσφέροντας νέα μοντέλα διαδικασιών και εργαλείων που βοηθούν στη βελτίωση, επιτάχυνση και οπτικοποίηση κάθε δημιουργικής διαδικασίας, που πραγματοποιείται όχι μόνο από σχεδιαστές, αλλά σε διεπιστημονικές ομάδες σε οποιοδήποτε είδος οργάνωσης (Tschimmel, 2012). Στα σύγχρονα μοντέλα της σχεδιαστικής σκέψης εξακολουθεί να είναι κυρίαρχη η προσέγγιση της επίλυσης προβλημάτων, αλλά με ολιστικό, μη γραμμικό τρόπο (Brown, 2009· Martin, 2009). Αντί για φάσεις ή στάδια διεργασίας, τα περισσότερα από αυτά τα μοντέλα περιγράφουν τη σχεδιαστική σκέψη ως επαναληπτική διαδικασία (Stickdorn & Schneider, 2010). Από τα πολλά μοντέλα της σχεδιαστικής σκέψης, κάθε δημιουργός καλείται να επιλέξει αυτό που εξυπηρετεί καλύτερα τις δικές του ανάγκες.

Η σχεδιαστική σκέψη εξελίχθηκε, ενσωματώνοντας γνώσεις από τη γνωστική επιστήμη, τη μηχανική και τις επιχειρήσεις. Σήμερα, αναγνωρίζεται ως ένα ισχυρό εργαλείο για την αντιμετώπιση πολύπλοκων, συστημικών προβλημάτων σε διάφορους

τομείς, όπως: Επιχειρήσεις και καινοτομία, π.χ. η προσέγγιση της σχεδιαστικής σκέψης της Apple συνέβαλε καθοριστικά στη δημιουργία προϊόντων φιλικών προς τον χρήστη και αισθητικά ευχάριστα (Martin, 2009), στην υγειονομική περίθαλψη: Ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης έχει υιοθετήσει τη σχεδιαστική σκέψη για να βελτιώσει τις εμπειρίες των ασθενών και να αναπτύξει καινοτόμες ιατρικές λύσεις, π.χ. η εταιρεία σχεδιασμού IDEO συνεργάστηκε με ένα νοσοκομείο για να επανασχεδιάσει την εμπειρία του ασθενούς, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ικανοποίησης και των αποτελεσμάτων των ασθενών (Brown, 2008), αλλά και στην εκπαίδευση αξιοποιήθηκε με τους εξής τρόπους:

1. Ανάπτυξη Προγραμμάτων Σπουδών: Η σχεδιαστική σκέψη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη καινοτόμων προγραμμάτων σπουδών που είναι επικεντρωμένα στον μαθητή και βασίζονται στην έρευνα. Εστιάζοντας σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου και στη διεπιστημονική μάθηση, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν ενδιαφέρουσες μαθησιακές εμπειρίες (Crites & Rye, 2020· Martin, Goff & O’Keeffe, 2023· Heafala & Ball, 2024).
2. Διδακτικές Μέθοδοι: Η ενσωμάτωση της σχεδιαστικής σκέψης στις μεθόδους διδασκαλίας ενθαρρύνει την ενεργό μάθηση και τη συνεργασία. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη σχεδιαστική σκέψη για να δημιουργήσουν δυναμικά και διαδραστικά μαθήματα που εμπλέκουν τους μαθητές στην πρακτική επίλυση προβλημάτων (Rusmann & Ejsing-Duun, 2022).
3. Αλληλεπίδραση και συνεργασία μαθητών: Η σχεδιαστική σκέψη προωθεί τη συμμετοχή των μαθητών, εμπλέκοντάς τους στη μαθησιακή διαδικασία και ενθαρρύνοντας τη συνεργασία. Δουλεύοντας σε ομάδες για την επίλυση προβλημάτων, οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες επικοινωνίας και ομαδικής εργασίας (Li & Zhan, 2022).
4. Επίλυση προβλημάτων του πραγματικού κόσμου: Η σχεδιαστική σκέψη παρέχει ένα πλαίσιο στους μαθητές για να αντιμετωπίσουν προβλήματα του πραγματικού κόσμου, καθιστώντας τη μάθηση πιο σχετική και ουσιαστική. Δουλεύοντας σε έργα που αντιμετωπίζουν αυθεντικές προκλήσεις, οι μαθητές αναπτύσσουν πρακτικές δεξιότητες και βαθύτερη κατανόηση του αντικειμένου (Guaman-Quintanilla & Everaert, 2023· Hennessey & Mueller, 2020).

Οφέλη της Σχεδιαστικής Σκέψης στην Εκπαίδευση

Η εφαρμογή της σχεδιαστικής σκέψης στην εκπαίδευση προσφέρει πολλά οφέλη, όπως:

1. Προώθηση της Δημιουργικότητας και της Καινοτομίας: Η σχεδιαστική σκέψη ενθαρρύνει τους/τις μαθητές/τριες να σκέφτονται δημιουργικά και να εξερευνούν πολλαπλές λύσεις σε προβλήματα. Αυτό καλλιεργεί μια κουλτούρα καινοτομίας και βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν τις δεξιότητες που απαιτούνται για την αντιμετώπιση σύνθετων προκλήσεων (Guaman-Quintanilla Everaert, 2023· Hennessey & Mueller, 2020· Li & Zhan, 2022).

2. Ενίσχυση της κριτικής σκέψης και των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων: Συμμετέχοντας στην επαναληπτική διαδικασία σχεδιασμού, οι μαθητές αναπτύσσουν κριτική σκέψη και δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Μαθαίνουν να αναλύουν προβλήματα, να δημιουργούν ιδέες και να τελειοποιούν λύσεις (Li & Zhan, 2022).
3. Προώθηση της συνεργασίας και της ομαδικής εργασίας: Τα έργα σχεδιαστικής σκέψης συχνά περιλαμβάνουν ομαδική εργασία, προώθηση της συνεργασίας και των επικοινωνιακών δεξιοτήτων. Οι μαθητές μαθαίνουν να συνεργάζονται, να μοιράζονται ιδέες και να ενισχύουν ο ένας τα δυνατά σημεία του άλλου (Li & Zhan, 2022).
4. Ανάπτυξη Ενσυναίσθησης και Κοινωνικής Συνείδησης: Η εστίαση στην ενσυναίσθηση βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν μια βαθύτερη κατανόηση των διαφορετικών προοπτικών και προάγει την κοινωνική ευαισθητοποίηση. Αυτό ευνοεί ένα περιβάλλον μάθησης με μεγαλύτερη ανεκτικότητα και συμπερίληψη (Vassallo, et al., 2023).
5. Αύξηση της δέσμευσης και των κινήτρων: Τα έργα σχεδιαστικής σκέψης είναι συχνά πρακτικά και σχετίζονται με τα ενδιαφέροντα των μαθητών, αυξάνοντας τη δέσμευση και τα κίνητρα. Δουλεύοντας σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου, οι μαθητές βλέπουν την αξία της μάθησής τους και αισθάνονται ότι έχουν τη δύναμη να κάνουν τη διαφορά (Tsai et al., 2023).

Βασικές αρχές της σχεδιαστικής σκέψης

Η σχεδιαστική σκέψη στην εκπαίδευση αναφέρεται στις πέντε βασικές αρχές, καθεμία από τις οποίες συμβάλλει σε μια ολιστική προσέγγιση στη μάθηση και στην επίλυση προβλημάτων:

1. *Ενσυναίσθηση ή κατανόηση του χρήστη:* Η ενσυναίσθηση είναι το θεμέλιο της σχεδιαστικής σκέψης, δίνοντας έμφαση στη σημασία της κατανόησης των αναγκών, των εμπειριών και των συναισθημάτων των άλλων. Στην εκπαίδευση, η ενθάρρυνση της ενσυναίσθησης βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν μια βαθύτερη κατανόηση των διαφορετικών προοπτικών και προάγει ένα περιβάλλον μάθησης χωρίς αποκλεισμούς. Τεχνικές κατάλληλες για αυτό το στάδιο αποτελούν δραστηριότητες όπως οι συνεντεύξεις χρηστών και το παιχνίδι ρόλων μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να χτίσουν ενσυναίσθηση βάζοντας τον εαυτό τους στη θέση των άλλων.
2. *Καθορισμός του προβλήματος:* Ο καθορισμός του προβλήματος περιλαμβάνει τη σύνθεση των γνώσεων που συγκεντρώθηκαν κατά τη φάση της ενσυναίσθησης για τον καθορισμό του βασικού ζητούμενου. Αυτό το βήμα είναι ζωτικής σημασίας για τη διαμόρφωση του προβλήματος με τρόπο που να είναι σχετικός και ουσιαστικός για τους μαθητές. Στη φάση αυτή του σχεδιασμού θα πρέπει να καθοριστούν οι προδιαγραφές και οι περιορισμοί του προβλήματος που πρέπει να λυθεί.
3. *Καταιγισμός Ιδεών:* Η φάση των ιδεών περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός ευρέος φάσματος ιδεών και πιθανών λύσεων μέσω ιδεοθύελλας και άλλων δημιουργικών τεχνικών. Αυτή η φάση ενθαρρύνει την αποκλίνουσα σκέψη και επιτρέπει στους μαθητές/τριες να εξερευνήσουν πολλαπλές δυνατότητες.

4. Δημιουργία Πρωτότυπου: Η δημιουργία πρωτοτύπων περιλαμβάνει τη δημιουργία απτών αναπαραστάσεων των ιδεών για τη διερεύνηση της σκοπιμότητας και της λειτουργικότητάς τους. Αυτή η πρακτική φάση επιτρέπει στους μαθητές/τριες να πειραματιστούν και να μάθουν μέσω της κατασκευής. Χρήσιμες τεχνικές αποτελούν το σκίτσο, η κατασκευή μοντέλων και η δημιουργία ψηφιακών πρωτοτύπων που δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να δουν και να περιεργαστούν τις ιδέες τους.

5. Δοκιμή: Η δοκιμή πρωτοτύπων με τους χρήστες είναι ζωτικής σημασίας για τη συλλογή σχολίων και την επανάληψη του σχεδιασμού. Αυτή η φάση τονίζει τη σημασία της βελτίωσης των λύσεων και βασίζεται σε αλληλεπιδράσεις και γνώσεις από τον πραγματικό κόσμο. Τεχνικές όπως η δοκιμή ευχρηστίας, οι συνεδρίες ανατροφοδότησης και οι πιλοτικές μελέτες βοηθούν τους μαθητές/τριες να αξιολογήσουν τα πρωτότυπά τους. Αν το τεχνούργημα δεν ικανοποιεί τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί θα πρέπει να γίνει επιστροφή σε προηγούμενη σχεδιαστική φάση, ώστε να βελτιωθεί η λύση ή να επιλεγεί άλλη ιδέα, ή και να αλλάξουν οι προδιαγραφές του ζητούμενου τεχνουργήματος.

Πτυχές της σχεδιαστικής σκέψης

Για να διερευνηθεί κατά πόσο οι εκπαιδευόμενοι έχουν υιοθετήσει και αισθάνονται άνετα με πτυχές της σχεδιαστικής σκέψης αναπτύχθηκαν σχετικά πρόσφατα ερωτηματολόγια ώστε να διερευνηθούν τις διαστάσεις που έκριναν οι αντίστοιχοι ερευνητές ότι είναι σημαντικές. Τέτοια παραδείγματα συνιστούν οι εξής έρευνες:

Η έρευνα των Guaman-Quintanilla και ά. (2023) αναλύει τον αντίκτυπο της σχεδιαστικής σκέψης στην επίλυση προβλημάτων και τη δημιουργικότητα στην ανώτατη εκπαίδευση, χρησιμοποιώντας έρευνες για τη συλλογή δεδομένων από διάφορους εμπλεκόμενους φορείς, συμπεριλαμβανομένων των φοιτητών/τριών, των εκπαιδευτικών και των διοικητικών στελεχών.

Η έρευνα των Gilbert κ. ά (2018) εξετάζει την εφαρμογή της σχεδιαστικής σκέψης σε ιδρύματα ανώτατης εκπαίδευσης και τις επιπτώσεις της στα αποτελέσματα των φοιτητών/τριών. Χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις για τη συλλογή δεδομένων από φοιτητές/τριες και εκπαιδευτικούς για την κατανόηση των εμπειριών και των αντιλήψεών τους σχετικά με τη σχεδιαστική σκέψη στο πρόγραμμά τους (SSIR). Παρόμοια είναι και η έρευνα των McLaughlin κ. ά (2022) που χρησιμοποιεί ερωτηματολόγια για να διερευνηθούν δεξιότητες εύρεσης, πλαισίωσης και επίλυσης προβλημάτων που είναι απαραίτητες για την αντιμετώπιση πολύπλοκων προκλήσεων του πραγματικού κόσμου.

Λιγότερες έρευνες έχουν ασχοληθεί με την δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Μια έρευνα που επικεντρώνεται στην διερεύνηση με τη χρήση ερωτηματολογίου σε μαθητές/τριες της δευτεροβάθμια εκπαίδευσης αποτελεί η έρευνα των Ladachart κ. ά (2022), ενώ οι Ladachart κ. ά. (2021) είχαν κάνει προηγούμενα έρευνα για τη νοοτροπία των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Και οι δύο αυτές έρευνες αναφέρονται δείγματα από την Ασία.

Στόχος της έρευνας

Στόχος της έρευνας είναι να εξετάσουμε μέσα από σταθμισμένο ερωτηματολόγιο τις απόψεις των μαθητών/τριών για τις όψεις της σχεδιαστικής σκέψης, να εφαρμόσουν οι μαθητές/τριες σε ομάδες τη σχεδιαστική σκέψη μέσα από δυο καλά σχεδιασμένες και στοχευμένες δραστηριότητες, να παρατηρήσουμε στην ολομέλεια τι συνεισφορά της κάθε ομάδας και στο τέλος να εξετάσουμε κατά πόσο άλλαξαν οι απόψεις των μαθητών/τριών. Επειδή η επαφή των μαθητών/τριών με τη μεθοδολογία της σχεδιαστικής σκέψης είναι πολύ σημαντική, ώστε να μπορέσουν να την εφαρμόσουν σε καταστάσεις όπου καλούνται να λύσουν προβλήματα, θεωρούμε σημαντικό να εισαχθούν σε αυτή. Μαθήματα όπως η Τεχνολογία όλων των τάξεων του Γυμνασίου των Νέων Προγραμμάτων Σπουδών, αλλά και έργα, στα οποία καλούνται οι μαθητές/τριες να συνεργαστούν σε ομάδες για να δημιουργήσουν κάποιο τεχνούργημα προσφέρονται ιδιαίτερα για την εφαρμογή αυτής της μεθοδολογίας, καθώς και όμιλοι με ανάλογο αντικείμενο, όπως πχ. Σχεδιασμός Formula, ρομποτικής, κλπ. Ένα αρκετά σημαντικό πρόβλημα που αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για τη χρήση της σχεδιαστικής σκέψης στα μαθήματα αποτελούν τα στενά περιθώρια της διδακτέας ύλης που πρέπει να καλυφθεί, ενώ πλέον κατάλληλο μάθημα για την εισαγωγή της σχεδιαστικής σκέψης αποτελεί η Τεχνολογία της 3^{ης} Γυμνασίου, που είναι μονόωρο μάθημα.

Δοκιμάσαμε τη εφαρμογή μιας δίωρης διδακτικής παρέμβασης (ΔΠ) στα πλαίσια θερινού σχολείου, στο οποίο συμμετείχαν μαθητές/τριες που ολοκλήρωσαν την Γ' Γυμνασίου και Α' και Β' Λυκείου. Ένα θερινό σχολείο προσφέρεται ιδιαίτερα για δοκιμές με αντικείμενα εκτός αναλυτικού προγράμματος, όπου μπορούν να δοκιμαστούν διδακτικές μέθοδοι και αντικείμενα με πιο δημιουργικό τρόπο, συμβάλλοντας έτσι στην προσωπική ανάπτυξη των μαθητών αλλά και στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων τους μέσα από εργαστήρια και μαθήματα που δεν προσφέρονται κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς. Σκοπός της έρευνάς μας ήταν να διαπιστώσουμε αν οι μαθητές μπορούν να χειριστούν και αισθάνονται άνετα με τις διάφορα πτυχές της σχεδιαστικής σκέψης. Για το λόγο αυτό προσαρμόσαμε το ερωτηματολόγιο των Ladachart κ. ά. (2022) στα ελληνικά δεδομένα.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που είχαμε θέσει ήταν:

1. Πως αντιλαμβάνονται οι μαθητές/τριες τις πτυχές της σχεδιαστικής σκέψης;
2. Ποιο είναι το κατάλληλο περιεχόμενο διδακτικής παρέμβασης για να ενισχυθεί η σχεδιαστική σκέψη;
3. Μπορεί η συμμετοχή σε σύντομη διδακτική παρέμβαση να βελτιώσει την αντίληψή τους για τις όψεις της σχεδιαστικής σκέψης;

ΜΕΘΟΔΟΣ

Διδακτική παρέμβαση

Η έρευνα έγινε στα πλαίσια θερινού σχολείου το οποίο πραγματοποιήθηκε την τελευταία εβδομάδα του Ιουνίου 2024, στο οποίο συμμετείχαν 21 μαθητές/τριες 14 κορίτσια και 7 αγόρια. 8 είχαν ολοκληρώσει την Γ' γυμνασίου, 5 την Α' λυκείου και 8 τη Β' λυκείου.

Σχεδιάσαμε μια διδακτική παρέμβαση με αντικείμενο να αποκτήσουν οι μαθητές/τριες εμπειρία με τη χρήση της σχεδιαστικής σκέψης. Η εμπειρία μας είχε δείξει ότι οι μαθητές εφαρμόζουν όχι με συστηματικό τρόπο μέρη της σχεδιαστικής σκέψης χωρίς να το συνειδητοποιούν. Θα ήταν χρήσιμο σε κάθε πρόβλημα που αντιμετωπίζουν στην καθημερινότητα και στις σπουδές τους να χρησιμοποιούν συνειδητά τη σχεδιαστική σκέψη. Ένα από τα πρώτα ερωτήματα είναι ποια είναι τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει το αντικείμενο με το οποίο θα ασχοληθούμε. Οι εκφάνσεις της σχεδιαστικής σκέψης είναι πολλές και κάθε εκδοχή έχει πολλές περιπτώσεις. Από τους περιορισμούς που θέσαμε: να υπάρχει άμεση εμπειρία των μαθητών με το αντικείμενο, να είναι εύκολη η τροποποίηση ή η εύρεση της λύσης επειδή αυτό που μας ενδιέφερε ήταν να αποκτήσουν εμπειρία από τη διαδικασία. Από την εμπειρία προηγούμενων ετών στο μάθημα της Τεχνολογίας διαπιστώσαμε ότι για να είναι ενδιαφέρουσα η απασχόληση των μαθητών, το αντικείμενο θα πρέπει:

1. *Να αναφέρεται σε πραγματικά προβλήματα:* Το αντικείμενο πρέπει να βασίζεται σε πραγματικά προβλήματα που έχουν νόημα και σχετίζονται με την καθημερινή ζωή των μαθητών. Αυτό βοηθά στην ενεργοποίηση του ενδιαφέροντός τους και στην εφαρμογή των γνώσεών τους σε πραγματικές καταστάσεις. Τα προβλήματα αυτά μπορεί να είναι περιβαλλοντικά, κοινωνικά, οικονομικά, κλπ.
2. *Να έχει διεπιστημονική προσέγγιση:* Πρέπει να ενσωματώνει στοιχεία από διάφορα γνωστικά αντικείμενα, επιτρέποντας στους μαθητές/τριες να δουν τις συνδέσεις μεταξύ των διαφορετικών επιστημονικών πεδίων. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την επιστήμη, την τεχνολογία, την μηχανική, τις τέχνες και τα μαθηματικά (STEAM).
3. *Να ενθαρρύνει τη δημιουργική σκέψη και την καινοτομία:* Το αντικείμενο πρέπει να δίνει έμφαση στην ανάπτυξη της δημιουργικής σκέψης και της καινοτομίας, επιτρέποντας στους μαθητές/τριες να εξερευνούν νέες ιδέες και να αναπτύσσουν πρωτότυπες λύσεις.
4. *Να ενθαρρύνει τη συνεργατική μάθηση:* Πρέπει να προάγει τη συνεργατική μάθηση, ενθαρρύνοντας τους μαθητές να δουλεύουν σε ομάδες, να ανταλλάσσουν ιδέες και να αναπτύσσουν δεξιότητες επικοινωνίας και ομαδικής εργασίας.
5. *Να επιτρέπει διαδικασία επανάληψης και ανατροφοδότησης:* Πρέπει να ενσωματώνει διαδικασίες επανάληψης και ανατροφοδότησης, επιτρέποντας στους μαθητές/τριες να βελτιώνουν τις ιδέες και τις λύσεις τους μέσα από συνεχή αξιολόγηση και αναστοχασμό.
6. *Να προωθεί την πρακτική και εμπειρική μάθηση:* Το αντικείμενο πρέπει να προσφέρει πρακτικές δραστηριότητες και εμπειρική μάθηση, δίνοντας στους

- μαθητές την ευκαιρία να πειραματιστούν, να κατασκευάσουν και να δοκιμάσουν λύσεις για να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους σε πραγματικά έργα.
7. *Να επιτρέπει διαφοροποίηση και εξατομίκευση:* Πρέπει να παρέχει δυνατότητες για διαφοροποίηση και εξατομίκευση, προσαρμόζοντας τις δραστηριότητες στις ανάγκες, τα ενδιαφέροντα και τις ικανότητες κάθε μαθητή.
 8. *Να συνεισφέρει στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης:* Πρέπει να ενθαρρύνει την ανάπτυξη κριτικής σκέψης, βοηθώντας τους μαθητές να αναλύουν προβλήματα, να αξιολογούν πληροφορίες και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις

Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήσαμε ένα τεχνολογικό δημιούργημα, ένα ποτήρι καφέ μιας χρήσης για να εξοικειωθούν οι μαθητές/τριες με το σχεδιασμό μέσα από την αντίστροφη μηχανική (reverse engineering), που είναι η διαδικασία ή μέθοδος, μέσα από την οποία επιχειρείται να ανακαλυφθούν και να κατανοηθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά μιας συσκευής, ενός προϊόντος, ή ακόμη και ενός συστήματος, αναλύοντας τα επιμέρους στοιχεία του, όπως π.χ. τη δομή, τη λειτουργία ή την απόκρισή του ως διάταξη, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και την καλύτερη η χρήση ενός ποτηριού (Villaverde & Banga, 2013· Vukašinović & Duhovnik, 2019).

Διδασκαλία της Σχεδιαστικής Σκέψης μέσω Αντίστροφης Μηχανικής ενός Χάρτινου Κύπελου Καφέ

Στο πρώτο μέρος του μαθήματος στοχεύαμε στην εξοικείωση των μαθητών/τριών τις αρχές της σχεδιαστικής σκέψης και της αντίστροφης μηχανικής, ώστε να αναπτύξουν τη δεξιότητα επίλυσης προβλημάτων, κριτικής σκέψης και δημιουργικότητας δουλεύοντας σε ομάδες. Απαραίτητα υλικά ήταν: Χάρτινα κύπελα καφέ, ψαλίδια, χαρτιά και στυλό.

Διαδικασία που ακολουθήσαμε:

1. *Εισαγωγή στη Σχεδιαστική Σκέψη:* Εξηγήσαμε συνοπτικά τη διαδικασία της σχεδιαστικής σκέψης: Ενσυναίσθηση, Ορισμός, Ιδεοποίηση, Δημιουργία Πρωτοτύπου, Δοκιμή, χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα ένα μαστούνη για κάποιον που έχει αστάθεια στο βάδισμα. Τόνισαμε ότι η σχεδιαστική σκέψη επικεντρώνεται στην κατανόηση των αναγκών των χρηστών και στην επαναληπτική επίλυση προβλημάτων.
2. *Φάση Ενσυναίσθησης:* Ζητήσαμε από τους μαθητές να συζητήσουν σε ομάδες και να καταγράψουν την εμπειρία τους από τη χρήση ενός χάρτινου κυπέλλου καφέ. Να αναφέρουν ποια προβλήματα λύνει (κοινωνικά, ατομικά, κλπ) τι τους αρέσει ή δεν τους αρέσει και τι δυσκολίες αντιμετώπισαν.
3. *Φάση Καθορισμού:* Με βάση τη φάση της ενσυναίσθησης, οι μαθητές δουλεύουν σε ομάδες για να ορίσουν τα βασικά προβλήματα ή τα σημεία που χρειάζονται βελτίωση. Στη φάση αυτή οι μαθητές καθορίζουν τις προδιαγραφές που πρέπει να έχει το προϊόν και τους περιορισμούς στους οποίους θα πρέπει να υπόκειται.

4. *Αντίστροφη Μηχανική*: Δώσαμε σε κάθε ομάδα ένα χάρτινο κύπελο καφέ και ψαλίδι. Ζητήσαμε από τους μαθητές/τριες καταγράψουν τα μέρη της κατασκευής και να περιγράψουν τη λειτουργία ή χρησιμότητά τους, είτε να δηλώσουν ότι δεν γνωρίζουν ποια η σημασία κάποιας κατασκευαστικής λεπτομέρειας. Στην επακόλουθη ολομέλεια η κάθε ομάδα παρουσίασε τα σημεία της κατασκευής, ταξινομήθηκαν και συγκεντρώθηκαν όλα σε ένα powerpoint. Στο επόμενο βήμα συζητήθηκε στην ολομέλεια ποια θεωρούν ότι είναι η πολλαπλή χρησιμότητα, του κάθε στοιχείου. Σε περιπτώσεις που δεν ήταν φανερή η χρησιμότητα ή το σημείο δεν είχε εντοπιστεί τότε ζητήθηκε να το ελέγξουν με αποσυναρμολόγηση.
5. *Φάση Ιδεών*: Με τις πληροφορίες που συγκέντρωσαν από την αντίστροφη μηχανική, ζητήθηκε οι μαθητές/τριες σε ομάδες να δημιουργήσουν ιδέες για τη βελτίωση του σχεδιασμού του κύπελου καφέ. Διευκρινίσαμε ότι όλες οι ιδέες είναι αποδεκτές και δεν ασκείται καμιά κριτική στη φάση αυτή. Οι ιδέες καταγράφηκαν από τους μαθητές και δημιουργήθηκε μια κατάσταση για τις πιθανές βελτιώσεις.

Κλείσαμε το πρώτο μέρος της ΔΠ με μια ανακεφαλαίωση για τα στάδια της σχεδιαστικής σκέψης, τη χρησιμότητα της αντίστροφης μηχανικής στην ανάλυση και κατανόηση του σχεδιασμού των προϊόντων. Τονίσαμε ότι η σχεδιαστική σκέψη ενθαρρύνει την ενσυναίσθηση και ότι αποτελεί μια επαναληπτική διαδικασία επίλυσης προβλημάτων.

Ο μύθος της Διδούς

Στο 2^ο μέρος της ΔΠ χρησιμοποιήσαμε τον μύθο της Διδούς, για να εφαρμόσουν οι μαθητές/τριες τη σχεδιαστική σκέψη. Η Διδώ είχε κληρονομήσει τον θρόνο της Τύρου από τον πατέρα της μαζί με τον σύζυγό της Σιχαίο, πλούσιο ιερέα του Ηρακλή. Ο νεότερος όμως αδελφός της Διδούς, ο Πυγμαλίων, δολοφόνησε τον Σιχαίο και κατέλαβε την εξουσία. Μόλις το έμαθε η Διδώ, πήρε τους θησαυρούς του νεκρού συζύγου της και επιβιβάστηκε σε ένα πλοίο μαζί με μερικούς Τυρίους που ήταν αφοσιωμένοι σε αυτήν και δούλους της. Έφτασε μετά από μακρύ ταξίδι στις ακτές της Λιβύης, στη χώρα Γετουλία ή Νουμιδία, όπου ζήτησε από τον βασιλιά Ιάρβα να της επιτρέψει να χτίσει στην ακτή μία πόλη. Ο Ιάρβας αρνήθηκε αρχικά, όταν όμως η Διδώ του προσέφερε πλούσια δώρα δέχθηκε, υπό τον όρο η πόλη να καταλαμβάνει τόση έκταση όση ένα τομάρι βοδιού. Επιλέχθηκε ο μύθος της Διδούς ως κατάλληλος γιατί ξεκινάει με ένα κοινωνικό πρόβλημα με πολλές αναφορές στην πραγματικότητα που ζούμε αυτή την περίοδο, η λύση του οποίου δίνεται μέσα από απλή διαδικασία.

1. Κατανόηση: Κατανόηση του Ταξιδιού της Διδούς: Το πρώτο βήμα στη σχεδιαστική σκέψη είναι να κατανοήσουν οι μαθητές/τριες τον κύριο χαρακτήρα, στην προκειμένη περίπτωση τη Διδώ. Είναι ίσως η μοναδική περίπτωση που μια γυναίκα δημιούργησε μια αποικία. Θα πρέπει να εμβαθύνουν στην ιστορία της, εξερευνώντας τα κίνητρα, τις προκλήσεις και τις εμπειρίες της. Η Διδώ έφυγε από την πατρίδα της, την Τύρο, μετά το θάνατο του συζύγου της, και επιδίωξε να ιδρύσει μια νέα πόλη, την Καρχηδόνα. Ερωτήσεις που πρέπει να εξετάσουμε περιλαμβάνουν: Ποια ήταν τα κύρια κίνητρα και

οι στόχοι της Διδούς; Ποιες προκλήσεις αντιμετώπισε στο ταξίδι της και στην ίδρυση της Καρχηδόνας; Πώς ένιωσε κατά τα διάφορα στάδια του ταξιδιού της; Υπάρχουν ανάλογες σημερινές καταστάσεις;

2. *Καθορισμός: Προσδιορισμός του Βασικού Προβλήματος:* Στη συνέχεια προχωρήσαμε στον καθορισμό του βασικού προβλήματος βάσει της κατανόησης του ταξιδιού της Διδούς. Στην περίπτωση της Διδούς, το πρόβλημα μπορεί να διατυπωθεί ως εξής: «Πώς θα μπορούσε η Διδώ να χτίσει τη νέα πόλη σε τόσο μικρή έκταση;». Τι χρειάζεται μια πόλη για να λειτουργήσει; Ένα θέμα είναι η έκτασή της το άλλο οι λειτουργίες της.

3. *Ιδέες: Παραγωγή Δημιουργικών Λύσεων:* Στη φάση των ιδεών γίνεται καταιγισμός ιδεών για την παραγωγή ενός ευρέος φάσματος πιθανών λύσεων του προβλήματος, χρησιμοποιώντας δημιουργικότητα και αποκλίνουσα σκέψη. Οι μαθητές/τριες θα πρέπει να φανταστούν και να προτείνουν τρόπους παρόμοιους με την έξυπνη ιδέα της Διδούς να κόψει το δέρμα του βοδιού σε λεπτές λωρίδες για να μεγιστοποιήσει την έκταση της γης που μπορούσε να διεκδικήσει. Μια ερώτηση που προκύπτει είναι αν υπάρχουν πολλοί τρόποι να κοπεί το δέρμα του βοδιού και αν κάποιος φαίνεται να είναι καλύτερος.

4. *Προτυποποίηση: Δημιουργία Μοντέλων και Στρατηγικών:* Κάθε ομάδα θα επιλέξει την ιδέα που της φαίνεται να δημιουργεί την μεγαλύτερη λωρίδα από το χαρτί Α4 που τους δίνεται ως «δέρμα βοδιού» και θα προχωρήσει στη δημιουργία του πρότυπου. Η προτυποποίηση βοηθά στην οπτικοποίηση και τη βελτίωση αυτών των ιδεών, κάνοντάς το ευκολότερο να εντοπίσουμε πιθανές αδυναμίες και τομείς για βελτίωση.

5. *Δοκιμή: Συλλογή Ανατροφοδότησης και Βελτίωση Λύσεων:* Το τελικό στάδιο είναι η δοκιμή και σύγκριση των προτύπων. Οι μαθητές μπορούν να συγκρίνουν, να δώσουν ανατροφοδότηση και να αξιολογήσουν τις λύσεις τους και αυτές των υπόλοιπων ομάδων. Ερωτήσεις που πρέπει να εξεταστούν κατά τη δοκιμή περιλαμβάνουν: Ποιες στρατηγικές έδωσαν τις καλύτερες λύσεις; Είχε σημασία μόνο η στρατηγική ή συνεισέφεραν και άλλοι παράγοντες στη βέλτιστη λύση; Τι θα μπορούσε να βελτιωθεί στην προτεινόμενη λύση για να βγει καλύτερο αποτέλεσμα. Βάσει της ανατροφοδότησης, οι μαθητές μπορούν να βελτιώσουν τις λύσεις και στρατηγικές τους, διασφαλίζοντας ότι οι τελικές λύσεις τους είναι πρακτικές και αποτελεσματικές.

Ερωτηματολόγιο

Για να λάβουμε ανάδραση για την επίδραση της ΔΠ στην αντίληψη των μαθητών/τριών χρησιμοποιήσαμε ερωτήσεις από σταθμισμένα ερωτηματολόγια που είχαν αναπτυχθεί και δοκιμαστεί για αυτό το σκοπό (Dosi, 2018; Ladachart, 2022). Οι ερωτήσεις είχαν ομαδοποιηθεί στις ακόλουθες ομάδες:

- Συναισθήματα των μαθητών/τριών σχετικά με την αβεβαιότητα και το άγνωστο
- Ανθρωποκεντρικότητα
- Ενσυνείδηση για τη διαδικασία και επιπτώσεις στους άλλους
- Συνεργατική εργασία και διαφορετικότητα
- Στοιχεία/Όψεις σχεδιαστικής σκέψης
- Χρήση νέων ιδεών

Το ερωτηματολόγιο εφαρμόστηκε πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ήταν ανώνυμο. Αποτελούνταν από κλειστές ερωτήσεις σε δεκαβάθμια κλίμακα, όπου το 1 αντιστοιχούσε στο διαφωνώ πλήρως, ενώ το 10 συμφωνώ πλήρως.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

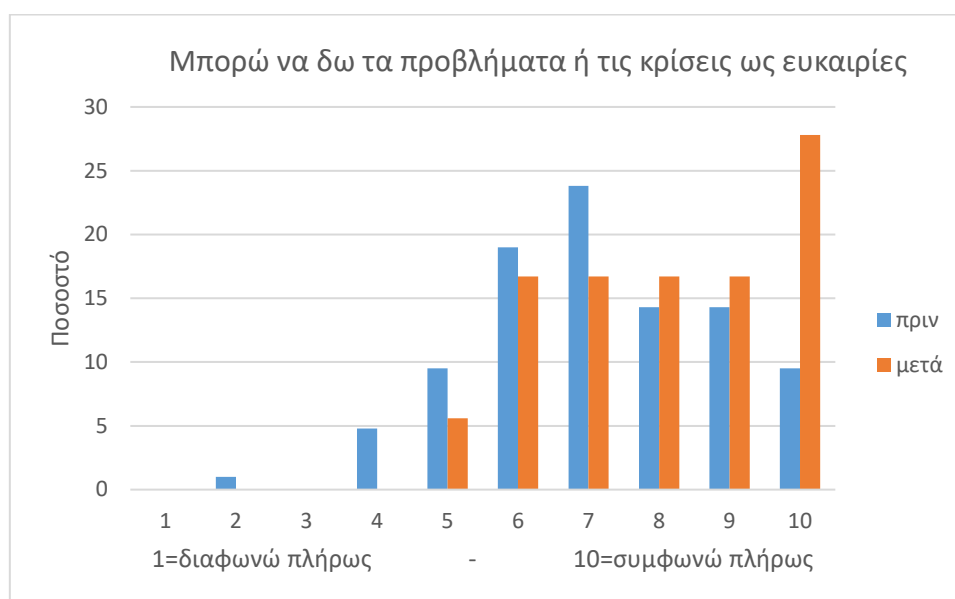
Αποτελέσματα από το ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε από 21 μαθητές/τριες πριν την ΔΠ και από 18 μαθητές/τριες μετά, γιατί έπρεπε να φύγουν νωρίτερα. Παραθέτουμε παρακάτω τον πίνακα με τους μέσους όρους των απαντήσεων πριν και μετά τη ΔΠ. Στην τελευταία στήλη παρουσιάζεται η διαφορά του μέσου όρου πριν και μετά τη ΔΠ.

Πίνακας 1. Αποτελέσματα του μέσου όρου των απαντήσεων του ερωτηματολογίου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Στην τελευταία στήλη παρουσιάζεται η διαφορά του μέσου όρου μετά την εφαρμογή από την πριν.

Ερωτήσεις	Πριν	Μετ ά	Μ-Π
Νιώθω άνετα με ό,τι είναι άγνωστο	6.00	6.72	0.72
Προτιμώ τα νέα πλαίσια από τα οικεία	6.62	6.78	0.16
Νιώθω άνετα να αντιμετωπίζω προβλήματα που δεν μπορώ να λύσω ακόμα	6.29	7.50	1.21
Δεν ανησυχώ όταν μια λύση δεν καταλήγει σε αυτό που αναμένω	5.86	6.78	0.92
Δεν ανησυχώ κατά την επίλυση προβλημάτων που δεν γνωρίζω από πριν αν θα έχω επιτυχία	6.52	7.00	0.48
Μου αρέσει να κάνω πολλές προσπάθειες, ακόμα κι αν αυτό με οδηγεί σε λάθη	7.71	8.22	0.51
Εμπλέκω ενεργά τους πιθανούς χρήστες σε διάφορες φάσεις της διαδικασίας σχεδιασμού	6.86	7.78	0.92
Οι άνθρωποι αποτελούν πηγή έμπνευσης στον προσδιορισμό της κατεύθυνσης για την αναζήτηση της σχεδιαστικής λύσης	7.62	8.39	0.77
Κατά διάρκεια της διαδικασίας σχεδιασμού, προσπαθώ να καταλάβω τι χρειάζονται οι χρήστες	8.19	8.56	0.37
Μπορώ να αντιληφθώ πως αισθάνονται οι χρήστες γρήγορα και διαισθητικά	7.05	7.44	0.40
Αντιλαμβάνομαι εύκολα τις ανησυχίες των άλλων	8.05	7.56	-0.49
Είμαι σε θέση να αναγνωρίσω πότε βρίσκομαι σε αποκλίνουσα ή συγκλίνουσα φάση της διαδικασίας	7.48	7.78	0.30
Είμαι σε θέση να καταλάβω ποιες μπορεί είναι οι επιπτώσεις της προτεινόμενης λύσης στο εξωτερικό περιβάλλον	7.29	7.89	0.60
Αισθάνομαι άνετα να μοιράζομαι τις γνώσεις μου με την ομάδα μου	8.33	8.67	0.33

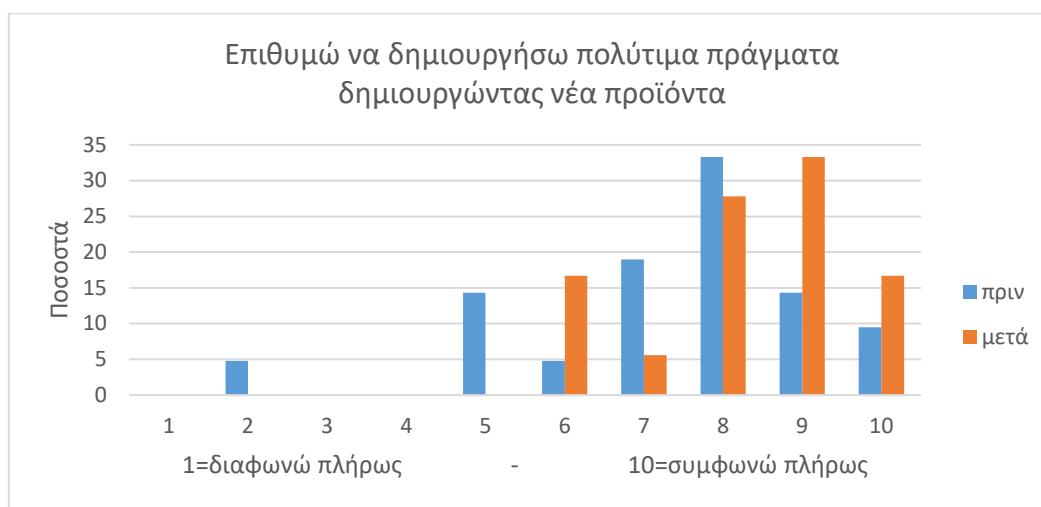
Συνεργάζομαι άνετα με άτομα που έχουν διαφορετικές οπτικές γωνίες από τη δική μου	7.29	7.44	0.16
Μπορώ άνετα να αλλάξω τις αρχικές μου απόψεις αφού ακούσω τους άλλους	6.86	7.33	0.48
Είμαι ανοιχτός/η στη συνεργασία με άτομα με διαφορετικό υπόβαθρο	7.62	7.83	0.21
Νιώθω άνετα να μεταμορφώνω ιδέες σε κάτι απτό	6.86	7.44	0.59
Μου αρέσει να μετατρέπω μια υπόθεση σε κάτι για να δοκιμαστεί	7.57	8.39	0.82
Είμαι συχνά περίεργος/η για αυτό που δεν ξέρω και προσπαθώ να βρω απαντήσεις	8.90	8.72	-0.18
Σε νέες καταστάσεις αναζητώ γενικά όσες περισσότερες πληροφορίες μπορώ	7.95	8.61	0.66
Μπορώ να προβλέψω διαφορετικά αποτελέσματα κατά τον σχεδιασμό του ίδιου πράγματος	7.52	8.17	0.64
Είμαι άνετος/η στο να χρησιμοποιώ πρότυπα για αναπαράσταση	7.48	7.78	0.30
Νομίζω ότι μπορώ να χρησιμοποιήσω τη δημιουργικότητά μου για να λύσω περίπλοκα προβλήματα	7.62	7.56	-0.06
Είμαι βέβαιος/η ότι μπορώ να λύσω προβλήματα που απαιτούν δημιουργικότητα	7.33	7.44	0.11
Πιστεύω στην ικανότητά μου να λύνω δημιουργικά ένα πρόβλημα	7.19	7.72	0.53
Επιθυμώ να δημιουργήσω πολύτιμα πράγματα σχεδιάζοντας νέα προϊόντα	7.33	8.28	0.94
Νομίζω ότι μπορώ να ξεπεράσω τις δυσκολίες χρησιμοποιώντας τη δημιουργικότητα	6.81	7.44	0.63
Μπορώ να δω τα προβλήματα ή τις κρίσεις ως ευκαιρίες	6.95	8.06	1.10



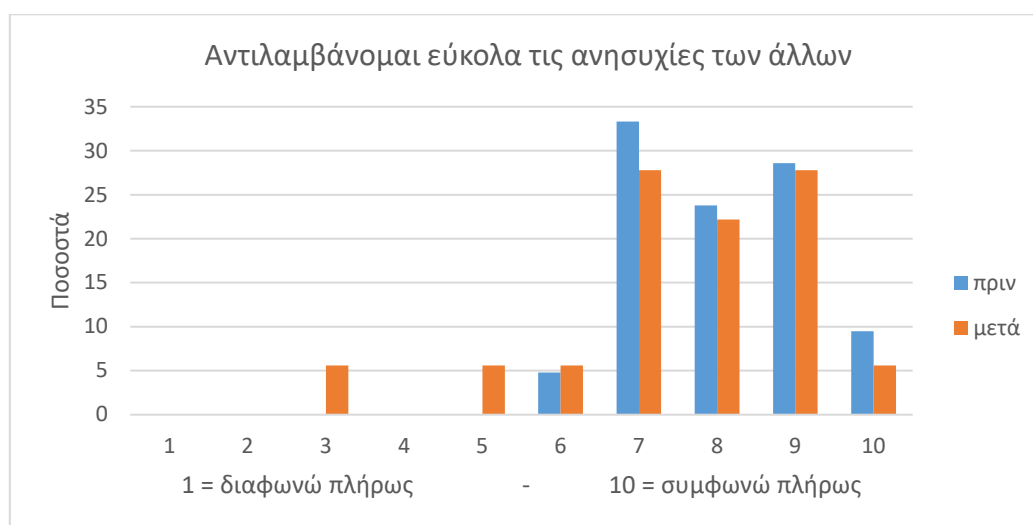
Σχήμα 1. Απαντήσεις στη δήλωση αν οι μαθητές/τριες μπορούν να δουν τα προβλήματα ή τις κρίσεις ως ευκαιρίες.

Παρατηρούμε ότι στα περισσότερα πεδία οι μαθητές/τριες δηλώνουν ότι συμφωνούν με πιο θετικό τρόπο μετά την ΔΠ από ότι πριν. Μεγαλύτερη βελτίωση παρατηρείται στην δήλωση «Μπορώ να δω τα προβλήματα ή τις κρίσεις ως ευκαιρίες» (Σχήμα 1), που ανήκει στην ομάδα ερωτήσεων που αναφέρονται στις στάσεις των μαθητών απέναντι σε νέες ιδέες.

Το δεύτερο σε βελτίωση πεδίο αναφέρεται επίσης στην ομάδα ερωτήσεων Νέες Ιδέες, που δείχνει ότι οι μαθητές/τριες αποκόμισαν θετική στάση μέσα από τη διαδικασία της ΔΠ (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Ποσοστιαίες αποκρίσεις στη δήλωση ότι επιθυμούν να δημιουργήσουν σημαντικά και πολύτιμα νέα προϊόντα.



Σχήμα 3. Ποσοστιαίες αποκρίσεις στη δήλωση ότι αντιλαμβάνονται εύκολα τις ανησυχίες των άλλων.

Η πιο μεγάλη αρνητική απόκλιση των μέσων όρων παρατηρήθηκε στην δήλωση ότι «Αντιλαμβάνονται εύκολα τις ανησυχίες των άλλων» (Σχήμα 3), η οποία αν και δεν διαφέρει ιδιαίτερα από την προηγούμενη ερώτηση, δηλαδή «Μπορώ να αντιληφθώ πως αισθάνονται οι χρήστες γρήγορα και διαισθητικά», όπου οι αποκρίσεις μετά τη ΔΠ παρουσιάζουν βελτίωση (βλέπε Πίνακα 1). Ίσως ένοιωσαν ότι είναι δύσκολο να αντιληφθούν τις ανησυχίες των άλλων ενώ τους είναι πιο κατανοητή η έννοια «προσπαθώ να μπω στη θέση του άλλου», μια έννοια που γενικά δουλεύεται περισσότερο μέσα από διάφορα μαθήματα, φιλολογικά και τα Εργαστήριο Δεξιοτήτων.

Αποτελέσματα από την διδακτική παρέμβαση

Οι μαθητές δουλεύοντας σε ομάδες κατόρθωσαν να προσδιορίσουν το λόγο του σχεδιασμού πολλών στοιχείων του ποτηριού του καφέ μιας χρήσης, όπως ποια η χρήση της μικρής οπής στο καπάκι απέναντι από το άνοιγμα που προορίζεται για να πίνει κανείς τον καφέ, το διπλό τοίχωμα στα πλαϊνά του ποτηριού, το σχήμα του ως κωνική τομή, το χείλος του ποτηριού, τον υπερυψωμένο πάτο, κλπ. Κάποιες ομάδες εντόπισαν αρκετούς λόγους για τον σχεδιασμό των ποτηριών, άλλες επισήμαναν σημεία για τα οποία δεν αντιλαμβανόταν τη χρησιμότητά τους. Μέσα από τη συζήτηση στην ολομέλεια μπόρεσε να γίνει σύνθεση των διαφόρων λόγων ύπαρξης κάποιας σχεδιαστικής λεπτομέρειας, επειδή πολλές σχεδιαστικές λύσεις εξυπηρετούν περισσότερους από ένα λόγους, όπως το διπλό τοίχωμα του ποτηριού που εξυπηρετεί να μην (α) καιγόμαστε όταν πιάνουμε το ποτήρι με τον καυτό καφέ, αλλά επίσης (β) συμβάλλει στο να διατηρηθεί περισσότερο χρόνο ζεστός ο καφές τον χειμώνα και (γ) κρύο τον παγωμένο καφέ το καλοκαίρι, ή το σχήμα του χείλους του ποτηριού, που εξυπηρετεί (α) να κλείσει με κατάλληλο τρόπο το διπλό τοίχωμα του ποτηριού, αλλά επίσης (β) να είναι πιο ευσταθές το ποτήρι και να μην αναδιπλώνεται όταν το πιάνουμε από τα δύο πλαϊνά, καθώς επίσης (γ) να εφαρμόζει καλά το πλαστικό καπάκι και να μην είναι αιχμηρό όταν πίνουμε από το ποτήρι.

Ως προς τον μύθο της Διδούς, δοκίμασαν να κόψουν την σελίδα σε λωρίδα με διάφορους τρόπους, με κυριότερες προσεγγίσεις ακολουθώντας σπείρα ή κάνοντας τομές διαδοχικά από τη μία και την απέναντι άκρη της σελίδας χωρίς να κόβουν τη λωρίδα μέχρι το τέλος. Αρκετή συζήτηση έγινε στις ομάδες που χρησιμοποίησαν τον δεύτερο τρόπο σχετικά με το αν θα έπρεπε να κόψουν τη σελίδα όρθια ή πλάγια, ώστε να κατορθώσουν να μεγιστοποιήσουν το μήκος της παραγόμενης λωρίδας. Στο Σχήμα 4α τοποθετήθηκαν όλες οι λωρίδες να ξεκινούν από το ίδιο σημείο και στο Σχήμα 4β φαίνεται το μήκος που φτάνει κάθε λωρίδα. Γενικά οι ομάδες δούλεψαν φιλότιμα, και το αποτέλεσμα φαίνεται ότι προκύπτει από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται (τα δάκτυλα και τα χέρια), δηλαδή το εύρος της λωρίδας του χαρτιού προσδιορίζεται από το μέγεθος των δακτύλων που κόβουν το χαρτί. Το εύρος της λωρίδας είναι παραπλήσιο. Από τις αναδιπλώσεις των λωρίδων φαίνεται η διαδικασία που το έκοψαν. Παρατηρούμε ότι μία ομάδα κατάφερε να δημιουργήσει πολύ μεγάλη λωρίδα που φτάνει σχεδόν μέχρι την υπερυψωμένη σκηνή, ενώ γενικά όλες οι ομάδες πέτυχαν αρκετά μεγάλα μήκη που δείχνει την προσπάθειά τους και την υπομονή τους.



α

β

Σχήμα 4. Λωρίδες από τη σελίδα Α4: στο Σχήμα 4α φαίνεται ότι τοποθετήθηκαν να ξεκινούν όλες οι λωρίδες από το ίδιο σημείο. 4β: μέχρι που φτάνουν οι λωρίδες. Από τις αναδιπλώσεις των λωρίδων φαίνεται η διαδικασία που το έκοψαν. Παρατηρούμε ότι μία ομάδα κατάφερε να δημιουργήσει πολύ μεγάλη λωρίδα που φτάνει σχεδόν μέχρι την υπερυψωμένη σκηνή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η έρευνα αυτή επικεντρώθηκε στη σημασία της εισαγωγής της σχεδιαστικής σκέψης στην εκπαίδευση, καθώς και στη διερεύνηση της επίδρασης μιας σύντομης, αλλά καλά προετοιμασμένης διδακτικής παρέμβασης, στις αντιλήψεις των μαθητών/τριων για αυτήν τη μεθοδολογία. Οι βασικές διαπιστώσεις μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- *Κατανόηση και Εξοικείωση των Μαθητών με τη Σχεδιαστική Σκέψη:* Οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν στη διδακτική παρέμβαση έδειξαν αυξημένη κατανόηση των αρχών της σχεδιαστικής σκέψης, όπως επιβεβαιώθηκε από τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων πριν και μετά την παρέμβαση. Η επαφή με πραγματικά αντικείμενα και οι χειραπτικές πρακτικές τους βοήθησε να κατανοήσουν τις διαδικασίες της ενσυναίσθησης, του καθορισμού προβλημάτων, του καταγισμού ιδεών, της δημιουργίας προτύπων και της δοκιμής.
- *Ενίσχυση των Δεξιοτήτων των Μαθητών:* Η εφαρμογή της σχεδιαστικής σκέψης μέσα από τη μεθοδολογία της αντίστροφης μηχανικής ενός χάρτινου κύπελου καφέ και την επίλυση προβλήματος βασισμένου στον μύθο της Διδούς ανέδειξαν την ικανότητα των μαθητών να αναπτύσσουν κριτική σκέψη, δημιουργικότητα και δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Η εμπειρία αυτή τους βοήθησε να αντιληφθούν την πρακτική εφαρμογή της θεωρίας και να εμπλακούν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία.

- *Σημασία του Περιεχομένου της Διδακτικής Παρέμβασης*: Το περιεχόμενο της διδακτικής παρέμβασης, το οποίο ήταν προσαρμοσμένο στην καθημερινότητα των μαθητών και περιλάμβανε χειροπιαστά αντικείμενα, αποδείχθηκε καθοριστικό για την επιτυχία της. Η επιλογή αντικειμένων και προβλημάτων που είχαν σχέση με την καθημερινή ζωή των μαθητών ενίσχυσε το ενδιαφέρον τους και αποτέλεσε κίνητρο για συμμετοχή.
- *Βελτίωση της Συνεργασίας και της Κοινωνικής Συνείδησης*: Η συνεργασία και η αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης ενισχύθηκαν σημαντικά. Οι μαθητές ανέπτυξαν δεξιότητες ομαδικής εργασίας, επικοινωνίας και ενσυναίσθησης, καθιστώντας τη μάθηση πιο συμπεριληπτική και κοινωνικά ευαίσθητη, αν και πολλοί από αυτούς δεν γνωριζόταν από πριν.
- *Αναγνώριση της Αξίας της Σχεδιαστικής Σκέψης στην Εκπαίδευση*: Η εφαρμογή της σχεδιαστικής σκέψης στην εκπαίδευση αναγνωρίστηκε ως ισχυρό εργαλείο για την ανάπτυξη της δημιουργικότητας, της καινοτομίας, της κριτικής σκέψης και των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων. Η συμμετοχή σε έργα που αντιμετωπίζουν αυθεντικές προκλήσεις έκανε τη μάθηση πιο ουσιαστική για τους μαθητές.

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι η έρευνα αυτή ανέδειξε τη σημασία της σχεδιαστικής σκέψης ως παιδαγωγικού εργαλείου μέσα από κατάλληλα επιλεγμένη μεθοδολογία επιλογής του θέματος ή του προβλήματος, ή του αντικείμενου. Μπορεί να εμπλουτίσει την εκπαιδευτική διαδικασία και να προετοιμάσει τους μαθητές/τριες για την επίλυση σύγχρονων και σύνθετων προβλημάτων. Η συνέχιση της εφαρμογής και της μελέτης της σχεδιαστικής σκέψης στην εκπαίδευση αναμένεται να προσφέρει ακόμη περισσότερα οφέλη και να ενισχύσει την προετοιμασία των μαθητών για τον σύγχρονο κόσμο και την μελλοντική τους καριέρα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Brown, T. (2008). Design Thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84-92.
- Crites, K., Rye, E. (2020). Innovating language curriculum design through design thinking: A case study of a blended learning course at a Colombian university. *System*, 94, 102334.
- Cross, N., Dorst, K., Roozenburg, N. (Eds.) (1992). *Research in Design Thinking*. Delft: Delft University Press.
- d.school (2024, July). *Hasso Plattner Institute of Design*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Hasso_Plattner_Institute_of_Design.
- Dosi, C., Rosati, F., & Vignoli, M. (2018). Measuring Design Thinking Mindset. *Human Behaviour and Design*, 1991-2002. <https://doi.org/10.21278/idc.2018.0493>
- Eastman, C., McCracken M., Newsteller, W. (Eds.) (2001). *Design Knowing and Learning: Cognition in Design Education*. Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Faste, R. (1994). Ambidextrous Thinking. *Innovations in Mechanical Engineering Curricula for the 1990s*, pp. 14-16.

- Gilbert, C. G., Crow, M. M. & Anderson, D. (2018). Design Thinking for Higher Education. *Stanford Social Innovation Review*, Winter 2018, 36-41.
- Guaman-Quintanilla, S., Everaert, P., Chiluiza, K., Valcke, M. (2023). Impact of design thinking in higher education: a multi-actor perspective on problem solving and creativity. *International Journal of Technology and Design Education*, 33, 217–240. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09724-z>.
- Heafala A., Ball, L., Rundle-Thiele, S., Mitchell, L. J. (2024). ‘Through education, we can make change’: A design thinking approach to entry-level dietetics education regarding eating disorders. *Nutrition & Dietetics*. 1–11. DOI: 10.1111/1747-0080.12885
- Hennessey, E. & Mueller, J. (2020). *Canadian Journal of Education / Revue canadienne de l'éducation*, 43(2), 498-521.
- Ladachart, L., Cholsin, J. Kwanpet, S., Teerapanpong, R. Dessi, A., Phuangsuwan, L. Phothong, W. (2022). Ninth-grade students’ perceptions on the design-thinking mindset in the context of reverse engineering. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 2445–2465. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09701-6>
- Li, T., Zhan, Z. (2022). A Systematic Review on Design Thinking Integrated Learning in K-12 Education. *Applied Sciences*, 12, 8077. <https://doi.org/10.3390/app12168077>.
- Martin, R. L. (2009). *The Design of Business: Why Design Thinking is the Next Competitive Advantage*. Harvard Business Press.
- Martin, S., Goff, R., & O’Keeffe, P. (2023). Integrating design thinking into social work education: a scoping review of practices and identification of opportunities for curriculum innovation. *Social Work Education*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/02615479.2023.2238713>.
- McLaughlin, J. E., Chen, E., Lake, D., Guo, W., Skywark, E. R., Chernik, A, et al. (2022). Design thinking teaching and learning in higher education: Experiences across four universities. *PLoS ONE*, 17(3), e0265902. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265902>
- Razzouk, R., & Shute, V. (2012). What Is Design Thinking and Why Is It Important? *Review of Educational Research*, 82(3), 330-348.
- Rusmann, A., Ejsing-Duun, S. (2022). When design thinking goes to school: A literature review of design competences for the K-12 level. *Int J Technol Des Educ* 32, 2063–2091. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09692-4>
- Stickdorn, M., Schneider, J. (Eds.) (2010). *This is Service Design Thinking. Basic - Tools - Cases*. Amsterdam: BIS Publisher.
- Tsai, C.-A., Song M.-Y. W., Lo, Y.-F., Lo, C.-C. (2023). Design thinking with constructivist learning increases the learning motivation and wicked problem-solving capability - An empirical research in Taiwan. *Thinking Skills and Creativity*, 50, 101385. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101385>.
- Tschimmel, K. (2012). Design Thinking as an effective Toolkit for Innovation. In: *Proceedings of the XXIII ISPIM Conference: Action for Innovation: Innovating from Experience*. Barcelona.

- Vassallo, J. P., Banerjee, S., Zaman, H., Prabhu, J. C. (2023). Design thinking and public sector innovation: The divergent effects of risk-taking, cognitive empathy and emotional empathy on individual performance. *Research Policy*, 52(6), 104768.
- Villaverde AF, Banga JR. (2013) Reverse engineering and identification in systems biology: strategies, perspectives and challenges. *Journal of the Royal Society Interface*, 11(91), 20130505. doi: 10.1098/rsif.2013.0505.
- Vukašinović, N., Duhovnik, J. (2019). Introduction to Reverse Engineering. In: *Advanced CAD Modeling*. Springer Tracts in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02399-7_7

ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM+: ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Υβόνη Παύλου¹, Ζαχαρίας Χ. Ζαχαρία²

¹Ερευνήτρια Πανεπιστήμιο Κύπρου, ²Καθηγητής στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών
Πανεπιστήμιο Κύπρου

pavlou.ivoni@ucy.ac.cy

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκπαίδευση STEM+ στοχεύει στη διεπιστημονική μάθηση και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα μέσω της ενσωμάτωσης της Επιστήμης, Τεχνολογίας, Μηχανευτικής, Μαθηματικών και άλλων πεδίων από την προσχολική ηλικία. Οι μαθητοκεντρικές προσεγγίσεις που υιοθετούνται συχνά κατά την εκπαίδευση STEM+ (π.χ. μάθηση μέσω διερώτησης) επιδιώκουν να προσφέρουν ευκαιρίες στους μαθητές να εφαρμόσουν επιστημονικές πρακτικές και δεξιότητες κυρίως μέσα από περιβάλλοντα πειραματισμού. Αν και παραδοσιακά η διαδικασία του πειραματισμού αφορούσε στην αλληλεπίδραση με πραγματικά υλικά και εργαλεία, η ανάπτυξη της τεχνολογίας δημιούργησε νέες ευκαιρίες για διεπιστημονική μάθηση μέσα από εικονικά περιβάλλοντα πειραματισμού. Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται συζήτηση του κατά πόσον τα εικονικά περιβάλλοντα είναι κατάλληλο μέσο πειραματισμού για παιδιά πρώιμης σχολικής εκπαίδευσης, υπό το πρίσμα των θεωριών της ενσώματης νόησης και απτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης.

Λέξεις κλειδιά: εκπαίδευση STEM+, προσχολική εκπαίδευση, περιβάλλοντα πειραματισμού

Αναφορά: Παύλου, Υ., & Ζαχαρία, Ζ. Χ. (2025). Ενσωμάτωση Πραγματικών και Εικονικών Περιβαλλόντων Πειραματισμού στην Εκπαίδευση STEM+: Εμπειρική Έρευνα και Εφαρμογές στην Προσχολική Εκπαίδευση, 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

INTEGRATING PHYSICAL AND VIRTUAL MANIPULATIVES DURING EXPERIMENTATION IN STEM+ EDUCATION: EMPIRICAL RESEARCH AND APPLICATIONS IN EARLY CHILDHOOD EDUCATION

Yvoni Pavlou & Z. C. Zacharia

Department of Educational Sciences, University of Cyprus, Nicosia, Cyprus

pavlou.yvoni@ucy.ac.cy

Abstract

STEM+ education aims at fostering interdisciplinary learning and the development of 21st-century skills through the integration of Science, Technology, Engineering, Mathematics, and other fields starting from preschool age. The student-centered approaches often adopted in STEM+ education (e.g., inquiry-based learning) seek to provide opportunities for students to apply scientific practices and skills, primarily through experimentation. Although traditionally the process of experimentation involved the manipulation of physical materials and tools, technological advancements have created new opportunities for interdisciplinary learning through virtual manipulatives. This chapter discusses whether virtual manipulatives are a suitable means for experimentation for young children, based on the theoretical underpinnings of embodied cognition theories and haptic perspectives of learning.

Keywords: *STEM+ education, early childhood education, manipulatives*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εκπαιδευτικές μεταρρυθμίσεις σε πολλές χώρες επικεντρώνονται στη διαμόρφωση εκπαιδευτικής πολιτικής για ενσωμάτωση της εκπαίδευσης STEM (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανευτική και Μαθηματικά) στα αναλυτικά προγράμματα για προώθηση της διεπιστημονικής μάθησης και της ανάπτυξης δεξιοτήτων 21ου αιώνα (Zhan et al., 2022). Για παράδειγμα, στο Κυπριακό εκπαιδευτικό σύστημα τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια εισαγωγής της εκπαίδευσης STEM στη δημοτική και μέση εκπαίδευση μέσα από τη λειτουργία Ολοήμερων Γυμνασίων Διαθεματικής - Διεπιστημονικής Μάθησης, καθώς και τη δημιουργία σχολείων ειδικού ενδιαφέροντος STEM. Παρά τις ασυνέπειες στον ορισμό της εκπαίδευσης STEM (Falloon, 2020) συνήθως θεωρείται ως μια εκπαιδευτική προσέγγιση που ενσωματώνει δεξιότητες και γνώσεις από διάφορες επιστήμες για την ανάπτυξη επιστημονικής γνώσης και την προώθηση της καινοτομίας, εστιάζοντας σε πραγματικά προβλήματα και προκλήσεις (Martín-Páez, Aguilera, Perales-Palacios, & Vilchez-González, 2019). Η ενσωμάτωση και άλλων γνωστικών αντικειμένων είναι

επίσης μια κοινή πρακτική για την καλλιέργεια δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, όπως η δημιουργικότητα και η επιχειρηματικότητα. Για παράδειγμα, η εκπαίδευση STEAM αναφέρεται στην ενσωμάτωση των Τεχνών ή/και των Ανθρωπιστικών Επιστημών, ενώ η εκπαίδευση STEAME ενσωματώνει επιπλέον την επιχειρηματικότητα. Έτσι, ο όρος STEM+ χρησιμοποιείται για να εκπροσωπήσει όλους τους δυνατούς συνδυασμούς (Pavlou & Zacharia, 2023).

Αν και η έρευνα για την εκπαίδευση STEM+ επικεντρώνεται κυρίως στις βαθμίδες της δημοτικής και μέσης εκπαίδευσης, υποδεικνύεται μέσα από έρευνες ότι και παιδιά προσχολικής ηλικίας μπορούν να ωφεληθούν από την πρώιμη έκθεση σε δραστηριότητες STEM+ για την ανάπτυξη κατανόησης, δεξιοτήτων, θετικών στάσεων και ενδιαφέροντος για τα σχετικά πεδία (Ha et al., 2023). Τα παιδιά πολύ πριν ενταχθούν στην τυπική εκπαίδευση, διαθέτουν έμφυτη περιέργεια για τον κόσμο γύρω τους, θέτουν ερωτήματα, επιλύουν προβλήματα, παρατηρούν και προβλέπουν, πρακτικές που αποτελούν βασικά στοιχεία για την ανάπτυξη ενδιαφέροντος και γνώσεων για τα πεδία STEM+ (Başaran, & Bay, 2023· Campbell & Speldewinde, 2022· Clements & Sarama, 2016). Έτσι, η συμπερίληψη πτυχών της εκπαίδευσης STEM+ στα αναλυτικά προγράμματα πρώιμης παιδικής ηλικίας μπορούν να αποτελέσουν το θεμέλιο για τη μετέπειτα ανάπτυξη δεξιοτήτων και γνώσεων STEM+ (Keane & Garvis, 2024). Φυσικά, τα αναλυτικά προγράμματα αρκετών χωρών ήδη εμπεριέχουν πτυχές και πρακτικές που μπορούν να εφαρμοστούν για να υποστηρίξουν την εκπαίδευση STEM+ (π.χ. έμφαση στην πρακτική μάθηση και τη συνεργασία) δημιουργώντας έτσι ευκαιρίες για την κατάλληλη εισαγωγή της και στο νηπιαγωγείο (Wan, Jiang, & Zhan, 2021).

Η εκπαίδευση STEM+ δεν αναφέρεται απαραίτητα στην ισότιμη ενσωμάτωση όλων των πεδίων. Αντ' αυτού, αποτελεί μια ευρύτερη προσέγγιση μέσω της οποίας γίνονται συνδέσεις μεταξύ των επιστημονικών πεδίων με βάση τους διδακτικούς στόχους. Σε πολλές περιπτώσεις, ένα ή περισσότερα από αυτά τα πεδία μπορεί να αποτελούν το κύριο αντικείμενο εστίασης (Martín-Páez et al., 2019· Zhan et al., 2022), με συνδέσεις με άλλα πεδία να αναπτύσσονται με στόχο την παροχή μιας ολιστικής κατανόησης ή την επίλυση σύνθετων προβλημάτων. Αν και η εκπαίδευση STEM+ συχνά δίνει έμφαση στη σύζευξη αυτών των πεδίων, αναγνωρίζεται ταυτόχρονα ότι κάθε κλάδος έχει τις δικές του μοναδικές συμβολές και μεθόδους διδασκαλίας. Επομένως, κατά τη διάρκεια μιας δραστηριότητας STEM+, ένα πεδίο μπορεί να έχει προτεραιότητα ενώ τα υπόλοιπα να ενσωματώνονται σε διάφορους βαθμούς, πάντοτε με γνώμονα τους διδακτικούς μας στόχους.

Η Επιστήμη και η Μηχανευτική είναι συνήθως διαθεματικοί κλάδοι και συνεπώς, διδακτικές προσεγγίσεις όπως η Μάθηση μέσω Διερώτησης (inquiry-based learning, π.χ. Pedaste et al., 2015) και η Μάθηση μέσω Σχεδιασμού (design-based learning, π.χ. Crismond & Adams, 2012) υιοθετούνται συχνά κατά την εκπαίδευση STEM+. Τέτοιες μαθητο-κεντρικές προσεγγίσεις διευκολύνουν την ενσωμάτωση και αποτελεσματική διασύνδεση των επιστημονικών πεδίων STEM+, καθώς προάγουν δεξιότητες όπως η επίλυση προβλημάτων, η δημιουργικότητα και η συνεργασία, μέσα από αυθεντικά

προβλήματα και προκλήσεις που προσεγγίζονται διεπιστημονικά (Martín-Páez et al., 2019). Η ενασχόληση με τα πεδία STEM+ μέσα από προσεγγίσεις που βασίζονται στη διερεύνηση και στην ενεργό εμπλοκή των παιδιών κατά την προσχολική ηλικία μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλότερα μαθησιακά επίπεδα (Clements & Sarama, 2016).

Οι συγκεκριμένες διδακτικές προσεγγίσεις επιδιώκουν να προσφέρουν ευκαιρίες στους μαθητές να εφαρμόσουν επιστημονικές πρακτικές και δεξιότητες (π.χ. παρατήρηση, διατύπωση υποθέσεων) κυρίως μέσα από περιβάλλοντα πειραματισμού για να ελέγξουν θεωρίες και να κατανοήσουν φυσικά φαινόμενα (de Jong, Linn, & Zacharia, 2013; de Jong, Sotiriou, & Gillet, 2014), καθώς και να αναπτύξουν σχετικές δεξιότητες (Reid & Shah, 2007). Τα περιβάλλοντα πειραματισμού εμπλέκουν τους μαθητές σε διαδικασίες που σκόπιμα προσφέρουν τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με υλικά και εργαλεία και συνήθως ορίζονται και καθοδηγούνται από τον σχεδιασμό και το πλαίσιο ενός πειράματος (Olymπίου & Zacharia, 2012). Τέτοια περιβάλλοντα, επιτρέπουν στους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες όπως η κριτική σκέψη, η επίλυση προβλημάτων και η συνεργασία, καθώς και να εμβαθύνουν την κατανόησή τους για επιστημονικές πρακτικές και έννοιες (Hofstein & Lunetta, 2004; Zacharia & de Jong, 2014).

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ

Παραδοσιακά, τα περιβάλλοντα πειραματισμού προσφέρονταν σε πραγματικά περιβάλλοντα (ΠΠΠ), τα οποία επέτρεπαν στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με πραγματικά υλικά και εξοπλισμό για να παρατηρούν και να κατανοούν φυσικά φαινόμενα (Zacharia, Loizou, & Papaenripidou, 2012). Αυτή η άμεση φυσική εμπειρία έχει αναφερθεί ότι είναι καίριας σημασίας κατά τη διάρκεια της πειραματικής διδασκαλίας (π.χ. Gire et al., 2010; Kontra, Lyons, Fischer, & Beilock, 2015; Zacharia, et al., 2012). Για παράδειγμα, στην έρευνα των Evangelou et al., (2010) η χρήση πραγματικών αντικειμένων, οδήγησε παιδιά προσχολικής ηλικίας σε βαθύτερες συζητήσεις, αλληλεπιδράσεις με τα υλικά και εκτενέστερη επεξήγηση των πιθανών λειτουργιών των αντικειμένων απ' ότι η χρήση σκίτσων και παραμυθιών.

Ωστόσο, η ανάπτυξη της τεχνολογίας δημιούργησε νέες ευκαιρίες για διεπιστημονική μάθηση μέσα από εικονικά περιβάλλοντα πειραματισμού (ΕΠΠ), οι οποίες είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για μαθητές που αργότερα θα εργαστούν σε τομείς STEM (Zhan et al., 2022). Οι Reeves και Crippen (2021) ορίζουν τα ΕΠΠ ως εμπειρίες με τη διαμεσολάβηση της τεχνολογίας σε δύο ή τρεις διαστάσεις που τοποθετούν τον μαθητή σε μια προσομοίωση του φυσικού εργαστηρίου με τη δυνατότητα να χειρίζεται εικονικό εξοπλισμό και υλικά μέσω του ηλεκτρολογίου και/ή χειροκίνητων χειριστηρίων. Τα ΕΠΠ αποτελούν πλέον σημαντικό εργαλείο της εκπαίδευσης STEM+, καθώς προσφέρουν τη δυνατότητα διερεύνησης επιστημονικών εννοιών μέσα από την πρακτική εφαρμογή και την άμεση εμπειρία.

Τόσο τα ΠΠΠ όσο και τα ΕΠΠ μπορούν να οδηγήσουν στη μάθηση (de Jong et al. 2013), αλλά τα μοναδικά τους χαρακτηριστικά μπορούν να διαφοροποιήσουν το αποτέλεσμα (Olympriou & Zacharia, 2012). Για παράδειγμα, τα ΠΠΠ προσφέρουν άμεσες και πρακτικές εμπειρίες με τα φυσικά φαινόμενα και τον σχεδιασμό φυσικών αντικειμένων (Gire et al., 2010) ενώ τα ΕΠΠ προσφέρουν δυνατότητες όπως τη διερεύνηση μη παρατηρήσιμων φαινομένων (π.χ. ακτινοβολία, κίνηση μορίων), τον έλεγχο μεταβλητών και άλλων παραμέτρων (π.χ. χρόνος, χωρικές διαστάσεις) με ελαχιστοποίηση σφαλμάτων (για περισσότερες πληροφορίες βλ. de Jong et al., 2013· Olympriou & Zacharia, 2012).

Μέσα από εμπειρικές έρευνες, υποδεικνύεται ότι η εμπλοκή των μαθητών με ΕΠΠ μπορεί να έχει την ίδια ή/και μεγαλύτερη επίδραση στη μάθηση για διάφορα θέματα σε σύγκριση με τα ΠΠΠ (Brinson, 2015· Faulconer & Gruss, 2018). Ωστόσο, τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών, αφορούν κυρίως μαθητές πρωτοβάθμιας, μέσης και ανώτατης εκπαίδευσης, με την έρευνα για παιδιά μικρότερης ηλικίας να είναι αρκετά ελλιπής (βλ. Zacharia, 2015). Μάλιστα, η έρευνα για παιδιά προσχολικής ηλικίας είναι πολύ περιορισμένη (O'Connor, Fragkiadaki, Fleer, & Rai, 2021) και ειδικότερα η έρευνα που εστιάζει στη χρήση υπολογιστών (Falloon, 2019).

Η ελλιπής βιβλιογραφία σε αυτόν τον τομέα για τις συγκεκριμένες ηλικίες μπορεί να οφείλεται στη σημαντικότητα της ενασχόλησης των παιδιών με πρακτικές δραστηριότητες και πραγματικά υλικά για την ανάπτυξη ενδιαφέροντος και επιστημονικής γνώσης, αλλά και για την εξοικείωση με δεξιότητες διερεύνησης (π.χ. Evangelou, et al., 2010· Kamii & DeVries, 1993). Πέραν από την εμπειρική έρευνα, οι θεωρίες ενσώματης νόησης (embodied cognition), αναδεικνύουν τη σημαντικότητα της αισθητηριακής ανατροφοδότησης σε ένα περιβάλλον πειραματισμού, συμπεριλαμβανομένης της απτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης¹ η οποία αποτελεί μοναδικό χαρακτηριστικό των ΠΠΠ². Έτσι, προκύπτει το ερώτημα κατά πόσον τα ΠΠΠ είναι προαπαιτούμενο για τη μάθηση στα πρώτα στάδια της γνωστικής ανάπτυξης (Armstrong & Casement, 2000), και άρα τα ΕΠΠ είναι πιο κατάλληλο μέσο πειραματισμού για τους μεγαλύτερους μαθητές.

ΘΕΩΡΙΕΣ ΕΝΣΩΜΑΤΗΣ ΝΟΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΤΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ

¹ Το αντιληπτικό σύστημα που συνδυάζει τόσο εισροές από υποδοχείς στο δέρμα όσο και κινητικές πληροφορίες (Van Doorn, et al., 2010). Κατά τη διαχείριση ενός αντικειμένου χρησιμοποιείται τόσο η δυναμική (ή κινητική, Loomis & Lederman, 1986) αφή όσο και η απτική αφή. Η δυναμική αφή σχετίζεται κυρίως με χειρωνακτικές δραστηριότητες και το χειρισμό εργαλείων (Gibson, 1966), ενώ η απτική αφή αναφέρεται σε διερευνητικές κινήσεις (exploratory procedures, βλ. Lederman & Klatzky, 1987) που οδηγούν στην παραμόρφωση των μυών, των αρθρώσεων και των τενόντων σε συνδυασμό με τη διέγερση του δέρματος δημιουργώντας μια απτική πληροφορία (Gentaz, 2003).

² Απτική ανατροφοδότηση προσφέρεται και σε ΕΠΠ (π.χ. μέσω της κίνησης του ποντικιού ή αγγίζοντας την οθόνη ενός τάμπλετ). Ωστόσο, το εύρος της απτικής ανατροφοδότησης που προσφέρεται είναι αρκετά περιορισμένο σε σύγκριση με την απτική και δυναμική ανατροφοδότηση που μπορεί να προσφερθεί σε ΠΠΠ.

Οι παραδοσιακές απόψεις για τη νόηση υποστηρίζουν ότι ο εγκέφαλος αποτελείται από αφηρημένες λειτουργίες και ότι είναι μια ξεχωριστή οντότητα από το σώμα, μια αντίληψη που οι θεωρίες ενσώματης νόησης αμφισβητούν σήμερα (Marmeleira & Duarte Santos, 2019). Έστω κι αν αυτές οι θεωρίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον βαθμό της επίδρασης που προσδίδουν της αισθητικοκινητικής εμπειρίας στη νόηση (Wellsby & Pexman, 2014), η κεντρική ιδέα είναι η ίδια: η αλληλεπίδραση μεταξύ του περιβάλλοντος και του σώματος επηρεάζει τη νόηση (Clark, 2008· Pouw, van Gog, & Paas, 2014· Wilson, 2002). Για την εκπαίδευση, οι θεωρίες της ενσώματης νόησης παρέχουν τη δυνατότητα της διερεύνησης της επίδρασης της δράσης στη νόηση καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης και την αξιοποίηση αυτής της γνώσης για την υποστήριξη της μαθησιακής διαδικασίας (Kontra, Goldin-Meadow, & Beilock, 2012). Οι Hayes και Kraemer (2017) σημειώνουν ότι οι θεωρίες της ενσώματης νόησης μπορούν να υποστηρίξουν την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ενισχύεται η μάθηση STEM των μαθητών, δεδομένης της μαθητοκεντρικής και πρακτικής της φύσης.

Οι πλούσιες αισθητικοκινητικές εμπειρίες μπορούν να υποστηρίξουν την ανάπτυξη πολυτροπικών αναπαραστάσεων που ευνοούν τη μάθηση (Kiefer & Trumpp, 2012) με διάφορους τρόπους εμπλοκής του σώματος, από περιορισμένες κινήσεις (π.χ. χειρονομίες) έως την κίνηση ολόκληρου του σώματος (Skulmowski & Rey, 2018). Η παροχή εμπειριών με υψηλή ενσωμάτωση δεν εγγυάται απαραίτητα θετικό αντίκτυπο στη μάθηση, αλλά η άμεση συσχέτιση της σωματικής δράσης με την εκάστοτε δραστηριότητα φαίνεται να το κάνει (Johnson-Glenberg, 2019· Skulmowski & Rey, 2018). Για παράδειγμα, στην έρευνα των Mavilidi et al. (2017), παιδιά προσχολικής ηλικίας ενεπλάκησαν σε δραστηριότητες που αφορούσαν στο ηλιακό σύστημα σε τρεις συνθήκες: (1) ενσωμάτωση σχετικών με το θέμα σωματικών δραστηριοτήτων, (2) ενσωμάτωση άσχετων με το θέμα σωματικών δραστηριοτήτων και (3) καμία σωματική δραστηριότητα. Μετά από άμεση αξιολόγηση, αλλά και μια αξιολόγηση μετά από έξι βδομάδες, φάνηκε ότι τα παιδιά που συμμετείχαν σε δραστηριότητες οι οποίες ήταν σχετικές με το θέμα είχαν καλύτερη επίδοση απ' ό,τι τα παιδιά που συμμετείχαν στις υπόλοιπες συνθήκες. Επιπλέον, τα παιδιά που ενσωμάτωναν άσχετες με το θέμα σωματικές δραστηριότητες είχαν καλύτερη επίδοση από τους μαθητές που δεν συμμετείχαν σε καμία σωματική δραστηριότητα. Ως εκ τούτου, δεν μπορούν όλες οι σωματικές εμπειρίες να ενισχύσουν τη μάθηση με τον ίδιο τρόπο- απαιτείται συσχέτιση μεταξύ της σωματικής δραστηριότητας και του μαθησιακού στόχου.

Παρόλο που οι θεωρίες ενσώματης νόησης δεν υποδηλώνουν απαραίτητα την επικράτηση ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος πειραματισμού, οι προσεγγίσεις που εστιάζουν στην απτική αισθητηριακή ανατροφοδότηση συχνά ευνοούν τα ΠΠΠ για την ανάπτυξη της κατανόησης συγκεκριμένων εννοιών, καθώς, σε συνδυασμό με την όραση, η απτική αφή μπορεί να υποστηρίξει την ανάκληση, να μειώσει τις πιθανότητες γνωστικής υπερφόρτωσης και να υποστηρίξει την κατανόηση αφηρημένων εννοιών (Rau, 2020). Η απτική αισθητηριακή ανατροφοδότηση (π.χ. κατά τη διάρκεια του χειρισμού φυσικών αντικειμένων) μπορεί να εμπλουτίσει τις πληροφορίες που

παρέχονται από άλλες λειτουργίες (π.χ. όραση, ακοή) υποστηρίζοντας έτσι την ανάπτυξη πολυτροπικών αναπαραστάσεων.

Η παροχή απτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης φαίνεται να είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν οι μαθητές έχουν περιορισμένη ή καθόλου προηγούμενη ενσώματη εμπειρία με τις υπό διερεύνηση έννοιες (Zacharia, et al., 2012· Rouw et al., 2014), ειδικά για έννοιες που η παροχή μόνο οπτικής ανατροφοδότησης δεν είναι επαρκής για την ανάπτυξη κατανόησης (π.χ. δυνάμεις· Han, 2013, μάζα· Pavlou et al., 2024· Zacharia, et al., 2012). Για παράδειγμα, οι Kalenine, Pinet και Gentaz (2011) διερεύνησαν την αναγνώριση γεωμετρικών σχημάτων από παιδιά προσχολικής ηλικίας σε δύο συνθήκες: στην πρώτη συνθήκη τα παιδιά παρατήρησαν οπτικά τα σχήματα, ενώ στη δεύτερη συνθήκη χρησιμοποίησαν και την αφή για τη διερεύνηση των σχημάτων. Τα παιδιά που συμμετείχαν στην οπτικο-απτική συνθήκη αναγνώρισαν με μεγαλύτερη επιτυχία τα σχήματα και κυρίως τα ορθογώνια και τα τρίγωνα, κατηγορίες με τις οποίες πιθανότατα τα παιδιά δεν είχαν καμία εμπειρία (σε αντίθεση με τα τετράγωνα).

Έτσι, η ενασχόληση με ΕΠΠ μπορεί να θεωρηθεί αποτελεσματικότερη για μεγαλύτερα παιδιά δεδομένου ότι η ανάπτυξη κατανόησης θεμελιώθηκε στα πρώτα χρόνια και, ως εκ τούτου, οι ενσώματες εμπειρίες μπορεί να μην αποτελούν προαπαιτούμενο για την ανάπτυξη κατανόησης. Αυτό το συμπέρασμα υποστηρίζεται και από εμπειρικές έρευνες που υποδεικνύουν ότι η απτική αισθητηριακή ανατροφοδότηση, η οποία προσφέρεται σε ΠΠΠ, δεν φαίνεται να αποτελεί προϋπόθεση για τη μάθηση μέσω πειραματισμού για παιδιά μεγαλύτερης ηλικίας (Zacharia, 2015). Παράλληλα, η αναγκαιότητα παιδιών μικρότερης ηλικίας για την απόκτηση ενσώματων εμπειριών υποδεικνύει τη σημαντικότητα της απτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης που προσφέρεται στα ΠΠΠ. Αυτό σημαίνει ότι οι ερευνητές, φορείς και εκπαιδευτικοί πρέπει να εντοπίσουν τις περιπτώσεις κατά τις οποίες η απτική ανατροφοδότηση είναι απαραίτητη για τη μάθηση, αλλά και τις συνθήκες κατά τις οποίες η χρήση ΕΠΠ μπορεί να οδηγήσει στη μάθηση ιδιαίτερα κατά την προσχολική ηλικία (Pavlou et al., 2024).

ΧΡΗΣΗ ΕΠΠ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Οι Zacharia et al. (2012) σύγκριναν την κατανόηση παιδιών προσχολικής ηλικίας για την ισορροπία αντικειμένων σε ζυγό, για να διερευνήσουν αν η απτική ανατροφοδότηση (κατά την εμπλοκή σε ΠΠΠ) είναι προαπαιτούμενο για τη μάθηση μέσω πειραματισμού σε αυτή την ηλικία. Οι 80 συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε τέσσερις συνθήκες (20 παιδιά ανά συνθήκη) ανάλογα με το (i) αν η προϋπάρχουσα γνώση τους για τη λειτουργία του ζυγού που αποκτήθηκε μέσω προσωπικών εμπειριών ήταν σωστή ή λανθασμένη και (ii) την εμπλοκή σε ΠΠΠ ή ΕΠΠ κατά τη διάρκεια της έρευνας. Τα παιδιά που εργάστηκαν στο ΠΠΠ ή ΕΠΠ και είχαν σωστή προϋπάρχουσα γνώση για την ισορροπία αντικειμένων σε ζυγό ανέπτυξαν σε μεγαλύτερο βαθμό την κατανόησή τους από τα παιδιά που είχαν αρχικά λανθασμένη προϋπάρχουσα γνώση και που εργάστηκαν στο ΕΠΠ. Μέσα από τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας φαίνεται ότι η απτική ανατροφοδότηση είναι προαπαιτούμενο για τη μάθηση αν τα

παιδιά προσχολικής ηλικίας δεν έχουν καμία προηγούμενη ενσώματη εμπειρία με το φαινόμενο υπό διερεύνηση και η απτική επαφή μπορεί σε μεγάλο βαθμό να υποστηρίξει την ανάπτυξη της σχετικής γνώσης.

Χτίζοντας πάνω στη συγκεκριμένη έρευνα, οι Pavlou et al. (2024) διερεύνησαν κατά πόσον η εμπλοκή παιδιών προσχολικής ηλικίας σε ΠΠΠ (ύπαρξη απτικής και οπτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης) ή σε ΕΠΠ (ύπαρξη μόνο οπτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης) επηρεάζει την κατανόηση εννοιών που αφορούν τρεις διαφορετικούς θεματικούς τομείς: 1) ζυγός ισορροπίας, 2) βύθιση/πλεύση και 3) ελατήρια. Οι συμμετέχοντες ήταν 132 παιδιά προσχολικής ηλικίας (5-6 ετών), 44 ανά θεματικό τομέα, τα οποία χωρίστηκαν έπειτα στις δύο συνθήκες (ΠΠΠ ή ΕΠΠ). Τα παιδιά που συμμετείχαν στη θεματική του ζυγού ισορροπίας και της βύθισης/πλεύσης είχαν ορθή προϋπάρχουσα γνώση, ενώ τα παιδιά που συμμετείχαν στη θεματική των ελατηρίων δεν είχαν σχετική προϋπάρχουσα γνώση. Μετά την εμπλοκή τους στον πειραματισμό, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην εννοιολογική κατανόηση των παιδιών μεταξύ των δύο συνθηκών στη θεματική του ζυγού ισορροπίας. Στον τομέα της βύθισης/πλεύσης, η ενασχόληση με ΕΠΠ βρέθηκε να ευνοεί περισσότερο τη μάθηση των παιδιών από ό,τι το ΠΠΠ, ενώ στη θεματική των ελατηρίων το ΠΠΠ βρέθηκε να ενισχύει περισσότερο την κατανόηση των παιδιών από το ΕΠΠ. Επίσης, και για τις τρεις θεματικές, τα παιδιά που εργάστηκαν στα ΠΠΠ υπέδειξαν μια τάση επεξήγησης της συμπεριφοράς των αντικειμένων με βάση τη μάζα τους, παρόλο που υπήρχε αισθητηριακή ανατροφοδότηση και για άλλες ιδιότητες των αντικειμένων. Με βάση τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας, καθώς και προηγούμενων εμπειρικών ερευνών και των θεωριών ενσώματης νόησης και απτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης προκύπτουν κάποια συμπεράσματα σχετικά με την εμπλοκή παιδιών προσχολικής ηλικίας σε ΕΠΠ και ΠΠΠ.

Κατ' αρχάς, η παροχή απτικής και οπτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης που προσφέρεται κατά τη διάρκεια της ενασχόλησης με ΠΠΠ είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν τα παιδιά έχουν περιορισμένη ή καθόλου προηγούμενη ενσώματη εμπειρία με σχετικές έννοιες (Pouw et al., 2014), τουλάχιστον για τη θεματική του ζυγού ισορροπίας (Zacharia et al., 2012) και των ελατηρίων (Pavlou et al., 2024). Δεύτερον, στα ΠΠΠ της έρευνας των Pavlou et al. (2024), η αίσθηση της μάζας των αντικειμένων ήταν πιο κυρίαρχη ως απτικό ερέθισμα από άλλα χαρακτηριστικά των αντικειμένων (π.χ. όγκος), τα οποία μπορούν να γίνουν αντιληπτά κυρίως οπτικά. Έτσι, για την εμπλοκή των παιδιών με θεματικές που σχετίζονται με τη μάζα των αντικειμένων ως μεταβλητή υπό διερεύνηση, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η πιθανή κυριαρχία ιδεών (επιστημονικά ορθών ή μη) που σχετίζονται με τη μάζα κατά τη διάρκεια του απτικού χειρισμού των αντικειμένων. Όπως σημειώνουν οι Pavlou et al. (2024) η απτική αισθητηριακή ανατροφοδότηση μπορεί δυνητικά να εμποδίσει την ανάπτυξη ορθής επιστημονικής γνώσης, αν οδηγήσει στην προσήλωση προς μια κυρίαρχη εσφαλμένη αντίληψη για μια ιδιότητα που γίνεται αντιληπτή κυρίως μέσω της αφής (όπως η κυριαρχία των ιδεών που σχετίζονται με τη μάζα στη θεματική της βύθισης/πλεύσης, βλ. επίσης Pavlou et al., 2018). Σε τέτοιες περιπτώσεις, ο πειραματισμός με ΕΠΠ ίσως οδηγήσει σε παρόμοια ή ενδεχομένως καλύτερα

μαθησιακά αποτελέσματα από ότι η εμπλοκή σε ΠΠΠ. Φυσικά, δεδομένης της περιορισμένης βιβλιογραφίας για αυτές τις ηλικίες (O'Connor et al., 2021 · Zacharia, 2015), χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για τη διερεύνηση και τον προσδιορισμό της βέλτιστης ενσωμάτωσης των ΕΠΠ στην προσχολική STEM+ εκπαίδευση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εκπαίδευση STEM+ μπορεί να έχει θετικό αντίκτυπο σε παιδιά προσχολικής ηλικίας, αφού μέσα από μαθητοκεντρικές προσεγγίσεις, προσφέρει δυνατότητες πρακτικής αλληλεπίδρασης με εικονικά και πραγματικά περιβάλλοντα πειραματισμού. Έρευνες με παιδιά προσχολικής ηλικίας (π.χ. Pavlou et al., 2018 · Pavlou et al., 2024 · Zacharia et al., 2012) υποδεικνύουν ότι τόσο τα πραγματικά όσο και τα εικονικά περιβάλλοντα πειραματισμού έχουν θέση στην προσχολική εκπαίδευση. Φυσικά, η επιλογή του κατάλληλου μέσου πειραματισμού κατά την εκπαίδευση STEM+ προϋποθέτει τον εντοπισμό των συνθηκών που καταστούν πιο αποτελεσματικό το κάθε περιβάλλον πειραματισμού. Η βιβλιογραφία τόσο για την εκπαίδευση STEM+ (Wan, et al., 2021) όσο και για τον εντοπισμό των συνθηκών υπό τις οποίες τα ΕΠΠ μπορούν να υποστηρίξουν τη μάθηση (Zacharia, 2015) κατά την προσχολική ηλικία είναι περιορισμένες. Η διερεύνηση αυτού του ερωτήματος μέσα από θεωρίες ενσώματης νόησης και απτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης μπορούν να πλαισιώσουν την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αναπτύσσεται η μάθηση κατά την εκπαίδευση STEM+ μέσα από περαιτέρω έρευνα για τους συγκεκριμένους τομείς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Armstrong, A., & Casement, C. (2000). *The child and the machine: How computers put our children's education at risk*. Beltsville, MD: Robins Lane Press
- Başaran, M., & Bay, E. (2023). The effect of project-based STEAM activities on the social and cognitive skills of preschool children. *Early Child Development and Care*, 193(5), 679-697. <https://doi.org/10.1080/03004430.2022.2146682>
- Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education*, 87, 218-237. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.003>
- Campbell, C., & Speldewinde, C. (2022). Early childhood STEM education for sustainable development. *Sustainability*, 14(6), 3524. <https://doi.org/10.3390/su14063524>
- Clark, A. (2008). *Supersizing the mind: Embodiment, action, and cognitive extension*. New York: Oxford University Press.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2016). Math, science, and technology in the early grades. *The Future of Children*, 75-94. <http://www.jstor.org/stable/43940582>
- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>

- Evangelou, D., Dobbs-Oates, J., Bagiati, A., Liang, S., & Choi, J. Y. (2010). Talking about artifacts: Preschool children's explorations with sketches, stories, and tangible objects. *Early Childhood Research & Practice*, 12(2), n2.
- Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM education: A framework for developing STEM literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 369-385.
- Faulconer, E. K., & Gruss, A. B. (2018). A review to weigh the pros and cons of online, remote, and distance science laboratory experiences. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 19(2), 155-168. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i2.3386>
- Gentaz, E. (2003). General characteristics of the anatomical and functional organization of cutaneous and haptic perceptions. In Y. Hatwell, A. Streri, & E. Gentaz (Eds.), *Touching for knowing: Cognitive psychology of haptic manual perception* (pp. 17-32). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company
- Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Gire, E., Carmichael, A., Chini, J. J., Rouinfar, A., Rebello, S., Smith, G., & Puntambekar, S. (2010). The effects of physical and virtual manipulatives on students' conceptual learning about pulleys. *Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences*, 1, 937-943. Chicago: International Society of the Learning Sciences.
- Ha, V. T., Hai, B. M., Mai, D. T. T., & Van Hanh, N. (2023). Preschool STEM Activities and Associated Outcomes: A Scoping Review. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 13(8). <https://doi.org/10.3991/ijep.v13i8.42177>
- Han, I. (2013). Embodiment: A new perspective for evaluating physicality in learning. *Journal of Educational Computing Research*, 49(1), 41-59. <https://doi.org/10.2190/EC.49.1.b>
- Hayes, J. C., & Kraemer, D. J. (2017). Grounded understanding of abstract concepts: The case of STEM learning. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s41235-016-0046-z>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88(1), 28-54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Johnson-Glenberg, M. C. (2019). The necessary nine: Design principles for embodied VR and active stem education. In P. Diaz, A. Ioannou, A., K. Bhagat, & J. Spector (Eds.), *Learning in a digital world* (pp. 83-112). Springer.
- Kalenine, S., Pinet, L., & Gentaz, E. (2011). The visual and visuo-haptic exploration of geometrical shapes increases their recognition in preschoolers. *International Journal of Behavioral Development*, 35(1), 18-26. <https://doi.org/10.1177/0165025410367443>
- Kamii, C., & DeVries, R. (1993). *Physical knowledge in preschool education: Implications of piaget's theory*. New York: Teachers College Press.
- Keane, T., & Garvis, S. (2024). STEM in Australian Early Childhood Education. *Journal of Information Processing*, 32, 62-68. <https://doi.org/10.2197/ipsjip.32.62>
- Kiefer, M., & Trumpp, N. M. (2012). Embodiment theory and education: The foundations of cognition in perception and action. *Trends in Neuroscience and Education*, 1(1), 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2012.07.002>

- Kontra, C., Lyons, D. J., Fischer, S. M., & Beilock, S. L. (2015). Physical experience enhances science learning. *Psychological Science*, 26(6), 737-749. <https://doi.org/10.1177/0956797615569355>
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (1987). Hand movements: A window into haptic object recognition. *Cognitive Psychology*, 19(3), 342-368. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(87\)90008-9](https://doi.org/10.1016/0010-0285(87)90008-9)
- Loomis, J. M., & Lederman, S. J. (1986). Tactual perception. In K. R. Boff, L. Kaufman, & J. P. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human performance*, Vol. 2, Cognitive processes and performance (pp. 1-41). New York: Wiley.
- Marmeleira, J., & Duarte Santos, G. (2019). Do not neglect the body and action: The emergence of embodiment approaches to understanding human development. *Perceptual and Motor Skills*, 126(3), 410-445. <https://doi.org/10.1177/0031512519834389>
- Mavilidi, M., Okely, A. D., Chandler, P., & Paas, F. (2017). Effects of integrating physical activities into a science lesson on preschool children's learning and enjoyment. *Applied Cognitive Psychology*, 31(3), 281-290.
- O'Connor, G., Fragkiadaki, G., Flear, M., & Rai, P. (2021). Early childhood science education from 0 to 6: A literature review. *Education Sciences*, 11(4), 178. <https://doi.org/10.3390/educsci11040178>
- Olympiou, G., & Zacharia, Z. C. (2012). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Science Education*, 96(1), 21-47. <https://doi.org/10.1002/sce.20463>
- Pavlou, Y., Papaevripidou, M., & Zacharias, Z. (2018). Can preschoolers develop an understanding of the sinking/floating phenomenon through physical and virtual experimental environments? In 69 M. Kalogiannakis (Ed.), *Teaching natural sciences in preschool education: Challenges and perspectives* (pp. 76-95). Athens: Gutenberg
- Pavlou, Y., & Zacharia, Z. C. (2023). Using physical and virtual labs for experimentation in STEM+ education: From theory and research to practice. In K. Korfiatis, M. Marcus Grace & M. Hammann (Eds.), *Shaping the future of biological education research* (pp. 3-19). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-44792-1>
- Pavlou, Y., Zacharia, Z. C., & Papaevripidou, M. (2024). Comparing the impact of physical and virtual manipulatives in different science domains among preschoolers. *Science Education*, 1-29. <https://doi.org/10.1002/sce.21869>
- Pouw, W. T. J. L., van Gog, T., & Paas, F. (2014). An embedded and embodied cognition review of instructional manipulatives. *Educational Psychology Review*, 26, 51-72. <https://doi.org/10.1007/s10648-014-9255-5>
- Rau, M. A. (2020). Comparing multiple theories about learning with physical and virtual representations: Conflicting or complementary effects? *Educational Psychology Review*, 32(2), 297-325. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09517-1>
- Skulmowski, A., & Rey, G. D. (2018). Embodied learning: Introducing a taxonomy based on bodily engagement and task integration. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 3(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s41235-018-0092-9>

- Van Doorn, G. H., Richardson, B. L., Wullemin, D. B., & Symmons, M. A. (2010). Visual and haptic influence on perception of stimulus size. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(3), 813-822. <https://doi.org/10.3758/APP.72.3.813>
- Wan, Z. H., Jiang, Y., & Zhan, Y. (2021). STEM education in early childhood: A review of empirical studies. *Early Education and Development*, 32(7), 940-962. <https://doi.org/10.1080/10409289.2020.1814986>
- Wellsby, M., & Pexman, P. M. (2014). Developing embodied cognition: Insights from children's concepts and language processing. *Frontiers in Psychology*, 5, 506. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00506>
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625- 636. <https://doi.org/10.3758/BF03196322>
- Zacharia, Z. C. (2005). The impact of interactive computer simulations on the nature and quality of postgraduate science teachers' explanations in physics. *International Journal of Science Education*, 27(14), 1741-1767. <https://doi.org/10.1080/09500690500239664>
- Zacharia, Z. C., & De Jong, T. (2014). The effects on students' conceptual understanding of electric circuits of introducing virtual manipulatives within a physical manipulatives-oriented curriculum. *Cognition and instruction*, 32(2), 101-158. <https://doi.org/10.1080/07370008.2014.887083>
- Zacharia, Z. C., Loizou, E., & Papaevripidou, M. (2012). Is physicality an important aspect of learning through science experimentation among kindergarten students? *Early Childhood Research Quarterly*, 27(3), 447-457. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2012.02.004>
- Zhan, Z., Shen, W., Xu, Z., Niu, S., & You, G. (2022). A bibliometric analysis of the global landscape on STEM education (2004-2021): Towards global distribution, subject integration, and research trends. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 16(2), 171-203. <https://doi.org/10.1108/APJIE-08-2022-0090>

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΠΟΥ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΝΑ ΣΥΓΚΡΟΤΟΥΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΑ

Μιχαήλ Σκουμιάς

Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Αιγαίου

skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή μελετά την επίδραση πειραματικών δραστηριοτήτων (που εμπλέκουν τους μαθητές με διαδικασίες επιχειρηματολογίας) για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, στην εξέλιξη των ικανοτήτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου να συγκροτούν επιχειρήματα. Αναπτύχθηκαν πειραματικές δραστηριότητες για τα ηλεκτρικά κυκλώματα δομημένες σύμφωνα το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία». Οι πειραματικές δραστηριότητες εφαρμόστηκαν σε 84 μαθητές της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου. Ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές πριν και μετά την εφαρμογή των πειραματικών δραστηριοτήτων. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι η εφαρμογή των πειραματικών δραστηριοτήτων συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη των ικανοτήτων των μαθητών να συγκροτούν επιχειρήματα.

Λέξεις κλειδιά: πειραματικές δραστηριότητες, επιστημονικά επιχειρήματα, μάθηση Φυσικών Επιστημών

Αναφορά: Σκουμιάς, Μ. (2025). *Η Επίδραση Πειραματικών Δραστηριοτήτων που Βασίζονται στην Επιχειρηματολογία στις Ικανότητες των Μαθητών να Συγκροτούν Επιχειρήματα*, 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

THE EFFECT OF ARGUMENTATION-BASED PRACTICAL ACTIVITIES ON STUDENTS' ABILITIES TO CONSTRUCT ARGUMENTS

Michael Skoumios

Department of Primary Education, University of the Aegean

skoumios@rhodes.aegean.gr

ABSTRACT

This paper studies the effect of practical science activities (involving students in argumentation processes) about electrical circuits on the development of the abilities of primary school students to construct arguments. Practical activities on electric circuits structured according to the model of "argumentation-based practical activity" were developed. The practical activities were applied to 84 students in the fifth grade of primary school. A questionnaire was used as a data collection tool and was completed by the students before and after the application of the activities. The analysis of the data showed that the application of the practical activities contributed significantly to the development of students' abilities to construct arguments.

Keywords: *practical science activities, scientific arguments, science learning*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι πειραματικές δραστηριότητες (Abrahams & Reiss, 2012). Από έρευνες συνάγεται ότι οι πειραματικές δραστηριότητες μπορούν να υποστηρίξουν τους μαθητές να οικοδομήσουν γνώσεις (Gunstone, 1991· Högström et al., 2010), να χειρίζονται όργανα και υλικά (Tobin, 1990) και να αναπτύξουν ικανότητες που σχετίζονται με την επιστημονική διερεύνηση (Dkeidek et al., 2012· Hofstein et al., 2005). Επιπρόσθετα, ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι μέσω των πειραματικών δραστηριοτήτων μπορούν οι μαθητές να αποκτήσουν θετικές στάσεις απέναντι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (Hofstein et al., 2004· Luketic & Dolan, 2013).

Όμως, έχουν αναδειχθεί ερωτήματα που αφορούν στην αποτελεσματικότητα των πειραματικών δραστηριοτήτων και την διδακτική τους σημασία. Έχει υποστηριχθεί ότι οι πειραματικές δραστηριότητες διαδραματίζουν έναν όχι ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών και έχουν μειωμένη διδακτική αξία (Osborne, 1998). Επίσης, ότι οι πειραματικές δραστηριότητες, με τον τρόπο που υλοποιούνται

στη σχολική τάξη ή στο εργαστήριο, δεν είναι καλά οργανωμένες, αποπροσανατολίζουν τους μαθητές και συντελούν ελάχιστα στη μαθησιακή διαδικασία (Hodson, 1991). Επιπρόσθετα, οι Berry et al. (1999) επεσήμαναν ότι οι μαθητές περισσότερο εστιάζονται στο να πραγματοποιήσουν την πειραματική δραστηριότητα παρά στο να μάθουν από την υλοποίησή της. Πέραν των παραπάνω, έχει διαπιστωθεί ότι οι πειραματικές δραστηριότητες συνήθως δεν είναι αποτελεσματικές στο να βοηθήσουν τους μαθητές να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα στο «πεδίο των αντικειμένων» και το «πεδίο των ιδεών» (Abrahams & Millar, 2008· Berg Van den, 2013· Hofstein & Kind, 2012), να κατανοήσουν τις έννοιες και τις θεωρίες και ότι είναι ανιαρές για αρκετούς μαθητές (Woolnough, 1995).

Έχοντας ως στόχο την προαγωγή της αποτελεσματικότητας των πειραματικών δραστηριοτήτων, μια ερευνητική κατεύθυνση έχει επικεντρωθεί στη μελέτη της συμβολής πειραματικών δραστηριοτήτων που συμπεριλαμβάνουν διαδικασίες επιχειρηματολογίας στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών (Hofstein & Kind, 2012· Katchevich et al., 2014· Sampson et al., 2011). Η παρούσα εργασία εντάσσεται σε αυτό το ερευνητικό πεδίο. Ειδικότερα, εστιάζεται στη μελέτη της επίδρασης μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων που εμπλέκουν τους μαθητές με διαδικασίες επιχειρηματολογίας για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, στις ικανότητές τους να συγκροτούν τεκμηριωμένα επιχειρήματα.

Η συγκρότηση επιχειρημάτων από τους μαθητές αποτελεί βασικό στόχο της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (Driver et al., 2000· NRC, 2012). Επιπρόσθετα, η συγκρότηση επιχειρημάτων κρίνεται αναγκαία όχι μόνο για τους μαθητές που αποσκοπούν μελλοντικά να εμπλακούν με επάγγελμα που σχετίζεται με τις Φυσικές Επιστήμες αλλά και για όλους τους μαθητές και αυριανούς πολίτες. Οι πολίτες είναι αναγκαίο να έχουν αναπτύξει τις ικανότητες να συγκροτούν τεκμηριωμένα επιχειρήματα όταν προτείνουν τους ισχυρισμούς τους (Krajcik & McNeill, 2009).

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Έννοια και αποτελεσματικότητα των πειραματικών δραστηριοτήτων

Ως πειραματική δραστηριότητα θεωρείτε «κάθε διδακτική και μαθησιακή δραστηριότητα των Φυσικών Επιστημών στην οποία οι μαθητές εργαζόμενοι ατομικά ή ομαδικά, παρατηρούν και χειρίζονται τα αντικείμενα τα οποία μελετούν» (Millar 2010, p. 109). Γενικότερα, οι πειραματικές δραστηριότητες συνιστούν μαθησιακές εμπειρίες στις οποίες οι μαθητές χειρίζονται διάφορα υλικά ή δεδομένα, ώστε να μπορέσουν να παρατηρήσουν και να κατανοήσουν θέματα για τον κόσμο που τους περιβάλλει (Lunetta et al., 2007).

Μέσω των πειραματικών δραστηριοτήτων επιδιώκεται να επιτευχθούν διάφοροι διδακτικοί στόχοι. Ειδικότερα, με τις πειραματικές δραστηριότητες επιδιώκεται (Millar & Abrahams, 2009): (α) να υποστηριχθούν οι μαθητές ώστε να οικοδομήσουν γνώσεις για το φυσικό κόσμο και να κατανοήσουν έννοιες και θεωρίες των Φυσικών

Επιστημών, (β) να εξοικειωθούν οι μαθητές με τη χρήση οργάνων και υλικών και να είναι σε θέση να υλοποιούν τα βήματα της πειραματικής διαδικασίας και (γ) να προάγουν οι μαθητές την κατανόησή τους για την επιστημονική διερεύνηση (ενδεικτικά: να σχεδιάζουν μια διερεύνηση, να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα, να διατυπώνουν συμπεράσματα, να συγκροτούν επιχειρήματα).

Οι πειραματικές δραστηριότητες συνήθως έχουν την ακόλουθη δομή: σκοπός, υλικά και όργανα, διαδικασία, συλλογή και ανάλυση δεδομένων, και συμπεράσματα. Αυτού του είδους οι πειραματικές δραστηριότητες αναφέρονται ως «παραδοσιακού» είδους (Germann et al., 1996) και έχουν υποστεί κριτική που εστιάζεται στο ότι συνήθως δεν επιτυγχάνουν τους διδακτικούς στόχους για τους οποίους χρησιμοποιούνται (Hofstein & Kind, 2012; Lunetta et al., 2007). Έχει επισημανθεί η ανάγκη αλλαγής της δομής των πειραματικών δραστηριοτήτων ώστε αυτές να είναι αποτελεσματικές (Dobber et al., 2017).

Βασική επιδίωξη μιας πειραματικής δραστηριότητας Φυσικών Επιστημών είναι να βοηθήσει τους μαθητές να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα σε δύο πεδία: το «πεδίο των αντικειμένων» και το «πεδίο των ιδεών» (Tiberghien, 2000). Όμως, συνήθως οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν τις πειραματικές δραστηριότητες αναποτελεσματικά εξαιτίας του ότι δεν παρέχουν ευκαιρίες στους μαθητές να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα το «πεδίο των αντικειμένων» και το «πεδίο των ιδεών» (Abrahams & Millar 2008; Abrahams & Reiss 2012; Hofstein & Lunetta 2004). Οι συνδέσεις ανάμεσα στο «πεδίο των αντικειμένων» και το «πεδίο των ιδεών» αποτελούν μέτρο της αποτελεσματικότητας μιας πειραματικής δραστηριότητας (Millar et al., 2002; Tiberghien et al., 2001).

Το επιστημονικό επιχείρημα στο πλαίσιο της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες

Η επιχειρηματολογία δίνει ιδιαίτερη σημασία στην κοινωνική κατασκευή της γνώσης μέσω της κριτικής ισχυρισμών και εναλλακτικών εξηγήσεων (Driver et al., 2000). Τα επιστημονικά επιχειρήματα συνιστούν τα προϊόντα της επιστημονικής επιχειρηματολογίας. Ειδικότερα, ένα επιστημονικό επιχείρημα αποσκοπεί να επιβεβαιώσει ή να διαψεύσει έναν ισχυρισμό αξιοποιώντας αποδεικτικά στοιχεία που είναι αποδεκτά από την επιστημονική κοινότητα (Phillips & Norris, 1999). Ένα επιχείρημα απαρτίζεται από συστατικά στοιχεία. Το μοντέλο επιχειρήματος του Toulmin (1958) είναι το πιο γνωστό μοντέλο που αποτυπώνει τη δομή που μπορεί να έχει ένα επιχείρημα. Όμως, έχει αναφερθεί ότι υπάρχουν δυσκολίες στη χρήση του για τη μελέτη του λόγου των μαθητών (McNeill et al., 2006). Έχει προταθεί μια απλουστευμένη εκδοχή του στο πλαίσιο της εκπαίδευσης των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. Σύμφωνα με αυτήν, ένα επιχείρημα συντίθεται από τέσσερα συστατικά στοιχεία (McNeill & Krajcik, 2012): ισχυρισμό (claim), αποδεικτικά στοιχεία (evidence), συλλογισμό (reasoning) και αντίκρουση (rebuttal). Ο ισχυρισμός είναι ένα συμπέρασμα που απαντά σε μια ερώτηση. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι τα δεδομένα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό. Ο συλλογισμός συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία και φανερώνει το λόγο για τον οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως

αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό χρησιμοποιώντας μια ή περισσότερες επιστημονικές αρχές. Η αντίκρουση αιτιολογεί πώς ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.

Η ποιότητα ενός επιστημονικού επιχειρήματος προσδιορίζεται από τη δομή του και το περιεχόμενό του (McNeill & Krajcik, 2012). Η δομή ενός επιχειρήματος αναφέρεται στην ύπαρξη και την επάρκεια των συστατικών στοιχείων του ανεξάρτητα αν αυτά συνάδουν με τη σχολική γνώση (McNeill et al., 2006). Το περιεχόμενο ενός επιχειρήματος αναφέρεται στην καταλληλότητα του περιεχομένου των συστατικών στοιχείων του όταν αυτά αποτιμώνται με βάση τη σχολική γνώση (Sandoval & Millwood, 2005).

Μάθηση μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής

Σύμφωνα με τις εποικοδομητικές απόψεις για τη μάθηση, ο μαθητής δεν λαμβάνει παθητικά τη γνώση αλλά αντίθετα οικοδομεί ενεργητικά τη γνώση μέσα από γνωστικές και κοινωνικές διαδικασίες, με βάση τις αρχικές του αντιλήψεις (NRC, 2012). Η διανοητική εργασία που αφορά στην επεξεργασία και την αλλαγή των αντιλήψεων βασίζεται στην εμπλοκή των μαθητών με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής (NRC, 2012). Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οκτώ πρακτικές (NGSS Lead States, 2013): (α) υποβολή ερωτημάτων και καθορισμός προβλημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων κι σχεδιασμός λύσεων, (ζ) εμπλοκή με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η έρευνα για την αποτελεσματικότητα των πειραματικών δραστηριοτήτων

Σχετικά με την διερεύνηση της αποτελεσματικότητας των πειραματικών δραστηριοτήτων έχουν διεξαχθεί έρευνες, οι οποίες μελέτησαν τις δράσεις των μαθητών και τον προφορικό λόγο τους κατά τη διάρκεια υλοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων (Becu-Robinault, 2002· Sander et al., 2002· Skoumios & Passalis, 2010· Todas & Skoumios, 2014· Theyßen et al., 2002). Προέκυψε ότι ο χειρισμός των οργάνων και των υλικών και η λήψη μετρήσεων είναι οι κυρίαρχες δραστηριότητες των μαθητών οι οποίες καταλαμβάνουν μεγάλο μέρος του διαθέσιμου χρόνου τους, ενώ η συνεισφορά αυτών των δραστηριοτήτων στο να καταστήσουν τους μαθητές ικανούς να συνδέσουν το «πεδίο των αντικειμένων» (την πρακτική) με το «πεδίο των ιδεών» (τη θεωρία) είναι ελάχιστη. Οι Abrahams και Millar (2008) επεσήμαναν ότι οι πειραματικές δραστηριότητες είναι πιο αποτελεσματικές στο να μάθουν οι μαθητές για τα όργανα και τα υλικά, παρά για να κατανοήσουν τις ιδέες των Φυσικών Επιστημών. Η έρευνα των Pun και Ka Ching Cheung (2021) έδειξε ότι οι μαθητές έμειναν «προσκολλημένοι» στο «πεδίο των αντικειμένων» και δεν έκαναν συνδέσεις με το «πεδίο των ιδεών». Επίσης, ο χειρισμός των οργάνων και των υλικών θεωρήθηκε από

τους μαθητές ότι είναι ο πρωταρχικός στόχος μιας πειραματικής δραστηριότητας (Sharpe & Abrahams, 2019).

Οι δραστηριότητες που μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα στο «πεδίο των αντικειμένων» και το «πεδίο των ιδεών» μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες (Spraan et al., 2022): (α) «εξήγηση» (διαμόρφωση μιας εξήγησης για τα δεδομένα, ερμηνεία αντιφατικών δεδομένων, συζήτηση για την εγκυρότητα μιας εξήγησης), (β) «συμπέρασμα» (εξαγωγή συμπεράσματος από παρατηρήσεις ή μετρήσεις, εύρεση της τιμής ενός μεγέθους που δεν μπορεί άμεσα να μετρηθεί, εύρεση μιας μαθηματικής σχέσης που περιγράφει τα δεδομένα, γενίκευση ενός συμπεράσματος), (γ) «πρόβλεψη» (διαμόρφωση μιας πρόβλεψης για τα δεδομένα, πρόβλεψη μιας μαθηματικής σχέσης ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες μεταβλητές, συζήτηση μιας πρόβλεψης) και (δ) «σχεδιασμός πειράματος» (σχεδιασμός ερευνητικής μεθόδου, επιλογή ερευνητικής μεθόδου, συζήτηση για την ερευνητική μέθοδο). Οι παραπάνω κατηγορίες μπορούν να αξιοποιηθούν κατά το σχεδιασμό των πειραματικών δραστηριοτήτων προκειμένου αυτές να καταστούν πιο αποτελεσματικές.

Η έρευνα για τα επιχειρήματα των μαθητών

Ερευνητικά δεδομένα ανέδειξαν ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στη συγκρότηση γραπτών επιχειρημάτων. Ειδικότερα, προέκυψε ότι οι μαθητές συνήθως καταγράφουν ισχυρισμούς χωρίς να τους υποστηρίζουν (Sadler, 2004) ή παραθέτουν ανεπαρκή και μη κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία για την υποστήριξη των ισχυρισμών τους (Bell & Linn, 2000· Heng et al., 2015· Jiménez-Aleixandre et al., 2000· McNeill & Krajcik, 2012). Επιπρόσθετα, οι μαθητές συνήθως δεν συμπεριλαμβάνουν συλλογισμούς στα επιχειρήματα που συγκροτούν (McNeill & Krajcik, 2007, 2012· Sadler, 2004· Songer & Gotwals, 2012), καθώς επίσης και αντικρούσεις (McNeill & Krajcik, 2012).

Μολονότι έχει αναγνωριστεί η σημασία της συγκρότηση επιχειρημάτων, είναι περιορισμένες οι έρευνες που εξετάζουν την προαγωγή της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών μέσω της επίδρασης διδακτικών παρεμβάσεων διερευνητικού τύπου για ζητήματα των Φυσικών Επιστημών που αξιοποιούν πειραματικές δραστηριότητες οι οποίες εμπλέκουν τους μαθητές με επιχειρήματα (Chen et al., 2016· McNeill et al., 2006· Sampson et al., 2013· Sampson & Walker, 2012).

Η έρευνα για τις αντιλήψεις των μαθητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα

Αναφορικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα, μελετήθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών τόσο της πρωτοβάθμιας όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για μια σειρά από ζητήματα όπως είναι η σύνδεση μπαταρίας και λαμπτήρα, οι έννοιες του ηλεκτρικού ρεύματος, της τάσης και της αντίστασης, η φορά και η διατήρηση του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα και η φωτοβολία λαμπτήρων συνδεδεμένων σε σειρά και παράλληλα (ενδεικτικά: Cambers & Andre, 1997· McDermott & Shaffer, 1992). Διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι μαθητές έχουν και χρησιμοποιούν αντιλήψεις που συχνά είναι διαφορετικές από τη σχολική γνώση.

Επίσης, έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες από τις οποίες προέκυψε ότι είναι εφικτή η αλλαγή των αντιλήψεων ορισμένων μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα μέσω διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση (ενδεικτικά: Afra et al., 2009· Chiu & Lin, 2005· Engelhardt & Beichmer, 2004).

Κριτική αποτίμηση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι πειραματικές δραστηριότητες, όπως συνήθως είναι δομημένες, δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές για τους μαθητές. Έχει επισημανθεί η αναγκαιότητα αλλαγής της δομής των πειραματικών δραστηριοτήτων προκειμένου να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητά τους (Oliveira & Bonito, 2023). Επίσης, ενώ είναι εκτεταμένη η έρευνα που μελετά τις δυσκολίες των μαθητών στη συγκρότηση επιχειρημάτων, είναι περιορισμένη η έρευνα που μελετά την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων που αξιοποιούν πειραματικές δραστηριότητες στις ικανότητες των μαθητών να συγκροτούν επιχειρήματα (Ping et al., 2019). Επιπρόσθετα, για τα ηλεκτρικά κυκλώματα η έρευνα που μελετά την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων που αξιοποιούν πειραματικές δραστηριότητες εστιάζεται κυρίως στις αντιλήψεις των μαθητών. Απουσιάζουν έρευνες που να διερευνούν τη συμβολή πειραματικών δραστηριοτήτων για τα ηλεκτρικά κυκλώματα που εμπλέκουν τους μαθητές με διαδικασίες επιχειρηματολογίας στην εξέλιξη των ικανοτήτων των μαθητών να συγκροτούν γραπτά επιχειρήματα.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή προτείνεται ένα νέο μοντέλο δόμησης πειραματικών δραστηριοτήτων, το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία». Η εργασία αυτή μελετά την επίδραση εκπαιδευτικού υλικού που περιλαμβάνει πειραματικές δραστηριότητες για τα ηλεκτρικά κυκλώματα οι οποίες είναι δομημένες σύμφωνα με το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία», στην εξέλιξη των ικανοτήτων των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου να συγκροτούν γραπτά επιχειρήματα. Ειδικότερα, η παρούσα εργασία επιδιώκει να δώσει απάντηση στα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα.

Ερευνητικό ερώτημα 1: Ποια είναι η επίδραση εκπαιδευτικού υλικού που περιλαμβάνει πειραματικές δραστηριότητες για τα ηλεκτρικά κυκλώματα οι οποίες είναι δομημένες σύμφωνα με το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία», στη δομή των επιχειρημάτων των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου;

Ερευνητικό ερώτημα 2: Ποια είναι η επίδραση εκπαιδευτικού υλικού που περιλαμβάνει πειραματικές δραστηριότητες για τα ηλεκτρικά κυκλώματα οι οποίες είναι δομημένες σύμφωνα με το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία», στο περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ερευνητικός σχεδιασμός και δείγμα

Στην παρούσα εργασία αξιοποιήθηκε η οιονεί πειραματική έρευνα μιας ομάδας Η έρευνα διεξάχθηκε σε τρεις φάσεις. Στη πρώτη φάση, συγκροτήθηκε το ερωτηματολόγιο που εξέταζε τις ικανότητες των μαθητών να συγκροτούν επιχειρήματα και το εκπαιδευτικό υλικό με σειρά πειραματικών δραστηριοτήτων για την εννοιολογική περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων οι οποίες είναι δομημένες σύμφωνα με το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία» και στη συνέχεια έγινε η πιλοτική εφαρμογή τους. Στη δεύτερη φάση, πραγματοποιήθηκε η διδακτική παρέμβαση (εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε) στους μαθητές των δημοτικών σχολείων και η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από τους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (προ-τεστ και μετά-τεστ). Στη τρίτη φάση, αφού πραγματοποιήθηκε η συλλογή των δεδομένων, η ανάλυσή τους και η εξαγωγή των συμπερασμάτων. Αναφορικά με την πιλοτική έρευνα, το ερωτηματολόγιο που διαμορφώθηκε δόθηκε σε έξι μαθητές. Αφού οι μαθητές συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο, πραγματοποιήθηκε μια συζήτηση με τους μαθητές για να εξαχθούν σχόλια και παρατηρήσεις. Επίσης, το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε δύο ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, ώστε να διορθωθούν τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Στη συνέχεια, αναδιαμορφώθηκε το ερωτηματολόγιο με βάση τις παρατηρήσεις και τις ελλείψεις που επισημάνθηκαν στην εφαρμογή του στην πιλοτική έρευνα και δόθηκε εκ νέου σε άλλους πέντε μαθητές. Μετά τις παρατηρήσεις διαμορφώθηκε η τελική του εκδοχή.

Στην έρευνα αυτή το δείγμα της ήταν συνολικά 84 μαθητές (43 κορίτσια, 41 αγόρια). Όλα τα παιδιά φοιτούσαν στην Ε΄ τάξη τεσσάρων δημοτικών σχολείων.

Το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία»: εφαρμογή στα ηλεκτρικά κυκλώματα

Το θεωρητικό πλαίσιο της μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής απετέλεσε το υπόβαθρο για τη σχεδίαση μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην εμπλοκή των μαθητών με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία. Στην παρούσα εργασία προτείνεται ένα μοντέλο δόμησης πειραματικών δραστηριοτήτων, το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία». Ειδικότερα, σε ό,τι αφορά τη δομή των πειραματικών δραστηριοτήτων, αυτές προτείνεται να περιλαμβάνουν εννέα στάδια (βλ. Σχήμα 1).

Στάδιο 1. Προβληματισμός

Με στόχο να εκμαιευθούν οι αντιλήψεις των μαθητών και να διατυπωθεί ένα ερώτημα προς διερεύνηση τίθεται ένα πρόβλημα στους μαθητές. Με αφορμή μια διαφωνία που παρουσιάζεται στους μαθητές αναφορικά με το πρόβλημα, καλούνται οι μαθητές (αν και είναι οργανωμένοι σε ομάδες) ατομικά να καταγράψουν ένα ερώτημα προς διερεύνηση.

Στάδιο 2. Ατομικές προβλέψεις

Οι μαθητές εργάζονται ατομικά και απαντούν γραπτά στην ερώτηση.



Σχήμα 1. Τα στάδια του μοντέλου της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία».

Στάδιο 3. Συνειδητοποίηση διαφωνιών και συγκρότηση ερωτήματος προς διερεύνηση

Πραγματοποιείται συζήτηση ανάμεσα στους μαθητές κάθε ομάδας, με στόχο τη συνειδητοποίηση των μεταξύ τους διαφωνιών. Ακολουθεί αντιπαράθεση των μαθητών στην προσπάθειά τους να υποστηρίξουν τις απόψεις τους. Οι αντιπρόσωποι των ομάδων ανακοινώνουν τα αποτελέσματα των συζητήσεων των ομάδων στο σύνολο των μαθητών της τάξης. Πραγματοποιείται συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης με τον συντονισμό του εκπαιδευτικού με στόχο την ομαδοποίηση των διαφορετικών απόψεων και τη διατύπωση του ερωτήματος προς διερεύνηση.

Στάδιο 4. Σχεδίαση και πραγματοποίηση διερεύνησης

Οι μαθητές, με τη βοήθεια ερωτήσεων που υπάρχουν στο φύλλο εργασίας τους, σχεδιάζουν και διεξάγουν μια διερεύνηση με στόχο να απαντήσουν στο ερώτημα προς διερεύνηση που έθεσαν. Υπάρχουν ερωτήσεις που ζητούν από τους μαθητές να καταγράψουν τι θα αλλάζουν στη διερεύνηση που θα κάνουν, τι θα ελέγξουν, τι θα κρατήσουν σταθερά, τι θα χρειαστούν, τι θα κάνουν, και να παρουσιάσουν τα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας ένα πίνακα ή ένα γράφημα. Δηλαδή, οι μαθητές αφού διατυπώσουν υποθέσεις, αναγνωρίζουν τις μεταβλητές που υπεισέρχονται στη διερεύνηση, πραγματοποιούν έλεγχο των μεταβλητών (αναγνωρίζοντας την ανεξάρτητη και την εξαρτημένη μεταβλητή, καθώς επίσης και τις μεταβλητές ελέγχου), περιγράφουν τα βήματα της πειραματικής διαδικασίας που θα ακολουθήσουν,

συγκεντρώνουν όργανα και υλικά, υλοποιούν το πείραμα και συλλέγουν και καταγράφουν τα δεδομένα.

Στάδιο 5. Συγκρότηση «αρχικού» επιχειρήματος

Οι μαθητές, με τη βοήθεια ερωτήσεων που υπάρχουν στο φύλλο εργασίας τους, καλούνται ατομικά να καταγράψουν ένα ισχυρισμό (μια απάντηση στο ερώτημα), τα αποδεικτικά στοιχεία (δεδομένα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό) και ένα συλλογισμό (που συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό και δείχνει γιατί τα αποδεικτικά στοιχεία υποστηρίζουν τον ισχυρισμό).

Στάδιο 6. Αυτο-αξιολόγηση και αναθεώρηση «αρχικού» επιχειρήματος

Οι μαθητές, με τη βοήθεια μιας λίστας ελέγχου ή μιας κλίμακας διαβαθμισμένων κριτηρίων, αξιολογούν το δικό τους «αρχικό» επίχειρημα. Στη συνέχεια, προτείνουν ένα αναθεωρημένο επίχειρημα.

Στάδιο 7. Συζήτηση πάνω στα αναθεωρημένα επιχειρήματα

Πραγματοποιείται συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης με τον συντονισμό του εκπαιδευτικού πάνω στις διαφωνίες των μαθητών που έχουν ανακύψει, αναφορικά με τα αναθεωρημένα επιχειρήματα.

Στάδιο 8. Συγκρότηση «τελικού» επιχειρήματος

Οι μαθητές καλούνται με βάση τα όσα έχουν προηγηθεί να καταγράψουν εκ νέου ένα ισχυρισμό, τα αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό και ένα συλλογισμό που συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό («τελικό» επίχειρημα).

Πίνακας 1. Οι έξι πειραματικές δραστηριότητες που συγκροτήθηκαν για τα ηλεκτρικά κυκλώματα και οι τίτλοι τους.

Πειραματικές δραστηριότητες	Τίτλοι
1	Πως μπορώ να ανάψω ένα λαμπάκι με μια μπαταρία;
2	Πως πάει το ρεύμα;
3	Το ρεύμα διατηρείται ή καταναλώνεται;
4	Το ρεύμα περνά μέσα από όλα τα υλικά;
5	Πως μπορώ να συνδέσω λαμπάκια σε ένα κύκλωμα ώστε όταν αφαιρώ το ένα να μην ανάβουν τα άλλα;
6	Πως μπορώ να συνδέσω λαμπάκια σε ένα κύκλωμα ώστε όταν αφαιρώ το ένα να ανάβουν τα άλλα;

Στάδιο 9. Αναστοχασμός

Οι μαθητές μελετούν εκ νέου το «αρχικό» επίχειρημα και το συγκρίνουν με το «τελικό» επίχειρημα. Συζητούν τις ομοιότητες και τις διαφοροποιήσεις με τους συμμαθητές της ομάδας τους.

Εφαρμόζοντας το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία» στα ηλεκτρικά κυκλώματα, συγκροτήθηκαν έξι πειραματικές δραστηριότητες για μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου (βλ. Πίνακας 1).

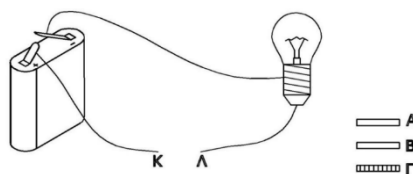
Οι παραπάνω πειραματικές εφαρμόστηκαν σε μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Στο Παράρτημα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα μιας τέτοιας δραστηριότητας και συγκεκριμένα της πειραματικής δραστηριότητας 4.

Συλλογή δεδομένων

Ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο. Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με την αποδελτίωση των γραπτών επιχειρημάτων που παρήγαγαν οι μαθητές, στην προσπάθειά τους να απαντήσουν στις ερωτήσεις που περιλαμβάνονταν στο ερωτηματολόγιο.

Στο ερωτηματολόγιο εμπεριέχονταν έξι έργα αξιολόγησης που ζητούσαν από τους μαθητές να προβούν σε προβλέψεις και αιτιολογήσεις για θέματα που σχετίζονται με τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Τα θέματα των έξι έργων αξιολόγησης σχετίζονταν με τα θέματα των πειραματικών δραστηριοτήτων. Κάθε έργο αξιολόγησης περιλάμβανε έναν προβληματισμό, δεδομένα που προέρχονται από πειραματική δραστηριότητα, μια ερώτηση και οδηγίες απάντησης. Ειδικότερα, ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν στην ερώτηση και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται ενδεικτικά ένα έργο αξιολόγησης.

Ο Δημήτρης και οι συμμαθητές του θέλουν να μάθουν αν το ηλεκτρικό ρεύμα περνά μέσα από όλα τα υλικά. Ο Δάσκαλος της τάξης τους, τους λέει να κατασκευάσουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και να κόψουν το ένα καλώδιο σε κάποιο σημείο, όπως στο παρακάτω Σχήμα. Στη συνέχεια να τοποθετήσουν τις τρεις ράβδους Α, Β και Γ, μία κάθε φορά κατά μήκος των σημείων Κ και Λ.



Οι μαθητές πειραματίστηκαν, έκαναν τις παρατηρήσεις τους και τις κατέγραψαν στον παρακάτω Πίνακα.

Ράβδος	Φωτοβολία λάμπας
A	Όχι
B	Ναι
Γ	Όχι

Έχουν όμως διαφορετικές απόψεις σχετικά με το αν περνά το ηλεκτρικό ρεύμα από όλες τις ράβδους. Για τον λόγο αυτό ζητούν τη βοήθειά σου. Χρησιμοποίησε τα παραπάνω στοιχεία για να γράψεις και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου στην παρακάτω ερώτησή τους:

Από ποια ή από ποιες από τις ράβδους περνά το ηλεκτρικό ρεύμα;

Όταν γράφεις την απάντησή σου, μην ξεχάσεις να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς.

Σχήμα 2. Το έργο αξιολόγησης 4.

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι γραπτές απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου πριν και μετά την εφαρμογή των πειραματικών δραστηριοτήτων. Ως μονάδα ανάλυσης ορίστηκε το επιχειρήμα που συντάξε κάθε μαθητής σε κάθε ερώτηση που του τέθηκε. Συγκεντρώθηκαν 498 επιχειρήματα πριν και 498 μετά την εφαρμογή των πειραματικών δραστηριοτήτων.

Ανάλυση δεδομένων

Για την αξιολόγηση της δομής των επιχειρημάτων των μαθητών ελέγχθηκε η ύπαρξη και η επάρκεια των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός), ανεξάρτητα από το εννοιολογικό τους περιεχόμενο. Κάθε συστατικό στοιχείο ενός επιχειρήματος κατατάχθηκε σε ένα από τα δύο επίπεδα (επίπεδο 1 και επίπεδο 2). Πιο συγκεκριμένα, κάθε ένα συστατικό στοιχείο του επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός) κατατάσσεται στο επίπεδο 1 αν δεν υπάρχει ή είναι ανεπαρκές και στο επίπεδο 2 αν είναι επαρκές.

Για την αξιολόγηση του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών ελέγχθηκε η καταλληλότητα των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός), δηλαδή αν αυτά συνάδουν με τη σχολική γνώση. Κάθε συστατικό στοιχείο ενός επιχειρήματος κατατάχθηκε σε ένα από τα δύο επίπεδα (επίπεδο 1 και επίπεδο 2). Πιο συγκεκριμένα, κάθε ένα συστατικό στοιχείο του επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός) κατατάσσεται στο επίπεδο 1 αν είναι ακατάλληλο ή μερικώς κατάλληλο και στο επίπεδο 2 αν είναι κατάλληλο.

Στη συνέχεια παρατίθεται τρία επιχειρήματα μαθητών, που αφορούν στο έργο αξιολόγησης 4, με την αξιολόγησή τους ως προς τη δομή και το περιεχόμενό τους.

Επιχείρημα 1: *«Το ρεύμα δεν περνά από καμιά ράβδο».*

Αξιολόγηση επιχειρήματος 1: Σχετικά με τη δομή του επιχειρήματος, αυτό περιλαμβάνει μόνο ισχυρισμό (*«Το ρεύμα δεν περνά από καμιά ράβδο»*), ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2), ενώ δεν περιλαμβάνονται αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 1) και συλλογισμός (επίπεδο 1). Σχετικά με το περιεχόμενο του επιχειρήματος, ο ισχυρισμός που περιλαμβάνει κρίνεται ακατάλληλος (επίπεδο 1). Τα αποδεικτικά στοιχεία και ο συλλογισμός εφόσον δεν υπάρχουν εντάσσονται στο επίπεδο 1.

Επιχείρημα 2: *«Η απάντηση είναι ότι το ρεύμα περνά μόνο από τη Β, γιατί όταν συνδέεται η Β ανάβει η λάμπα».*

Αξιολόγηση επιχειρήματος 2: Σχετικά με τη δομή του επιχειρήματος, αυτό περιλαμβάνει ισχυρισμό (*«Η απάντηση είναι ότι το ρεύμα περνά μόνο από τη Β»*), ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2), αποδεικτικά στοιχεία (*«γιατί όταν συνδέεται η Β ανάβει η λάμπα»*) που κρίνονται μη επαρκή (επίπεδο 1) ενώ δεν περιλαμβάνεται συλλογισμός (επίπεδο 1). Σχετικά με το περιεχόμενο του επιχειρήματος, ο ισχυρισμός που περιλαμβάνει επιχειρήμα κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 2). Τα αποδεικτικά

στοιχεία είναι κατάλληλα (επίπεδο 2) και ο συλλογισμός εφόσον δεν υπάρχει εντάσσονται στο επίπεδο 1.

Επιχείρημα 3: «Το ρεύμα περνά από τη ράβδο Β. Όταν συνδέεται στο κύκλωμα η ράβδος Β ανάβει η λάμπα, ενώ όταν συνδέονται οι ράβδοι Α και Γ δεν ανάβει η λάμπα. Όταν η λάμπα ανάβει, το ρεύμα περνά από τη ράβδο που συνδέεται στο κύκλωμα. Επειδή η λάμπα ανάβει μόνο όταν συνδέεται η ράβδος Β στο κύκλωμα, άρα το ρεύμα περνά μόνο από τη ράβδο Β».

Αξιολόγηση επιχειρήματος 3: Όσον αφορά τη δομή του επιχειρήματος, αυτό περιλαμβάνει ισχυρισμό («Το ρεύμα περνά από τη ράβδο Β») που κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2), αποδεικτικά στοιχεία («Όταν συνδέεται στο κύκλωμα η ράβδος Β ανάβει η λάμπα, ενώ όταν συνδέονται οι ράβδοι Α και Γ δεν ανάβει η λάμπα») που κρίνονται επαρκή (επίπεδο 2) και συλλογισμό («Όταν η λάμπα ανάβει, το ρεύμα περνά από τη ράβδο που συνδέεται στο κύκλωμα. Επειδή η λάμπα ανάβει μόνο όταν συνδέεται η ράβδος Β στο κύκλωμα, άρα το ρεύμα περνά μόνο από τη ράβδο Β»), οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2). Σχετικά με το περιεχόμενο του επιχειρήματος, ο ισχυρισμός που περιλαμβάνει κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 2). Τα αποδεικτικά στοιχεία και ο συλλογισμός επίσης κρίνονται κατάλληλα και εντάσσονται στο επίπεδο 2.

Η αξιολόγηση των επιχειρημάτων των μαθητών πραγματοποιήθηκε από δύο ερευνητές που εργάστηκαν ανεξάρτητα. Οι διαφωνίες τους επιλύθηκαν μέσω συζητήσεων.

Μετά την ανάλυση των επιχειρημάτων, που διατύπωσαν οι μαθητές, δημιουργήθηκαν πίνακες στους οποίους παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των επιπέδων που αναφέρονται στη δομή και το περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων. Για τη μελέτη της ύπαρξης συσχέτισης στα επίπεδα των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων (ισχυρισμών, αποδεικτικών στοιχείων και συλλογισμών) των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (επίπεδο 1, επίπεδο 2), ανάμεσα στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ, χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο McNemar.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η επίδραση των πειραματικών δραστηριοτήτων στη δομή των επιχειρημάτων

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των επιπέδων που αναφέρονται στην επάρκεια των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ.

Από τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι στο προ-τεστ τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων των περισσότερων μαθητών εντάσσονται, ως προς την επάρκειά τους, στο επίπεδο 1. Όμως, στο μετά-τεστ προκύπτει αύξηση στα ποσοστά και των τεσσάρων συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων που εντάσσονται στο επίπεδο 2. Μάλιστα, με το τεστ McNemar, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση στα επίπεδα επάρκειας των ισχυρισμών με $\chi^2(1)=157,006$ και $p<0,0001$, των αποδεικτικών

στοιχείων με $\chi^2(1)=395,003$ και $p<0,0001$ και των συλλογισμών με $\chi^2(1)=372,003$ και $p<0,0001$ των μαθητών, ανάμεσα στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ.

Πίνακας 2. Τα επίπεδα επάρκειας των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά.

Επίπεδα	Ισχυρισμός				Αποδεικτικά στοιχεία				Συλλογισμός			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
1	165	33,1	6	1,1	471	94,6	74	14,9	491	98,6	117	23,5
2	333	66,9	492	98,9	27	5,4	424	85,1	7	1,4	381	76,5

Συνεπώς, διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση στην επάρκεια των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των μαθητών, από το προ-τεστ στο μετά-τεστ.

Η επίδραση των πειραματικών δραστηριοτήτων στο περιεχόμενο των επιχειρημάτων

Αναφορικά με το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών, στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των επιπέδων που αναφέρονται στην καταλληλότητα των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ.

Πίνακας 3. Τα επίπεδα καταλληλότητας των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά.

Επίπεδα	Ισχυρισμός				Αποδεικτικά στοιχεία				Συλλογισμός			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
1	329	66,1	46	9,2	485	97,4	113	22,7	495	99,4	167	33,5
2	169	33,9	452	90,8	13	2,6	385	77,3	3	0,6	331	66,5

Από τον Πίνακα 3 προκύπτει ότι στο προ-τεστ τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων των περισσότερων μαθητών εντάσσονταν, ως προς την καταλληλότητά τους, στο επίπεδο 1. Όμως, στο μετά-τεστ προκύπτει αύξηση στα ποσοστά των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων που εντάσσονται στο επίπεδο 2. Μάλιστα, με το τεστ McNemar, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση στα επίπεδα καταλληλότητας των ισχυρισμών με $\chi^2(1)=281,004$ και $p<0,0001$, των αποδεικτικών στοιχείων με $\chi^2(1)=370,003$ και $p<0,0001$ και των συλλογισμών με $\chi^2(1)=326,003$ και $p<0,0001$ των μαθητών, ανάμεσα στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ. Επομένως, διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση στην καταλληλότητα των ισχυρισμών,

των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των μαθητών και κατά συνέπεια στο περιεχόμενο των επιχειρημάτων, από το προ-τεστ στο μετά-τεστ.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή προτάθηκε ένα νέο μοντέλο δόμησης πειραματικών δραστηριοτήτων, το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία» και μελετήθηκε η επίδραση εκπαιδευτικού υλικού που περιλαμβάνει πειραματικές δραστηριότητες για τα ηλεκτρικά κυκλώματα οι οποίες είναι δομημένες σύμφωνα με το παραπάνω μοντέλο, στην εξέλιξη των ικανοτήτων των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου να συγκροτούν γραπτά επιχειρήματα.

Η μελέτη των αποτελεσμάτων της έρευνας αυτής έδειξε ότι οι μαθητές πριν την εφαρμογή των πειραματικών δραστηριοτήτων (όπως προέκυψε από το προ-τεστ), παρήγαγαν επιχειρήματα εκ των οποίων τα περισσότερα ήταν ανεπαρκή ως προς τη δομή τους και ως προς το περιεχόμενό τους. Η διαπίστωση αυτή μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, συνήθως, οι μαθητές δε διδάσκονται τη δομή ενός επιχειρήματος και σπάνια τους ζητείται να καταγράψουν τεκμηριωμένα επιχειρήματα ή να αξιολογήσουν επιχειρήματα (Driver et al., 2000). Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας που αφορούν στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών συνάδουν με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών (McNeill & Krajcik, 2007, 2012· Sandoval & Millwood, 2005· Songer & Gotwals, 2012).

Μετά την εφαρμογή των πειραματικών δραστηριοτήτων (όπως προέκυψε από το μετά-τεστ) διαπιστώθηκε ότι υπήρξε σημαντική βελτίωση στη δομή και το περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών. Συνεπώς, αναδείχθηκε ότι είναι εφικτή η βελτίωση τόσο της δομής όσο και του περιεχομένου των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών, μέσω της εφαρμογής πειραματικών δραστηριοτήτων για τα ηλεκτρικά κυκλώματα που είναι δομημένες σύμφωνα με το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία».

Η βελτίωση της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών θα μπορούσε να αποδοθεί στις πειραματικές δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε. Μέσω αυτών των δραστηριοτήτων οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να εξοικειωθούν με τα βασικά συστατικά στοιχεία του επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός), τον τρόπο που συνδέονται μεταξύ τους καθώς και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν οι ίδιοι να αξιολογούν ένα επίχειρημα, επισημαίνοντας τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία του. Έρευνες έδειξαν ότι οι διαδικασίες αυτές μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (Chen et al., 2016· Clark & Sampson, 2007· McNeill & Krajcik, 2012).

Η βελτίωση του περιεχομένου των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών θα μπορούσε να αποδοθεί στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα που επήλθε μέσω της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε. Οι πειραματικές δραστηριότητες ενέπλεκαν τους μαθητές με τη χρήση πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής. Έχει υποστηριχθεί ότι η διανοητική εργασία

που αφορά στην επεξεργασία και την αλλαγή των αντιλήψεων βασίζεται στην εμπλοκή των μαθητών με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής (Krajcik et al., 2014· NRC, 2012). Επίσης, το εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε παρείχε ευκαιρίες στους μαθητές να διαμορφώσουν εξηγήσεις, να εξάγουν συμπεράσματα από παρατηρήσεις ή μετρήσεις και να σχεδιάσουν διερευνήσεις. Τα παραπάνω, σύμφωνα με τους Spaan et al., (2022), μπορούν να συμβάλλουν στην οικοδόμηση γνώσεων από τους μαθητές.

Από την παρούσα εργασία διαπιστώθηκε επίσης ότι οι μαθητές εμφανίζουν μεγαλύτερη δυσκολία με την παράθεση αποδεικτικών στοιχείων και κυρίως με τη συγκρότηση συλλογισμών. Η διαπίστωση αυτή συνάδει με ερευνητικά ευρήματα σύμφωνα με τα οποία οι μαθητές συνήθως προτείνουν ανεπαρκή και ακατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και δεν συμπεριλαμβάνουν συλλογισμούς στα επιχειρήματα που συγκροτούν (McNeill & Krajcik, 2007, 2012· Sadler, 2004· Songer & Gotwals, 2012).

Όπως έχει αναφερθεί η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί αναφορικά με την επίδραση πειραματικών δραστηριοτήτων στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Η παρούσα εργασία με τα ευρήματά της συνεισφέρει στην έρευνα για τη μελέτη της επίδρασης πειραματικών δραστηριοτήτων (δομημένων σύμφωνα με το μοντέλο της «πειραματικής δραστηριότητας βασισμένης στην επιχειρηματολογία») στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών και ειδικότερα στη δομή και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων, ζήτημα για το οποίο δεν υπήρχαν εμπειρικά δεδομένα.

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας υπόκεινται στους περιορισμούς τόσο του δείγματος το οποίο δεν μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου, όσο και της χρήσης του ερωτηματολογίου ως αποκλειστικού μέσου συλλογής των δεδομένων.

Η εργασία αυτή εστιάστηκε αποκλειστικά στη μελέτη των γραπτών επιχειρημάτων. Θα είχε ερευνητικό ενδιαφέρον η μελέτη της εξέλιξης των προφορικών επιχειρημάτων των μαθητών και η σύγκρισή τους με τα γραπτά τους επιχειρήματα. Επιπρόσθετα, η εργασία αυτή επικεντρώθηκε στη μελέτη των επιχειρημάτων των μαθητών πριν και μετά την εφαρμογή των πειραματικών δραστηριοτήτων μέσω ερωτηματολογίων. Προτείνεται η μελέτη της δομής και του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών σε όλη τη διάρκεια της διδασκαλίας, προκειμένου να μελετηθεί η εξέλιξη τους και να προσδιοριστούν τα στοιχεία των πειραματικών δραστηριοτήτων που συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A Study of the Effectiveness of Practical Work as a Teaching and Learning Method in School Science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>

- Abrahams, I., & Reiss, M. (2012). Practical Work: Its Effectiveness in Primary and Secondary Schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(8), 1035–1055. <https://doi.org/10.1002/tea.21036>
- Afra, N. C., Osta, I., & Zoubeir W. (2009). Students' alternative conceptions about electricity and effect of inquiry-based teaching strategies. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(1), 103- 132. <https://doi.org/10.1007/s10763-007-9106-7>
- Bell, P., & Linn, M. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the Web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22, 797–817. <https://doi.org/10.1080/095006900412284>
- Becu-Robinault, K. (2002). Modelling activities of students during a traditional labwork. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 51-64). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Berg Van den, E. (2013). The PCK of Laboratory Teaching: Turning Manipulation of Equipment into Manipulation of Ideas. *Scientia in Educatione*, 4 (2), 74–92. <https://doi.org/10.14712/18047106.86>
- Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R.F., & Loughran, J.J. (1999). Helping Students Learn from Laboratory Work. *Australian Science Teachers Journal*, 45(1), 27-31.
- Chambers. S.K., and Andre, T. (1997) Gender. Prior Knowledge, Interest and Experience and Conceptual Change text Manipulations in Learning about Direct Current?. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 107-23. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199702\)34:2<107::AID-TEA2>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199702)34:2<107::AID-TEA2>3.0.CO;2-X)
- Chen, H.-T., Wang, H.-H., Lu, Y.-Y., Lin, H., & Hong, Z.-R. (2016). Using a modified argument-driven inquiry to promote elementary school students' engagement in learning science and argumentation. *International Journal of Science Education*, 38(2), 170–191. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1134849>
- Chiu, M. H., & Lin, J. W. (2005). Promoting Fourth Graders' Conceptual Change of Their Understanding of Electric Current via Multiple Analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 429- 464. <https://doi.org/10.1002/tea.20062>
- Clark, D. B., & Sampson, V. D. (2007). Personally-seeded discussions to scaffold online argumentation. *International Journal of Science Education*, 29(3), 253–277. <https://doi.org/10.1080/09500690600560944>
- Dkeidek, I., Mamlok-Naaman, R., & Hofstein, A. (2012). Assessment of the laboratory learning environment in an inquiry-oriented chemistry laboratory in Arab and Jewish high schools in Israel. *Learning Environments Research*, 15, 141–169. <https://doi.org/10.1007/s10984-012-9109-3>
- Dobber, M., Zwart, R., Tanis, M., & van Oers, B. (2017). Literature Review: The Role of the Teacher in Inquiry-Based Education. *Educational Research Review* 22, 194–214. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.002>
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287–312. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)

- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development. *Studies in Science Education*, 13, 105-122. <https://doi.org/10.1080/03057268608559933>
- Engelhardt, P.V. & R.J. Beichner (2004). Students' understanding of direct current resistive circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), <https://doi.org/98-115>. 10.1119/1.1614813
- Germann, P.J., S. Haskins, and S. Auls. 1996. Analysis of nine high school laboratory manuals: Promoting science inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 475-99. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199605\)33:5<475::AID-TEA2>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199605)33:5<475::AID-TEA2>3.0.CO;2-O)
- Gustone, R.F., (1991). Reconstructing theory from practical experience. In B.E. Woolnough (ed.), *Practical Science* (pp. 67-77). Milton Keynes: Open University Press.
- Heng, L. L., Surif, J., & Seng, C. H. (2015). Malaysian students' scientific argumentation: Do groups perform better than individuals? *International Journal of Science Education*, 37(3), 505–528. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.995147>
- Hodson, D. (1991). Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, 175–184. <https://doi.org/10.1080/03057269108559998>
- Hofstein, A., & Kind, P. (2012). Learning in and from science laboratories. In B. Fraser, K. Tobin & K. McRobbie (Eds.), *Second Handbook of Research in Science Teaching* (pp. 189-208). Dordrecht NL: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_15
- Holfstein, A., & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. *Science Education*, 88, 28-54. <https://doi.org/10.1002/sc.10106>
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis M., & Naaman-Mamlok., R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 791-806. <https://doi.org/10.1002/tea.20072>
- 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(4), 505-523. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9131-3>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Bugallo Rodríguez, A., & Duschl, R. A. (2000). “Doing the lesson” or “Doing Science”: argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757–792. [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200011\)84:6<757::AID-SCE5>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200011)84:6<757::AID-SCE5>3.0.CO;2-F)
- Katchevich, D., Mamlok-Naaman, R., & Hofstein, A. (2014). The characteristics of opened inquiry-type chemistry experiments that enable argumentative discourse. *Sisyphus-Journal of Education*, 2(2), 74-99. <https://doi.org/10.25749/sis.4067>
- Knight, A. M., McNeill, K. L., Corrigan, S., & Barber, J. (2013, April). Student assessments for reading and writing scientific arguments. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Knight, A. M., Alves, C. B., Cannady, M. A., McNeill, K. L., & Pearson, P. D. (2014, April). Assessing middle school students' abilities to critique scientific evidence. Paper presented at the annual meeting of NARST, Pittsburg, PA.
- Krajcik, J., & McNeill, K. (2009). Designing instructional materials to support students' in writing scientific explanations: using evidence and reasoning across the Middle School years. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Hyatt Regency Orange County, Garden Grove, CA.

- Kyza, E., Constantinou, C. P., & Spanoudis, G., (2011). Sixth graders' co-construction of explanations of a disturbance in an ecosystem: exploring relationships between grouping, reflective scaffolding and evidence-based explanations. *International Journal of Science Education*, 33(18), 2489-2525. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.550951>
- Luketic, C. D., & Dolan, E. L. (2013). Factors influencing student perceptions of high-school science laboratory environments. *Learning Environments Research*, 16, 37-47. <https://doi.org/10.1007/s10984-012-9107-5>
- Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. In N. Lederman, & S. Abel (Eds.). *Handbook of research on science education* (pp. 393-441). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- McDermott, L.C. & Shaffer, P.S. (1992). Research as a Guide for Curriculum Development: An Example from Introductory Electricity. Part i: Investigation of Student Understanding. *American Journal of physics*, 60(11), 994-1003. <https://doi.org/10.1119/1.17003>
- McNeill, K. L. (2011). Elementary students' views of explanation, argumentation and evidence and abilities to construct arguments over the school year. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 793-823. <https://doi.org/10.1002/tea.20430>
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In Lovett, M & Shah, P (Eds.), *Thinking with data* (pp. 233-265). New York, NY: Taylor & Francis Group, LLC.
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing*. New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J, Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1502_1
- Millar, R., & Abrahams, I. (2009). Practical work: Making it more effective. *School Science Review*, 91(334), 59-64.
- Millar, R., Tiberghien, A. & Le Maréchal, J. F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 9-20). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21, 553-576. <https://doi.org/10.1080/095006999290570>
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.

- Oliveira, H., & Bonito, J. (2023). Practical work in science education: a systematic literature review. *Frontiers in Education*, 8:1151641. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1151641>
- Osborne, J. (1998). Science education without a laboratory? In J.J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science. Which way now?* (pp. 156-173). London: Routledge.
- Phillips, L. M., & Norris, S. P. (1999). Interpreting popular reports of science: What happens when the reader's world meets the world on paper? *International Journal of Science Education*, 21, 317-327. <https://doi.org/10.1080/095006999290723>
- Ping, I. L. L., Halim, L., & Osman, K. (2019). Explicit Instruction of Scientific Argumentation in Practical Work: A Feasibility Study. *Creative Education*, 10, 1205-1229. <https://doi.org/10.4236/ce.2019.106091>
- Pun, J., & Ka Ching Cheung, K. (2021). Meaning Making in Collaborative Practical Work: A Case Study of Multimodal Challenges in a Year 10 Chemistry Classroom. *Research in Science & Technological Education* 41(1), 271–288. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1895101>
- Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J., & Witte, S. (2013). Writing to learn by learning to write during the school science laboratory: Helping middle and high school students develop argumentative writing skills as they learn core ideas. *Science Education*, 97(5), 643–670. <https://doi.org/10.1002/sce.21069>
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217-257. <https://doi.org/10.1002/sce.20421>
- Sampson, V., & Walker, J. P. (2012). Argument-driven inquiry as a way to help undergraduate students write to learn by learning to write in chemistry. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1443–1485. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.667581>
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536. <https://doi.org/10.1002/tea.20009>
- Sander, F., Schecker, H., & Niedderer, H. (2002). Computer tools in the lab—Effects linking theory and experiment. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 219-230). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Sandoval, W. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *The Journal of the Learning Sciences*, 12, 5–51. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1201_2
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2301_2
- Sharpe, R., & Abrahams, I. (2019). Secondary School Students' Attitudes to Practical Work in Biology, Chemistry and Physics in England. *Research in Science & Technological Education* 38(1): 84–104. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1597696>

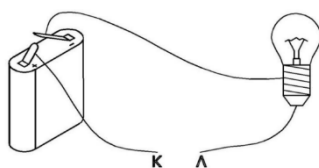
- Spaan, W., Oostdam, R., Schuitema, J., & Pijls, M. (2022). Analysing teacher behaviour in synthesizing hands-on and minds-on during practical work. *Research in Science & Technological Education*, 42(6), 1–18. <https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2098265>
- Songer, N. B. & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), 141-165.
- Skoumios, M., & Passalis, N. (2010). Chemistry laboratory activities: The link between practice and theory. *The International Journal of Learning*, 17, 101-114. <https://doi.org/10.18848/1447-9494/CGP/v17i06/47101>
- Theyßen, H. V., Aufschnaiter, S., & Schumacher, D. (2002). Development and evaluation of a laboratory course in physics for medical students. In D. Psillos, & H. Niederrerr (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 91-104). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers
- Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. In R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (Eds.). *Improving science education: The contribution of research* (pp. 27-47). Buckingham: Open University Press.
- Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J. F., Buty, C., & Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85, 483-508. <https://doi.org/10.1002/sce.1020>
- Todas, A. & Skoumios, M. (2014). Practical Work in Primary Science: Actions and Verbalized Knowledge. *The International Journal of Early Childhood Learning*, 20, 37-50. <https://doi.org/10.18848/2327-7939/CGP/v20i02/58951>
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Woolnough B. (1995). School effectiveness for different types of potential scientists and engineers. *Research in Science and Technological Education*, 13, 53-66. <https://doi.org/10.1080/0263514950130105>
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35–62. <https://doi.org/10.1002/tea.10008>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Η πειραματική δραστηριότητα 3

Το ρεύμα περνά μέσα από όλα τα υλικά;

Η Μαρία και οι συμμαθητές της θέλουν να μάθουν αν το ρεύμα περνά μέσα από όλα τα υλικά. Έφτιαξαν το παρακάτω κύκλωμα.



Σκέφτονται να τοποθετήσουν στα σημεία Κ και Λ διαδοχικά μια ξύλινη οδοντογλυφίδα, ένα σιδερένιο καρφί, ένα πλαστικό καλαμάκι και μια λωρίδα αλουμινόχαρτο και να δουν αν το λαμπάκι ανάβει. Όμως, διαφωνούν μεταξύ τους. Ορισμένα παιδιά λένε ότι το ρεύμα περνά από όλα τα παραπάνω αντικείμενα. Άλλα παιδιά λένε ότι το ρεύμα περνά από κάποια από τα παραπάνω αντικείμενα και δεν περνά από κάποια άλλα. Επειδή διαφωνούν αποφάσισαν να κάνουν μια έρευνα.

Ποιο ερώτημα έχουν να ερευνήσουν;

.....
.....

Ποια είναι η άποψή σου;

.....
.....

Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

Υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στις απαντήσεις σας; Αν ναι ποιες είναι αυτές;

.....
.....

Προσπάθησε να πείσεις τους συμμαθητές για την άποψη που έχεις προτείνει. Παρουσίασε τους λόγους για τους οποίους υποστηρίζεις τη δική σου άποψη.

.....
.....

Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, ποιο ερώτημα έχετε να ερευνήσετε;

.....
.....

Για να απαντήσετε στο παραπάνω ερώτημα θα κάνετε μια έρευνα. Για να σχεδιάσετε την έρευνα, απαντήσετε στα παρακάτω ερωτήματα.

Τι θα αλλάξουμε;

.....
.....

Τι θα ελέγξουμε;

.....
.....

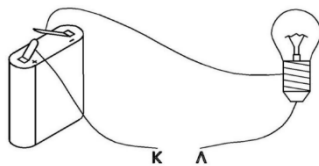
Τι θα κρατήσουμε ίδια;

.....
.....

Τι θα χρειαστούμε;

.....
.....

Τι θα κάνουμε;



.....
.....

Αφού κάνετε την έρευνα, παρουσιάστε τα αποτελέσματα στον παρακάτω πίνακα.

Αντικείμενο	Ανάβει το λαμπάκι	Δεν ανάβει το λαμπάκι

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω αποτελέσματα προσπάθησε να απαντήσεις στο παρακάτω ερώτημα και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου:

Το ρεύμα περνά μέσα από όλα τα υλικά;

.....
.....

Ότι έγραψες παραπάνω θα το ονομάσουμε «αρχικό» επιχείρημα.

Απάντησε τις ερωτήσεις του πίνακα για να ελέγξεις μόνος σου το επιχείρημά σου.

Ερωτήσεις	Ναι	Όχι
Έγραψα μια απάντηση στην ερώτηση;		
Η απάντησή μου είναι μια ολοκληρωμένη πρόταση;		
Έγραψα στοιχεία που υποστηρίζουν την απάντησή μου;		
Είναι τα στοιχεία που έγραψα αυτά που περιλαμβάνονται στον πίνακα των αποτελεσμάτων;		
Έγραψα προτάσεις που συνδέουν τα στοιχεία με την απάντησή μου;		
Αυτά που έγραψα δείχνουν γιατί τα στοιχεία υποστηρίζουν την απάντησή μου;		

Με βάση τις απαντήσεις σου στο παραπάνω πίνακα προσπάθησε να απαντήσεις ξανά στο παρακάτω ερώτημα και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

Το ρεύμα περνά μέσα από όλα τα υλικά;

Γράψε την απάντησή σου.

.....
.....

Γράψε τα στοιχεία εκείνα που υποστηρίζουν την απάντησή σου.

.....
.....

Γράψε προτάσεις που να συνδέουν τα στοιχεία που έγραψες με την απάντησή σου και να δείχνουν γιατί τα στοιχεία υποστηρίζουν την απάντησή σου.

.....
.....

Συζητήστε τις απαντήσεις σας στα παραπάνω ερωτήματα με τους συμμαθητές σας.

Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου προσπάθησε να απαντήσεις ξανά στο παρακάτω ερώτημα και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

Το ρεύμα περνά μέσα από όλα τα υλικά;

.....
.....

Ό,τι έγραψες παραπάνω θα το ονομάσουμε «τελικό» επιχείρημα.

Διάβασε ξανά το «αρχικό» επιχείρημα που είχες γράψει. Είναι ίδιο με το «τελικό» επιχείρημα; Υπάρχουν διαφορές;

.....
.....

Θεωρείς ότι το «τελικό» επιχείρημα είναι καλύτερο από το «αρχικό» επιχείρημα; Γιατί;

.....
.....

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Κωνσταντίνα Στεφανίδου¹, Κωνσταντίνος Σκορδούλης²

¹ ΕΔΙΠ ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ, ² Καθηγητής ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ

sconstant@primedu.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή προτείνεται η ένταξη της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στην διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στοχεύοντας τόσο στο περιεχόμενο όσο και στη Φύση της Επιστήμης. Για το σκοπό αυτό σχεδιάστηκε μια εργαστηριακή διδασκαλία και εφαρμόστηκε στο πλαίσιο του υποχρεωτικού εργαστηρίου Φυσικής που παρακολουθούν οι φοιτητές/τριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης. Αξιοποιήθηκαν τα πειράματα του Πτολεμαίου για τη διδασκαλία της διάθλασης, του εμπειρικού και εξελίξιμου χαρακτήρα της επιστήμης, καθώς επίσης και τη σχέση της Φυσικής με τα Μαθηματικά.

Λέξεις κλειδιά: Φύση της Επιστήμης, πειράματα Πτολεμαίου, διάθλαση

Αναφορά: Στεφανίδου, Κ. & Σκορδούλης, Κ. (2025). *Διδάσκοντας για τη Φύση της Επιστήμης στο Εργαστήριο*, 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

LABORATORY TEACHING NATURE OF SCIENCE

Constantina Stefanidou¹, Constantine Skordoulis²

¹Laboratory Teaching Staff, Department of Pedagogy and Primary Education, NKUA

²Professor, Department of Pedagogy and Primary Education, NKUA

sconstant@primedu.uoa.gr

ABSTRACT

In this paper, it is proposed the integration of the History and Philosophy of Science in teaching science, targeting both the content and the Nature of Science. For this purpose, a laboratory teaching was designed and implemented in the context of the mandatory Physics laboratory attended by the students of the Department of Pedagogy and Primary Education. Ptolemy's experiments were used to teach refraction, the empirical and tentative aspects of Nature of Science, as well as the relationship between Physics and Mathematics.

Keywords: Nature of Science, integrated approach, Ptolemy's experiments

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο επιστημονικός διάλογος που υποστηρίζει την αξιοποίηση της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών (ΙΦΦΕ) στη διδασκαλία τους έχει ξεκινήσει περισσότερο από έναν αιώνα πριν (Mach, 1893/1960· Duhem, 1906/1954). Τα κύρια επιχειρήματα σχετίζονται με α) τη βαθύτερη κατανόηση του περιεχομένου των φυσικών επιστημών, με την έννοια ότι η ΙΦΦΕ μπορεί να αποκαλύψει το εννοιολογικό πλαίσιο στο οποίο διαμορφώθηκε το συγκεκριμένο επιστημονικό περιεχόμενο, β) το τρόπο που η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) σχετίζεται με την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης και γ) με την κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης (ΦτΕ) με την έννοια των μεθοδολογικών, φιλοσοφικών και πολιτισμικών πτυχών της επιστήμης (Matthews, 2015).

Η βιβλιογραφική έρευνα στο πεδίο της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες αποκαλύπτει τουλάχιστον δύο απόψεις για την μελέτη της ΦτΕ. Σύμφωνα με την πρώτη άποψη, γνωστή και ως άποψη της συναίνεσης (consensus view), η διδασκαλία της ΦτΕ προτείνεται να συμπεριλαμβάνει ένα σύνολο «συμφωνημένων» πτυχών και χαρακτηριστικών που αφορούν όλα τα γνωστικά πεδία των φυσικών επιστημών

(domain-general). Η άποψη της συναίνεσης, όπως διαμορφώθηκε από τους ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ), δίνει έμφαση σε επτά κύρια σημεία που αφορούν τις ΦΕ και που θα πρέπει να διδάσκονται οι μαθητές όλων των βαθμίδων, και οι φοιτητές των Παιδαγωγικών Τμημάτων καθώς και των τμημάτων που οι απόφοιτοί τους απασχολούνται στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Φυσικοί, Χημικοί, Βιολόγοι, Γεωλόγοι): 1. Ο αβέβαιος χαρακτήρας της επιστημονικής γνώσης 2. Διαφορά παρατήρησης και συμπεράσματος 3. Αντικειμενικότητα και υποκειμενικότητα στην επιστήμη 4. Δημιουργικότητα στην επιστήμη 5. Κοινωνική και πολιτισμική ενσωμάτωση της επιστήμης 6. Επιστημονικές θεωρίες και νόμοι και 7. Επιστημονικές μέθοδοι (Abd-El-Khalick, 2012· Lederman et al., 2002· Osborne et al., 2003). Ωστόσο, αυτή η άποψη για τη διδασκαλία της ΦτΕ έχει επικριθεί ως ανεπαρκής και ακόμη και ως παραπλανητική για την περιγραφή της επιστήμης. Οι επικριτές προτείνουν ότι θα πρέπει οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές να διδάσκονται μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την επιστήμη, και όχι μια «λίστα» από χαρακτηριστικά.

Μια άποψη που απαντάει σε αρκετά από τα σημεία κριτικής της άποψης της «συναίνεσης» είναι η Προσέγγιση Οικογενειακής Ομοιότητας (Family Resemblance Approach/FRA) για την περιγραφή της ΦτΕ, που εισήχθη από τις Erduran & Dagher (2014), και η οποία βασίζεται στις ιδέες του Wittgenstein. Η Προσέγγιση της Οικογενειακής Ομοιότητας αντιμετωπίζει την ενότητα της επιστήμης χωρίς να θυσιάζεται η ποικιλομορφία της. Σύμφωνα με τη προσέγγιση αυτή, η επιστήμη θεωρείται από τη μια πλευρά ως ένα γνωστικό-επιστημικό σύστημα (Irzic & Nola, 2011) που περιλαμβάνει διαδικασίες έρευνας, στόχους και αξίες, ενώ ταυτόχρονα είναι ένα κοινωνικό-θεσμικό σύστημα που περιλαμβάνει επαγγελματικές δραστηριότητες, επιστημονικό ήθος και κοινωνική αλληλεπίδραση. Η Προσέγγιση Οικογενειακής Ομοιότητας μπορεί να προσαρμόσει τόσο τα γενικά χαρακτηριστικά των φυσικών επιστημών όσο και τα ειδικά κάθε κλάδου (Φυσική, Χημεία, Βιολογία, κοκ). Για παράδειγμα, όλες οι φυσικές επιστήμες βασίζονται σε κάποιου είδους συλλογή δεδομένων και στην παρατήρηση, ενώ ο πειραματισμός περιορίζεται σε κάποιους μόνο κλάδους των επιστημών (Kaya & Erduran, 2016).

Ο Kamourakis (2016) υποστηρίζει ότι οι απόψεις των «γενικών πτυχών» και της «οικογενειακής ομοιότητας» της ΦτΕ είναι συμπληρωματικές και συνεχείς, προτείνοντας σταδιακά βήματα στη διδασκαλία για τη ΦτΕ που μπορεί να ξεκινούν από την πρώτη και να καταλήγουν στη δεύτερη. Σε παρόμοιο πλαίσιο, ο Niaz (2001· 2016) προτείνει την «ολοκληρωμένη άποψη» (integrated view) σύμφωνα με την οποία υποστηρίζεται η ενσωμάτωση της «άποψης της συναίνεσης» (domain general) και της άποψης των ειδικών χαρακτηριστικών των επιστημονικών κλάδων (domain specific), προκειμένου οι μαθητές να κατανοήσουν την «επιστήμη εν τω γεννάσθε» (Niaz, 2001; 2016).

Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Η ιστορία της Οπτικής, μαζί με την Ιστορία της Μηχανικής και της Αστρονομίας, είναι ένα από τα παλαιότερα πεδία επιστημονικής έρευνας (Galili, 2014, σ.101). Η Ιστορία της Οπτικής παρέχει ένα γόνιμο πεδίο ιδεών σχετικά με το φως και την όραση. Έχει δημοσιευθεί μεγάλος αριθμός ερευνητικών εργασιών σχετικά με την ιστορική προσέγγιση της διδασκαλίας της ανάκλασης, της διάθλασης και της φύσης του φωτός και της όρασης (Galili, 2014· Mihas, 2008). Η ιστορία της Οπτικής προσφέρει το πλαίσιο στο οποίο αναπτύχθηκαν αρκετές θεωρίες και προ-θεωρητικές ιδέες του φωτός και της όρασης. Τέτοιες ιδέες περιλαμβάνουν τις αντιλήψεις για το φως καθώς και τη θεωρία των ακτίνων που αναπτύχθηκε κατά την ελληνοιστική, μεσαιωνική ευρωπαϊκή και μουσουλμανική περίοδο πριν από την επιστημονική επανάσταση του δέκατου έβδομου αιώνα. Στη συνέχεια αναπτύχθηκε η θεωρία των φωτεινών ακτίνων του 17ου αιώνα, οι έγχρωμες ακτίνες του Νεύτωνα, τα κύματα πίεσης του Huygens, η διαμάχη για τη κυματική ή σωματιδιακή φύση του φωτός, που οδήγησε στην κυριαρχία της αντίληψης του Νεύτωνα για τα σωματίδια τον 18ο αιώνα, τη κυματική θεωρία του 19ου αιώνα και την οπτική των φωτονίων του 20ου αιώνα.

Ο Galili στην ανασκόπησή του (2014) πρότεινε τη διδασκαλία της Οπτικής χρησιμοποιώντας υλικό που βασίζεται στην ΙΦΦΕ. Σύμφωνα με τον ίδιο, οι περισσότεροι ερευνητές που αξιοποιούν την ΙΦΦΕ στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών θέτουν στο επίκεντρο το «σωστό» επιστημονικό περιεχόμενο (γνώση τύπου-A), δηλαδή θέματα που πλέον δεν αμφισβητούνται. Ο Mihas (2008) έχει αναπτύξει ένα ειδικό πρόγραμμα διδασκαλίας της Οπτικής που βασίζεται σε ανακατασκευές τύπου-A. Ωστόσο, η ιστορία της Οπτικής περιλαμβάνει και πολλές απόψεις που αρχικά διατυπώθηκαν, αλλά στη συνέχεια διαψεύστηκαν γιατί αντικαταστάθηκαν από εγκυρότερους συλλογισμούς (γνώση τύπου-B). Αυτή η γνώση θεωρείται συχνά ως άσχετη και ανεπιθύμητη στα μαθήματα επιστήμης, καθώς οι «λανθασμένες» ιδέες μπορεί να αποτελέσουν πηγή σύγχυσης για τους μαθητές, οι οποίοι, όντας ανώριμοι, δεν είναι σε θέση να επιλύσουν τις αποκλίσεις στο αντικείμενο (Galili, 2014). Από την άλλη πλευρά, οι γνώσεις τύπου-B είναι συνήθως σχετικές, αν όχι ταυτόσημες, με τις ιδέες και τις παρανοήσεις των μαθητών. Αυτή η ερμηνεία νομιμοποιεί την αξιοποίηση της γνώσης τύπου-B στη διδασκαλία χρησιμοποιώντας την ιστορία της Οπτικής, καθώς διευκολύνει την εννοιολογική αλλαγή, οδηγώντας τελικά στην επιστημονική κατανόηση.

Επιπλέον, η γνώση της ΙΦΦΕ και ιδιαίτερα η γνώση τύπου-B έχει ευεργετική επίδραση στη διδασκαλία της ΦτΕ. Η αντιμετώπιση των ιστορικών εννοιολογικών δυσκολιών στην κατανόηση της Οπτικής δημιουργεί στους μαθητές την ευκαιρία να μάθουν για τη φύση της επιστημονικής γνώσης. Ένα από τα συστατικά της επιστημονικής γνώσης είναι τα μαθηματικά. Η ιστορία της Οπτικής παρέχει επεισόδια που τόνισαν τον πολύπλοκο και πολύπλευρο ρόλο των μαθηματικών στην παραγωγή επιστημονικής γνώσης. Ο Ευκλείδης, ο Αρχιμήδης και ο Πτολεμαίος ήταν οι πρώτοι που εισήγαγαν τα μαθηματικά στην περιγραφή και εξήγηση των οπτικών φαινομένων.

Ξεκινώντας με τον Ευκλείδη, εισήγαγε τη γεωμετρική έννοια των ακτίνων του φωτός, μια ιδέα που διευκόλυνε την περιγραφή των οπτικών φαινομένων. Ταυτόχρονα,

υποστήριξε τη «λανθασμένη» ιδέα για την ενεργητική όραση που συνυπήρχε με τα επιτυχημένα γεωμετρικά του σχήματα. Ο τρόπος σκέψης του Ευκλείδη με τις καινοτόμες και ταυτόχρονα «λανθασμένες» ιδέες του για την όραση θα μπορούσε να εισαχθεί στο μάθημα των φυσικών επιστημών προκειμένου να αναδειχθεί η ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης και ο ρόλος των μαθηματικών.

Η ιστορία του νόμου της διάθλασης (ο λόγος των δεικτών διάθλασης είναι αντίστροφα ανάλογος με το λόγο των ημιτόνων των γωνιών πρόσπτωσης) προσφέρει ένα άλλο παράδειγμα της σχέσης μεταξύ των μαθηματικών και της επιστήμης. Ο Πτολεμαίος ήταν ο πρώτος που αντιμετώπισε το ζήτημα του νόμου της διάθλασης (Mihás, 2008· Ptolemy, 1940/1966· Smith, 1982). Τα δεδομένα του δεν ταίριαζαν στην απόλυτη αναλογία μεταξύ των γωνιών πρόσπτωσης και των γωνιών διάθλασης των οπτικών ακτίνων. Ο Πτολεμαίος προσπάθησε να προσαρμόσει τα δεδομένα του σε μια τετραγωνική εξάρτηση (Russo, 2004). Ωστόσο, ο νόμος που περιγράφει πραγματικά τις αντίστοιχες γωνίες πρόσπτωσης και διάθλασης δεν διατυπώθηκε από τον Πτολεμαίο. Σύμφωνα με τον Smith, (1982) η αποτυχία του Πτολεμαίου οφειλόταν στο γεγονός ότι χρησιμοποίησε μόνο χωρικές (γεωμετρικές) εκτιμήσεις της διαδρομής του φωτός, ενώ το κλειδί για την αληθινή περιγραφή της διάθλασης, την εξήγηση, ήταν η αντιμετώπιση του προβλήματος χρησιμοποιώντας και χρονικές (κινητικές, φυσικές) εκτιμήσεις, όπως έκανε ο Descartes και άλλοι πολλοί αργότερα. Έτσι, η απόκτηση του σωστού μαθηματικού υπολογισμού παρεμποδίστηκε από μια ακατάλληλη φυσική προσέγγιση: η γεωμετρία και οι αριθμοί δεν αρκούσαν (Galili, 2014). Σε παιδαγωγικό επίπεδο, το παράδειγμα του Πτολεμαίου παρέχει ένα γόνιμο έδαφος για την εξέταση της σχέσης μεταξύ των μαθηματικών και της επιστήμης σε μια περίοδο που η οπτική είχε πολύ δρόμο να διανύσει: η φύση και η διάδοση του φωτός και ο «μηχανισμός» της όρασης ήταν μερικά από τα προβλήματα που περίμεναν να λυθούν.

Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΤΟΛΕΜΑΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Η «ολοκληρωμένη άποψη» για την κατανόηση της ΦτΕ, η οποία εισήχθη και αναλύθηκε από τον Niaz (2016), συμβιβάζει δύο παραδόσεις στη διδασκαλία και την εκμάθηση της ΦτΕ: την άποψη ότι η ΦτΕ διδάσκεται ανεξάρτητα από τα επιμέρους αντικείμενα (domain-general) και την άποψη ότι η ΦτΕ θα πρέπει να διδάσκεται με έμφαση στις διαφοροποιήσεις μεταξύ των επιστημονικών κλάδων (Φυσική, Χημεία, Βιολογία, κλπ) (domain-specific). Συγκεκριμένα, ο Niaz (2016) πρότεινε ότι οι μαθητές κατανοούν την εξέλιξη της επιστήμης μέσω της ενσωμάτωσης των δύο παραδόσεων και υποστήριξε ότι η επιτυχία της ολοκλήρωσης εξαρτάται από την αλληλεπίδραση των μαθητών με την εννοιολόγηση των ευρετικών αρχών στις οποίες βασίζονται οι πτυχές του συγκεκριμένου επιστημονικού κλάδου. Μια τέτοια ενοποίηση προτείνεται μέσω ενός συγκεκριμένου σχήματος:

1. Επεξεργασία θεωρητικού πλαισίου βασισμένη σε προϋποθέσεις, καθοδηγητικές υποθέσεις, αδιάλλακτες πεποιθήσεις και προηγούμενη εμπειρία.

2. Διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων
3. Λειτουργικές ευρετικές αρχές
4. Σχεδιασμός πειραμάτων
5. Κατανόηση της ΦτΕ

Αυτό το σχήμα χρησιμεύει ως περίγραμμα του τρόπου με τον οποίο το συγκεκριμένο επιστημονικό περιεχόμενο μπορεί να οργανωθεί γύρω από γενικές πτυχές της ΦτΕ (domain-general) και ειδικές πτυχές της ΦτΕ του εκάστοτε επιστημονικού κλάδου (domain-specific) (Niaz, 2016). Λαμβάνοντας υπόψη τα πορίσματα της έρευνας, σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε μια εργαστηριακή διδασκαλία με σκοπό την αξιοποίηση ιστορικών πειραμάτων για τη διδασκαλία του επιστημονικού περιεχομένου και της ΦτΕ. Συγκεκριμένα, προτείναμε τα ιστορικά πειράματα του Πτολεμαίου για τη διάθλαση ως το μέσο προκειμένου οι φοιτητές να εξοικειωθούν τόσο με την επιστημονική εξήγηση της διάθλασης όσο και με πτυχές της ΦτΕ όπως ο εμπειρικός και εξελιξίμος χαρακτήρας της επιστήμης και η σχέση των φυσικών επιστημών με τα μαθηματικά.

Το πλαίσιο

Η διδακτική ακολουθία εφαρμόστηκε στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης (ΠΤΔΕ) του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΚΠΑ) στη διάρκεια των χειμερινών εξαμήνων των ακαδημαϊκών ετών 2018-2021. Οι εκπαιδευόμενοι/ες συμμετείχαν σε μια εργαστηριακή διδασκαλία με θέμα την Οπτική μέσω των ιστορικών πειραμάτων του Πτολεμαίου για τη διάθλαση, ακολουθώντας το σχήμα του Niaz, όπως περιγράφεται στην επόμενη ενότητα. Η εν λόγω διδακτική πρόταση εφαρμόστηκε σε όλους/ες τους/τις δευτεροετείς φοιτητές/τριες του ΠΤΔΕ (περίπου 380 φοιτητές/τριες κατά έτος) στο πλαίσιο του Εργαστηρίου Φυσικής που συνοδεύει το υποχρεωτικό μάθημα της Φυσικής. Το πρόγραμμα του Εργαστηρίου Φυσικής περιλαμβάνει πέντε δίωρες εργαστηριακές ασκήσεις που πραγματοποιούνται εβδομαδιαία και κυκλικά σε τμήματα των 25 φοιτητών/τριών που είναι χωρισμένοι/ές σε ομάδες των πέντε ατόμων. Οι πέντε εργαστηριακές ασκήσεις έχουν ως εξής: 1) Μετρήσεις - Σφάλματα, 2) Μηχανική (Τριβή - Νόμος του Hooke), 3) Οπτική (Ανάκλαση – Διάθλαση), 4) Στατικός ηλεκτρισμός (Τρόποι ηλεκτρισής) και 5) Θερμότητα - Θερμοκρασία.

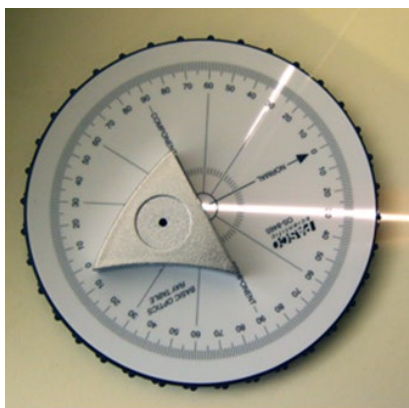
Όσον αφορά το επιστημονικό υπόβαθρο των φοιτητών και φοιτητριών στις Φυσικές Επιστήμες, οι περισσότεροι/ες προέρχονταν από Προσανατολισμό Ανθρωπιστικών Σπουδών κατά τη διάρκεια των σπουδών τους στο Λύκειο. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι σύμφωνα με το ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, ως μαθητές είχαν παρακολουθήσει μαθήματα Φυσικών Επιστημών (Φυσική, Χημεία και Βιολογία) μέχρι και τη Β' Λυκείου. Στο πλαίσιο του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών (ΠΠΣ) του ΠΤΔΕ οι φοιτητές/τριες στο ίδιο εξάμηνο με το Εργαστήριο Φυσικής παρακολούθησαν και τις παραδόσεις του μαθήματος της Φυσικής. Ωστόσο, τη στιγμή που συμμετείχαν στην εργαστηριακή άσκηση της Οπτικής δεν είχαν ακόμη διδαχθεί την αντίστοιχη θεωρία μέσω των διαλέξεων. Ως εκ τούτου, οι απαντήσεις τους

θεωρήθηκαν ανεξάρτητες από τις γνώσεις που είχαν αποκτήσει μέσω των διαλέξεων του μαθήματος.

Διδακτική πορεία – Εκπαιδευτικό υλικό

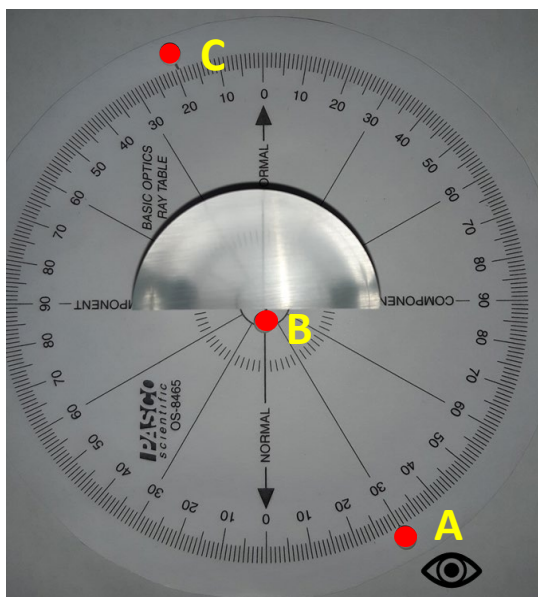
Αναπτύχθηκε μια διδακτική πορεία σύμφωνα με το σχήμα του Νιαζ (2016, σ.7) στο πλαίσιο των πειραμάτων του Πτολεμαίου, η οποία αποτελούνταν από τα εξής βήματα:

1. Επεξεργασία θεωρητικού πλαισίου: Ο Πτολεμαίος ακολούθησε τα Οπτικά και Κατοπτρικά του Ευκλείδη, στα οποία ο Ευκλείδης βασιζόταν σε γεωμετρικά σχήματα. Οι φοιτητές/τριες επιβεβαίωσαν πειραματικά το νόμο της κατοπτρικής ανάκλασης και εξοικειώθηκαν με τη γεωμετρική προσέγγιση του Ευκλείδη στην Οπτική (Εικόνα 1).



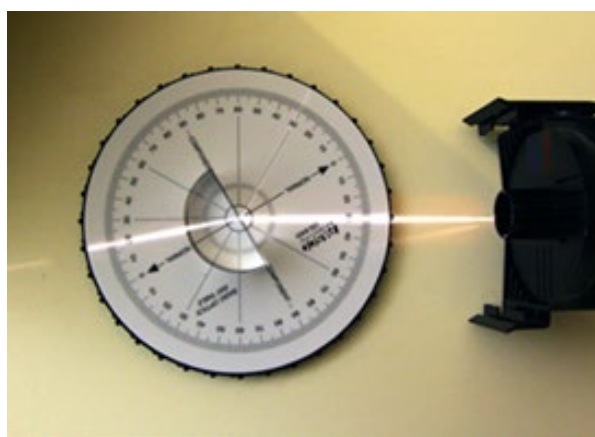
Εικόνα 1. Πείραμα ανάκλασης του φωτός

2. Διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος: Ο Πτολεμαίος προχώρησε πέρα από τον Ευκλείδη, καθώς προσπαθούσε επίσης να καθορίσει τις απαραίτητες συνθήκες για την ακριβή πρόβλεψη της πραγματικής θέσης ενός αντικειμένου σε σχέση με τη φαινόμενη θέση. Συγκεκριμένα διερευνούσε τη σχέση μεταξύ των γωνιών πρόσπτωσης και των γωνιών διάθλασης (Riley, 1995). Οι φοιτητές/τριες αντιμετώπισαν το ίδιο ερώτημα στο εργαστήριο και έκαναν την έρευνά τους για να την απαντήσουν.
3. Λειτουργικές ευρετικές αρχές: Ο Πτολεμαίος περίμενε να βρει μια γραμμική σχέση μεταξύ της γωνίας πρόσπτωσης και της γωνίας διάθλασης (Smith 1982). Αυτή η προφανώς λογική προσδοκία τον οδήγησε σε λάθος σχετικά με τον νόμο της διάθλασης. Επιπλέον, ο Πτολεμαίος διατήρησε το εννοιολογικό πλαίσιο του προκατόχου του, Ευκλείδη, σχετικά με τις οπτικές ακτίνες.
4. Σχεδιασμός πειραμάτων: Ο Πτολεμαίος πραγματοποίησε πειράματα για να διερευνήσει τη διάθλαση του φωτός κατά το πέρασμα από τον αέρα στο γυαλί, από το γυαλί στο νερό και αντίστροφα. Πρόσθεσε ένα ημικύκλιο από γυαλί στο κάτω μισό ενός δίσκου και προσπάθησε να δει μέσα από το γυαλί. Στη συνέχεια προχώρησε στην εύρεση της γωνίας διάθλασης του φωτός από το γυαλί στον αέρα καθώς και από το γυαλί στο νερό όπως έκανε και από το νερό στον αέρα.



Εικόνα 2. Το πείραμα του Πτολεμαίου για τη διάθλαση

Συζήτησε επίσης τη διάθλαση από τον αέρα στον αιθέρα και τα προβλήματά της για την αστρονομία, αλλά απέρριψε την πιθανότητα προσδιορισμού των τιμών (Riley, 1995).



Εικόνα 3. Πειραματική διάταξη διάθλασης

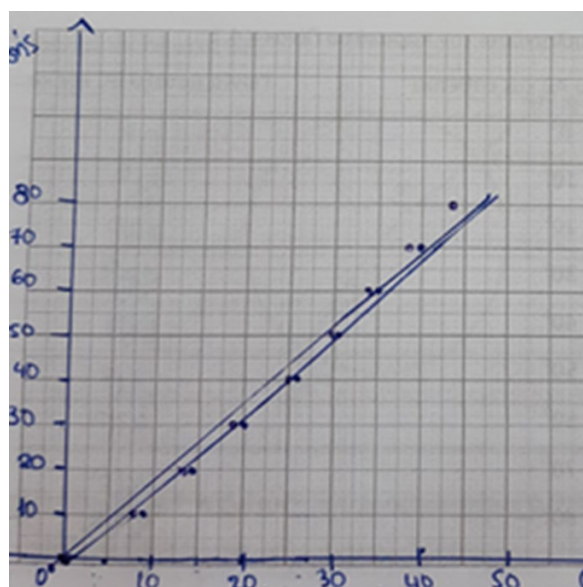
Οι φοιτητές/τριες πραγματοποίησαν πειράματα διάθλασης σε δύο φάσεις. Αρχικά, ακολούθησαν τη μέθοδο του Πτολεμαίου και μέτρησαν τη γωνία διάθλασης για το όριο αέρα/γυαλιού (Εικόνα 2). Στη συνέχεια, πραγματοποίησαν ένα πείραμα για τη διάθλαση για το όριο αέρα/γυαλιού χρησιμοποιώντας λέιζερ (Εικόνα 3).

5. Κατανόηση της φύσης της επιστήμης: Ζητήθηκε από τους φοιτητές/τριες να συγκρίνουν τα δεδομένα που είχαν συγκεντρώσει στην προηγούμενη φάση με τον αντίστοιχο πίνακα του Πτολεμαίου και διαπίστωσαν ότι ήταν παρόμοια (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Δεδομένα μετρήσεων φοιτητών/τριών και Πτολεμαίου

Γωνία πρόσπτωσης	Γωνία διάθλασης (μετρήσεις φοιτητών/τριών μέσω πειράματος)	Γωνία διάθλασης (μετρήσεις Πτολεμαίου)	Γωνία διάθλασης (μετρήσεις φοιτητών/τριών με laser)
0°	0°	0°	
10°	8°	7°	
20°	15°	13° 30'	
30°	21°	19° 30'	20°
40°	27°	25°	23°
50°	34°	30°	28°
60°	40°	34° 30'	34°
70°	39°	38° 30'	
80°	45°	42°	

Ζητήθηκε επίσης να τοποθετήσουν τα δεδομένα σε ένα σύστημα κάθετων μεταξύ τους αξόνων και να κάνουν μια υπόθεση για τη σχέση μεταξύ της γωνίας διάθλασης και της γωνίας πρόσπτωσης (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Γραφική παράσταση γωνιών διάθλασης σε συνάρτηση με τις γωνίες πρόσπτωσης

Με αυτόν τον τρόπο, οι φοιτητές/τριες συμμετείχαν με αυθεντικό τρόπο στις διαδικασίες του πειράματος του Πτολεμαίου που δεν είχαν να κάνουν μόνο με τον εμπειρικό και εξελίξιμο χαρακτήρα της επιστήμης αλλά και με τις ευρετικές αρχές του Πτολεμαίου, όπως η «αναλογικότητα» της γωνίας πρόσπτωσης και της γωνίας διάθλασης. Επιπλέον, οι φοιτητές/τριες παροτρύνθηκαν να παρατηρήσουν ότι το πείραμα του Πτολεμαίου βασίστηκε στην ιδέα του για την ενεργό όραση. Ζητήθηκε επίσης από τους φοιτητές/τριες να επιβεβαιώσουν το νόμο του Snell, με τα δεδομένα που έλαβαν χρησιμοποιώντας λέιζερ (Εικόνα 3). Ακολούθησε συζήτηση για το ρόλο των μαθηματικών στη διαμόρφωση των επιστημονικών νόμων.

Αξιολόγηση της διδακτικής πορείας

Για την αξιολόγηση της συγκεκριμένης εργαστηριακής διδασκαλίας εκπονήθηκε ποιοτική έρευνα σε ένα περιορισμένο δείγμα 55 φοιτητών/τριών. Σε ό,τι αφορά τα ερευνητικά δεδομένα, όλοι οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ένα φύλλο εργασίας και ένα αναστοχαστικό ημερολόγιο στη διάρκεια της εργαστηριακής άσκησης. Επιπλέον, στο πλαίσιο της αξιολόγησης, συμπλήρωσαν και μια γραπτή αναφορά που αποτελούνταν από ένα ερωτηματολόγιο ανοικτών ερωτήσεων. Τα πρώτα ευρήματα έδειξαν ότι οι περισσότεροι φοιτητές/τριες μπόρεσαν να αναγνωρίσουν το ιστορικό πείραμα της διάθλασης του Πτολεμαίου ως πολύ χρήσιμο τόσο για τη κατανόηση του φαινομένου της διάθλασης όσο και για ορισμένες πτυχές της ΦτΕ όπως ο εξελίξιμος χαρακτήρας της επιστήμης και η σχέση μεταξύ μαθηματικών και επιστήμης. Οι φοιτήτριες/ές μπόρεσαν να κατανοήσουν την ιδέα ότι, αν και ο Πτολεμαίος υιοθέτησε την εσφαλμένη ιδέα της ενεργητικής όρασης, η ερμηνεία του για τη διάθλαση και το αντίστοιχο πείραμα έχει μεγάλη ιστορική, πολιτιστική και επιστημονική αξία. Είχαν την ευκαιρία να αναγνωρίσουν την Ευκλείδεια-Πτολεμαϊκή ευρετική στην Οπτική. Οι φοιτητές/τριες συνειδητοποίησαν ότι ο Πτολεμαίος συγκέντρωνε και αξιολογούσε τις μετρήσεις αναμένοντας ότι η γωνία πρόσπτωσης και η γωνία διάθλασης ήταν συνεχώς ανάλογες. Οι φοιτητές/τριες εξοικειώθηκαν με την ιδέα ότι η οικοδόμηση του σωστής μαθηματικής έκφρασης του νόμου της διάθλασης στα ελληνιστικά χρόνια παρεμποδίζονταν από το γεγονός ότι η γεωμετρία και οι αριθμοί δεν ήταν «αρκετοί». Όλοι οι φοιτητές/τριες αναγνώρισαν ότι θα έπρεπε να περιμένουμε μερικούς αιώνες μετά την εποχή του Πτολεμαίου για τη διατύπωση ενός ακριβούς νόμου για τη διάθλαση, του λεγόμενου νόμου του Snell. Τα αποτελέσματα αναλυτικότερα αναφέρονται στο Stefanidou, Psoma & Skordoulis (2020).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η εφαρμογή της παραπάνω διδακτικής ακολουθίας έδειξε ότι οι φοιτητές/τριες αντιλαμβάνονται τα ιστορικά πειράματα ως χρήσιμα για την κατανόηση τόσο του περιεχομένου της επιστήμης όσο και της ΦτΕ. Αυτά τα ευρήματα είναι πιο σημαντικά αν σκεφτούμε ότι οι φοιτητές/τριες συμμετείχαν πλήρως σε μια ιστορικά βασισμένη εργαστηριακή διδασκαλία. Οι απαντήσεις τους δόθηκαν στο ιστορικό πλαίσιο του έργου του Πτολεμαίου για τη διάθλαση. Είχαν την ευκαιρία να διερευνήσουν τις

μετρήσεις του Πτολεμαίου για τις γωνίες διάθλασης και να αναπτύξουν τη δική τους υπόθεση σχετικά με τη σχέση μεταξύ των γωνιών διάθλασης και της πρόσπτωσης. Είχαν επίσης την ευκαιρία να σκεφτούν τη θεωρία της ενεργητικής όρασης του Πτολεμαίου και τον ρόλο που έπαιξε στην ανάπτυξη της θεωρίας του για τη διάθλαση. Με άλλα λόγια, σε αυτή τη μελέτη οι φοιτητές είχαν την ευκαιρία να εξηγήσουν λεπτομερώς τους λόγους για τους οποίους υποστηρίζεται ή όχι η ιστορία της επιστήμης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Αντιστοίχως, η έρευνα των Wang & Cox-Petersen (2002) έδειξε ότι οι εκπαιδευτικοί - συμπεριλαμβανομένων προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών, των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, και των εκπαιδευτικών μέσης εκπαίδευσης πιστεύουν ότι η ιστορία της επιστήμης έχει σημαντικό ρόλο στα προγράμματα σπουδών των Φυσικών Επιστημών. Η πρόσθετη αξία της παρούσας μελέτης είναι ότι οι συμμετέχοντες/ουσες συμμετείχαν επί τόπου σε μια ιστορικά βασισμένη σε εργαστηριακή διδασκαλία. Η εμπειρία τους τους βοήθησε να εκφράσουν την άποψή τους για την ιστορία της επιστήμης στην μάθηση του περιεχομένου της επιστήμης και της ΦτΕ.

Τέλος, η παραπάνω διδακτική πρόταση μπορεί να αποτελέσει έναυσμα για την περαιτέρω αξιοποίηση «ξεπερασμένων» θεωριών στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (Psillos, 2010). Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης της εργαστηριακής διδασκαλίας έδειξαν ότι η άποψη των φοιτητών/τριών για το ρόλο της θεωρίας της ενεργητικής όρασης στην κατανόηση της διάθλασης ήταν θετική. Η θεωρία της ενεργητικής όρασης βρίσκεται επί του παρόντος στα βιβλία ιστορίας της επιστήμης και όχι στα σχολικά βιβλία, παρόλο που ήταν η κυρίαρχη θεωρία για αρκετό καιρό και γνώρισε επεξηγηματική και προγνωστική επιτυχία. Οι φοιτητές/τριες πειραματίστηκαν με την «επιτυχία» της θεωρίας της ενεργητικής όρασης καλλιεργώντας αυτό που ο Psillos (2010) αποκαλεί «επιστημονική συνείδηση» (scientific conscience): κριτική αξιολόγηση της θεωρίας τους, επίγνωση των δυνατών σημείων και των περιορισμών της επιστημονικής έρευνας, άνοιγμα στην κριτική και τη διόρθωση, ανταπόκριση σε γνωσιακές αξίες και θεωρητικές αρετές, ευαισθησία στην ιστορική πολυπλοκότητα και τις φιλοσοφικές επιπτώσεις του επιστημονικού εγχειρήματος.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal in Science Education*, 34(3), 353–374. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.629013>
- Duhem, P. (1906/1954). *The Aim and Structure of Physical Theory*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Erduran, S, Dagher, Z (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education: scientific knowledge, practices and other family categories*. Springer, Dordrecht.

- Galili, I. (2014). Teaching Optics: A Historico-Philosophical Perspective. In M. R. Matthews (Eds.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 97-128). Springer.
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- 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>
- Kaya, E. & Erduran, S. (2016). From FRA to RFN, or how the family resemblance approach can be transformed for science curriculum analysis on nature of science. *Science Education*, 25(9–10), 1115–1133.
- Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. & Schwartz, R. (2002). Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners’ conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497–521. <https://doi.org/10.1002/tea.10034>
- Mach, E. (1893/1960). *The Science of Mechanics; a Critical and Historical Account of its Development*. Chicago: Open Court Publishing Company.
- Matthews, M. (2015). *Science Teaching: The Contribution of History and Philosophy of Science, 20th Anniversary Revised and Expanded Edition* (2nd ed.). New York: Routledge.
- Mihas, P. (2008). Developing Ideas of Refraction, Lenses and Rainbow Through the Use of Historical Resources. *Science & Education*, 17(7), 751-777. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9044-8>
- Niaz, M. (2001). Understanding nature of science as progressive transitions in heuristic principles. *Science Education*, 8(6), 684-690. <https://doi.org/10.1002/sce.1032>
- Niaz M. (2016). *Chemistry Education and Contributions from History and Philosophy of Science. Science: Philosophy, History and Education*. Springer.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What ‘ideas-about-science’ should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>
- Psillos, St. (2010). Is the history of science the wasteland of false theories? In P.Kokkotas, K.Malamitsa & A.Rizaki (Eds), *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom*, (pp.17-36). Sense Publishers.
- Ptolemy (1940/1966). Refraction. In M. R. Cohen, & I. E. Drankin (Eds.), *A Source Book in Greek Science* (pp. 271-281). New York: McGraw-Hill Book.
- Riley, M. (1995). Ptolemy’s Use of His Predecessors’ Data. *Transactions of the American Philological Association*, 125, 221-230.
- Russo, L. (2004). *The Forgotten Revolution: How Science Was Born in 300 BC and Why it Had to Be Reborn* (S. Levy, Trans.). Berlin, Heidelberg and New York: Springer Verlag.

- Smith, A. M. (1982). Ptolemy's search for a law of refractions: A case-study in the classical methodology of "saving the appearance" and its limitations. *Archive for History of Exact Sciences*, 26(3), 221-240.
- Stefanidou, C., Psoma, V., Skordoulis, C. (2020). Ptolemy's experiments on Refraction in Science Education. *Physics Education*, 55(3), 1-17. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab7c80>
- Wang, H.A. & Cox-Petersen, A.M. (2002). A Comparison of Elementary, Secondary and Student Teachers' Perceptions and Practices Related to History of Science Instruction. *Science & Education*, 11(1), 69-81. <https://doi.org/10.1023/A:1013057006644>

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

Γεώργιος Στύλος¹, Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης²

¹Ε.ΔΙ.Π., ²Καθηγητής

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτική Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

gstylos@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

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

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

Στύλος, Γ., & Κώτσης, Κ.Θ. (2025). *Το Πείραμα στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στην Ελλάδα*, στο Κώτσης Κ.Θ. & Στύλος Γ., (Επιμέλεια), *Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Επετειακός Τόμος για τα 40 χρόνια του ΠΤΔΕ Ιωαννίνων*, Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. ISBN: 978-618-82063-5-9

HANDS-ON EXPERIMENTS IN PRIMARY EDUCATION SCIENCE TEACHING IN GREECE

Georgios Stylos¹, Konstantinos T. Kotsis²

¹Teaching Staff, ²Professor

Department of Primary Education, University of Ioannina, Greece

gstylos@uoi.gr

ABSTRACT

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

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

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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

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

Η αξία των πειραμάτων στη διδασκαλία των Φυσικών επιστημών

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

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

Απλά πειράματα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

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

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

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

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

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

Γιατί οι εκπαιδευτικοί δεν πραγματοποιούν πειράματα

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

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

Πειράματα με καθημερινά υλικά

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

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

ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

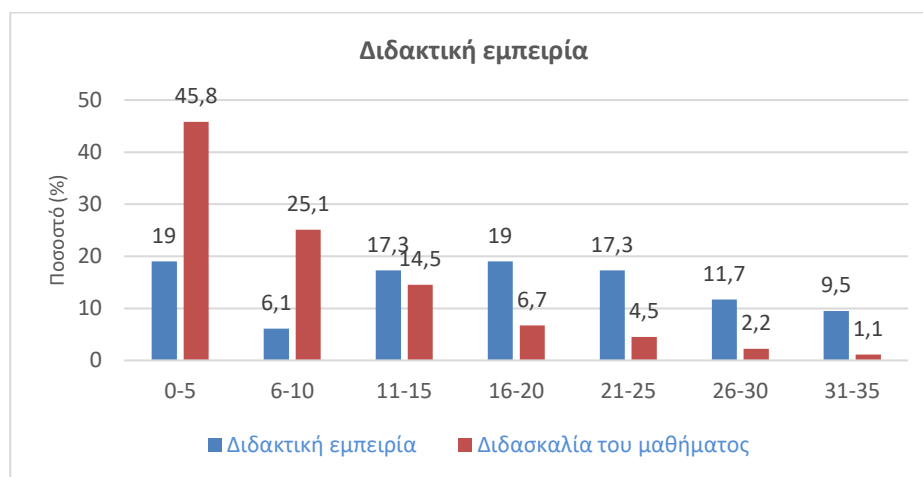
Η έρευνα διερευνά τις απόψεις, τις πρακτικές και τις προκλήσεις εκπαιδευτικών για την ενσωμάτωση του πειράματος στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.

Τα ερευνητικά ερωτήματα είναι τα εξής:

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

Το δείγμα της έρευνας

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



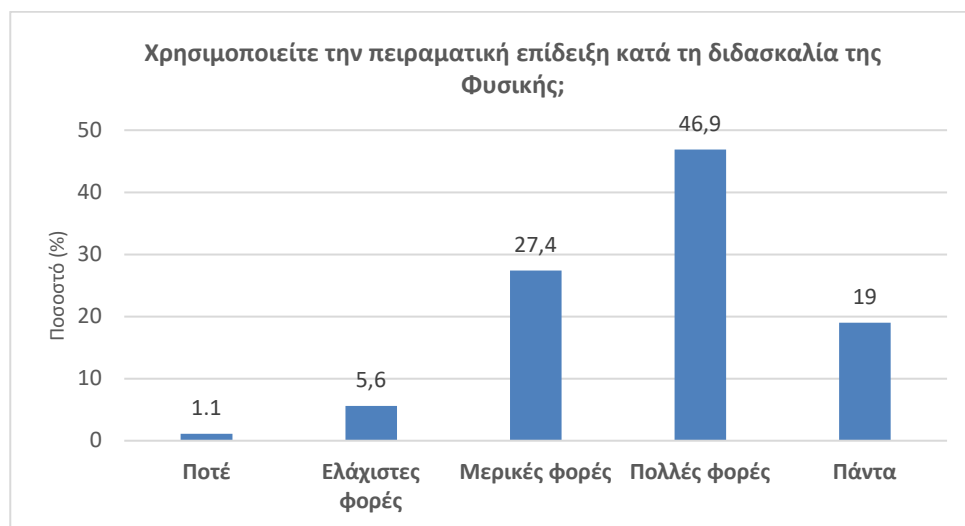
Σχήμα 1. Η κατανομή των εκπαιδευτικών ως προς τη συνολική διδακτική εμπειρία και τη διδασκαλία του γνωστικού αντικείμενου των Φυσικών Επιστημών.

Το εργαλείο της έρευνας

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

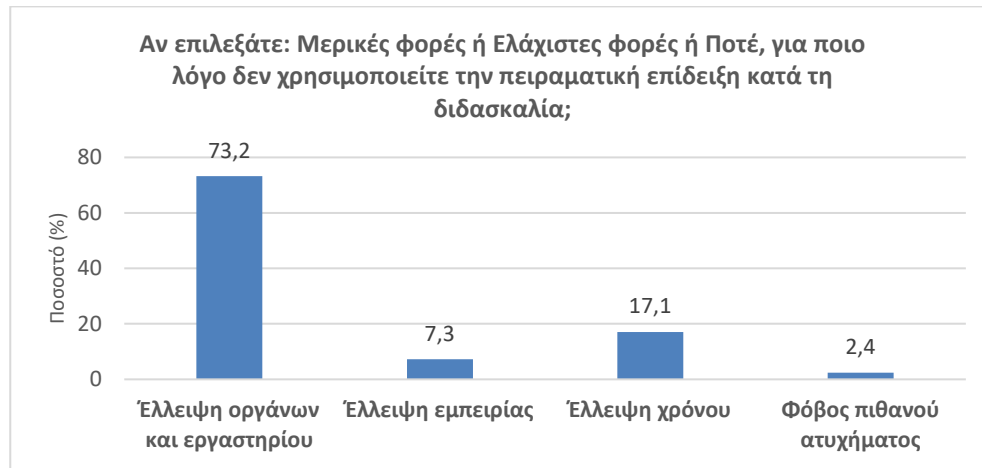
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

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



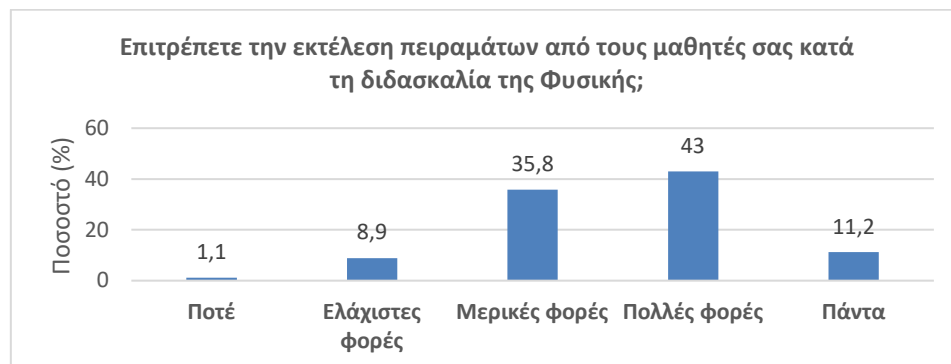
Σχήμα 2. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στην ερώτηση «Χρησιμοποιείτε την πειραματική επίδειξη κατά τη διδασκαλία της Φυσικής;»

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



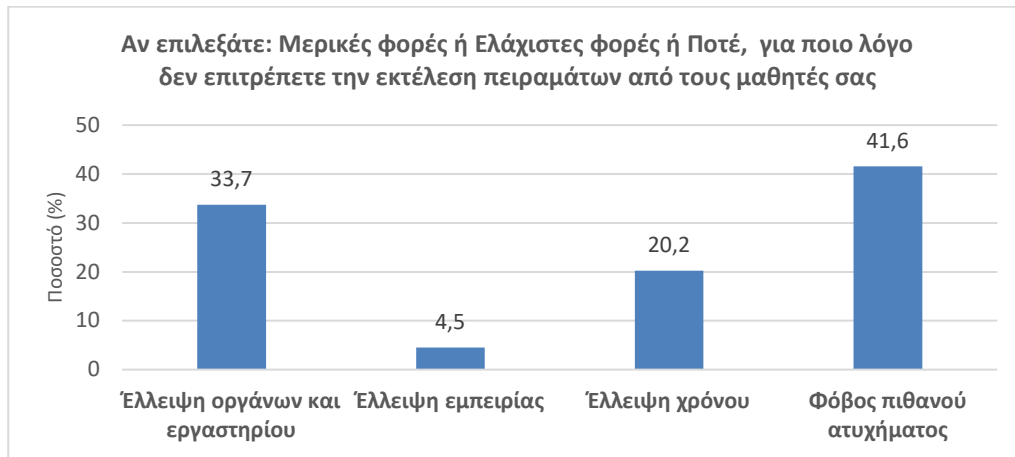
Σχήμα 3. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στην ερώτηση «Για ποιο λόγο δεν χρησιμοποιείτε την πειραματική επίδειξη κατά τη διδασκαλία;»

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



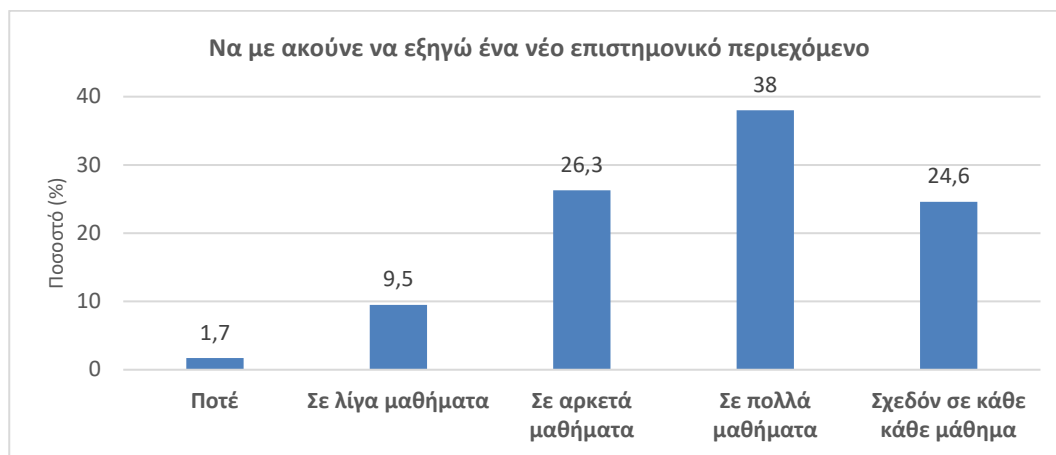
Σχήμα 4. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στην ερώτηση «Επιτρέπετε την εκτέλεση πειραμάτων από τους μαθητές σας κατά τη διδασκαλία της Φυσικής;»

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



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

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



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

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

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

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



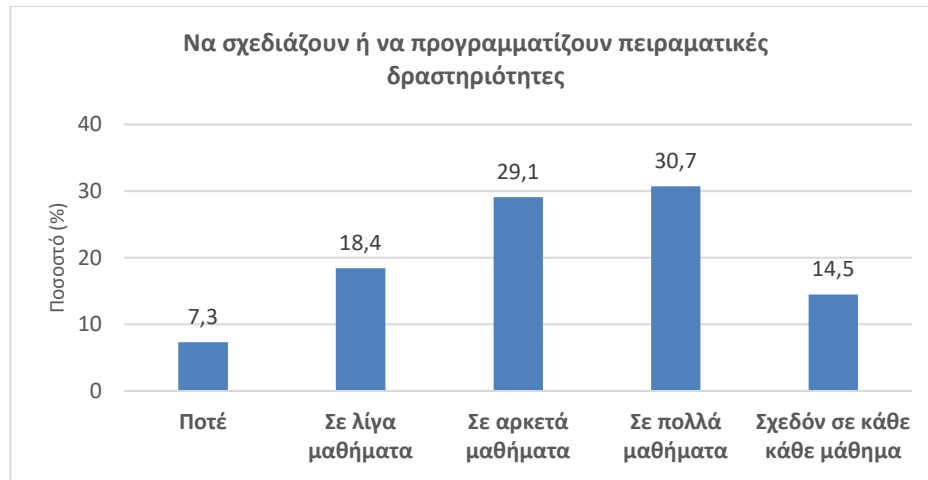
Οι μαθητές παρακολουθούν πειράματα επίδειξης που πραγματοποιεί ο εκπαιδευτικός κυρίως σε πολλά μαθήματα (34.1%) και σχεδόν σε κάθε μάθημα (24%). Η δραστηριότητα αυτή συμβαίνει σε αρκετά μαθήματα στο 25.7%, ενώ πιο σπάνια σε λίγα μαθήματα (12.8%) ή ποτέ (3.4%) (Σχήμα 8).



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

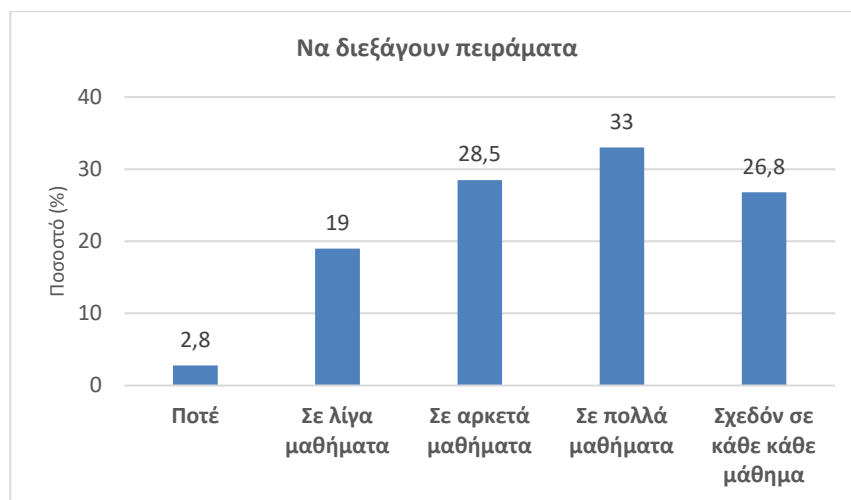
Ο σχεδιασμός ή προγραμματισμός πειραμάτων από τους μαθητές γίνεται κυρίως σε πολλά μαθήματα (30.7%) και σε αρκετά μαθήματα (29.1%), ενώ σε μικρότερο βαθμό σε λίγα

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



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

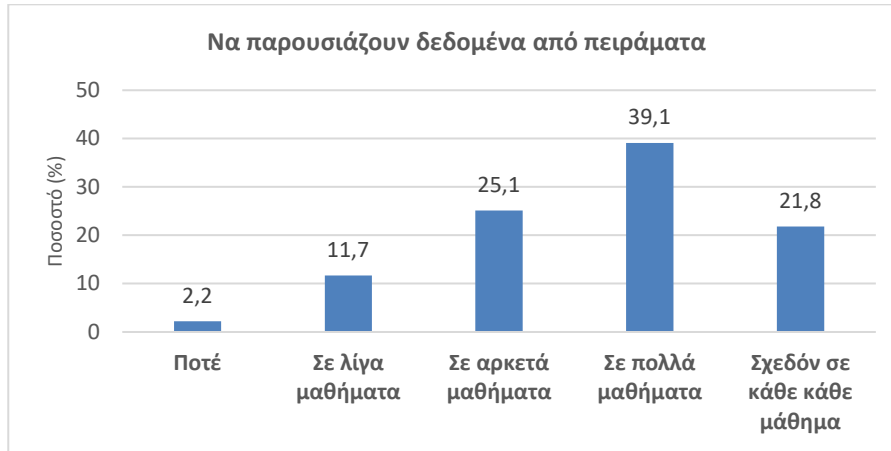
Η διεξαγωγή πειραμάτων από τους μαθητές πραγματοποιείται σε πολλά μαθήματα (33%) και σε αρκετά μαθήματα (28.5%). Λιγότερο συχνά γίνεται σε λίγα μαθήματα (19%) και σχεδόν σε κάθε μάθημα (16.8%). Μόνο ένα μικρό ποσοστό (2.8%) δεν εκτελεί ποτέ πειράματα (Σχήμα 10).



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

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

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



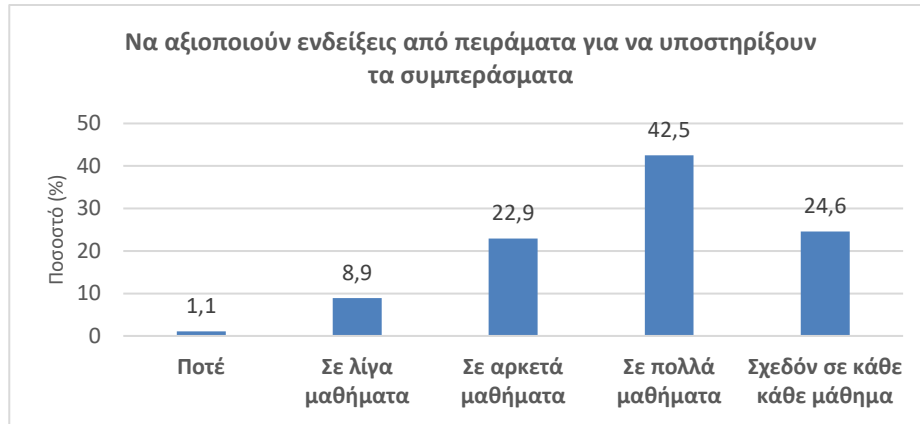
Σχήμα 11. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στη δήλωση «Να παρουσιάζουν δεδομένα από πειράματα».

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



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

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



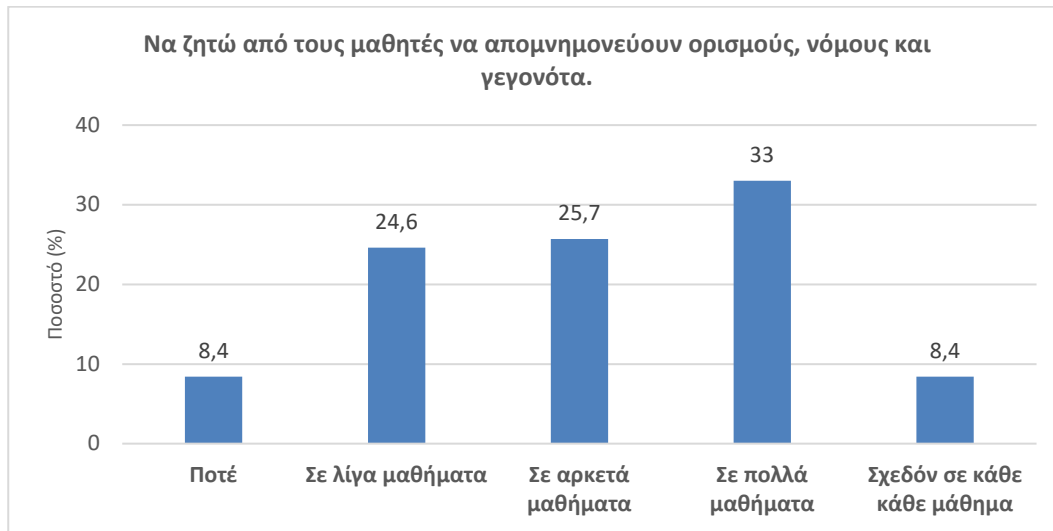
Σχήμα 13. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στη δήλωση «Na αξιοποιούν ενδείξεις από πειράματα για να υποστηρίξουν τα συμπεράσματα».

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



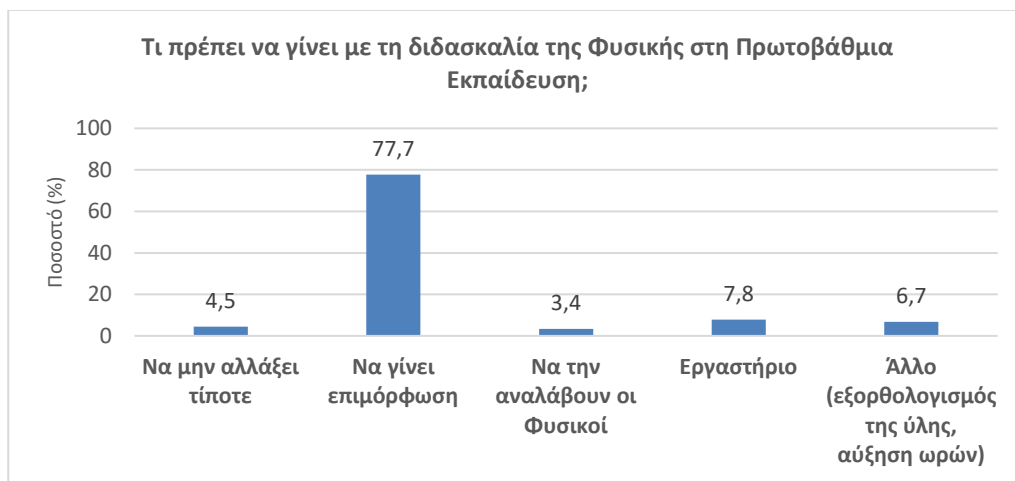
Σχήμα 14. Η κατανομή των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στη δήλωση «Na διαβάζουν τα σχολικά εγχειρίδια ή άλλες πηγές υλικού».

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



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

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



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

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

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

ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

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

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

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

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

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

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

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

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

ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟΥ ΜΕ ΤΟ ΥΠΟΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΜΕΣΩ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Γεώργιος Τσαπαρλής

Ομότιμος Καθηγητής Διδακτικής Φυσικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

gtseper@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χημεία έχει τρεις κύριες συνιστώσες/επίπεδα: (1) το μακροσκοπικό και απτό, (2) το συμβολικό και μαθηματικό ή αναπαραστασιακό και (3) το μοριακό και αόρατο ή υπομικροσκοπικό. Η ενασχόληση με το συμβολικό και το υπομικροσκοπικό επίπεδο νωρίς στο σχολείο καθιστά τη μάθηση δύσκολη ή αδύνατη λόγω της υπερφόρτωσης της εργαζόμενης μνήμης. Για να ξεπεράσουμε αυτή την υπερφόρτωση, πρέπει να παραμείνουμε στο μακροεπίπεδο «μέχρι οι μαθητές να διαμορφώσουν νέες έννοιες προτού επιχειρήσουμε να εισαγάγουμε "επεξηγήσεις" βασισμένες στο υπομικροεπίπεδο». Οι εργαστηριακές εμπειρίες παρέχουν άμεση επαφή με ουσίες και φαινόμενα, και έτσι «είναι ουσιαστικές σε όλη τη διδακτική των φυσικών επιστημών». Επιπλέον, τα πειράματα και οι επιδείξεις είναι ένα ισχυρό εργαλείο για τη σύνδεση των τριών επιπέδων της χημείας. Σε αυτό το κεφάλαιο, επιζητούμε να χρησιμοποιήσουμε πειράματα που μπορεί να βοηθήσουν στη δημιουργία της επιχειρούμενης μακρο-υπομικρο-σύνδεσης.

Λέξεις-κλειδιά: τρίγωνο χημείας, σύνδεση του μακροσκοπικού με το υπομικροεπίπεδο της χημείας, πειράματα και μοντέλα χημείας

Αναφορά: Τσαπαρλής, Γ. (2025). *Σύνδεση του Μακροσκοπικού με το Υπομικροσκοπικό Επίπεδο της Χημείας μέσω Πειραμάτων*, 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

LINKING THE MACRO WITH THE SUBMICRO LEVELS OF CHEMISTRY BY MEANS OF EXPERIMENTS

Georgios Tsaparis

*Professor Emeritus of Science Education, Department of Chemistry, University of
Ioannina*

gtseper@uoi.gr

ABSTRACT

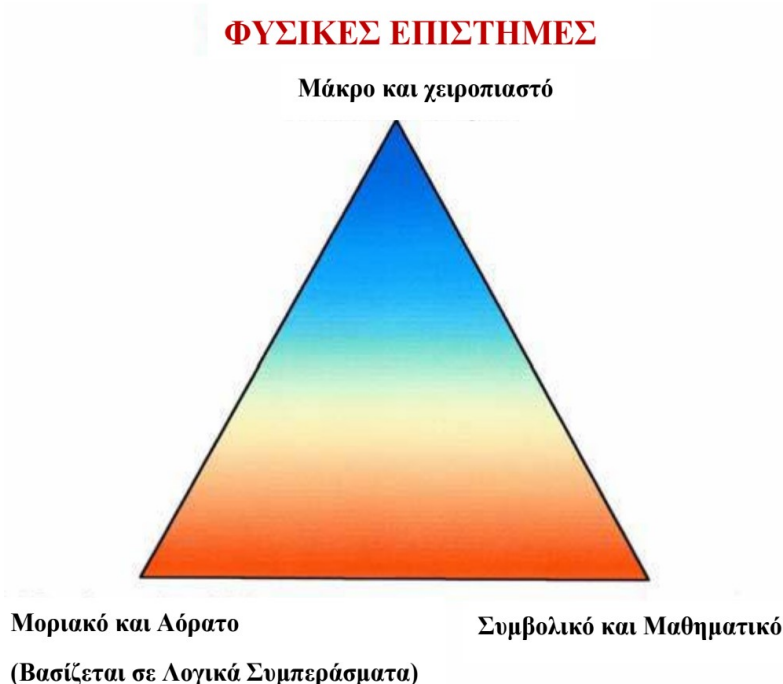
Chemistry has three main components/levels: (1) the macroscopic and tangible, (2) the symbolic and mathematical or representational, and (3) the molecular and invisible or submicroscopic. Dealing with the symbolic and the submicro levels early in school makes learning difficult or impossible because of working-memory overload. To overcome this overload, we must stay with the macro level “until pupils have formed new concepts before we attempt to introduce ‘explanations’ based on submicro considerations”. Laboratory experiences provide direct contact with substances and phenomena, and so “are essential throughout science education.” In addition, experiments are a powerful tool for linking the three levels of chemistry. In this chapter, we seek to use experiments that can help make the attempted macro-submicro link.

Keywords: *Chemistry triangle, linking the macro with the submicron levels of chemistry, chemistry experiments and models, chemistry models*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το περίφημο τρίγωνο Johnstone για τις φυσικές επιστήμες (Johnstone & Wham 1982 – βλ. Σχήμα 1) έχει σε μια από τις γωνίες του απτά πράγματα, που αποτελούν το «Μακροσκοπικό» ή «Μακρο Επίπεδο» της σχολικής χημείας. Τα δύο άλλα επίπεδα που διευκολύνουν την περαιτέρω κατανόηση είναι το «Συμβολικό και Μαθηματικό Επίπεδο», το οποίο περιλαμβάνει σύμβολα, μαθηματικές και χημικές εξισώσεις, καθώς και γραφήματα και υπολογισμούς, και το «Υπομικροσκοπικό» ή «Υπομικροεπίπεδο», που αναφέρεται σε οντότητες όπως άτομα και μόρια, που είναι τόσο μικροσκοπικά που δεν μπορούμε να τα παρατηρήσουμε ούτε απευθείας ούτε καν με τη βοήθεια ενός

ισχυρού μικροσκοπίου. Αυτές οι οντότητες είναι αντικείμενα σκέψης και εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με αυτές μέσα από τη λογική σκέψη και τα συμπεράσματα.¹



Σχήμα 1. Το τρίγωνο Johnstone που απεικονίζει τα τρία επίπεδα διδασκαλίας και εκμάθησης Φυσικών Επιστημών (Φυσική και Χημεία) (Johnstone 2007)

Λόγω της κατάρτισης, της εμπειρίας και της βαθιάς γνώσης, οι επιστήμονες και οι δάσκαλοι μπορούν να μεταπηδήσουν από επίπεδο σε επίπεδο, καθώς ασχολούνται με τις ιδέες που προσπαθούν να επικοινωνήσουν ή να διδάξουν. Ωστόσο, οι μαθητές αρχικά δεν μπορούν να το κάνουν αυτό. Επομένως, εάν ένας δάσκαλος απασχολεί όλα τα επίπεδα ταυτόχρονα πολύ νωρίς, αυτό είναι πιθανό να υπερφορτώσει την εργαζόμενη μνήμη των μαθητών και καταλήγει σε μη μάθηση ή σε κακή μάθηση. Για να αποφευχθεί αυτή η υπερφόρτωση, ο Johnstone συνέστησε να μείνουμε στο μακροεπίπεδο, έως ότου οι μαθητές έχουν διαμορφώσει νέες έννοιες προτού να επιχειρήσουν να εισαγάγουν «εξηγήσεις» βασισμένες στις υπομίκρο καταστάσεις. Οι εμπειρίες που έχουν να κάνουν με χειροπιαστές οντότητες, για παράδειγμα κάνοντας εργαστηριακά πειράματα, είναι χρήσιμες και ουσιαστικές σε όλη την εκπαίδευση των φυσικών

¹Το υπομικροσκοπικό επίπεδο διακρίνεται περαιτέρω σε ένα που μελετά τις ιδιότητες των απομονωμένων μορίων (που αντιπροσωπεύονται στο υψηλότερο επίπεδο από την κβαντική χημεία) και ένα που μελετά τη στατιστική συμπεριφορά μεγάλων συνόλων μορίων (μελέτη με τις μεθόδους της στατιστικής θερμοδυναμικής) (Ben-Zvi, Silberstein, & Mamlok 1990).

επιστημών. Συμπερασματικά, τα ακόλουθα είναι τα κύρια αποτελέσματα από την παιδαγωγική έρευνα (Johnstone 2007, σελ. 10):

- Ό,τι μαθαίνουμε ελέγχεται από αυτό που ήδη γνωρίζουμε.
- Οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να επεξεργαστούν μόνο έναν περιορισμένο όγκο πληροφοριών ταυτόχρονα.
- Οι επιστημονικές έννοιες υπάρχουν σε περισσότερα από ένα πνευματικά επίπεδα.
- Πολλές επιστημονικές έννοιες είναι διαφορετικού είδους από τις καθημερινές έννοιες.
- Οι εκπαιδευόμενοι πρέπει να ξεκινήσουν με έννοιες που δημιουργούνται από απτή εμπειρία και αναπτύσσονται αργότερα για να τις συμπεριλάβουν συνεπαγόμενες έννοιες.

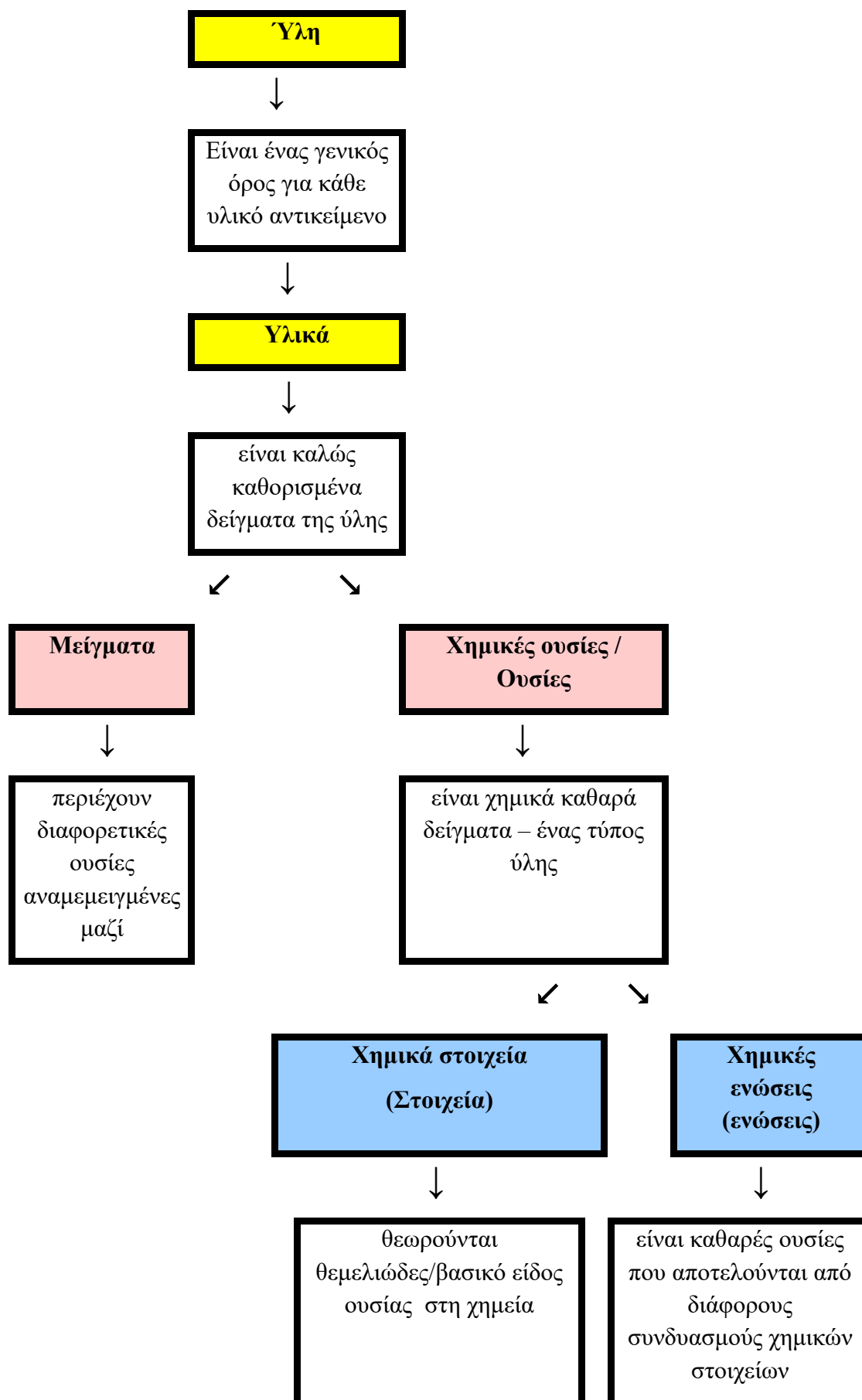
Ο Johnstone (2007, σελ. 10) πρότεινε ότι οι σχεδιαστές προγραμμάτων σπουδών, οι συγγραφείς σχολικών βιβλίων και οι διδάσκοντες θα πρέπει να εξετάσουν την ανάγκη «για μια σημαντική εισαγωγική περίοδο κατά την οποία οι μαθητές εξοικειώνονται με τη επιστημονική σκέψη μόνο μέσω της χρήσης μακροσκοπικών και απτών εμπειριών. Υπάρχει άφθονη καλή επιστήμη που μπορεί να μαθαίνεται χωρίς την «παρέμβαση» υπο-μικροθεωρήσεων. Η χημεία, ως μια επιστήμη των υλικών, που ασχολείται με τα πράγματα της καθημερινής εμπειρίας, έχει πολλά να προσφέρει». Μια τέτοια προσέγγιση είναι συνεπής με τον εποικοδομισμό και ακολουθεί την επαγωγική μέθοδο, μεταβαίνοντας από το μάκρο στο υπομίκρο επίπεδο. Σημειώστε ότι η αντίθετη πορεία, που ξεκινά από τη δομή της ύλης και ακολουθεί το μοντέλο της παραγωγικής/δεκτικής προσέγγισης, είναι αρκετά διαδεδομένη στη χημική εκπαίδευση.

Σε αυτό το άρθρο, επιχειρώ να χρησιμοποιήσω πειράματα που μπορεί να βοηθήσουν στη δημιουργία της επιζητούμενης μάκρο-υπομίκρο σύνδεσης. Το άρθρο βασίζεται κατά το μεγαλύτερο μέρος σε δύο κεφάλαια που συνέγραψα (Tsaparlis, 2009; 2014) για δύο συλλογικούς τόμους του εκδοτικού οίκου Springer (Gilbert & Treagust, 2009; Devetak & Glažar, 2014). Πρώτα όμως είναι χρήσιμο να αναφερθώ στις σχέσεις μεταξύ βασικών εννοιών στη χημεία (βλ. Σχήμα 2). Το σχήμα αυτό προτάθηκε από τον Taber (2012, Chapter 1, p. 5).

ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΜΑΚΡΟΚΟΣΜΟΥ ΜΕ ΤΟΝ ΥΠΟΜΙΚΡΟΚΟΣΜΟ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Πολυάριθμες μελέτες έχουν δείξει ότι οι μαθητές έχουν μεγάλες δυσκολίες όταν προσπαθούν να αντιληφθούν έννοιες όπως αυτή του μορίου και του ατόμου, δηλαδή όταν προσπαθούν να μετακινηθούν από το μάκρο στο υπομίκρο επίπεδο και αντίστροφα. Διάφοροι ερευνητές (π.χ. Abraham, Williamson, & Westbrook 1994, Brook, Briggs, & Driver 1984, Haidar & Abraham 1991, Lee et al. 1993, Novick & Nussbaum 1981) έχουν διερευνήσει τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών. Από την άλλη, οι Herron (1978), Johnstone (1991), και Tsaparlis (1997a) έχουν διατυπώσει

τη θέση ότι οι μαθητές δυσκολεύονται με έννοιες και θέματα σχετικά με τη δομή της ύλης.



Σχήμα 2. Σχέσεις μεταξύ βασικών εννοιών στη χημεία

Η εργαστηριακή/πειραματική διδασκαλία παρουσιάζεται συχνά στο μάκρο επίπεδο, με βασικό στόχο να επιδείξει νόμους και φαινόμενα. Η θεωρία και το υπομικροεπίπεδο χρησιμοποιούνται για να εξηγηθούν οι παρατηρήσεις σε μακροεπίπεδο, αλλά πειράματα που επιδεικνύουν άμεσα τη σύνδεση του μάκρο με το υπομικρο-επίπεδο απουσιάζουν. Η σύνδεση μεταξύ των τριών επιπέδων της χημείας θα συμβάλει πολύ στην ανάπτυξη της νοητικών ικανοτήτων στους μαθητές (Georgiadou & Tsaparlis 2000; Johnstone 2000) αλλά αυτή η σύνδεση είναι ένα δύσκολο έργο, όπως επιδεικνύει το παρακάτω υλικό από ένα μάθημα διδασκαλίας του οξυγόνου σε μαθητές της β' τάξης γυμνασίου σε ελληνικό αστικό σχολείο.

- Ο καθηγητής έβαλε φωτιά σε μια ποσότητα θείου σε ένα χωνευτήριο πορσελάνης και ρώτησε τον μαθητή να περιγράψει αυτό που είχε παρατηρήσει.

Μαθητής: Το θειάφι πήρε φωτιά και δημιουργήθηκε καπνός.

Καθηγητής: Μπορείς να γράψεις στον πίνακα τη χημική εξίσωση για την αντίδραση;

Στη συνέχεια ο μαθητής έγραψε $S + \dots$, ο καθηγητής πρόσθεσε το O_2 και ο μαθητής ολοκλήρωσε επιτυχώς την εξίσωση $\rightarrow SO_2$.

Καθηγητής: Πολύ καλά. Μπορείς τώρα να περιγράψεις ξανά αυτό που παρατήρησες πριν;

Μαθητής: Το θείο πήρε φωτιά και το οξυγόνο πήγε μαζί του και...

Στην πραγματικότητα, απαιτείται εκτεταμένος και προσεκτικός πειραματισμός για να αποδειχθεί η εμπλοκή και να γίνει η απομόνωση και η ταυτοποίηση αερίων σε χημικές αντιδράσεις.

Τα αέρια και η σημασία της ιστορίας της χημείας

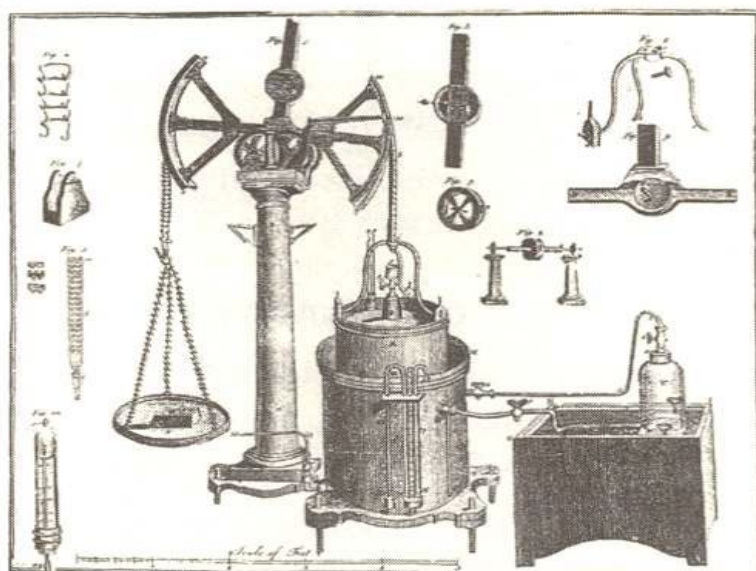
Τα παραπάνω στοιχεία μάς οδηγούν στην αξία του πειραματισμού με αέρια για την κατανόηση της χημείας και η επιθυμητή σύνδεση με το συμβολικό/αναπαραστασιακό και το υπομικρο επίπεδα. Η ιστορία της χημείας είναι ύψιστης σημασίας εδώ. Πρώτον, πρέπει να αναγνωρίσουμε τη μεγάλη συμβολή του Robert Boyle (1627-1691) ως προς τον ρόλο του πειράματος στη χημεία. Κατά συνέπεια, κρίνεται απαραίτητη μια αναφορά στην ιστορία της μελέτης των αερίων.² Οι περισσότεροι χημικοί άφησαν στο περιθώριο τα αέρια από τα χρόνια της αλχημείας μέχρι τις αρχές του 18^{ου} αιώνα. Οι «αέρες» ή τα «αέρια» δεν θεωρήθηκαν ως μία μορφή χημικών ειδών. Ο λόγος ήταν ότι οι χημικοί δεν είχαν τα μέσα να εξετάζουν και να μετρούν τα αέρια όπως έκαναν με τα στερεά και τα υγρά. Στην Εγκυκλοπαίδεια (Encyclopédie) των Didot and D'Alembert (Έτος 1757, Τόμος 7, σελ. 520) αναφέρεται:

- «Η 'αντίσταση' των αερίων στη μέτρησή τους θα τα θέσει εκτός των ερευνών μας για πολύ καιρό ακόμη».

² Για πλήρη περιγραφή, δείτε το βιβλίο του Levere για την ιστορία της χημείας (Levere 2001), από το οποίο δανείζονται πληροφορίες στο παρόν άρθρο.

Χρειάστηκαν πολλά χρόνια και η ιδιοφυΐα των επιστημόνων ώστε τα αέρια όχι μόνο να καταλάβουν τη θέση που τους άξιζε στη μελέτη της χημείας, αλλά και να παρέχουν τα μέσα για την πραγματοποίηση της χημικής επανάστασης και την καθιέρωση της χημείας ως πραγματικής επιστήμης. Η σύλληψη και η κατασκευή καινοτόμων κατάλληλων συσκευών ήταν εκ των ων ουκ άνευ για τη μελέτη των αερίων.

Προκειμένου να μελετήσει «εκείνο το υπέροχο υγρό, που έχει τέτοια σημασία για τη ζωή των φυτών και των ζώων», ο Stephen Hale επινόησε το 1727 την «σκάφη των αερίων» (pneumatic trough, Levere 2001, σελ. 53). Εξάλλου, οι μελέτες του Joseph Black (1727-99) είναι υποδειγματικές για τη διερεύνηση των «αέρων». Ο Cavendish (1731-1810) επανέλαβε μερικά από τα πειράματα του Black, προσθέτοντας τις δικές του ποσοτικές παρατηρήσεις. Ο Joseph Priestley (1733-1804) ανακάλυψε νέα είδη αέρα, συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του άνθρακα (σταθερός αέρας, fixed air) και του οξυγόνου. Η συσκευή του για τη μελέτη των αερίων (Levere 2001, σελ. 58) ήταν εξαιρετικά λειτουργική και απλή. Τέλος, ο Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) πρότεινε τη θεωρία του οξυγόνου σε σχέση με την καύση, ανατρέποντας τη θεωρία του φλογιστού. Πράγματι, τα αέρια ήταν κεντρικής σημασίας για τη χημική επανάσταση και η σύνθεση του νερού από τον Lavoisier ήταν ένα από τα βασικά του πειράματα. Γι' αυτήν την έρευνα, εφηύρε το Γκαζόμετρο (Σχήμα 3), ένα όργανο που σύμφωνα με τον ίδιο ήταν απαραίτητο για κάθε είδους εργασία στη χημεία των αερίων. Ο τεράστιος όγκος δεδομένων που η χημεία των αερίων συνεισέφερε παρέσχε στον John Dalton τα εργαλεία για την ανάπτυξη της ατομικής θεωρίας, συνδέοντας έτσι το μακροεπίπεδο της χημείας με το υπομίκρο-επίπεδο. Το συμβολικό/αναπαράστασιακό επίπεδο συνέβαλε επίσης πολύ, οπότε δεν είναι περίεργο το γεγονός ότι ο Dalton είχε επινοήσει σύμβολα για τα άτομα (Levere 2001, σελ. 86).



Σχήμα 3. Το γκαζόμετρο του Λαβουαζιέ (από Antoine-Laurent Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, 2 τόμοι, Παρίσι, 1789, Εικόνα 8).

ΔΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΗΣ ΎΛΗΣ: ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΑΚΡΟ-ΜΙΚΡΟ

Επιστρέφοντας στη σύγχρονη εποχή, θα αναφερθούμε πρώτα σε ένα διεθνές σεμινάριο που ήταν αφιερωμένο στη σχέση των μακροσκοπικών φαινομένων με τα υπομικροσκοπικά σωματίδια (Lijnse et al, 1990). Οι Ben-Zvi, Silberstein και Mamlok (1990) επιβεβαίωσαν ότι πολλές από τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι αρχάριοι μαθητές της χημείας οφείλονται στην ελλιπή κατανόηση του ατομικού μοντέλου και πώς αυτό χρησιμοποιείται για να εξηγήσει τη *φαινομενολογία*³ και τους νόμους της χημείας. Κατάλληλα μοντέλα είναι επίσης απαραίτητα για να εξηγήσουν τη σχέση μεταξύ μεταφοράς ενέργειας και μεταβολής της θερμοκρασίας σε χημικές μεταβολές, καθώς και τη σύνδεση μεταξύ του μοριακού μοντέλου και της μεταφοράς ενέργειας. Έχοντας μελετήσει τις σχετικές απόψεις των μαθητών και τα προβλήματα τα σχετικά με τις μάκρο-υπομίκρο σχέσεις στον τομέα της δομής και της χημικής αντίδρασης, οι συγγραφείς προχώρησαν στο να προτείνουν μια διδακτική ενότητα που θα βοηθήσει να ξεπεραστούν οι δυσκολίες των μαθητών. Η ενότητα χρησιμοποίησε ένα πολύ γνωστό στατιστικό-θερμοδυναμικό μοντέλο, σε συνδυασμό με μηχανικά μοντέλα, για να εξηγήσει τις ενεργειακές μεταβολές που συνοδεύουν τις αντιδράσεις.

Οι Meheut και Chomat (1990) προσπάθησαν να διδάξουν σε παιδιά 13-14 ετών πώς να δημιουργήσουν ένα σωματιδιακό μοντέλο της ύλης μέσω της επεξεργασίας μιας ακολουθίας πειραματικών δεδομένων, ξεκινώντας από τις ιδιότητες των αερίων (συμπίεση, διάχυση) και στη συνέχεια προχωρώντας στα στερεά, αφήνοντας τα υγρά τελευταία. Από την άλλη πλευρά, ο Millar (1990) έδωσε έμφαση στη χρήση καθημερινών *συγκεκριμένων* (contexts) (με βάση την προσέγγιση Salters: Hills et al. 1989), χρησιμοποιώντας, για παράδειγμα, ένα ένδυμα (το οποίο είναι κατασκευασμένο από ύφασμα, που είναι φτιαγμένο από νήματα, που είναι κατασκευασμένα από ίνες) για να μετακινηθεί από το μάκρο στο υπομίκρο επίπεδο.⁴ Ο Millar πρότεινε ότι θα ήταν ίσως φρόνιμο να ξεκινήσουμε με τα στερεά υλικά και να αναβάλουμε την μελέτη των αερίων για αργότερα: πολλά παιδιά χρειάζονται χρόνο και εμπειρία για να αντιληφθούν ότι τα αέρια είναι πραγματική ύλη.

Τέλος, σε έναν συλλογικό τόμο, ο Nussbaum (1998), μετά από κριτική ανασκόπηση των διαφόρων σχετικών προτάσεων από το διεθνές σεμινάριο του 1990, συνδύασε την προσέγγιση της ιστορίας και της φιλοσοφίας της επιστήμης με την εποικοδομική διδασκαλία των σωματιδιακών θεωριών. Η φυσική του κενού είναι, σύμφωνα με τον Nussbaum, το σωστό σημείο εκκινήσεως για τη σωματιδιακή φυσική.

³ Η «φαινομενολογία» είναι μια φιλοσοφική μεθοδολογία, η οποία βασίζεται στη διερεύνηση των φαινομένων, δηλαδή των πραγμάτων που γίνονται άμεσα και συνειδητά αντιληπτά μέσω των αισθήσεων.

⁴ Η χρήση κλωστοϋφαντουργικού νήματος (που είναι η «δομική μονάδα» ενός κομματιού υφάσματος), καθώς και ενός τούβλου (που είναι η «δομική μονάδα» του τοίχου ενός σπιτιού), ως ανάλογα της δομικής μονάδας της ύλης, έχει επίσης χρησιμοποιηθεί από τον Tsaparlis (1989).

Μόνο η ύπαρξη του κενού μπορεί να δικαιολογήσει την ασυνέχεια της ύλης, εξ ου και τη σωματιδιακή φύση της. Επιπλέον, το κενό επιτρέπει την κίνηση των σωματιδίων. Ο Nussbaum βασίστηκε στην εισαγωγή του σωματιδιακού μοντέλου για τη μελέτη του αέρα και άλλων αερίων και υποστήριξε ότι η μελέτη του σωματιδιακού μοντέλου είναι μια μακρά διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής, στην οποία οι λανθασμένες ιδέες των μαθητών μπορεί να παίζουν θετικό ρόλο.

Αν και συμφωνώ με τη θέση του Nussbaum ότι η έννοια του κενού είναι κεντρική για την εννοιολογική κατανόηση των σωματιδιακών εννοιών, για τους νεότερους μαθητές, είμαι υπέρ τού να ξεκινήσουμε με τα στερεά και τα υγρά, που είναι συγκεκριμένα και χειροπιαστά και να αφήσουμε τα αέρια τελευταία (σε συμφωνία με τον Millar). Έμφαση πρέπει να δοθεί στη συζήτηση των προαπαιτούμενων εννοιών και τεχνικών της φυσικής που θεωρούνται απαραίτητες για την υλοποίηση του παραπάνω στόχου. Σχετικό με αυτό το θέμα είναι το πειραματικό διδακτικό υλικό (βιβλίο) των Tsaparlis, Kolioulis, & Pappa (2010), για τη χημεία της β' τάξης γυμνασίου, στο οποίο οι σωματιδιακές έννοιες καθυστερούν να διδαχθούν μέχρι το τελευταίο τρίτο του βιβλίου και αναπτύσσονται σε επτά μαθήματα, ως εξής: Η έννοια του μορίου σε στερεά και υγρά / Αεικίνητα μόρια / Η έννοια του μορίου στα αέρια / Οι δύο πρώτοι νόμοι της χημείας [διατήρηση του ύλης (Lavoisier) και νόμος των σταθερών αναλογιών (Proust)] / Η έννοια του ατόμου (Η ατομική θεωρία του Dalton, ο νόμος πολλαπλών αναλογιών, το πείραμα του Gay-Lussac και η υπόθεση του Avogadro) / Χημικοί τύποι και η έννοια του μολ (mole) / Η έννοια της χημικής εξίσωσης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΟΥ ΜΟΡΙΟΥ

Για να εισαγάγει κανείς την έννοια του μορίου χρειάζεται ορισμένες μακροσκοπικές έννοιες και φαινόμενα, όπως το φαινόμενο της διάχυσης, οι καταστάσεις της ύλης, η κινητική θεωρία, οι μεταβολές των καταστάσεων της ύλης και η έννοια της θερμοκρασίας. Σημειώστε ότι πολλές ιδέες που περιγράφονται παρακάτω προέρχονται από ένα εισαγωγικό κείμενο χημείας που στοχεύει σε μαθητές 12 χρονών (Johnstone & Morrison 1964).

Διάχυση

Είναι κοινή εμπειρία και γνώση ότι αν ανοίξουμε ένα μπουκάλι που περιέχει ένα πτητικό υγρό, π.χ. αιθέρα, οι ατμοί του αιθέρα διαφεύγουν και διαχέονται στην ατμόσφαιρα. Εξάλλου, αν τοποθετήσουμε έναν κρύσταλλο υπερμαγγανικού καλίου στην επιφάνεια νερού, θα παρατηρήσουμε ότι σύντομα θα αρχίσει να διαλύεται και να διαχέεται στο νερό. Αν κατόπιν προσθέσουμε νερό στο διάλυμα και ανακατεύσουμε, θα παρατηρήσουμε ότι το αρχικώς τοπικά πορφυρό χρώμα γίνεται ροζ και τελικά σχεδόν εξαφανίζεται. Ο κρύσταλλος μπορεί να έχει εξαπλωθεί μόνος του μέσα στο νερό περισσότερο από ένα εκατομμύριο φορές τον όγκο του! Τι συνέβη στον κρύσταλλο καθώς αυτός διαλύθηκε; Ο κρύσταλλος τεντώνεται σαν λάστιχο ή διασπάστηκε σε λεπτά κομμάτια («σωματίδια»), τα οποία διασκορπίζονται μόνα τους στο νερό;

Υπάρχει όριο σε αυτή την εξάπλωση; Αν κάποιος φυσήξει λίγη ελαφριά σκόνη, όπως λεπτή σκόνη κιμωλίας, στην επιφάνεια λίγου νερού που περιέχεται σε ένα μεγάλο πιάτο και μετά προσθέσει μια σταγόνα από ένα ελαιώδες υλικό στο κέντρο της επιφάνειας του νερού, το ελαιώδες υλικό (λάδι) απλώνεται στην επιφάνεια. Υπάρχει όριο στο πόσο διασπείρεται το λάδι; Και πάλι, το λάδι μπορεί να έχει απλωθεί σαν λαστιχένιο φύλλο και υπάρχει ένα όριο στο πόσο μακριά ένα φύλλο θα τεντωθεί. Η εικόνα των σωματιδίων είναι διαφορετική.

Μια αναλογία θα βοηθήσει εδώ. Αφήνουμε μικρές ξύλινες μπάλες να επιπλέουν σε νερό μέσα σε ένα μπολ. Οι μπάλες αντιπροσωπεύουν τη σκόνη στην επιφάνεια. Κατόπιν, αφήνονται στο κέντρο της επιφάνειας ένα ποτήρι με ξύλινες μπάλες διαφορετικού χρώματος (ίσως και μεγέθους) από τις προηγούμενες, που αντιπροσωπεύουν τα σωματίδια του λαδιού. Οι μπάλες δεν είναι η μία πάνω στην άλλη, αλλά σχηματίζουν ένα ενιαίο στρώμα. Το όριο για την εξάπλωση έρχεται όταν δεν υπάρχουν άλλες μπάλες στοιβαγμένες η μία πάνω από τις άλλες. Και πάλι δύο εικόνες φαίνεται να ταιριάζουν: (1) το λάδι έχει απλωθεί σαν λαστιχένιο φύλλο. (2) το λάδι έχει απλωθεί για να δώσει ένα στρώμα πάχους ενός σωματιδίου και έχει σπρώξει τη σκόνη μέχρι την άκρη του μπολ. [Ένα πείραμα που βασίζεται σε αυτήν την αρχή, χρησιμοποιώντας ένα φιλμ στεατικού οξέος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της τιμής της σταθεράς Avogadro (Ift & Roberts 1975).]

Μπαλόνια που Ξεφουσκώνουν

Τα αέρια μπορούν να μας βοηθήσουν να επιλύσουμε το παραπάνω δίλημμα ανάμεσα (α) σε ένα μακρο-υλικό που τεντώνεται σαν λάστιχο και (β) στη σωματιδιακή δομή. Δύο πανομοιότυπα μπαλόνια είναι φουσκωμένα στο ίδιο μέγεθος το ένα με αέρα και το άλλο με ήλιον και οι λαιμοί και των δύο μπαλονιών είναι αεροστεγώς κλειστοί. (Αυτό μπορεί να ελεγχθεί βουτώντας τους λαιμούς σε νερό και παρατηρώντας αν παρατηρείται διαρροή αερίου.) Στη συνέχεια, τα μπαλόνια αφήνονται μέχρι το επόμενο μάθημα χημείας, οπότε παρατηρούμε ότι τα μπαλόνια έχουν γίνει μικρότερα (έχουν εν μέρει ξεφουσκώσει), με το μπαλόνι με το ήλιον να είναι πολύ μικρότερο. Ελέγχοντας και αποκλείοντας την πιθανότητα διαρροής αερίου από τους λαιμούς των μπαλονιών, η εξήγηση που απομένει είναι ότι πρέπει να υπάρχουν πολύ μικρές τρύπες στο ελαστικό του μπαλονιού, οι οποίες επιτρέπουν στα αέρια να διαφεύγουν έξω από τα μπαλόνια. Ποιο από τα δύο μοντέλα μάς ταιριάζει τώρα; Η ιδέα των σωματιδίων είναι πιο κατάλληλη για την εξήγηση αυτού του πειράματος: τα σωματίδια του ηλίου είναι μικρότερα από αυτά του αέρα και πρέπει διαφεύγουν από τις τρύπες με μεγαλύτερο ρυθμό.

Αεικίνητα Σωματίδια

Στο πείραμα του κρυστάλλου του υπερμαγγανικού καλίου που τοποθετήθηκε στην επιφάνεια νερού, χωρίς καμιά ανάδευση, φαίνεται ότι ο κρύσταλλος σύντομα διαλύεται και διαχέεται στο νερό. Ποια είναι η αιτία της παρατηρούμενης κίνησης; Μια αναλογία μπορεί να βοηθήσει εδώ.

Σκεφτείτε ένα υπερπλήρες λεωφορείο. Ένας επιβάτης που θέλει να κατέβει σε μια συγκεκριμένη στάση δυσκολεύεται να μετακινηθεί προς την πόρτα του λεωφορείου και πρέπει να ζητήσει και ακόμη και να σπρώξει άλλους επιβάτες για να φτάσει στην πόρτα. Η περίπτωση ενός λεωφορείου με λίγους επιβάτες είναι αρκετά διαφορετική όπου η κίνηση του επιβάτη δεν συναντά εμπόδια.

Δοθέντος ότι παρατηρείται κίνηση στην περίπτωση της διάχυσης, χρειάζεται κανείς μια μικροεικόνα ενός αερίου ή ενός υγρού, που επιτρέπει την ύπαρξη κενών χώρων εκεί. Επειδή τα περισσότερα αέρια είναι άχρωμα και επομένως αόρατα, η περίπτωση του αερίου είναι πιο περίπλοκη. Ένα υγρό ωστόσο κάνει τα πράγματα ξεκάθαρα: σε ένα υγρό, αυτοί οι κενοί χώροι δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμοι, αλλά αντίθετα αισθανόμαστε τη συνεχή παρουσία του μακρο-υλικού. Οι κενοί χώροι κάνουν απαραίτητη την παρουσία στο υλικό διακριτών σβώλων. Αυτοί οι σβώλοι μπορεί να οριστούν ως τα μόρια.

Η διάλυση αλατιού στο νερό ή η ανάμειξη αιθανόλης και νερού οδηγεί στο γεγονός ότι ο τελικός όγκος του διαλύματος είναι μικρότερος από τον συνδυασμένο όγκο του αλατιού και του νερού ή της αιθανόλης και του νερού. Ένα μοντέλο σωματιδίων μπορεί να βοηθήσει στην εξήγηση των παρατηρήσεων: γεμίστε ένα ποτήρι ζέσεως με μικρά μπαλάκια και ρίξτε άμμο για να γεμίσετε τα κενά — το επίπεδο των σφαιρών δεν φτάνει πάνω από την κορυφή του ποτηριού.

Γεμίστε κατά το ήμισυ ένα μικρό δοκιμαστικό σωλήνα με διάλυμα ζελατίνης σε νερό. Όταν η ζελατίνη πήξει (όπως τα γνωστά επιτραπέζια ζελέ (Jell-O), ρίξτε λίγο υδατικό διάλυμα κίτρινου χρωμικού καλίου από πάνω του. Πάρτε ένα άλλο δοκιμαστικό σωλήνα με ζελατίνη και τοποθετήστε από πάνω έναν κρύσταλλο μπλε θειικού χαλκού. Στην περίπτωση των στερεών υλικών, η διάχυση είναι πιο δύσκολη (ή και αδύνατη), και αυτό μπορεί να εξηγηθεί υποθέτοντας ότι τα μόρια είναι εγγύτατα πακεταρισμένα, φτιάχνοντας τους κρυστάλλους, αλλά αφήνοντας ακόμα κενά. Σημειώστε ότι οι ιδιότητες του κρυστάλλων καθιστούν επιτακτικό τα μόρια μιας ουσίας να είναι του ίδιου είδους και μεγέθους (Jones and Childers 1984).

Κίνηση Brown

Μπορεί κανείς να παρατηρήσει την κίνηση παρακολουθώντας κάτω από μία ύαλο ωρολογίου στο μικροσκόπιο πολύ λεπτά κομμάτια μπλε χρώματος που αιωρούνται στο νερό. Ομοίως, παρατηρήσεις είναι δυνατό να γίνουν χρησιμοποιώντας μερικά πολύ λεπτά κομμάτια καπνού στον αέρα, τοποθετημένου σε ένα μικρό κουτί το οποίο έχει δύο γυάλινα παράθυρα, με το φως να λάμπει στο πλάι και να παρατηρείται από μέσα από το άλλο παράθυρο μέσω μικροσκοπίου. Ένα τέτοιο μοντέλο βοηθά στην εξήγηση της κίνησης Brown. Αυτό το είδος κίνησης μπορεί να προκληθεί με τον «βομβαρδισμό» ενός μεγάλου σωματιδίου από πολλά μικρότερα σωματίδια. Ομοίως, η κίνηση του καπνού και του χρώματος μπορεί να οφείλονται στον βομβαρδισμό από αόρατο νερό ή εν κινήσει αέρα.

Από τα πειράματά μας και τη σκέψη μας, έχουμε την ακόλουθη εικόνα για τη σύσταση των υλικών:

(1) Η ύλη αποτελείται από πολύ μικρά σωματίδια, πολύ μικρά για να είναι ορατά από το ανθρώπινο μάτι.

(2) Τα σωματίδια διαφορετικών ουσιών μπορεί να έχουν διαφορετικά μεγέθη.

(3) Τα σωματίδια είναι εξαιρετικά ελαφριά.

(4) Τα σωματίδια είναι εν κινήσει, αλλά διαφορετικά είδη σωματιδίων μπορεί να κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες.

Διαφορά Ιδιοτήτων Ουσίας και του Μορίου Της

Μπορούμε να επαναδιατυπώσουμε τον ορισμό μας για τα μόρια ως «τα δομικά στοιχεία» των χημικών ουσιών, με τον ίδιο τρόπο που τα τούβλα είναι τα δομικά στοιχεία των τοίχων ή οι κρίκοι μιας αλυσίδας, ή τα νήματα ενός υφάσματος. Ωστόσο, πολλοί μαθητές πιστεύουν ότι τα μόρια διατηρούν όλες τις (φυσικές και χημικές) ιδιότητες του μακροσκοπικού υλικού, π.χ. θερμοκρασία, φυσική κατάσταση, σκληρότητα, κ.λπ. Έτσι, ένα μόνο μόριο νερού υποτίθεται ότι είναι σαν μια πολύ μικροσκοπική σταγόνα νερού. Αυτό προκαλείται κυρίως από ένα εσφαλμένο ορισμό ενός μορίου ως: «το μικρότερο σωματίδιο μιας ουσίας που εξακολουθεί να διατηρεί όλες τις [φυσικές και χημικές] ιδιότητες μιας ποσότητας της ουσίας.» Ένας τέτοιος ορισμός δίνεται από ορισμένους συγγραφείς (π.χ. Fine 1978· Merrill 1973) ή υπονοείται από άλλους (π.χ. Sherman and Sherman 1983), και είναι παραπλανητικός, υποδηλώνοντας ότι οι μακροσκοπικές ιδιότητες μπορεί να αποδοθούν στα μεμονωμένα σωματίδια (IUPAC 1993). Οι αναλογίες μπορεί να είναι χρήσιμες από αυτή την άποψη: ένας τοίχος και τα τούβλα, μια αλυσίδα και οι κρίκοι της, ένα ύφασμα και οι ίνες του (Tsaparlis, 1989).

Θερμοκρασία

Ας εξετάσουμε δύο οπτικώς όμοια φλιτζάνια νερό, το ένα που να περιέχει νερό στους 5 °C, το άλλο στους 30 °C. Δεν υπάρχει τίποτε ορατό που να κάνει το νερό στα δύο φλιτζάνια να έχει διαφορετική θερμοκρασία. Γνωρίζουμε φυσικά την προέλευση της διαφοράς θερμοκρασίας (για παράδειγμα με ψύξη ή με θέρμανση του νερού), αλλά τι υπάρχει μέσα στο νερό που ευθύνεται για τη διαφορετική θερμοκρασία; Οι διαφορετικές ταχύτητες διάχυσης του υπερμαγγανικού καλίου σε κρύο και σε ζεστό νερό μπορεί να συνδεθούν με τις διαφορετικές ταχύτητες κίνησης των σωματιδίων λόγω της μεταβολής της θερμοκρασίας.

Αλλαγή Φυσικής Κατάστασης

«Η αλλαγή της φυσικής κατάστασης» είναι ένα θέμα που συνήθως μελετάται στη φυσική. Ωστόσο η σύνδεση με τη χημεία σε σχέση με τις έννοιες των μορίων και τη μεταβαλλόμενη κίνηση και αλληλεπίδραση στις τρεις φυσικές καταστάσεις είναι πολύ ισχυρή (Meheut & Chomat 1990). Μια αναλογία θα μπορούσε να βοηθήσει εδώ: ας εξετάσουμε έναν πλαστικό κύλινδρο που κάθετα σε έναν δονητή γεμάτο με μικρές μπάλες πολυστυρενίου. Αυτό αναπαριστά τη στερεά κατάσταση. Όταν ενεργοποιηθεί ο δονητής σε χαμηλή ισχύ, οι μπάλες αρχίζουν να κινούνται ελαφρώς και αυτό αναπαριστά την υγρή κατάσταση. Καθώς η εισροή ενέργειας αυξάνεται, οι μπάλες

αρχίζουν να χοροπηδούν και καθώς η εισροή ενέργειας αυξάνεται περαιτέρω, η κίνηση γίνεται εντονότερη. Αυτή η αναλογία λαμβάνει υπόψη τη φυσική κατάσταση και την αλλαγή φυσικής κατάστασης, καθώς και κάποια ιδέα μεταβολής της ενέργειας και της θερμοκρασίας.

Η Έννοια της Ενέργειας

Κατ' αρχήν, η ενέργεια είναι μια διεπιστημονική έννοια (Tsaparlis & Kampourakis 2000). Ωστόσο, μελετάται πιο συστηματικά στα μαθήματα φυσικής. Η έννοια της ενέργειας (ιδιαίτερα της χημικής ενέργειας) καθώς και η έννοια της αλληλεπίδρασης είναι πολύ δύσκολες για τους νεαρούς μαθητές (Duit 1986, Duit & Häußler 1994). Ωστόσο, είναι απαραίτητες για πολλές πτυχές της χημείας και της φυσικής. Για αυτό τον λόγο, το πρόγραμμα ενιαιοποιημένης φυσικής και χημείας που πρότειναν οι Tsaparlis και Kampourakis (2000) εισάγει την ενέργεια από το εισαγωγικό μάθημα. Η ενέργεια είναι απαραίτητη για τη μελέτη των μεταβολών της φυσικών καταστάσεων, της έννοιας της θερμοκρασίας, καθώς και των χημικών αντιδράσεων. Επιπλέον, απαιτείται ως διακριτικός παράγοντας για την κατανομή των ηλεκτρονίων στις ηλεκτρονιακές στιβάδες και στα τροχιακά.

Πολύ χρήσιμη για την κατανόηση της έννοιας της ενέργειας είναι η έννοια της βαρυτικής ενέργειας και ιδιαίτερα της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας, δηλαδή της ενέργεια που προκύπτει από τη βαρυτική δύναμη (τη βαρυτική αλληλεπίδραση). Επιπλέον της δυναμικής ενέργειας, χρειαζόμαστε την αρχή της ελαχιστοποίησης της ενέργειας, για την πρόβλεψη της πιο σταθερής (της βασικής κατάστασης) ηλεκτρονιακής απεικόνισης ατόμων και μορίων.

Στα άτομα και τα μόρια, η δυναμική ενέργεια είναι ηλεκτροστατική και προκύπτει μέσω των δυνάμεων Coulomb. Οι βασικές έννοιες για την ηλεκτρική ενέργεια είναι απαραίτητες εδώ. Συνδέστε δύο φουσκωμένα μπαλόνια με ένα σπάγκο. Τρίψτε και τα δύο στα μαλλιά σας για να τους δώσετε το ίδιο ηλεκτρικό φορτίο και κρατήστε τη μέση του σπάγκου. Τα μπαλόνια απομακρύνονται το ένα από το άλλο, λόγω της άπωσης των ταυτόσημων ηλεκτρικών φορτίων. Μπορείτε να δείτε την έλξη τρίβοντας ένα μπαλόνι στα μαλλιά σας και στη συνέχεια απομακρύνοντας αργά το μπαλόνι από το κεφάλι σας. Τα μαλλιά έχουν φορτίο αντίθετο από το φορτίο του μπαλονιού, γι' αυτό τα μαλλιά σηκώνονται επειδή έλκονται από το μπαλόνι.

Σε αντίθεση με την περίπτωση της βαρυτικής ενέργειας (όπου συνήθως ορίζουμε το μηδέν στο επίπεδο εδάφους και επομένως η δυναμική ενέργεια σε σημεία πάνω από το έδαφος λαμβάνει θετικές τιμές), στην περίπτωση της ηλεκτροστατικής δυναμικής ενέργειας ορίζουμε το μηδέν σε άπειρη απόσταση από τον πυρήνα ενός ατόμου. Επομένως όλες οι ενεργειακές τιμές σε πεπερασμένες αποστάσεις από τον πυρήνα έχουν αρνητικό πρόσημο.

Τέλος, αναφορικά με τα θέματα τα σχετικά με τα μεγέθη των ιόντων και τα μοτίβα των ενεργειών ιονισμού, ο Taber (1998) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι καθηγητές χημείας βασίζονται στις σχετικές παρουσιάσεις στις αρχές της ηλεκτροστατικής Coulomb. Ωστόσο, πολλοί μαθητές δεν έχουν το ίδιο υπόβαθρο στη φυσική με τον καθηγητή

τους, με αποτέλεσμα να εφαρμόζουν εναλλακτικές υποθέσεις στο πλαίσιο των αλληλεπιδράσεων στα άτομα και τα μόρια.

Δονητική Φασματοσκοπία και Περιστροφική Φασματοσκοπία

Είναι αλήθεια ότι τα φάσματα είναι ένα θέμα που συνήθως μελετάται στη φυσική, αλλά οι ισχυρές συνδέσεις του με τη χημεία δεν πρέπει να αγνοηθούν. Με πιο ώριμους μαθητές (λυκείου και γενικής χημείας στο πανεπιστήμιο), τα δονητικά φάσματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αιτιολόγηση της έννοιας της δόνησης στα μόρια. Τα περιστροφικά φάσματα (φάσματα μικροκυμάτων) ή η περιστροφική δομή στα δονητικά φάσματα αερίων μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εξήγηση της περιστροφής των μορίων.

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

Για να εισαγάγουμε με ενεργητική και νοηματική μεθοδολογία μάθησης την έννοια του ατόμου, είναι χρήσιμο να σταθούμε στις ιστορικές πτυχές αυτής της έννοιας. Ιστορικά και πειραματικά στοιχεία για την ύπαρξη ατόμων έχουν επικαλεστεί οι Jones & Childers (1984): ο νόμος των σταθερών αναλογιών του Proust, η ατομική θεωρία του Dalton, ο νόμος του Gay Lussac, η υπόθεση του Avogadro και ο νόμος της ηλεκτρόλυσης του Faraday. Οι Niaz και Rodriguez (2000) έχουν χρησιμοποιήσει παραδείγματα από τα θέματα της ατομικής δομής, της κινητικής θεωρίας, του ομοιοπολικού δεσμού και του νόμου του πολλαπλών αναλογιών, για να δείξουν πώς μπορεί μια προσέγγιση βασισμένη στην ιστορία και τη φιλοσοφία της επιστήμης να διευκολύνει την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών.

Οι Toomey, DePierro και Garafalo (2001) έχουν διαμορφώσει ένα πρόγραμμα που ακολουθεί μια ιστορική προσέγγιση. Παρατηρήσεις σχετικά με αέρια, υγρά και στερεά χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη της ατομικής θεωρίας. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται οι νόμοι των σταθερών και των πολλαπλών αναλογιών για να προτείνουν ότι τα άτομα μπορεί να συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν μόρια όταν σχηματίζεται μια ένωση. Οι νόμοι των αερίων εισάγονται στη συνέχεια και συνδέονται περαιτέρω με την κινητική θεωρία. Οι μαθητές συμπεραίνουν ότι ένα άτομο οξυγόνου πρέπει να έχει οκταπλάσια μάζα από ένα άτομο υδρογόνου, και εισάγεται η έννοια της μονάδας της σχετικής ατομικής μάζας. Ακολουθώντας, δίνονται στους μαθητές πειραματικές παρατηρήσεις σχετικά με τους όγκους των αερίων που αντιδρούν μεταξύ τους όταν η θερμοκρασία και η πίεση έχουν τις ίδιες αρχικές και τελικές τιμές. Εν συνεχεία, εισάγεται ο νόμος των συνδυασμένων όγκων, μαζί με την πληροφορία ότι δύο όγκοι των αερίων του προϊόντος παράγονται σε διάφορες αντιδράσεις. Ακολουθεί η υπόθεση του Avogadro και οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν την υπόθεση και τα πειραματικά δεδομένα σχετικά με τους συνδυασμένους όγκους για να εξαχθούν συμπεράσματα. Επιστρέφοντας στην κινητική θεωρία, οι σχετικές ταχύτητες διαφορετικών αερίων συγκρίνονται στην ίδια θερμοκρασία και οι σχετικές μάζες των σωματιδίων τους προβλέπονται, χρησιμοποιώντας τον νόμο του Graham.

Ο Nelson (2002) πρότεινε ότι οι μαθητές πρέπει να μνηθούν στα ακόλουθα φαινόμενα, τα οποία μπορούν να αποδειχθούν με κατάλληλα πειράματα (π.χ., Fowles 1957; Nelson 1996a; Sienko, Plane, & Marcus 1984): νόμος διατήρησης της μάζας, φαινόμενο σταθερής σύστασης, φαινόμενο πολλαπλών αναλογιών, φαινόμενο αναλογικών όγκων αερίων.

Υπάρχουν πολλές ενδείξεις ότι η ύλη μπορεί να αποτελείται από άτομα: Πολλά στερεά είναι κρυσταλλικά. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από την άποψη της κανονικής διευθέτησης των μικρών σωματιδίων. Τα αέρια είναι πολύ πιο συμπίεσιμα από τα υγρά ή τα στερεά, και όταν αυτά συμπυκνώνονται υπάρχει μεγάλη μείωση του όγκου. Αυτές οι παρατηρήσεις μπορεί να εξηγηθούν εάν τα αέρια περιλαμβάνουν ξεχωριστά σωματίδια, τα οποία έρχονται το ένα κοντά στο άλλο στην υγρή ή στη στερεά κατάσταση. Τα σωματίδια αυτά μπορεί να είναι είτε άτομα είτε συστάδες ατόμων (μόρια). Όταν μια μικρή ποσότητα λαδιού χύνεται σε μια μεγάλη λεκάνη νερού, το λάδι απλώνεται μόνο πάνω σε μια περιορισμένη περιοχή της επιφάνειας. Αυτές οι εκτιμήσεις, μαζί με τα φαινόμενα της προηγούμενης παραγράφου, οδηγούν στην ακόλουθη θεωρία της ύλης, σύμφωνα με τον Dalton και τον Avogadro (Nelson 2002):

(1) Η ύλη αποτελείται από άτομα.

(2) Τα άτομα ενός στοιχείου είναι όλα τα ίδια και διαφέρουν από αυτά των άλλων στοιχείων (προσωρινό υπόθεση).

(3) Οι χημικές αντιδράσεις περιλαμβάνουν αλλαγές με τις οποίες τα άτομα συνδυάζονται, χωρίς να μεταβάλλονται ως προς τον αριθμό τους.

(4) Τα άτομα διαφορετικών στοιχείων συχνά συνδυάζονται με διαφορετικές αναλογίες.

(5) Τα κλάσματα αυτών των αναλογιών είναι συχνά μικροί ακέραιοι αριθμοί.

(6) Η υπόθεση του Avogadro.

Αυτή η θεωρία εξηγεί τους νόμους της διατήρησης της μάζας, της σταθερής σύστασης, των πολλαπλών αναλογιών, και των ανάλογων όγκων των αερίων, καθώς και το γεγονός ότι στην αντίδραση μεταξύ υδρογόνου και χλωρίου για να σχηματιστεί υδροχλώριο, οι όγκοι είναι σε αναλογία 1:1:2. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το υδρογόνο αποτελείται από μόρια υδρογόνου H_{2m} , το χλώριο αποτελείται από μόρια χλωρίου Cl_{2n} και το υδροχλώριο να αποτελείται από μόρια υδροχλωρίου H_mCl_n (με το m να μην είναι απαραίτητως ίσο με n). Επίσης, η υπόθεση (6) επιτρέπει τη σύγκριση των μαζών των μορίων. Για παράδειγμα, η πυκνότητα του υδρογόνου σε STP (τυπική θερμοκρασία και πίεση) είναι 0,08988 g/L και του οξυγόνου 1,4290 g/L, άρα $1,4290/0,08988 = 15,899$. Το αποτέλεσμα είναι προσεγγιστικό λόγω της πίεσης: η οριακή τιμή σε χαμηλές πιέσεις είναι 15,875. Αν η μάζα ενός μορίου υδρογόνου (μ) γίνει προσωρινά η μονάδα μάζας για άτομα και μόρια, η μάζα ενός μορίου οξυγόνου είναι επομένως περίπου 16 μ .

Για να καθοριστεί η ατομική σύνθεση ενός μορίου, μια περαιτέρω αρχή απαιτείται να προστεθεί σύμφωνα με τον Cannizzaro. Αυτή είναι: *Η μάζα του ατόμου ενός στοιχείου*

είναι η μικρότερη μάζα του στοιχείου που βρίσκεται σε οποιοδήποτε μόριο που το περιέχει.

Το συμπέρασμα ότι η ύλη αποτελείται από άτομα και μόρια υποστηρίζεται από τα αποτελέσματα της κινητικής θεωρίας των αερίων. Η μικροσκοπία ηλεκτρονίων σήραγγος (electron tunneling microscopy) μπορεί να είναι χρήσιμη σε αυτό το σημείο με την παροχή εικόνων διατάξεων ατόμων σε μεταλλικές επιφάνειες, ενώ τα φάσματα μάζας (για τον φασματογράφο μάζας βλ. παρακάτω) είναι χρήσιμα για τον σύγχρονο τρόπο καθορισμού των σχετικών ατομικών μαζών (ΣΑΜ), καθώς και των σχετικών μοριακών μαζών (ΣΜΜ). Επιπλέον, τα μοτίβα της περίθλασης ακτίνων Χ μπορεί να χρησιμοποιηθούν με μαθητές λυκείου (Tsaparlis 2004).

Η μέθοδος του Canizzaro για τον προσδιορισμό των Σχετικών Ατομικών Μαζών

Ο Ιταλός χημικός S. Canizzaro, το 1858, παρουσίασε μια μέθοδο με την οποία κατάφερε να φτιάξει μια κλίμακα Σχετικών Ατομικών Μαζών (ΣΑΜ) ως προς το υδρογόνο. Η μέθοδος βασιζόταν στην υπόθεση του Avogadro, σε δεδομένα πυκνότητας ατμών διαφόρων ουσιών και σε δεδομένα περιεκτικότητας κατά βάρος των ουσιών σε υδρογόνο. Επιπλέον, λαμβάνεται υπόψη ότι το μόριο του υδρογόνου είναι διατομικό (H_2), κάτι που είχε ήδη προκύψει ως συνέπεια του νόμου των αέριων όγκων του Gay-Lussac και της υπόθεσης του Avogadro.

Νόμος των αέριων όγκων του Gay-Lussac. Σε μια χημική αντίδραση αερίων, οι όγκοι των αντιδρώντων και των προϊόντων, μετρημένοι στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, έχουν μεταξύ τους σχέση μικρών ακέραιων αριθμών: Π.χ. 2 L υδρογόνου αντιδρούν με 1 L χλωρίου και παράγονται 2 L υδροχλωρίου. Ομοια, 2 L υδρογόνου αντιδρούν με 1 L οξυγόνου και παράγονται 2 L υδρατμών.

Ας θεωρήσουμε τις ενώσεις υδροχλώριο, νερό, αμμωνία και μεθάνιο, καθώς και το στοιχείο υδρογόνο. Ο Πίνακας 1 δίνει δεδομένα για τον προσδιορισμό μιας κλίμακας ΣΑΜ ως προς το υδρογόνο (για το οποίο η ΣΑΜ λαμβάνεται ίση με 1), με βάση τις πυκνότητες σε g/L των παραπάνω αέριων ουσιών. Σημειωτέον ότι σύμφωνα με την υπόθεση του Avogadro, στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, οι μάζες των ουσιών σε g/L είναι οι μάζες ίσων αριθμών μορίων από κάθε ουσία.

Πίνακας 1. Δεδομένα για τον προσδιορισμό μιας κλίμακας Σχετικών Ατομικών Μαζών ως προς το υδρογόνο.

Αέρια ουσία	Πυκνότητα * (g/L)	ΣΜΜ*	% Υδρογόνου	Σχετική μάζα περιεχόμενο υ υδρογόνου	Αριθμός ατόμων Η στο μόριο	Μοριακό Τύπος	ΣΑΜ (H = 1)
Υδρογόνο	0,0659	2	100	2,00	2	H ₂	H = 1

Υδροχλώρι ο	1,19	36,12	2,76	1,00	1	HCl	Cl = 35,1 2
Νερό	0,589	17,88	11,7	2,09	2	H ₂ O	O = 15,8 8
Αμμωνία	0,557	16,90	17,7	2,99	3	NH ₃	N = 13,9 0
Μεθάνιο	0,524	15,90	25,1	3,99	4	CH ₄	C = 11,9 0

* Σε θερμοκρασία 100°C και πίεση 1 atm.

** Σχετική Μοριακή Μάζα (ΣΜΜ) ως προς το υδρογόνο, για το οποίο Σχετική Ατομική Μάζα (ΣΑΜ) = 1, άρα ΣΜΜ = 2. Π.χ. για το υδροχλώριο έχουμε ΣΜΜ = $2 \times (1,19 / 0,0659) = 36,12$. (Σύμφωνα με την υπόθεση του Ανογαδρό, οι μάζες των ουσιών σε g/L είναι οι μάζες ίσων αριθμών μορίων από κάθε ουσία.)

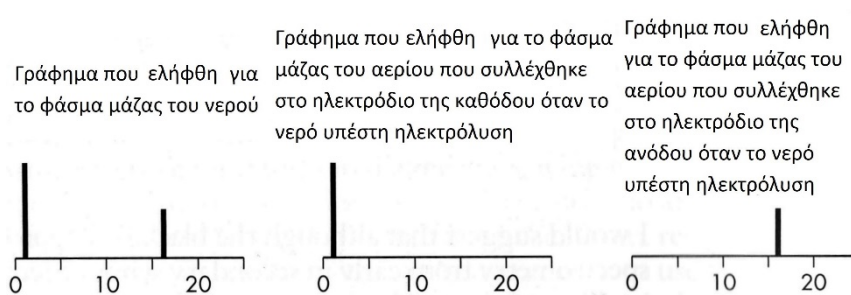
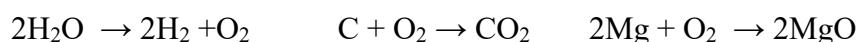
Διάκριση Χημικού Στοιχείου από Χημική Ένωση: Ο Στοιχειακός Αναλυτής των Χημικών

Ο φασματογράφος μάζας. Οι χημικοί διαθέτουν ένα όργανο, τον φασματογράφο μάζας, με το οποίο είναι σε θέση να προσδιορίσουν αν μια ουσία είναι στοιχείο ή ένωση. Η μέθοδος βασίζεται σε τεχνικές φυσικού διαχωρισμού με χρήση ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων, αλλά προτού καταστεί αυτό δυνατό, το δείγμα πρέπει να αποσυντεθεί χημικά. Κατά συνέπεια, ο φασματογράφος μάζας είναι μια τεχνική που αποσυνθέτει ενώσεις (ένα χημικό βήμα) και ακολουθεί ο φυσικός διαχωρισμός (Taber 2012, p. 22-26).

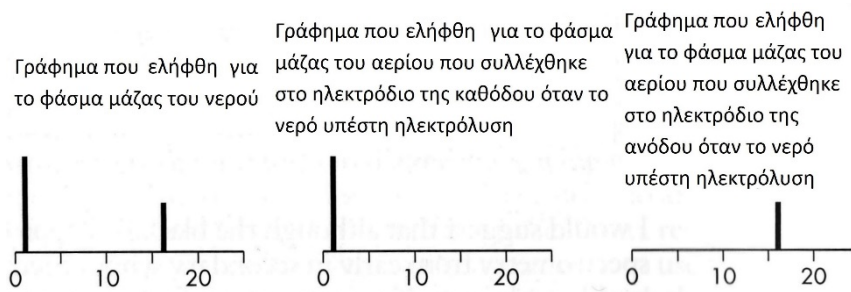
Με τον φασματογράφο μάζας επιτυγχάνεται: η διάσπαση ενός μορίου (είτε αυτό είναι μιας μεμονωμένης ουσίας είτε βρίσκεται σε ένα μείγμα ουσιών) που οδηγεί στην παραγωγή διακεκριμένων ατομικών ιόντων, τα οποία μπορεί να ανιχνευθούν από τις διαφορετικές μάζες τους — από τεχνική άποψη, από τον λόγο μάζα/ηλεκτρικό φορτίο (m/z), αλλά τα περισσότερα παραγόμενα ιόντα έχουν συνήθως μοναδιαίο φορτίο.

Αν ένα δείγμα υποστεί επεξεργασία τέτοια που οδηγεί σε πλήρη ατομικοποίηση, το φάσμα που προκύπτει αποκαλύπτει την ποικιλία και τον σχετικό αριθμό των παριστάμενων ατόμων. Κάθε άτομο ταυτοποιείται από τον *ατομικό αριθμό* του που σημειώνεται ως τετμημένη (στον άξονα x του φάσματος). Επομένως, ο φασματογράφος μάζας μεταβάλλει χημικά μια μεμονωμένη ουσία η οποία είναι ένωση στα στοιχεία της. Έτσι, ο ατομικός φασματογράφος μάζας δρα ως στοιχειακός αναλυτής. Το πλεονέκτημα της αναφοράς στον φασματογράφο μάζας είναι ότι παρέχει τη βάση για να δεχθούμε ότι τα στοιχεία είναι διακριτές πρωταρχικές μονάδες που μπορούμε να τα ταυτοποιούμε στις ενώσεις.

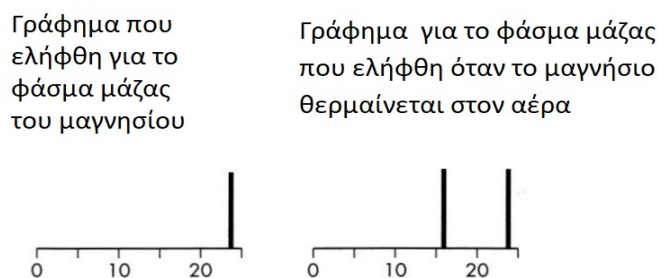
Το Σχήμα 4 δείχνει τα φάσματα μάζας της ένωσης νερό και των συστατικών στοιχείων της υδρογόνου και οξυγόνου. Οι γραμμικές κορυφές αντιστοιχούν στα επιμέρους χημικά στοιχεία, με τη θέση των κορυφών να αντιστοιχούν στη σχετική μοριακή μάζα του καθενός χημικού στοιχείου. Το Σχήμα 5 αναφέρεται στην ένωση διοξείδιο του άνθρακα. Τέλος, το Σχήμα 6 αναφέρεται στην ένωση οξείδιο του μαγνησίου. Οι στοιχειομετρικές εξισώσεις που αντιστοιχούν στα τρία φάσματα είναι:



Σχήμα 4. Τα φάσματα μάζας της ένωσης νερό και των συστατικών στοιχείων της υδρογόνου και οξυγόνου. Η ηλεκτρόλυση του νερού οδηγεί σε διάσπασή του σε δύο χημικά στοιχεία.

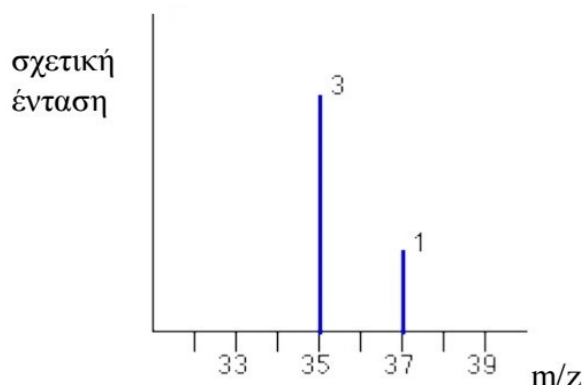


Σχήμα 5. Τα φάσματα μάζας της ένωσης διοξείδιο του άνθρακα και των συστατικών στοιχείων της άνθρακα και οξυγόνου.



Σχήμα 6. Τα φάσματα μάζας του στοιχείου μαγνήσιο και της ένωσης που προκύπτει όταν το μαγνήσιο θερμαίνεται στον αέρα. Το προϊόν περιέχει ένα επιπλέον χημικό στοιχείο.

Αναφέραμε παραπάνω ότι η φασματοσκοπία μάζας χρησιμοποιείται και για τον προσδιορισμό σχετικών μοριακών μαζών καθώς και στη χημική ανάλυση. Σημειωτέον ότι η ένταση (το ύψος) των γραμμών στο φάσμα εξαρτάται από την ποσότητα της εξεταζόμενης ουσίας. Στην περίπτωση ισοτόπων, το σχετικό ύψος καθορίζει τη σχετική φυσική αφθονία των ισοτόπων, π.χ. το φυσικώς απαντών χλώριο αποτελείται από 75% ^{35}Cl και 25% ^{37}Cl (Σχήμα 7). Για τον λόγο αυτόν, η σχετική μοριακή μάζα (ΣΜΜ) του φυσικώς απαντώντος χλωρίου είναι ο σταθμισμένος μέσος όρος των ΣΜΜ του $^{35}\text{Cl}_2$ και του $^{37}\text{Cl}_2$: $(75/100)\times 35 + (25/100)\times 37 = 35,5$.



Σχήμα 7. Φάσμα μάζας του φυσικώς απαντώντος στοιχειακού χλωρίου (Cl₂).

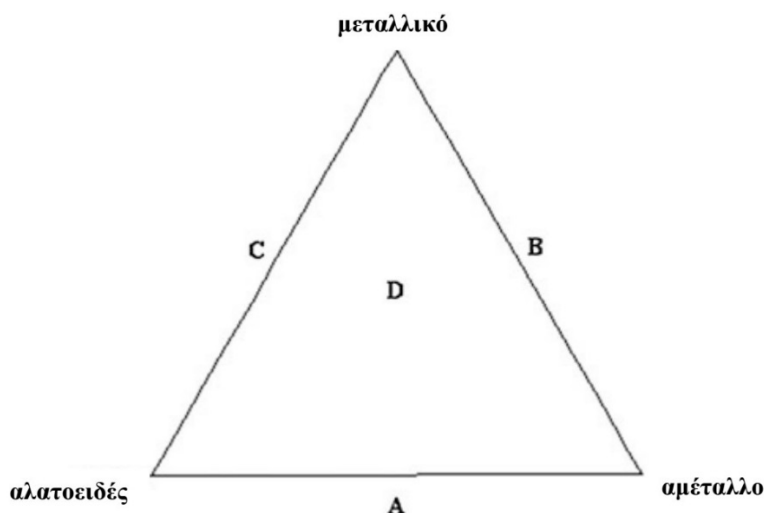
Ηλεκτρόνια και ηλεκτρονιακές απεικονίσεις

Κατά τη μέθοδο που πρότειναν οι Toomey, Pietro και Garafalo (2001), τα ηλεκτρόνια δεν εισάγονται μέχρι την εβδομάδα 12, ενώ ο ατομικός αριθμός δεν εισάγεται μέχρι την εβδομάδα 1 του δεύτερου εξαμήνου. Από την άλλη, θέματα όπως οι κβαντικοί αριθμοί και τα τροχιακά έχουν εξαλειφθεί και αντικατασταθεί στο δεύτερο εξάμηνο με παρουσιάσεις που χρησιμοποιούν σύγκριση ενεργειών ιοντισμού για να δείξουν την ύπαρξη διαφορετικών ενεργειακών επιπέδων στα άτομα. Τα κλασικά πειράματα που απέδειξαν την ύπαρξη ηλεκτρονίων και καθόρισαν το φορτίο και τη μάζα του (Thomson, Millikan) είναι χρήσιμα για τους μαθητές λυκείου. Ομοίως το πείραμα του Goldsteins που απέδειξε την ύπαρξη πρωτονίων. Μοντέλα και προσομοιώσεις υπολογιστή μπορεί να είναι πολύ χρήσιμα εδώ. Επιπλέον, τα ατομικά φάσματα, οι σωλήνες φθορισμού με αδρανή αέρια, καθώς και ο χρωματισμός μιας φλόγας από μέταλλα και άλατα συνιστούν χρήσιμο υλικό για τη διδασκαλία.

Ο ΧΗΜΙΚΟΣ ΔΕΣΜΟΣ

Ο Nelson (1994) διέκρινε μεταξύ τριών «οριακών τύπων» δυαδικών ενώσεων: μεταλλικός, αλατοειδής (ιοντικός) και αμετάλλων. Οι τύποι αυτοί αντιπροσωπεύουν τα άκρα, ενώ οι περισσότερες δυαδικές ενώσεις βρίσκονται κάπου ανάμεσα σε αυτά τα άκρα. Στην πράξη, ο καθορισμός του βαθμού του χαρακτήρα άλατος είναι δύσκολος, επειδή απαιτεί ακριβείς ηλεκτροχημικές μετρήσεις σε υψηλές θερμοκρασίες με

τήγματα. Το διάγραμμα του Σχήματος 2 τοποθετεί τους τρεις οριακούς τύπους στις κορυφές ενός τριγώνου. Από το τρίγωνο, συμπεραίνουμε ότι υπάρχουν τέσσερις ενδιάμεσοι τύποι, οι A, B, C και D (βλ. επίσης Πίνακα 2). Οι ιδιότητες των ενδιάμεσων τύπων μπορούν να συναχθούν από τις ιδιότητες των οριακών τύπων. Για περισσότερα, βλ. Nelson (1994) ή Tsaparlis (2014).



Σχήμα 8. Αναπαράσταση των τριών τύπων δυαδικών ενώσεων στις κορυφές ενός τριγώνου [μεταλλική, αλατοειδής (ιοντική) και αμέταλλο], καθώς και των τεσσάρων ενδιάμεσων τύπων, σύμφωνα με τον Nelson (1994) (βλ. και Πίνακα 1).

Πίνακας 2. Τύποι δυαδικών ενώσεων (κατά τον Nelson, 1994). Εκτός από το όνομα, δείχνεται και ο ηλεκτρικός χαρακτήρας των ενώσεων.

ΤΥΠΟΣ	ΧΗΜΙΚΟ ΟΝΟΜΑ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ
Μεταλλικός	Μέταλλο	Αγωγός
Αμέταλλο	Αμέταλλο	Μονωτής
Αλατοειδής (salt-like)	—	Ηλεκτρολύτης
Τύπος A	—	Ημι-ηλεκτρολύτης
Τύπος B	Ημιμέταλλο	Ημιαγωγός
Τύπος C	—	Μεικτός αγωγός
Τύπος D	—	Μεικτός αγωγός

Η διάκριση μεταξύ μοριακών και μη μοριακών ουσιών είναι σημαντική στη χημεία και μπορεί να γίνει χωρίς να χρειάζεται να προσφύγουμε στην κρυσταλλογραφία ακτίνων X, ταξινομώντας τις ουσίες με βάση την πτητικότητα και τη διαλυτότητα (Nelson 1996b). Τέλος, η αναλογία του ομοιοπολικού χημικού δεσμού σαν μιας «ατομικής

διελκυστίνδας» (Tsaparlis 1984) είναι χρήσιμη για τη διδασκαλία της έννοιας του ομοιοπολικού δεσμού, καθώς και τη διάκριση μεταξύ πολικών και μη πολικών ομοιοπολικών δεσμών.

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΟΥΣΙΑΣ

Κεντρική θέση στη σχολική χημεία καταλαμβάνουν οι αριθμητικοί/στοιχειομετρικοί υπολογισμοί που προσδιορίζουν τις μάζες (και στην περίπτωση των αερίων των όγκων) των ουσιών που καταναλώνονται και/ή παράγονται κατά τις χημικές αντιδράσεις (Schmidt 1994). Θεμελιώδης είναι εδώ η έννοια της *ποσότητας ουσίας* (mole). Τις δεκαετίες του 1970, του 1980 και του 1990 υπήρξε μεγάλη βιβλιογραφία που εστίασε στην πολυπλοκότητα αυτής της έννοιας και στις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν μαθητές και εκπαιδευτικοί στην αντιμετώπιση και χρησιμοποίησή της (π.χ. Bent 1985, Cervellati et al. 1982, Dierks 1981, Duncan & Johnstone 1978; Furió et al. 2000, Ingle & Shayer 1971, Stromdahl, Tulberg, & Lybeck 1994, Tulberg, Stromdahl, & Lybeck 1994). Παρακάτω περιγράφονται μια σειρά πειραμάτων επίδειξης που στοχεύουν στη δόμηση της έννοιας της ποσότητας ουσίας ως ενοποιητικής έννοιας στη χημεία. Τα πειράματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν από τον Johnstone:

- Συγκρίνετε τους όγκους ίσων μολ μιας οργανικής ομόλογης σειράς (π.χ. μεθανόλη, αιθανόλη, προπανόλη, βουτανόλη, πεντανόλη) για να δείτε μοτίβα.
- Συγκρίνετε μολ σακχάρων για να «δείτε» μονοσακχαρίτες και δισακχαρίτες.
- Συγκρίνετε τους όγκους ίσων μολ λεπτοαλεσμένων αλογονιδίων με το ίδιο κατιόν (π.χ. NaCl, NaBr, NaI) για να «δείτε» τα σχετικά μεγέθη ιόντων αλογονιδίου.
- Ψάξτε για παρτενέρ στις μολικές θερμοχωρητικότητες. Πάρτε, για παράδειγμα, τα μέταλλα Li, Mg και Al. Οι ειδικές θερμοχωρητικότητές τους είναι αντίστοιχα: 3,390 / 1,030 / 0,900 J kg⁻¹ K⁻¹. Πολλαπλασιάζοντας καθεμία από αυτές τις τιμές με την αντίστοιχη σχετική ατομική μάζα, βρίσκουμε τις ακόλουθες τιμές για τις μολικές θερμοχωρητικότητες: 23,530 / 25,034 / 24,284 J kmol⁻¹ K⁻¹, που είναι πολύ κοντά η μία στην άλλη. Παρόμοιες τιμές βρίσκονται και για άλλα στοιχεία.
- Ομοίως, ας ψάξουμε για μοτίβα τους μολικούς όγκους αερίων. Για το αέρια στοιχεία H₂, He, N₂ και Ne, οι αντίστοιχες πυκνότητες υπό STP είναι: 0,09 / 0,18 / 1,25 / 0,90 gL⁻¹. Αν διαιρέσουμε την αντίστοιχη σχετική μοριακή μάζα με καθεμία από αυτές τις τιμές, βρίσκουμε τις ακόλουθες τιμές αντιστοίχως για τους μολικούς όγκους υπό STP: 22,4 / 22,2 / 22,4 / 22,2 Lmol⁻¹. Παρόμοιες τιμές βρίσκονται για άλλα είδη.
- Συγκρίνετε ένα δοχείο όγκου 20 L (κατά προσέγγιση τον όγκο 1 mol υδρατμών) με 1 mol (18 mL) υγρού νερού).

ΚΒΑΝΤΟΧΗΜΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Τα ατομικά και τα μοριακά τροχιακά και οι σχετικές έννοιες είναι εξαιρετικά αφηρημένες, και η εισαγωγή τους στο μάθημα χημείας της γ' λυκείου μπορεί να είναι

προβληματική (Papaphotis & Tsaparlis 2008a, b, Tsaparlis 1997a, b, Tsaparlis & Papaphotis 2002). Προτιμότεροι μπορεί να είναι εναλλακτικοί τρόποι που αποφεύγουν τα τροχιακά τόσο σε επίπεδο λυκείου όσο και σε επίπεδο γενικής χημείας. Ο Gillespie υποστηρίζει ότι οι δομές Lewis και το μοντέλο VSEPR είναι αρκετά για το λύκειο, ενώ το μοντέλο ηλεκτρονικής περιοχής (electron domain model) είναι αρκετό για τη γενική χημεία, με την έμφαση να δίδεται στην ηλεκτρονική πυκνότητα παρά στα τροχιακά (Gillespie 1991, 1992a, b, c, Gillespie et al. 1994, Gillespie, Spencer, & Moog 1996; Gillespie & Mata 2001). Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας τη φυσική απώθηση μπαλονιών (π.χ. δύο, τριών, τεσσάρων φουσκωμένων μπαλονιών που είναι δεμένα μεταξύ τους) μπορεί να μας οδηγήσει στο μοντέλο VSEPR και έτσι θα μπορούσαμε να πάμε πολύ μακριά στην οργανική και την ανόργανη χημεία (Johnstone, Morrison, & Reid 1981), χωρίς την ανάγκη να εισαχθούν τα τροχιακά και ο υβριδισμός.

ΤΕΛΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Για να έχουν καλή εννοιολογική κατανόηση των σωματιδιακών και δομικών εννοιών, οι μαθητές χρειάζονται μια σταθερή αντίληψη των υποκείμενων εννοιών της φυσικής, για τις οποίες η χρήση της ιστορίας και της φιλοσοφίας της επιστήμης είναι πολύ χρήσιμη. Σύμφωνα με τους Niaz και Rodriguez (2000), αυτό μπορεί να εισαχθεί στην τάξη όχι απαραίτητα μέσω ξεχωριστού μαθήματος ιστορίας της χημείας ή μέσω σχολίων, περιγραφών και πληροφοριών, αλλά μάλλον με το να ενσωματώνουμε «ευρηματικές αρχές» που καθοδήγησαν τους επιστήμονες να επεξεργαστούν τις θεωρίες τους. Από την άλλη πλευρά, οι σύγχρονες τεχνικές (φασματοσκοπία μάζας, ηλεκτρονιακή, δονητική και περιστροφική φασματοσκοπία, μικροσκοπία ηλεκτρονικής σήραγγας, περίθλαση ακτίνων X) μπορεί να συμβάλουν στην ενεργητική/εποικοδομική και νοηματική μαθησιακή προσέγγιση. Αυτά όμως θα πρέπει να προορίζονται κυρίως για τους πιο προχωρημένους μαθητές του λυκείου και για φοιτητές πανεπιστημιακής γενικής χημείας.

Είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι χρειαζόμαστε περισσότερο καταρτισμένους δασκάλους, με σεβασμό στο περιεχόμενο της επιστήμης. Επιπλέον απαιτούνται ενεργητικές/εποικοδομικές και νοηματικές μεθοδολογίες μάθησης. Μάλιστα, σύμφωνα με τις Οδηγίες της Αμερικανικής « Ένωσης για την Πρόοδο των Φυσικών Επιστημών» (Association for the Advancement of Science) (NCRTL 1994), οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρέπει να ξέρουν τις φυσικές επιστήμες και το αντικείμενο της ειδικότητάς τους (φυσική, χημεία, βιολογία) πιο βαθιά από ό,τι συμβαίνει συνήθως. Από την άλλη πλευρά, ο Gillespie (1997) πρότεινε να γραφτούν νέα εγχειρίδια χημείας που να στοχεύουν αφενός να είναι ενδιαφέροντα για τη *συντριπτική πλειονότητα των μαθητών*, αφετέρου να προσφέρουν στους μαθητές κατανόηση της χημείας.

Σε τελική ανάλυση, πότε η κατανόηση (π.χ. της ατομικής δομής) είναι αρκετά καλή και πλήρης; Αυτή η ερώτηση αναδεικνύει ένα παράδοξο: «Όσο περισσότερα μαθαίνει κανείς για κάποια πτυχή του φυσικού κόσμου, τόσο περισσότερο είναι πιθανό να συνειδητοποιήσει κανείς το βάθος της άγνοιάς του. Αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι,

ως συνέπεια της μάθησης, η κατανόηση στην πραγματικότητα μειώνεται, αλλά απλώς ότι η αντίληψή του για την πολυπλοκότητα αυτής της πτυχής του φυσικού κόσμου είναι πιθανό να αυξηθεί — κάτι που μπορεί να συνιστά, τελικά μια καλύτερη κατανόηση μιας θεμελιώδους αντίληψης’’ (Rop 1999, σελ. 233).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να αφιερώσω αυτό το άρθρο στη μνήμη του καθηγητή Alex H. Johnstone, για το έργο και τις ιδέες του που μεταλαμπάδευσε σε μένα μέσα από το έργο του και τα γραπτά του και μέσα από τις συχνές συζητήσεις που είχα μαζί του κατά τη διάρκεια των μεταδιδακτορικών μου σπουδών στο Κέντρο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου της Γλασκόβης που ίδρυσε και διηύθυνε. Όλα αυτά επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό όχι μόνο το παρόν άρθρο, αλλά και ολόκληρο το επιστημονικό μου έργο. Επίσης, μνημονεύω τον αείμνηστο καθηγητή John K. Gilbert και ευχαριστώ τους καθηγητές David Treagust, Iztok Devetak και Saša Aleksihj Glažar για την τιμητική τους πρόσκληση σε μένα να συμμετάσχω στη συγγραφή των δύο συλλογικών τόμων του εκδοτικού οίκου Springer που επιμελήθηκαν (Gilbert & Treagust 2009, Devetak & Glažar 2014). Τέλος ευχαριστώ και τον πρώην μεταπτυχιακό και διδακτορικό φοιτητή μου Δρα Ευάγγελο Πύργα, εκπαιδευτικό χημικό δημόσιας μέσης εκπαίδευσης, για τη μετατροπή κειμένων σε σχήματα του άρθρου αυτού από τα Αγγλικά στα Ελληνικά.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Abraham, M., Williamson, V., & Westbrook, S. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.
- Bent, H. A. (1985). Should the mole concept be X-rated? *Journal of Chemical Education*, 62(1), 59.
- Ben-Zvi, R., Silberstein, J., & Mamlok, R. (1990). Macro-micro relationships: A key to the world of chemistry. In P. L. Lijnse, P. Licht, W. De Vos, & A. J. Waarlo (Eds), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles* (pp. 183–197). University of Utrecht, Centre for Science and Mathematics Education.
- Brook, A., Briggs, H., & Driver, R. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter*. University of Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- Cervellati, R., Montuschi, A., Perugini, D., Grimellini-Tomasini, N., & Pecori Balandi, B. (1982). Investigation of secondary school students' understanding of the mole concept in Italy. *Journal of Chemical Education*, 59(10), 852–856.
- Devetak, I. & Glažar, S. A. (Eds.) 2014. *Learning with understanding in the chemistry classroom*. Springer.
- Dierks, W. (1981). Teaching the mole. *European Journal of Science Education*, 3(2), 145–158.
- Duit, R. (1986). In search of an energy concept. In R. Driver & R. Millar (Eds), *Energy matter* (pp. 67–101). University of Leeds.

- Duit, R., & Häußler, P. (1994). Learning and teaching energy. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone, & R. T. White (Eds), *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning* (pp. 185–200). London: The Falmer Press.
- Duncan, I. M., & Johnstone, A. H. (1978). The mole concept in chemistry. *Education in Chemistry*, 10(6), 213–214.
- Fine, L. W. (1978). *Chemistry* (2nd edn). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Fowles, G. (1957). *Lecture experiments in chemistry* (4th edn). Bell.
- Furió, C., Azcona, R., Guisasola, J., & Ratcliffe, M. (2000). Difficulties in teaching the concepts ‘amount of substance’ and ‘mole’. *International Journal of Science Education*, 22(12), 1285–1304.
- Georgiadou, A., & Tsaparlis, G. (2000). Chemistry teaching in lower secondary school with methods based on: a) Psychological theories; b) the macro, representational, and submicro levels of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(2), 217–226.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (Eds) (2009). *Multiple representations in chemical education*. Springer.
- Gillespie, R. J. (1991). What is wrong with the general chemistry course? *Journal of Chemical Education*, 68(3), 192–194.
- Gillespie, R. J. (1992a). The VSEPR model revisited. *Chemical Society Reviews*, 21(1), 59–68.
- Gillespie, R. J. (1992b). Multiple bonds and the VSEPR model. *Journal of Chemical Education*, 69(2), 116–121.
- Gillespie, R. J. (1992c). Electron densities and the VSEPR model of molecular structure. *Canadian Journal of Chemistry*, 70(3), 742–750.
- Gillespie, R. J. (1997). Reforming the general chemistry textbook. *Journal of Chemical Education*, 74(5), 484–485.
- Gillespie, R. J., Eaton, D. R., Humphreys, D. A., & Robinson, E. A. (1994). *Atoms, molecules and reactions: An introduction to chemistry*. Prentice-Hall.
- Gillespie, R. J., & Matta, C. F. (2001). Teaching the VSEPR model and electron densities. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(2), 73–90.
- Gillespie, R. J., Spencer, J. N., & Moog, R. S. (1996). *Demystifying introductory chemistry*, Parts 1 & 2. *Journal of Chemical Education*, 73(7), 617–626.
- Herron, J. D. (1978). Piaget in the classroom. *Journal of Chemical Education*, 55(3), 165–170.
- Haidar, A., & Abraham, M. (1991). A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 919–938.
- Hills, G., Holman, J., Lazonby, J., Raffan, J., & Waddington, D. (1989). *Introducing chemistry: The Salters’ approach*. Heinemann Educational Books.
- Ift, J. B., & Roberts, J. L, Jr. (1975). *Frantz/Malm’s essentials of chemistry in the laboratory*. Freeman.

- Ingle, R., & Shayer, M. (1971). Conceptual demand in Nuffield 'O' level chemistry. *Education in Chemistry*, 8(5), 182–183.
- IUPAC (1993). Recommendations for language, symbols and representation in chemistry: *Atom. International Newsletter on Chemical Education*, (39), 7–10.
- Johnstone, A. H. (1991). Thinking about thinking. *International Newsletter on Chemical Education*, (6), 7–11.
- Johnstone, A. H. (2000). The presentation of chemistry—Logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), 9–15.
- Johnstone, A. H. (2007). Science education: We know the answers, let's look at the problems. In *Proceedings of the 5th Greek Conference Science Education and New Technologies in Education* (Vol. 1, pp. 1–13). Retrieved from: http://www.kodipheet.gr/fifth_conf/pdf_synedriou/teyxos_A/1_kentrikes_omilies/1_KO-4-Johnstone.pdf
- Johnstone, A. H., & Morrison, T. I. (1964). *Chemistry takes shape* (Vol. 1). Heinemann.
- Johnstone, A. H., Morrison, T. I., & Reid, N. (1981). *Chemistry about us*. Heinemann
- Johnstone, A. H., & Wham, A. J. B. (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry*, 19(3), 71–73.
- Jones, E. R, Jr, & Childers, R. L. (1984). Experimental evidence for the existence of atoms. *The Physics Teacher*, 22(6), 354–360.
- Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., & Berkheime, G. D. (1993). Changing middle school student's conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249-270.
- Levere, T. H. (2001). *Transforming matter – A history of chemistry from alchemy to the buckyball*. John Hopkins University Press.
- Lijnse, P. L., Licht, P., DeVos, W., & Warlo, A. J. (Eds). (1990). *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*. CD- b Press.
- Meheut, M., & Chomat, A. (1990). The bounds of children's atomimism: An attempt to make children build up a particulate model of matter. In P. L. Lijnse, P. Licht, P., DeVos, W., & Warlo, A. J. (Eds), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles* (pp. 226-282). CD- b Press.
- Merrill, M. A. (1973). *Chemistry: Process and prospect*. Bell & Howell.
- Millar, R. (1990). Making sense: What use are particle ideas to children. In P. L. Lijnse, P. P., DeVos, W., & Warlo, A. J. (Eds), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles* (pp. 283-293). CD- b Press.
- NCRTL (National Center for Research on Teaching and Learning) (1994). *A blueprint for the education of project 2061 science teachers*. Michigan State University.
- Nelson, P. G. (1994). Classifying substances by electrical character. *Journal of Chemical Education*, 71(1), 24–26.
- Nelson, P. G. (1996a). Demonstrating constant composition. *Education in Chemistry*, 33(1), 22.

- Nelson, P. G. (1996b). To be a molecule, or not to be? *Education in Chemistry*, 33(5), 129–130.
- Nelson, P. G. (2002). Teaching chemistry progressively: From substances, to atoms and molecules, to electrons and nuclei. *Chemistry Education Research and Practice*, 3(2), 215–228.
- Niaz, M., & Rodriguez, M. A. (2000). Teaching chemistry as rhetoric of conclusions or heuristic principles—A history and philosophy of science perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(3), 315–322.
- Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupils understanding of the nature of matter: A cross age study. *Science Education*, 65(2), 187-196.
- Nussbaum, J. (1998). History and philosophy of science and the preparation for constructivist teaching: The case of particle theory. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds), *Teaching science for understanding—A human constructivist view* (pp. 165–194). Academic Press.
- Papaphotis, G., & Tsaparlis, G. (2008a). Conceptual versus algorithmic learning in high school chemistry: The case of quantum chemical concepts. Part 1, Statistical analysis of a quantitative study. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(4), 323–331.
- Papaphotis, G., & Tsaparlis, G. (2008b). Conceptual versus algorithmic learning in high school chemistry: The case of quantum chemical concepts. Part 2, Students' common errors, misconceptions, and difficulties in understanding. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(4), 332–340.
- Rop, J. (1999). Student perspectives on success in high school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 221–237.
- Schmidt, H. J. (1994). Stoichiometric problem solving in high school chemistry. *International Journal of Science Education*, 16(2), 191–200.
- Sherman, A., & Sherman, S. J. (1983). *Chemistry and our changing world*. Prentice Hall.
- Sienko, M. J., Plane, R. A., & Marcus, S. T. (1984). *Experimental chemistry* (6th edn). McGraw-Hill.
- Stromdahl, H., Tulberg, A., & Lybeck, L. (1994). The quantitatively different conceptions of 1 mole. *International Journal of Science Education*, 16(1), 17–26.
- Taber, K. S. (1998). The sharing-out of nuclear attraction: Or I can't think about physics in chemistry. *International Journal of Science Education*, 20(8), 1001–1014.
- Taber, K. S. (Ed.) (2012) *Teaching secondary chemistry* (2nd edn, Ch. 8). Association for Science Education / Hodder Education.
- Toomey, R., DePierro, R., & Garafalo, F. (2001). Helping students to make inferences about the atomic realm by delaying the presentation of atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(3), 183–202.
- Tsaparlis, G. (1984). The chemical bond as an atomic tug-of-war. *Journal of Chemical Education*, 61(8), 677.
- Tsaparlis, G. (1989). What a single molecule does not look like—Two analogies and their effect on learning. *Abstracts of papers of the American Chemical Society*, 198, 176-CHED.

- Tsaparlis, G. (1997a). Atomic and molecular structure in chemical education. *Journal of Chemical Education*, 74(8), 922–926.
- Tsaparlis, G. (1997b). Atomic orbitals, molecular orbitals, and related concepts: Conceptual difficulties among chemistry students. *Research in Science Education*, 27(2), 271–287.
- Tsaparlis, G. (2004). Atomic structure. In J. J. Lagowski (Ed), *Chemistry: Foundations and applications* (Vol. 1, pp. 78–87). MacMillan Reference-Thomson Gale.
- Tsaparlis, G. (2009). Learning at the macro level: The role of practical work. In J. K. Gilbert & D. Treagust, D. F. (Eds) *Multiple representations in chemical education* (pp. 109-136). Springer.
- Tsaparlis, G. (2014). Linking the macro with the submicro levels of chemistry: demonstrations and experiments that can contribute to active/meaningful/conceptual learning. In Devetak, I. & Glažar, S. A. (Eds) *Learning with understanding in the chemistry classroom* (pp. 41-61). Springer.
- Tsaparlis, G., & Kampourakis, K. (2000). An integrated physical-science (physics and chemistry) introduction for lower-secondary level (grade 7). *Chemistry Education Research and Practice*, 1(2), 277–290.
- Tsaparlis, G., Kolioulis, D., & Pappa, E. (2010). Lower-secondary introductory chemistry course: A novel approach based on science-education theories, with emphasis on the macroscopic approach, and the delayed meaningful teaching of the concepts of molecule and atom. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(2), 107–117.
- Tsaparlis, G., & Papaphotis, G. (2002). Quantum-chemical concepts: Are they suitable for secondary students? *Chemistry Education Research and Practice*, 3(2), 129–144.
- Tulberg, A., Stromdahl, H., & Lybeck, L. (1994). Students' conceptions of 1 mole and educators' conceptions of how they teach the "mole". *International Journal of Science Education*, 16(2), 145–156.

ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΝ «ΕΠΟΧΗ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΩΝ» & ΤΗΣ «ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΡΙΣΗΣ»

Βασίλης Τσελφές

Ομότιμος Καθηγητής, ΤΕΑΠΗ, ΕΚΠΑ

tselfesv@ecd.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1980 άρχισε να γίνεται αποδεκτό ότι οι στόχοι της γενικής Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) πρέπει να μετασχηματιστούν. Η αλλαγή του διεθνούς οικονομικού τοπίου, η αλματώδης ανάπτυξη των κάθε μορφής Τεχνολογιών (Τ), παράλληλα με τα τότε διαφαινόμενα ζητήματα προστασίας του περιβάλλοντος, έδειχναν ότι δεν αρκεί οι ΦΕ να προσεγγίζονται μόνον ως «γνώση» που μας επιτρέπει να «κατανοούμε» τη «φύση». Με κάποιον τρόπο θα έπρεπε όλοι οι πολίτες να μνηθούν στη λογική ότι οι ΦΕ σε συνεργασία με τις Τ συγκροτούσαν πανίσχυρα εργαλεία καθημερινής παρέμβασης και στη «φύση» και στις κοινωνίες. Αυτή η μύηση ονομάστηκε «Επιστημονικός Γραμματισμός» (ΕΓ) και επιχειρήθηκε με διάφορους τρόπους που δεν έχουν περιλάβει ουσιαστικά την αξιοποίηση του εκπαιδευτικού εργαστηρίου. Πού και με ποια μορφή τοποθετείται εντός της εκπαίδευσης το εργαστήριο των ΦΕ, μετά από τέσσερις σχεδόν δεκαετίες;

Λέξεις κλειδιά: εκπαιδευτικό εργαστήριο ΦΕ, επιστημονικός γραμματισμός, ικανότητες κλιματικής αλλαγής

Αναφορά: Τσελφές, Β. (2025). *Το Εκπαιδευτικό Εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών την «Εποχή των Γραμματισμών» & της «Κλιματικής Αλλαγής»*, 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

THE EDUCATIONAL SCIENCE-LAB IN THE AGE OF “SCIENTIFIC LITERACY” & “CLIMATE CRISIS”

Vasilis Tselfes

Emeritus Professor, DECE, NKUA, Greece

tselfesv@ecd.uoa.gr

ABSTRACT

Since the late 1980s it has begun to be accepted that the aims of Science Education need to be transformed. The change in the international economic landscape, the rapid development of all forms of Technologies, alongside the issues of environmental protection, showed that it is not enough to approach sciences only as “knowledge” that allows us to “understand” nature. In some way, all citizens should be introduced to the logic that sciences in collaboration with technologies constituted powerful tools of daily intervention both in nature and in societies. This initiation was called “Scientific Literacy” and was attempted in a variety of ways that did not essentially involve the use of the educational lab. Where and in what form is the science laboratory placed in education, after almost four decades?

Keywords: *educational science-lab, Scientific Literacy, climate change competencies*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα «πειράματα» στη διδασκαλία και τη μάθηση (δ-μ) των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) στην τυπική και μη τυπική εκπαίδευση ή το ευρύτερο πλαίσιο των «εργαστηριακών δραστηριοτήτων» που τα περιλαμβάνει, έχουν εμφανιστεί από τον 19^ο αιώνα. Από την εποχή, δηλαδή, όπου καθιερώθηκε η δ-μ των ιδεών, θεωριών και μοντέλων των ΦΕ στη γενική εκπαίδευση όλων των πολιτών (δες π.χ. Hofstein, 2017).

Ο σαφής προσδιορισμός των εκπαιδευτικών εργαστηριακών δραστηριοτήτων είναι βέβαια δύσκολος, μιας και αυτές, με βάση τις σχολικές πρακτικές, αναφέρονται, σε ποικίλες δραστηριότητες και εμπειρίες όπου μαθητές και εκπαιδευτικοί αλληλοεπιδρούν με εξοπλισμό, υλικά και πηγές δεδομένων για να αναπαραστήσουν/ παρατηρήσουν τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου και να κατανοήσουν τις επιστημονικές ιδέες που τα ερμηνεύουν (Hegarty-Hazel, 1990). Στην επιστημονική πρακτική, όμως, οι ίδιες δραστηριότητες αναφέρονται σε προσχεδιασμένες, με βάση θεωρητικά μοντέλα, παρεμβάσεις στον υλικό κόσμο· παρεμβάσεις, που κατασκευάζουν πρωτότυπα υλικά τεχνήματα, δεδομένα και τεκμήρια, μέσω των οποίων καθίστανται αισθητές και έγκυρες οι μη, καταρχήν, εμπειρικά προσεγγίσιμες οντότητες-ιδέες και αναπαραστάσεις των θεωρητικών μοντέλων (Τσελφές, 2002·

Hacking, 1992, 1995). Ενώ δηλαδή, στα επιστημονικά εργαστήρια κατασκευάζονται νέα, μη αναμενόμενα κομμάτια «Κόσμου», τα εκπαιδευτικά εργαστήρια δεν ενδιαφέρονται κατά κανόνα για τις κατασκευές· αντιλαμβάνονται τα εργαστηριακά κομμάτια του «Κόσμου» (συσκευές, όργανα μέτρησης, δείγματα κ.λπ.) ως δεδομένες φυσικές οντότητες, τις οποίες προσεγγίζουν κυρίως γνωστικά (τις παρατηρούν, τις αναπαριστούν, τις κατανοούν...), με τις παρεμβάσεις τους σ' αυτές να περιορίζονται σε επίπεδο χειρισμού (με προσοχή... για να μην τις χαλάσουμε!) και σπανίως σε επίπεδο κατασκευής· κατασκευής που αν και όταν συμβαίνει αποτελεί συνήθως υποχρέωση και πρόβλημα των διδασκόντων και όχι των μαθητών.

Επιπλέον, πολλά από τα υλικά τεχνήματα που παράγονται από τις επιστημονικές-εργαστηριακές παρεμβάσεις, μετασχηματίζονται και αναπαράγονται ως καθημερινά, εμπορεύσιμα αγαθά και με τον τρόπο αυτό αποτελούν τη σημαντικότερη «γέφυρα» ανάμεσα στην επιστημονική δραστηριότητα και τις κοινωνικές, οικονομικές και εν τέλει πολιτισμικές δομές των κοινωνιών που τη στηρίζουν (Hacking, 1997, 1999). Τα αγαθά αυτά (από μετροταινίες, θερμόμετρα και μαγνήτες, μέχρι διηθητικά χαρτιά, μικροσκόπια και αποστακτήρες) τα συναντάμε και στα εκπαιδευτικά εργαστήρια, ως υλικά που προμηθευόμαστε από την αγορά και όχι ως τεχνήματα που έχουν κατασκευαστεί σε επιστημονικά εργαστήρια. Το γεγονός αυτό δημιουργεί επιπλέον προβλήματα στις προσπάθειες της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) να προσεγγίσει με σαφήνεια τις εκπαιδευτικές-εργαστηριακές ή και πειραματικές δραστηριότητες των ΦΕ, εντός των κάθε φορά, πολιτικά προφανώς, προκαθορισμένων εκπαιδευτικών στόχων που ορίζουν οι κοινωνίες, διότι:

(α) ο μετασχηματισμός των εργαστηριακών τεχνημάτων σε εμπορεύσιμα καταναλωτικά αγαθά περνάει μέσα από τη δραστηριότητα της Τεχνολογίας, η οποία, αφενός αποτελεί ένα είδος Τέχνης, με την παλαιότερη σημασία του όρου, όταν η Τέχνη δεν σήμαινε μόνον τις Καλές Τέχνες (Schatzberg, 2024) και αφετέρου δεν ταυτίζεται με κανέναν τρόπο με αυτό που στις μέρες μας αναπαριστούμε και διακινούμε με τον όρο «Νέες Τεχνολογίες»,

(β) τα μετασχηματισμένα σε καταναλωτικά αγαθά εργαστηριακά τεχνήματα, από τα θερμόμετρα μέχρι τα κινητά τηλέφωνα, τους Η/Υ και το διαδίκτυο, δεν μπορούν εύκολα να λειτουργήσουν ως εργαστηριακές συσκευές· να χρησιμοποιηθούν δηλαδή αβασάνιστα για τη διερεύνηση και κατανόηση θεωρητικών επιστημονικών ιδεών. Αυτό συμβαίνει επειδή, από «κεκτημένη ταχύτητα», οι θεωρητικές υποθέσεις που τα «γέννησαν» δεν λαμβάνονται υπόψη στην εργαστηριακή πράξη που τα διαχειρίζεται. Για παράδειγμα, κανείς δεν φαίνεται να ενδιαφέρεται για το γεγονός ότι τα θερμόμετρα ενώ δηλώνουν ότι μετρούν θερμοκρασίες, μετρούν μήκος (τα υδραργυρικά), γωνίες (τα διμεταλλικά) και τάσεις επαφής (τα θερμοστοιχεία)· και ασφαλώς, σημαντικά τεχνολογικά τους χαρακτηριστικά αποκρύπτονται ως εταιρικά απόρρητα. Λειτουργούν, με άλλα λόγια, ως «μαύρα κουτιά», υποσχόμενα απολύτως προβλέψιμη/προγραμματισμένη συμπεριφορά αγνώστου όμως αιτιολογίας και για περιορισμένα, αν και συνήθως μεγάλα, χρονικά διαστήματα· μέχρι να «χαλάσουν». Και αυτό σε αντίθεση με τα φυσικά κομμάτια του «Κόσμου» μας (δες για παράδειγμα, τα βιολογικά, καιρικά

ή σεισμικά συστήματα, τα ουράνια σώματα, με τη «ζωή», τις μεταβολές, την κίνηση τους κ.λπ.), τα οποία κατά κανόνα αυτορυθμίζονται λειτουργικά, ελέγχονται με εξαιρετική δυσκολία και μεταβάλλονται σε σημαντικό βαθμό απρόβλεπτα (στην καλύτερη περίπτωση, εντός διαστημάτων εμπιστοσύνης). Και τέλος,

(γ) από την εμφάνιση των εκπαιδευτικών-εργαστηριακών δραστηριοτήτων στη γενική εκπαίδευση, μέχρι τις μέρες μας, έχουν πραγματοποιηθεί, παγκοσμίως, περισσότερες από μία θεαματικές κοινωνικο-πολιτισμικές μεταβολές, που έχουν επηρεάσει δραματικά τους γενικότερους εκπαιδευτικούς σκοπούς και στόχους, άλλοτε σε εθνικό και άλλοτε σε παγκόσμιο επίπεδο. Όπως είναι αναμενόμενο, οι αλλαγές αυτές έχουν επηρεάσει και τον εκπαιδευτικό ρόλο της δ-μ των ΦΕ (Τσελφές, 2021, 2022) και τον ρόλο της χρήσης των εργαστηριακών δραστηριοτήτων (δες για παράδειγμα Gericke, Högström & Wallin, 2023).

Ως εκ τούτου, για να πετύχω να καταγράψω σε αυτό το άρθρο τα όσα φαίνεται να υπόσχεται ο τίτλος του θα προσπαθήσω να απαντήσω, σε τρία ερωτήματα που γεννούν οι παραπάνω επισημάνσεις, με την ακόλουθη σειρά:

1. με ποιους τρόπους οι κοινωνικο-πολιτισμικές ανακατατάξεις ενός περίπου αιώνα επέδρασαν πάνω στις γενικότερες εκπαιδευτικές στοχεύσεις και πρακτικές, μέρος των οποίων αναφέρεται στις ΦΕ και τις εργαστηριακές τους δραστηριότητες;
2. ποιες παρεμβάσεις των τεχνολογιών εμφανίζονται στη λειτουργία και τις σχέσεις των εκπαιδευτικών-επιστημονικών εργαστηρίων και των επαγγελματικών επιστημονικών δραστηριοτήτων;
3. πώς μεταβάλλονται οι πολιτικά και εκπαιδευτικά καθοδηγούμενες στοχεύσεις και χρήσεις των εργαστηριακών δραστηριοτήτων στους χώρους της τυπικής και μη γενικής εκπαίδευσης;

Τέλος, με βάση τις απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά σκοπεύω να υποστηρίξω ότι:

A. παρά την πάνω από έναν αιώνα εκπαιδευτική εμπειρία, το εργαστήριο ή το πείραμα στη γενική εκπαίδευση των πολιτών εξακολουθεί να πάσχει από την οντολογική «ασθένεια» που, (δες και την περίπτωση της Ελλάδας) έχει προκαλέσει σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης ο βαθιά ριζωμένος στον πολιτισμό μας Καρτεσιανός δυισμός: μια «ασθένεια» που περιθωριοποιεί τις δυνατότητες του εκπαιδευτικού εργαστηρίου μέσα σε ένα εκπαιδευτικό σύστημα που ξεχωρίζει και εκπαιδεύει κυρίως τα «μυαλά» ενώ αδιαφορεί επιδεικτικά και συστηματικά για τα «σώματα», καθώς και ότι,

B. το εκπαιδευτικό εργαστήριο των ΦΕ, απαλλαγμένο από τις νοητικές και παρεμβατικές προκαταλήψεις, τις σχετικές με την πεποίθηση για το αν ο ανθρώπινος «νους» είναι ή όχι λειτουργικά αναπόσπαστο μέρος του «σώματος», οφείλει να αποτελέσει οδηγό σε μια εξαιρετικά επείγουσα μετατροπή όλων, αν είναι δυνατόν, των γνωστικών αντικειμένων της γενικής εκπαίδευσης σε εργαστηριακές κατευθύνσεις. Μια μετατροπή που είναι πιθανό ότι θα μπορέσει να προσεγγίσει τους μαθητές ως νέους και όχι ως μελλοντικούς πολίτες και να τους διδάξει «ικανότητες». Τρόπους και τεχνικές χρήσης των γνώσεων σε παρεμβάσεις που τροποποιούν τον καθημερινό τους

«κόσμο» και όχι «αδρανείς» για την καθημερινότητά τους γνώσεις, με τις οποίες θα αναπαραστήσουν τον κόσμο τους όταν στο μέλλον γίνουν πολίτες (Whitehead, 1929)· με την ελπίδα ότι θα προλάβουμε ως κοινωνίες ανθρώπων να δημιουργήσουμε συνθήκες αξιοπρεπούς επιβίωσης πάνω στον πλανήτη, που αποσταθεροποιούμε συστηματικά και απρόβλεπτα, λόγω και της έλλειψης κατάλληλων ικανοτήτων.

ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΟΥ «SPUTNIK» ΣΤΗ ΔΙΑΦΑΙΝΟΜΕΝΗ «ΑΠΟ-ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΠΟΙΗΣΗ»: ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ

Για να απαντήσω στο πρώτο ερώτημα, θα περιοριστώ στην περίοδο που ξεκινά με το τέλος του δεύτερου παγκόσμιου πολέμου και φτάνει μέχρι τις μέρες μας. Ο λόγος γι' αυτή την επιλογή βρίσκεται στην εκτίμησή μου ότι οι κοινωνικο-πολιτισμικές ανακατατάξεις αυτής της περιόδου έχουν αφήσει σημαντικά και ευδιάκριτα σημάδια πάνω στις γενικότερες εκπαιδευτικές στοχεύσεις και πρακτικές της εποχής μας (δες π.χ. National Research Council, 2006)· σε αντίθεση, για παράδειγμα με την περίοδο του μεσοπολέμου, που τις παρακαταθήκες της, τις έσβησαν οι καταστροφές της δεκαετίας του 1940, σε βαθμό που όσες απ' αυτές ανασύρονται σήμερα από τη βιβλιογραφία να φαντάζουν ως καινοτόμες· δες για παράδειγμα τα ανεστραμμένα προγράμματα σπουδών -flipped curricula- του Dewey (Stoller, 2018).

Την περίοδο αυτή χωρίζω σε τρεις υπο-περιόδους: (Α) την περίοδο του Ψυχρού Πολέμου (ΨΠ), (Β) την περίοδο της Παγκοσμιοποίησης και (Γ) την τρέχουσα περίοδο της διαφανόμενης απο-παγκοσμιοποίησης.

Α. Στην Ελλάδα, η οποία εντάχθηκε στο αμερικανοκρατούμενο Δυτικό Μπλοκ, η εκπαιδευτική πολιτική την μεταπολεμική περίοδο του ΨΠ χαρακτηρίστηκε από το «πνεύμα» της «National Defense Education Act του 1958» (U.S. Congress, 1958), στην Αμερική του «Sputnik shock». Η πολιτική αυτή κινήθηκε στην κατεύθυνση: εκπαιδεύουμε τους μαθητές της Γενικής Εκπαίδευσης για να αναπτύξουμε την πολεμική-αμυντική ικανότητα της χώρας, μέσω της ανάπτυξης των Επιστημών, των Μαθηματικών, των ξένων γλωσσών και ασφαλώς των Πανεπιστημίων/ Κολεγίων που θεραπεύουν τις «θετικές επιστήμες»· χωρίς, κατά το δυνατόν, κοινωνικούς αποκλεισμούς, επειδή τα «ταλέντα» μπορεί να προέλθουν και από τις κατώτερες κοινωνικές-οικονομικές τάξεις (Ebert-Flattau et.al., 2006). Η πολιτική αυτή εφαρμόστηκε με μεγάλη επιτυχία στην Ελλάδα, (α) μέσω της υποχρεωτικής δωρεάν εκπαίδευσης για όλους τους πολίτες, σε ένα επιστημονικό, κατά το δυνατόν, περιεχόμενο σπουδών γενικής εκπαίδευσης (για παράδειγμα, το περιεχόμενο για τις ΦΕ συγκροτήθηκε με βάση το περιεχόμενο των εισαγωγικών πανεπιστημιακών μαθημάτων) και (β) των Πανελληνίων Εξετάσεων. Στην Αμερική, η συμμετοχή φοιτητών από χαμηλά κοινωνικο-οικονομικά στρώματα προωθήθηκε μέσω «φοιτητικών δανείων», που κατέστρεφαν και εξακολουθούν να καταστρέφουν οικονομικά και εκ των υστέρων, τους μη ιδιαίτερα επιτυχημένους επαγγελματικά επιστήμονες, που τα πήραν ως φοιτητές.

Στην Ελλάδα, διατηρούμε στην πράξη μέχρι σήμερα και επεκτείνουμε πολλά από τα χαρακτηριστικά αυτής της εκπαιδευτικής προσαρμογής. Δες για παράδειγμα την πρόσφατη καθιέρωση διαδικασιών Πανελληνίων Εξετάσεων για την εισαγωγή μαθητών στα Πρότυπα Γυμνάσια ή την αντίστοιχη διαδικασία επιλογής εργαζομένων στον δημόσιο τομέα (εξετάσεις ΑΣΕΠ). Διατηρούμε επίσης την «επιστημοσύνη» του περιεχομένου των «πρωτευόντων μαθημάτων» που διδάσκονται στη Γενική Εκπαίδευση και εξετάζονται γραπτά στις Πανελλήνιες Εξετάσεις για την εισαγωγή στα Πανεπιστήμια: εξετάσεις που στην εποχή τους λειτούργησαν, σε σημαντικό βαθμό δημοκρατικά, συμπεριληπτικά και προοδευτικά ενώ στις μέρες μας χαίρουν καθολικής κοινωνικής εκτίμησης, επειδή εξακολουθούν να εφαρμόζονται με απολύτως αδιάβλητες διαδικασίες.

Β. Η μετά την κατάρρευση του σοσιαλιστικού μπλοκ περίοδος της κυριαρχίας της νεοφιλελεύθερης πολιτικής της παγκοσμιοποίησης, οδήγησε σε μια σειρά από εκπαιδευτικές προσαρμογές, με «πρωτοπόρο» τον νόμο για την εκπαίδευση του 1988, που εισήχθη από την κυβέρνηση Θάτσερ στο Ηνωμένο Βασίλειο (Fisher, 2008). Προσαρμογές που μέρος τους επιχειρούμε να εφαρμόσουμε καθυστερημένα, αυτή την εποχή, στην Ελλάδα: μια ιδιόρρυθμη «συνήθεια» του Ελληνικού πολιτικού συστήματος το οποίο πολλές φορές «καταφέρνει» να μεταφέρει άκριτα και να ενεργοποιεί στον τόπο μας «καινοτομίες», με τέτοια όμως καθυστέρηση που τις αποδιοργανώνει... Η «συνήθεια» αυτή δεν βγαίνει συνήθως σε κακό. Οι ικανότητες αυτοοργάνωσης της Ελληνικής κοινωνίας είναι απίστευτα αποδοτικές: προσάρμοσαν, για παράδειγμα, τις Αμερικανικής προέλευσης μεταπολεμικές εκπαιδευτικές αλλαγές με έναν κοινωνικά δίκαιο τρόπο, χωρίς για παράδειγμα να παγιδεύουν με δάνεια τους μελλοντικούς επιστήμονες και καθυστέρησε τις επερχόμενες αλλαγές της παγκοσμιοποίησης, μέχρι που τα σημάδια της αποτυχίας τους άρχισαν να είναι ορατά.

Συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικές μεταβολές που επιχείρησε η (νέο)φιλελεύθερη παγκοσμιοποίηση του τέλους της δεκαετίας του 1980, αρχές του 1990, ήταν σαρωτικές και κινήθηκαν κάτω από την πίεση μιας περίπου παγκόσμιας μετατόπισης της προσέγγισης του κοινωνικού εγχειρήματος της εκπαίδευσης (γενικής και τριτοβάθμιας), από τον προσανατολισμό της ως «υποχρέωσης των θεσμών» και «δικαιώματος των πολιτών», στον οικονομικό προσανατολισμό της κερδοφόρου «επένδυσης». Μια μετατόπιση που σχολιάζεται αναλυτικά στο κείμενο της UNESCO (2015), *Rethinking Education. Towards a global common good?*

Τα χαρακτηριστικά αυτής της οικονομικά κατευθυνόμενης και παγκόσμιας μετατόπισης των εκπαιδευτικών προσαρμογών καθώς και κάποιες πιθανές αρνητικές συνέπειές τους ήταν, σε συντομία, τα ακόλουθα (Sahlberg, 2016):

1. Ανάπτυξη ανταγωνισμού με προώθηση εταιρικών μοντέλων για την ανάπτυξη της εκπαίδευσης και την καθιέρωση των αλλαγών της: Ο ανταγωνισμός λειτουργεί ως μηχανισμός της αγοράς που μπορεί να εφαρμοστεί και στην εκπαίδευση βελτιώνοντας την κερδοφορία αλλά και την ποιότητα. Η υπόθεση αυτή οδηγεί σε προσαρμογή των εθνικών εκπαιδευτικών πολιτικών στις «αρχές της αγοράς», με τις αλλαγές να καθοδηγούνται από μοντέλα ή καινοτομίες του εταιρικού κόσμου (δες π.χ. Giroux,

1999· Ryan, 2001). Για παράδειγμα, αν ανοίξουμε τη «σχολική αγορά» σε επιχειρήσεις παρόχων διαφοροποιημένων υπηρεσιών σχολικής εκπαίδευσης (π.χ. charter schools, free schools, independent schools... ή ιδιωτικά, πειραματικά, πρότυπα σχολεία...) και κυρίως αν θεσμοθετήσουμε τη δυνατότητα επιλογής του σχολείου από τους γονείς, είναι περίπου βέβαιο ότι θα ενισχυθεί ο ανταγωνισμός μεταξύ των σχολείων και των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Πιθανές αρνητικές συνέπειες: είναι πιθανό ότι θα αυξηθούν οι προσπάθειες για αναβάθμιση της ατομικής/ προσωπικής «αριστείας» (του σχολείου, του εκπαιδευτικού ή του μαθητή), προκαλώντας παράλληλη υποβάθμιση των ευκαιριών συνεργασίας και ανάπτυξης των σχετικών με αυτή ικανοτήτων. Ο αυξανόμενος, δηλαδή, ανταγωνισμός μεταξύ των σχολείων συνδέεται με προσπάθειες για προσέλκυση πόρων και περιορίζει τις ευκαιρίες συνεργασίας, ανταλλαγής ιδεών και αλληλοβοήθειας. Ταυτόχρονα, οι κουλτούρες της δ-μ στα ανταγωνιζόμενα σχολεία επηρεάζονται στην ίδια κατεύθυνση, έτσι ώστε η συνεργατική μάθηση και η συνεργατική επαγγελματική ανάπτυξη να μην αποτελούν κεντρικές αξίες, με τη σχολική επιλογή να οδηγεί σε διακρίσεις μεταξύ μαθητών και δασκάλων που είναι επιβλαβείς για την ισότητα στην εκπαίδευση (δες π.χ. Brathwaite, 2017· Hursh & Martina, 2014).

2. Τυποποίηση διδασκαλίας και μάθησης: Για να λειτουργεί (παγκόσμια αν είναι δυνατόν) ο ανταγωνισμός, χρειάζονται σαφή, αντικειμενικά, διεθνή και εκ των προτέρων καθορισμένα κριτήρια σύγκρισης των αποτελεσμάτων. Γι' αυτό καθορίζονται κεντρικά σαφή και υψηλά πρότυπα απόδοσης (standards) για όλα τα σχολεία, τους δασκάλους και τους μαθητές τους, που καθοδηγούν τους στόχους για τη βελτίωση της ποιότητας και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων ενώ παράλληλα, τα διεθνώς αναγνωρισμένα κριτήρια, διευκολύνουν και τη διεθνή κινητικότητα.

Πιθανές αρνητικές συνέπειες: Η τυποποίηση προσανατολίζει την εκπαίδευση στην κατεύθυνση της αναπαραγωγής κυρίως γνώσεων, που μπορούν να ελεγχθούν μέσω τεστ, εις βάρος των ικανοτήτων δημιουργίας και καινοτομίας, που δεν μπορούν. Επιπλέον, αλλάζει τη δυναμική της διδασκαλίας από μια ανοιχτή, μη γραμμική διαδικασία αμοιβαίας εξερεύνησης με πολλές φορές απρόβλεπτα μαθησιακά αποτελέσματα (π.χ. καινοτόμα ή δημιουργικά), σε γραμμική διαδικασία με αιτιωδώς μονοσήμαντα και αναμενόμενα αποτελέσματα. Αυτό περιορίζει τις προσεγγίσεις διαφοροποίησης και συμπερίληψης, ελαχιστοποιεί την ανάληψη ρίσκου στη διδασκαλία και την προσανατολίζει προς τη χρήση μεθόδων που προσβλέπουν στην επιτυχία των μαθητών στα τεστ και όχι στην πολύπλευρη κατανόηση του περιεχομένου (δες π.χ. Posner, 2004· Longo, 2010· Volante, 2004).

3. Επικέντρωση στη γλώσσα, τα μαθηματικά και την επιστήμη: Οι βασικές γνώσεις και δεξιότητες στην ανάγνωση, τη γραφή, τα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες χρησιμεύουν ως πρωταρχικοί στόχοι της παγκόσμιας εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης. Αυτά τα αντικείμενα καθορίζουν τη θέση μιας χώρας στους πίνακες διεθνών «πρωταθλημάτων» εκπαίδευσης (δες προγράμματα PISA, TIMMS...). Η υπόθεση που δικαιολογεί την εστίαση σε αυτά τα «βασικά αντικείμενα» βρίσκεται στην εμπειρικά επιβεβαιωμένη, θετική συσχέτιση μεταξύ της επίδοσης ενός μαθητή στη γλώσσα και

τα μαθηματικά και τη γενικότερη ακαδημαϊκή του επιτυχία (δες π.χ. Sellar & Lingard, 2014).

Πιθανές αρνητικές συνέπειες: Σημαντικότερη είναι η περιθωριοποίηση στα προγράμματα σπουδών και στα περισσότερα μέρη του κόσμου, των κοινωνιολογικών και πολιτισμικών γνωστικών αντικειμένων. Ως αποτέλεσμα, το προφίλ των σχολείων γενικής εκπαίδευσης τείνει να γίνει περίπου ακαδημαϊκό και το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη «ολόκληρης» της προσωπικότητας του παιδιού υποβαθμίζεται, λόγω της μείωσης του χρόνου για ενασχόληση με τις τέχνες, τη μουσική, το θέατρο, τα αθλήματα, τις κοινωνικές δράσεις, τα πολιτικά και οικονομικά προβλήματα κ.ο.κ.

4. Τυποποιημένη λογοδοσία εκπαιδευτικών: Στηρίζεται στις επιδόσεις των σχολείων και την αύξηση των επιδόσεων των μαθητών και πραγματοποιείται με διαδικασίες αξιολόγησης, επιθεώρησης και επιβράβευσης σχολείων και δασκάλων (δες π.χ. Cochran-Smith, Piazza & Power, 2012). Οι τυποποιημένες δοκιμές έχουν κεντρικό στόχο την παραγωγή δεδομένων προς σύγκριση. Όσοι επικρατούν κερδίζουν συνήθως οικονομικές ανταμοιβές, ενώ τα σχολεία και οι εκπαιδευτικοί που αποτυγχάνουν αποδοκιμάζονται ή τιμωρούνται ποικιλοτρόπως.

Πιθανές αρνητικές συνέπειες: Η κυριαρχία της αξιολόγησης-βαθμολόγησης-σειροθέτησης των εκπαιδευτικών μονάδων και των ανθρώπινων παραγόντων, ως κατευθύνουσα μεταβλητής του εκπαιδευτικού συστήματος, ωθεί προς στόχους χειραγώγησης, εις βάρος του περιεχομένου, που θα έπρεπε να αποτελεί την κατευθύνουσα μεταβλητή (θα έπρεπε να μας απασχολεί πρωτίστως το *τι θα μάθουν τα παιδιά μας και όχι τι βαθμό θα πάρουν αυτά και οι εκπαιδευτικοί τους*). Όταν το διακύβευμα της λογοδοσίας είναι υψηλό, μετασχηματίζει τη διδασκαλία στην κατεύθυνση ανάπτυξης δεξιοτήτων επιτυχίας στα τεστ και τις αναφορές αξιολόγησης. Ενδέχεται επίσης να αυξήσει το «μαγείρεμα» στα τεστ και τις αναφορές, εάν το διακύβευμα περιλαμβάνει ανταμοιβές ή κυρώσεις για τους δασκάλους ή το σχολείο. Αυτό έχει αυξήσει τη γραφειοκρατία, επειδή η ποιοτική και ασφαλής διαχείριση των δεδομένων απαιτεί περισσότερους πόρους. Μπορεί επίσης να αυξήσει τις διδασκαλίες που στοχεύουν στην «επίδειξη» καλών πρακτικών από τους εκπαιδευτικούς αντί να βοηθάει πραγματικά τους μαθητές να μάθουν (Cochran-Smith, Piazza & Power, 2012). Περιορίζει, δηλαδή, την εστίαση στην παιδαγωγική και ενθαρρύνει την ανάπτυξη τυποποιημένων και προβλέψιμων, αλλά ασφαλών συμπεριφορών ή την επίδειξη και όχι την άσκηση ικανοτήτων από τους εκπαιδευτικούς.

Γ. Οι αρνητικές συνέπειες των (νέο)φιλελεύθερων εκπαιδευτικών μετασχηματισμών της παγκοσμιοποίησης άρχισαν να εμφανίζονται σημάδια αποδιοργάνωσης του εκπαιδευτικού τοπίου (δες π.χ. Gandolfi, 2024) με την οικονομική κρίση του 2008-2010, όπου η αποδοτικότητα των εκπαιδευτικών επενδύσεων δοκιμάστηκε μέσα στο γενικότερο αρνητικό οικονομικό περιβάλλον. Με την εμφάνιση της πανδημίας που ακολούθησε, οι εκπαιδευτικοί μετασχηματισμοί δέχτηκαν δύο ακόμη πλήγματα. Ο έλεγχος των συνόρων και ο περιορισμός των διεθνών ανταλλαγών για δύο τουλάχιστον χρόνια, ανέβασαν το κλίμα του προστατευτισμού, που είχε ήδη πυροδοτήσει η οικονομική κρίση (Zahoor et. al., 2023), και στα κρατικά εκπαιδευτικά συστήματα.

Επιπλέον, η ελεγχόμενη και φυσιολογική για τους επιστήμονες αβεβαιότητα των επιστημονικών προβλέψεων και οδηγιών για το ιατρικό σκέλος της πανδημίας, δημιούργησαν υποψίες στο ευρύ κοινό σχετικές με τον επικοινωνιακό μύθο της «παντογνώστριας επιστήμης», καθώς και την κερδοσκοπική διάσταση της χρήσης των επιστημονικών γνώσεων και τεχνημάτων (δες π.χ. Nowotny et. al., 2001·Rayner, 2012·Saltelli, 2023). Η υποψία αυτή ενισχύθηκε τα αμέσως επόμενα χρόνια, εξαιτίας της εμφάνισης των πρώτων ισχυρών ενδείξεων μιας επερχόμενης, μάλλον καταστροφικής και μη ακριβώς προβλέψιμης ή αντιμετωπίσιμης κλιματικής αλλαγής· γεγονός που εδραίωσε τη γενικότερη άποψη ότι τα αναπαραγόμενα μέσω της εκπαίδευσης περιεχόμενα των σημαντικών επιστημονικών γνωστικών αντικειμένων είναι μάλλον άχρηστα, μιας και είναι αμφίβολο για το αν θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους πολίτες για τη διαχείριση ενός «άγνωστου» και για τους επιστήμονες, μέλλοντος. Τα «γιατρικά» των καινοτομιών, της δημιουργικότητας, ακόμη και των «ικανοτήτων κλιματικής αλλαγής» (δες π.χ. Bianchi, Pisiotis & Cabrera Giraldez, 2022), μάλλον φοβίζουν παρά καθησυχάζουν τον καθημερινό πολίτη, ο οποίος έχει μάθει να αναζητά στη γενική εκπαίδευση κάποιες βεβαιότητες, που ανεξάρτητα από το πόσο τις κατανοεί, πιστεύει ότι υπάρχουν και εξασφαλίζουν το μέλλον του. Τέλος, οι «παγκόσμιες», περισσότερο ή λιγότερο (νεο)φιλελεύθερες εκπαιδευτικές οδηγίες του ΟΟΣΑ, της Παγκόσμιας τράπεζας (δες π.χ. Mahon, 2010) ή ακόμη και της ΕΕ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2012), φαντάζουν ελάχιστα αξιόπιστες μπροστά στον κρατικό προστατευτισμό, τον ανερχόμενο εθνικισμό και την κρατική περιχαράκωση που επέβαλαν, πέραν των άλλων και οι σύγχρονοι και απειλητικοί πόλεμοι στην Ευρώπη και τη Μέση Ανατολή.

Το παραπάνω τοπίο μιλά για την πιθανή έναρξη μιας νέας εποχής απο-παγκοσμιοποίησης, για την οποία τα εκπαιδευτικά συστήματα δείχνουν απροετοίμαστα. Το αποτέλεσμα είναι κάποιιοι, όπως οι Γερμανοί, να εισάγουν στα σχολεία τους μαθήματα «πολέμου», κάποιιοι να προσανατολίζονται προς μια εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή και κάποιιοι άλλοι, όπως οι Έλληνες, να προωθούν με καθυστέρηση τις εκπαιδευτικές πολιτικές μιας μάλλον «υπό απόσυρση» παγκοσμιοποίησης.

ΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ, ΟΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥΣ

Για την ανάπτυξη αυτού του κεφαλαίου θα χρησιμοποιήσω ως βάση το παλιό κείμενό μου *Δοκίμη και πλάνη. Το εργαστήριο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, (2002), παρεμβαίνοντας, συμπληρώνοντας και αναθεωρώντας κάποια συμπεράσματά του, κυρίως σε ότι αφορά τη συμβολή της Τεχνολογίας. Μιας Τεχνολογίας, που συζητείται στα Μέσα Επικοινωνίας και όχι μόνον, ως «Νέα», ως εάν να εμφανίστηκε μαζί με τις εφαρμογές του διαδικτύου, λειτουργώντας ως αυτόνομη οντότητα και όχι ως μέσο ή οικονομικός πόρος· ως «υποκείμενο» ανεξάρτητο από ανθρώπινους στόχους, αξίες και επιδιώξεις, που μπορεί να φέρει την 4^η βιομηχανική επανάσταση (δες π.χ. Moll, 2021), να «μας σώσει», να «μας καταστρέψει», να «μας μετακομίσει» σε άλλον πλανήτη κ.ο.κ.

Μια μυθολογία αντίστοιχη με αυτή που περιέβαλε μεταπολεμικά την Επιστήμη, μετατρέποντάς τη σε «θεολογία» και δημιουργώντας τη μεταφυσική εικόνα ενός «θεού», που το μυαλό του αποτελούσε η Επιστήμη, η οποία γνώριζε την «πραγματικότητα» και προέβλεπε το μέλλον και το χέρι του η Τεχνολογία, που μπορούσε να αλλάξει και να διορθώσει τα πάντα.

Σε πρώτο λοιπόν επίπεδο θα ασχοληθώ σύντομα με την Τεχνολογία, αποσαφηνίζοντας το τι εννοώ όταν την αναφέρω. Εδώ, αντλώ από τις θέσεις που προβάλλει ο Eric Schatzberg, (2024) στο «μανιφέστο» του (σσ.321-328), στο πρόσφατα μεταφρασμένο στα Ελληνικά βιβλίο του *Τεχνολογία. Κριτική ιστορία μιας έννοιας*. Στη συνέχεια θα αναφερθώ στις Εργαστηριακές Επιστήμες, που σε πείσμα των λογίων και των ακαδημαϊκών, δεν λειτούργησαν ποτέ χωρίς τη συνεργασία της Τεχνολογίας, ούτε ασχολήθηκαν με ζητήματα όπως η ανωτερότητα των αναπαραστάσεων του ανθρώπινου νου απέναντι στα αποτελέσματα-προϊόντα των κατευθυνόμενων επίσης από ανθρώπους, υλικών και κοινωνικών, παρεμβάσεων.

Σε ότι λοιπόν αφορά την Τεχνολογία, θεωρώ σαφές ότι αυτή αποτελεί ένα είδος *Τέχνης*, με την παλαιότερη σημασία του όρου, όταν η Τέχνη δεν σήμαινε μόνον τις Καλές Τέχνες (Schatzberg, 2024). Πρόκειται για μια θεώρηση, που βλέπει την Τεχνολογία ως αναπόσπαστο κομμάτι του πολιτισμού· από τον πιο παλιό ως τον πιο πρόσφατο. Μια έκφραση ανθρώπινων επιδιώξεων και αξιών, και καλών και κακών, και δημιουργικών και καταστροφικών, και της αγάπης και του μίσους, και της ειρήνης και του πολέμου (σ. 324). Ως εκ τούτου δεν είναι δόκιμο να την αντιμετωπίσουμε εργαλειακά· ως μια διαδικασία, δηλαδή, εύρεσης του καλύτερου μέσου για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου. Είναι πολιτισμική δραστηριότητα, που διατρέχεται από τα δικά της «πρέπει», τα οποία προκύπτουν από συνειδητό ανθρώπινο έλεγχο. Με βάση αυτή την πολιτισμική προσέγγιση, η Τεχνολογία περιλαμβάνει και τις «βιομηχανικές τέχνες», που μετασχημάτισαν και εξακολουθούν να μετασχηματίζουν τον υλικό κόσμο· περιλαμβάνει και τις «τεχνικές» που αναφέρονται στις προσωπικές δεξιότητες και τις διαδικασίες που χρειάζονται για την επίτευξη κάποιου στόχου (σσ. 322-323). Περιλαμβάνει επίσης και τις τεχνικές που επιτρέπουν στις γνώσεις που μαθαίνουμε να εφαρμοστούν αποτελεσματικά στην πράξη (Whitehead, 1929)· είναι δηλαδή συνιστώσα και των «ικανοτήτων» που αποκτούμε μέσω της εκπαίδευσης. Και αν η ανθρωπότητα αντιμετωπίζει σοβαρές απειλές (από την πυρηνική απειλή μέχρι την υπερθέρμανση του πλανήτη), εξαιτίας επιλογών ενσωματωμένων στις Τεχνολογίες, δεν είναι οι Τεχνολογίες που τις προκάλεσαν και τις συντηρούν· είναι οι ανθρώπινες επιλογές.

Επίσης, ενδιαφέρει το πώς μπορούμε να κατανοήσουμε τη σχέση της Τεχνολογίας με την Επιστήμη. Η κατανόηση αυτή περιλαμβάνει κατά την άποψή μου δύο βήματα. Στο πρώτο πρέπει να ξαναθυμηθούμε ότι οι παραδοσιακές τεχνικές που αποτελούν από πάντα μέρος της Επιστήμης αποτελούν και μέρος της Τεχνολογίας. Στο δεύτερο, να προσέξουμε και να μην παρασυρθούμε από τα εκπαιδευτικά σλόγκαν της εποχής, που κατηγοριοποιούν τα μαθησιακά αποτελέσματα σε γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες, αποβάλλοντας από το πεδίο ηθικές αρχές και αξίες· οι παραδοσιακές τέχνες, για

παράδειγμα, δεν μπορούν να αναχθούν σε χειρωνακτικές δεξιότητες, γιατί προϋποθέτουν πάντα γνωστικές κρίσεις που στηρίζονται σε ηθικές αρχές και αξίες.

Με δεδομένες τις παραπάνω παραδοχές, μπορούμε να περάσουμε στο πεδίο των «εργαστηριακών επιστημών». Με το πεδίο αυτό έχω ασχοληθεί τόσο επιστημολογικά όσο και εκπαιδευτικά-διδασκτικά. Αποτέλεσε επιπλέον το πεδίο όπου ασκήθηκα και πραγματοποίησα τις διδακτορικές μου σπουδές στη Φυσική. Αυτό που εκ των υστέρων μπορώ να διαπιστώσω είναι το ότι ο ακαδημαϊκός χώρος εντός του οποίου έπρεπε να παρουσιάσω τα οποιαδήποτε αποτελέσματα της δουλειάς μου φιλτράριζε και έστελνε στα «άχρηστα» όλες σχεδόν τις τεχνολογικές μου εμπειρίες. Η κατασκευή, για παράδειγμα, της συσκευής που χρησιμοποίησα για την παραγωγή των δεδομένων της διδακτορικής μου εργασίας με απασχόλησε για περίπου δύο χρόνια· και η περιγραφή της στο διδακτορικό πραγματοποιήθηκε μέσα σε μισή σελίδα! Όλη η «βιομηχανικού τύπου» τέχνη, που χρησιμοποίησα, δεν κοινοποιήθηκε ποτέ. Το ίδιο συνέβη και με τις τεχνικές και τις διαδικασίες που χρειάστηκαν για να παραχθούν εργαστηριακά τεκμήρια συγκρίσιμα με δημοσιευμένα θεωρητικά μοντέλα· το διδακτορικό δεν περιλάμβανε κάποιο κεφάλαιο σχετικό με την «αυτονόητη» μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών!

Έτσι, όταν πριν από 20 και πλέον χρόνια ξεκίνησα, για εκπαιδευτικούς λόγους, να ασχολούμαι με την αναπαράσταση της «ζωής» και του «πολιτισμού» των εργαστηριακών επιστημών (δες π.χ. Τσελφές, 2002, 2003) η πιο βολική αναφορά που βρήκα ξεκινούσε από το κείμενο της «ταξινόμιας των οντοτήτων της εργαστηριακής πρακτικής», του I. Hacking (1992). Σύμφωνα με αυτήν την ταξινόμια, η επιστημονική δραστηριότητα των εργαστηριακών επιστημών (επιστημών που «κατασκευάζουν» στο εργαστήριο τα κομμάτια του κόσμου που μελετούν) έχει μια σχετικά αυτόνομη «εσωτερική ζωή». Η «ζωή» αυτή διαθέτει μια ελάχιστη εσωτερική δυναμική που δεν αλλοιώνεται ή αλλοιώνεται ελάχιστα, από τις όποιες εξωτερικές (κοινωνικές ή παραδοσιακές) σχέσεις. Ακολουθώντας τις περιγραφές του Hacking (1992, σσ.43-50) και μετασηματίζοντάς τες στην κατεύθυνση της διδακτικής αναπλαισίωσης, που τελικά με ενδιέφερε, περιέγραψα την εσωτερική αυτή «ζωή» ως εξής (Τσελφές, 2002, 2003):

Στο εσωτερικό της δραστηριότητας των εργαστηριακών επιστημών οι επιστήμονες διαχειρίζονται τρεις σημαντικές κατηγορίες οντοτήτων, οι οποίες αλληλεπιδρούν δυναμικά μεταξύ τους και μπορούν να μετασηματίζουν η μια την άλλη. Οι οντότητες αυτές είναι:

A. Οι «ιδέες», οι σχετικές με το φυσικό φαινόμενο που μελετάται. Εδώ μπορούν να ενταχθούν οντότητες όπως τα ερωτήματα, οι θεμελιώδεις πεποιθήσεις και γνώσεις (που χωρίς αυτές δεν νοείται επιστήμη, αλλά και που παράλληλα, επειδή θεωρούνται δεδομένες, δεν αναφέρονται συστηματικά), οι θεωρητικές έννοιες, η συστηματική θεωρία, τα θεωρητικά μοντέλα, οι τοπικές υποθέσεις, τα μοντέλα των συσκευών, κ.λπ.

B. Οι οντότητες του υλικού «κόσμου», όπως το δείγμα, οι πηγές των τροποποιήσεων (συσκευές που επηρεάζουν, μεταβάλλουν ή αλληλεπιδρούν με το δείγμα), οι ανιχνευτές των τροποποιήσεων, τα εργαλεία, οι γεννήτριες των δεδομένων (μπορεί να

είναι από τον πειραματιστή μέχρι τα καταγραφικά, τις φωτογραφικές μηχανές ή τα «σκάνερς»), καθώς και τα «ακατέργαστα δεδομένα» (Hacking 1992, σ.44). Τα τελευταία είναι ότι παράγουν οι γεννήτριες των δεδομένων. Είναι τα ανερμήνευτα σημάδια, τα γραφήματα των μεταβολών με το χρόνο, οι φωτογραφίες, κ.λπ. Τα δεδομένα κατασκευάζονται στο εργαστήριο. Δεν «δίνονται» από τη φύση. Είναι η υλική παραγωγή των συσκευών (Ackermann 1985). Υλικές οντότητες και ακατέργαστα δεδομένα δίνουν υπόσταση στο φαινόμενο μέσα στον πραγματικό κόσμο – μέρος του οποίου είναι και ο ίδιος ο επιστήμονας.

Γ. Τα «τεκμήρια» που θεωρούνται ή παρουσιάζονται ως κατάλληλα από τον επιστήμονα και συνυπάρχουν με τον τρόπο κατασκευής τους. Τεκμήρια μπορούν να αποτελούν τα εκτιμημένα δεδομένα (ότι απομένει μετά την εκτίμηση των σφαλμάτων), τα ανηγμένα δεδομένα (ότι απομένει μετά την αναγωγή ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων), τα αναλυμένα δεδομένα (ότι επιλέγεται από τα δεδομένα στη βάση της υπόθεσης ή της ερώτησης), τα προς ερμηνεία δεδομένα (ότι από τα αναλυμένα δεδομένα μπορεί να συνδεθεί με κάποια στοιχεία της συστηματικής θεωρίας), κ.ο.κ.

Οι ιδέες και τα τεκμήρια είναι οντότητες που αναπαριστούν το εργαστηριακό φαινόμενο. Ταυτόχρονα ερμηνεύουν ή εγκυροποιούν οι μεν τα δε. Είναι οντότητες του γνωστικού κόσμου μέσω των όποιων αναπαρίστανται τα φαινόμενα του «πραγματικού» κόσμου. Οι επιστήμονες επικοινωνούν μέσω των ιδεών και των τεκμηρίων όταν συζητούν τις προβλέψεις τους, τις ερμηνείες των φαινομένων ή την εγκυρότητά τους. Εδώ, χρησιμοποιούν την επιστημονική γλώσσα η οποία, όπως κάθε γλώσσα, είναι συμβολική. Από την άλλη μεριά, το φαινόμενο σαν μέρος του υλικού κόσμου είναι πάντα παρόν στο εργαστήριο και με ένα διαφορετικό τρόπο. Ο επιστήμονας παρεμβαίνει (Hacking 1995) και κάνει τα πράγματα να «δουλέψουν» με τον ένα ή τον άλλο τρόπο, αλλά το πραγματικό / υλικό μέρος του φαινομένου, που δεν μπορεί να μιλήσει για τον εαυτό του, δεν «υποτάσσεται» υποχρεωτικά σε οποιαδήποτε ιδέα ή αναμενόμενο τεκμήριο. Επιστήμονες και τεχνικοί επικοινωνούν, επίσης και κατά τη διάρκεια των παρεμβατικών δραστηριοτήτων, χρησιμοποιώντας όρους που αναφέρονται σε οντότητες του υλικού κόσμου και σε τεχνικές με τις οποίες μπορούν να τις χειριστούν. Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιούν μια άλλη γλώσσα που θα μπορούσαμε να την πούμε τεχνική. Η γλώσσα αυτή δεν έχει σχέση με την επιστημονική και είναι κατά κανόνα ανεξάρτητη από τις ιδέες που εμπλέκονται με τον εκάστοτε πειραματισμό (Radder 1996). Θεωρώ ότι και μόνο η ύπαρξη αυτής της γλώσσας φανερώνει τη σημασία των παρεμβάσεων στο πλαίσιο της επιστημονικής δραστηριότητας.

Έτσι, ο πειραματισμός είναι επιτυχής, όχι όταν οι ιδέες συμφωνούν απλά με τα τεκμήρια, αλλά όταν ταιριάζουν μεταξύ τους οι ιδέες, η υλική κατασκευή και τα τεκμήρια. Αυτό μπορεί να γίνει με μια ποικιλία από τρόπους: είτε κατασκευάζοντας τα κατάλληλα τεκμήρια (π.χ. επιλέγοντας μεθόδους διαχείρισης των ακατέργαστων δεδομένων), είτε αλλάζοντας κάποιες από τις ιδέες, είτε παρεμβαίνοντας στον υλικό κόσμο και κατασκευάζοντας καινούρια κομμάτια του (π.χ. νέες συσκευές μέτρησης που παράγουν διαφορετικού τύπου ακατέργαστα δεδομένα), είτε, τέλος, με κάποιο

συνδυασμό των προηγούμενων. Έτσι, στην εργαστηριακή πρακτική τα προβλήματα της φιλοσοφικής επαγωγής (οι θεωρίες καθοδηγούνται από την παρατήρηση) και της φιλοσοφικής παραγωγής (οι παρατηρήσεις καθοδηγούνται από τη θεωρία) χάνουν τη σημασία τους. Μεταξύ ιδεών και τεκμηρίων μπορεί κανείς να δημιουργεί σχέσεις χρησιμοποιώντας πότε την επαγωγή (για να επικυρώσει κάποιες ιδέες) και πότε την παραγωγή (για να ερμηνεύσει κάποια τεκμήρια). Αλλά το ουσιαστικό δέσιμο ιδεών και τεκμηρίων γίνεται με την κατασκευή του κατάλληλου κομματιού υλικής «πραγματικότητας». Επιπλέον, στο εσωτερικό της εργαστηριακής πρακτικής και η Ποππεριανή διάψευση αποκτά διαφορετική σημασία από την φιλοσοφική: αν ένα τεκμήριο διαψεύδει μια θεωρητική ιδέα, τότε ίσως κάποιος μπορεί, παρεμβαίνοντας στον υλικό κόσμο, να κατασκευάσει μια νέα υλική «πραγματικότητα» που να του δίνει τεκμήρια κατάλληλα για τη διάσωση της ιδέας.

Πού βρίσκονται όμως οι τεχνολογικές συνιστώσες στο παραπάνω σχήμα; Μια προσεκτική ματιά απαντά: παντού. Και γιατί δεν διακρίνονται στις περιγραφές που προηγήθηκαν; Γιατί η ματιά του παραπάνω σχήματος είναι εξωτερική του πεδίου άσκησης των εργαστηριακών επιστημών ενώ οι κάθε μορφής τεχνολογίες λειτουργούν εσωτερικά: τις «βλέπουν», δηλαδή, τις κατανοούν και μπορούν να μιλήσουν γι' αυτές τα δρώντα υποκείμενα που προσπαθούν να διαχειριστούν τις ιδέες, τα τεκμήρια, τους υλικούς κόσμους και τις μεταξύ τους συνδέσεις. Γιατί, η Τεχνολογία ως «τεχνική» βρίσκεται μέσα στις «ιδέες»: στην υπόρρητη γνώση που μας καθοδηγεί στο πώς να κατασκευάσουμε ερωτήματα, πώς να φιλτράρουμε από τις πεποιθήσεις μας τις κατάλληλες και να απορρίψουμε αυτές που λειτουργούν ως προκαταλήψεις, με ποιον τρόπο να κατανοήσουμε έννοιες και μοντέλα, πώς να στήσουμε τις προς έλεγχο υποθέσεις μας, πώς να εννοιολογήσουμε τα κατάλληλα για τη δουλειά μας μοντέλα των οργάνων μέτρησης που θα επιλέξουμε κ.ο.κ. Βρίσκεται και μέσα στα «τεκμήρια»: εντοπίζεται στις «τεχνικές» της εκτίμησης των σφαλμάτων, της ανάλυσης των δεδομένων, της ερμηνείας τους και της εκτίμησης των ορίων της κ.ο.κ. Βρίσκεται μέσα στον «κόσμο» των αλληλοεπιδρώντων υλικών και ανθρώπινων οντοτήτων. Εδώ η Τεχνολογία λειτουργεί περισσότερο με τη συνιστώσα της «βιομηχανικής τέχνης»: είναι αυτή που επιτρέπει τις παντός τύπου κατασκευές συσκευών, δεδομένων, μετρητικών διατάξεων. Καινούργιων, πρωτότυπων κομματιών του υλικού κόσμου, που αν κάποια στιγμή φανεί ότι μπορούν να βγουν και στην «αγορά», άσχετα από τον λόγο για τον οποίο κατασκευάστηκαν, θα βρεθούν να αναπαράγονται βιομηχανικά και να εκτίθενται στα ράφια των πολυκαταστημάτων. Όμως, πάνω απ' όλα, βρίσκεται μέσα στις προσπάθειες αποκατάστασης συνδέσεων μεταξύ ιδεών, τεκμηρίων και υλικών κόσμων ενώ σε ακαδημαϊκό επίπεδο θα βρούμε περιγραφές των εκδοχών της και της κουλτούρας της σε κείμενα που ερευνούν τη φιλοσοφία/ επιστημολογία/ κοινωνιολογία της επιστημονικής πράξης (δες π.χ. Illari & Russo, 2014).

Για να συμπληρωθεί επομένως το προτεινόμενο σχήμα περιγραφής της ζωής των εργαστηριακών επιστημών χρειάζεται και μια εσωτερική ματιά με την οποία μπορούν να «δουν» και να «μιλήσουν» οι ερευνητές, οι τεχνικοί, οι μαθητές, οι εκπαιδευτικοί που εμπλέκονται ο καθένας με τον δικό του τρόπο και τον δικό του στόχο στις εργαστηριακές δραστηριότητες. Αυτή η ματιά και ο συνδεδεμένος μαζί της λόγος, για

να είναι δυνατόν να αποκαλύψει τις διαφορές και τις ομοιότητες ανάμεσα στις εννοιολογικές και κυρίως τις τεχνολογικές επιλογές διαφορετικών ενεργητικών ανθρώπινων παραγόντων του πειραματισμού, χρειάζεται να στηριχθεί πάνω σε ένα ενιαίο, αν είναι δυνατόν, μοτίβο. Το μοτίβο αυτό διαπιστώσαμε ότι μας προσφέρει το θεωρητικό σχήμα του A. Pickering (1995), το οποίο περιγράφει τη δομή του «πράττειν», τη δομή των ασκούμενων πρακτικών, μέσα από τη ματιά των δρώντων και εντός του επιστημονικού και εντός του εκπαιδευτικού εργαστηρίου, ανθρώπινων παραγόντων (δες και Τσελφές κ. ά., 2024):

Η προσέγγιση αυτή λέει ότι μια παρέμβαση, μια πρακτική, εξελίσσεται με συγκεκριμένο μοτίβο περιστρεφόμενου «μαγκανοπήγαδου» και πολύπλοκη δυναμική: ξεκινάει με κάποιον στόχο, πρέπει να ξεπεράσει μια τουλάχιστον σχετική με τον στόχο αντίσταση και για να το πετύχει οδηγείται σε συμμόρφωση, που μπορεί να τροποποιεί τον στόχο και έτσι να ξεκινά μια νέα περιστροφή. Κατά τη διάρκεια των περιστροφών, που εξελίσσονται ακολουθώντας πολύπλοκη δυναμική σύγκλισης σε έναν «ελκυστή», η απόδοση νοήματος στα «συστατικά των κύκλων» (στόχους, αντιστάσεις, συμμορφώσεις) μεταβάλλεται και οι μεταβολές πυροδοτούνται και αιτιολογούνται στη βάση τεχνικών/ τεχνολογικών ή και αξιακών επιλογών που θα αποκαλυφθούν αν ακούσουμε με προσοχή τα όσα έχουν να μας πουν οι άνθρωποι παράγοντες που κινούν τοπικά, τα προσωπικά τους «μαγκανοπήγαδα» (δες π.χ. Pickering, 2013· Pickering & Guzik, 2008). Για παράδειγμα, σημαντικός αριθμός από εκπαιδευόμενες εκπαιδευτικούς, που παρακολούθησαν μια σειρά εργαστηριακών μαθημάτων σχετικών με τη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ), παράκαμψαν σημαντικές, σύνθετες και διαδοχικές εννοιολογικές και επιστημολογικές αντιστάσεις της όλης διαδικασίας με βάση την τεχνική της συμμόρφωσης στη χρήση ενός τελικού «λειτουργικού κανόνα». Ενόσ ανερμήνευτου και αναιτιολόγητου από τις ίδιες κανόνα, που όμως εξυπηρετούσε και τον στόχο της προσωπικής τους αξιολόγησης από τον διδάσκοντα και τις προσδοκίες τους για αξιοπρεπή μελλοντική διδακτική χρήση από τις ίδιες: «όταν ελέγχουμε μια μεταβλητή, κρατάμε όλες τις άλλες σταθερές» (Ζουπίδης, Τσελφές & Καριώτογλου, 2024).

ΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗ ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΤΩΝ ΦΕ ΜΕ ΤΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Την εποχή του ΨΠ (μέχρι και την δεκαετία του 1980) τη μάθηση των ΦΕ στη γενική εκπαίδευση ενδιέφεραν εισαγωγικές γνώσεις, επιστημονική ορολογία και κώδικες, που θα ήταν χρήσιμα εφόδια για την πανεπιστημιακή εκπαίδευση των μαθητών, οι οποίοι θα επιλέγονταν να συνεχίσουν σε σχετικές τριτοβάθμιες σπουδές. Εδώ, το εκπαιδευτικό κενό, την κύρια αντίσταση, είχε θεωρηθεί ότι αποτελεί η κατανόηση των επιστημονικών εννοιών που εμφανίζονταν με το ίδιο σημαίνον (ονοματίζονταν με τον ίδιο όρο) αλλά διαφορετικό και ποικίλο σημανόμενο (σημασία), στην καθημερινή, προϋπάρχουσα, πολύσημη φυσική γλώσσα και κουλτούρα των μελλοντικών φοιτητών. Με βάση αυτή την προβληματική το εκπαιδευτικό εργαστήριο στράφηκε προς την υποστήριξη είτε της καθοδηγούμενης ανακαλυπτικής, είτε της εποικοδομητικής

διδασκτικής στρατηγικής, που στόχευαν την (επ)οικοδόμηση των κατάλληλων επιστημονικών εννοιών/ ιδεών. Αυτό σήμαινε ότι, από όλες τις εργαστηριακές οντότητες, τις μεταξύ τους συνδέσεις και τις τεχνικές/ τεχνολογικές τους ρυθμίσεις, επιλέγονταν σταθερά μόνον τα εργαστηριακά «τεκμήρια», τα οποία κατασκεύαζαν κυρίως οι εκπαιδευτικοί ή οι μαθητές με βάση οδηγίες τύπου «συνταγής»: τα τεκμήρια αυτά γινόταν προσπάθεια να μορφοποιηθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να σημαίνουν επιστημονικές «ιδέες». Ιδέες που θα ολοκλήρωναν και θα φανέρωναν μια καθοδηγούμενη ανακάλυψη ενός επιστημονικού μοντέλου ή μια εννοιολογική σύγκρουση με προϋπάρχοντα σημασιόμενα της καθημερινής κουλτούρας και μια εκ των υστέρων επικοδόμηση των νέων επιστημονικών ιδεών.

Σε κάθε περίπτωση πάντως θα πρέπει να επισημανθεί ότι ακόμη και αυτή η περιορισμένη χρήση του εκπαιδευτικού εργαστηρίου, λειτούργησε, τουλάχιστον για το Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, μόνον ως επικουρική δραστηριότητα στη συνολική εκπαιδευτική προσπάθεια, η οποία στόχευε τις, υποστηριζόμενες από φροντιστηριακής μορφής διδακτικές και μαθησιακές πρακτικές, «Πανελλήνιες Εξετάσεις». Πρακτικές που αγνοούσαν ολοκληρωτικά τις εργαστηριακές διαδικασίες και εστίαζαν σε τεχνικές επιτυχούς προσέγγισης των «θεμάτων» των εξετάσεων. Για παράδειγμα, τεχνικές όπως «επιλέγουμε και απομνημονεύουμε τα sos», εξυπηρετούσαν την προσέγγιση των «θεωρητικών» θεμάτων. Τεχνικές της μορφής «εντοπίζουμε δεδομένα και ζητούμενα· ανακαλούμε τους τύπους που τα συνδέουν και λύνουμε τις μαθηματικές εξισώσεις ή τα συστήματα που δημιουργούν αυτοί οι τύποι· εκτιμούμε την ορθότητα του αριθμητικού αποτελέσματός μας από το αν αυτό είναι ένας απλός ακέραιος ή ρητός αριθμός...», εξυπηρετούσαν την προσέγγιση των προβλημάτων και των ασκήσεων. Τεχνικές αποκλεισμού λανθασμένων απαντήσεων, εξυπηρετούσαν τις απαντήσεις σε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής κ.ο.κ. Σε κάθε περίπτωση πάντως, η περίοδος αυτή μετακίνησε το ενδιαφέρον των μαθητών και των εκπαιδευτικών από το περιεχόμενο και τις τυχόν εργαστηριακές εφαρμογές του προς τα «θέματα» και τις τεχνικές της διαχείρισής τους: ένα εκπαιδευτικό «φαινόμενο», που διατηρείται ενισχυμένο μέχρι τις μέρες μας, όπου η «τράπεζα θεμάτων» τείνει να υποσκελίσει και τα σχολικά βιβλία.

Την εποχή της παγκοσμιοποίησης, η προσέγγιση της εκπαίδευσης ως οικονομικής επένδυσης πίεσε τα εκπαιδευτικά συστήματα σε δύο αντίρροπες κατευθύνσεις:

Η πρώτη κατεύθυνση ζητούσε από τις σχολικές μονάδες να «βγάλουν στην κοινωνία και στην αγορά το προϊόν τους». Να διακινήσουν δηλαδή, τα όσα μαθαίνουν οι μαθητές (επιστημονικές γνώσεις και πρακτικές) εντός της κοινωνίας και της αγοράς της «οικονομίας της γνώσης». Ο ανταγωνισμός όμως επέβαλε, τα προϊόντα της επιστημονικής εκπαίδευσης να μπορούν να συγκριθούν με άλλα εκπαιδευτικά προϊόντα, από άλλες πειθαρχίες, που διακινούνταν επίσης στην ίδια αγορά. Η συνθήκη αυτή οδήγησε στον στόχο του επιστημονικού γραμματισμού, ώστε οι επιστημονικές γνώσεις των μαθητών να είναι λειτουργικές στο εκάστοτε κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο (δες π.χ. Laugksch, 2000): στην προσέγγιση της διαθεματικότητας/ διεπιστημονικότητας, ώστε οι επιστημονικές γνώσεις των μαθητών να συνομιλούν λειτουργικά με τις εμπειρικές γνώσεις ή με γνώσεις από άλλες πειθαρχίες (δες π.χ.

Czerniak & Johnson, 2014)· στην εκπαιδευτική διαχείριση κοινωνικό-επιστημονικών ζητημάτων, όπου οι επιστημονικές γνώσεις των μαθητών αποδεικνύονταν χρήσιμες στη διαχείριση καθημερινών προβλημάτων (δες π.χ. Sadler, 2011)· στη διδακτική-μαθησιακή προσέγγιση της διερεύνησης, ώστε να καλλιεργηθούν και να διαχυθούν, ως μαθησιακά αποτελέσματα ή ως ικανότητες, οι επιστημονικές και τεχνολογικές πρακτικές (δες π.χ. García-Carmona, 2020· Lederman et. al., 2019· Lederman & Lederman, 2019)· στην προσέγγιση STE(A)M, που ενσωματώνει τις «βιομηχανικές τέχνες», ως engineering, στη διεπιστημονική μελέτη ζητημάτων από τα μαθηματικά και τις επιστήμες (δες π.χ. Ruman, 2024)· στη διεθνή σύγκριση των παραπάνω εκπαιδευτικών αποτελεσμάτων-προϊόντων (δες π.χ. το πρόγραμμα PISA) κ.ο.κ.

Η δεύτερη κατεύθυνση, όμως, ζητούσε ως αυτονόητο μιας οικονομικής-ανταγωνιστικής αγοράς, την πιστοποίηση των εκπαιδευτικών αποτελεσμάτων. Την υλοποίηση μιας ακριβούς αξιολόγησης, σχετικής με το αν οι παραπάνω, εκπαιδευτικοί-οικονομικοί στόχοι, υλοποιούνται ή όχι. Αυτό επέβαλε πρακτικές αποτίμησης, που έμοιαζαν πολύ με τις σφιχτές πρακτικές τυποποιημένης αποτίμησης που ασκήθηκαν, για παράδειγμα, μέσω των «Πανελληνίων Εξετάσεων» στους Έλληνες μαθητές. Επιπλέον, αυτές οι πρακτικές έπρεπε να αναπτυχθούν με βάση ένα κοινό διεθνές μοτίβο, ώστε ο ανταγωνισμός και η συνδεδεμένη με αυτόν κινητικότητα να είναι δυνατόν να λειτουργήσει σε παγκόσμια κλίμακα. Η απαίτηση αυτή έφερε στο προσκήνιο ασφυκτικές τυποποιήσεις που λειτούργησαν αντίρροπα προς την ποικιλία και την πολυμορφία των προϊόντων της επιστημονικής εκπαίδευσης που στήριζε η πρώτη κατεύθυνση. Έφερε για παράδειγμα, το Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Επαγγελματικών Προσόντων (Συμβούλιο ΕΕ, 2017), το οποίο κατηγοριοποίησε την παραγωγή της «διαβίου» μάθησης, τυπικής, μη τυπικής και άτυπης, σε τρεις κατηγορίες: γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες· ζητώντας επιπλέον κάθε μια από αυτές τις κατηγορίες μάθησης να μπορεί να εντοπιστεί και να «αξιολογηθεί», έτσι ώστε οι πολίτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με διαφορετικού τύπου γνώσεις, δεξιότητες ή ικανότητες να διαφοροποιούνται μεταξύ τους και να σειροθετούνται σε, οχτώ τον αριθμό, ιεραρχημένα, διαφορετικής αξίας, «επίπεδα»! Οι Έλληνες εκπαιδευτικοί όλων των βαθμίδων, έχουν βιώσει το τι σημαίνει στην πράξη η συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση. Επί χρόνια προσπάθησαν και εξακολουθούν να προσπαθούν να συντάξουν μακροσκελή κείμενα που να πείθουν τους θεσμούς (οι οποίοι μάλλον δεν τα διαβάζουν), ότι τα μαθησιακά προϊόντα τα οποία παράγουν ακολουθούν αυτό το πλαίσιο. Πολύ δε περισσότερο που αυτό το πλαίσιο είναι εμφανώς αντισυμπεριληπτικό (Παρούση & Τσελφές, 2023) ενώ οι εκπαιδευτικοί πρέπει να δείξουν στα κείμενά τους ότι παράγουν προϊόντα που διατρέχονται και από συμπεριληπτικό πνεύμα. Με δυο λόγια, όλες οι αρνητικές-γραφειοκρατικές επιπτώσεις των πολιτικών της τυποποιημένης αξιολόγησης και λογοδοσίας εκπαιδευτικών, μαθητών και σχολείων, που εγκαταστάθηκαν τουλάχιστον στο Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, λειτούργησαν και εξακολουθούν να λειτουργούν φθείροντας τις όποιες καινοτόμες προσεγγίσεις της δ-μ έφερε η παγκοσμιοποίηση.

Μέσα σ' αυτό το τοπίο, οι εργαστηριακές δραστηριότητες που συνόδευαν τις καινοτόμες προσεγγίσεις δ-μ συρρικνώθηκαν ή εξαφανίστηκαν μέσα στο πλαίσιο της

τυπικής εκπαίδευσης, όπου κυριάρχησε η γραφειοκρατία της αξιολόγησης και της λογοδοσίας. Οι δραστηριότητες αυτές όμως, καλλιεργήθηκαν και δείχνουν να αποδίδουν, τουλάχιστον οικονομικά, μέσα σε μη τυπικά πλαίσια εκπαίδευσης, που προωθούν ανταγωνιστικά, ιδιωτικά χρηματοδοτούμενες δομές, όπως τα μουσεία, οι όμιλοι δραστηριοτήτων, τα κέντρα δημιουργικής απασχόλησης των νέων, οι διαγωνισμοί επώνυμων εταιριών κ.λπ. Εδώ βρίσκουμε τις εργαστηριακές επιστημονικές δραστηριότητες σε πλήρη ανάπτυξη· να δοκιμάζουν, σε εκτός σχολείου φυσικά και κοινωνικά περιβάλλοντα, τις ερμηνείες κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων· σε μουσεία και ομίλους να διερευνούν ελεύθερα επιστημονικά ερωτήματα με σεβασμό τόσο στις απαντήσεις που μπορούν να δοθούν από τους μαθητές, όσο και στα περιθώρια εμπιστοσύνης που τις συνοδεύουν· σε διαγωνισμούς όπου οι εργαστηριακές δραστηριότητες οδηγούν σε μηχανικές ή και ψηφιακές υλικές κατασκευές κ.ο.κ.

Την τελευταία βέβαια δεκαετία, το γενικότερο πολιτικό σκηνικό που ακολούθησε την οικονομική κρίση του 2008-2010 και περιγράψαμε πιο πάνω, διατρέχεται από μια νέα εκπαιδευτική αντίφαση, η οποία συμπαρασύρει και τις προτάσεις για χρήση των εργαστηριακών δραστηριοτήτων. Από τη μια μεριά, το κυρίαρχο κλίμα αβεβαιότητας για το μέλλον των κοινωνιών μας προέρχεται από παγκόσμια προβλήματα (πανδημία, κλιματική κρίση), που οι λύσεις τους απαιτούν παγκόσμιες επίσης δράσεις. Από την άλλη όμως, οι τοπικές κοινωνίες βιώνουν τοπικά τις όποιες σχετικές καταστροφές. Γι' αυτό προωθούν, άμεσα και σχεδόν ανακλαστικά, τοπικές εναλλακτικές λύσεις, ελάχιστα συσχετισμένες με το παγκόσμιο μοτίβο του προβλήματος: Κινδυνεύουμε από πυρκαγιές ή πλημύρες; Να ασφαλιστούμε... Δεν αποδίδουν οι σοδιές μας; Να τις εγκαταλείψουμε... Δεν έχουμε πολλά παιδιά; Να κλείσουμε τα σχολεία... Αυξάνουν οι μεταναστευτικές ροές; Να κλείσουμε τα σύνορα... Μια σπασμωδική συλλογική συμπεριφορά κρίσης, που τελικά αφήνει τις ζημιές να συμβαίνουν και τις αιτίες τους να λειτουργούν.

Μέσα σ' αυτό το κλίμα, όλες σχεδόν οι τρέχουσες προτάσεις εκπαιδευτικών παρεμβάσεων δείχνουν προς μια αναβάθμιση των εργαστηριακών δραστηριοτήτων σε πεδία που εκτείνονται πέρα από τα όρια των φυσικών επιστημών. Η υπόθεση πίσω από αυτή την αναβάθμιση λέει ότι οι ικανότητες παρέμβασης, η ανάπτυξη της «τέχνης της ζωής», που είναι προϋπόθεση για θετικές αντιδράσεις «στα δύσκολα» και αντίδοτο των πρακτικών φυγής, διδάσκεται σε χώρους όπου οι γνώσεις χρησιμοποιούνται για παρεμβάσεις. Σε χώρους εργαστηρίων.

Ως επίλογο λοιπόν του κειμένου αυτού θα παρουσιάσω μια τέτοια πρόταση, που στηρίζεται σε πρόγραμμα το οποίο έχει εκπονηθεί από ερευνητική ομάδα χρηματοδοτούμενη από την ΕΕ (Bianchi, Pisiotis & Cabrera Giraldez, 2022), χωρίς να δεσμεύει βέβαια τις Ευρωπαϊκές πολιτικές. Πολιτικές, που αν την προσεγγίσουν με τη λογική της εκπαιδευτικής επένδυσης θα την απορρίψουν με την πρώτη ματιά. Είναι πολύ ακριβή... και η συμβολή της στην οικονομική «ανάπτυξη» που χρειάζεται η παγκόσμια οικονομική τάξη για να επιβιώσει, είναι μάλλον αρνητική...

ΑΠΟ ΤΙΣ «ΓΝΩΣΕΙΣ» ΣΤΙΣ «ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ». ΜΙΑ ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ «ΑΔΡΑΝΩΝ ΓΝΩΣΕΩΝ» ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΡΗΣΙΜΩΝ «ΙΚΑΝΟΤΗΤΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ»

Η πρόταση που αναπτύσσεται στη συνέχεια στηρίζεται στο κείμενο «GreenComp. Το Ευρωπαϊκό πλαίσιο ικανοτήτων βιωσιμότητας», που έχει εκδώσει η ΕΕ. Για το ζήτημα της βιωσιμότητας μιλούν με έμφαση τα τελευταία χρόνια όλοι οι διεθνείς οργανισμοί που διατυπώνουν εκπαιδευτικές απόψεις και προτάσεις¹. Και το σημαντικότερο είναι το γεγονός ότι μιλούν χρησιμοποιώντας κυρίως τους όρους «ικανότητες βιωσιμότητας» ή «ικανότητες κλιματικής αλλαγής». Ο όρος «ικανότητες βιώσιμης ανάπτυξης» φαίνεται πλέον να σπανίζει· ίσως έχει αρχίσει να γίνεται κατανοητό, με βάση τα δεδομένα της εξέλιξης των δεικτών της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής (δες π.χ. Forster et. al., 2024), ότι ανάμεσα στη βιωσιμότητα και την αντίρροπη δυναμική της οικονομικής «ανάπτυξης», μάλλον θα υποχρεωθούμε να επιλέξουμε τη βιωσιμότητα. Για παράδειγμα, το σχετικό με το θέμα, τρέχον κείμενο εργασίας του OECD (Nusche, Fuster Rabella & Lauterbach, 2024), στην εισαγωγή του, τοποθετείται ως εξής:

... επιστημονικά τεκμήρια δείχνουν ότι ο πλανήτης μας πλησιάζει αρκετά περιβαλλοντικά και κλιματικά σημεία καμπής ταχύτερα από ότι αναμενόταν. Αυτό σημαίνει ότι η διεθνής κοινότητα, για να εξασφαλίσει ένα βιώσιμο (sustainable and liveable) μέλλον, βρίσκεται αντιμέτωπη με ένα παράθυρο ευκαιριών για να επιτύχει ουσιαστικούς μετασχηματισμούς σε τομείς, συστήματα και νοοτροπίες. Ένα παράθυρο ευκαιριών που κλείνει γρήγορα. Ποιος είναι ο ρόλος του εκπαιδευτικού συστήματος στο να προωθήσει μια κοινωνική αλλαγή στη μαζική κλίμακα και με τον ρυθμό που απαιτείται για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής; Και ποιους μοχλούς πολιτικής μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να χτίσουμε την ανθεκτικότητα και να προσαρμοστούμε στις περιβαλλοντικές προκλήσεις; (σ.4)

Στην ίδια κατεύθυνση, το κείμενο των GreenComp απαντά ως εξής (οι επισημάνσεις δικές μου): Για την **προστασία τόσο της υγείας του πλανήτη**, όσο και της δημόσιας υγείας, είναι ζωτικής σημασίας να ενσωματωθεί η βιωσιμότητα στα συστήματα εκπαίδευσης και κατάρτισης... Μέσω εκπαίδευσης και κατάρτισης, οι εκπαιδευόμενοι είναι σε θέση να **αναπτύξουν τις ικανότητες (συνδεδεμένες γνώσεις, δεξιότητες και**

¹ Δες, για παράδειγμα, UNESCO: <https://www.unesco.org/en/climate-change/education>, <https://www.un.org/en/climatechange/climate-solutions/education-key-addressing-climate-change>, <https://www.undp.org/blog/three-reasons-climate-change-education-critical-adaptation-and-resilience>. OECD: [https://one.oecd.org/document/EDU/WKP\(2024\)02/en/pdf](https://one.oecd.org/document/EDU/WKP(2024)02/en/pdf), <https://www.oecdwatch.org/a-timely-development-the-eu-can-learn-from-the-climate-change-dimension-of-the-2023-oecd-guidelines/>, <https://www.oecd.org/climate-change/>. EU: <https://education-for-climate.ec.europa.eu/community/>, <https://climateperspectives.eu>, <https://teachingthefuture.eu/training-tools-and-resources-for-climate-education/>. World Bank: <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/523b6ac03f2c643f93b9c043d48eddc1-0200022022/related/WB-education-and-climate-11-08-22-e-version.pdf>, <https://www.worldbank.org/en/results/2024/03/08/building-safer-and-more-resilient-schools-in-a-changing-climate>, <https://blogs.worldbank.org/en/education/Choosing-our-future-Adapting-education-for-climate-change>

στάσεις) που χρειάζονται για να **αναγνωρίσουν την πραγματική αξία του πλανήτη** μας και να **αναλάβουν δράση** για να τον προστατέψουν. Αυτό θα συμβάλει στην επίτευξη της μετάβασης σε μια **πιο δίκαιη και πιο πράσινη** οικονομία και κοινωνία».

Κατά την άποψή μου, η παραπάνω διατύπωση περιλαμβάνει καινοτόμες προσεγγίσεις κρίσιμων εκπαιδευτικών, κοινωνικών και οικονομικών μεταβλητών που στοχεύουν, εξ ανάγκης, προς έναν κόσμο όπου:

Α. οι νέοι εκπαιδευόμενοι **αναλαμβάνουν δράση**: αναλαμβάνουν δηλαδή ρόλους πολιτών, τους οποίους έχουν στερηθεί από τις πολιτικές περιθωριοποίησης, του «μελλοντικού πολίτη» και χειραγώγησης, του διαρκώς αξιολογούμενου και σειροθετούμενου μαθητή με βάση τις αδρανείς γνώσεις που «αποταμιεύουν»,

Β. η εκπαίδευση αναπτύσσει **ικανότητες**, συνδεδεμένες δηλαδή γνώσεις και δεξιότητες που διαμορφώνονται με βάση και στάσεις και αξίες. Τίθεται δηλαδή υπό αμφισβήτηση η Καρτεσιανή αναγνώριση της ανωτερότητας των γνώσεων έναντι των δεξιοτήτων και λαμβάνονται υπόψη, τόσο οι ανθρώπινες προτιμήσεις (στάσεις), όσο και οι κοινωνικές αξίες που επηρεάζουν τελικά τις ικανότητες.

Γ. το τελικό όραμα δεν είναι πια μια βιώσιμη ανταγωνιστική οικονομία και κοινωνία (βιώσιμη ανάπτυξη). Είναι μια **πιο δίκαιη και πιο πράσινη** οικονομία και κοινωνία. Και τέλος,

Δ. το ότι το μαθησιακό αποτέλεσμα είναι «ικανότητες» και όχι γνώσεις, σημαίνει πώς οι εκπαιδευτικοί στόχοι παύουν να λένε: «ο μαθητής να γνωρίζει, να κατανοεί, να αναγνωρίζει, να διακρίνει...» και λένε: «ο μαθητής να μπορεί να κάνει αυτό... εκείνο... το άλλο...». Να μπορεί δηλαδή να δράσει με διάφορους τρόπους πάνω σε διάφορους ανθρώπινους, υλικούς αλλά και κανονιστικούς-κοινωνικούς παράγοντες. Ένα μαθησιακό αποτέλεσμα-γεγονός, που επιτέλους δεν είναι δυνατόν να αποτελέσει εύχρηστο μέσο αριθμητικής αξιολόγησης, μιας και διαφορετικές ικανότητες μπορούν να οδηγήσουν σε παρόμοια αποτελέσματα παρέμβασης, που ασφαλώς δεν μπορούν να αποτυπωθούν μέσω «γραπτών», «αντικειμενικών» και «αδιάβλητων» εξετάσεων. Μια συνθήκη που τελικά, ίσως μπορέσει να μετασχηματίσει την τυπική εκπαίδευση στην κατεύθυνση της αναπαραγωγής της «οικολογίας των ανθρώπινων ικανοτήτων» και όχι της αναπαραγωγής «μονοσήμαντων αδρανών γνώσεων».

Η δουλειά αυτή μπορεί να γίνει σε εργαστηριακά περιβάλλοντα μάθησης, όπου συνδέονται υποχρεωτικά γνώσεις, πράξεις και τεχνολογίες (τέχνες και τεχνικές) επιτέλεσης. Όχι σε κοινωνικά περιβάλλοντα τάξης όπου καλλιεργούνται τεχνικές «εικονικής» (αν όχι υποκριτικής) διαχείρισης των υλικών παραγόντων, καθώς και τεχνικές διαχείρισης ανθρώπινων παραγόντων και δημιουργίας κοινωνικών διαστρωματώσεων (Τσελφές & Παρούση, 2010, 2012). Μπορεί να γίνει επίσης σε κοινωνικά και φυσικά περιβάλλοντα παρεμβάσεων, εκτός σχολείου.

Το κείμενο των GreenComp προτείνει δώδεκα ικανότητες οι οποίες κατανέμονται σε τέσσερις τομείς: ικανότητες που παρέχουν στους εκπαιδευόμενους τη δυνατότητα να ενσωματώνουν τις αξίες της βιωσιμότητας και να αποδέχονται την πολυπλοκότητα των συστημάτων προκειμένου να αναλάβουν δράση ή να ζητήσουν την ανάληψη δράσης, η

οποία αποκαθιστά και διατηρεί την υγεία του οικοσυστήματος και ενισχύει τη δικαιοσύνη, δημιουργώντας οράματα για ένα βιώσιμο μέλλον (σ.12). Οι τέσσερις τομείς που κατηγοριοποιούν αυτές τις ικανότητες παραπέμπουν, κατά την άποψή μου, σε τέσσερα διαφορετικά εργαστηριακά περιβάλλοντα:

α. Ένα εργαστήριο Κοινωνιολογίας και Πολιτισμού, που αναπτύσσει τις ακόλουθες τρεις ικανότητες ενσωμάτωσης των αξιών της βιωσιμότητας, στην κουλτούρα των μαθητών: (α1) ικανότητα εκτίμησης και διαχείρισης της αξίας της βιωσιμότητας, (α2) ικανότητες υποστήριξης της δικαιοσύνης και (α3) ικανότητες προαγωγής της φύσης.

β. Ένα εργαστήριο ΦΕ, που καλλιεργεί ικανότητες προώθησης της βιωσιμότητας, μέσω της κατανόησης και διαχείρισης της πολύπλοκης και όχι γραμμικής, δυναμικής των γεγονότων της φύσης. Πρόκειται για ένα απολύτως καινοτόμο για την περίπτωση της γενικής εκπαίδευσης εργαστήριο ΦΕ, το οποίο παρακάμπτει τις «γραμμικότητες» και τα «μονοσήμαντα» που εξυπηρετούν τις αξιολογήσεις και σειροθετήσεις των μαθητών, για να αναδείξει την «άγρια ομορφιά» της φύσης και της ζωής, μέσα από τις ακόλουθες ικανότητες: (β1) ικανότητα συστημικής σκέψης, (β2) ικανότητα κριτικής σκέψης και (β3) ικανότητα οριοθέτησης των προβλημάτων.

γ. Ένα εργαστήριο Καλών Τεχνών και Πολιτισμού, που καλλιεργεί τις ακόλουθες ικανότητες δημιουργίας οραμάτων για ένα βιώσιμο μέλλον: (γ1) ικανότητα λειτουργικής και αισθητικά επαρκούς αναπαράστασης (αλφαριθμητισμού) του μέλλοντος, (γ2) ικανότητες προσαρμοστικότητας και (γ3) ικανότητες διερευνητικής σκέψης. Και τέλος,

δ. Μια πολιτική-διεπιστημονική έξοδος στην κοινότητα/ κοινωνία, μέσω της οποίας αναπτύσσονται οι παρακάτω ικανότητες αποτελεσματικών δράσεων για τη βιωσιμότητα: (δ1) ικανότητες πολιτικής αυτενέργειας, (δ2) ικανότητες συλλογικής δράσης και (δ3) ικανότητες ατομικών πρωτοβουλιών.

Η προσέγγιση αυτή δεν είναι καινοφανής. Παρόμοιας κατεύθυνσης προτάσεις αποτέλεσαν το Σχολείο Εργασίας του J. Dewey (δες π.χ. Meyhew & Edwards, 2009), η επεξεργασμένη πρόταση της Adria Steinberg για μια εκπαιδευτική μεταρρύθμιση με μετασχηματισμό της επαγγελματικής εκπαίδευσης σε γενική (Steinberg, 2016), η απόλυτα επιτυχής και αξέχαστη σε εκπαιδευτικούς και μαθητές που τα γνώρισαν, προσαρμοσμένη στην Ελλάδα των «Πανελληνίων Εξετάσεων», εφαρμογή των Ενιαίων Πολυκλαδικών Λυκείων (Κωττούλα, 1998), που επιχείρησαν να αναιρέσουν στην πράξη τη διάκριση της τότε τεχνικής εκπαίδευσης με την γενική (ιδρύθηκαν με Νόμο του 1985 και καταργήθηκαν μετά από περίπου μια δεκαετία, λόγω μάλλον υπερβολικού κόστους) αλλά και η ίδιας εποχής τεκμηριωμένη πρόταση του πρωτοπόρου Έλληνα παιδαγωγού Ιωσήφ Σολομών (δες π.χ. Σολομών, 1992), για την οποία έχω ακούσει περισσότερα πράγματα από όσα έχω βρει σε κείμενα και έχω διαβάσει.

Με βάση τα παραπάνω η πρότασή μου για ένα Εργαστηριακό Σχολείο λέει:

Οι σπουδές στην Προσχολική και Πρώτη Σχολική Εκπαίδευση ακολουθούν τη δοκιμασμένη και απολύτως επιτυχή δομή της τρέχουσας Προσχολικής Εκπαίδευσης:

οργάνωση ημερήσιου προγράμματος στη βάση δραστηριοτήτων από εκπαιδευτικούς τάξης. Δραστηριοτήτων που κινούνται στα πλαίσια των βασικών γραμματισμών (σχέσεις με το ανθρώπινο και φυσικό περιβάλλον, γλώσσα και μαθηματικά) και οργανώνονται σε μεγάλο βαθμό από τους εκπαιδευτικούς.

Οι σπουδές στις τελευταίες τάξεις του Δημοτικού Σχολείου και στο Γυμνάσιο οργανώνονται στη βάση γνωστικών αντικειμένων εργαστηριακής δομής αλλά και διαφορετικών ανά αντικείμενο εργαστηριακών χώρων, που την ευθύνη τους έχουν ή ο δάσκαλος της τάξης για τα Δημοτικά Σχολεία ή οι εκπαιδευτικοί ειδικότητας στα Γυμνάσια. Το ημερήσιο πρόγραμμα δηλαδή περιλαμβάνει «μαθήματα» που παρακολουθούν οι μαθητές στις διάφορες αίθουσες-εργαστήρια και διεπιστημονικά προγράμματα που υλοποιούνται με τη συνεργασία περισσότερων διδασκόντων, εντός ή εκτός σχολείου.

Οι σπουδές στο Λύκειο επανέρχονται σε μια επανασχεδιασμένη δομή του Ενιαίου Πολυκλαδικού Λυκείου.

Η ανάπτυξη της συνολικής μετασχηματισμένης εκπαιδευτικής δομής της γενικής εκπαίδευσης και των σχετικών με αυτή προγραμμάτων σπουδών, χρειάζεται χρόνο μιας περίπου δεκαετίας. Χρόνο σταδιακής δοκιμαστικής ανάπτυξης, με τη βοήθεια και τη στήριξη, για παράδειγμα, του προσωπικού και των μαθητών των Πειραματικών Σχολείων.

Εμπόδια σε μια τέτοια προοπτική φαίνεται να αποτελούν ο πολιτικός σχεδιασμός και οι πολιτικές κινήσεις για τη βιώσιμη προώθησή της σε μια σχετικά ταραγμένη κοινωνικά και πολιτισμικά συγκυρία. Μεγαλύτερο όμως εμπόδιο αποτελεί το μεγάλο οικονομικό κόστος μιας τέτοιας μεταρρύθμισης, που εκτός από τις εγκαταστάσεις, θα πρέπει να λάβει υπόψη και μια σημαντική αύξηση των αμοιβών των λειτουργών-εκπαιδευτικών που θα πρέπει να αναβαθμισθούν και εργασιακά και επιστημονικά και κοινωνικά. Ένα κόστος που ασφαλώς δεν δικαιολογεί η λογική της εκπαίδευσης ως οικονομική επένδυση αλλά μάλλον η λογική της, ως υποχρέωση της πολιτείας. Μιας υποχρέωσης έκτακτης ανάγκης.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2012). *Ανασχεδιασμός της εκπαίδευσης: επενδύοντας στις δεξιότητες για καλύτερα κοινωνικοοικονομικά αποτελέσματα*. COM. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012DC0669>

Ζουπίδης, Α., Τσελφές, Β. & Καριώτογλου, Π. (2024). Ενεργοποίηση και νοηματοδότηση διερευνητικών πρακτικών μελλοντικών νηπιαγωγών στο πλαίσιο της εκπαίδευσής τους: μελέτη περίπτωσης. Στο Κ. Κώτσης, Γ. Στύλος, Γ. Βακάρου, Α. Γαβρίλας & Δ. Πανάγου (Επιμ.), Ηλεκτρονικά Πρακτικά 13ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Νέες Τάξεις και Έρευνα στη Διδασκαλία, τη Μάθηση και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες, Ιωάννινα, Ελλάδα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. ISSN: 1791-1281

- Κωττούλα, Μ. (1998). Το Ενιαίο Πολυκλαδικό Λύκειο: Μια καινοτομία από την σκοπιά των Εκπαιδευτικών. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, <https://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/10600?lang=el#page/1/mode/2up>
- Παρούση, Α. & Τσελφές, Β. (2023). Οι Τέχνες στην Εκπαίδευση: μια εκπαιδευτική πρόταση που επιχειρεί να αντισταθμίσει την αντι-συμπεριληπτική θεσμική Κουλτούρα του «Κανού Πολίτη του 21ου αιώνα». Στο, Αντώνης Λενακάκης & Χαρίκλεια Κανάρη (Επιμ.) *Πολιτισμός, Τέχνες και Συμπερίληψη*. Θεωρητικές προσεγγίσεις και εφαρμογές, 355-379, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σοφία.
- Σολομών, Ι. (1992). *Εξουσία και τάξη στο νεοελληνικό σχολείο: μία τυπολογία των σχολικών χώρων και πρακτικών 1820-1900*. Εκδόσεις Αλεξάνδρεια.
- Συμβούλιο Ε.Ε. (2017). *Σύσταση σχετικά με τη θέσπιση του ευρωπαϊκού πλαισίου επαγγελματικών προσόντων για τη διά βίου μάθηση*. C 189/15, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Τσελφές, Β. (2002). *Δοκιμή και Πλάνη: Το εργαστήριο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, Αθήνα: Νήσος.
- Τσελφές, Β. (2003). Μια πρόταση για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στηριγμένη στην κατά Ι. Hacking προσέγγιση της «εσωτερικής ζωής» τους, στο Κ. Σκορδούλης & Λ. Χαλκιά (Επιμ.), *Η συμβολή της ιστορίας και φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*, ΠΤΔΕ-ΕΚΠΑ, Αθήνα.
- Τσελφές, Β. (2021). Γενικότερα εκπαιδευτικά ζητήματα που αναδύονται μέσα από την έρευνα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία, 1, 111-132, <https://doi.org/10.12681/riste.27272>
- Τσελφές, Β. (2022). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εκπαιδευτική Πολιτική. Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών θεμάτων, 22, δεκτό για δημοσίευση.
- Τσελφές, Β. & Παρούση, Α. (2012). Διδακτικές-μαθησιακές πρακτικές διαχείρισης επιστημονικού περιεχομένου στη Γενική Εκπαίδευση. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 5(1-2), 61-74.
- Τσελφές, Β. & Παρούση, Α. (2010). Η «εικονικότητα» της εκπαιδευτικής πράξης και η περίπτωση της διδασκαλίας-μάθησης των Φυσικών Επιστημών. *Επιστημονική Επετηρίδα Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων*, 22, 151-178.
- Τσελφές, Β., Ζουπίδης, Α., Τσαλίκη, Χ., Καρνέζου, Μ. & Καριώτογλου, Π. (2024). Θεωρητική προσέγγιση των σχέσεων μεταξύ απόψεων και πρακτικών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Στο Κ. Κώτσης, Γ. Στύλος, Γ. Βακάρου, Λ. Γαβρίλας & Δ. Πανάγου (Επιμ.), *Ηλεκτρονικά Πρακτικά 13ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Νέες Τάξεις και Έρευνα στη Διδασκαλία, τη Μάθηση και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες*, Ιωάννινα, Ελλάδα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. ISSN: 1791-1281
- Ackermann, R. (1985). *Data, Instruments and Theory: A Dialectical Approach to Understanding Science*. Princeton: Princeton University Press.

- Bianchi, G., Pisiotis, U. and Cabrera Giraldez, M. (2022). GreenComp. The European sustainability competence framework. Punie, Y. and Bacigalupo, M. editor(s), EUR 30955 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-46485-3, doi:10.2760/13286, JRC128040.
- Brathwaite, J. (2017). Neoliberal Education Reform and the Perpetuation of Inequality. *Critical Sociology*, 43(3), 429-448. <https://doi.org/10.1177/0896920516649418>
- Cochran-Smith, M., Piazza, P., & Power, C. (2012). The Politics of Accountability: Assessing Teacher Education in the United States. *The Educational Forum*, 77(1), 6–27. <https://doi.org/10.1080/00131725.2013.739015>
- Czerniak, C. & Johnson, C. (2014). Interdisciplinary Science Teaching. In N. G. Lederman & S. K. Abell (eds), *Handbook of Research on Science Education*, Volume II, 395-411, New York: Routledge.
- Ebert-Flattau, P., Bracken, J., Van Atta, R., Bandeh-Ahmadi, A., de la Cruz, R. & Sullivan, K. (2006). *The National Defense Education Act of 1958: Selected Outcomes*. Science & Technology Policy Institute, Washington, DC.
- Fisher, T. (2008). The Era of Centralisation: the 1988 Education Reform act and its consequences, *Forum*, 50(2), 255-261.
- Forster, P. M. et. al. (2024). Indicators of Global Climate Change 2023: annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence. *Earth System Science Data*, 16, 2625–2658, <https://doi.org/10.5194/essd-16-2625-2024>
- Gandolfi, H. (2024). (Re)considering Nature of Science Education in the Face of Socio-scientific Challenges and Injustices. Insights from a Critical-Decolonial Perspective. *Science & Education*, published online, <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00536-w>
- García-Carmona, A. (2020). From Inquiry-Based Science Education to the Approach Based on Scientific Practices. A Critical Analysis and Suggestions for Science Teaching. *Science & Education*, 29, 443–463, <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00108-8>
- Gericke, N., Högström, P. & Wallin, J. (2023). A systematic review of research on laboratory work in secondary school, *Studies in Science Education*, 59:2, 245-285, DOI: 10.1080/03057267.2022.2090125
- Giroux, H. A. (1999). Schools for Sale: Public Education, Corporate Culture, and the Citizen-Consumer. *The Educational Forum*, 63(2), 140–149. <https://doi.org/10.1080/00131729908984404>
- Hacking, I. (1992). The self-vindication of the laboratory sciences. In A. Pickering (Ed), *Science as practice and culture*, Chicago: The University Chicago Press.
- Hacking, I. (1995). *Representing and Intervening*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hacking, I. (1997). Experimentation and Scientific Realism. In A. Tauber (Ed), *Science and the quest for reality*, 162-181. G.B.: Antony Rowe Ltd.
- Hacking, I. (1999). *The Social Construction of What?* MA: Harvard University Press.

- Hegarty-Hazel, E. (1990). The student laboratory and the science curriculum: An overview. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The student laboratory and the science curriculum* (pp. 3–26). London: Routledge.
- Hofstein, A. (2017). The role of laboratory in science teaching and learning. In K. S. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science Education. An international course companion*, 357–368. Sense Publishers.
- Hursh, D. & Martina, C. A. (2014). Neoliberalism and schooling in the U.S. How state and federal government education policies perpetuate inequality. *Journal for Critical Education Policy Studies*, 1(2), 30-52.
- Illari, P. & Russo, F. (2014). *Causality. Philosophical theory meets scientific practice*. Oxford University Press.
- Laugksch, R. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84, 71–94, [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200001\)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C)
- Lederman, J., Lederman, N., Bartels, S., and Jimenez, J. (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>
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2019). Teaching and Learning of Nature of Scientific Knowledge and Scientific Inquiry: Building Capacity through Systematic Research-Based Professional Development. *Journal of Science Teacher Education*, 30(7), 737-762. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1625572>
- Longo, C. (2010). Fostering Creativity or Teaching to the Test? Implications of State Testing on the Delivery of Science Instruction. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 54–57. <https://doi.org/10.1080/00098650903505399>
- Mahon, R. (2010). After Neoliberalism? The OECD, the World Bank and the Child. *Global Social Policy*, 10(2): 172–192.
- Meyhew, K. & Edwards, A. (2009). *The Dewey School: The Laboratory School of the University of Chicago, 1896-1903*. Aldine Transaction, First published in 1965 by Atherton Press.
- Moll, I. (2021). The Myth of the Fourth Industrial Revolution. *Theoria*, 68(167), 1-38. Retrieved Jul 4, 2024, from <https://doi.org/10.3167/th.2021.6816701>
- National Research Council. (2006). *America's Lab Report: Investigations in High School Science*. Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision, S.R. Singer, M.L. Hilton, and H.A. Schweingruber, Editors. Board on Science Education, Center for Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nowotny, H., Scott, P. & Gibbons, M. (2001). *Re-Thinking Science. Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*, Blackwell Publishing Company.
- Nusche, D., Fuster Rabella, M. & Lauterbach, S. (2024). Rethinking Education in the Context of Climate Change: Leverage Points for Transformative Change, Education Working Paper No 307, OECD

- Pickering, A. (1995). *The Mangle of Practice: Time, Agency, and Science*. University of Chicago Press.
- Pickering, A. (2013). Being in an environment: a performative perspective. *Natures Sciences Sociétés*, 21, 77-83.
- Pickering, A. & Guzik, K. (Eds). (2008). *The Mangle in Practice: Science, Society and Becoming*, Durham (NC), Duke University Press.
- Posner, D. (2004). What's Wrong with Teaching to the Test? *Phi Delta Kappan*, 85(10), 749-751. <https://doi.org/10.1177/003172170408501009>
- Radder, H. (1996), *In and about the world*. New York: State University Press.
- Rayner, S. (2012) Uncomfortable knowledge: the social construction of ignorance in science and environmental policy discourses. *Economy and Society*, 41:1, 107-125, DOI: 10.1080/03085147.2011.637335
- Ruman, H. (2024). *What Is a STEM Lab? A Guide to the Classroom of the Future*, <https://www.smartlearning.com/what-is-a-stem-lab-guide/>
- Ryan, Y. (2001). Higher Education as a Business: Lessons from the Corporate World. *Minerva*, 39(1), 115–135. <http://www.jstor.org/stable/41821179>
- Sadler, T.D., (Ed.). (2011). Situating socio-scientific issues in classrooms as a means of achieving goals of science education. In: *Socio-Scientific Issues in the Classroom: Teaching, Learning and Research*, 1-10, Springer.
- Sahlberg, P. (2016). The Global Educational Reform Movement and Its Impact on Schooling. In Karen Mundy, Andy Green, Bob Lingard, and Antoni Verger (Eds), *The Handbook of Global Education Policy*, 128-144, John Wiley & Sons.
- Saltelli, A. (2023). What is Post-normal Science? A Personal Encounter. *Foundations of Science*. <https://doi.org/10.1007/s10699-023-09932-x>
- Schatzberg, E. (2024). *Τεχνολογία. Κριτική Ιστορία μιας Έννοιας*. Μετάφραση, Θωμάς Τσαναλάκης, Επιμέλεια, Τέλης Τύμπας, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Sellar, S. and Lingard, B. (2014). The OECD and the expansion of PISA: new global modes of governance in education. *British Educational Research Journal*, 40, 917-936. <https://doi.org/10.1002/berj.3120>
- Steinberg, A. (2016). Real learning, real work. School to Work as High School reform. Taylor and Francis Group, First published in 1998.
- Stoller, A. (2018). The flipped curriculum: Dewey's pragmatic university. *Studies in Philosophy and Education*, 37(5), 451-465.
- U.S. Congress. (1958). *National Defense Education Act of 1958*, P.L. 85-864. 85th Congress. Washington, DC: GPO.
- UNESCO. (2015). *Rethinking Education. Towards a global common good?* Paris: UNESCO.
- Volante, L. (2004). Teaching To the Test: What Every Educator and Policy-maker Should Know. *Canadian Journal of Educational Administration and Policy*, 35, <http://www.umanitoba.ca/publications/cjeap/articles/volante.html>
- Whitehead, A. (1929). *The Aims of Education and Other Essays*. New York: Macmillan.

Zahoor, N., Wu, J., Khan, H. & Khan, Z. (2023). De-globalization, International Trade Protectionism, and the Reconfigurations of Global Value Chains. *Management International Review*, 63, 823–859, <https://doi.org/10.1007/s11575-023-00522-4>

ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΝΤΑΣ ΥΠΟΨΗΦΙΟΥΣ ΔΑΣΚΑΛΟΥΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ STE(A)M: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ

Χαρίλαος Τσιχουρίδης

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και Κοινωνικής Εργασίας,
Πανεπιστήμιο Πατρών

hatsihour@upatras.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία ερευνά την εφαρμογή τεχνικών STE(A)M, με την αξιοποίηση εξατομικευμένης προσέγγισης, από φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος - υποψήφιους εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης - στο πλαίσιο της διδασκαλίας των Πανεπιστημιακών τους Μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών. Εστιάζοντας στο γνωστικό αντικείμενο Εννοιών Αστρονομίας και Επιστημών Γης, 122 υποψήφιοι δάσκαλοι εκπαιδεύτηκαν σε τεχνικές STE(A)M. Με την ενθάρρυνση του εκπαιδευτικού - ερευνητή, δόθηκε η ευκαιρία στους φοιτητές - υποψήφιους δασκάλους – μέσω των τεχνικών STE(A)M, να ολοκληρώσουν το έργο που τους ανατέθηκε, να συγγράψουν σχετική μελέτη/εργασία και να το παρουσιάσουν ρυθμίζοντας οι ίδιοι τους χρόνους ενασχόλησής τους. Οι φοιτητές αξιοποιώντας το πληροφοριακό υλικό που συγκέντρωσαν από διάφορες πηγές, τις μαθηματικές τους γνώσεις για τους απαραίτητους μαθηματικούς υπολογισμούς, τις σχεδιαστικές τους ικανότητες και κυρίως τη δημιουργικότητα και τη φαντασία τους, κατασκεύασαν πρωτότυπα ιδιοκατασκευασμένα μοντέλα για τις έννοιες της Αστρονομίας και Επιστημών Γης. Τα υλοποιημένα μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν από τους ίδιους στην πρακτική άσκησή τους στα σχολεία με ιδιαίτερα θετική ανταπόκριση από τους μικρούς μαθητές των σχολείων. Τα αποτελέσματα της έρευνας ανάδειξαν την δημιουργικότητα των εμπλεκόμενων φοιτητών, στην κατανόηση των επιστημονικών εννοιών στο γνωστικό αντικείμενο-στόχο και κυρίως οδήγησε στην αλλαγή στάσης τους απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες.

Λέξεις κλειδιά: STE(A)M, Φυσικές Επιστήμες, έννοιες αστρονομίας, μοντέλα Φυσικών Επιστημών

Αναφορά: Τσιχουρίδης, Χ. (2025). Εκπαιδευοντας Υποψηφίους Δασκάλους στις Φυσικές Επιστήμες με την Προσέγγιση STE(A)M: Εφαρμογή στην Πράξη, , στο Κώτσης Κ.Θ. & Στύλος Γ., (Επιμέλεια), Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Επετειακός Τόμος για τα 40 χρόνια του ΠΠΑΕ Ιωαννίνων, Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. ISBN: 978-618-82063-5-9

EDUCATING PROSPECTIVE PRIMARY LEVEL TEACHERS IN SCIENCE CONCEPTS USING THE STE(A)M APPROACH: IMPLEMENTATION IN PRACTICE

Charilaos Tsihouridis

Assistant Professor, Department of Educational Sciences and Social Work,

University of Patras, Greece

hatsihour@upatras.gr

ABSTRACT

The present research investigates the application of STE(A)M techniques, with the exploitation of a personalized approach, by students of the Pedagogical Department - prospective Primary Education teachers - in the context their University Science Courses teaching. Focusing on the subject of Astronomy and Earth Science Concepts, 122 teacher candidates were trained in STE(A)M techniques. With the encouragement of the teacher-researcher, the students - prospective teachers - through the STE(A)M techniques, were given the opportunity to complete the task assigned to them, write a relevant work and present it by regulating their own working and study mode and time. Using the information material they gathered from various sources, their mathematical knowledge for the necessary mathematical calculations, their design skills and above all their creativity and imagination, the students structured original self-made models for the concepts of Astronomy and Earth Sciences. The implemented models were used by them in their internship in schools with a particularly positive response from the young students of the schools. The results of the research highlighted the creativity of the students involved, in the understanding of scientific concepts in the target subject and mainly led to a change in their attitude towards Natural Sciences.

Keywords: *STE(A)M, Natural Sciences, models Natural Sciences*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σημερινή εποχή χαρακτηρίζεται από ραγδαία και προοδευτική αύξηση της τεχνολογίας και της γνώσης, αλλαγών και προόδου σε όλους τους τομείς των επιστημών, ιδιαίτερα σε σύγκριση με τις προηγούμενες δεκαετίες (Khodabandelou et al., 2019). Τόσο στον χώρο εργασίας όσο και στο χώρο της εκπαίδευσης αλλά και αλλού, εμφανίζονται νέα δεδομένα και νέες ανακαλύψεις ή ερευνητικά ευρήματα. Με

βάση αυτά τα στοιχεία, και προκειμένου οι άνθρωποι να καταστούν παραγωγικοί και ικανοί να ανταπεξέλθουν στις αυξανόμενες ανάγκες και προκλήσεις που αναδύονται, απαιτούνται περαιτέρω γνώσεις αλλά και δεξιότητες οι οποίες θα συνεισφέρουν θετικά και αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων (Lane et al., 2019). Αναφορικά με τον χώρο της εκπαίδευσης, τέτοιες δεξιότητες είναι η ανάγκη του να μαθαίνει κανείς «πώς να μαθαίνει», η ικανότητα συνεργασίας, η αλληλεπίδραση και η επικοινωνία μεταξύ των ατόμων και ομάδων, η ομαδική εργασία, η ανάληψη πρωτοβουλιών, η δημιουργικότητα, η αναλυτική σκέψη, η κριτική σκέψη και πολλές άλλες, γνωστές και ως δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα. Ανάμεσα σε αυτές σημαντική θεωρείται και η αυτορρυθμιζόμενη μάθηση η οποία ορίζεται ως: «μια ενεργή, εποικοδομητική διαδικασία κατά την οποία οι εκπαιδευόμενοι θέτουν στόχους για τη μάθησή τους και στη συνέχεια προσπαθούν να παρακολουθήσουν, να ρυθμίσουν και να ελέγξουν τη γνώση, τα κίνητρα και τη συμπεριφορά τους, καθοδηγούμενοι και περιορισμένοι από τους στόχους τους και τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος» (Pintrich, 2000, όπως αναφ. στους Mammadov & Schroeder, 2023).

Αυτές οι δεξιότητες συστήνεται να προσεγγίζονται και να διδάσκονται με την αξιοποίηση καινοτόμων διδακτικών μεθοδολογιών και μέσα από διαφορετικές πρακτικές από ότι στο παρελθόν (π.χ., χρησιμοποιώντας ομαδοκεντρική σε αντίθεση με μια δασκολοκεντρική διδακτική προσέγγιση) (Καλαντζής & Τσιχουρίδης, 2019). Επιπλέον, και με βάση τη βιβλιογραφία, υπάρχουν ισχυρισμοί ότι σήμερα η γνώση θεωρείται ενιαία και όχι κατακερματισμένη (Kalantzis et al., 2022). Επομένως, με βάση αυτή την παραδοχή, η γνώση θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως το αποτέλεσμα μιας ολιστικής προσέγγισης στην εκπαίδευση (English & Irving, 2012) και όχι ως ένα σύνολο χωριστών κλάδων ή τομέων οι οποίοι δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Αντίθετα, η γνώση που προκύπτει από διάφορους τομείς θα πρέπει να συνυπάρχει και να αξιοποιείται ταυτόχρονα και παράλληλα με σκοπό την ολιστική εκπαίδευση των εκπαιδευόμενων και την αποτελεσματική τους προετοιμασία για τις εκάστοτε εκπαιδευτικές και άλλες σύγχρονες ανάγκες τους (Datnow et al., 2022).

Η παραπάνω φιλοσοφία της ολιστικής εκπαίδευσης και γνώσης υποστηρίζεται από το STE(A)M, έναν όρο που περιλαμβάνει τις λέξεις «επιστήμη, τεχνολογία, μηχανική και μαθηματικά» (Gil-Domenech et al., 2020). Το STE(A)M είναι μια διεπιστημονική και διαθεματική προσέγγιση που στοχεύει στην εκπαίδευση των προαναφερόμενων δεξιοτήτων (Hwang & Tu, 2021). Ο όρος διαθεματικός ορίζεται ως «μια σειρά από εκπαιδευτικές προσεγγίσεις που επιχειρούν την «ενιαιοποίηση» της γνώσης. Μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε στο πλαίσιο των διακριτών μαθημάτων του προγράμματος ή να ενσωματωθούν σε ένα διαθεματικό, αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών» (Ματσαγγούρας, 2002, όπως αναφ. στην Χατζημιχαήλ, 2010). Ειδικότερα, η διαθεματικότητα σχετίζεται με την προσέγγιση της γνώσης, η οποία, α) παρέχεται σε ενιαιοποιημένη μορφή και προσφέρει ολιστικές εικόνες της πραγματικότητας, β) συνδέεται με τις εμπειρίες των μαθητών και είναι σχετική με την πραγματικότητα που βιώνουν και γ) προσεγγίζεται με διερευνητικές μεθόδους, ώστε να οικοδομείται σταδιακά από τους ίδιους τους μαθητές (Π.Ι. 2002, όπως αναφ. στην Γρηγοριάδου, 2004).

Από την άλλη, η διεπιστημονική προσέγγιση της γνώσης συνθέτει περισσότερους από έναν επιστημονικούς κλάδους ενισχύοντας τη συλλογικότητα των εκπαιδευτικών δράσεων και ενεργειών, επικεντρώνεται σε ζητήματα που δεν είναι δυνατό να διευθετηθούν μεμονωμένα από τους διακριτούς επιστημονικούς κλάδους αλλά από τη συνολική τους θεώρηση, ενώ στη διδακτική διαδικασία μπορεί να θεωρηθεί και ως ο συσχετισμός μεταξύ των περιεχομένων των μαθημάτων του Αναλυτικού Προγράμματος (Ζαγκότας κ.ά. 2019). Γενικά, και σύμφωνα με τον Ματσαγγούρα, (2012), οι όροι «διεπιστημονική» ή «διαθεματική» προσέγγιση της εκπαίδευσης ορίζονται ως: «η πολύπλευρη εξερεύνηση ενός θέματος με τέτοιο τρόπο ώστε οι εκπαιδευόμενοι να μπορούν να κατανοήσουν τη σύνδεση μεταξύ των επιστημών και τη συμβολή τους σε όλες τις πτυχές της καθημερινής ζωής».

Όπως προαναφέρθηκε, το STE(A)M είναι μια προσέγγιση η οποία αξιοποιεί τη διαθεματική/διεπιστημονική φιλοσοφία της διδασκαλίας στην εκπαίδευση (Gale et al., 2020· Ha et al., 2020·). Ο όρος STE(A)M αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη μέθοδο ή προσέγγιση στην εκπαίδευση στην οποία οι μαθητές διδάσκονται ταυτόχρονα διεπιστημονική γνώση από τους τομείς της επιστήμης (φυσική, χημεία, βιολογία), τεχνολογία, μηχανική και μαθηματικά (Gil-Domenech et al., 2020· Takeuchi et al., 2020· Wahono et al., 2020· Winarti et al., 2021). Η βιβλιογραφία αναφέρεται στο STEM και με άλλους παρεμφερείς όρους, όπως το STE(A)M (όπου το A αντιστοιχεί στο Art (Τέχνη)) (Kang, 2019), το STE-S-A-L-M (με το S να αντιστοιχεί στο Social (Κοινωνικός) και το L στο Language (γλώσσα)), (Τσιχουρίδης κ.ά., 2019· Maguth, 2012) ή STREAM (όπου το R αντιστοιχεί στο Research (Έρευνα) ή στο Reading (Ανάγνωση)), συμπληρώνοντας έτσι την επιστήμη, και προσφέροντας ένα πλούσιο και δημιουργικό εργαλείο για να πραγματοποιηθεί η μάθηση (Sawangmenk, 2019). Σύμφωνα με ερευνητικά αποτελέσματα, το STE(A)M ενθαρρύνει τους μαθητές να είναι οι ίδιοι επιστήμονες, να διεξάγουν τη δική τους έρευνα, να συμμετέχουν σε δραστηριότητες βασισμένες σε παιχνίδια και να είναι δημιουργικοί σε θέματα επιστήμης, μαθηματικών, μηχανικής, τεχνολογίας, τέχνης ή γλωσσών επεκτείνοντας ταυτόχρονα τις κοινωνικές τους δεξιότητες (Sharma & Yarlagadda, 2018· Ozkaya, 2019) οδηγώντας τους σε μια εκπαίδευση ποιότητας (Garcia et al., 2020).

Στην Ελλάδα, οι δραστηριότητες τύπου STEM προτάθηκαν να ενταχθούν στο περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση μόλις το 2021 (Πρόγραμμα σπουδών επιπέδου Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, ΦΕΚ 5928/Β/16-12-2021). Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, ένα μεγάλο ποσοστό των φοιτητών - υποψήφιων εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, που εγγράφονται στο μάθημα «Έννοιες Αστρονομίας και Επιστημών Γης», στο Παιδαγωγικό Τμήμα του Πανεπιστημίου Πάτρας, ήτοι το 82,01%, προέρχεται από θεωρητικού προσανατολισμού Λυκειακές σπουδές, ως μέρος της κατεύθυνσης που απαιτείται για την προετοιμασία τους για τις εισαγωγικές εξετάσεις στο πανεπιστήμιο, χωρίς εστίαση στα μαθήματα θετικών επιστημών. Λόγω αυτού του γεγονότος, η πλειοψηφία αυτών των φοιτητών έχει μάλλον μη θετική στάση απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες και ελλιπή σχετική γνώση. Ωστόσο, ένας σημαντικός αριθμός από αυτούς τους φοιτητές, σχεδόν το 89%, ισχυρίζεται ότι επιθυμεί να

ασχοληθεί πιο ενεργά με τη διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών και ότι θα ήθελε να κατανοήσει τις σχετικές έννοιες, αλλά δυσκολεύεται να το κάνει. Ένα άλλο αξιοσημείωτο ζήτημα είναι ότι αυτοί οι φοιτητές διαθέτουν υψηλού επιπέδου δεξιότητες διαδικτυακής αναζήτησης και δεξιοτήτων χρήσης και λειτουργίας των ΤΠΕ (Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών), συγκεκριμένα σε ποσοστό 81,82%. Το γεγονός αυτό θεωρήθηκε σημαντικό να ληφθεί υπόψη και να αξιοποιηθεί στη διδακτική παρέμβαση για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας. Ένα άλλο ζήτημα στο οποίο οι φοιτητές παρουσιάζουν ιδιαίτερες δεξιότητες είναι η ικανότητα χρήσης και χειρισμού εκπαιδευτικών πακέτων όπως το Microsoft Word και το PowerPoint αλλά όχι το Excel, το οποίο είναι ένα μαθηματικό πακέτο.

Λαμβάνοντας υπόψη τις προαναφερθείσες δεξιότητες ΤΠΕ και άλλες δεξιότητες των φοιτητών και το μικρό τους ενδιαφέρον/γνώσεις για τις Φυσικές Επιστήμες αλλά την επιθυμία τους να μάθουν περισσότερα γι' αυτές, αποφασίστηκε η διεξαγωγή της παρούσας έρευνας προκειμένου να διερευνηθεί και να διαπιστωθεί τι θα μπορούσε να γίνει για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος. Ειδικότερα, ο βασικός προβληματισμός αφορούσε στο πώς μπορεί να προκληθεί το ενδιαφέρον των φοιτητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών και με ποιο τρόπο μπορεί να αξιοποιηθεί αυτό το ενδιαφέρον στη διδασκαλία, με σκοπό την ενίσχυση και τη γεφύρωση του χάσματος της γνώσης και εν τέλει την καλύτερη κατανόηση των εννοιών των Φυσικών Επιστημών. Για τους σκοπούς της έρευνας αποφασίστηκε η χρήση και υλοποίηση δραστηριοτήτων STE(A)M και ειδικότερα η δημιουργία και εφαρμογή μοντέλων από τους ίδιους τους φοιτητές, σε έννοιες της Αστρονομίας και των Επιστημών Γης.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

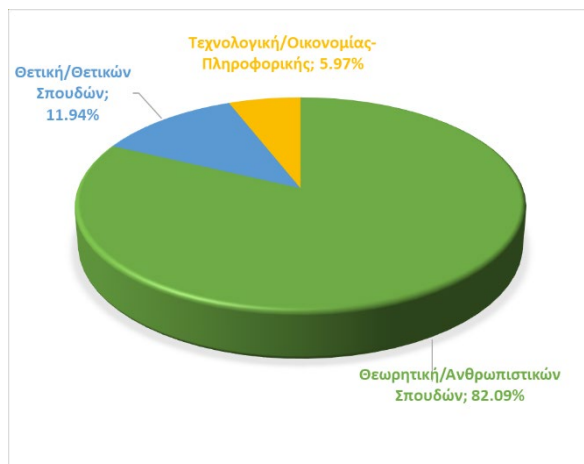
Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνήσει τον βαθμό στον οποίο οι δραστηριότητες τύπου STE(A)M και τα αυτοδημιούργητα μοντέλα αστρονομίας των φοιτητών μπορούν να ενισχύσουν το γνωστικό επίπεδό τους στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών και το ενδιαφέρον τους για αυτές. Για το σκοπό αυτό, τα ερευνητικά ερωτήματα ήταν τα ακόλουθα: 1. Σε ποιο βαθμό η εφαρμογή των αυτοδημιούργητων μοντέλων τύπου STE(A)M για τις Έννοιες της Αστρονομίας μπορούν να ενισχύσουν το γνωστικό επίπεδο των φοιτητών στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών; 2. Σε ποιο βαθμό μπορούν αυτές οι δραστηριότητες STE(A)M να ενισχύσουν το ενδιαφέρον τους για τις Φυσικές Επιστήμες;

Το δείγμα της έρευνας

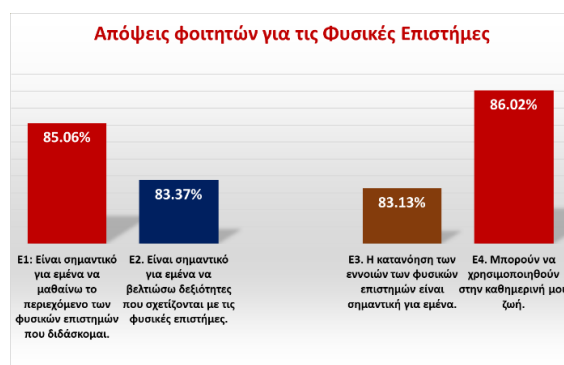
Στην έρευνα συμμετείχαν 122 φοιτητές/τριες προερχόμενοι από τρία συνεχόμενα ακαδημαϊκά έτη (ακαδημαϊκό έτος 2021-2022 συμμετέχοντες 36, ακαδημαϊκό έτος 2022-2023 συμμετέχοντες 56 και 30 το ακαδημαϊκό έτος 2023-2024) που παρακολούθησαν το μάθημα «Έννοιες της Αστρονομίας και των Επιστημών της Γης». Οι συμμετέχοντες στην έρευνα φοιτητές είναι όλοι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Όπως προαναφέρθηκε, η πλειονότητα των φοιτητών είχε

σπουδές θεωρητικού προσανατολισμού στο Λύκειο (κατά την προετοιμασία τους για τις εισαγωγικές εξετάσεις στο πανεπιστήμιο, εστιάζοντας κυρίως σε μαθήματα γλώσσας ή ιστορίας, για παράδειγμα, παρά σε Μαθηματικά, Φυσική ή Χημεία). Λόγω των ανωτέρω, το γνωστικό τους επίπεδο στις Φυσικές Επιστήμες είναι χαμηλό και κατά συνέπεια το ενδιαφέρον τους για αυτές δεν είναι ιδιαίτερο.

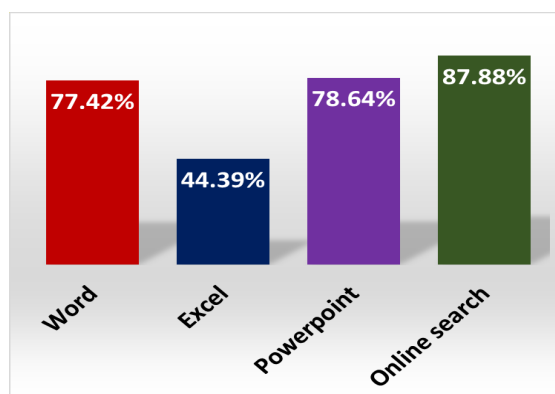


Εικ. 1. Κατεύθυνση Σπουδών των συμμετεχόντων κατά τη Λυκειακή τους βαθμίδα

Ωστόσο, και σε αντίθεση με το μικρό επιστημονικό τους υπόβαθρο, κατά την αξιολόγηση της ψηφιακής τους επάρκειας, οι μαθητές δήλωσαν ότι διαθέτουν υψηλό επίπεδο ικανότητας σε δεξιότητες ΤΠΕ και πακέτα χρήσης λογισμικών. Τα παρακάτω σχήματα απεικονίζουν τις ψηφιακές ικανότητες των φοιτητών και τον προσανατολισμό των σπουδών τους πριν την εισαγωγή τους στο Πανεπιστήμιο (Εικ. 1, 2, 3)



Εικ. 2. Απόψεις φοιτητών για τις Φυσικές Επιστήμες



Εικ. 3. Δεξιότητες συμμετεχόντων σε βασικά εργαλεία ΤΠΕ

Μέθοδος και ερευνητικά εργαλεία

Η μελέτη διεξήχθη με τη χρήση μεικτής μεθόδου (ποιοτικής και ποσοτικής). Συγκεκριμένα, οι τελικές εξετάσεις των φοιτητών συγκρίθηκαν με τις μέσες βαθμολογίες των φοιτητών των προηγούμενων ετών στις τελικές εξετάσεις. Τα τεστ αξιολόγησής τους είχαν την ίδια μορφή, φιλοσοφία και βαρύτητα με αυτά των προηγούμενων ετών αλλά δεν ήταν ακριβώς τα ίδια. Το περιεχόμενο των εξετάσεων προετοιμάστηκε εξ ολοκλήρου από τον ερευνητή που ήταν και ο διδάσκων των συμμετεχόντων στην έρευνα. Όσον αφορά στους φοιτητές, το γνωστικό τους επίπεδο δεν διαφοροποιήθηκε κατά τα εξάμηνα στα τρία έτη της έρευνας, καθώς όλοι εισάγονται στο Πανεπιστήμιο με το ίδιο σχεδόν γνωστικό υπόβαθρο. Πιο συγκεκριμένα, τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων αυτής της παρέμβασης ήταν ίδια με εκείνα των φοιτητών των προηγούμενων ετών, οι οποίοι δεν είχαν διδαχθεί με την προσέγγιση τύπου STE(A)M. Για λόγους τριγωνισμού των αποτελεσμάτων, διεξήχθη επίσης μια συζήτηση σε ομάδα εστίασης με 10 φοιτητές, τυχαία επιλεγμένων, με σκοπό την παροχή απαντήσεων στα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας. Για την παροχή λεπτομερέστερων δεδομένων, αξιοποιήθηκαν επίσης σημειώσεις του ερευνητή-διδάσκοντα οι οποίες ελήφθησαν κατά την εφαρμογή της παρέμβασης και όλης της διαδικασίας.

Ταυτόχρονα, υπήρξε αξιολόγηση των φοιτητών από ομοτίμους τους (συμφοιτητές τους) καθώς και ανταλλαγές απόψεων μεταξύ τους, μετά από κάθε παρουσίαση των μοντέλων τους. Τα ημιδομημένα ερωτήματα στη συζήτηση της ομάδας εστίασης ελέγχθηκαν πιλοτικά με τρεις φοιτητές για λόγους εγκυρότητας, διευκρίνισης, αναδιατύπωσης, ακρίβειας ή συνοχής προτού πραγματοποιηθεί η πραγματική συζήτηση της ομάδας εστίασης. Τέλος, τα αποτελέσματα της συζήτησης της ομάδας εστίασης παρουσιάζονται ανώνυμα για δεοντολογικούς λόγους και για το λόγο αυτό, οι απαντήσεις των μαθητών που αναφέρονται στην εργασία εμφανίζονται στην ενότητα αποτελεσμάτων ως Σ1 (συμμετέχων 1), Σ2 (συμμετέχων 2) και ούτω καθεξής.

Δεοντολογικά ζητήματα

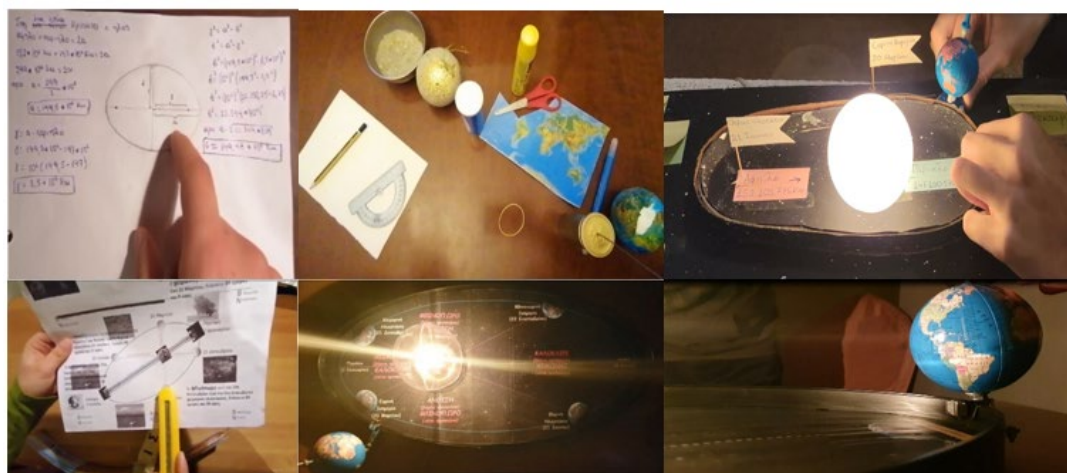
Αν και η έρευνα διεξήχθη στα πλαίσια του μαθήματος «Έννοιες Αστρονομίας και Επιστημών Γης», όπου καθημερινά βασικός στόχος είναι η βελτίωση της μαθησιακής και διδακτικής διαδικασίας και τέτοιες δραστηριότητες αποτελούν συχνή πρακτική, για λόγους δεοντολογίας, οι φοιτητές ενημερώθηκαν ότι οι δραστηριότητες και όλη η παρέμβαση αποτελούν, εκτός από περιεχόμενο των μαθημάτων τους, και μέρος της έρευνας και ζητήθηκε και δόθηκε η συγκατάθεσή τους και η εθελοντική τους συμμετοχή. Οι φοιτητές ενημερώθηκαν ότι η συμμετοχή τους θα είναι ανώνυμη και ότι οποιαδήποτε στιγμή μπορούσαν να αποχωρήσουν από τις διεργασίες.

Στάδια της έρευνας

Ουσιαστικά, η έρευνα ξεκίνησε το ακαδημαϊκό έτος 2021-2022, επαναλήφθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2022-2023 και ολοκληρώθηκε το έτος 2023-2024. Σε κάθε ακαδημαϊκό έτος, και την τρίτη εβδομάδα του εαρινού ακαδημαϊκού εξαμήνου προτεινόταν στους εκπαιδευόμενους πέντε διαφορετικά θέματα αστρονομίας

επιστημών γης (1. Περιφορά της Γης - Οι Εποχές - Ισημερίες και Ηλιοστάσια, 2. Έκλειψη Ηλίου και Έκλειψη Σελήνης - Φάσεις Σελήνης, 3. Ο άξονας και περιστροφή της Γης - Ημέρα και Νύχτα (ηλιακή - αστρική - σεληνιακή ημέρα, 4. Το ηλιακό σύστημα, 5. Το σχήμα και οι κινήσεις της Γης - Μετάβαση - δόνηση) και έξι διαφορετικά που αφορούν τις επιστήμες Γης (1. Κύκλος Νερού, 2. Σεισμοί, 3. Ηφαιστεια, 4. Γεωγραφικές συντεταγμένες-ωριαίες άτρακτοι, 5. Ατμόσφαιρα Γης και 6. Δομή Γης). Κάθε θέμα δίνονταν σε τουλάχιστον πέντε διαφορετικούς φοιτητές και η εργασία ήταν υποχρεωτική. Τα θέματα ανατέθηκαν είτε μεμονωμένα σε ένα άτομο είτε σε ομάδες (2 ατόμων) για όσους/ες επιθυμούσαν να συνεργαστούν με άλλους. Από κάθε φοιτητή/φοιτήτρια ή (ομάδα) ζητήθηκε, ακολουθώντας την προσέγγιση STE(A)M, να κάνει κάποια έρευνα γύρω από το θέμα του, να βρει πληροφορίες, να δημιουργήσει ένα μοντέλο σχετικά με το θέμα της αστρονομίας και επιστημών γης που του/της ανατέθηκε. Τα έργα, τα οποία ακολούθησαν τη φιλοσοφία της προσέγγισης STE(A)M, έπρεπε να παρουσιαστούν στην αίθουσα, σε μια ειδική για το σκοπό αυτό διδακτική συνάντηση, ακολουθούμενη από μια επεξηγηματική παρουσίαση των φοιτητών με τη χρήση PowerPoint. Σε όλους τους φοιτητές δόθηκαν κάποιες οδηγίες υλοποίησης πριν από την εργασία τους για τα έργα τους, αλλά μπορούσαν επίσης να κάνουν οποιεσδήποτε διευκρινιστικές ερωτήσεις, σε περίπτωση που ήταν απαραίτητο.

Οι φοιτητές είχαν μια περίοδο έξι εβδομάδων για να ολοκληρώσουν τις εργασίες τους και ήταν ελεύθεροι να χρησιμοποιήσουν τη δημιουργικότητα και τη φαντασία τους καθώς και τις ψηφιακές ή άλλες δεξιότητες τους χρησιμοποιώντας καθημερινά και απλά υλικά, να σχεδιάσουν, να χρησιμοποιήσουν πλαστελίνη κ.λπ.. Στην αρχή, υπήρχαν φοιτητές που ένιωθαν μάλλον διστακτικοί και έθεταν διάφορες ερωτήσεις σχετικά με το πώς να προχωρήσουν με τα έργα τους.



Εικ. 4. Εικόνες από τις δραστηριότητες των συμμετεχόντων

Ωστόσο, ήταν ενδιαφέρον το γεγονός ότι πολλοί από αυτούς είχαν ήδη ολοκληρώσει την εργασία τους μέσα σε λιγότερο από τέσσερις εβδομάδες. Στην πραγματικότητα, ήταν πολύ ενθουσιώδεις και συμμετείχαν ενεργά, ενώ αποτέλεσε έκπληξη το γεγονός

ότι ζητούσαν περισσότερα θέματα για τη δημιουργία και περαιτέρω μοντέλων. Έτσι, αποφασίστηκε να ανατεθούν και επιπρόσθετα θέματα σε όσους επιθυμούσαν, αλλά αυτή η εργασία και η κατασκευή μοντέλου δεν ήταν υποχρεωτικά αυτή τη φορά. Τα θέματα αυτής της μη υποχρεωτικής δραστηριότητας ήταν σεισμοί – Ηφαίστεια, υδρολογικός κύκλος (κύκλος νερού), παλίρροιες, διαστρωμάτωση της ατμόσφαιρας, δομή της γης. Ένα ποσοστό 65% των μαθητών εργάστηκε επάνω σε αυτά τα θέματα δημιουργώντας νέα μοντέλα. Αυτές οι δημιουργίες παρουσιάστηκαν σε συμφοιτητές τους σε συνάντηση, που πραγματοποιήθηκε για ενημέρωση και διάδοση καλών πρακτικών. Στην εικ.4 δίνονται εικόνες από τις δραστηριότητες των συμμετεχόντων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα ευρήματα της έρευνας αποκάλυψαν ότι υπήρξε αλλαγή στη στάση των φοιτητών απέναντι στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, καθώς ασχολήθηκαν ενεργά και με έντονο ενδιαφέρον με όλα τα θέματα που τους ανατέθηκαν, υλοποιώντας τα αντίστοιχα μοντέλα. Αξίζει να αναφερθεί ότι υπήρξε μεγάλη διαφοροποίηση των μοντέλων/δημιουργιών των φοιτητών, καθώς από τα πέντε θέματα που προτάθηκαν, το ένα θέμα μπορούσε να αξιοποιηθεί από περίπου δέκα φοιτητές κάθε φορά, μεμονωμένους ή σε μικρές ομάδες. Αυτό θεωρήθηκε σημαντικό για την πολλαπλότητα των αναπαραστάσεων τους καθώς οι φοιτητές είχαν τη δυνατότητα, για το ίδιο θέμα, να βλέπουν διαφορετικά μοντέλα εφαρμοσμένα με βάση τις εξατομικευμένες δεξιότητες του κάθε φοιτητή/φοιτήτριας που το υλοποιούσε. Από την έρευνα, φάνηκε ότι οι φοιτητές αξιοποίησαν πολλές και διαφορετικές δεξιότητες και ικανότητες, καθώς άλλοι έδιναν έμφαση στο μηχανικό/δομικό μέρος του μοντέλου τους, άλλοι στο καλλιτεχνικό μέρος της εργασίας τους και άλλοι στους μαθηματικούς υπολογισμούς. Έτσι, κάθε φοιτητής/φοιτήτρια εστίασε στις ατομικές του/της εξατομικευμένες δεξιότητες ή/και προτιμήσεις. Με βάση τα σχόλια των συμμετεχόντων κατά τις παρατηρήσεις αξιολόγησης από τους ομοτίμους τους, τη διαδικασία λήψης σημειώσεων και τα μοντέλα/δημιουργίες των μαθητών, ήταν προφανές ότι το STE(A)M έκανε τη διαφορά στη στάση τους απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες γενικά και διευκόλυνε την κατανόηση των εννοιών.

Όπως υποστήριζαν οι φοιτητές, αυτό επιτεύχθηκε ιδιαίτερα μέσω της παρακολούθησης των πολλαπλών και διαφορετικών μοντέλων, για το ίδιο θέμα. Αυτή η διαφοροποίηση των τρόπων κατασκευής ενός μοντέλου και της απεικόνισης του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί μέσα από την οπτική γωνία του κάθε φοιτητή/φοιτήτριας, ενίσχυσε την αντίληψή τους και τους έδωσε τη δυνατότητα να είναι θετικοί στην επιστημονική σκέψη. Σύμφωνα με τους συμμετέχοντες, οι δραστηριότητες STE(A)M –δημιουργίες μοντέλων– θεωρήθηκαν μια καινοτόμος διαδικασία, διασκεδαστική, έκανε τα μαθήματα ενδιαφέροντα, τις διδακτικές συναντήσεις πιο ευχάριστες, αύξησε την παρουσία τους στην αίθουσα και τη συμμετοχή τους στα μαθήματα και τους βοήθησε να μάθουν με ευχάριστο αλλά εποικοδομητικό και δημιουργικό τρόπο. Οι δραστηριότητες και οι δημιουργίες μοντέλων STE(A)M είχαν επίσης θετικό αποτέλεσμα στη γνωστική τους διαδικασία. Αυτό φάνηκε από τα αποτελέσματα των

εξετάσεων του τελευταίου εξαμήνου με βάση τα οποία η απόδοση των φοιτητών βελτιώθηκε από 6,64 (μέσος όρος) σε 7,75 για φοιτητές που έκαναν ένα έργο (βελτίωση 14,3%). Υπήρξε επίσης βελτίωση στο 8,88 (μέσος όρος) για όσους έκαναν και τα δύο έργα (σύνολο 33,74%)

Τα προαναφερθέντα αποτελέσματα ενισχύονται και από τα ευρήματα της συζήτησης στην ομάδα εστίασης. Σύμφωνα με τις απαντήσεις των φοιτητών, οι δραστηριότητες τύπου STE(A)M τους επέτρεψαν να δουν την επιστήμη διαφορετικά, να είναι θετικοί και να αυξήσουν το ενδιαφέρον τους. Τους έδωσαν επίσης την ευκαιρία να μάθουν και να κατανοήσουν τις έννοιες που θεωρούσαν ότι ήταν δύσκολο να κατανοηθούν που ως εκ τούτου τους αποθάρρυναν πολύ να προσπαθήσουν. Με βάση τους φοιτητές, αυτή η διαδικασία αύξησε τη ενεργό τους συμμετοχή αλλά και τη δημιουργικότητα και τη φαντασία τους. Όπως ισχυρίστηκαν, η διαδικασία τους βοήθησε να συνειδητοποιήσουν τις δεξιότητές τους στη δημιουργία, αλλά και να πιστέψουν στις ικανότητές τους, ενισχύοντας έτσι την αυτοπεποίθησή τους.

Γενικά, η συζήτηση και τα σχόλια που ελήφθησαν από τους συμμετέχοντες έδειξαν τον πλήρη ενθουσιασμό τους για μια χρονοβόρο αλλά ευχάριστη διαδικασία. Κάποιοι φοιτητές αξιοποίησαν περαιτέρω τα αυτοδημιούργητα μοντέλα τους στις πτυχιακές τους εργασίες, ενώ άλλοι τα ενσωμάτωσαν σε σενάρια διδασκαλίας που πρότειναν, προκειμένου να αναδείξουν την παιδαγωγική τους χρήση. Αυτά τα σενάρια χρησιμοποιήθηκαν στη διαδικασία της πρακτικής τους άσκησης, στη διδασκαλία τους σε σχολεία. Σύμφωνα με τους φοιτητές, οι μαθητές των Δημοτικών σχολείων στα οποία δίδαξαν ως υποψήφιοι δάσκαλοι, έδειξαν μεγάλο ενθουσιασμό. Τον ίδιο ενθουσιασμό κατέθεσαν και οι πραγματικοί δάσκαλοι των τάξεων στο Δημοτικό Σχολείο που δίδαξαν, οι οποίοι τους παρατηρούσαν κατά τη διδασκαλία, στο πλαίσιο της διαδικασίας της πρακτικής τους άσκησης. Μετά τη θετική ανατροφοδότηση των φοιτητών, η προσέγγιση STE(A)M επαναλήφθηκε και σε άλλα γνωστικά αντικείμενα των Φυσικών Επιστημών (Χημεία, Φυσική, Διδακτική της Φυσικής) με την θετική ανταπόκριση των φοιτητών.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα έρευνα είχε στόχο να διερευνήσει τον βαθμό στον οποίο οι δραστηριότητες τύπου STE(A)M και τα αυτοδημιούργητα μοντέλα Αστρονομίας των φοιτητών μπορούν να ενισχύσουν το γνωστικό τους επίπεδο στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών και το ενδιαφέρον τους για αυτές. Τα ευρήματα της έρευνας αποκάλυψαν θετικά σχόλια από τους συμμετέχοντες. Φάνηκε ότι οι εργασίες τύπου STE(A)M βελτίωσαν το γνωστικό επίπεδο των φοιτητών, ενίσχυσαν το ενδιαφέρον τους για τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, ενώ ακόμη και ο αριθμός των παρακολουθούντων στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών αυξάνεται ιδιαίτερα κάθε έτος. Αξιοσημείωτο είναι ότι οι φοιτητές άλλαξαν τη στάση τους απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες, κυρίως διότι η πλειοψηφία τους είχε θεωρητικό υπόβαθρο. Ακόμη και οι φοιτητές που πίστευαν ότι οι δημιουργίες τους δεν ήταν σημαντικές, έλαβαν θετικά σχόλια από τους

συμφοιτητές τους, γεγονός που τους ενθάρρυνε για τις ικανότητές τους και αύξησε την αυτοεκτίμησή τους. Γενικά, οι δραστηριότητες τύπου STE(A)M είχαν θετικό αντίκτυπο στους εκπαιδευόμενους και τη μάθησή τους, αύξησαν τη συμμετοχή, και την αλληλεπίδραση μεταξύ τους, διευκόλυναν την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών και βελτίωσαν τις γνώσεις τους. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με τα ευρήματα της βιβλιογραφίας σύμφωνα με την οποία οι δραστηριότητες STE(A)M έχουν θετικό αντίκτυπο στη μάθηση (Allen et al., 2016· Hsu et al, 2019· Sawangmenk, 2019· Sharma & Yarlagadda, 2018), ενώ ενισχύουν την ανάπτυξη σύγχρονων δεξιοτήτων (Dragogiannis, 2017· Hwang & Tu, 2021).

Επιπλέον, η παρέμβαση, βασισμένη στις δραστηριότητες των αυτοδημιούργητων μοντέλων των φοιτητών μεταμόρφωσε, υπό μια έννοια, τις βαρετές διαλέξεις, μετατρέποντάς τις σε ενδιαφέρουσες γνωστικές διαδικασίες κατά τις οποίες οι μαθητές αλληλεπιδρούσαν μεταξύ τους αλλά και με τον εκπαιδευτικό. Η ενσωμάτωση των έργων STE(A)M και τα κοινωνικά χαρακτηριστικά τους προέτρεψαν τους φοιτητές να έχουν θετική στάση απέναντι στα μαθήματα φυσικών επιστημών, και οδήγησαν στην επιθυμία τους να τα παρακολουθούν μέχρι την ολοκλήρωσή τους, να συμμετείχαν με αμείωτο ενδιαφέρον, να θέτουν ερωτήσεις ή να καταθέτουν γόνιμες απορίες. Η παρέμβαση επίσης αύξησε ιδιαίτερα την δημιουργικότητα των συμμετεχόντων καθώς μέσω των προσωπικών τους έργων κατατέθηκε πλήθος διαφοροποιημένων μοντέλων. Επιπλέον, οι επιδόσεις των φοιτητών ήταν υψηλότερες με σημαντικό αριθμό βαθμών Α στις τελικές εξετάσεις σε αντίθεση με τα προηγούμενα έτη. Τέλος, οι φοιτητές επέμειναν στην εφαρμογή της ίδιας προσέγγισης STE(A)M και σε άλλα μαθήματα Φυσικών Επιστημών, κάτι που όντως πραγματοποιήθηκε.

Σύμφωνα με τους εκπαιδευόμενους-υποψήφιους δασκάλους, η εκπαίδευση στις τεχνικές STE(A)M ήταν όχι μόνο αποτελεσματική, διασκεδαστική, και εντυπωσιακά δημιουργική διαδικασία αλλά και ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα καθώς οι υποψήφιοι δάσκαλοι αναζητούσαν στο διαδίκτυο τις απαραίτητες πληροφορίες για τα έργα τους. Ταυτόχρονα εφαρμόστηκε η αυτορρυθμιζόμενη (προσαρμοστική) μάθηση, η οποία επέτρεψε στους φοιτητές να είναι αυτόνομοι, αναφορικά με τον σχεδιασμό, τη δημιουργία και το αποτέλεσμα του μοντέλου τους. Πολλοί από συμμετέχοντες δημιούργησαν βίντεο στα οποία απεικονίζονται τα βήματα υλοποίησης της προσωπικής και μοναδικής τους δημιουργίας. Τα συγκεκριμένα βίντεο βρίσκονται στην ιστοσελίδα της ηλεκτρονικής τάξης του πανεπιστημιακού μαθήματος, με σκοπό τη διάχυση της γνώσης και την ανατροφοδότηση από τους υπόλοιπους φοιτητές.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν καλά ότι πολλές έννοιες των φυσικών επιστημών, όπως η φυσική, είναι δύσκολο να διδαχθούν (Yusuf and Widyaningsih, 2019), ειδικά όταν η ύλη που πρέπει να καλυφθεί είναι συντριπτική, καθιστώντας αποθαρρυντική τη μάθηση. Ωστόσο, η επιστήμη βασίζεται πολύ στον πειραματισμό και στην προσπάθεια και λιγότερο στη θεωρία, η οποία αποθαρρύνει και συχνά απογοητεύει τους

εκπαιδευόμενους. Η συνεργατική μάθηση των επιστημών που συνυπάρχει με τη μηχανική, τα μαθηματικά και την τεχνολογία, γνωστή ως προσέγγιση STEM ή STE(A)M, μπορεί να αποτελέσει αποτελεσματικό σύνδεσμο της επιστημονικής γνώσης με την ενεργό συμμετοχή και την ανακάλυψη γνώσης από τους φοιτητές. Είναι επίσης σημαντικό οι εκπαιδευτικοί να έχουν υπόψη ότι οι φοιτητές έχουν την ικανότητα να είναι δημιουργικοί, παρουσιάζουν αυξημένη φαντασία τις περισσότερες φορές, μπορούν να αξιοποιήσουν τις δικές τους προσωπικές δεξιότητες και ικανότητες, είναι πολύ εξοικειωμένοι με την τεχνολογία και είναι ικανοί να ανταπεξέλθουν σε πολλά περισσότερα μαθησιακά καθήκοντα από ό,τι πιστεύεται. Το μόνο που χρειάζεται είναι οι εκπαιδευτικοί να δίνουν ευκαιρίες τόσο στους ίδιους όσοι και στους φοιτητές τους, προσφέροντάς τους το ανάλογο κίνητρο για τη μάθηση και την απόλαυση της γνώσης. Άλλωστε, όπως είπε κάποτε και ο Feiman (2014) «Πρέπει να σταματήσουμε να «σκοτώνουμε» την απόδοση και το ενδιαφέρον των φοιτητών για την επιστήμη κάνοντας συνεχώς βαρετές διαλέξεις, αντί να τους βοηθάμε να σκέφτονται σαν επιστήμονες. Άλλωστε, οι καλοί εκπαιδευτικοί δεν τους «παραδίδουν έτοιμη γνώση», αλλά τους ξυπνούν, τους βοηθούν να σταθούν στα πόδια τους και τραβούν την καρέκλα μακριά από αυτούς για να ισορροπήσουν μόνοι τους».

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Γρηγοριάδου, Π. (2004). *Η Διεπιστημονική-Διαθεματική προσέγγιση της γνώσης*, Μεταπτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Φλώρινα.
- Ζαγκότας, Β., Μπίμπα, Μ. & Φύκαρης, Ι. (2019). Σύγχρονες τάσεις και πολιτικές, επιστημονικές έρευνες και πρακτικές. Οι δυνατότητες της διεπιστημονικότητας στη διδακτική διαδικασία την εποχή της μετανεωτερικότητας: μύθος ή πραγματικότητα; Μια αποδεικτική προσπάθεια μέσω της παρουσίας διδακτικού παραδείγματος. Στο: Σ.Χ. Πανταζής, Ε.Π. Μαράκη, Γ.Ε. Στριλιγκάς, Ε. Μπελαδάκης, Ι.Α. Τζωρτζάκης, Χ.Ε. Αρβανίτης, Ε.Ε. Ψαλάκη & Χ.Σ. Ντρουμπογιάννης (Επιμ.), *Η διεπιστημονικότητα ως γνωστική, εκπαιδευτική και κοινωνική πρόκληση, Πρακτικά 5^{ου} Διεθνούς Ι.Α.Κ.Ε. Ελληνικού Επιστημονικού Συνεδρίου*, Τόμος Α, (104-115), Ηράκλειο, 2019.
- Καλαντζής, Γ. & Τσιχουρίδης, Χ. (2019). Το S.T.E.M. στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση ως πιθανός παράγοντας οικονομικής ανάπτυξης: Διεθνής βιβλιογραφική επισκόπηση. Πρακτικά του 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ελλάδα-Ευρώπη 2020: Εκπαίδευση, Δια βίου Μάθηση, Έρευνα, Νέες Τεχνολογίες, Καινοτομία και Οικονομία» (σελ. 118-125), Σεπτέμβριος 28-30, 2018, Λαμία.
- Ματσαγγούρας, Ι. (2012). *Η διαθεματικότητα στη σχολική γνώση*, Αθήνα: ΓΡΗΓΟΡΗ.
- ΦΕΚ 5928/Β/16-12-2021, Πρόγραμμα σπουδών επιπέδου Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, Ανακτήθηκε Ιούνιος 8, 2024 από <https://t.ly/94Yc>.

- Χατζημιχαήλ, Μ.Α. (2010). Η εφαρμογή και η αποτελεσματικότητα της διαθεματικής προσέγγισης στη διδακτική πρακτική, *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, τεύχος 16, Σεπτέμβριος 2020, 212-225.
- Datnow, A., Park, V., Peurach, D.J. & Spillane, J.P. (2022). Transforming Education for Holistic Student Development. *Report: Learning from Education System (Re) Building Around the World*, Center for Universal Education, Brookings, Washington D.C.
- English, L.M. & Irving, C.J. (2012). Women and Transformative Learning. In: E.W. Taylor & P. Cranton and Associates (eds). *The Handbook of Transformative Learning. Theory, Research and Practice*, Part Three: Transformative Learning: Culture, Positionality, and International Perspectives, (pp. 231-245), Jossey-Bass.
- Gale, J., Alemdar, M., Lingle, J., & Newton, S. (2020). Exploring critical components of an integrated STEM curriculum: an application of the innovation implementation framework [Article]. *International Journal of STEM Education*, 7(1), Article 5. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-0204-1>
- García, E. G., Magaña, E. C., & Ariza, A. C. (2020). Quality education as a sustainable development goal in the context of 2030 agenda: Bibliometric approach, *Sustainability* 12(15), Article 5884. <https://doi.org/10.3390/SU12155884>
- Gil-Doménech, D., Berbegal-Mirabent, J., & Merigó, J. M. (2018). STEM education: A bibliometric overview [Conference Paper]. *International Conference on Modelling and Simulation in Management Sciences*, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15413-4_15
- Ha, C. T., Thao, T. T. P., Trung, N. T., Huong, L. T. T., Dinh, N. V., & Trung, T. (2020). A Bibliometric Review of Research on STEM Education in ASEAN: Science Mapping the Literature in Scopus Database, 2000 to 2019 [Article]. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(10), Article em1889. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8500>
- Hwang, G. J., & Tu, Y. F. (2021). Roles and research trends of artificial intelligence in mathematics education: A bibliometric mapping analysis and systematic review. *Mathematics*, 9(6), Article 584. <https://doi.org/10.3390/math9060584>
- Kalantzis, G., Tsihouridis, Ch., Batsila, M. & Vavougiou, D. (2022). Use of Specially Designed Simple Experimental Device Based on Raspberry Pi by Students for the Conceptual Understanding of Rotational Motion, In: M. E. Auer et al. (Eds), *Mobility for Smart Cities and Regional Development – Challenges for Higher Education*, (pp753-763), Springer Nature Switzerland AG 2022, https://doi.org/10.1007/978-3-030-93907-6_82.
- Kang, N.-H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y>

- Khodabandelou, R., Ale Ebrahim, N., Amoozegar, A., & Mehran, G. (2019). Revisiting Three Decades of Educational Research In Iran: A Bibliometric Analysis. *Iranian Journal of Comparative Education*, 2(1), 1-21. <https://doi.org/10.22034/ijce.2019.187779.1002>
- Lane, A. K., Skvoretz, J., Ziker, J. P., Couch, B. A., Earl, B., Lewis, J. E., McAlpin, J. D., Prevost, L. B., Shadle, S. E., & Stains, M. (2019). Investigating how faculty social networks and peer influence relate to knowledge and use of evidence-based teaching practices. *International Journal of STEM Education*, 6(1), Article 28. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0182-3>
- Maguth, B.M. (2012). In Defense of the Social Studies: Social Studies Programs in STEM Education, *Social Studies Research and Practice*, 7(2), pp. 65-90.
- Mammadov, S. & Schroeder, K. (2023). A meta-analytic review of the relationships between autonomy support and positive learning outcomes, *Contemporary Educational Psychology*, 75, 1-25.
- Ozkaya, A. (2019). Bibliometric analysis of the publications made in STEM education area. *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 8(2), 590–628. <https://doi.org/10.14686/buefad.450825>
- Sawangmek, S. (2019). Trends and issues on STEM and STEAM education in early childhood. *Training and Practice*, 17(3–4), 97–106. <https://doi.org/10.17165/TP.2019.3-4.8>
- Takeuchi, M. A., Sengupta, P., Shanahan, M.-C., Adams, J. D., & Hachem, M. (2020). Transdisciplinarity in STEM education: A critical review. *Studies in Science Education*, 56(2), 213–253. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755802>
- Tsihouridis, Ch., Batsila, M. & Vavougiou, D. (2019). Expanding STEM to the Suggestion of STE-SAL-M; A Cross-Curricular Approach to Primary Education Science Teaching and Learning, *Proceedings of the 22nd International Conference on Interactive Collaborative Learning, “The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education”*, pp. 843-855, September 25-28 2019, Bangkok, Thailand.
- Wahono, B., Lin, P. L. & Chang, C. Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. *International Journal of STEM Education*, 7(36), <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1>
- Winarti, W, Sulisworo, D. & Kaliappen, N. (2021). Evaluation of STEM-Based Physics Learning on Students' Critical Thinking Skills: A Systematic Literature Review. *Indonesian Review of Physics (IRiP)*, 4(2), 61-69.
- Yusuf, I. & Widyaningsih, S.W. (2018). HOTS profile of physics education students in STEM-based classes using PhET media, *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1157* (2019) 032021, 1-5, doi:10.1088/1742-6596/1157/3/032021.

ΝΟΗΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ: Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Κρυσταλλία Χαλκιά¹, Αθανάσιος Βελέντζας²

¹Ομότιμη Καθηγήτρια ΕΚΠΑ, ²ΕΔΙΠ ΕΜΠ

kxalkia@primedu.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στα Νοητικά Πειράματα (ΝΠ) και στον ρόλο τους στη διδασκαλία της φυσικής. Αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος γίνεται μία προσπάθεια να απαντηθεί το ερώτημα: τι είναι ΝΠ, ποια η συμβολή του στην εξέλιξη της φυσικής, ποια τα χαρακτηριστικά του, ποιες οι χρήσεις του, ποιες οι ομοιότητες και διαφορές του από το πραγματικό πείραμα. Στο δεύτερο μέρος μελετάται η συμβολή του ΝΠ στη διδασκαλία της φυσικής, (η σημασία του για τον επιστημονικό γραμματισμό των μαθητών, τα οφέλη του από την χρήση του στη διδασκαλία της φυσικής, κ.λπ.). Επίσης, προτείνονται τρόποι για τη διδακτική αξιοποίησή του.

Λέξεις κλειδιά: Νοητικά πειράματα, θεωρίες φυσικής, διδασκαλία φυσικής

Αναφορά: Χαλκιά, Κ., & Βελέντζας, Α. (2025). *Νοητικά Πειράματα: Η Συμβολή τους στη Φυσική και στη Διδασκαλία της Φυσικής*, 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

THOUGHT EXPERIMENTS: THEIR CONTRIBUTION TO PHYSICS AND THE TEACHING OF PHYSICS

Krystallia Halkia¹, Athanasios Velentzas²

¹Professor Emeritus in NKUA, ²Laboratory Teaching Staff in NTUA

kxalkia@primedu.uoa.gr

ABSTRACT

The present work refers to Thought Experiments (TEs) and to their role in physics education. It consists of two parts. The first part attempts to answer the question: what a TE is (its contribution to physics theories, its characteristics, its uses, as well as its similarities and differences from a real experiment). The second part attempts to show the contribution of TEs to physics education (its significance to students' science literacy, the benefits from its uses to physics teaching etc.). Also, ways of using TEs in science teaching are suggested.

Keywords: *Thought experiments, physics theories, teaching physics*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα Νοητικά Πειράματα (ΝΠ) αποτελούν μία ειδική κατηγορία πειραμάτων, που έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των επιστημονικών θεωριών. Είναι «πειράματα» που, σε αντίθεση με τα ρεαλιστικά πειράματα, σχεδιάζονται και εξελίσσονται στο μυαλό του «πειραματιστή» (Brown, 1991).

Αν και έγιναν γνωστά στους πρόσφατους χρόνους ως ένα από τα βασικά εργαλεία της σύγχρονης φυσικής, τα ΝΠ «διεξάγονταν» από πολύ παλιά (ήδη από τους προ-Σωκρατικούς φιλόσοφους) και τα συναντάμε σε πολλά και διαφορετικά πεδία, όπως είναι η φυσική, τα μαθηματικά, η οικονομία, η πολιτική, κ.λπ. (Stuart et al., 2018).

Ο όρος «νοητικό πείραμα» (thought experiment) εισήχθη για πρώτη φορά στη φυσική φιλοσοφία το 1811 από τον Hans-Christian Ørsted (1777–1851), στην εργασία του με τίτλο «Prolegomenon to the General Theory of Nature» (Witt-Hansen, 2003; Klassen, 2006; Stuart, et al., 2018). Περίπου έναν αιώνα αργότερα, ο Ernst Mach (1838–1916) επανέφερε την ίδια έννοια, αλλά χρησιμοποίησε τον όρο στη γερμανική του εκδοχή 'Gedanken-experiment', επισημαίνοντας ότι «εκτός από τα φυσικά πειράματα υπάρχουν και άλλα που χρησιμοποιούνται εκτενώς σε υψηλό διανοητικό επίπεδο».

Όμως, ο συγκεκριμένος όρος (νοητικό πείραμα) σπάνια χρησιμοποιούνταν από τους επιστήμονες. Για παράδειγμα ο Niels Bohr τα αναφέρει ως τα “μέσα που προτάθηκαν από τον Einstein” και σχολιάζει το “ψευδο-ρεαλιστικό στυλ” τους (Bohr 1949/1959: 226, όπως αναφέρεται στο Galili 2009). Ο ίδιος ο Einstein, κατά περίπτωση, χαρακτήριζε τα ΝΠ του ως «παράδοξα» ή ως «αναλογίες», το δε πείραμα με τον ανελκυστήρα το

χαρακτηρίζει ως «εξιδανικευμένο πείραμα» (Einstein & Infeld, 1938, p. 226). Επίσης, διάφορα εκλαϊκευτικά βιβλία επιστήμης που χρησιμοποιούν συχνά τα ΝΠ, αποφεύγουν αυτόν τον όρο προτιμώντας να τα χαρακτηρίζουν «εννοιολογικά (ή φανταστικά) πειράματα» ή απλά «παράδοξα» (Park, 1988).

Είναι ενδιαφέρον ότι οι φιλόσοφοι της επιστήμης δεν ασχολήθηκαν ιδιαίτερος με τα ΝΠ, έως ότου ο Thomas Kuhn (1977) έγραψε μια εργασία με τίτλο «Μια λειτουργία για ΝΠ» (Özdemir, 2009). Έκτοτε, τον σημαντικό ρόλο των ΝΠ στη φυσική έχουν τονίσει διάφοροι σύγχρονοι φιλόσοφοι. Σύμφωνα με τον Popper (1934/1968) τα ΝΠ αποτελούν ένα βασικό εργαλείο του επιστημονικού λόγου. Ο δε Kuhn (1977) αναφέρει ότι τα ΝΠ έχουν διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη των θεωριών της φυσικής, καθώς αποτελούν δυναμικά εργαλεία του ανθρώπου στην προσπάθειά του να κατανοήσει τη φύση.

Θα πρέπει, όμως, να επισημανθεί ότι ήταν ο Einstein εκείνος που ουσιαστικά αναβάθμισε τα ΝΠ κάνοντάς τα ένα πρότυπο ερευνητικό εργαλείο θεμελιώδους σημασίας, ένα βασικό μέσο με τη βοήθεια του οποίου οι επιστήμονες αλλάζουν τις εννοιολογικές δομές τους (Nersessian, 1993).

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι, εφόσον τα ΝΠ αξιοποιούνται σε σημαντικό βαθμό από τους επιστήμονες για τη διερεύνηση και τη διαμόρφωση των επιστημονικών θεωριών, θα πρέπει η μελέτη τους να αποτελέσει μέρος των διδακτικών πρακτικών, προκειμένου οι μαθητές να εξοικειωθούν με την κουλτούρα των επιστημονικών πρακτικών (Gilbert & Reiner, 2000a· 2000b).

Στην παρούσα εργασία, θα σχολιάσουμε τη συμβολή των ΝΠ στη φυσική και στη διδακτική των φυσικών επιστημών.

ΜΕΡΟΣ 1^ο: Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΝΟΗΤΙΚΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Στην ενότητα αυτή θα προσπαθήσουμε να διερευνήσουμε, μέσω της σχετικής βιβλιογραφίας τι είναι ΝΠ (π.χ. πώς ορίζεται, ποια είναι τα χαρακτηριστικά του κ.λπ.).

Σύντομη ιστορική αναδρομή

Τα ΝΠ κατατάσσονται ανάμεσα στα κύρια διερευνητικά εργαλεία της επιστήμης, ήδη από τους αρχαίους Έλληνες, πολύ πριν από την επιστημονική επανάσταση του 17ου αιώνα (Galili, 2009· Kösem & Özdemir, 2014). Κυρίως όμως, τα ΝΠ έπαιξαν σημαντικό ρόλο κατά την περίοδο της επιστημονικής επανάστασης του 17ου και της διαμόρφωσης των μεγάλων θεωριών του 20ου αιώνα (θεωρία της Σχετικότητας, Κβαντομηχανική), καθορίζοντας έτσι την πορεία της επιστημονικής προσπάθειας (Velentzas et al., 2007). Αλλά ακόμη και σήμερα αποτελούν βασικό εργαλείο της φυσικής, όταν μελετά περιβάλλοντα στα οποία δεν μπορούν να υλοποιηθούν τα πειράματα στο εργαστήριο, όπως είναι η φυσική στην κλίμακα Planck ή στο εσωτερικό μιας μαύρης τρύπας (Reiner & Burko, 2003).

Ας θυμηθούμε όμως μερικά διάσημα παραδείγματα ΝΠ φιλοσόφων και επιστημόνων που επηρέασαν την πορεία της επιστήμης:

- το ΝΠ του Λουκρήτιου (Lucretius, 94/55 π.Χ.): πετώντας ένα δόρυ στην άκρη του σύμπαντος, (στοχεύει να δείξει ότι το σύμπαν είναι άπειρο),
- το ΝΠ του Stevin (Stevin 1548/1620): αλυσίδα με χάντρες γύρω από ένα κεκλιμένο επίπεδο,
- τα ΝΠ του Γαλιλαίου (Galileo 1638/1714): τα «σώματα σε ελεύθερη πτώση», τα «εκκρεμή», τα «κεκλιμένα επίπεδα» και το «πλοίο»,
- τα ΝΠ του Leibnitz (Leibnitz 1646/1716): όπου ο Θεός δημιουργεί το Σύμπαν σε ένα διαφορετικό χώρο, ή στον ίδιο χώρο αλλά περιστρεφόμενο, ή σε διαφορετικό χρόνο,
- τα ΝΠ του Νεύτωνα (Newton 1642/1727): «το κανόνι» και «ο κουβάς»,
- τα ΝΠ του Kant (Kant 1724-1804): που μας ζητούν να συλλάβουμε την υπόθεση της πλήρους απουσίας χώρου ή χρόνου,
- το ΝΠ του Maxwell (Maxwell 1831/1879): «ο δαίμονας»,
- τα ΝΠ του Einstein (Einstein 1879-1955): «ο ανελκυστήρας», «το τρένο», «το παράδοξο των διδύμων», «κυνηγώντας μια δέσμη φωτός», και το E.P.R.,
- το ΝΠ του Schrödinger (Schrödinger 1887/1961): «η γάτα»,
- το ΝΠ του Heisenberg (Heisenberg 1901/1976): «το μικροσκόπιο».

Περισσότερες πληροφορίες για τα νοητικά πειράματα μπορεί να εντοπίσει κανείς στη Stanford encyclopedia of philosophy (2023/ <https://plato.stanford.edu/entries/thought-experiment/>) και στο Βελέντζας (2013).

Η συνεισφορά της φιλοσοφίας στην κατανόηση των ΝΠ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ήταν ο Thomas Kuhn (1977) που επισήμανε την καθοριστική σημασία των ΝΠ στην εξέλιξη της φυσικής. Σύμφωνα με τους Stuart et al. (2018), ο Kuhn θεωρούσε ότι τα ΝΠ είναι ένα εργαλείο για την πρόκληση ή την αιτιολόγηση των επιστημονικών επαναστάσεων. Επιπλέον, θεωρούσε ότι τα ΝΠ είναι ένα από τα βασικά αναλυτικά εργαλεία που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια μιας επιστημονικής κρίσης και τα οποία βοηθούν να προωθηθεί η βασική εννοιολογική αλλαγή (Kuhn, 1977, p. 263). Μάλιστα, παραθέτει το τρένο του Einstein, το μικροσκόπιο του Heisenberg, και διάφορα αποσπάσματα από ΝΠ του Γαλιλαίου ως παραδείγματα που παίζουν αυτό τον ρόλο στην αλλαγή της θεωρίας. Όμως, θα πρέπει να επισημανθεί το γεγονός ότι ο Kuhn πιθανόν να συνειδητοποίησε τη σημασία και τον ρόλο των ΝΠ στην ανάδειξη μιας θεωρίας, επειδή επηρεάστηκε καθοριστικά από τον Heisenberg, κατά τις συνεντεύξεις που είχε μαζί του, ήδη από το 1963. Συγκεκριμένα, στην 6^η συνέντευξη, ο Heisenberg αναφέρει ρητά ότι, κατά την περίοδο που βρίσκονταν στην Κοπεγχάγη στις συζητήσεις του με τους Bohr, Sommerfeld και την υπόλοιπη ομάδα, τα ΝΠ (Gedanken-experiments) έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της κβαντικής θεωρίας (Kuhn 1963).

Ο Brown, αλλά και ο Norton, από διαφορετική οπτική ο καθένας, συμφώνησαν με τη θέση του Kuhn ότι τα ΝΠ μπορούν να παίξουν έναν ρόλο στην αιτιολόγηση των επιστημονικών επαναστάσεων. Όμως, διαφώνησαν ως προς το τι είναι τα ΝΠ και τι μπορούν να κάνουν. Ο Brown παρουσίασε μία πλατωνική θεωρία για τα ΝΠ, σύμφωνα με την οποία τα ΝΠ μπορούν να παρέχουν άμεση πρόσβαση σε αλήθειες για τους νόμους της φύσης. Αυτή την άποψη ο Norton χαρακτήρισε ως μαγεία. Ο ίδιος, βασιζόμενος στην εμπειρία, χαρακτήρισε τα ΝΠ ως επιχειρήματα (Stuart et al., 2018).

Ο Popper (1902/1994) μελέτησε τις χρήσεις των ΝΠ στην επιστήμη. Κατ' αυτόν τα ΝΠ χρησιμοποιήθηκαν από διάσημους επιστήμονες για τη διατύπωση καινοτόμων θεωριών, την ανάδειξη αντιφάσεων σε ήδη υπάρχουσες θεωρίες, την τροποποίηση παλαιών θεωριών σύμφωνα με τα νέα ευρήματα, ή ακόμη την αντικατάστασή τους από μία νέα θεωρία.

Ο ρόλος της αφαίρεσης και της θεωρητικής σκέψης στη δημιουργία ΝΠ

Ο ρόλος της αφαίρεσης είναι σημαντικός στη δημιουργία ενός ΝΠ. Σύμφωνα με τον Mach (1896/1976), στα ΝΠ συμβαίνει μία σημαντική διαδικασία όπου νοητικά ένας ή περισσότεροι παράγοντες, οι οποίοι ποσοτικά επηρεάζουν το αποτέλεσμα, παραλείπονται, έτσι ώστε να μπορεί να μελετηθεί η επίδραση των υπολοίπων παραγόντων.

Αντίστοιχα, κατά τους Miller (1986) και Galili (2009), το ΝΠ αντιπροσωπεύει μια νοητική δραστηριότητα που συνδυάζει τη φαντασία και τη θεωρητική σκέψη αναφερόμενο σε πραγματικά αντικείμενα. Ο «πειραματιστής» ελεύθερος από τους περιορισμούς της πραγματικότητας (όπως οι θερμικές απώλειες λόγω τριβής), δημιουργεί «εξιδανικευμένα πειράματα». Ο «πειραματιστής» επιτρέπεται να «ξεχάσει» όλους τους τεχνικούς περιορισμούς του απαραίτητου για ένα πραγματικό πείραμα εξοπλισμού, το κόστος που συνεπάγεται, τη δυνατότητα υλοποίησης, κ.λπ. (Asikainen & Hirvonen, 2014· Galili, 2009).

Σύμφωνα με τους (Stuart et al., 2018), ο Sorensen (όπως και ο Mach) θεώρησε τα ΝΠ ως ένα τύπο νοητικού συλλογισμού και τα ενέταξε σε ένα συνεχές με τα πραγματικά πειράματα. Επιχειρηματολόγησε ότι τα ΝΠ κυρίως εξαλείφουν ανορθολογισμούς στη σκέψη μας. Επιπλέον, (όπως και ο Mach) ισχυρίστηκε ότι τα ΝΠ λειτουργούν αντλώντας από τα αποθέματα της εμπειρικής γνώσης που συγκεντρώνουμε στη ζωή μας, συνδυαζόμενα με τις εσωτερικές ιδέες και δομές που έχουν προγραμματιστεί στο μυαλό μας ως προϊόντα της δαρβίνειας εξέλιξης.

Η εξιδανίκευση (idealization), σύμφωνα με τον Koyre (1968), απαιτείται για την “μαθηματική προσέγγιση στη φύση” που διεξάγεται στο μυαλό, και έτσι τα ΝΠ “κλείνουν το κενό ανάμεσα στο εμπειρικό γεγονός και στη θεωρητική έννοια». Αυτή η λειτουργία των ΝΠ είναι απαραίτητη στην επιστημονική σκέψη και καταδεικνύει την συνθετική φύση της επιστημονικής γνώσης (Koyre, 1968).

Ο ρόλος της φαντασίας, της αφήγησης και των απεικονίσεων στη δημιουργία νοητικών μοντέλων - Ο ρόλος της επικοινωνίας

Αλλά και ο ρόλος της φαντασίας, της αφήγησης και της επικοινωνίας είναι σημαντικός σε ένα ΝΠ. Πράγματι, στα ΝΠ χρησιμοποιείται η φαντασία για να στηθεί ένα «νοητικό σκηνικό», που συνήθως αναφέρεται σε οικείες καταστάσεις, παρά το γεγονός ότι οι συμβάσεις που απαιτούνται προχωρούν πέρα από τις καθημερινές εμπειρίες. Κατά τη Nersessian (1993, p. 27), σε ένα ΝΠ, ο επιστήμονας κατασκευάζει ένα δυναμικό μοντέλο στο μυαλό του, φαντάζεται μία διαδοχή γεγονότων και διαδικασιών και εξάγει συμπεράσματα. Κατόπιν, «κατασκευάζει μία αφήγηση για να περιγράψει το σκηνικό και την αλληλουχία των γεγονότων για να επικοινωνήσει» το ΝΠ σε άλλους. Η Nersessian ισχυρίζεται ότι η αφηγηματική παρουσίαση ενός ΝΠ δίνει το έναυσμα για τη δημιουργία ενός νοητικού μοντέλου, το οποίο είναι «ένα δομικό, συμπεριφορικό ή λειτουργικό ανάλογο με ένα φαινόμενο του πραγματικού κόσμου» (Nersessian, 2018, p.311).

Την επικοινωνιακή διάσταση των ΝΠ τονίζουν οι Brown & Fehige (2011, p. 1). Θεωρούν ότι τα ΝΠ χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία σε αφηγηματική μορφή, μερικές φορές με τη χρήση μέσων όπως μια απεικόνιση με σχήματα.

Η ερμηνευτική και επικοινωνιακή ισχύς των ΝΠ φαίνεται από το γεγονός ότι γνωστοί επιστήμονες, όπως ο Αϊνστάιν, ανέπτυξαν ΝΠ όχι μόνο για την ανάπτυξη των θεωριών τους αλλά και για να επικοινωνήσουν τόσο με άλλους επιστήμονες όσο και με το ευρύ κοινό, προκειμένου να εξηγήσουν τις θεωρίες τους (σε όλες τους τις διαστάσεις). Επιπλέον, αρκετοί γνωστοί επιστήμονες (όπως ο Gamow, 1990· οι Landau & Rumer, 1960· κ.ά.), έγραψαν δημοφιλή βιβλία φυσικής, όπου συχνά χρησιμοποιούν τα ΝΠ για να παρουσιάσουν κυρίως θεωρίες του 20ού αιώνα (Velentzas et al., 2007). Οι επιστήμονες αυτοί λοιπόν αντιμετωπίζουν τα ΝΠ ως δυναμικά μέσα εκλαΐκευσης, καθώς βοηθούν το κοινό να κατανοήσει αφενός τις θεωρίες της φυσικής και να αναπτύξει αφετέρου θετική στάση απέναντί της (Χαλκιά, 2013).

Τα βήματα για την υλοποίηση ενός ΝΠ

Προσπαθώντας να περιγράψει την πορεία ενός ΝΠ, η Reiner (1998) θεωρεί ότι το ΝΠ περιλαμβάνει 5 βήματα:

- α) τη διατύπωση ενός προβλήματος (ή μιας υπόθεσης),
- β) τον σχηματισμό ενός φανταστικού κόσμου,
- γ) τον νοητικό σχεδιασμό και τη (νοητική) εκτέλεση ενός πειράματος,
- δ) την εξαγωγή πειραματικού αποτελέσματος με την λογική, και
- ε) την εξαγωγή συμπεράσματος.

Απόπειρες περιγραφής και ορισμού του ΝΠ

Διατρέχοντας τη σχετική βιβλιογραφία διαπιστώνουμε ότι δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός ορισμός και αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι το ΝΠ έχει μελετηθεί από ερευνητές διαφορετικών επιστημονικών πεδίων (της φιλοσοφίας, της ιστορίας της επιστήμης, της γνωσιακής επιστήμης, των κοινωνικών επιστημών, κ.λπ.) και διαφόρων φιλοσοφικών παραδόσεων (εμπειρισμού, ιδεαλισμού, φυσιοκρατίας, κ.λπ.).

Στη βιβλιογραφία ανιχνεύονται διάφοροι ορισμοί, που από διαφορετική -πολλές φορές- σκοπιά διαφωτίζουν τη σημασία τους.

Ο Mach χρησιμοποίησε τα ΝΠ κατά την αναθεώρηση της Μηχανικής, προκειμένου να την εδραιώσει εμπειρικά (και όχι μεταφυσικά) (Galili, 2009). Κατά τον Mach (1883/1989), ένα ΝΠ αντιπροσωπεύει ένα πείραμα, που δεν χρειάζεται να εκτελεστεί εξαιτίας του προφανούς αποτελέσματός του.

Ο Brown κατά καιρούς έχει αποπειραθεί να δώσει κάποιου είδους ορισμό για το ΝΠ. Το 1991, αξιοποιώντας μία μεταφορά, θεωρεί ότι τα ΝΠ είναι πειράματα που διεξάγονται στο «εργαστήριο του μυαλού», καθώς είναι αδύνατον για διάφορους λόγους να γίνουν στην πραγματικότητα. Επιπλέον, θεωρεί ότι ΝΠ είναι ένας ειδικός τύπος νοητικού παραθύρου μέσω του οποίου το μυαλό μπορεί να κατανοήσει τον κόσμο. Το 2002 (ο Brown) σημειώνει: τα ΝΠ είναι μέσα της φαντασίας που χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση της φύσης. Αλλά το 2004, φθάνει να ομολογήσει την αδυναμία ορισμού των ΝΠ. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει: *Είναι δύσκολο να πεις ακριβώς τι είναι τα ΝΠ. Ευτυχώς, επίσης, δεν είναι και σημαντικό.* Και το 2006 επανέρχεται δίνοντας μια πρόχειρη περιγραφή, αναφέροντας ότι ο νοητικός πειραματιστής φαντάζεται «κάποιου είδους διάταξη» και «κατόπιν αφήνει να δει τι θα συμβεί» (Brown, 2006, p. 63).

Ο Norton (2004), όπως προαναφέραμε, θεωρεί ότι τα ΝΠ είναι απλώς επιχειρήματα, που μπορεί να θεωρηθούν ακόμη και γραφικά, και αφορούν μια υποθετική ή εναλλακτική πραγματικότητα.

Ο Gendler (2004) αντίστοιχα αναφέρει: Η εκτέλεση ενός ΝΠ είναι η ανάπτυξη επιχειρηματολογίας με αφορμή ένα φανταστικό σενάριο και με στόχο την επιβεβαίωση ή την απόρριψη κάποιας υπόθεσης ή θεωρίας για το φυσικό κόσμο.

Ο Sorensen (1992: 205) ορίζει το ΝΠ ως ένα πείραμα που ισχυρίζεται ότι μπορεί να επιτευχθεί ο στόχος του χωρίς να χρειαστεί να εκτελεστεί. Ερμηνεύει τα ΝΠ ως οριακή περίπτωση των ρεαλιστικών πειραμάτων, και τα ορίζει με όρους νοητικής προσομοίωσης ενός πειράματος χωρίς στην πραγματικότητα να το εκτελέσεις.

Οι Reiner & Gilbert (2000) θεωρούν ότι το ΝΠ είναι μία δημιουργική σκέψη που σκοπεύει να ελέγξει και/ή να πείσει άλλους για την εγκυρότητα ενός ισχυρισμού.

Από την πλευρά της γνωσιακής επιστήμης, η Nersessian (1993b) υποστηρίζει ότι τα ΝΠ είναι μία μορφή ενός προσομοιωμένου νοητικού συλλογισμού που εκτελείται από τον επιστήμονα. Τα ΝΠ είναι ειδικές περιπτώσεις των νοητικών προσομοιώσεων διότι αναφέρονται σε νοητικές αναπαραστάσεις ειδικά σε νοητικές εικόνες.

Ο Galili (2009), προσπαθώντας να συνοψίσει τους διάφορους ορισμούς, διατυπώνει τον ακόλουθο: ΝΠ είναι ένα σύνολο υποθετικο-επαγωγικών θεωρήσεων που αφορούν φαινόμενα του πραγματικού κόσμου, και βασίζονται σε μια έγκυρη θεωρία (αρχή ή άποψη).

Οι Moue, Masavetas, & Karayianni (2006), αποδελτιώνοντας τους ορισμούς ΝΠ από διαφορετικές σχολές σκέψης κατέληξαν στις εξής προσεγγίσεις των ΝΠ:

- ΝΠ ως εκ των προτέρων επιστήμη (τα ΝΠ μπορούν να παρέχουν άμεση πρόσβαση σε αλήθειες για τους νόμους της φύσης), όπως υποστηρίζει ο Brown (1991).

- ΝΠ ως επιχειρήματα, όπως υποστηρίζει ο Norton (2004)·
- ΝΠ ως οχήματα για εννοιολογική ανάπτυξη, όπως υποστηρίζει ο Gendler (1998)·
- ΝΠ ως «περιορισμένη περίπτωση» πραγματικών πειραμάτων, όπως υποστηρίζει ο Sorensen (1992, 205)·
- ΝΠ ως νοητικά μοντέλα, όπως υποστηρίζει η Nersessian (1993).

Λειτουργία και ταξινόμια των ΝΠ

Για μια καλύτερη ανάλυση των ΝΠ και κατανόηση του ρόλου τους στην επιστήμη, έχουν προταθεί διάφορα σχήματα ταξινόμησης. Παρακάτω παρουσιάζονται δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα:

Ο Sorensen (1992) ταξινομεί τα ΝΠ, ανάλογα με τις αιτίες που δεν υλοποιούνται στην πραγματικότητα.

- (1) Επαρκή ΝΠ (Unimprovable TEs): ΝΠ, στα οποία η νοητική τους εκτέλεση απαντά στο ζητούμενο ερώτημα, ενώ η ενδεχόμενη πραγματική εκτέλεσή τους δεν συνεισφέρει στην απάντηση. Για παράδειγμα η εκτέλεση του ΝΠ «η γάτα του Schrödinger» δεν απαντά στο ερώτημα που έχει τεθεί, αλλά μεταθέτει το πρόβλημα στην πιθανοκρατική φύση του.
- (2) Υπερβολικά ΝΠ (Unaffordable TEs): ΝΠ στα οποία η πιθανή εκτέλεσή τους είναι υπερβολικά επιζήμια (τα κέρδη υπερβαίνουν τις απώλειες). Για παράδειγμα, τι θα συμβεί αν αφήσουμε έναν αστροναύτη στο διάστημα χωρίς τη στολή του.
- (3) Αδύνατον να εκτελεστούν ΝΠ (Impossible TEs): ΝΠ των οποίων η εκτέλεση είναι θεωρητικά δυνατή αλλά πρακτικά αδύνατη. Για παράδειγμα να αφεθεί ένα σώμα σε ένα τούνελ που διατρέχει τη Γη κατά μήκος μιας διαμέτρου της.

Ο Brown (1991), ταξινομεί τα ΝΠ σύμφωνα με τη χρήση τους ως:

- (1) Αποδομητικά ΝΠ (Destructive TEs): ΝΠ που αναδεικνύουν τις αδυναμίες μιας θεωρίας και που μπορεί να οδηγήσουν και στην κατάρριψή της (π.χ. η γάτα του Schrödinger).
- (2) Εποικοδομητικά ΝΠ (Constructive TEs): ΝΠ που βοηθούν στην καθιέρωση μιας θεωρίας και διαιρούνται στις ακόλουθες κατηγορίες:
 - (2α) Διαμεσολαβητικά ΝΠ (Mediative TEs): ΝΠ που διευκολύνουν να εξαχθεί ένα συμπέρασμα από μία συγκεκριμένη και καλά διατυπωμένη θεωρία (π.χ. ο δαίμονας του Maxwell).
 - (2β) Υποθετικά ΝΠ (Conjectural TEs): ΝΠ που αναδεικνύουν μέσω νοητικού πειραματισμού ένα φαινόμενο. Κατόπιν ο επιστήμονας υποθέτει μία θεωρία που να εξηγεί το φαινόμενο (π.χ. ο κουβάς του Νεύτωνα).
 - (2γ) Άμεσα ΝΠ (Direct TEs): Δεν ξεκινούν από μία καλά διατυπωμένη θεωρία, αλλά τελειώνουν με μία τέτοια θεωρία (π.χ. τα κεκλιμένα επίπεδα του Stevin).
- (3) Πλατωνικά ΝΠ (Platonic TEs): ΝΠ που είναι ταυτόχρονα αποικοδομητικά (1) και άμεσα εποικοδομητικά (2γ), και οδηγούν στην ανάπτυξη μιας θεωρίας και στην κατάρριψη μιας άλλης (π.χ. η ελεύθερη πτώση των σωμάτων του Γαλιλαίου).

Αντίστοιχα ο Popper θεωρεί ότι η επινόηση ΝΠ στην επιστήμη ικανοποιεί τις εξής χρήσεις:

- 1) Κριτική χρήση (critical use): Τα ΝΠ χρησιμοποιούνται για την άσκηση κριτικής σε υπάρχουσες θεωρίες.
- 2) Καινοτομική/ευρετική χρήση (heuristic use): Τα ΝΠ χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή καινοτόμων θεωριών.
- 3) Απολογητική χρήση (apologetic use): Τα ΝΠ χρησιμοποιούνται ως επιχειρήματα υπεράσπισης μιας θεωρίας.

Η κριτική και η ευρετική χρήση των ΝΠ, σύμφωνα με τον Popper, αντιστοιχεί στα αποδομητικά και τα εποικοδομητικά ΝΠ σύμφωνα με τον Brown.

Διαφορές και ομοιότητες μεταξύ ΝΠ και πραγματικών πειραμάτων

Ένα επιστημονικό πείραμα μπορεί να είναι είτε ένα ΝΠ που εκτελείται στη σκέψη ή ένα ρεαλιστικό πείραμα που εκτελείται στο εργαστήριο (Asikainen & Hirvonen, 2014). Επομένως, το ΝΠ αποτελεί μία ειδική περίπτωση του επιστημονικού πειράματος. Μπορεί να προηγείται του πραγματικού πειράματος και βοηθά τον πειραματιστή να το εκτελέσει. Σε μερικές περιπτώσεις, ένα πραγματικό πείραμα μπορεί να μην είναι δυνατόν να εκτελεστεί και τότε το ΝΠ μπορεί να είναι ο μόνος τρόπος να πειραματιστεί κανείς. Το ρεαλιστικό πείραμα είτε επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα ενός ΝΠ είτε καταδεικνύει ότι το ΝΠ είναι λανθασμένο. Όμως, αλλά και τα δύο είδη πειραμάτων είναι σημαντικά για την κατασκευή της επιστημονικής γνώσης (Asikainen & Hirvonen, 2014).

Ο Buzzoni (2009) ισχυρίζεται ότι τα ΝΠ και τα πειράματα του πραγματικού κόσμου σχηματίζουν μια διαλεκτική ενότητα: χωρίς τα ΝΠ δεν θα υπήρχαν τα πραγματικά πειράματα γιατί δεν θα γνωρίζαμε πώς να θέσουμε ερωτήσεις για τη φύση, και χωρίς τα ρεαλιστικά πειράματα δεν θα μπορούσαμε να βρούμε απαντήσεις σε αυτές τις ερωτήσεις. Δηλαδή, όπως το θέτει: «πραγματικά πειράματα χωρίς ΝΠ είναι τυφλά, και ΝΠ χωρίς πραγματικά πειράματα είναι κενά» (Buzzoni 2018).

Τα ΝΠ, όπως και τα ρεαλιστικά πειράματα, οδηγούνται από τη θεωρία και στοχεύουν στην εγκαθίδρυση, τον έλεγχο και την εφαρμογή της θεωρίας. Επίσης και οι δύο τύποι πειραμάτων εμφανίζονται για αξιολόγηση από την επιστημονική κοινότητα με όμοιους τρόπους, για παράδειγμα σε συνέδρια, σε περιοδικά, κ.λπ. και συχνά έχουν απρόβλεπτες συνέπειες (Gilbert & Reiner, 2000a).

Όμως, παρόλο ότι «στα αρχικά τους στάδια, όλα τα πειράματα είναι νοητικά», τα ΝΠ έχουν κάποιες διαφορές από τα συνήθη πειράματα. Τα ΝΠ συνήθως απαιτούν έναν νοητικό πειραματιστή, ενώ τα ρεαλιστικά πειράματα, ειδικά στις μέρες μας, εκτελούνται από μία ομάδα επιστημόνων και τεχνικών. Επίσης, αντίθετα με τα ρεαλιστικά πειράματα, τα ΝΠ δεν απαιτούν πραγματικές συσκευές και επομένως είναι αδύνατον να προκύψει κάποια βλάβη, ή τα αποτελέσματα να επηρεαστούν από κάποιον εξωτερικό παράγοντα.

Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης ενός ΝΠ, ο πειραματιστής δεν παίρνει ποσοτικές μετρήσεις (Sorensen, 1992).

Τελικά τι είναι τα ΝΠ;

Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα ΝΠ (Χαλκιά, 2013):

- είναι εννοιολογικά εργαλεία που βοηθούν στην ανάπτυξη και την κατανόηση επιστημονικών θεωριών (συνήθως της φυσικής),
- λειτουργούν ως επιχειρήματα που στοχεύουν στην υποστήριξη, τον έλεγχο ή την ανατροπή μιας επιστημονικής θεωρίας,
- δεν απαιτούν πραγματικές συσκευές, όπως τα ρεαλιστικά πειράματα, και επομένως ο «πειραματιστής» δεν χρειάζεται να λάβει υπόψη του τους πρακτικούς περιορισμούς των εργαστηριακών πειραμάτων,
- ακολουθούν παρόμοια μεθοδολογία με τα κανονικά πειράματα (π.χ. εντοπισμός και έλεγχος μεταβλητών, εξαγωγή συμπερασμάτων, κ.λπ.),
- δεν υλοποιούνται σε πραγματικές συνθήκες, αλλά στο μυαλό του ερευνητή (ή μαθητή),
- αξιοποιούν τη φαντασία και τη λογική για να δοκιμάσουν την ισχύ των προτεινόμενων θεωριών σε περιοχές έξω από τα όρια της καθημερινής εμπειρίας (π.χ. σε έναν κόσμο χωρίς τριβές ή χωρίς βαρύτητα, στο μικρόκοσμο, στο μεγάκοσμο, κ.ά.),
- αξιοποιούν τη φόρμα και τις τεχνικές της αφήγησης για να αναπτύξουν μία νοητική προσομοίωση, ώστε να μπορέσουν να την επικοινωνήσουν σε άλλους (π.χ. τα μέλη της επιστημονικής κοινότητας, τους μαθητές μιας τάξης),
- λειτουργούν ως μέσα πρόκλησης της σκέψης, αιφνιδιαζοντας τον κοινό νου και οδηγώντας σε συμπεράσματα που βρίσκονται έξω από την καθημερινή εμπειρία και τρόπο σκέψης,
- χρησιμοποιούνται ως μέσα εκλαΐκευσης της επιστήμης.

ΜΕΡΟΣ 2^ο: Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΝΠ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΝΠ και επιστημονικός γραμματισμός

Τα ΝΠ, όπως προαναφέρθηκε, αποτελούν εγγενές στοιχείο της επιστημονικής σκέψης και απαραίτητο εργαλείο για τη διαμόρφωση των επιστημονικών θεωριών. Στη σύγχρονη εποχή, αποτελούν ένα από τα μέσα που χρησιμοποιούν τόσο οι μαθητές όσο και οι επιστήμονες όταν προσπαθούν να επιλύσουν προβλήματα (Dönertas & Özdemir, 2014; Stephens & Clement, 2006; Reiner, 2006).

Ιστορικά, πρώτος ο Mach (1896/1976), τόνισε τη σημασία των ΝΠ στην εκπαίδευση.

Τα ΝΠ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών μπορούν να αξιοποιηθούν με δύο βασικά τρόπους: α) ως μέσο για τη διδασκαλία της γνώσης περιεχομένου, καθώς

αποτελούν βασικό συστατικό των μεγάλων επιστημονικών θεωριών, και β) ως διδακτικό εργαλείο, καθώς αποτελούν βασική συνιστώσα της επιστημονικής διερεύνησης. Είναι προφανές ότι, επιπλέον, ασκούν τους μαθητές στη φύση της επιστήμης.

Όπως αναφέρει η Χαλκιά (2013), η αξιοποίηση των ΝΠ στο μάθημα της φυσικής έχει ένα μεγάλο πλεονέκτημα. Αυτό στο γεγονός ότι τα ΝΠ συνδυάζουν με μοναδικό τρόπο τη λογική και τη φαντασία, που απαιτούν δύο - εν μέρει - συγκρουόμενα είδη σκέψης: τη συγκλίνουσα σκέψη (χαρακτηριστικό στοιχείο της νοητικής πειθαρχίας) και την αποκλίνουσα σκέψη (χαρακτηριστικό στοιχείο κάθε είδους δημιουργίας). Και ενώ στο μάθημα της φυσικής οι μαθητές ασκούνται στη νοητική πειθαρχία (π.χ. μαθηματικός φορμαλισμός), δεν φαίνεται να ασκούνται το ίδιο στη δημιουργική φαντασία, η οποία όμως αποτελεί εγγενές χαρακτηριστικό κάθε μεγάλης επιστημονικής θεωρίας. Έτσι, τα ΝΠ καλύπτουν το έλλειμμα αυτό.

Επιπλέον, καθώς η παρουσίαση των ΝΠ βασίζεται στις τεχνικές και τη φόρμα της αφήγησης, και αποφεύγει τον σύνθετο μαθηματικό φορμαλισμό (ιδίως στη σχολική ή την εκλαϊκευμένη τους εκδοχή), είναι πολύ ελκυστική για τους μαθητές οι οποίοι μπορούν να παρακολουθήσουν τη λογική και τα επιχειρήματα που εκτίθενται, χωρίς να αποθαρρύνονται από τις απαιτήσεις που έχει η κατανόηση των σχετικών μαθηματικών τύπων (Χαλκιά, 2013). Κατά τον Klassen (2006), μάλιστα, η παιδαγωγική αποτελεσματικότητα των ΝΠ βασίζεται σε αυτές ακριβώς τις δύο όψεις τους, στο γεγονός δηλαδή ότι αναπτύσσουν επιχειρήματα (επιστημονικός Λόγος) τα οποία εκθέτουν με τη μορφή της αφήγησης (καθημερινός κοινωνικός Λόγος).

Ως εκ τούτου, τα ΝΠ συμβάλλουν καθοριστικά στον επιστημονικό γραμματισμό των μαθητών (Özdemir, 2009). Όπως επισημαίνει ο Matthews (1994), αυτό συμβαίνει διότι κάποια χαρακτηριστικά που απαιτούνται από τον νοητικό πειραματιστή, όπως «η φαντασία, η διατύπωση υποθέσεων, η κριτική σκέψη», αποτελούν επίσης βασικές επιδιώξεις για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, εφόσον αναπτύσσουν την κριτική σκέψη των μαθητών και τη φαντασία τους, ενώ τους βοηθούν να διατυπώσουν προβλέψεις και υποθέσεις, και να φτάσουν σε αξιόπιστα συμπεράσματα.

Τα οφέλη της αξιοποίησης των ΝΠ στη διδασκαλία της φυσικής

Κατά τον Galili (2009), αλλά και άλλους ερευνητές, τα πιθανά οφέλη από τη χρήση των ΝΠ στην εκπαίδευση συνοψίζονται στα εξής:

A) ΝΠ και γνώση περιεχομένου: Τα ΝΠ, και ιδιαίτερα τα ιστορικά ΝΠ, συχνά εστιάζουν στα βασικά χαρακτηριστικά των επιστημονικών θεωριών. Αναδεικνύουν τις πυρηνικές έννοιες των θεωριών της φυσικής, μέσω απλοποιημένων μοντέλων που εστιάζουν στις βασικές όψεις του προβλήματος, παρακάμπτοντας τις τεχνικές λεπτομέρειες και τα πειραματικά σφάλματα και αποκλείοντας τους παράγοντες που αποτελούν εμπόδιο σε ένα πραγματικό πείραμα (θέρμανση, τριβή, κ.λπ). Επιπλέον, τα ΝΠ είναι ανεκτίμητα στην παρουσίαση της σύγχρονης φυσικής, όπως είναι η θεωρία της σχετικότητας και η κβαντομηχανική, όπου τα πραγματικά πειράματα αποκλείονται πρακτικά από τις σχολικές αίθουσες (Galili, 2009).

Ακολουθως παρατίθενται διάφορες έρευνες που έγιναν για τη διδασκαλία διαφόρων περιοχών της φυσικής με τη βοήθεια των σχετικών ΝΠ.

Κλασική Μηχανική: Οι Velentzas & Halkia (2013a), σε έρευνά τους δίδαξαν δορυφορική φυσική με τη βοήθεια του ΝΠ «το κανόνι» του Νεύτωνα σε μαθητές του Λυκείου. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η πλειοψηφία των μαθητών μπόρεσε: α) να τροποποιήσει τις εναλλακτικές ιδέες της σχετικά με το βαρυτικό πεδίο της Γης, β) να «τρέξει» μια νοητική προσομοίωση ώστε να καταλήξει στο αποτέλεσμα ότι εάν σε ένα αντικείμενο δοθεί η κατάλληλη ταχύτητα, μπορεί να τεθεί σε τροχιά γύρω από τη Γη ή γύρω από ένα άλλο βαρύ σώμα και να το υποστηρίξει με κατάλληλα επιχειρήματα και γ) να συνειδητοποιήσει ότι οι ίδιοι φυσικοί νόμοι ισχύουν τόσο στη Γη, όσο και οπουδήποτε στο σύμπαν.

Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας και Κβαντομηχανική: Σε σχετικές έρευνες που διεξήγαγαν, οι Velentzas & Halkia (2011, 2013b), χρησιμοποίησαν τα ΝΠ ως διδακτικό εργαλείο για τη διδασκαλία θεωριών της φυσικής του 20ου αιώνα σε μαθητές Λυκείου. Συγκεκριμένα δίδαξαν την αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg μέσω του ΝΠ «το μικροσκόπιο του Heisenberg» και τη Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας μέσω των ΝΠ «ο ανελκυστήρας» του Einstein και «το τρένο» του Einstein. Στην πρώτη περίπτωση, οι μαθητές μπόρεσαν να εξάγουν την αρχή της αβεβαιότητας και να κατανοήσουν ότι η αρχή της αβεβαιότητας αφορά μια γενική αρχή της φύσης. Στη δεύτερη περίπτωση, οι μαθητές μπόρεσαν να συνειδητοποιήσουν καταστάσεις που συνδέονται με τον κόσμο πέρα από την καθημερινή εμπειρία και να κατανοήσουν σε βασικό επίπεδο την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας. Πολύ πιο εστιασμένα, οι Dimitriadi & Halkia (2012), σε έρευνά τους δίδαξαν τη Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας σε 40 μαθητές του Λυκείου, μέσω μιας διδακτικής σειράς που βασίζονταν στο ΝΠ «το τρένο» του Einstein. Συγκεκριμένα δίδαξαν το πρώτο αξίωμα (την αρχή της σχετικότητας), το δεύτερο αξίωμα (το αμετάβλητο της ταχύτητας του φωτός), τη σχετικότητα του ταυτόχρονου, τη σχετικότητα του χρόνου και τη σχετικότητα του μήκους. Η έρευνα έδειξε ότι όλοι οι μαθητές μπόρεσαν να ακολουθήσουν τους απαραίτητους συλλογισμούς. Επίσης, μπόρεσαν να χειριστούν τα δύο αξιώματα της θεωρίας και οι περισσότεροι μπόρεσαν να τα εφαρμόσουν για να αντιμετωπίσουν τις συνέπειες της θεωρίας.

B) ΝΠ και αξιοποίηση της φαντασίας ως μέσον προσέλευσης του ενδιαφέροντος των μαθητών: Τα ΝΠ εκτελούνται στη φαντασία των μαθητών, επιτρέποντάς τους να αναπαραστήσουν καταστάσεις που είναι αδύνατον να αναπαραχθούν στο εργαστήριο (π.χ. μεγάλες αποστάσεις, υψηλές ταχύτητες, υπερβολικές θερμοκρασίες, ισχυρά πεδία, κ.λπ.). Επίσης, ανοίγουν ένα μοναδικό παράθυρο στους παράξενους και άγνωστους κόσμους των υπερ-μεγάλων και υπέρ-μικρών κλιμάκων, μακρινών και μη οικείων, αιχμαλωτίζοντας τη φαντασία των μαθητών. Έτσι προσελκύουν τους μαθητές, γιατί τα περιβάλλοντα στα οποία εκτυλίσσονται μοιάζουν με τα περιβάλλοντα που δημιουργεί η επιστημονική φαντασία (π.χ. το τούνελ διαμέσου της Γης, με αποτέλεσμα να αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών για τις θεωρίες της φυσικής (Galili, 2009)). Όπως επισημαίνουν

οι Gilbert & Reiner (2000β), τα ΝΠ είναι ισχυρά εκπαιδευτικά εργαλεία, καθώς οι μαθητές χρησιμοποιούν μεν τη φαντασία τους, σε μια μορφή όμως «δομημένη, προσανατολισμένη σε συγκεκριμένο στόχο, βασισμένη σε προηγούμενες εμπειρικές αναπαραστάσεις τους και εσωτερικά συνεπή»

Γ) ΝΠ και Φύση της επιστήμης: Τα ΝΠ εισάγουν τους μαθητές στην κουλτούρα της επιστήμης, αποκαλύπτοντας την αυθεντική εικόνα της (Reiner & Burko, 2003· Galili, 2009). Πολλά από τα ιστορικά ΝΠ συνδέονται με το ήθος της επιστήμης, αντανακλούν τους σκοπούς της, το πνεύμα, τις αξίες και τις παραδόσεις της. Τα ΝΠ εισάγουν τη δημόσια συζήτηση, την επιχειρηματολογία και τη μάχη των ιδεών. Η χρήση των ΝΠ στη σχολική αίθουσα εξοικειώνει τους μαθητές με τη μεθοδολογία της επιστήμης (Asikainen & Hirvonen, 2014), καθώς μπορεί να σχεδιαστούν δραστηριότητες που εστιάζουν: «στην κατανόηση των εννοιολογικών συμβάσεων, στις στρατηγικές της διερεύνησης στις φυσικές επιστήμες, στα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία των αποτελεσμάτων αυτής της διερεύνησης, και στον ρόλο και στους μηχανισμούς της συνεργατικής δουλειάς μεταξύ των επιστημόνων (Gilbert & Reiner, 2000α). Επιπρόσθετα, τα ΝΠ είτε επειδή δεν απαιτούν καθόλου μαθηματικό φορμαλισμό, είτε επειδή απαιτούν περιορισμένο (μαθηματικό φορμαλισμό), είναι ικανά να προκαλέσουν την περιέργεια στο ευρύ κοινό, εκθέτοντας τους μαθητές στα πιο προκλητικά και βασικά επιστημονικά ζητήματα (Galili, 2009).

Δ) ΝΠ και εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών: Τα ΝΠ και η κατασκευή των φανταστικών κόσμων που προϋποθέτουν, βοηθούν στην αποκάλυψη των άδηλων αντιλήψεων που έχουν οι μαθητές για τα σχετικά επιστημονικά ζητήματα. Ο υποθετικο-επαγωγικός συλλογισμός που συνδέεται με τα ΝΠ ενθαρρύνει τα άτομα να εκφράσουν τις αντιλήψεις τους. Αυτό το χαρακτηριστικό κάνει τα ΝΠ ένα ισχυρό εργαλείο για τη διερεύνηση της γνώσης των μαθητών και του σχεδιασμού συναρπαστικών διδακτικών εργαλείων κονστрукτιβιστικού τύπου (Dönertas & Özdemir, 2014· Galili, 2009· Reiner, 2006· Gilbert & Reiner, 2004· Reiner & Gilbert, 2000· Camp & Clement, 1994· Clement, 1983).

Όπως επισημαίνει ο Matthews (1994), είναι πολύ σημαντικό οι εκπαιδευτικοί να ζητούν από τους μαθητές να προβλέψουν το αποτέλεσμα ενός ΝΠ, ιδίως όταν διδάσκονται σύνθετα φαινόμενα και θεωρίες φυσικής. Θεωρεί ότι η διαδικασία αυτή κινητοποιεί τη σκέψη του μαθητή και φανερώνει τι πιστεύει ο μαθητής για τις έννοιες που μελετώνται. Κατόπιν, εάν οι μαθητές εκτελέσουν το σχετικό ΝΠ, μπορεί να διαπιστώσουν ότι τα αποτελέσματα δεν συμφωνούν με τις προβλέψεις τους (τις εναλλακτικές ιδέες τους), και αυτό ίσως αποτελέσει κίνητρο για την αναδόμηση των ιδεών τους (Helm et al., 1985). Μάλιστα, επειδή η διεξαγωγή ενός ΝΠ οδηγεί συχνά σε απρόβλεπτες για τον κοινό νου καταστάσεις, κάτι που κεντρίζει το φαντασιακό των μαθητών, οι μαθητές εμπλέκονται με ευχαρίστηση στην όλη διαδικασία. Επιπλέον, τα αποτελέσματα ενός ΝΠ συχνά αιφνιδιάζουν τον «καθημερινό» τρόπο σκέψης και μπορεί να οδηγήσουν σε τροποποίηση των αρχικών απόψεων των μαθητών (Χαλκιά, 2013). Τα ΝΠ λοιπόν

μπορούν να αξιοποιηθούν στις περιπτώσεις εκείνες όπου επιδιώκεται εννοιολογική αλλαγή.

Ε) ΝΠ και επίλυση προβλημάτων:

α) Εμπειρικός πειραματισμός και νοητικός πειραματισμός: Σε σχετική έρευνα φάνηκε ότι καθώς οι μαθητές σχεδίαζαν λύσεις για τα προβλήματα που τους τέθηκαν, έτειναν σε μεγάλο βαθμό να εκτελούν ΝΠ που διαπλέκονταν με τη διαδικασία των πραγματικών πειραμάτων. Οι ερευνητές συμπεράναν ότι η διαδικασία της εναλλαγής μεταξύ του εμπειρικού πειραματισμού και του νοητικού πειραματισμού οδηγούσε σε αποδοχή των επιστημονικά αποδεκτών εννοιών (Reiner & Gilbert, 2004).

β) Τρόποι χρήσης των ΝΠ κατά την επίλυση προβλημάτων: Στόχος διαφόρων ερευνών ήταν οι τρόποι χρήσης των ΝΠ από τους μαθητές καθώς εργαζόντουσαν στην επίλυση προβλημάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ενώ οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τα ΝΠ για να διατυπώσουν υποθέσεις ή ως ένα εργαλείο αξιολόγησης (Gendler, 2004 · Reiner & Gilbert 2000), οι μαθητές τα χρησιμοποιούν ως ένα εργαλείο που τους κάνει νόημα ή ως ένα μέσον πρόβλεψης (Dönertas & Özdemir, 2014 · Gilbert & Reiner, 2004 · Stephens & Clement, 2012). Επιπλέον, η Reiner (2006) έδειξε με την έρευνά της που αφορούσε την επίλυση προβλημάτων εντός πλαισίου από τους μαθητές, ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν ΝΠ «ως ένα εργαλείο για να βγάλει νόημα το πλαίσιο» παρά ως ένα μέσον για την παραγωγή επιχειρημάτων, όπως στην περίπτωση των ερευνητών φυσικών. Επομένως, τα προβλήματα εντός πλαισίου θεωρούνται ισχυρά εργαλεία για την κινητοποίηση της αισθητηριακής μνήμης ώστε οι μαθητές να εκτελούν ΝΠ.

γ) Πρακτικές μαθητών: Τα ΝΠ που διεξάγονται στις σχολικές αίθουσες, σε αντίθεση με αυτά που εκτελούνται από τους επιστήμονες, φαίνεται να προκύπτουν ως αποτέλεσμα μιας συνεργατικής επίλυσης προβλήματος, όπου κάθε συμμετέχων συμβάλλει με μία διαφορετική άποψη (Reiner 1998). Πράγματι, σε έρευνά τους οι Bancong & Song (2020) έδειξαν ότι κατά την επίλυση προβλημάτων φυσικής, οι μαθητές σχεδίαζαν ΝΠ, τα οποία συχνά μοιράζονταν με τους συμμαθητές τους, και τα αξιολογούσαν από κοινού. Επομένως, συμπεραίνουν ότι τα ΝΠ των μαθητών μπορεί να οικοδομηθούν με έναν συνεργατικό τρόπο, παρά το γεγονός ότι τα ΝΠ των επιστημόνων προκύπτουν μέσα από προσωπικές και σιωπηρές διαδικασίες πειραματισμού κατά την κατασκευή μιας επιστημονικής θεωρίας.

Σε έρευνα που διεξήγαγαν οι Dönertas & Özdemir (2014), διαπίστωσαν ότι όλοι οι συμμετέχοντες - ανεξάρτητα από το επίπεδο της γνώσης τους - ήταν ικανοί να πειραματιστούν νοητικά. Όμως, παρατηρήθηκαν κάποιες διαφορές στη φύση των ΝΠ που χρησιμοποιούσαν οι συμμετέχοντες. Οι διαφορές είχαν να κάνουν με την ικανότητα χειρισμού μεταβλητών που αφορούσαν συγκεκριμένα αντικείμενα (π.χ. τραπέζι, αυτοκίνητο, άνθρωπος) και αφηρημένες έννοιες (π.χ. μάζα, δύναμη, ταχύτητα). Ο νοητικός πειραματισμός των μαθητών που δυσκολεύονταν στους αφηρημένους συλλογισμούς περιοριζόταν στον χειρισμό αντικειμένων, ενώ των μαθητών που είχαν ευχέρεια στους αφηρημένους συλλογισμούς επεκτείνονταν αποτελεσματικά και στα δύο

είδη ΝΠ. Παραδείγματα της δουλειάς επιστημόνων από την ιστορία της επιστήμης επίσης περιγράφουν την εκτέλεση των ΝΠ μέσω του χειρισμού των μεταβλητών και του χειρισμού των αντικειμένων. Για παράδειγμα, ο Νεύτωνας προοδευτικά αύξανε την οριζόντια ταχύτητα εκτόξευσης μιας μπάλας κανονιού σε ακραίες συνθήκες ενώ εκτελούσε το γνωστό ΝΠ του. Ομοίως ο Γαλιλαίος χειρίστηκε τη μάζα στο ΝΠ με την ελεύθερη πτώση των σωμάτων.

Προτάσεις διδακτικής αξιοποίησης των ΝΠ

Οι εκπαιδευτικοί θεωρούν τα ΝΠ αναγκαία όταν πρόκειται να διδάξουν φυσικούς νόμους που περιλαμβάνουν αφαιρετικούς μαθηματικούς τύπους (π.χ. όπως συμβαίνει στην ειδική θεωρία της σχετικότητας), διότι αισθάνονται ότι τους δίνουν την ευκαιρία να χτίσουν γέφυρες ανάμεσα στη γνώση των μαθητών τους και την καθημερινή εμπειρία τους, αφενός, και τις νέες έννοιες και αρχές τις οποίες πρέπει να μάθουν, αφετέρου (Helm et al., 1985).

Σε όλες τις περιπτώσεις, όπως κατέδειξαν έρευνες που προαναφέραμε, οι μαθητές καλό είναι να εργάζονται σε ομάδες, ώστε να μεγιστοποιείται το διδακτικό όφελος.

Δύο φαίνεται να είναι οι βασικές εκπαιδευτικές χρήσεις των ΝΠ (Χαλκιά, 2013):

Α) η διδασκαλία των ιστορικών ΝΠ, με στόχο την κατανόηση του περιεχομένου και της μεθοδολογίας της επιστήμης: Για παράδειγμα, το ΝΠ «το κανόνι» του Νεύτωνα μπορεί να μελετηθεί στο πλαίσιο των κοινωνικο-ιστορικών συνθηκών της εποχής, καθώς ερμηνεύει τον τρόπο κίνησης σωμάτων που περιφέρονται ως δορυφόροι άλλου σώματος στο πλαίσιο της νευτώνειας σκέψης (το κανόνι δορυφόρος της Γης, η Σελήνη δορυφόρος της Γης, οι πλανήτες δορυφόροι του Ήλιου, κ.λπ.). Πολλά σχετικά παραδείγματα έχουν αναφερθεί παραπάνω.

Β) ο σχεδιασμός και η διεξαγωγή ΝΠ για καθαρά διδακτικούς σκοπούς (για τη διδασκαλία διαφόρων φαινομένων της φυσικής για τα οποία δεν έχουν αναπτυχθεί ιστορικά ΝΠ): συχνά, τόσο οι συγγραφείς διδακτικών εγχειριδίων όσο και οι εκπαιδευτικοί της τάξης αισθάνονται την ανάγκη εκτός από τα ιστορικά ΝΠ να προτείνουν νέα ΝΠ προκειμένου να κινητοποιήσουν τη σκέψη των μαθητών τους και να τους εμπλέξουν (είτε στο στάδιο της πρόβλεψης, είτε στο στάδιο της αξιολόγησης) στο πλαίσιο της θεωρίας που αποτελεί το αντικείμενο διδασκαλίας. Για παράδειγμα, ο εκπαιδευτικός θα μπορούσε να δώσει σε ομάδες μαθητών να επεξεργαστούν διάφορα ερωτήματα όπως:

α) με αφορμή την παρατηρούμενη εναλλαγή των εποχών στη Γη και τη διερεύνηση του σχετικού φαινομένου: Φανταστείτε ότι ο άξονας της Γης, αντί να σχηματίζει γωνία 23,5ο με την κάθετο στην εκλειπτική, ήταν κάθετος στο επίπεδο της εκλειπτικής ή ήταν πάνω στο επίπεδο της εκλειπτικής· τι είδους εποχές θα είχαμε σε κάθε μία από αυτές τις περιπτώσεις στη Γη και πώς θα ήταν η ζωή μας;

β) με αφορμή τη μελέτη και συνειδητοποίηση των συνθηκών στη Σελήνη: Φανταστείτε ότι πηγαίνουμε εκδρομή στη Σελήνη· τι διαφορές θα παρουσίαζε η ζωή εκεί σε σχέση με τη ζωή στη Γη;

γ) με αφορμή τη μελέτη του φαινομένου του βρασμού σε συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης: Εάν πηγαίναμε εκδρομή στις Άλπεις, θα μπορούσαμε να βράσουμε και να πιούμε ένα καυτό τσάι για να ζεσταθούμε; Ή Φανταστείτε ότι ξαφνικά εξαφανίζονταν η ατμόσφαιρά της Γης. Τι θα συνέβαινε τότε στον πλανήτη μας;

Η διδακτική διαχείριση των παραπάνω ερωτημάτων θα απαιτούσε να ζητήσει ο εκπαιδευτικός από τους μαθητές να σχεδιάσουν και να αναπτύξουν το σχετικό ΝΠ προκειμένου να προκύψει ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα (π.χ. να σχεδιάσετε ένα ΝΠ που να καταδεικνύει τι θα έπρεπε να συμβεί ώστε να μην έχουμε εποχές σε οποιοδήποτε γεωγραφικό πλάτος του πλανήτη μας) ή να τους ζητήσει να προβλέψουν το αποτέλεσμα του ΝΠ με στόχο να φανερωθούν οι άδηλες (αντιδιαισθητικές) ιδέες τους, ώστε να μπορέσει κατόπιν να τις αντιμετωπίσει (π.χ. Τι θα συνέβαινε εάν κάποιο εμπόδιο σταματούσε ξαφνικά τη Σελήνη και ύστερα απομακρύνονταν και την άφηνε ελεύθερη;). Κατόπιν δε, θα μπορούσε να ζητήσει από κάθε ομάδα να παρουσιάσει το ΝΠ στις άλλες ομάδες ή στο ευρύτερο κοινό. Αυτό θα απαιτούσε, ένας μαθητής που έχει ικανότητες στο σκισάρισμα να σχεδιάσει το σκηνικό εκτέλεσης του ΝΠ και ένας άλλος με ικανότητα στη γλώσσα να γράψει την όλη πορεία σε μορφή αφήγησης, ή να συνεργαστούν και να κάνουν ένα κόμιξ. Μετά κάποιος άλλος να το ανεβάσει σε σχετική ιστοσελίδα ή να κατασκευάσει ένα βιντεάκι για το YouTube, κ.ο.κ. Έτσι, όλοι οι μαθητές θα μπορούν να συμμετέχουν στη διαδικασία της επικοινωνίας της γνώσης που απέκτησαν.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, οι μαθητές καλούνται να συνδυάσουν γνώσεις από όσα ήδη έχουν διδαχθεί ή πληροφορίες που έχουν βρει σε διάφορες πηγές, προκειμένου να διαχειριστούν το ΝΠ ώστε να απαντήσουν στο ερώτημα που τίθεται.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Βελέντζας Α. (2013). *Νοητικά πειράματα: Ο ρόλος τους στην ανάπτυξη και στην διδασκαλία της Φυσικής*. Εκδοτικός Όμιλος Συγγραφέων Καθηγητών. Αθήνα
- Χαλκιά Κ. (2013). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. (Κεφ. 6: Διδακτικά εργαλεία, & 6.4. Τα νοητικά πειράματα, σελ. 183-193). Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα
- Asikainen M. A. & Hirvonen P. E. (2014). Thought Experiments in Science and in Science Education. In: Matthews, M. (eds). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. (Chapter 38, pp. 1235-1256). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_38.
- Bancong Hartono & Song Jinwoong (2020). Exploring How Students Construct Collaborative Thought Experiments During Physics Problem-Solving Activities, *Science & Education*, 29:617–645, <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00129-3>
- Brown J (2002) Thought experiments. In: *Stanford encyclopedia of philosophy*. The Metaphysics Research Lab, Stanford University.
- Brown J. (1991). *The Laboratory of Mind. Thought Experiments in Natural Sciences*. Routledge, London.

- Brown J. (2006). The Promise and Perils of Thought Experiments, *Interchange*, Vol. 37/1-2, 63-65.
- Brown JR (2004) Peeking into Plato's Heaven, *Philos Sci* 71:1126–1138.
- Brown, R. J., & Fehige, Y. (2011). Thought experiments. In *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. <http://plato.stanford.edu/entries/thought-experiment>.
- Buzzoni M. (2009) Empirical Thought Experiments: A Transcendental-Operational View. *Epistemologia* 33 (1):5-26.
- Buzzoni M. (2018). Kantian accounts of thought experiments. *Thought Experiments: State of the Art*. The Routledge Companion to Thought Experiments (Edited by Michael t. Stuart, Yiftach Fehige and James Robert Brown) p. 327-341.
- Camp C, Clement J (1994) *Preconceptions in mechanics*. Kendal/Hunt, Dubuque.
- Clement J (1983) A conceptual model discussed by Galileo and used intuitively by physics students. In: Gentner D, Stevens AL (eds) *Mental models*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, pp 325–340.
- Dimitriadi K. & Halkia K. (2012). Secondary Students' Understanding of Basic Ideas of Special Relativity. *International Journal of Science Education*, Vol. 34, Issue 16, pages 2565-2582, <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.705048>.
- Einstein A, Infeld L (1938) *The evolution of physics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Galili I. (2009). Thought Experiments: Determining Their Meaning. *Science & Education*, 18:1–23, DOI 10.1007/s11191-007-9124-4.
- Gamow G. (1990). *Mr Tompkins in paperback*. New York: Cambridge University Press (1ή έκδοση το 1940 με τίτλο Mr Tompkins in Wonderland).
- Gendler T. S. (2004). Thought experiments rethought – and re-perceived. *Philos Sci*, 71:1152–1163.
- Gendler, T.S. (1998). Galileo and the Indispensability of Scientific Thought Experiments, *British Journal for the Philosophy of Science*, 49, 397–424.
- Gilbert J. and Reiner M. (2000b). Epistemological Resources for Thought Experimentation in Science Education. *International Journal in Science Education*, 22(5), 489-506.
- Gilbert, J. & Reiner, M. (2000a). Thought Experiments in Science Education: Potential and Current Realization, *International Journal of Science Education*, 22(3): 265–283.
- Gilbert, J. K., & Reiner, M. (2004). The symbiotic roles of empirical experimentation and thought experimentation in the learning of physics. *International Journal of Science Education*, 26, 1819–1834.
- Helm H., Gilbert J. and Watts D.M. (1985). Thought Experiments and Physics Education - Part II. *Physics Education*, 20, 211-217.
- Johannes Witt-Hansen (2003). *H.C. Ørsted: Immanuel Kant and the Thought Experiment* (From the book Kierkegaard and His Contemporaries) Published by De Gruyter <https://doi.org/10.1515/9783110200881.1.62>.
- Klassen S. (2006). The science thought experiments: How Might it be Used Profitably in the Classroom? *Interchange*, 37(1-2), 77-96.
- Kösem Sule Dönertas και Özdemir Ömer Faruk (2014). The Nature and Role of Thought Experiments in Solving Conceptual Physics Problems. *Science & Education*, 23:865–895, DOI 10.1007/s11191-013-9635-0
- Koyre, A. (1968). *Metaphysics and Measurement*, Chapman & Hall, London.

- Kuhn T. (1963): Interview of Werner Heisenberg by Thomas S. Kuhn on 1963 February 19, Niels Bohr Library & Archives, *American Institute of Physics*, College Park, MD USA, www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4661-6. (Το σχετικό κείμενο μπορεί να αναγνωστεί στη μετάφραση του Αποστόλη Παπάζογλου, όπως δημοσιεύτηκε στο ylikonet.gr /Ιούνιος 2024).
- Kuhn, T. (1977). A function for thought experiments, in T. Kuhn (ed.), *The Essential Tension Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, Chicago University Press, pp. 240–265.
- Landau L.D. & Rumer G.B. (1960). *What is the Theory of Relativity*. Basic Books Inc., New York
- Mach, E. (1896/1976). On thought experiment, in E. Mach, *Knowledge and Error* (translation 1926 by Cormack T. and Foulkes P.) (Dordrecht: Reidel, 1976), pp. 134–147.
- Matthews M. (1994). Thought experiments. In M. Matthews *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*. Routledge, New York-London, 99-105.
- Miller A. (1986). *Imagery in scientific thought*. The MIT Press, Cambridge.
- Moue, A.S., Masavetas, K.A., & Karayianni, H. (2006). Tracing the development of thought experiments in the philosophy of natural sciences. *Journal for General Philosophy of Science*, 37, 1.
- Nersessian N. J. (2018). *Cognitive science, mandal modeling and thought experiments*. The Routledge Companion to Thought Experiments (Edited by Michael t. Stuart, Yiftach Fehige and James Robert Brown) p. (309-326).
- Nersessian, N.J. (1993). *In the theoretician's laboratory: Thought experiments as mental modeling*. In D. Hull, M. Forbes, & K. Okruhlik (Eds.), PSA: Proceedings of the 1992 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association (Vol. 2) (pp. 291–301). East Lansing, MI: PSA.
- Norton J. D. (2004) On thought experiments: is there more to the argument? *Philos Sci* 71:1139–1151.
- Ozdemir O. F. (2009) Avoidance from Thought Experiments: Fear of misconception, *International Journal of Science Education*, 31:8, 1049-1068. <https://doi.org/10.1080/09500690801932538>
- Park D (1988). *The How and Why*. Princeton University Press, Princeton.
- Popper K (1934/1968) On the use and misuse of imaginary experiments, especially in quantum theory. In Popper K (ed) *The logic of scientific discovery*. Harper & Row, New York, pp 442–456.
- Reiner, M. (1998). Thought experiments and collaborative learning in physics. *International Journal of Science Education*, 20(9), 1043–1059.
- Reiner, M. (2006). The context of thought experiments in physics learning. *Interchange*, 37(1–2), 97–113.
- Reiner, M., & Burko, L. (2003). On the limitations of thought experiments in physics and implications for physics learning. *Science & Education*, 12, 365–385.
- Reiner, M., & Gilbert, J. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 22(5), 489–506.
- Reiner, M., & Gilbert, J. (2004) The symbiotic roles of empirical experimentation and thought experimentation in the learning of physics. *International Journal of Science Education*, 26, 1819–1834.

- Sorensen, R. (1992) *Thought experiments*. New York & Oxford, UK: Oxford University Press.
- Stephens, A. L., & Clement, J. (2012). *Role of thought experiments in science and science learning*. In K. Tobin, C. McRobbie, & B. Fraser (Eds.), *Second international handbook of science education*, 24 (pp. 157–175). Dordrecht: Springer.
- Stephens, L., & Clement, J. (2006). *Running Effective Classroom Thought Experiments: What Expert Protocols and Imagery Indicators Can Tell Us*. Paper presented at AERA 2006, San Francisco.
- Stuart, Michael t. Yiftach Fehige and James Robert Brown (2018). *Thought Experiments: State of the Art*. The Routledge Companion to Thought Experiments (Edited by Michael t. Stuart, Yiftach Fehige and James Robert Brown) p.1-28.
- Velentzas A. & Halkia K. (2011). The “Heisenberg’s Microscope” as an Example of Using Thought Experiments in Teaching Physics Theories to Students of the Upper Second School. *Research in Science Education*, Vol.41, issue4, p. 525-539, <https://doi.org/10.1007/s11165-010-9178-1>.
- Velentzas A. & Halkia K. (2013a). From Earth to Heaven: Using ‘Newton’s Cannon’ Thought Experiment for Teaching Satellite Physics. *Science & Education*, Vol. 22, Issue 10, 2621-2640, <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9611-8>.
- Velentzas A. & Halkia K. (2013b). The Use of Thought Experiments in Teaching Physics to Upper Secondary-Level Students: Two Examples from the Theory of Relativity. *International Journal of Science Education*, Vol. 35, No. 18, 3026-3049, <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.682182>.
- Velentzas A., Halkia K. and Skordoulis C. (2007). Thought Experiments in the Theory of Relativity and in Quantum Mechanics: Their Presence in Textbooks and in Popular Science Books, *Science & Education*, Vol. 16, No. 3-5, p.353-370. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9030-1>

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτριος Ψύλλος¹, Αθανάσιος Ταραμόπουλος²

¹αφ. Καθηγητής ΑΠΘ

²Σύμβουλος Εκπαίδευσης Φυσικών Επιστημών Σερρών

psillos@auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία, υποστηρίζουμε ότι η παιδαγωγική αξιοποίηση και ένταξη των τεχνολογιών και ειδικά των εικονικών εργαστηρίων μπορεί να συντελέσει, σε κατάλληλες συνθήκες, στη βελτίωση και το δραστικό μετασχηματισμό της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Για τον σκοπό αυτό, εξετάζουμε, τις παροχές και την ένταξη των εικονικών εργαστηρίων στην διδασκαλία των ΦΕ στο πλαίσιο σύγχρονων διδακτικών προσεγγίσεων όπως η εποικοδομητική και η διερευνητική. Αναλύουμε έρευνες στην χώρα μας και διεθνώς και παρουσιάζουμε πτυχές πολυετούς ερευνητικού προγράμματος αξιοποίησης των εικονικών εργαστηρίων που υλοποιήσαμε και εφαρμόσαμε στην περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Υποστηρίζουμε ότι η ένταξη των ψηφιακών τεχνολογιών έχει τη δυνατότητα υποστήριξης διδακτικού μετασχηματισμού και εμπλουτισμού της εργαστηριακής εργασίας σε κατάλληλες συνθήκες.

Λέξεις κλειδιά: διερεύνηση, εικονικά εργαστήρια, πραγματικά εργαστήρια

Αναφορά: Ψύλλος, Δ., & Ταραμόπουλος, Α. (2025). *Η Συμβολή των Εικονικών Εργαστηρίων στην Πειραματική Εργασία*, 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

THE CONTRIBUTION OF VIRTUAL LABORATORIES TO EXPERIMENTAL WORK

Dimitrios Psillos¹, Athanasios Taramopoulos²

¹*ret. Professor of Aristotle University of Thessaloniki, Greece*

²*Educational Counselor of Physical Sciences of Serres, Greece*

psillos@eled.auth.gr

ABSTRACT

In the present paper, we argue that the pedagogical utilization and integration of digital technologies, particularly virtual laboratories, may, under appropriate conditions, contribute to the improvement and transformative change of education in natural sciences. To this end, we consider the affordances and integration of virtual laboratories in sciences teaching within the framework of contemporary teaching approaches such as constructivism and inquiry-based learning. We analyze research conducted in our country and internationally and present aspects of a long-term research project which we implemented in the field of electric circuits in secondary education. We conclude that the integration of digital technologies has the potential to support instructional transformations and enhance laboratory work under appropriate conditions.

Keywords: *inquiry, virtual laboratories, physical laboratories*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ερευνητές στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ), εκπαιδευτικοί, συγγραφείς αναλυτικών προγραμμάτων, διαμορφωτές εκπαιδευτικής πολιτικής, σε πολλές χώρες υποστηρίζουν ότι η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες πρέπει να είναι πολυδιάστατη, να προωθεί την παράλληλη ανάπτυξη εννοιολογικής, διαδικαστικής και επιστημολογικής γνώσης, τις αξίες και τον κοινωνικό ρόλο της επιστήμης στις σύγχρονες κοινωνίες. Σκοπός της εκπαίδευσης στις ΦΕ δε πρέπει να είναι η εκμάθηση μόνο κατά κύριο λόγο εννοιών και θεωριών αλλά και η δυνατότητα των μαθητών να «κάνουν επιστήμη» στο εργαστήριο ή στο πεδίο. Η βαθειά και ουσιαστική κατανόηση των ΦΕ εμπεριέχει την εννοιολογική γνώση, την καλλιέργεια επιστημονικών διερευνητικών δεξιοτήτων και την επιστημολογική ενημερότητα για

τη φύση της επιστήμης των μαθητών καθώς και για την κοινωνική διάσταση των ΦΕ. Η ισόρροπη ανάπτυξη αυτών των διαστάσεων οδηγεί στη νοηματοδοτημένη κατανόηση και τον επιστημονικό εγγραμματισμό δεδομένου ότι όλες συνδέονται και αλληλεπιδρούν.

Όμως, πολλοί μελετητές υποστηρίζουν ότι στις Ευρωπαϊκές χώρες η ποιότητα της εκπαίδευσης στις ΦΕ δεν ανταποκρίνεται στις κοινωνικές προσδοκίες και τις ανάγκες επιστημονικού γραμματισμού των πολιτών. Σε έκθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης είχε διαπιστωθεί ότι υπάρχουν προβλήματα τόσο στη φύση όσο και στη δομή των προσπαθειών που γίνονταν για τη βελτίωση της εκπαίδευσης στις ΦΕ και την προώθηση του επιστημονικού εγγραμματισμού στους πολίτες των Ευρωπαϊκών χωρών (Osborne & Dillon, 2008; Rocard 2007). Η υποχρηματοδότηση της δημόσιας εκπαίδευσης και οι ελλείψεις υποδομές, ειδικά στην χώρα μας, το υποβαθμισμένο κοινωνικο-οικονομικό περιβάλλον σε πολλές περιοχές, η υπερφόρτωση των αναλυτικών προγραμμάτων, η έλλειψη εκπαιδευτικών και οι αμφιλεγόμενες εκπαιδευτικές πολιτικές δε συμβάλλουν στην ποιοτική βελτίωση της εκπαίδευσης στις ΦΕ. Αρνητικά επιδρά η περιορισμένη διάδοση και παιδαγωγική αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών στην εκπαίδευση στις ΦΕ, ειδικά στην εργαστηριακή μελέτη των μαθητών στην χώρα μας, η οποία αποτελεί αντικείμενο διαπραγμάτευσης της παρούσας (Anastasiades & Zaranis, 2016).

Οι ψηφιακές τεχνολογίες διαθέτουν πολλές παροχές που μπορεί να υποστηρίξουν αξιόλογες εφαρμογές στην εκπαίδευση, π.χ. πολυμεσικές αναπαραστάσεις, μορφές ατομικής και κοινωνικής επικοινωνιακής νοηματοδότησης, σύγχρονες μεθόδους πλοήγησης, εμπλουτισμένα αποθετήρια, δημιουργική έκφραση, διαδικτυακή επικοινωνία, σύγχρονη ή ασύγχρονη σύνθεση κειμένων, ψηφιακές αφηγήσεις (Bumbacher et al., 2017). Συχνά, όμως, παρατηρείται τεχνοκρατική προσέγγισή τους στην εκπαιδευτική πρακτική, όπως στην έμφαση στην εξοικείωση των μαθητών με τα ψηφιακά εργαλεία, στην απλή αναζήτηση και συσσώρευση πληροφοριών από το διαδίκτυο και την ανάπτυξη τεχνικών δεξιοτήτων.

Στην παρούσα εργασία, προσεγγίζουμε τις τεχνολογίες και τη χρήση τους ως γνωστικά εργαλεία, τα οποία έχουν τη δυνατότητα σε κατάλληλο παιδαγωγικό πλαίσιο να υποστηρίξουν σε βάθος την κατανόηση της εννοιολογικής, διαδικαστικής και επιστημολογικής γνώσης των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ). Η θέση μας είναι ότι ειδικά η παιδαγωγική αξιοποίηση των εικονικών εργαστηρίων στις ΦΕ είναι πρόσφορη όταν εντάσσεται στις σύγχρονες παιδαγωγικές θεωρίες και διδακτικές προσεγγίσεις, όπως η εποικοδομητική και η διερευνητική. Υποστηρίζουμε ότι η παιδαγωγική αξιοποίηση και ένταξη των τεχνολογιών μπορεί να συντελέσει, σε κατάλληλες συνθήκες, στη βελτίωση και τον δραστικό μετασχηματισμό της εκπαίδευσης στις ΦΕ γενικά και ειδικά της εργαστηριακής εργασίας (Psillos, 2023). Για τον σκοπό αυτό εξετάζουμε, επιλεκτικά λόγω περιορισμένου χώρου, τις παροχές και την αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών και ειδικά των εικονικών εργαστηρίων (Virtual Laboratories, VL) σε συνάρτηση με σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις στην περιοχή της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Παρουσιάζουμε

συνοπτικά και συζητούμε έρευνες και εφαρμογές στη χώρα μας και στο διεθνή χώρο και αναλύουμε και συζητούμε τη δημιουργική χρήση και τη δυνατότητα συμβολής των εικονικών εργαστηρίων στον εμπλουτισμό και δραστικό διδακτικό μετασχηματισμό της εργαστηριακής εργασίας.

Η ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΩΣ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Στη Διδακτική των ΦΕ, πολυετείς έρευνες έχουν τεκμηριώσει ότι οι μαθητές έχουν εναλλακτικές αντιλήψεις για τα φυσικά φαινόμενα και θεωρίες, οι οποίες διατηρούνται ακόμα και μετά τη διδασκαλία τους. Έχει τεκμηριωθεί η σημασία της διδακτικής αξιοποίησης αυτών των ευρημάτων για την προώθηση της ενεργητικής και συνεργατικής συμμετοχής των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία, την εποικοδόμηση και κατανόηση των επιστημονικών γνώσεων. Διαμορφώθηκαν τα θεωρητικά πλαίσια του γνωστικού και κοινωνικοπολιτισμικού εποικοδομητισμού, τέθηκε το θέμα της εννοιολογικής αλλαγής ή επαύξησης (π.χ. Duit & Treagust, 1998), σχεδιάστηκαν και εφαρμόστηκαν καινοτόμες διδακτικές στρατηγικές με θετικά αποτελέσματα, όπως η γνωστική σύγκρουση, η χρήση αναλογιών, οι μεταγνωστικές δραστηριότητες, τα ιστορικά πειράματα καθώς και εκπαιδευτικά λογισμικά.

Βασικές αρχές και διδακτικές στρατηγικές του εποικοδομητισμού ενσωματώθηκαν στη διερευνητική προσέγγιση για τη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ, η οποία έχει ήδη προταθεί ή εφαρμοστεί σε πολλά εκπαιδευτικά συστήματα (ΙΕΠ, 2014· Duschl & Grandy, 2008· Windschitl, et al., 2008). Η νοηματοδότηση της διερεύνησης ως διδακτική μαθησιακή διαδικασία έχει αλλάξει. Αναφερόταν αρχικά στην εννοιολογική κατανόηση, στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και στον συνδυασμό τους, ενώ με την πάροδο του χρόνου συμπεριλαμβάνεται η κατανόηση της φύσης της επιστήμης και της διερεύνησης (Karagianni & Psillos, 2022· Strippel & Sommer 2015). Η σύγχρονη διερεύνηση εμπεριέχει διαφορετικές στρατηγικές και νοηματοδοτήσεις. Παρά την πολυσημία στον ορισμό, κοινό στοιχείο είναι η εστίαση στην ενεργητική συμμετοχή των μαθητών, η αλληλεπίδραση με το φυσικό και τεχνολογικό περιβάλλον τους, η κοινωνική διαπραγμάτευση για την εποικοδόμηση του επιστημονικού «κόσμου τους» και η κατασκευή νοήματος με πρακτικές που αντιστοιχούν στις πρακτικές των επιστημόνων, όπως η διατύπωση ερωτήματος, ο σχεδιασμός της διερευνητικής διαδικασίας, η ερμηνεία των δεδομένων, η μοντελοποίηση και η τεκμηριωμένη επιχειρηματολογία (Ψύλλος, 2011· Crawford, 2014). Η διερεύνηση έχει διπλό χαρακτήρα, αποτελεί παιδαγωγική προσέγγιση καθώς και αντικείμενο μάθησης. Οι μαθητές, καθώς διερευνούν ένα φαινόμενο, καθοδηγούνται να αναπτύξουν τις δεξιότητες που απαιτούνται για να υλοποιηθεί η διερευνητική διαδικασία και να εμβαθύνουν στη φύση και τα χαρακτηριστικά της διερεύνησης.

Η διερευνητική μάθηση μπορεί να λάβει χώρα αν οι μαθητές κατασκευάσουν καινούριες γνώσεις με επαγωγικούς ή παραγωγικούς συλλογισμούς, βασιζόμενοι στα

δεδομένα και τις πληροφορίες που συλλέγουν μέσω παρατηρήσεων, πειραμάτων, εργασιών πεδίου και των συνδέσεών τους με τις προηγούμενες βιωματικές εμπειρίες και αντιλήψεις τους. Οι μαθητές εμπλέκονται σε γνωσιακές διαδικασίες όπως η παρατήρηση ενός φαινομένου ή προβλήματος, η δημιουργία υποθέσεων, η διατύπωση ερωτημάτων, ο σχεδιασμός πειράματος ή εργασίας πεδίου, η συλλογή δεδομένων, η ανάλυση και ερμηνεία τους, η εξαγωγή συμπερασμάτων, η αξιολόγηση εναλλακτικών ερμηνειών με λογικούς συλλογισμούς. Συμμετέχουν σε μεταγνωστικές δραστηριότητες αναφορικά με τις ενέργειές τους κατά τον σχεδιασμό ή την εκτέλεση πειραματικής εργασίας.

Η διερεύνηση και ειδικά η πειραματική διερεύνηση είναι πολύ απαιτητική εκπαιδευτική διαδικασία για τους μαθητές. Εμπειρικές έρευνες δείχνουν ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στην εμπλοκή, αντιμετώπιση και απόκτηση διαδικαστικών γνώσεων και διερευνητικών διαδικασιών όπως η διατύπωση ερωτημάτων ή υποθέσεων, ο σχεδιασμός της εργασίας τους, η αναγνώριση και επιλογή των κατάλληλων μεταβλητών, ή η διάκριση των εξαρτημένων μεταβλητών από τις ανεξάρτητες. Από τις εργασίες μας, όπως και άλλων ερευνητών, έχουμε συμπεράνει ότι για να υπερβούν τις δυσκολίες τους πρέπει η εμπλοκή των μαθητών να είναι σταδιακή, από αρχικά δομημένες διερευνητικές δραστηριότητες σε καθοδηγούμενες και στη συνέχεια σε ανοιχτές, ειδικά στη χώρα μας όπου οι δυνατότητες πειραματισμού και διερεύνησης φαινομένων είναι περιορισμένες. Στους μαθητές πρέπει να προσφέρεται σταδιακά από τους εκπαιδευτικούς και τα εκπαιδευτικά υλικά η δυνατότητα να ελέγχουν τη δική τους μάθηση παίρνοντας πρωτοβουλίες κατά τη μαθησιακή διαδικασία και προσαρμόζοντας τη διαδικασία στις εμπειρίες τους (Καραγιάννη και Ψύλλος, 2019· Χατζηκρανιώτης & Μολοχίδης, 2017· Sadeh & Zion, 2009).

Ενθαρρυντικά αποτελέσματα παρατηρούνται όταν η σταδιακή καθοδήγηση των μαθητών υποστηρίζεται με κατάλληλες σκαλωσιές μάθησης. Οι ψηφιακές τεχνολογίες παρέχουν σκαλωσιές πολλών ειδών που μπορεί να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην υποστήριξη αποτελεσματικής διερευνητικής μάθησης π.χ. με περιβάλλοντα τα οποία ενσωματώνουν γνωσιακά εργαλεία, όπως κατάλληλες υποδείξεις, πληροφοριακά κείμενα, φύλλα εργασίας, εργαλεία καταγραφής δεδομένων ή ενεργειών (Bumbacher et al., 2017· Smetana & Bell 2012).

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στο σχολείο ή στο πανεπιστήμιο, μαθητές και φοιτητές έχουν τη δυνατότητα να «κάνουν επιστήμη» διότι στα εργαστήρια υπάρχει το κατάλληλο εκπαιδευτικό και τεχνολογικό πλαίσιο για να μπορούν να εμπλακούν ενεργητικά σε μαθησιακές δραστηριότητες μέσα από τις οποίες θα αποκτήσουν το πρόσφορο εμπειρικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα εποικοδομήσουν νέες επιστημονικές γνώσεις και θα καλλιεργήσουν πειραματικές διερευνητικές δεξιότητες. Πολλές εργασίες έχουν εξετάσει τις δραστηριότητες μαθητών και φοιτητών στο πραγματικό εργαστήριο και τις αλληλεπιδράσεις τους με όργανα και υλικά, οι οποίες προσελκύουν το ενδιαφέρον

τους, δημιουργούν κίνητρα, προκαλούν την ενεργητική συμμετοχή τους και παρέχουν δυνατότητες διερεύνησης του φυσικού και τεχνολογικού κόσμου. Με την κατάλληλη διδασκαλία και καθοδήγηση συμμετέχουν σε διερευνητικές δραστηριότητες και αναπτύσσουν τις απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες για να διεξάγουν επιστημονική διερεύνηση των φαινομένων. Είναι φανερό ότι νοσηματοδοτημένη διδασκαλία της επιστήμης και ειδικά της φυσικής δεν μπορεί να συντελεστεί χωρίς εργαστηριακή εργασία (Hofstein and Lunetta, 2004· NGSE, 2013· Psillos and Niedertter, 2002). Συνοπτικά η εργαστηριακή εργασία αποτελεί ή πρέπει να αποτελεί απαραίτητη πτυχή της διδασκαλίας και μάθησης της επιστήμης και ειδικά της φυσικής. Όμως επισημαίνουμε ότι μαθητές και φοιτητές αντιμετωπίζουν πολλές δυσκολίες για να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις των εργαστηριακών ασκήσεων. Για παράδειγμα συχνά εστιάζουν στο χειρισμό των οργάνων, στη λήψη μετρήσεων και στην επεξεργασία των δεδομένων αναλώνοντας τον περισσότερο χρόνο στην διεξαγωγή μιας άσκησης παρά στην σύνδεση με τη θεωρία της φυσικής.

Τα τελευταία χρόνια διάφορα είδη εργαστηρίων βασισμένα στην ψηφιακή τεχνολογία, όπως τα προσομοιωμένα, τα εικονικά τα απομακρυσμένα, τα κινητά διαδίδονται και εφαρμόζονται σε πανεπιστήμια και σχολεία σε πολλές χώρες λόγω των ραγδαίων εξελίξεων στην τεχνολογία, της εύκολης προσβασιμότητάς τους, του χαμηλού κόστους και κατάλληλων εκπαιδευτικών πολιτικών (όταν υπάρχουν). Στην παρούσα εργασία εστιάζουμε, συζητούμε και αναλύουμε χαρακτηριστικά και εφαρμογές προσομοιωμένων και εικονικών εργαστηρίων τα οποία αποκαλούμε εικονικά (EE) παρόλο που υπάρχουν ορισμένες διαφορές μεταξύ τους (de Jong et al., 2013· Ruten et al. 2012).

Τα εικονικά εργαστήρια εμπεριέχουν δυναμικά και αξιόπιστα επιστημονικά μοντέλα του πραγματικού κόσμου, πολλαπλές αναπαραστάσεις των υλικών και οργάνων, φαινομένων και διαδικασιών, οι οποίες εστιάζουν στα απαραίτητα για τη μελέτη χαρακτηριστικά τους χωρίς περιττές λεπτομέρειες μειώνοντας την πολυπλοκότητα και το γνωστικό φορτίο των χρηστών (Ταραμόπουλος και Ψύλλος, 2019). Η βασική θεωρητική και παιδαγωγική θεώρηση στην οποία στηρίζεται η χρήση τους είναι ότι οι εμπειρίες και αλληλεπιδράσεις πάνω στις οποίες θα εποικοδομήσουν γνώσεις και δεξιότητες οι μαθητές μπορεί να είναι εικονικές και δεν περιορίζονται αποκλειστικά στις πραγματικές. Ενεργητική συμμετοχή σε εργαστηριακή εργασία δεν αφορά αποκλειστικά φυσικές αλληλεπιδράσεις και χειρισμούς. Οι Olymriou και Zacharia (2013) θεωρούν τη «φυσικότητα» ως θεμελιώδη διαφορά μεταξύ εργαστηριακής εργασίας σε εικονικό και πραγματικό εργαστήριο ενώ οι υποστηρικτές των εικονικών εργαστηρίων θεωρούν ότι η αισθητηριακή πληροφορία που παρέχεται από την «φυσικότητα» δεν είναι πάντοτε απαραίτητη. ***Πρόκειται για ριζική αλλαγή στις θεωρητικές και εμπειρικές βάσεις της διδασκαλίας και μάθησης στις ΦΕ, οι επιπτώσεις της οποίας αποτελούν αντικείμενο διαρκούς μελέτης.***

Τα εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα που βασίζονται σε επιστημονικά μοντέλα παρέχουν ευέλικτη και συστηματική αντιμετώπιση των φυσικών μεγεθών, τα οποία αφορούν τα υπό μελέτη φαινόμενα. Συγκεκριμένα, σχεδιαστικά χαρακτηριστικά τους

επιτρέπουν -μεταξύ άλλων- την αλλαγή περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, τη συγχρονική κατασκευή γραφικών παραστάσεων, τη συγχρονική μελέτη και αναπαράσταση της εξέλιξης φυσικών μεγεθών π.χ. V-I, παρέχουν ασφάλεια και επαναληπτικότητα χειρισμών και είναι οικονομικά σε σχέση με ακριβούς εργαστηριακούς εξοπλισμούς. Σημαντικό πλεονέκτημα των εικονικών εργαστηρίων σε σχέση με τα πραγματικά είναι ότι η «πραγματικότητα» μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να υποστηρίζει τη μαθησιακή διαδικασία καθώς και η ύπαρξη δυναμικώς συνδεδεμένων αναπαραστάσεων και μοντέλων διαφόρων επιπέδων ρεαλισμού ή αφαίρεσης. Η «πραγματικότητα» μπορεί να απλοποιηθεί μειώνοντας την πολυπλοκότητά της και αναδεικνύοντας τις βασικότερες πληροφορίες ώστε να επικεντρωθεί η προσοχή των μαθητών μόνο στο υπό μελέτη φαινόμενο και να αποφευχθεί η ανάγκη κατάκτησης υπερβολικού όγκου πληροφοριών που μπορεί να εμποδίσει τη μάθηση.

Τα εικονικά εργαστήρια αποτελούνται από εικονικές οντότητες και διαδικασίες που συγκροτούν εμπλουτισμένα και νέα πεδία πειραματισμού για μαθητές και εκπαιδευτικούς όπως προκύπτουν από εφαρμογές στη φυσική, τη χημεία και άλλες επιστημονικές περιοχές (Psillos, 2023). Συγκεκριμένες και αφαιρετικές αναπαραστάσεις αντικειμένων, φυσικών φαινομένων και διαδικασιών συγκροτούν μία εικονική φαινομενολογία, η οποία μπορεί να είναι, ρεαλιστική, ευρύτερη ή απλοποιημένη συγκριτικά με τη φαινομενολογία ενός πραγματικού συμβατικού εργαστηρίου. Τα εικονικά πεδία εμπλουτίζονται και μετασχηματίζονται με την ενσωμάτωση αναπαραστάσεων αφαιρετικών αντικειμένων και διαδικασιών που μετατρέπονται σε ορατές υλικές οντότητες. Η οπτικοποίηση του μη παρατηρήσιμου η «αόρατου» συνεπάγεται ότι οι μαθητές μπορεί να αντιληφθούν και να χειριστούν αυτές τις οντότητες και να τις συσχετίσουν σε μακροσκοπικό, μικροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο π.χ ροή ηλεκτρικών φορτίων και ηλεκτρικό ρεύμα, βρασμός και ερμηνεία του (Wang et al., 2018). Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνονται οι μαθητές να υπερβούν το γνωστικό εμπόδιο της σύνδεσης των μακροσκοπικών φαινομένων με τους μικροσκοπικούς μηχανισμούς που τα παράγουν (Evangelou & Kotsis, 2019· Tsaparlis & Sevian, 2013).

Σε αυτό το πλαίσιο, η ενσωμάτωση εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων στην τάξη, οι αντίστοιχες εφαρμογές τους, τα αποτελέσματα και οι διεργασίες που συμβαίνουν κατά την αλληλεπίδραση μαθητών και εκπαιδευτικών μόνο με τα εικονικά ή σε συνδυασμό με τα πραγματικά εργαστήρια αποτελούν αντικείμενο συνεχών ερευνών καθώς και καινοτομικών εφαρμογών (Ταραμόπουλος & Ψύλλος, 2016· Jaakkola & Veermans, 2015· Zacharia & Olympiou, 2011). Πολλές εργασίες εστιάζουν κυρίως στην εννοιολογική εξέλιξη και τις επιδόσεις των μαθητών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Διεξάγονται έρευνες που εστιάζουν στην ανάπτυξη επιστημονικών δεξιοτήτων και πρακτικών οι οποίες τεκμηριώνουν ότι η ενσωμάτωση εικονικών εργαστηρίων στην διδασκαλία των ΦΕ προωθεί και υποστηρίζει την καλλιέργειά τους υπό κατάλληλες προϋποθέσεις (π.χ. Wang & Tseng, 2018).

Υπογραμμίζουμε ότι μία από τις πιο σημαντικές δεξιότητες συνδεδεμένες με την εργαστηριακή εργασία στο πλαίσιο της διερεύνησης θεωρείται ότι είναι ο σχεδιασμός των πειραμάτων διότι σχετίζεται με την κατανόηση του αντίστοιχου γνωστικού πεδίου αλλά και με την επιστημονική μεθοδολογία (Riesen et al., 2018). Για παράδειγμα σε μία εργασία μας (Lefkos et al., 2011), αξιολογήθηκε η ικανότητα των μαθητών να σχεδιάζουν πειράματα στην περιοχή της θερμότητας σε οκτώ διαστάσεις, όπως η διατύπωση υπόθεσης, η επιλογή των μεταβλητών, η περιγραφή των αρχικών συνθηκών του πειράματος. Από τα αποτελέσματα αυτά όπως και άλλων ερευνητών προκύπτει ότι τα περιβάλλοντα εικονικών εργαστηρίων ενσωματώνουν τις κατάλληλες σκαλωσιές και δομές που θα τους βοηθήσουν να ανταπεξέλθουν σε καθοδηγούμενες δραστηριότητες με σκοπό την κατανόηση και καλλιέργεια του πειραματικού σχεδιασμού.

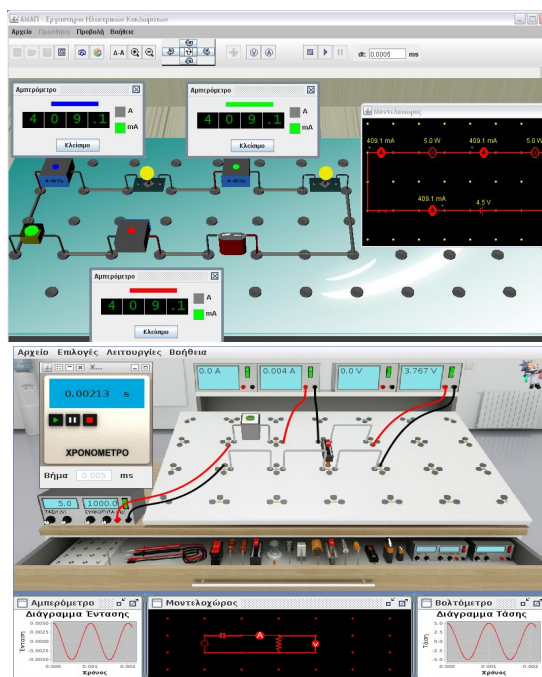
Από τις εφαρμογές στην τάξη και την αποτίμησή τους προκύπτει ότι τα εικονικά και τα πραγματικά εργαστήρια ενσωματώνουν ειδικά χαρακτηριστικά και παροχές τα οποία ρητά ή υπόρρητα ενεργοποιούν και προάγουν δομές και μορφές εργαστηριακών δραστηριοτήτων που επηρεάζουν και κατευθύνουν τον πειραματισμό των μαθητών (π.χ. Lefkos et.al. 2011, Vorholzer et al., 2020). Επίσης προκύπτει ότι τα εικονικά ή τα πραγματικά εργαστήρια μπορεί να προωθούν την καλλιέργεια διαφορετικών δεξιοτήτων ανάλογα με τη φύση του περιεχομένου και τους διδακτικούς στόχους. Αξιοσημείωτη είναι η δυνατότητα των εικονικών εργαστηρίων να προωθούν την παράλληλη ανάπτυξη εννοιολογικής γνώσης και επιστημονικών δεξιοτήτων με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η διασύνδεση της θεωρίας με τις επιστημονικές πρακτικές.

Σε αυτό το δυναμικά εξελισσόμενο ερευνητικό και εκπαιδευτικό πεδίο έχει γίνει φανερό ότι η κύρια ερώτηση δεν είναι αν τα πραγματικά ή τα εικονικά εργαστήρια είναι γενικά πιο πρόσφορα επειδή πολλοί παράγοντες επηρεάζουν τη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ, όπως το εκπαιδευτικό πλαίσιο, η φύση και το περιεχόμενο του γνωστικού αντικειμένου, οι αντιλήψεις των μαθητών και οι διδακτικοί στόχοι. Για αυτό το λόγο οι νεότερες εργασίες μελετούν ποιες παροχές των εικονικών εργαστηρίων είναι κατάλληλες ως προς συγκεκριμένους διδακτικούς στόχους και γνωστικό περιεχόμενο, όταν εφαρμόζονται είτε κατ' αποκλειστικό τρόπο είτε σε συνδυασμό με πραγματικά εργαστήρια στο πλαίσιο πρόσφορων διδακτικών προσεγγίσεων και δραστηριοτήτων. Σε αυτό το πλαίσιο στο επόμενο μέρος της εργασίας μας παρουσιάζουμε όψεις ενός ερευνητικού εκπαιδευτικού προγράμματος αξιοποίησης των εικονικών εργαστηρίων για τη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων στην Δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην χώρα μας.

ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΣ ΤΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Τα ηλεκτρικά κυκλώματα αποτελούν ένα πεδίο των Φυσικών Επιστημών με το οποίο ερχόμαστε καθημερινά σε επαφή, μελετάται συνεχώς από διδακτικής απόψεως τα τελευταία τριάντα χρόνια και έχει βρεθεί ότι υπάρχουν σημαντικές και ευρέως διαδεδομένες εναλλακτικές αντιλήψεις οι οποίες δύσκολα ανασκευάζονται (Jaakkola

et al., 2011; Psillos, 1997). Στο πλαίσιο αυτό, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα ερευνητικό και αναπτυξιακό πρόγραμμα συνεργασίας ερευνητών και εμπειρών εκπαιδευτικών με στόχο την ανάπτυξη κατάλληλων μαθησιακών περιβαλλόντων και την πολύπλευρη αποτίμηση του ρόλου που μπορούν να διαδραματίσουν τα εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα όταν ενταχθούν σε διδασκαλία με διερευνητική προσέγγιση στο γνωστικό αντικείμενο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων (Ψύλλος κ.α., 2008; Molohidis et al., 2015).



Σχήμα 1. Εικονικά εργαστήρια ηλεκτρικών κυκλωμάτων που επιτρέπουν τη χρήση εικονικών οργάνων με διαφορετική πιστότητα αναπαράστασης

Το πρόγραμμα υλοποιήθηκε μέσα από ερευνητικές εργασίες πεδίου σε μαθητές Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα (Taramopoulos & Psillos, 2018), συγκρίνοντας σε διάφορους τομείς την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας, όταν αυτή γίνεται με εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα διαφόρων χαρακτηριστικών (σχήμα 1), όπως εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον με υψηλή πιστότητα αναπαράστασης του πραγματικού εργαστηρίου (ρεαλιστικά τρισδιάστατα γραφικά), ή με τη χρήση συμβολικών εικονικών οργάνων (αφηρημένα γραφικά σε μορφή applet) ή το συνδυασμό των παραπάνω αναπαραστάσεων (χρήση ηλεκτρικών κυκλωμάτων μέσω ρεαλιστικών εικονικών οργάνων και ταυτόχρονη αναπαράστασή τους μέσω διασυνδεδεμένων αφηρημένων συμβολικών αναπαραστάσεων). Παράλληλα, η ύπαρξη παροχών όπως οι συγχρονικές γραφικές παραστάσεις και η δυναμική διαχείριση του χρόνου διευκόλυναν την ανάλυση και επαναληψιμότητα των φαινομένων μειώνοντας το γνωστικό φορτίο του χρήστη κατά τη διεξαγωγή εργαστηριακών πειραμάτων.

Μελετώντας τη δεξιότητα κατασκευής ηλεκτρικών κυκλωμάτων μαθητών Γυμνασίου, βρέθηκε ότι στην περίπτωση που κατά την κατασκευή των πραγματικών κυκλωμάτων απαιτείται κάποια ιδιαίτερη χειριστική δεξιότητα, οι μαθητές που είχαν χρησιμοποιήσει το πραγματικό εργαστήριο κατά τη διδασκαλία πλεονεκτούν έναντι αυτών που είχαν χρησιμοποιήσει μόνο το εικονικό εργαστήριο (Ταραμόπουλος & Ψύλλος, 2013).

Επομένως, τα εικονικά εργαστήρια, ακόμα και με τρισδιάστατα ρεαλιστικά γραφικά, δε φαίνεται να μπορούν να προσφέρουν στους μαθητές την πλήρη χειραπτική εμπειρία ενός πραγματικού εργαστηρίου ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Όμως, παρατηρήθηκε επίσης ότι όταν οι μαθητές καλούνται να μετασχηματίσουν δοσμένα ηλεκτρικά κυκλώματα από μία μορφή σε άλλη (πραγματική, αληθοφανή εικονική, σχηματική) τα αποτελέσματα εξαρτώνται από την πολυπλοκότητα του κυκλώματος: για απλά κυκλώματα οι μαθητές κάνουν το μετασχηματισμό με επιτυχία ανεξάρτητα από το είδος του εικονικού εργαστηρίου που χρησιμοποίησαν κατά τη διδασκαλία, αλλά για σύνθετα κυκλώματα οι μαθητές που χρησιμοποίησαν στη διδασκαλία εικονικά περιβάλλοντα με διασυνδεδεμένες αληθοφανείς και σχηματικές αναπαραστάσεις φαίνεται να υπερτερούν έναντι των υπολοίπων (Ταραμόπουλος, 2012). Αυτό το εύρημα είναι σε συμφωνία με αντίστοιχο εύρημα των Finkelstein et al. (2005) για την Τριτοβάθμια εκπαίδευση και υπογραμμίζει εμφατικά την υποστήριξη που παρέχουν τέτοια περιβάλλοντα στην ανάπτυξη συνδέσεων ανάμεσα στον πραγματικό και τον εικονικό εργαστηριακό κόσμο. Οι συνδέσεις αυτές αποτελούν γέφυρες που λειτουργούν ως σκαλωσιές που επιτρέπουν τους μαθητές να μπορούν να κινούνται με ευχέρεια ανάμεσα στον πραγματικό κόσμο όπου γίνεται η παρατήρηση των φυσικών φαινομένων και στον εικονικό αφηρημένο κόσμο όπου γίνεται η ανάπτυξη των μοντέλων επάνω στα οποία στηρίζεται η ερμηνεία των φυσικών φαινομένων. Επιπλέον, οι έρευνές μας δείχνουν ότι στην ηλικία του Λυκείου οι μαθητές ωριμάζουν πνευματικά και πλέον μπορούν να διαχειριστούν το γνωστικό φόρτο σύνθετων αφηρημένων μοντέλων για την ερμηνεία φυσικών φαινομένων (Taramopoulos & Psillos, 2019). Αυτό, σε συνδυασμό με τις συνδέσεις πραγματικού και αφηρημένου που υποβοηθούνται από κατάλληλα μαθησιακά περιβάλλοντα μπορούν να υποστηρίξουν αποτελεσματικά τον μαθητή στη μετάβαση από την απλή παρατήρηση φαινομένων στη βαθύτερη κατανόησή τους (Taramopoulos & Psillos, 2017).

Όμως, πέρα από την υποστήριξη του μαθησιακού περιβάλλοντος, η βαθύτερη κατανόηση των φυσικών φαινομένων απαιτεί και την ενεργό συμμετοχή των μαθητών (Kuhn et al., 2017). Ένας αποτελεσματικός τρόπος είναι η εμπλοκή των μαθητών σε εργαστηριακές δραστηριότητες κατά τις οποίες οι μαθητές, καθοδηγούμενοι από τον εκπαιδευτικό, πειραματίζονται διερευνώντας το φυσικό κόσμο (Minner et al., 2010). Τα εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα με τις παροχές τους μπορούν να ξεπεράσουν εμπόδια όπως η έλλειψη εργαστηριακού εξοπλισμού, το οικονομικό κόστος, η ασφάλεια των πειραματιζομένων και χρονικοί περιορισμοί της διδασκαλίας και να συμβάλλουν αποφασιστικά στην επιτυχή υλοποίηση εργαστηριακών διδασκαλιών με διερευνητική προσέγγιση στο πλαίσιο κατάλληλα

σχεδιασμένων Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών (Brinson, 2015· Psillos & Kariotoglou, 2016).

Στη χώρα μας, στο πλαίσιο του γνωσιοκεντρικού χαρακτήρα της διδασκαλίας των ΦΕ και της έλλειψης υποδομών, οι μαθητές δεν έχουν συνήθως ευκαιρίες συμμετοχής και εξουκείωσης με την εργαστηριακή διδασκαλία. Στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση κατά κανόνα όταν υπάρχουν εργαστηριακές ασκήσεις αυτές είναι κλειστού χαρακτήρα. Επομένως πέρα από τη διδασκαλία εννοιών και θεωριών, οι μαθητές θα πρέπει να εκπαιδευτούν στη σχεδίαση και εκτέλεση διερευνητικής εργαστηριακής εργασίας. Μελέτες μας έχουν δείξει ότι αυτό μπορεί να γίνει είτε ρητά, με άμεση διδασκαλία των πειραματικών διαδικασιών σε εργαστηριακές διδασκαλίες (Taramopoulos & Psillos, 2022), είτε υπόρηρητα, με συνεχή εμπλοκή των μαθητών σε πειραματικές διαδικασίες χωρίς ρητή διδασκαλία των διαδικασιών αυτών (Taramopoulos et al., 2011). Μέσα από κατάλληλες Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες, οι μαθητές καταφέρνουν να διατυπώνουν υποθέσεις για την απάντηση ενός δοθέντος ερευνητικού ερωτήματος, να αναγνωρίζουν τις μεταβλητές που επηρεάζουν το υπό μελέτη φαινόμενο, να βρίσκουν τα όργανα που πρέπει να χρησιμοποιήσουν για την πειραματική τους διάταξη, να σχεδιάζουν διαγραμματικά ένα κύκλωμα για τη διερεύνηση του προβλήματος, να περιγράφουν την πειραματική διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσουν, να κατασκευάζουν το κύκλωμα της πειραματικής τους διάταξης, να κάνουν τις απαραίτητες μετρήσεις, να επεξεργάζονται τα πειραματικά τους δεδομένα, να καταγράφουν τα αποτελέσματά τους και τελικά να τα αξιολογούν. Αυτό γίνεται ανεξάρτητα από την αναπαράσταση που χρησιμοποιείται στο εικονικό εργαστήριο, είτε αυτή είναι αληθοφανής, είτε είναι σχηματική, είτε διασυνδεδεμένη αληθοφανής και σχηματική. Σε κάθε περίπτωση όμως, όπως επισημάνθηκε προηγούμενα, η διδασκαλία της διαδικαστικής γνώσης θα πρέπει να γίνει σταδιακά: στις πρώτες εργαστηριακές διδασκαλίες θα πρέπει να υπάρχει πλήρης καθοδήγηση των μαθητών στις πειραματικές διαδικασίες (δομημένη διερεύνηση) και στη συνέχεια αυτή η καθοδήγηση να μειώνεται σταδιακά παραχωρώντας στους μαθητές συνεχώς μεγαλύτερη ελευθερία αυτενέργειας και ανάληψης πρωτοβουλιών (καθοδηγούμενη διερεύνηση). Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές διδάσκονται και εφαρμόζουν τις πειραματικές διαδικασίες χωρίς να δυσχεραίνεται η παράλληλη διδασκαλία του γνωστικού αντικείμενου καθώς το γνωστικό αντικείμενο αναπτύσσεται παράλληλα με τις πειραματικές δεξιότητες. Μάλιστα, δημιουργείται μία σπειροειδής ανάπτυξη γνωστικής και διαδικαστικής γνώσης κατά την οποία η ανάπτυξη της μίας υποβοηθάει την ανάπτυξη της άλλης. Από τη μία η προσπάθεια κατανόησης των υπό μελέτη φυσικών φαινομένων οδηγεί σε ανάπτυξη νέων ερευνητικών ερωτημάτων που μπορούν να διερευνηθούν πειραματικά συντελώντας στη βελτίωση των δεξιοτήτων πειραματισμού και από την άλλη η ανάπτυξη πειραματικών δεξιοτήτων οδηγεί σε εργαστηριακή διερεύνηση και αποτελέσματα που συντελούν στη βαθύτερη κατανόηση των φυσικών φαινομένων.

Αν, επιπλέον, οι πειραματικές γνώσεις που αποκτήθηκαν σε ένα γνωστικό αντικείμενο (πχ ηλεκτρικά κυκλώματα), συνδυαστούν με τις πειραματικές γνώσεις που μπορεί να αποκτηθούν σε ένα άλλο παρεμφερές γνωστικό αντικείμενο (πχ

θερμότητα), κάτι που μπορεί να διευκολυνθεί πολύ με τη χρήση εικονικών εργαστηρίων, οι μαθητές μπορούν, μέσω της παρατήρησης των κοινών χαρακτηριστικών πειραματισμού στις δύο περιπτώσεις, να αποπλαισιώσουν τη διαδικαστική γνώση και αυτή πλέον να αποτελέσει στα χέρια τους ένα ισχυρό εργαλείο που μπορούν να χρησιμοποιήσουν και σε άλλα γνωστικά αντικείμενα. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές πλέον εξελίσσονται και περνούν από το "τι" μαθαίνω στο "πώς" μαθαίνω: μετατρέπονται δηλαδή από υποκείμενα της μάθησης σε συντελεστές της μάθησης. Και αυτό αποτελεί έναν ιδιαίτερα υψηλό και δύσκολο στόχο της σύγχρονης εκπαίδευσης, προς την επίτευξη του οποίου μπορούν να συμβάλλουν τα σύγχρονα εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα μάθησης ως ισχυρά εργαλεία στα πλαίσια κατάλληλα δομημένων διδασκαλιών με διερευνητικές προσεγγίσεις. Οι διαστάσεις αυτής της εκπαιδευτικής διαδικασίας ανταπασχολούν συνεχώς ερευνητές και εκπαιδευτικούς.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία εξετάσαμε τις παροχές και την αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών και ειδικά των εικονικών εργαστηρίων σε συνάρτηση με τις σύγχρονες έρευνες, διδακτικές προσεγγίσεις και θεωρίες στο πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Συνοπτικά υποστηρίζουμε ότι τα εικονικά περιβάλλοντα ενταγμένα σε κατάλληλες παιδαγωγικές προσεγγίσεις μπορεί να οδηγήσουν σε πρωτόγνωρες μαθησιακές εμπειρίες, στην υποστήριξη, τον εμπλουτισμό και τον ριζικό μετασχηματισμό συνεργατικής πειραματικής εργασίας και αλληλεπιδραστικών επιδείξεων στα σχολεία ιδιαίτερα στη χώρα μας με τις υποβαθμισμένες εργαστηριακές υποδομές.

Όμως υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί στην εμπλοκή των μαθητών με εικονικές δραστηριότητες οι οποίοι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη από εκπαιδευτικούς και συγγραφείς αναλυτικών προγραμμάτων κατά τη διαμόρφωση εκπαιδευτικής πολιτικής. Ερευνητικά αποτελέσματα δείχνουν ότι η ευκολία στους εικονικούς χειρισμούς συγκριτικά με τους πραγματικούς μπορεί να οδηγήσει στην άσκοπη περιოდολόγηση των μαθητών στον εικονικό κόσμο, σε χειρισμούς και δράσεις τυχαίες χωρίς πειραματικό σχεδιασμό, που δεν είναι επικεντρωμένες στους διδακτικούς στόχους. Συνοπτικά σε ό,τι αναφέρεται ως «κάνω πριν σκεφτώ» ή ό,τι η πειραματική δράση και η επιστημονική σκέψη δεν συνδέονται. (Chien et al., 2015).

Τέλος, παρά τους περιορισμούς και το κόστος τους τα πραγματικά εργαστήρια παρέχουν μοναδικές εμπειρίες στους μαθητές όσον αφορά στην αίσθηση της εργαστηριακής πρακτικής, αισθητηριακές και απτικές εμπειρίες, στην εκτίμηση των δυσκολιών διεξαγωγής της εργασίας, λήψης, μετρήσεων, χειρισμού σφαλμάτων, στη συγκρότηση αξιόπιστων δεδομένων. Σύγχρονες επισκοπήσεις τεκμηριώνουν ότι ο συνδυασμός εικονικών και πραγματικών εργαστηρίων σε κατάλληλα πλαίσια έχει προστιθέμενη παιδαγωγικά αξία για τους μαθητές και εκπαιδευτικούς διότι οι παροχές των εικονικών εργαστηρίων υποστηρίζουν τη γνωστική εστίαση και την αλληλεπίδραση θεωρίας και πρακτικής ενώ τα πραγματικά εργαστήρια προωθούν την

εξοικείωση με τα φαινόμενα, τα όργανα και τις επιστημονικές πρακτικές (Worner et al., 2022).

Τα τεχνολογικά εργαλεία αποτελούν προϊόντα αλληλεπίδρασης της κοινωνίας με την τεχνολογία και τη φύση. Η χρήση τους καθορίζεται από αυτή τη διαλεκτική σχέση και δεν μπορούν να νοηματοδοτηθούν εκτός των ανθρωπίνων σχέσεων. Θεωρούμε ότι οι ψηφιακές τεχνολογίες και ειδικά τα εικονικά εργαστήρια παρέχουν γνωστικά εργαλεία τα οποία αλληλεπιδρούν και (συν)διαμορφώνουν την ανθρώπινη σκέψη και πράξη. Στην εκπαίδευση, δεν ενδιαφέρουν μόνο τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες των ψηφιακών τεχνημάτων αλλά και πώς μπορούν να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού και κοινωνικού περιβάλλοντος. Η διάδοση και ένταξη των εικονικών εργαστηρίων στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών, υπό την προϋπόθεση ότι πληρούνται κατάλληλες συνθήκες όπως υποδομές, αναλυτικά προγράμματα, επιμόρφωση εκπαιδευτικών, μπορεί να συντελέσει στη βελτίωση, τον δραστικό μετασχηματισμό και την πολυδιάστατη εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και να δημιουργήσει νέα πεδία έρευνας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- ΙΕΠ (2014). Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών Δημοτικού για το «Νέο Σχολείο»
- Καραγιάννη, Χ. & Ψύλλος, Δ., (2019). Ρητή διδασκαλία της δεξιότητας διατύπωσης ερωτήματος. *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Φλώρινα, 19-21 Απριλίου
- Ταραμόπουλος, Α. (2012). «Διερεύνηση εφαρμογών προσομοιωμένων εικονικών εργαστηρίων στη διδασκαλία της Φυσικής στην υποχρεωτική εκπαίδευση». *Διδακτορική Διατριβή*, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ.
- Ταραμόπουλος, Α. & Ψύλλος, Δ. (2013). Σύγκριση πραγματικού και εικονικού εργαστηρίου ως προς την ικανότητα κατασκευής πραγματικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων για μαθητές Γυμνασίου. *Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (ΕΝΕΦΕΤ)*, σελ. 280-287, Βόλος
- Ταραμόπουλος, Α. & Ψύλλος, Δ. (2016). Αποτελεσματικότητα των εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. *Πρακτικά 10ου Πανελληνίου και Διεθνούς Συνεδρίου "Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση"*, Επιμέλεια: Α. Μικρόπουλος, Ν. Παπαχρήστος, Α. Τσιάρα, Π. Χαλκή, 23-25 Σεπτεμβρίου 2016, Ιωάννινα, σελ. 447-453
- Ταραμόπουλος, Α. & Ψύλλος, Δ. (2019). Σύγκριση εικονικών περιβαλλόντων μάθησης ως προς την υποστήριξη ανάπτυξης πειραματικών δεξιοτήτων στο χώρο των απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων. *Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Συνεδρίου ΕΝ.Ε.Φ.Ε.Τ.*, Φλώρινα
- Χατζηκρανιώτης, Ε. & Μολοχίδης, Α. (2017). Εισάγοντας μαθητές Γυμνασίου σε πειραματικές διερευνητικές δραστηριότητες. Σταύρου Δ., Μιχαηλίδη Α. & Κοκολάκη Α. (eds), *Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών*

Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης, 7-9 Απριλίου 2017 (σσ. 689-697).
Ρέθυμνο: Εκδόσεις GUTENBERG. ISBN: 978-960-86978-3-6

- Ψύλλος, Δ., Ταραμπόπουλος, Α., Χατζηκρανιώτης, Ε., Μπάρμπας, Α., Μολοχίδης, Τ., και Μπισδικιάν, Γ. (2008). Ένα Ανοικτό Μαθησιακό Περιβάλλον (Α.ΜΑ.Π.) στην περιοχή του Ηλεκτρισμού, Αγγελή Η., Βαλανίδης Ν. (eds), *Πρακτικά 6ου Συνεδρίου ΕΤΠΕ*, Κύπρος, σ. 384-391
- Ψύλλος, Δ. (2011). Η διερεύνηση με χρήση μοντέλων στη διδακτική διαδικασία των Φυσικών Επιστημών. Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, σ. 58-66, Αλεξανδρούπολη
- Anastasiades, P., & Zaranis, N. (2016). (Eds) *Research on e-Learning and ICT in Education Technological, Pedagogical and Instructional Perspectives*. Springer
- Brinson, J.R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education* 87, 218-237.
- Bumbacher, E., Salehi, S., Wieman, C., & Blikstein, P. (2017). Tools for Science Inquiry Learning: Tool Affordances, Experimentation Strategies, and Conceptual Understanding. *Journal of Science Education and Technology*
- Crawford, B. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classroom. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education, Vol. II* (pp. 515–541). New York, NY: Routledge.
- Duschl, R., & Grandy, R. (2008). Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation. *Sense Publishers*, Rotterdam, Netherlands
- Duit, R., & Treagust, D. (1998). Learning in science: From behaviourism towards social constructivism and beyond. In B. Fraser & K. Tobin, Eds. *International Handbook of Science Education* (pp. 3-25). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer
- Evangelou, F., & Kotsis, K. (2018). 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, 1-19. DOI:10.1080/09500693.2018.1549760.
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid, S., & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Phys. Rev. Sp. Top. - Phys. Educ. Res.* 1, p. 1-8
- Hofstein, A., & Lunetta, V. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88, 28 - DOI:54. 10.1002/sc.10106.
- Jaakkola, T., Nurmi, S., & Lehtinen, E. (2011). A comparison of students' conceptual understanding of electric circuits in simulation only and simulation-laboratory contexts, *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 71-93
- Jaakkola, T., & Veermans, K. (2015) Effects of abstract and concrete simulation elements on science learning. *Journal of Computer Assisted Learning* 31:300–313.
- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340, 305–308.

- Karagianni, C., & Psillos, D. (2022). Investigating the effectiveness of explicit and implicit inquiry-oriented instruction on primary students' views about the non-linear nature of inquiry. *International Journal of Science Education* 44(4): 604-626. [doi:10.1080/09500693.2022.2050486](https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2050486).
- Kuhn, D., Arvidsson, T. S., Lesperance, R., & Corprew, R. (2017). Can engaging in science practices promote deep understanding of them?. *Science Education*, 101(2), 232–250.
- Lefkos, I, Psillos, D, & Hatzikraniotis. E., (2011). Designing experiments on thermal interactions by secondary students in a simulated laboratory environment. *Research in Science & Technological Education* 29(2):189–204.
- Minner, D.D., Levy, A.J., & Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction—What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal Of Research In Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- Molohidis, A., Lefkos, I., Taramopoulos, A., Hatzikraniotis, E., & Psillos, D. (2015). Web-based Virtual Labs: A Cosmos-Evidence-Ideas as a Design Framework Leading to Good Practice. In M. Helfert, M. Restivo, S. Zvacek & J. Uhomoihi (Eds.), *Proceedings of the 7th International Conference on Computer Supported Education* (v.1 pp. 418-423), CSEDU, Lisbon, Portugal.
- Moore, E. B., Chamberlain, J. M., Parson, R., & Perkins, K. K. (2014). PhET interactive simulations: Transformative tools for teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1191–1197.
- National Research Council. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>.
- Olympiou, G., Zacharia, Z., & deJong, T. (2013). Making the invisible visible: Enhancing students' conceptual understanding by introducing representations of abstract objects in a simulation. *Instructional Science*, 41(3), 575–596. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9245-2>
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation
- Psillos, D. (1997). Teaching electricity (invited paper). In: Tiberghien A., Jossem E.L. and Barojas J. (Eds) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. International Commission on Physics Education, 1997-1998.
- Psillos, D., & Niedderer, H. (2006). Issues and Questions Regarding the Effectiveness of Labwork. In *Teaching and Learning in the Science Laboratory* (pp. 21–30). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-48196-0_4.
- Psillos, D., & Kariotoglou, P. (2016). Theoretical Issues Related to Designing and Developing Teaching-Learning Sequences. In D. Psillos, P. Kariotoglou (eds.), *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences*, Springer Science+Business Media Dordrecht 2016.
- Psillos, D. (2023). The Role and Impact of Virtual Laboratories in Physics Teaching and Learning: A Synthesis of Literature. In In M. F.Tasar , P. R. L. Heron (Eds), *The International Handbook of Physics Education Research* (pp. 2-1–2-28.) . New York: AIP Publishing. Doi: [10.1063/9780735425712_002](https://doi.org/10.1063/9780735425712_002)

- Reeves, S., & Crippen, K. (2021). Virtual Laboratories in Undergraduate Science and Engineering Courses: a Systematic Review, 2009–2019. *Journal of Science Education and Technology*, 30, DOI:10.1007/s10956-020-09866-0.
- Riesen, S., Gijlers, H., Anjewierden, A., de Jong, T., (2018). Supporting learners' experiment design. *Education Tech Research Dev* <https://doi.org/10.1007/s11423-017-9568-4>
- Rocard, M. (2007). *Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*. EU report on science education_en.pdf. Retrieved 31 January 2011.
- Ruten, N., van Joolingen, W.R., & van der Veen, J.T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education* 58:136–153.
- Sadeh, I., & Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching* 46:1137–1160.
- Smetana, L., & Bell, R. (2012). Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34:9, 1337-1370, DOI: 10.1080/09500693.2011.605182
- Strippel, C., & Sommer, S. (2015). Teaching Nature of Scientific Inquiry in Chemistry: How do German chemistry teachers use labwork to teach NOSI?, *International Journal of Science Education*, 37(18): 2965-2986, DOI: 10.1080/09500693.2015.1119330
- Taramopoulos, A., Psillos, D., & Hatzikraniotis, E. (2011). Designing virtual experiments in electric circuits by high school students. *Proceedings of the 9th International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA)*, Lyon France, pp 186-190
- Taramopoulos, A., & Psillos, D. (2017). Complex phenomena understanding in electricity through dynamically linked concrete and abstract representations. *Journal of Computer Assisted Learning* 33(2): 151-163
- Taramopoulos, A., & Psillos, D. (2018). The impact of virtual laboratory environments in teaching-by-inquiry electric circuits in Greek secondary education: the ElectroLab project. In *Research on e-learning and ICT in Education: Technological, Pedagogical and Instructional Perspectives*, ed. T. A. Mikropoulos, ch. 17, p. 279, Springer, Switzerland
- Taramopoulos, A., & Psillos, D. (2019). Promoting Representational Fluency through Dynamically Linked Concrete and Abstract Representations in Electric Circuits. *Journal of Science Education and Technology* 28(6):638-650
- Taramopoulos, A., & Psillos, D. (2022). Developing procedural knowledge in secondary education students. *Journal of Physics: Conference Series* doi:10.1088/1742-6596/2297/1/012010
- Tsaparlis, G., & Sevian, H. (2013) (Eds.), *Concepts of matter in science education* (pp. 199–212). Dordrecht: Springer
- Vorholzer, A., Von Aufschnaiter, C. & Boone, W.J. (2020). Fostering Upper Secondary Students' Ability to Engage in Practices of Scientific Investigation: a Comparative

Analysis of an Explicit and an Implicit Instructional Approach. *Res Sci Educ* 50, 333–359 doi.org/10.1007/s11165-018-9691-1

- Wang, T.L., & Tseng, Y.K. (2018). The comparative effectiveness of physical, virtual, and virtual-physical manipulatives on third-grade students' science achievement and conceptual understanding of evaporation and condensation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(2), 203-219. doi:10.1007/s10763-016-9774-2
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941–967. doi:10.1002/sce.20259
- Worner, S., Kuhn, J., & Scheiter, K. (2022). The Best of Two Worlds: A Systematic Review on Combining Real and Virtual Experiments in Science Education. *Review of Educational Research*, DOI: 10.3102/00346543221079417
- Zacharias, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulatives: Rethinking physics experimentation. *Learning and Instruction*, 21, 317–331.