



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Συνεργαζόμενα τμήματα

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ
ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

**«Ο ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ -
ΜΑΘΗΣΙΑΚΩΝ ΑΚΟΛΟΥΘΙΩΝ, ΟΠΩΣ ΕΜΦΑΝΙΖΕΤΑΙ ΣΤΗ
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΗΣ ΚΑΤΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗΣ

ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ

Στις: «Επιστήμες της αγωγής: Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, το Περιβάλλον και την Τεχνολογία - Educational Sciences: Science, Environment and Technology in Education»

Περιεχόμενα	
Περίληψη	5
Abstract	6
Ευχαριστίες	7
Εισαγωγή	8
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	10
Κεφάλαιο 1^ο: Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες	10
1.1. Οι Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση.....	10
1.2. Θεωρίες μάθησης και εφαρμογές στις Φυσικές Επιστήμες	12
<i>Συμπεριφοριστικές θεωρίες μάθησης</i>	12
<i>Γνωστικές θεωρίες μάθησης</i>	13
<i>Κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης</i>	14
1.3. Τα ρεύματα της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών	15
<i>Το παραδοσιακό ρεύμα</i>	15
<i>Το ανακαλυπτικό ρεύμα</i>	16
<i>Το εποικοδομητικό ρεύμα</i>	17
<i>Το ρεύμα του επιστημονικού γραμματισμού</i>	18
1.4. Οι Φυσικές Επιστήμες στο Αναλυτικό Πρόγραμμα	19
Κεφάλαιο 2^ο: Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες	21
2.1. Οι ΔΜΑ στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών.....	21
2.2. Τα βασικά χαρακτηριστικά των ΔΜΑ.....	22
2.3. Μοντέλα σχεδιασμού των ΔΜΑ.....	24
<i>Μοντέλο της αναπτυξιακής έρευνας</i>	24
<i>Μοντέλο του διδακτικού ρόμβου</i>	24
<i>Μοντέλο Κόσμος- Ιδέες- Τεκμήρια</i>	25
<i>Μοντέλο του Σχεδιασμού που βασίζεται στην Έρευνα</i>	25
<i>Μοντέλο του Pickering</i>	26
2.4. Το μοντέλο της Εκπαιδευτικής Επανοικοδόμησης.....	27
Κεφάλαιο 3^ο: Διδακτικός Μετασχηματισμός Περιεχομένου	28
3.1. Η έννοια του Διδακτικού Μετασχηματισμού	28
3.2. Τα στάδια του Διδακτικού Μετασχηματισμού	30
3.3. Κοινωνικές Πρακτικές Αναφοράς	32
3.4. Η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου και ο διδακτικός μετασχηματισμός του	33

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	35
Κεφάλαιο 4ο: Μέθοδος έρευνας	35
4.1. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα	35
4.2. Συλλογή δεδομένων: Διαδικασία και τεχνικές/εργαλεία συλλογής δεδομένων	36
4.2.1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση	36
4.2.2. Κριτήρια επιλογής των επιστημονικών άρθρων	37
4.2.3. Διαδικασία συλλογής των δεδομένων	37
4.3. Διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων	38
Κεφάλαιο 5ο: Αποτελέσματα έρευνας	39
5.1. Συνοπτική παρουσίαση των ερευνών	39
I. Έρευνα	39
II. Έρευνα	42
III. Έρευνα	46
IV. Έρευνα	49
V. Έρευνα	53
VI. Έρευνα	56
VII. Έρευνα	60
VIII. Έρευνα	62
IX. Έρευνα	66
X. Έρευνα	70
XI. Έρευνα	73
XII. Έρευνα	76
XIII. Έρευνα	79
XIV. Έρευνα	81
XV. Έρευνα	84
XVI. Έρευνα	88
5.2. Σύνοψη των αποτελεσμάτων	90
1. Περιεχόμενο – Ηλικιακή Ομάδα	91
2. Μοντέλο ανάπτυξης ΔΜΑ	91
3. Ρητή ή μη δήλωση του ΔΜΠ	92
4. Περιγραφή του ΔΜΠ	92
5. Δυσκολίες κατανόησης των μαθητών	93
6. Περιγραφή διδακτικών παρεμβάσεων	94
7. Κυκλική βελτίωση της ΔΜΑ (iteration)	100

8. <i>Αποτελεσματικότητα της ΔΜΑ</i>	100
Κεφάλαιο 6^ο: Συζήτηση	117
6.1. Συζήτηση.....	117
Κεφάλαιο 7^ο: Προτάσεις	121
7.1. Περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για το μέλλον.....	121
Βιβλιογραφία	122
Ελληνόγλωσση.....	122
Ξενόγλωσση.....	124
Διαδικτυακές Πηγές.....	127

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μία βιβλιογραφική επισκόπηση του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου στις Φυσικές Επιστήμες, αρχίζοντας από την εισαγωγή του όρου από τον Yves Chevallard στα μαθηματικά μέχρι και την εφαρμογή του από τους εκπαιδευτικούς στα πλαίσια της διδακτικής παρέμβασης. Επίσης, αναζητούνται τα διάφορα στάδια του μετασχηματισμού, η σπουδαιότητα και αναγκαιότητα του στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, αλλά και τα ποικίλα μοντέλα σχεδιασμού διδακτικών παρεμβάσεων τα οποία άλλοτε φανερώνουν και άλλοτε υπονοούν τον διδακτικό μετασχηματισμό. Βέβαια, δεν παραλείπεται η αναφορά στις έντονες κριτικές που δέχεται. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται συστηματική βιβλιογραφική αναζήτηση των διδακτικών παρεμβάσεων σε διάφορες γνωστικές περιοχές και έννοιες των Φυσικών Επιστημών, κυρίως με τη μορφή των Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό και στις οποίες αναφέρεται ή υπονοείται ο διδακτικός μετασχηματισμός που πραγματοποιήθηκε. Σκοπός αυτής της αναζήτησης είναι να αναδειχτεί ο μετασχηματισμός του περιεχομένου και να κατηγοριοποιηθούν τα παραδείγματα που εντοπίστηκαν. Τέλος, η εργασία καταλήγει με την πρόταση να πραγματοποιηθεί μία συστηματική μελέτη του διδακτικού μετασχηματισμού στον κλάδο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, με απώτερο σκοπό, να δημιουργηθούν νέα αναλυτικά προγράμματα σπουδών, τα οποία θα λειτουργούν ως εγχειρίδια για τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς.

Λέξεις – κλειδιά: Διδακτική Φυσικών Επιστημών, Διδακτικός Μετασχηματισμός Περιεχομένου, Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες

Abstract

The current dissertation presents a literature review of didactic transformation of scientific knowledge in the case of natural sciences, starting from the introduction of the term by Yves Chevallard in mathematics to its application by teachers in the context of didactic intervention. Moreover, we look for the various stages of didactic transformation, its importance and necessity in the teaching of natural sciences, but also the models of design of didactic interventions which sometimes reveal or imply the didactic transformation. Of course, we make reference to the strong criticism that it receives. Subsequently, we perform a systematic bibliographic search of the didactic interventions in various cognitive areas and concepts of natural sciences, mainly in the form of Teaching Learning Sequences, which took place both in Greece and abroad. In these sequences, the didactic transformation that took place is mentioned or implied. The purpose of this dissertation is to highlight the didactic transformation of scientific knowledge and to categorize the examples that were found. Lastly, we end the dissertation with the proposal to carry out a systematic study of the didactic transformation in Science Education, with the aim to be created a new curricula, which will serve as guide for the future teachers.

Keywords: Science Education, Didactic Transformation, Teaching Learning Sequences

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα μου κ. Πέτρο Καριώτογλου, (ομότιμος καθηγητής), για την άμεση ανταπόκριση, την καθοδήγηση και τη στήριξή του σε όλη τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας. Ακόμη, τον ευχαριστώ για τις χρήσιμες συμβουλές του και τη θετική του ανατροφοδότηση, δύο στοιχεία που μου έδωσαν δύναμη και με ώθησαν να προσπαθήσω περισσότερο, δίνοντας τον καλύτερο εαυτό μου, για να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία.

Τέλος, ευχαριστώ και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον κ. Αναστάσιο Ζουπίδη, (Επίκουρος Καθηγητής ΠΤΔΕ ΔΠΘ) για τις χρήσιμες πληροφορίες και τις επισημάνσεις του στην ανάλυση των άρθρων και τον κ. Αναστάσιο Μολοχίδη (Επίκουρος καθηγητής) για τα συνολικά σχόλια και τις παρατηρήσεις του σε όλη τη διπλωματική εργασία.

Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες εμφανίζονται στη βιβλιογραφία διάφορες τάσεις (ανακαλυπτική μάθηση, κοινωνικός εποικοδομητισμός, επιστημονικός γραμματισμός) για το πώς μπορεί να διδαχτεί το περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση, προκειμένου οι μαθητές να γίνουν επιστημονικά εγγράμματοι (Καριώτογλου, 2012). Σε αυτές τις τάσεις, υπονοείται άλλοτε ρητά και άλλοτε υπόρρητα, ότι η επιστημονική γνώση και το περιεχόμενο της διδασκαλίας θα πρέπει να μετασχηματιστεί, τροποποιηθεί σε μία πιο απλή μορφή (σχολική γνώση) προκειμένου να ανταποκρίνεται στα γνωστικά, στα κοινωνικά και στα πολιτιστικά χαρακτηριστικά των μαθητών (Καριώτογλου, 2012; Χαλκιά, 2012). Αυτός ο μετασχηματισμός της γνώσης αποδίδεται στη βιβλιογραφία με τον όρο «Διδακτική Μεταφορά» (*Transposition Didactique*) ή «Διδακτικός Μετασχηματισμός του Περιεχομένου» (*Didactical Transformation of Content*) (Achiam, 2014; Καριώτογλου, 2012).

Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο «Διδακτικός Μετασχηματισμός του Περιεχομένου» νοείται κάθε αλλαγή που παρατηρείται στο περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών προκειμένου αυτό να γίνει κατανοητό από τους μαθητές. Αν και οι εκπαιδευτικοί, όλα αυτά τα χρόνια, τον χρησιμοποιούν στην διδασκαλία τους χωρίς να το αντιλαμβάνονται, ο όρος εισήχθη και χρησιμοποιήθηκε επίσημα στη Διδακτική των Μαθηματικών το 1985 από τον Chevallard, και έπειτα στις Φυσικές Επιστήμες. Παρότι, γίνεται αντιληπτή η αξία του για την κατανόηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών, δεν έχει μελετηθεί αρκετά διεξοδικά.

Για τον λόγο αυτό, σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να υλοποιηθεί μία συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση των διδακτικών παρεμβάσεων στις Φυσικές Επιστήμες όπως είναι οι Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες, στις οποίες αναφέρεται ή υπονοείται ο διδακτικός μετασχηματισμός που πραγματοποιήθηκε. Στις παρεμβάσεις αυτές γίνεται προσπάθεια να αναδειχτεί ο μετασχηματισμός και να κατηγοριοποιηθούν τα παραδείγματα που εντοπίστηκαν.

Η εργασία προσεγγίστηκε συστηματικά τόσο θεωρητικά όσο και μεθοδολογικά και διαρθρώνεται ως εξής:

Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται ο κλάδος των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση, οι θεωρίες μάθησης και οι εφαρμογές στις Φυσικές Επιστήμες καθώς και τα ρεύματα διδακτικής που αναδεικνύονται στη βιβλιογραφία. Ακόμη, γίνεται αναφορά στο πρόγραμμα σπουδών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η έννοια των Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών (στο εξής ΔΜΑ). Αρχικά, παρατίθενται τα βασικά χαρακτηριστικά των ΔΜΑ και παρουσιάζονται τα μοντέλα σχεδιασμού τους. Ενώ, γίνεται ξεχωριστή αναφορά στο μοντέλο της Εκπαιδευτικής Επανοικοδόμησης.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται εκτενής αναφορά στον όρο του Διδακτικού Μετασχηματισμού του Περιεχομένου. Αρχικά, παρουσιάζεται η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού και ακολουθεί η παρουσίαση των διάφορων σταδίων του. Έπειτα, γίνεται αναφορά στις Κοινωνικές Πρακτικές Αναφορές, παρατίθενται η έννοια της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου και η σύνδεσή της με τον διδακτικό μετασχηματισμό.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, προβάλλεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία. Ειδικότερα, παρατίθενται οι στόχοι της έρευνας και τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν, η διαδικασία με την οποία επιλέχτηκαν τα άρθρα, τα κριτήρια επιλογής τους αλλά και ο τρόπος με τον οποίο αναλύθηκαν.

Το πέμπτο κεφάλαιο αφορά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη συστηματική αναζήτηση και μελέτη των άρθρων. Αρχικά, παρουσιάζεται η περίληψη του κάθε άρθρου και στη συνέχεια παρατίθενται η συνολική σύνοψη των αποτελεσμάτων τόσο σε μορφή κειμένου όσο και σε πίνακα.

Το έκτο κεφάλαιο, περιλαμβάνει τη συζήτηση, στην οποία γίνεται σχολιασμός των ευρημάτων και μία προσπάθεια να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα με απώτερο στόχο την κατηγοριοποίηση των περιπτώσεων ΔΜΑ που συναντήθηκαν. Στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται οι περιορισμοί της έρευνας και κάποιες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Η έρευνα ολοκληρώνεται με την παράθεση των βιβλιογραφικών αναφορών (ελληνικών & ξένων) οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια συγγραφής της εργασίας.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Κεφάλαιο 1^ο: Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες

1.1. Οι Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση

Τα τελευταία χρόνια, με την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και του πολιτισμού, παρατηρείται στον κλάδο της εκπαίδευσης ένα έντονο ενδιαφέρον για την αξιοποίηση νέων μεθόδων διδασκαλίας και καινοτόμων προγραμμάτων σε μία προσπάθεια εκσυγχρονισμού της. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών και η προσπάθεια σύνδεσης τους με τα ποικίλα διδακτικά αντικείμενα. Απώτερος στόχος των προσπαθειών αυτών είναι οι μαθητές να αποκτήσουν τις απαραίτητες δεξιότητες που επιβάλλει ο 21^{ος} αιώνας (κριτική σκέψη, επίλυση προβλημάτων, τεχνολογικό γραμματισμό, δημιουργικότητα) προκειμένου να μπορούν ως μέλλοντικοί πολίτες να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της κοινωνίας.

Ανάμεσα στις μεταρρυθμίσεις αυτές εντάσσεται και ο παραδοσιακός κλάδος των Φυσικών Επιστημών ο οποίος αναφέρεται στις επιστήμες εκείνες που έχουν ως αντικείμενο τους τη μελέτη των φυσικών φαινομένων (Αστρονομία, Βιολογία, Φυσική, Χημεία, Επιστήμες της Γης και του Περιβάλλοντος). Πιο συγκεκριμένα, στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, όσον αφορά τα μαθήματα της Φυσικής και της Χημείας, σταματάει να συνδέεται με αυστηρές, ποσοτικές μεθόδους εξάσκησης, και θέτει ως κύριο στόχο την κατάκτηση και κατανόηση σημαντικών εννοιών σε συνδυασμό με την ανάπτυξη γνωστικών, επικοινωνιακών και κοινωνικών δεξιοτήτων (Κολιόπουλος, 2006). Η ενέργεια αυτή, αποσκοπεί στην ομαλή μετάβαση των μαθητών από τον εμπειρικό τρόπο σκέψης στον επιστημονικό (Χαλκιά, 2012).

Επιπλέον, καθώς οι Φυσικές Επιστήμες σχετίζονται με τη μελέτη των φαινομένων που συμβαίνουν γύρω μας, δεν είναι δυνατόν να είναι αποκομμένες από τις εμπειρίες που βιώνει ο μαθητής σε καθημερινή βάση. Για το λόγο αυτό, τα φαινόμενα, οι έννοιες και τα παραδείγματα που αξιοποιούνται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών είναι σημαντικό να προέρχονται από την καθημερινή ζωή προκειμένου να μπορούν εύκολα να κατανοηθούν και έπειτα να ερμηνευτούν.

Όσον αφορά την έναρξη της διδασκαλίας των επιστημών αυτών, αυτή ξεκινάει επίσημα με βάση το αναλυτικό πρόγραμμα στις δύο τελευταίες τάξεις του Δημοτικού, εντούτοις οι μαθητές προετοιμάζονται ήδη από την προσχολική ηλικία στα πλαίσια τόσο της τυπικής όσο κι της μη τυπικής εκπαίδευσης. Αρχικά, οι μικροί μαθητές ανακαλύπτουν τον κόσμο που τους περιβάλλει μέσω των αισθήσεων, μαθαίνουν να τον παρατηρούν και να ταξινομούν υλικά. Μετέπειτα, σε μεγαλύτερη ηλικία, προβληματίζονται και αναρωτιούνται για τα φαινόμενα που συναντούν στην καθημερινή τους ζωή. Μαθαίνουν να διερευνούν, να κάνουν υποθέσεις και να πειραματίζονται, ελέγχοντας κάθε φορά εάν η σκέψη τους είναι ορθή. Με αυτόν τον τρόπο όχι μόνο αναπτύσσουν την κριτική τους σκέψη, αλλά διευρύνουν και τους κοινωνικούς τους ορίζοντες (Κολιόπουλος, 2006).

Ωστόσο, αξίζει να αναφερθεί ότι ένα σημαντικό ποσοστό των μαθητών παρουσιάζει αποτυχία και έλλειψη ενδιαφέροντος στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην έλλειψη συνάφειας του Αναλυτικού Προγράμματος με τα ενδιαφέροντα των μαθητών, στην επικέντρωση του εκπαιδευτικού συστήματος αποκλειστικά στην αποστήθιση των νόμων και των φαινομένων και όχι στην ανάπτυξη δεξιοτήτων για την επίλυση προβλημάτων (Στυλιανού & Πλακίτση, 2015). Επιπλέον, πολλές φορές οι επιστημονικές έννοιες, τα φαινόμενα και οι ερμηνείες που διδάσκονται είναι αρκετά δύσκολες και δεν μπορούν να κατανοηθούν από τους μαθητές, καθώς δεν συνάδουν με το ηλικιακό, το γνωστικό και το κοινωνικό – πολιτιστικό τους υπόβαθρο (Καριώτογλου, 2021). Για τον λόγο αυτό, είναι σημαντικό να υπάρχει μία ειδική μεταχείριση από τους εκπαιδευτικούς. Να προσπαθούν, δηλαδή, να μετασχηματίζουν το περιεχόμενο της διδασκαλίας (απλοποίηση λέξεων, απλά παραδείγματα, πειράματα) ώστε να μπορεί να γίνει κατανοητό από τους μαθητές (Καριώτογλου, 2021). Τέλος, αρκετές είναι οι φορές που δεν λαμβάνονται υπόψη οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών πριν τη διδασκαλία (Στυλιανού & Πλακίτση, 2015).

Συνοψίζοντας, για να μπορέσει η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών να γίνει αποτελεσματική και το περιεχόμενό της να κατανοηθεί από τους μαθητές, είναι σημαντική η εκπαιδευτική επανοικοδόμηση του επιστημονικού περιεχομένου σε γνώση κατάλληλη για να διδαχθεί στον συγκεκριμένο πληθυσμό (ηλικία, γνωστικό, κοινωνικό-πολιτιστικό επίπεδο), σύμφωνα με τον μαθησιακό στόχο που χρειάζεται να κατακτήσουν οι μαθητές. Αυτό σημαίνει ότι οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να επιλέξουν

από μία πληθώρα φαινομένων, το φαινόμενο εκείνο που θεωρούν ότι μπορεί να διδαχθεί στους μαθητές, να οργανώσουν τις αντίστοιχες δραστηριότητες και να το διδάξουν όσο πιο απλά μπορούν, χωρίς να αλλοιώνουν το επιστημονικό περιεχόμενο (Καριώτογλου, 2021).

1.2. Θεωρίες μάθησης και εφαρμογές στις Φυσικές Επιστήμες

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ένας από τους στόχους της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών είναι οι μαθητές να γίνουν επιστημονικά εγγράμματοι (Καριώτογλου, 2012; Χαλκιά, 2012). Να μπορούν, δηλαδή, εφοδιασμένοι με τις κατάλληλες γνώσεις να επιλύουν προβλήματα, να πειραματίζονται, να κάνουν υποθέσεις, να έχουν ορθή κρίση στη λήψη αποφάσεων και να συνειδητοποιήσουν ότι η επιστημονική γνώση είναι αλληλένδετη με το ιστορικό, το κοινωνικό και το πολιτισμικό πλαίσιο (Χαλκιά, 2012). Για να γίνει όμως, πραγματικότητα ο σκοπός αυτός, θα πρέπει η επιστημονική γνώση να μετασχηματιστεί σε μία πιο απλή μορφή (σχολική γνώση) προκειμένου να ανταποκρίνεται στα χαρακτηριστικά των μαθητών (Καριώτογλου, 2012; Χαλκιά, 2012). Βέβαια, για να μπορέσουν οι εκπαιδευτικοί να εκπαιδεύουν τους μαθητές στην σχολική γνώση, θα πρέπει να γνωρίζουν πρώτα τις σύγχρονες θεωρίες μάθησης ώστε να καταλήξουν στην κατάλληλη διδακτική στρατηγική που θα ακολουθήσουν.

Ειδικότερα, οι θεωρίες μάθησης που εμφανίζονται στη βιβλιογραφία είναι πολλές και σημαντικές αλλά στην παρούσα ενότητα θα εστιάσουμε στις ακόλουθες τρεις: στις συμπεριφορικές, στις γνωστικές και στις κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες. Παρακάτω ακολουθεί μία συνοπτική παρουσίασή τους.

Συμπεριφορικές θεωρίες μάθησης

Ο συμπεριφορισμός, θεωρείται μία από τις πιο παλιές θεωρίες μάθησης και έχει τις ρίζες του στις εργασίες των Edward Thorndike και Ivan Pavlov. Σύμφωνα με τον συμπεριφορισμό, η μάθηση και η απόκτηση γνώσεων εξαρτάται τόσο από τα ερεθίσματα που δέχεται ο μαθητής από το περιβάλλον του όσο και από τις αντιδράσεις του στα ερεθίσματα αυτά (Βοσνιάδου, 2005) Με άλλα λόγια, ο συμπεριφορισμός πρεσβεύει ότι οι εκπαιδευτικοί παρατηρώντας το πώς συμπεριφέρονται οι μαθητές, μπορούν να καταλήξουν σε κάποια συμπεράσματα

αναφορικά με την διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών (Βοσνιάδου, 2005).

Επιπλέον, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι κατά τους συμπεριφοριστές, ο τρόπος διδασκαλίας είναι συγκεκριμένος. Ειδικότερα, όσον αφορά τον εκπαιδευτικό, εκείνος ως αυθεντία διδάσκει μετωπικά και μεταδίδει τη γνώση στους μαθητές με τη βοήθεια του σχολικού εγχειριδίου. Αναφορικά με τους τελευταίους, αυτοί είναι ακροατές στο μάθημα, χωρίς ενεργό ρόλο, έχοντας ως μοναδική υποχρέωση να απομνημονεύσουν και να αναπαράγουν τη νέα γνώση, χωρίς να καλλιεργείται η κριτική τους σκέψη. Ως εκ τούτου, κατά τους συμπεριφοριστές οι γνώσεις που μεταδίδουν οι εκπαιδευτικοί αποθηκεύονται απευθείας στη γνωστική βάση των μαθητών. Ακόμη, δίνεται έμφαση από τον εκπαιδευτικό σε επαναληπτικές ασκήσεις, ενώ η αξιολόγηση των μαθητών του πραγματοποιείται με βαθμολογία, καθώς θεωρείται ότι ενισχύει τις θετικές συμπεριφορές (Βοσνιάδου, 2005). Τέλος, η διεξαγωγή τεστ στο τέλος των ενοτήτων αποσκοπεί στον έλεγχο της κατάκτησης των γνώσεων και των πληροφοριών από τους μαθητές.

Καταλήγοντας, στη θεωρία του συμπεριφορισμού το διδακτικό μοντέλο είναι δασκαλοκεντρικό και χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα στα παραδοσιακά εκπαιδευτικά συστήματα.

Γνωστικές θεωρίες μάθησης

Οι γνωστικές θεωρίες αναπτύσσονται μετά τον συμπεριφορισμό ως μία προσπάθεια να κατανοηθεί καλύτερα η ανθρώπινη συμπεριφορά και σκέψη (Κόκκοτας, 2010). Με άλλα λόγια, οι θεωρίες αυτές αποσκοπούν στο να κατανοηθεί ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές σκέφτονται και κατασκευάζουν τη γνώση, στοιχείο που δεν ήταν εύκολα αντιληπτό με την τεχνική του ερεθίσματος και της αντίδρασης (Χαλκιά, 2012).

Πιο συγκεκριμένα, οι γνωστικές θεωρίες μάθησης εστιάζουν στις εσωτερικές διεργασίες του ανθρώπινου νου (εμπειρία, μνήμη, αντίληψη, αντίδραση) και επισημαίνουν ότι οι μαθητές από μικρή ηλικία μέσα από την εμπειρία τους και την επαφή με το κοινωνικό και το πολιτισμικό τους περιβάλλον έχουν οικοδομήσει στο νου κάποιες γνώσεις (Vosniadou, 2007). Επομένως, κατά την φοίτηση τους στο εκπαιδευτικό σύστημα, οι νέες γνώσεις που μεταδίδει ο εκπαιδευτικός, δομούνται

πάνω στις ήδη υπάρχουσες γνώσεις των μαθητών οι οποίες δεν είναι εύκολο να τροποποιηθούν και να προσεγγίσουν την επιστημονική γνώση (Vosniadou, 2007; Χαλκιά, 2012). Ως εκ τούτου, σύμφωνα με τις γνωστικές θεωρίες, η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, θεωρείται μία διαδικασία σταδιακής αποδόμησης των αρχικών εναλλακτικών ιδεών των μαθητών και μετέπειτα σχηματισμού νέων ιδεών (Χαλκιά, 2012). Ακόμη, δίνει έμφαση στο πώς μπορεί ένας μαθητής να επιτύχει αυτή την αλλαγή, αλλά και πώς τα εκπαιδευτικά συστήματα δύναται να διαμορφώσουν προτάσεις προκειμένου να τις τροποποιήσουν εάν είναι λανθασμένες ή να τις αλλάξουν ριζικά (Χαλκιά, 2012). Η διαδικασία αυτή αποδίδεται με τον όρο «εννοιολογική αλλαγή» (Vosniadou, 2007).

Επιλογικά, σύμφωνα με τις γνωστικές θεωρίες, ο μαθητής είναι ενεργό μέλος στην εκπαιδευτική διαδικασία και η μάθηση του προκύπτει μέσα από τις εσωτερικές διεργασίες που επιτελεί ο νους όταν έρχεται σε επαφή με γεγονότα από την καθημερινή ζωή, δηλαδή από την εμπειρία και όχι από την απομνημόνευση των επιστημονικών γνώσεων και θεωριών (Κόμης, 2004).

Κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης

Οι κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης αναπτύσσονται ταυτόχρονα με τις γνωστικές θεωρίες, πρεσβεύοντας παραπλήσιες ιδέες, με την ειδοποιό διαφορά ότι οι κοινωνικοπολιτισμικές προσεγγίσεις στρέφουν το ενδιαφέρον στην επίδραση του περιβάλλοντος στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές μαθαίνουν για τα φυσικά φαινόμενα (Κόκκοτας, 2010; Χαλκιά, 2012). Με άλλα λόγια, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι οι γνωστικές θεωρίες έχουν ως βάση τους το άτομο, λαμβάνοντας υπόψιν όμως το ρόλο της κοινωνίας στη μάθηση, ενώ οι κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες έχουν ως βάση τους την κοινωνία, χωρίς να αγνοούν τον ρόλο του ανθρώπου στη μάθηση (Κόκκοτας, 2010; Χαλκιά, 2012).

Γενικότερα, οι θεωρίες αυτές επισημαίνουν ότι οι μαθητές αποκτούν γνώσεις και μαθαίνουν μέσα από την αλληλεπίδραση με τα άτομα του κοινωνικού τους περιβάλλοντος (Χαλκιά, 2012). Οι γνώσεις κατακτώνται μέσα από συζητήσεις με συνομήλικους και πραγματοποίηση κοινών δραστηριοτήτων. Με άλλα λόγια, οι μαθητές μαθαίνουν φυσικές επιστήμες όταν σταδιακά προσεταιρίζονται τις αξίες, τους κοινωνικούς κανόνες και τη γλώσσα των Φυσικών Επιστημών, με τέτοιο τρόπο

που τους καθιστά ικανούς να συμμετέχουν στην επιστημονική διαδικασία, δηλαδή να διερευνούν και να εφαρμόζουν τις νέες γνώσεις. Συνεπώς, οι μέθοδοι διδασκαλίας που στηρίζονται σε αυτές τις προσεγγίσεις, στοχεύουν να ενσωματώσουν πολιτισμικά τους μαθητές στην κουλτούρα της επιστήμης (Χαλκιά, 2012).

1.3. Τα ρεύματα της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών

Στην παρούσα ενότητα, παρουσιάζεται μία ιστορική αναδρομή των κυρίαρχων τάσεων της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, οι οποίες αποδίδονται με τον όρο «ρεύματα». Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου διδασκαλίας, εξαρτάται από τον εκάστοτε εκπαιδευτικό ανάλογα με τους στόχους που έχει θέσει, και τι θέλει να διδάξει. Βέβαια, είναι σύνηθες να επικρατεί μία σύνθεση των ρευμάτων αυτών και οι εκπαιδευτικοί να ακολουθούν κυρίως τι αναφέρει το σχολικό βιβλίο και σπανιότερα το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών.

Το παραδοσιακό ρεύμα

Το πρώτο ρεύμα που εμφανίζεται στη βιβλιογραφία, είναι το λεγόμενο παραδοσιακό το οποίο κυριαρχεί την περίοδο πριν το 1960. Το ρεύμα αυτό, το οποίο επικρατεί σε όλα τα εκπαιδευτικά συστήματα της εποχής εκείνης, δομείται πάνω στη θεωρία του συμπεριφορισμού (Ψύλλος, Κουμαράς & Καριώτογλου, 1993). Σύμφωνα με αυτήν, ο εκπαιδευτικός είναι κάτοχος ενός συνόλου γνώσεων και δεξιοτήτων, τις οποίες μεταφέρει στους μαθητές. Θεωρείται ο άνθρωπος που γνωρίζει και εφαρμόζει όλες τις κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές οι οποίες θα επιφέρουν τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005). Στον αντίποδα, βρίσκονται οι μαθητές οι οποίοι κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας είναι παθητικοί δέκτες, απλοί ακροατές και αντιμετωπίζονται ως *tabula rasa*, ότι δηλαδή δεν έχουν αρχικές ιδέες για τα φαινόμενα που μελετώνται (Κόκκοτας, 2004; Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005) Επιπλέον, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ο εκπαιδευτικός κατά τη διδασκαλία του στηρίζεται στο βιβλίο και στις διαλέξεις και όχι σε πρακτικές μέσα στο εργαστήριο. Ωστόσο, σε περίπτωση πειράματος, αυτό έχει τη μορφή επίδειξης από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό ως δείγμα επιβεβαίωσης της θεωρίας (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005). Τέλος, όπως αναδεικνύεται από τα παραπάνω χαρακτηριστικά, το μοντέλο διδασκαλίας που αξιοποιείται είναι το μοντέλο μεταφοράς της γνώσης.

Συνοψίζοντας, αυτή την εποχή υπάρχει κυριαρχία του επιστημονικού περιεχομένου, η επιστήμη βρίσκεται στο επίκεντρο της συζήτησης και η επιτυχία της διδασκαλίας καθορίζεται από την ποσότητα των γνώσεων και των πληροφοριών που συγκρατεί ο μαθητής.

Το ανακαλυπτικό ρεύμα

Το αμέσως επόμενο ρεύμα, το οποίο κυριαρχεί την περίοδο του 1960-1980 είναι το λεγόμενο ανακαλυπτικό. Το ρεύμα αυτό αναπτύσσεται κατά κόρον στη Βόρεια Αμερική και τη Δυτική Ευρώπη ως συνέπεια δύο μεγάλων πολιτικών και επιστημονικών αλλαγών της εποχής (Καριώτογλου, Κορομπίλης & Κουμαράς, 1997). Η πρώτη αλλαγή συνέβη, στις 4 Οκτωβρίου του 1957, όταν η Σοβιετική Ένωση εκτοξεύει τον δορυφόρο Sputnik I, τον οποίον θέτει με επιτυχία σε τροχιά γύρω από τη γη, γεγονός που αποτέλεσε επιστημονική και παγκόσμια πρωτιά (Γιαλούρη, 2011). Η δεύτερη συνδέεται με την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας στον παραγωγικό τομέα που σηματοδοτεί την Επιστημονική και Τεχνολογική Επανάσταση (Γιαλούρη, 2011). Οι αλλαγές αυτές, επηρεάζουν ιδιαίτερα την εκπαίδευση παρακινώντας την να τροποποιήσει τους στόχους της προκειμένου να ανταποκρίνεται στις πολιτικές εξελίξεις της εποχής. Ως εκ τούτου, κύριος στόχος του εκπαιδευτικού συστήματος τέθηκε, οι μαθητές να προετοιμάζονται κατάλληλα για να γίνουν μελλοντικοί, καταρτισμένοι επιστήμονες.

Για να καταστεί αυτό δυνατόν, οι μαθητές προτείνεται να ανακαλύπτουν τη γνώση. Βέβαια, ο μαθητής δεν είναι δυνατόν να ανακαλύψει τη γνώση μόνος του, αλλά με τη συνεισφορά του εκπαιδευτικού και τα ερεθίσματα που λαμβάνει από το περιβάλλον, δύναται να ανακαλύψει έννοιες που δεν γνώριζε ή δεν τις είχε συνειδητοποιήσει και να μπορεί να τις εξηγήσει. Επομένως, ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να οργανώνει, να καθοδηγεί, να συμβουλεύει και να παρουσιάζει το περιεχόμενο του μαθήματος με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητό από τον μαθητή (Καριώτογλου, 2021). Αποτελεί, δηλαδή ένα είδος «μετασχηματισμού» της γνώσης, που δεν δηλώνεται ρητά αλλά υπονοείται (Καριώτογλου, 2021; Κασσωτάκης & Φλουρής, 2003). Επιπλέον, ο εκπαιδευτικός κατά τη διδασκαλία χρησιμοποιεί πειράματα επίδειξης, τα οποία άλλοτε επιβεβαιώνουν και άλλοτε απορρίπτουν τις υποθέσεις των μαθητών (Χαλκιά, 2012). Σκοπός των πειραμάτων, είναι οι μαθητές να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους και να

αξιολογήσουν τις παρατηρήσεις τους. Αναφορικά με τον μαθητή, εκείνος βρίσκεται στο επίκεντρο της εκπαιδευτικής διαδικασίας, εργάζεται σε μικρές ομάδες εκτελώντας πειράματα με απλά υλικά και εισάγεται σε μια διαδικασία εξερεύνησης, λύσης προβλημάτων, ερωτήσεων, αποριών και επαγωγικής σκέψης (Χαλκιά, 2012). Η αξιολόγηση του, αποβλέπει στην αποτίμηση των γνώσεων που ανακάλυψε και στις δεξιότητες που κατέκτησε (Χαλκιά, 2012).

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί, ότι ποικίλες έρευνες αναδεικνύουν ότι τα αποτελέσματα της ανακαλυπτικής μεθόδου διδασκαλίας είναι θετικά στον συναισθηματικό και ψυχολογικό τομέα των μαθητών, οι μαθητές αναπτύσσουν θετικές στάσεις ως προς τις Φυσικές Επιστήμες, αλλά τα γνωστικά αποτελέσματα είναι πενιχρά (Καριώτογλου, 2021). Ως πιθανές αιτίες, θεωρούνται τόσο ότι δεν λαμβάνονταν υπόψη οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών, όσο και ότι πιθανώς δεν γινόταν κατάλληλος διδακτικός μετασχηματισμός (Καριώτογλου, Σπύρτου, Πνευματικός, & Ζουπίδης, 2012).

Καταλήγοντας, παρά τα θετικά αποτελέσματα της ανακαλυπτικής μεθόδου, η εκπαιδευτική πράξη αποκλίνει από την έρευνα και τη θεωρία. Αυτή η απόκλιση, οφείλεται στην έλλειψη επιμόρφωσης και υποστήριξης των εκπαιδευτικών, στις μη επαρκείς υποδομές και στην πίεση που βιώνουν οι εκπαιδευτικοί να καλύψουν την διδακτέα ύλη ώστε να είναι προετοιμασμένοι οι μαθητές για την επόμενη χρονιά (Καριώτογλου, 2021).

Το εποικοδομητικό ρεύμα

Το εποικοδομητικό ρεύμα επικρατεί την περίοδο του 1980-2000 και υπάρχει μέχρι και σήμερα ταυτόχρονα με τα πιο σύγχρονα ρεύματα. Κύριο χαρακτηριστικό του ρεύματος αυτού, είναι ότι κατά τη διδασκαλία των φυσικών φαινομένων λαμβάνονται υπόψιν, για πρώτη φορά, οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών και η νέα γνώση οικοδομείται πάνω σε αυτές (Καριώτογλου, 2021). Το χαρακτηριστικό αυτό, υπονοεί ότι στο εποικοδομητικό ρεύμα, το περιεχόμενο διδασκαλίας μετασχηματίζεται σε γνώση κατάλληλη να διδαχθεί στους μαθητές, καθώς η επιστημονική γνώση όπως διδάσκονταν τα προηγούμενα χρόνια, ήταν αυτή που οδήγησε σε παρανοήσεις (Ψύλλος, Κουμαράς & Καριώτογλου, 1993).

Αναφορικά με την διδασκαλία, εκείνη ξεκινάει με την ανάδειξη των προϋπάρχουσων ιδεών των μαθητών, συνεχίζει με την αναδόμηση των ιδεών αυτών, την εισαγωγή και εφαρμογή της νέας γνώσης και ολοκληρώνεται με μεταγνωστικές δραστηριότητες (Χαλκιά, 2012). Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι ενεργός, υποστηρικτικός, καθοδηγητικός και απαιτητικός καθώς καλείται να είναι γνώστης όχι μόνο του επιστημονικού περιεχομένου που πρόκειται να διδαχθεί αλλά και των ιδεών των μαθητών (Καριώτογλου, 2006).

Η διδακτική στρατηγική που ακολουθεί είναι η γνωστική σύγκρουση, κατά την οποία προκαλείται «σύγκρουση» ανάμεσα στις ιδέες των μαθητών και στην επιστημονική γνώση με σκοπό την εννοιολογική αλλαγή. Με άλλα λόγια, μέσα από τη γνωστική σύγκρουση, οι μαθητές συνειδητοποιούν ότι οι ιδέες τους δεν επαρκούν για να ερμηνεύσουν και να επεξηγήσουν όλα τα φαινόμενα (Κόκκοτας, 2010).

Επιλογικά, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι έρευνες έχουν δείξει ότι τα αποτελέσματα εφαρμογής του εποικοδομητικού μοντέλου είναι θετικά καθώς οι αναπαραστάσεις των μαθητών αναδομούνται σε αρκετές γνωστικές περιοχές (Καριώτογλου, 2012). Ωστόσο, αναδεικνύεται ότι οι μαθητές παρουσιάζουν δυσκολία στο να εφαρμόσουν τη νέα γνώση σε καινούριες καταστάσεις, δυσκολεύονται να αναλύσουν τα δεδομένα και να εξάγουν συμπεράσματα (Dolan & Grady, 2010 στο Καριώτογλου κ.ά., 2012). Τέλος, οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών δεν είναι εύκολο να αλλάξουν και πολλές φορές παραμένουν ακόμη και στην ενήλικη ζωή.

Το ρεύμα του επιστημονικού γραμματισμού

Το τελευταία ρεύμα είναι ο επιστημονικός γραμματισμός ο οποίος εμφανίζεται τις δεκαετίες 2000-2020. Το ρεύμα αυτό αναπτύσσεται ιδιαίτερα μετά τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο (ρήξη ατομικής βόμβας) και την παγκοσμιοποίηση ως ένδειξη ότι οι επιστήμονες και γενικά η επιστήμη δεν είναι αμέτοχοι στις κοινωνικοπολιτισμικές μεταβολές που συμβαίνουν σε παγκόσμιο επίπεδο (Χαλκιά, 2012). Αντιθέτως, κοινωνία και επιστήμη είναι αλληλένδετη. Ως εκ τούτου, σκοπός των νέων προγραμμάτων σπουδών στις Φυσικές Επιστήμες, είναι οι μαθητές ως μελλοντικοί πολίτες να είναι επιστημονικά και τεχνολογικά εγγράμματοι και να αναπτύξουν μία θετική στάση προς την επιστήμη (Κόκκοτας, 2010; Χάλκια, 2012). Με άλλα λόγια, σκοπός της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι να εφοδιάσει τους

μαθητές με γνώσεις και δεξιότητες τόσο από το χώρο των φυσικών όσο και από των κοινωνικών επιστημών, προκειμένου να είναι ενημερωμένοι και να διαθέτουν κριτική σκέψη για να λαμβάνουν τις σωστές αποφάσεις για κοινωνικά θέματα που σχετίζονται άμεσα με την επιστήμη (Κόκκοτας, 2010; Χάλκια, 2012).

Ολοκληρώνοντας, το ρεύμα του επιστημονικού γραμματισμού δίνει έμφαση στη διερευνητική μάθηση. Σύμφωνα με αυτή, οι μαθητές θα πρέπει να μάθουν να εργάζονται όπως οι επιστήμονες. Θα πρέπει να είναι ικανοί να θέτουν ερωτήματα, να σχεδιάζουν έρευνες, να παρατηρούν, να συλλέγουν τα δεδομένα και να ερμηνεύουν τα πειράματά τους (National Research Council, 2000 στο Καριώτογλου, 2012). Τέλος, θα πρέπει να εξάγουν τα συμπεράσματά τους και να καταγράφουν τα αποτελέσματά τους, τα οποία θα κοινοποιούν στην σχολική κοινότητα (National Research Council, 2000 στο Καριώτογλου, 2012). Στο σημείο αυτό, είναι σημαντικό να ειπωθεί, ότι ο επιστημονικός γραμματισμός παρουσιάζει διαφορές ανάλογα με το εάν εφαρμόζεται στις Βόρειες ή Νότιες Χώρες. Αυτό σημαίνει ότι στις Βόρειες Χώρες, ο επιστημονικός γραμματισμός στηρίζεται στη διερεύνηση δίνοντας μεγάλη έμφαση στην κοινωνία, ενώ στις Νότιες ο επιστημονικός γραμματισμός στηρίζεται στη διερεύνηση δίνοντας έμφαση στο περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών παράλληλα με την κοινωνία.

1.4. Οι Φυσικές Επιστήμες στο Αναλυτικό Πρόγραμμα

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο εκπαιδευτικό σύστημα δεν είναι αυθαίρετη αλλά ακολουθεί τους άξονες και τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος. Ειδικότερα, το αναλυτικό πρόγραμμα αποτελεί ένα θεωρητικό κείμενο που συντάσσεται από μία ομάδα ειδικών του Υπουργείου Παιδείας, και περιλαμβάνει τους στόχους διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών ανά βαθμίδα εκπαίδευσης, οι οποίοι βρίσκονται σε συμφωνία με τις ιδεολογικές, τις κοινωνικές και τις πολιτισμικές απόψεις της πολιτείας (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2009).

Πιο συγκεκριμένα, το αναλυτικό πρόγραμμα περιλαμβάνει τις δεξιότητες και τις γνώσεις που θα πρέπει να κατακτήσουν οι μαθητές στα πλαίσια διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, το εκπαιδευτικό υλικό και τις μεθόδους διδασκαλίας που δύναται να ακολουθήσει ο εκπαιδευτικός καθώς και τον τρόπο που θα αξιολογήσει τους μαθητές του. Επίσης, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι κατά τη σύνταξη του

αναλυτικού προγράμματος λαμβάνεται υπόψιν τόσο η ηλικία των μαθητών όσο και το νοητικό και το γνωστικό τους επίπεδο. Ακόμη, προσμετράται το κοινωνικό-πολιτισμικό περιβάλλον, ο διαθέσιμος χρόνος και η υπάρχουσα υλικοτεχνική υποδομή την οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει ο εκπαιδευτικός την ώρα της διδασκαλίας του (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2009).

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, το νέο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών στις Φυσικές Επιστήμες θέτει τους ακόλουθους στόχους. Αρχικά, οι μαθητές θα πρέπει να αποκτήσουν γνώσεις σχετικά με φαινόμενα και αρχές προκειμένου να μπορούν ως μελλοντικοί πολίτες να ερμηνεύσουν τον κόσμο και τα φαινόμενα που εκτυλίσσονται στο περιβάλλον τους. Επιπλέον, να αναπτύξουν την κριτική τους σκέψη, να μπορούν να αντιμετωπίζουν με λογικό τρόπο τις καταστάσεις και να μάθουν να εργάζονται σε ομάδες. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό, είναι η εξοικείωση τους με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και τη μεθοδολογία, να μάθουν δηλαδή να παρατηρούν, να συγκεντρώνουν πληροφορίες, να διατυπώνουν υποθέσεις, να πειραματίζονται, να επιλύουν προβλήματα και να εξάγουν τα συμπεράσματά τους. Τέλος, θα πρέπει να είναι ικανοί να επικοινωνούν με επιστημονικούς και κοινωνικούς φορείς, να αξιολογούν τις επιστημονικές ανακαλύψεις και να αποφαινούνται για τη θετική και την αρνητική τους συμβολή (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2011).

Επιλογικά, κρίνεται σημαντικό να αναφερθεί ότι το παρόν αναλυτικό πρόγραμμα παρά τις καινοτομίες που προβάλλει σε αντίθεση με την παραδοσιακή αντίληψη σύνταξης παραδοσιακών προγραμμάτων, παρουσιάζει κάποιες δυσκολίες στην εφαρμογή του. Αρχικά, η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών χωρίζεται σε επιμέρους μαθήματα τα οποία διδάσκονται ανεξάρτητα στο εκπαιδευτικό σύστημα χωρίς να επισημαίνεται η συσχέτιση και η αλληλεπίδραση μεταξύ τους (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2011). Ακόμη, το γεγονός ότι η ύλη χωρίζεται σε επιμέρους μαθήματα έχει ως συνέπεια κάποια από αυτά αναπόφευκτα να υποβαθμίζονται, όπως η μείωση των ωρών διδασκαλίας της Γεωγραφίας στο δημοτικό σχολείο (μία ώρα ανά εβδομάδα) (Στυλιανού & Πλακίτση, 2015). Επιπλέον, πολλές φορές τα φαινόμενα και οι έννοιες που πρόκειται να διδαχθούν, είναι αρκετά δύσκολες και δεν μπορούν να κατανοηθούν από τους μαθητές, καθώς δεν συνάδουν με το ηλικιακό, το γνωστικό και το κοινωνικό – πολιτιστικό τους υπόβαθρο. Για τον λόγο αυτό, είναι σημαντικό να υπάρχει μία ειδική μεταχείριση από τους εκπαιδευτικούς (Καριώτολου, 2021). Τέλος, το γεγονός ότι υπάρχει έλλειψη σχολικών εργαστηρίων που είναι απαραίτητα

για την διεξαγωγή των πειραμάτων και των σύγχρονων εφαρμογών, εξαιτίας της μειωμένης χρηματοδότησης, της μη ύπαρξης διαθέσιμων χώρων και των εποπτικών υλικών, δυσχεραίνει ακόμη περισσότερο την κατάσταση (Στυλιανού & Πλακίτση, 2015). Κατά συνέπεια, σε ένα αξιολογικό ποσοστό, στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα δεν εφαρμόζονται σύγχρονοι τρόποι διδασκαλίας, αλλά ακολουθείται η παραδοσιακή- μετωπική διδασκαλία τόσο λόγω μείωσης των χρηματοδοτήσεων όσο και έλλειψης επιμόρφωσης και ενδιαφέροντος από το εκπαιδευτικό προσωπικό (Στυλιανού & Πλακίτση, 2015).

Κεφάλαιο 2^ο: Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες

2.1. Οι ΔΜΑ στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται παγκοσμίως μία νέα τάση όσον αφορά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, η οποία ονομάζεται Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες (στο εξής ΔΜΑ).

Οι ΔΜΑ αποτελούν διδακτικές παρεμβάσεις για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, οι οποίες λαμβάνουν υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, μετασχηματίζουν το περιεχόμενο που πρόκειται να διδαχθεί και προτείνουν καινοτόμες εκπαιδευτικές παρεμβάσεις (Psillos & Kariotoglou, 2016). Κύριος σκοπός των παρεμβάσεων αυτών είναι να βοηθήσουν αποτελεσματικά τους μαθητές να κατανοήσουν τις επιστημονικές έννοιες και να δώσουν απαντήσεις και ερμηνείες για τη διαχείριση δύσκολων καταστάσεων από τους εκπαιδευτικούς (Méheut & Psillos 2004). Επίσης, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι αυτού του είδους οι παρεμβάσεις έχουν μικρή διάρκεια, μία ημέρα ως μερικές εβδομάδες, και αναφέρονται σε μία συγκεκριμένη θεματική περιοχή των Φυσικών Επιστημών (Méheut & Psillos 2004).

Ο όρος «Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες» (*Teaching Learning Sequences*) χρησιμοποιείται παγκοσμίως για να δηλώσει τη στενή σχέση που υπάρχει ανάμεσα στη διδασκαλία που προτείνεται και στα αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα. Αξίζει να αναφερθεί ότι μία ΔΜΑ έχει διττό ρόλο. Αφενός θεωρείται μία ερευνητική παρέμβαση και αφετέρου ένα χρήσιμο εργαλείο, το οποίο περιλαμβάνει συγκεκριμένες ερευνητικές και καινοτόμες δραστηριότητες διδασκαλίας για μία θεματική περιοχή βασισμένη στον τρόπο με τον οποίο σκέφτονται οι μαθητές. Επιπλέον, δύναται να περιέχει και έναν οδηγό εκπαιδευτικού

για το πώς θα προχωρήσει η διδακτική διαδικασία και το πώς θα αντιμετωπιστούν κάποιες αναμενόμενες αντιδράσεις και απαντήσεις των μαθητών (Méheut & Psillos 2004).

Επιπλέον, οι ΔΜΑ, όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφική επισκόπηση, αποτελούνται από προκαθορισμένα στάδια τα οποία δεν ακολουθούνται με τη σειρά αλλά διεξάγονται με μία σταδιακή εξελικτική διαδικασία που επαναλαμβάνεται ανάλογα με τα ερευνητικά δεδομένα (Psillos & Kariotoglou, 2016). Τα στάδια των ΔΜΑ είναι: ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, η εφαρμογή, η αξιολόγηση και η βελτίωση της (Psillos & Kariotoglou, 2016). Ιδιαίτερα ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μιας ΔΜΑ επηρεάζεται από τις αντιλήψεις των μαθητών, τα γνωρίσματα του προς διδασκαλία επιστημονικού περιεχομένου, τις αντιλήψεις για τη μάθηση και τη διδασκαλία, τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις και το γενικότερο πλαίσιο (Meheut & Psillos, 2004).

Ολοκληρώνοντας, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μιας ΔΜΑ δεν είναι τυχαίος αλλά στηρίζεται στα ακόλουθα θεωρητικά πλαίσια (Ζουπίδης, 2012). Το μοντέλο της αναπτυξιακής έρευνας, το μοντέλο εκπαιδευτικής επανοικοδόμησης, του διδακτικού ρόμβου, το μοντέλο Κόσμου- Ιδέες- Τεκμήρια, το μοντέλο του σχεδιασμού που βασίζεται στην έρευνα και το μοντέλο του Pickering, τα οποία θα αναλυθούν σε επόμενη ενότητα (Meheut & Psillos, 2004).

2.2. Τα βασικά χαρακτηριστικά των ΔΜΑ

Οι ΔΜΑ, όπως και όλα τα ρεύματα των Φυσικών Επιστημών διακρίνονται από τρία σημαντικά χαρακτηριστικά.

Πρώτον, οι ΔΜΑ ως ένα αναλυτικό πρόγραμμα μεσαίας κλίμακας, παρουσιάζουν μία αποτελεσματική διδακτική πρόταση στους εκπαιδευτικούς, την οποία οι ερευνητές έχουν αρχικά σχεδιάσει, εφαρμόσει, αξιολογήσει και επικυρώσει (Psillos & Kariotoglou, 2016; Ψύλλος, & Καριώτογλου, 2017). Πιο αναλυτικά, οι ερευνητές που σχεδιάζουν μία ΔΜΑ, οργανώνουν και υλοποιούν καινοτόμες δραστηριότητες στο εκπαιδευτικό σύστημα, οι οποίες λαμβάνουν υπόψιν τις εναλλακτικές ιδέες και το ηλικιακό επίπεδο των μαθητών. Επίσης, μέσα από τις δράσεις καλούν όλους τους εμπλεκόμενους φορείς στη μαθησιακή διαδικασία (μαθητές, εκπαιδευτικούς) να αλληλεπιδράσουν προκειμένου να αξιολογηθεί εμπειρικά η ανταπόκριση όλων των μελών (Ψύλλος, & Καριώτογλου, 2017). Αξίζει να σημειωθεί, ότι τόσο η διαδικασία (στόχοι, υλικά, δραστηριότητες) όσο και τα

ερευνητικά αποτελέσματα των ΔΜΑ, αξιολογούνται από τους ερευνητές κατά τη διάρκεια και στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης, με σκοπό να λάβουν ανατροφοδότηση για να την βελτιώσουν και να την εφαρμόσουν ξανά (Meheut & Psillos, 2004). Η εφαρμογή της ΔΜΑ επαναλαμβάνεται αρκετές φορές μέχρι να προκύψει μία καλή διδακτική πρόταση (Meheut & Psillos, 2004; Ψύλλος, & Καριώτογλου, 2017).

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό στις ΔΜΑ είναι η συνεργασία ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς και στους ερευνητές στον σχεδιασμό και στην εφαρμογή τους (Ψύλλος, & Καριώτογλου, 2017). Πιο συγκεκριμένα, οι ερευνητές συνεργάζονται με τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι λόγω εμπειρίας από την εκπαιδευτική διαδικασία μπορούν να παρέχουν χρήσιμες συμβουλές στους ερευνητές για την δημιουργία της διδακτικής πρότασης και την εφαρμογή της στις Φυσικές Επιστήμες (Ψύλλος, & Καριώτογλου, 2017). Ωστόσο, αν και ο ρόλος των εκπαιδευτικών θεωρείται σημαντικός, σε αρκετές έρευνες δεν δηλώνεται ξεκάθαρα. Τέλος, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η ενεργός συμμετοχή των εκπαιδευτικών στον σχεδιασμό και στην εφαρμογή μίας ΔΜΑ, αποτελεί ένα ισχυρό εφόδιο για τους ίδιους, μία μορφή επιμόρφωσης που τους καθιστά ικανούς να σχεδιάσουν και να διαμορφώσουν αποτελεσματικά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Psillos & Kariotoglou, 2016; Ψύλλος, & Καριώτογλου, 2017).

Το τελευταίο χαρακτηριστικό, έχει σχέση με τον σχεδιασμό της ΔΜΑ και τον τρόπο με τον οποίο θα διδαχθεί το επιστημονικό περιεχόμενο. Όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία, οι ΔΜΑ που έχουν δημοσιευτεί, δεν ακολουθούν τους τρόπους διδασκαλίας του περιεχομένου όπως προτείνεται στο σχολικό εγχειρίδιο, αλλά μετασχηματίζουν το περιεχόμενο, δηλαδή το «τροποποιούν» ώστε να ανταποκρίνεται στην ηλικία των μαθητών, στο γνωστικό και στο κοινωνικό τους υπόβαθρο (Bergsten, Jablonka & Klisinska, 2010). Αυτό δεν σημαίνει ότι το επιστημονικό περιεχόμενο απλοποιείται, αλλά αντιθέτως ανοικοδομείται για διαφορετικούς σκοπούς (Bergsten, Jablonka & Klisinska, 2010). Τέλος, να σημειωθεί ότι στις περισσότερες έρευνες ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου δεν δηλώνεται ρητά αν και εφαρμόζεται ή εάν δηλώνεται δεν φαίνονται οι αλλαγές που έγιναν στο περιεχόμενο (Ψύλλος, & Καριώτογλου, 2017).

Συνοψίζοντας, για να μπορέσει μία ΔΜΑ να χαρακτηριστεί ως αποτελεσματική, πρέπει να υπάρχει μία αμφίδρομη σχέση ανάμεσα τους ερευνητές και τους εκπαιδευτικούς, να έχει εφαρμοστεί και αξιολογηθεί αρκετές φορές και να μετασχηματίζει το επιστημονικό περιεχόμενο ανάλογα με τις γνώσεις και τις δεξιότητες των μαθητών.

2.3. Μοντέλα σχεδιασμού των ΔΜΑ

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο σχεδιασμός και η δημιουργία μίας επιτυχημένης ΔΜΑ δεν είναι ούτε εύκολος, ούτε τυχαίος και για τον λόγο αυτό στηρίζεται σε συγκεκριμένα θεωρητικά πλαίσια (Ζουπίδης, 2012), καθένα από τα οποία αναλύονται παρακάτω.

Μοντέλο της αναπτυξιακής έρευνας

Το μοντέλο της αναπτυξιακής έρευνας εστιάζει στο περιεχόμενο και στα φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών και το πώς μπορούν να διδαχθούν στην τάξη, μέσα από καθορισμένες διδακτικές δομές (Ζουπίδης, 2012). Συγκεκριμένα, το μοντέλο προτείνει να κατασκευαστεί ένα είδους σενάριο το οποίο θα περιέχει αναλυτικά όλες τις δραστηριότητες της ΔΜΑ μαζί με τις αναμενόμενες απαντήσεις των μαθητών. Ακόμη, τοποθετεί στο επίκεντρο της διδασκαλίας τον μαθητή, στον οποίο παρέχει ελευθερία και κίνητρα καθώς τον θεωρεί σημαντικό κομμάτι της ΔΜΑ. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η προσέγγιση της ΔΜΑ που ακολουθεί το μοντέλο της αναπτυξιακής έρευνας είναι ψυχολογική (Ζουπίδης, 2012).

Μοντέλο του διδακτικού ρόμβου

Το μοντέλο του διδακτικού ρόμβου δίνει έμφαση στα στοιχεία που αναδεικνύουν τις ΔΜΑ καθώς και τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους. Ειδικότερα, περιλαμβάνει δύο κάθετους άξονες που είναι χρήσιμοι για τον σχεδιασμό μίας ΔΜΑ (Meheut & Psillos, 2004). Ο πρώτος άξονας περιλαμβάνει στοιχεία της ΔΜΑ τα οποία ανήκουν στην επιστημονική διάσταση, όπως είναι η σχέση της γνώσης με τον υλικό κόσμο και ο δεύτερος, την παιδαγωγική διάσταση, στην οποία περιλαμβάνονται στοιχεία όπως οι σχέσεις μεταξύ των μαθητών και των εκπαιδευτικών και ο ρόλος που διαδραματίζει ο εκπαιδευτικός (Meheut & Psillos, 2004). Ακόμη, στο σημείο «Μαθητές- Υλικός κόσμος», τοποθετούνται οι αντιλήψεις των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα, ενώ στο σημείο «Μαθητές – Επιστημονική

γνώση», περιλαμβάνονται οι στάσεις και οι ιδέες των μαθητών προς το επιστημονικό περιεχόμενο (Meheut & Psillos, 2004). Τέλος, η εικονογραφημένη αναπαράσταση του διδακτικού ρόμβου συμβάλλει στο να μπορούν να ληφθούν υπόψιν όλοι οι παράγοντες που διαδραματίζουν ουσιώδη ρόλο στον σχεδιασμό της ΔΜΑ (Meheut & Psillos, 2004).

Μοντέλο Κόσμος- Ιδέες- Τεκμήρια

Το μοντέλο Κόσμος- Ιδέες- Τεκμήρια, είναι ένα περιγραφικό- ερμηνευτικό μοντέλο, το οποίο προτάθηκε από τον Hacking το 1992 για την καθαρή επιστήμη, και αργότερα τροποποιήθηκε από τον Τσελφέ ώστε να αξιοποιηθεί για την εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών. Το μοντέλο αυτό προτείνει την ανάλυση και μοντελοποίηση επιστημονικών δραστηριοτήτων στις ΔΜΑ, χωρίς ωστόσο να ορίζει πώς μπορεί να κατασκευαστεί μία ΔΜΑ. Πιο αναλυτικά, το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει τρεις μεγάλες κατηγορίες οντοτήτων, στο εσωτερικό της επιστημονικής δραστηριότητας, και συγκεκριμένα αφορούν, τον «Κόσμο» (Κ), τα «Τεκμήρια» (Τ) και τις «Ιδέες» (Ι). Σύμφωνα με τον Hacking (1992), στην κατηγορία του «Κόσμου» περιλαμβάνονται τα υλικά και τα αντικείμενα όπως οι συσκευές, τα όργανα μέτρησης και τα δείγματα. Τα «Τεκμήρια» περιλαμβάνουν τις αντιπροσωπευτικές οντότητες που έχουν προέλθει είτε από τις αισθήσεις είτε από μια συστηματική επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων (Kallery, Psillos, & Tselfes, 2009). Η κατηγορία των «Ιδεών» αναφέρεται σε συγκεκριμένες θεωρητικές οντότητες, όπως τα μοντέλα ή οι έννοιες, η συστηματική θεωρία, και οι μεθοδολογικές οντότητες όπως ερωτήσεις και υποθέσεις (Kallery, Psillos & Tselfes, 2009). Κατά τη διάρκεια της επιστημονικής έρευνας, οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν συνδέσεις μεταξύ των οντοτήτων του «Κόσμου», των «Τεκμηρίων» και των «Ιδεών» σε αμφίδρομες αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους (Κ-Ι, Κ-Τ, Τ-Ι) (Kallery, Psillos, Tselfes, 2009). Τέλος, ο Hacking (1992) θεωρεί ότι επιστημονικές πρακτικές μπορούν να υλοποιηθούν και στο εκπαιδευτικό σύστημα, ενώ το παρόν μοντέλο μπορεί να αξιοποιηθεί αφενός για τον σχεδιασμό των δραστηριοτήτων μίας ΔΜΑ και αφετέρου για την ανάδειξη των βασικών στοιχείων που την επηρεάζουν (Ζουπίδης, 2012).

Μοντέλο του Σχεδιασμού που βασίζεται στην Έρευνα

Το μοντέλο του σχεδιασμού που βασίζεται στην έρευνα (Design- based Research) αναδεικνύει πέντε βασικά στοιχεία αναφορικά με τον σχεδιασμό και την

υλοποίηση μίας ΔΜΑ. Αρχικά, προτείνει ότι η ανάπτυξη και η εφαρμογή της ΔΜΑ πρέπει να είναι επαναλαμβανόμενη για να εντοπίσει τα αδύναμα σημεία αποσκοπώντας να βελτιωθεί και να καταστεί αποτελεσματική (Juuti, Lavonen, & Meisalo, 2016; Ζουπίδης, 2012). Το δεύτερο στοιχείο αφορά τις δραστηριότητες που θα περιλαμβάνει η ΔΜΑ. Σύμφωνα με αυτό, στόχος των ερευνητών και των εκπαιδευτικών, οι οποίοι συνεργάζονται, είναι να προτείνουν καινοτόμες δραστηριότητες που θα συμβάλλουν σημαντικά τόσο στον τρόπο διδασκαλίας του εκπαιδευτικού, όσο και στον τρόπο που μαθαίνουν οι μαθητές (Juuti, Lavonen, & Meisalo, 2016). Τρίτον, τα αποτελέσματα της ΔΜΑ θα πρέπει να δημοσιεύονται ώστε να είναι γνωστά σε όλους και τέταρτον, οι ερευνητές είναι καλό να αναστοχάζονται στο πώς μπορεί να λειτουργήσει η ΔΜΑ σε πραγματικές συνθήκες (Juuti, Lavonen, & Meisalo, 2016). Τέλος, για την επιτυχή επίτευξη όλων των παραπάνω στοιχείων, θεωρείται χρήσιμο να γίνει σύνδεση των διαδικασιών της διδακτικής πρότασης με αποτελέσματα που είναι ουσιώδη για το εκπαιδευτικό σύστημα (Ζουπίδης, 2012).

Μοντέλο του Pickering

Το μοντέλο του Pickering (1992), είναι ένα περιγραφικό-ερμηνευτικό μοντέλο το οποίο αρχικά εισήχθη από τον Pickering για την καθαρή επιστήμη και αργότερα τροποποιήθηκε από τον Τσελφέ για την Εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών. Πιο συγκεκριμένα, το μοντέλο του Pickering (1992), όπως παρουσιάζεται από τον Τσελφέ, στις Φυσικές Επιστήμες, θεωρεί ότι η επιστημονική πρακτική είναι «ένα μεταβλητό 'μοντέλο συμπεριφοράς' των επιστημόνων το οποίο εκτυλίσσεται μέσα στο χρόνο» (Kariotoglou, Psillos, & Tselfes, 2003 στο Ζουπίδης 2012 σ. 78). Αυτή η φράση υποδηλώνει ότι οι ΔΜΑ χαρακτηρίζονται από τρία σημαντικά στοιχεία (Kariotoglou, Psillos, & Tselfes, 2003). Πρώτον, αποτελούν αποτελέσματα εξελικτικής έρευνας, η οποία μεταβάλλεται συνεχώς. Δεύτερον, επιστήμονας θεωρείται ο ερευνητής που μέσα από τις πρακτικές και τις δραστηριότητές του παράγει μια ΔΜΑ και τρίτον αναδεικνύεται ότι η προτεινόμενη διδακτική πρόταση και δραστηριότητες επηρεάζονται από τους ακόλουθους παράγοντες: τον εκπαιδευτικό, τα υλικά και τον επιστημονικό παράγοντα (Kariotoglou, Psillos, & Tselfes, 2003). Συγκεκριμένα, στον εκπαιδευτικό παράγοντα ανήκουν τα χαρακτηριστικά και οι εμπειρίες όλων των εμπλεκόμενων φορέων, στον υλικό περιλαμβάνεται η υλικοτεχνική υποδομή και στον επιστημονικό, οι διδακτικές θεωρίες που κυριαρχούν στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Επιλογικά, ο

Pickering όπως και τα προηγούμενα μοντέλα, αναδεικνύει ότι η ΔΜΑ δεν προκύπτει τυχαία αλλά είναι αποτέλεσμα εξελικτικής διαδικασίας με σκοπό την ανάπτυξη αποτελεσματικών διδακτικών προτάσεων.

Συνοψίζοντας, όπως προκύπτει από τα παραπάνω, ο σχεδιασμός και η εφαρμογή μίας επιτυχημένης ΔΜΑ δεν είναι εύκολος, αλλά απαιτεί μία επίπονη κυκλική διαδικασία, στην οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν το επιστημονικό περιεχόμενο, οι εμπλεκόμενοι φορείς, τα διδακτικά υλικά και οι θεωρίες μάθησης. Εντούτοις, παρά τη σημαντικότητα του μοντέλου, είναι άξιο να επισημανθεί ότι εστιάζει μόνο στα χαρακτηριστικά της ΔΜΑ και όχι στο πώς μπορεί να κατασκευαστεί.

2.4. Το μοντέλο της Εκπαιδευτικής Επανοικοδόμησης

Το μοντέλο της εκπαιδευτικής επανοικοδόμησης, το οποίο θεωρείται το πιο ολοκληρωμένο και δηλωμένο μοντέλο σχεδιασμού των ΔΜΑ, αναπτύχθηκε από τον Kattman και τους συνεργάτες του (Kattmann, Duit, Gropengieber & Komorek, 1995) και παρέχει ένα πλαίσιο για τον τρόπο που μπορεί να σχεδιαστεί και να επικυρωθεί μία ΔΜΑ.

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, κυρίαρχο κομμάτι της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι να γίνει ανάλυση της δομής του υπό διδασκαλία περιεχομένου. Αυτό σημαίνει ότι σε πρώτο στάδιο πρέπει να γίνει αποσαφήνιση των θεμάτων των Φυσικών Επιστημών που πρόκειται να διδαχθούν, δηλαδή των βασικών στοιχείων, προκειμένου να αναπτυχθεί μία αποτελεσματική διδασκαλία στο συγκεκριμένο επιστημονικό περιεχόμενο (Meheut & Psillos, 2004). Κατόπιν, το επιστημονικό περιεχόμενο θα πρέπει να μετασχηματιστεί με σκοπό η επιστημονική γνώση να ανασυγκροτηθεί για να γίνει κατανοητή από τους μαθητές συνάδοντας με το γνωστικό επίπεδο και τα ενδιαφέροντα τους (Meheut & Psillos, 2004).

Επιπλέον, το μοντέλο της εκπαιδευτικής επανοικοδόμησης θεωρεί ότι κατά το σχεδιασμό μίας ΔΜΑ, είναι σημαντικό να γνωρίζουν οι ερευνητές τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών για το υπό διερεύνηση φαινόμενο, τις μαθησιακές τους διαδρομές, τον τρόπο διδασκαλίας και μάθησης καθώς και τις απόψεις των εκπαιδευτικών (Meheut & Psillos, 2004). Ενώ, κατά τη διάρκεια αξιολόγησης της διδακτικής παρέμβασης θα πρέπει να συνυπολογίζονται οι δυσκολίες και οι περιορισμοί της

εφαρμογής της ΔΜΑ μέσα σε μία σχολική τάξη (Kattmann, Duit, Gropengieber & Komorek, 1995; Ζουπίδης, 2012).

Είναι άξιο να ειπωθεί, ότι τα παραπάνω στάδια θεωρούνται ουσιώδη στο μοντέλο της εκπαιδευτικής επανοικοδόμησης για την πραγματοποίηση των στόχων της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών (Meheut & Psillos, 2004). Τέλος, ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό του μοντέλου είναι ότι η λειτουργία του κάθε σταδίου δεν είναι αυτόνομη, αλλά βρίσκεται σε αμφίδρομη σχέση με τα υπόλοιπα στάδια επηρεάζοντας τις δραστηριότητες και τα αποτελέσματα της διδασκαλίας (Meheut & Psillos, 2004).

Γενικά, το μοντέλο αυτό στηρίζεται σε μία κονστрукτιβιστική άποψη, δίνοντας έμφαση στον μαθητή, στον εκπαιδευτικό και στην αλληλεπίδραση που υπάρχει μεταξύ τους (Ζουπίδης, 2012).

Κεφάλαιο 3^ο: Διδακτικός Μετασχηματισμός Περιεχομένου

3.1. Η έννοια του Διδακτικού Μετασχηματισμού

Παγκοσμίως, όλοι οι άνθρωποι στην καθημερινή τους ζωή έρχονται σε επαφή με άλλους ανθρώπους με σκοπό να επικοινωνήσουν, να ζητήσουν πληροφορίες και να συνεργαστούν. Κατά τη διάρκεια αυτής της επικοινωνίας, στην προσπάθεια τους να γίνουν κατανοητοί από τους συνομιλητές τους, προσαρμόζουν τον λόγο τους και τις πληροφορίες που θέλουν να μεταδώσουν, ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται και τον άνθρωπο με τον οποίο συναναστρέφονται. Η διαδικασία αυτή αποδίδεται με τον όρο «διδακτική μεταφορά» ή «διδακτικός μετασχηματισμός» και λαμβάνει χώρα όχι μόνο στην καθημερινή ζωή αλλά ακόμη και στα πλαίσια του εκπαιδευτικού συστήματος (Achiam, 2014).

Πιο αναλυτικά, στο εκπαιδευτικό σύστημα, διδακτικός μετασχηματισμός νοείται η τροποποίηση και η προσαρμογή της επιστημονικής γνώσης σε μορφή που να μπορεί να διδαχθεί στη σχολική αίθουσα, και να γίνει ταυτόχρονα κατανοητή από τους μαθητές (Bosch, & Gascón, 2006; Chevallard, & Bosch, 2020). Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη και αναπόφευκτη, καθώς δεν είναι δυνατόν οι εκπαιδευτικοί να μεταδώσουν τη γνώση και να αφομοιωθεί απευθείας από τους μαθητές, εάν προηγουμένως δεν την έχουν μετασχηματίσει σε μορφή τέτοια που να μπορεί να διδαχθεί και να κατακτηθεί από τους μαθητές (Achiam, 2014). Με άλλα λόγια, η

γνώση που διδάσκεται στο σχολείο διαφέρει από την επιστημονική γνώση, καθώς έχουν διαφορετικές λειτουργίες, προέλευση και προορισμό (Bosch, & Gascón, 2006; Chevallard, & Bosch, 2020). Εντούτοις, αξίζει να αναφερθεί ότι η σχολική και η επιστημονική γνώση δεν ιεραρχούνται μεταξύ τους. Η πρώτη δεν είναι απλοποίηση της δεύτερης, αλλά πραγματική επανοικοδόμηση για διαφορετικούς σκοπούς (Κολιόπουλος, 2004).

Επιπλέον, οι προσαρμογές της επιστημονικής γνώσης σε σχολική, περιλαμβάνουν την αναδιοργάνωση, την απλοποίηση και τον εμπλουτισμό και εφαρμόζονται από τον εκάστοτε εκπαιδευτικό ασυναίσθητα, χωρίς να δηλώνεται (Achiam, 2014). Βέβαια, όπως επισημαίνει ο Chevallard (όπως αναφ. στο Bergsten, Jablonka, & Klisinska, 2010), βασική προϋπόθεση του διδακτικού μετασχηματισμού είναι η γνώση που πρέπει να διδαχθεί να είναι καθορισμένη και ανοιχτή στον κοινωνικό έλεγχο. Ακόμη, είναι σημαντικό να ειπωθεί ότι η διαδικασία του διδακτικού μετασχηματισμού ξεκινά αρχικά έξω από το σχολείο, στη νοοσφαιρα από ειδικό προσωπικό (πολιτικοί, εκπαιδευτικοί), οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την επιλογή των θεμάτων και φαινομένων που αξιολογούν ότι πρέπει να μεταδοθούν στο εκπαιδευτικό σύστημα και τα καταγράφουν στο επίσημο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (Bosch, & Gascón, 2006). Η εργασία αυτή δεν είναι εύκολη, καθώς επιβάλλει περιορισμούς στο τι μπορεί και τι δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί στο σχολικό χώρο και επηρεάζεται από τις ιστορικές και τις θεσμικές συνθήκες (Bosch, & Gascón, 2006). Ο επόμενος μετασχηματισμός πραγματοποιείται μέσα στη σχολική αίθουσα από τον εκπαιδευτικό.

Ως προς τα ιστορικά στοιχεία, αποδελτιώνοντας τη βιβλιογραφία, παρατηρείται ότι η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού εισάγεται από τον Chevallard (1985) στα πλαίσια της διδακτικής των Μαθηματικών (Bosch, & Gascón, 2006; Κολιόπουλος, 2004). Η έννοια εξαπλώνεται με διαφορετικό ρυθμό σε κάθε χώρα ανάλογα με τις γλωσσικές κοινότητες και τις πολιτισμικές συγγένειες των ομάδων των ερευνητών (Bosch, & Gascón, 2006). Στην αρχή, αναπτύσσεται στη Γαλλία με γοργό ρυθμό, αργότερα στην Ισπανία και ελάχιστα στην Αγγλία. Αργότερα το 1989, μέχρι και σήμερα, η έννοια αξιοποιείται και στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Κολιόπουλος, 2004), ενώ ο Martinand (1983) εμπλούτισε την έννοια εισάγοντας τον όρο «Κοινωνικές πρακτικές αναφορές» που θα αναλυθούν σε επόμενη ενότητα. Επιπλέον, το 1994 ο Develay προσθέτει ένα ακόμη στοιχείο στο διδακτικό

μετασχηματισμό τη «Σχολική Γνώση του Μαθητή», δηλαδή τη γνώση που αποκτά ο μαθητής όταν συμμετέχει σε σχετική διδασκαλία» (Καριώτογλου, 2021; Κολιόπουλος, 2006 σ. 13).

Βέβαια, η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού δεν έμεινε ανεπηρέαστη από αρνητικές κριτικές. Αμέσως μετά την έκδοση της θεωρίας του Chevallard (1985) αρκετοί ερευνητές όπως ο Freudenthal (1986) αμφισβήτησαν ολόκληρη την ιδέα της διδακτικής μεταφοράς, κυρίως λόγω της ασάφειας του όρου της επιστημονικής γνώσης. Κατά τον ίδιο, η επιστημονική γνώση αλλάζει συνεχώς, καθώς καθημερινά ανακαλύπτονται νέα στοιχεία της επιστημονικής έρευνας (Bergsten, Jablonka & Klisinska, 2010; Καριώτογλου, 2021). Τη θέση αυτή σχολιάζουν ο Bergsten και οι συνεργάτες του επισημαίνοντας ότι ο μετασχηματισμός τις περισσότερες φορές πραγματοποιείται χωρίς να δηλώνεται ξεκάθαρα και να περιγράφεται η διαδικασία του (Καριώτογλου, 2021). Τέλος, μία ακόμη ανησυχία συνίσταται στο γεγονός ότι ο διδακτικός μετασχηματισμός ενέχει την παγίδα η γνώση που θα διδαχθεί στους μαθητές να απέχει και να καθιστά αδύνατη τη μετάβαση στην επιστημονική γνώση (Clerc, Minder, Roduit, 2006).

Συνοψίζοντας, η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού ξεκίνησε αρχικά ως μία θεωρητική έννοια με σκοπό να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουν οι μαθητές, αλλά μετέπειτα αναπτύχθηκε και εξελίχθηκε ως ένα εργαλείο και μέσο για το σχεδιασμό μίας αποτελεσματικής διδακτικής παρέμβασης (Achiem, 2014). Με την έννοια αυτή, παραλληλίζεται με αρκετά θεωρητικά μοντέλα όπως το Μοντέλο της εκπαιδευτικής επανοικοδόμησης που αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

3.2. Τα στάδια του Διδακτικού Μετασχηματισμού

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η διαδικασία του διδακτικού μετασχηματισμού δεν εφαρμόζεται μόνο μέσα στη σχολική αίθουσα κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας αλλά ξεκινάει πολύ πιο πριν, έξω από το σχολείο (Bosch, & Gascón, 2006). Για τον λόγο αυτό, μπορούμε να διακρίνουμε στη βιβλιογραφία δύο στάδια του διδακτικού μετασχηματισμού, τον εξωτερικό και τον εσωτερικό όπως προτείνονται από τον Chevallard (Ραβάνης, 2009).

Πιο αναλυτικά, ο εξωτερικός διδακτικός μετασχηματισμός πραγματοποιείται έξω από το εκπαιδευτικό σύστημα, στη λεγόμενη νοόσφαιρα, η οποία αποτελείται από μία ομάδα ειδικών, όπως εκπαιδευτικοί, ακαδημαϊκοί, συγγραφείς βιβλίων και

εκπρόσωποι της κοινωνίας, που καθίστανται υπεύθυνοι για το ποιο θα είναι το περιεχόμενο της διδασκαλίας (Clerc, Minder, Roduit, 2006; Ραβάνης, 2009). Η ομάδα αυτή επιλέγει αρχικά κάποια από τα θέματα των Φυσικών Επιστημών που δύναται να διδαχθούν στο εκπαιδευτικό σύστημα και έπειτα καλείται να μετασχηματίσει τα θέματα αυτά καταγράφοντάς τα στο Αναλυτικό Πρόγραμμα και στο εγχειρίδιο του εκπαιδευτικού. Κατά το στάδιο αυτό, συνυπολογίζονται οι συνθήκες της κάθε χώρας (κοινωνικές, πολιτισμικές), το ηλικιακό επίπεδο των μαθητών και οι υποδομές της σχολικής μονάδας (Ραβάνης, 2009).

Το επόμενο στάδιο αποκαλείται εσωτερικός διδακτικός μετασχηματισμός και πραγματοποιείται στα πλαίσια της σχολικής μονάδας. Συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικοί αξιοποιούν το Αναλυτικό Πρόγραμμα και το εγχειρίδιο που έχει παραχθεί στο πρώτο στάδιο και το μετασχηματίζουν προκειμένου να ανταποκρίνεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του μαθητικού δυναμικού. Με άλλα λόγια, οι εκπαιδευτικοί δεν το χρησιμοποιούν αυτούσιο αλλά επιλέγουν συγκεκριμένες προτάσεις, κάνουν αναθεωρήσεις και προσαρμογές αναλόγως με τους στόχους που έχουν θέσει (Ραβάνης, 2009). Οργανώνουν εκπαιδευτικές δραστηριότητες, αναζητούν νέους τρόπους διδασκαλίας και προσαρμόζουν το περιεχόμενο του μαθήματος με σκοπό να κατανοήσουν όσο το δυνατόν περισσότεροι μαθητές τη νέα γνώση (Clerc, Minder, Roduit, 2006).

Ωστόσο, είναι σημαντικό να ειπωθεί ότι εκτός από τον διαχωρισμό που προτείνει ο Chevallard, το 2013 γίνεται μία νέα πρόταση αναφορικά με τα στάδια του διδακτικού μετασχηματισμού από τον Kariotoglou και τους συνεργάτες του (Kariotoglou Papadopoulou, Koledinis & Strangas, 2013 όπως αναφέρεται στο Καριώτογλου, 2021). Σύμφωνα με αυτούς, το πρώτο στάδιο του μετασχηματισμού περιλαμβάνει τις γνώσεις που οφείλει να είναι εφοδιασμένος ο εκπαιδευτικός για να διδάξει μία έννοια ή ένα φαινόμενο και το δεύτερο εστιάζει στο περιεχόμενο που πρόκειται να μάθουν οι μαθητές (Καριώτογλου, 2021).

Αναφορικά με τον διδακτικό μετασχηματισμό στις Φυσικές Επιστήμες, μπορεί να ειπωθεί πως παρά τη σημαντικότητά του στην εκπαίδευση, δεν μελετάται ούτε θεωρητικά, ούτε σε πρακτικό επίπεδο μέσα από τις εφαρμογές στη διδασκαλία (Καριώτογλου, 2021), αν και γίνεται συνεχώς αυθόρμητα, από τους εκπαιδευτικούς στο καθημερινό μάθημα. Η μοναδική γνώση προέρχεται από τη συστηματική μελέτη

των ΔΜΑ στις οποίες δηλώνεται άλλοτε ξεκάθαρα και άλλοτε υπονοούμενα (Καριώτογλου, 2021).

Πιο αναλυτικά, μελετώντας τη βιβλιογραφία, μπορεί να ειπωθεί ότι οι θεωρίες των φυσικών επιστημών στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, προσεγγίζονται κυρίως ποιοτικά. Με άλλα λόγια, η διδακτική παρέμβαση του εκπαιδευτικού εστιάζει στην παρουσίαση και περιγραφή των εννοιών και φαινομένων και όχι στους μαθηματικούς τύπους (Κολιόπουλος, 2006). Επιπλέον, μία άλλη μορφή διδακτικού μετασχηματισμού είναι ότι σε κάποιες εφαρμογές των ΔΜΑ παρατηρείται αλλαγή στη σειρά με την οποία εισάγονται και διδάσκονται οι έννοιες ή ακόμη ο εκπαιδευτικός μπορεί να επιλέξει να διδάξει στους μαθητές ένα φαινόμενο χωρίς να αναλύσει όλους τους παράγοντες. Τα βήματα αυτά εντάσσονται στον διδακτικό μετασχηματισμό αρκεί να μην αλλοιώνεται το επιστημονικό περιεχόμενο. Ακόμη, πολλοί εκπαιδευτικοί διδάσκουν σύγχρονα φαινόμενα όπως ρομποτική και νανοτεχνολογία, τα οποία δεν βρίσκονται στο πρόγραμμα σπουδών και στη συγκεκριμένη βαθμίδα εκπαίδευσης. Όμως, για να γίνουν κατανοητά από τους μαθητές χρησιμοποιούν μοντέλα, προσομοιώσεις, απλά κείμενα και βίντεο, χωρίς να δίνουν έμφαση στο μαθηματικό κομμάτι (Καριώτογλου, 2021).

Τέλος, ο λόγος του εκπαιδευτικού δεν μένει ανεπηρέαστος. Ο ίδιος προσπαθεί κατά τη διδασκαλία του να χρησιμοποιεί πιο απλό λεξιλόγιο (λεκτική απλοποίηση) και να μετασχηματίζει τις επιστημονικές έννοιες δίνοντας τες ένα νέο όνομα που θα είναι κατανοητό στους μαθητές. Επίσης, όταν χρειάζεται να διεξάγει ένα πείραμα ή μία προσομοίωση τότε το κατασκευάζει και το εφαρμόζει με όσο το δυνατόν πιο απλά υλικά (Καριώτογλου, 2021).

3.3. Κοινωνικές Πρακτικές Αναφοράς

Η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού, όπως επισημάνθηκε παραπάνω, εμπλουτίστηκε από την έννοια των Κοινωνικών Πρακτικών Αναφοράς, η οποία εισήχθη από τον ερευνητή της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών Martinand το 1983 (Clerc, Minder, Roduit, 2006; Κολιόπουλος, 2006; Ραβάνης, 2009).

Σύμφωνα με τον Martinand, η γνώση που πρόκειται να τροποποιηθεί και να διδαχθεί στο εκπαιδευτικό σύστημα δεν είναι καθαρά επιστημονική αλλά επηρεάζεται από κοινωνικές και πολιτιστικές δραστηριότητες (Clerc, Minder, Roduit, 2006; Κολιόπουλος, 2006; Ραβάνης, 2009). Αυτό σημαίνει ότι η ίδια επιστημονική γνώση

μπορεί να εφαρμόζεται και να οργανώνεται διαφορετικά ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται, αναδεικνύοντας κάθε φορά διαφορετικές πλευρές της (Clerc, Minder, Roduit, 2006; Κολιόπουλος, 2006; Ραβάνης, 2009). Για παράδειγμα, κατά τη διδασκαλία ενός θέματος όπως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ο εκπαιδευτικός μπορεί να εστιάσει στα τυπικά χαρακτηριστικά του φαινομένου. Δύναται, όμως, να επικεντρωθεί στις επιπτώσεις των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ζητώντας από τους μαθητές να γίνουν δημοσιογράφοι και να αναζητήσουν πληροφορίες από ποικίλους ανθρώπους σε διάφορους κλάδους.

Επιπλέον, οι μαθητές ανάλογα με τους κοινωνικούς ρόλους που υποδύονται κατά την εφαρμογή των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων αναπτύσσουν στάσεις και απόψεις για το υπό μελέτη φαινόμενο (Clerc, Minder, Roduit, 2006; Κολιόπουλος, 2006; Ραβάνης, 2009). Αυτό συμβαίνει, καθώς μέσω της διδασκαλίας, παραδείγματος χάρη της πυρηνικής ενέργειας, αναδεικνύονται τόσο η συμβολή της επιστήμης (επιστημονική άποψη) όσο και οι αρνητικές επιπτώσεις στην κοινωνία (κοινωνική άποψη). Τέλος, εξοικειώνονται με τα νέα υλικά που εφαρμόζονται στις δραστηριότητες αυτές και αποκτώνται νέες γνώσεις που τους βοηθάνε να απαντήσουν στα ζητήματα που μελετώνται (Ραβάνης, 2009).

Καταλήγοντας, οι κοινωνικές πρακτικές αναφοράς προσδιορίζουν όλες τις κοινωνικές δραστηριότητες, οι οποίες λειτουργούν *«ως σημείο αναφοράς αφενός για την κατασκευή της γνώσης και αφετέρου για τη γνώση που θα διδαχθεί»* (Clerc, Minder, Roduit, 2006 σ.3). Δίνουν τη δυνατότητα στον μαθητή να κατανοήσει τι μαθαίνει, ενώ ταυτόχρονα ο εκπαιδευτικός συνειδητοποιεί τι διδάσκει (Clerc, Minder, Roduit, 2006). Η σχέση επομένως της διδασκόμενης γνώσης με τις κοινωνικές πρακτικές αναφοράς έγκειται στο ερώτημα ποιο νόημα έχει στην κοινωνία η γνώση που θα διδαχθεί (Clerc, Minder, Roduit, 2006).

3.4. Η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου και ο διδακτικός μετασχηματισμός του

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, οι γνώσεις τις οποίες κατέχουν οι εκπαιδευτικοί για ένα φαινόμενο και το πώς αυτές αναπτύσσονται διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο προκειμένου να καταστεί μία διδασκαλία αποτελεσματική. Οι γνώσεις αυτές που σχετίζονται με τη διδασκαλία, αποδίδονται στη βιβλιογραφία με

τον όρο Παιδαγωγική Γνώση του Περιεχομένου (στο εξής ΠΓΠ), και αφορά αποκλειστικά τους εκπαιδευτικούς (Park & Oliver, 2008).

Πιο αναλυτικά, η ΠΓΠ εισάγεται από τον Shulman (1986) ως η γνώση την οποία πρέπει να κατέχουν οι εκπαιδευτικοί με σκοπό να οργανώνουν και να μετατρέπουν το περιεχόμενο του θέματος που θα διδάξουν όπως είναι η πίεση, σε μορφή πιο κατανοητή στους μαθητές, συνυπολογίζοντας τόσο τα ενδιαφέροντα όσο και τις ικανότητές τους (Park & Oliver, 2008; Van & Kattmann, 2007). Από την άποψη αυτή, η ανάπτυξη της ΠΓΠ συνεπάγεται μία μεγάλη αλλαγή στην κατανόηση των εκπαιδευτικών, από το να έχουν τη δυνατότητα να γνωρίζουν και να κατανοούν ένα φαινόμενο αποκλειστικά εκείνοι, στο να μπορούν να το διδάξουν χρησιμοποιώντας νέες μεθόδους και στρατηγικές (Park & Oliver, 2008).

Ακόμη, θα πρέπει να μπορούν να το τροποποιήσουν, να το αναδιοργανώσουν και να δημιουργήσουν εκπαιδευτικές δραστηριότητες χρησιμοποιώντας παραδείγματα και πειράματα, ώστε η νέα γνώση να μπορεί να κατακτηθεί από τους μαθητές (Park & Oliver, 2008; Van & Kattmann, 2007). Τέλος, αξίζει να επισημανθεί ότι κατά τη διαδικασία αυτή ο εκπαιδευτικός συνυπολογίζει τόσο τους κοινωνικούς όσο και τους πολιτιστικούς περιορισμούς του μαθησιακού περιβάλλοντος (Park & Oliver, 2008).

Ενδεικτικές σκέψεις οι οποίες απασχολούν τους εκπαιδευτικούς όταν προετοιμάζουν τη διδασκαλία και οι οποίες αντιστοιχούν στην ΠΓΠ είναι: το πώς μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να καταλάβουν μία έννοια των Φυσικών Επιστημών, τι υλικά θα ήταν καλύτερο να χρησιμοποιήσουν, ποιες είναι οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και τι είναι δύσκολο για την ηλικία τους και πώς μπορούν να τους αξιολογήσουν (Magnusson et al., 1999, σελ. 95; Τσέου, 2017).

Καταλήγοντας, η ΠΓΠ είναι μία εξωτερική και εσωτερική κατασκευή, *«καθώς περιλαμβάνει τις γνώσεις που κατέχει ο εκπαιδευτικός, τις ενέργειες που ακολουθεί και τους λόγους για τις επιλογές αυτές»* (Baxter & Lederman 1999, σ. 158 όπως αναφέρεται στο Park & Oliver, 2008). Αυτό σημαίνει ότι η ΠΓΠ δεν μπορεί να παρατηρηθεί κατευθείαν, καθώς οι ερευνητές μπορούν να παρατηρήσουν μόνο τις δραστηριότητες που επέλεξε να εφαρμόσει ο εκπαιδευτικός και όχι ποιες απέρριψε και για ποιους λόγους (εσωτερική κατασκευή), καθώς και ποιοι ήταν οι εξωτερικοί

παράγοντες όπως η νομοθεσία που τον οδήγησαν σε αυτή την επιλογή (εξωτερική κατασκευή) (Γρηγορίου, 2017).

Επιλογικά, μπορεί να ειπωθεί ότι η ΠΓΠ αναγνωρίζει τη σημασία και αξία του να μετασχηματίζεται και να τροποποιείται το επιστημονικό περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών από τους εκπαιδευτικούς, σε τέτοια μορφή και γνώση η οποία θα είναι εύκολα κατανοητή από τους μαθητές και θα μπορεί να διδαχθεί (Park & Oliver, 2008).

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Κεφάλαιο 4^ο: Μέθοδος έρευνας

4.1. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να γίνει συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση των διδακτικών παρεμβάσεων στις Φυσικές Επιστήμες όπως οι Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες και στις οποίες αναφέρεται ή υπονοείται ο διδακτικός μετασχηματισμός που πραγματοποιήθηκε. Στις παρεμβάσεις αυτές προσπαθούμε να αναδείξουμε τον μετασχηματισμό και να κατηγοριοποιήσουμε τα παραδείγματα που θα αναδειχθούν.

Βάσει της βιβλιογραφικής επισκόπησης για την έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου στις Φυσικές Επιστήμες και βάσει του σκοπού της έρευνάς μας, προκύπτουν τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

1. Υπάρχει ρητή ή έστω υπόρρητη δήλωση των ερευνητών που να υποδεικνύει την εσκεμμένη επιλογή του περιεχομένου ή/και τον διδακτικό μετασχηματισμό του στις ΔΜΑ;
2. Γίνεται αναφορά ή αναλυτική περιγραφή στις δυσκολίες ή και τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με την κατανόηση του εν λόγω περιεχομένου που διαπραγματεύεται η ΔΜΑ;

3. Ποιες είναι οι διδακτικές προτάσεις που προτείνουν οι ερευνητές για να βοηθήσουν στην κατανόηση του μετασχηματισμένου περιεχομένου από τους μαθητές;
4. Γίνεται κυκλική αναθεώρηση (iteration) στις ΔΜΑ που μελετώνται;
5. Γίνεται αναφορά στην αποτελεσματικότητα των ΔΜΑ; Εάν ναι, ποια είναι τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση στην μάθηση;
6. Πως κατηγοριοποιούνται οι περιπτώσεις ΔΜΠ που συναντάμε στην επισκόπηση των επιλεγμένων ερευνών?

4.2. Συλλογή δεδομένων: Διαδικασία και τεχνικές/εργαλεία συλλογής δεδομένων

4.2.1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η έρευνα που επιλέξαμε να ακολουθήσουμε στην παρούσα εργασία, για να αναδείξουμε τις διδακτικές παρεμβάσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, ήταν η βιβλιογραφική ανασκόπηση. Σύμφωνα με τις Πατελάρου και Μπροκαλάκη (2010), σκοπός τέτοιων εργασιών είναι να γίνει συστηματική μελέτη της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, σε σχέση με το υπό μελέτη φαινόμενο και τα κριτήρια επιλογής που έχουν τεθεί, προκειμένου να παραχθεί μία νέα και ολοκληρωμένη ερμηνεία των συνολικών ευρημάτων, τα οποία έχουν μεγαλύτερη αξία από τα ευρήματα που προκύπτουν μέσα από μεμονωμένες έρευνες.

Πιο αναλυτικά, η βιβλιογραφική ανασκόπηση εστιάζει στην εύρεση, στην αξιολόγηση και στην επιλογή των κατάλληλων ερευνών μέσα από μηχανές αναζήτησης δεδομένων. Επιπλέον, βοηθάει να αποσαφηνιστούν ποικίλα θέματα στα οποία υπάρχει αβεβαιότητα, ή να καλυφθούν πεδία στα οποία η έρευνα μέχρι στιγμής δεν είναι ολοκληρωμένη, όπως είναι τα είδη του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Καράσση, 2006). Εκτός, από τα παραπάνω πλεονεκτήματα, μία τέτοιου είδους έρευνα επιτρέπει να γίνει μία σύνθεση των δεδομένων που έχουν αναδειχθεί στη βιβλιογραφία και να διεξαχθούν κάποια συμπεράσματα σε σχέση με το υπό μελέτη ερευνητικό φαινόμενο (Πατελάρου & Μπροκαλάκη, 2010).

Τέλος, βασικά στοιχεία της αποτελούν η διατύπωση των ερευνητικών ερωτημάτων, ο προσδιορισμός των κριτηρίων επιλογής των άρθρων, η μέθοδος

αναζήτησης της βιβλιογραφίας, η επιλογή των άρθρων και η αξιολόγηση της μεθοδολογικής επάρκειας των πρωτογενών άρθρων, η καταγραφή των δεδομένων και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων (Καράσσα, 2006).

4.2.2. Κριτήρια επιλογής των επιστημονικών άρθρων

Η επιλογή των επιστημονικών άρθρων στην παρούσα εργασία δεν ήταν τυχαία, αλλά πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια:

1. Να είναι γραμμένα στην αγγλική γλώσσα.
2. Να είναι δημοσιευμένα σε έγκυρα και αναγνωρισμένα επιστημονικά περιοδικά.
3. Η χρονική περίοδος διεξαγωγής τους να είναι από το 2017 ως το 2021.
4. Να περιλαμβάνουν εφαρμογές ΔΜΑ, στις οποίες αξιοποιείται ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου, και
5. Το θέμα τους να αφορά θεματικές περιοχές των Φυσικών Επιστημών που συναντάμε σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης.

4.2.3. Διαδικασία συλλογής των δεδομένων

Η διαδικασία συλλογής δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω της αναζήτησης επιστημονικών άρθρων στη μηχανή αναζήτησης Scopus, τον Ιούλιο του 2021. Η αναζήτηση αυτή περιορίστηκε στη συγκεκριμένη μηχανή καθώς η αντίστοιχη αναζήτηση στο google scholar έδινε πολύ μεγαλύτερο αριθμό άρθρων.

Πιο αναλυτικά, αρχικά προσδιορίστηκαν οι λέξεις- κλειδιά για την αναζήτηση. Οι λέξεις κλειδιά ήταν «Teaching – learning AND sequence» και μέσα από την αναζήτηση προέκυψαν 396 άρθρα. Στη συνέχεια, για να περιοριστεί ο αριθμός των άρθρων έγινε αναζήτηση επιπλέον λέξεων και συγκεκριμένα: «Teaching-learning AND sequence AND science AND education». Από την αναζήτηση αυτή ανασύρθηκαν 66 άρθρα.

Έπειτα, θέτοντας ως κριτήριο τη χρονική περίοδο 2017-2021 περιοριστήκαμε στα 30 άρθρα και από αυτά έγινε επιλογή μόνο των άρθρων που περιλαμβάνουν θεματικές περιοχές των Φυσικών Επιστημών που θα μπορούσαν να αφορούν την Πρωτοβάθμια και τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Με αυτόν τον τρόπο, καταλήξαμε στα 16 άρθρα της έρευνάς μας.

Επιλογικά, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι σε κάθε στάδιο πραγματοποιούνταν μία σύντομη ανάγνωση των αποτελεσμάτων των άρθρων που προέκυπταν και της περίληψής τους, με σκοπό να γίνει επιλογή αποκλειστικά των μελετών εκείνων που πληρούσαν τα κριτήρια της παρούσας έρευνας και απαιτούσαν λεπτομερή εξέταση.

4.3. Διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων

Το επόμενο στάδιο της έρευνας σχετίζεται με τη διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων.

Πιο αναλυτικά, στο στάδιο αυτό πραγματοποιήθηκε αρχικά συστηματική ανάγνωση του άρθρου και κατανόηση του περιεχομένου του, όπως για παράδειγμα ποια είναι η θεματική περιοχή των Φυσικών Επιστημών που διαπραγματεύεται η συγκεκριμένη ΔΜΑ και ποια μέθοδο ακολουθεί για τον σχεδιασμό της.

Στη συνέχεια, έχοντας ως οδηγό 8 ερωτήσεις, οι οποίες σχετίζονταν με τα ερευνητικά μας ερωτήματα, έγινε καταγραφή και συγκέντρωση των σημαντικότερων σημείων του άρθρου και ανάλυσή του. Είναι σημαντικό να ειπωθεί, ότι το τελικό κείμενο περιλάμβανε μία παρουσίαση του άρθρου μεγέθους 2-3 σελίδων, στην οποία έγινε προσπάθεια να απαντηθούν όλες οι ερωτήσεις που είχαμε θέσει ως οδηγό.

Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά ο οδηγός ερωτήσεων:

1. Ποιο είναι το περιεχόμενο ΦΕ που διαπραγματεύεται η ΔΜΑ και σε ποια ηλικιακή ομάδα απευθύνεται;
2. Αναφέρεται το μοντέλο ανάπτυξης της ΔΜΑ, δηλαδή το θεωρητικό πλαίσιο που επηρέασε τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη της ΔΜΑ ή έστω κάποιες σχεδιαστικές αρχές;
3. Υπάρχει ρητή ή έστω υπόρρητη δήλωση των ερευνητών που να υποδεικνύει την εσκεμμένη επιλογή του περιεχομένου για διδακτικό μετασχηματισμό;

4. Γίνεται αναφορά ή αναλυτική περιγραφή στις δυσκολίες των μαθητών σχετικά με την κατανόηση του εν λόγω περιεχομένου που διαπραγματεύεται η ΔΜΑ;
5. Σε ποια στοιχεία του περιεχομένου (έννοιες, νόμοι, φαινόμενα, μέθοδοι κ.ά) έγινε μετασχηματισμός;
6. Ποιες είναι οι διδακτικές προτάσεις που προτείνουν οι ερευνητές για να βοηθήσουν στην κατανόηση του μετασχηματισμένου περιεχομένου από τους μαθητές; Για παράδειγμα, ποιες είναι οι σχετικές δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στην ΔΜΑ;
7. Υπάρχει το χαρακτηριστικό του iteration (επανάληψης); Περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία αυτή;
8. Γίνεται αναφορά στην αποτελεσματικότητα της ΔΜΑ; Εάν ναι, ποια είναι τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση στην μάθηση;

Κεφάλαιο 5^ο: Αποτελέσματα έρευνας

5.1. Συνοπτική παρουσίαση των ερευνών

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται η σύνοψη του κάθε άρθρου που μελετήθηκε. Η ανάλυση του καθενός, όπως έχει προαναφερθεί στην προηγούμενη ενότητα, έγινε με βάση τις ερωτήσεις που είχαν τεθεί ως οδηγός.

I. Έρευνα

Mandrikas, A., Stavrou, D., & Skordoulis, C. (2017). A teaching-learning sequence about weather map reading. *Physics Education*, 52(4), 045007.

Οι Mandrikas, Stavrou και Skordoulis στην έρευνα τους δημιούργησαν και εφάρμοσαν μία ΔΜΑ με θέμα έναν χάρτη πρόγνωσης του καιρού, με έμφαση την αναπαράσταση του ανέμου. Η ΔΜΑ απευθύνονταν σε 60 προπτυχιακούς φοιτητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών και εφαρμόστηκε στα πλαίσια του επιλεγόμενου μαθήματος «Φυσικές Επιστήμες και Περιβάλλον- μία εργαστηριακή προσέγγιση». Κύριος στόχος της έρευνας, ήταν να περιγράψει τη ΔΜΑ ως ένα αποτελεσματικό εκπαιδευτικό εργαλείο που θα καθιστήσει τους εκπαιδευτικούς ικανούς να μπορούν να διδάξουν την ανάγνωση του καιρικού χάρτη στους μελλοντικούς μαθητές τους.

Πιο αναλυτικά, η ΔΜΑ υλοποιήθηκε σύμφωνα με τις αρχές μάθησης που βασίζονται στην διερεύνηση. Ο λόγος σχεδιασμού και ανάπτυξης της, οφείλονταν στο γεγονός ότι δεν υπήρχαν εξειδικευμένες έρευνες στην ανάγνωση του καιρικού χάρτη και ότι όσες έρευνες είχαν διεξαχθεί παγκοσμίως, είχαν αναδείξει ότι τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί παρουσίαζαν δυσκολία να κατανοήσουν τον καιρό και γενικά τις μετεωρολογικές έννοιες. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι ερευνητές πριν την κατασκευή της, έκαναν εκτεταμένη επισκόπηση στις ιδέες των μαθητών σχετικά με τις έννοιες που αφορούν τα καιρικά φαινόμενα.

Αναφορικά με το περιεχόμενο της ΔΜΑ, εκείνη περιλάμβανε δώδεκα δραστηριότητες οι οποίες χωρίζονται σε τρία μέρη. Το πρώτο μέρος αποτελούνταν από τέσσερις εισαγωγικές δραστηριότητες. Σκοπός των δραστηριοτήτων ήταν οι εκπαιδευτικοί να εξοικειωθούν με τα σύμβολα και τη μέτρηση του ανέμου. Οι δραστηριότητες αυτές θεωρήθηκαν απαραίτητες για την ανάγνωση του χάρτη του καιρού. Το δεύτερο μέρος αποτελούνταν από πέντε δραστηριότητες, αποσκοπώντας στην εξοικείωση με τους χάρτες πρόγνωσης καιρού και τα σύμβολά τους. Προκειμένου οι ερευνητές να μειώσουν τις παρανοήσεις που εμφανίζονταν στην βιβλιογραφία, αξιοποίησαν παράλληλους στατικούς και ψηφιακούς χάρτες πρόγνωσης καιρού. Το τρίτο μέρος περιλάμβανε τρεις δραστηριότητες που σχετίζονταν με την καθημερινή ζωή, όπως η αξιοποίηση ιστοσελίδων που χρησιμοποιούν ευρέως οι άνθρωποι για να ενημερώνονται για την πρόγνωση του καιρού.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η παρούσα ΔΜΑ επικεντρώθηκε αποκλειστικά στα σύμβολα που αντιπροσωπεύουν σχετικές επιστημονικές έννοιες όπως είναι οι αέριες μάζες, τα μέτωπα καιρού, οι δυνάμεις που οφείλονται σε βαροβαθμίδες, οι κυκλώνες και αντικυκλώνες μέσου γεωγραφικού πλάτους. Ωστόσο, σκόπιμα κατά τους ερευνητές δεν συμπεριλήφθηκε ο μαθηματικός φορμαλισμός και έννοιες που σχετίζονταν με την παγκόσμια ατμοσφαιρική κίνηση.

Εκτός από τους προαναφερθέντες μετασχηματισμούς (επιλογή συγκεκριμένου επιστημονικού περιεχομένου, αποφυγή διδασκαλίας συγκεκριμένων εννοιών), οι οποίοι δηλώνονται ρητά, οι ερευνητές μετασχημάτισαν και το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων της ΔΜΑ, με υπόρρητη δήλωση. Συγκεκριμένα, χρησιμοποίησαν σε μερικές από τις δραστηριότητες μοντέλα μετεωρολογικού σταθμού προκειμένου οι

συμμετέχοντες να παρατηρήσουν τα σύμβολα που απεικονίζονται πάνω στο μοντέλο, τα οποία αποτελούν κύριοι δείκτες αναπαράστασης του ανέμου στους καιρικούς χάρτες. Επιπρόσθετα, αξιοποιήθηκαν διάφορες ιστοσελίδες, στις οποίες έπρεπε να μπουν οι συμμετέχοντες για να δουν μέσω απεικονίσεων τόσο ψηφιακούς χάρτες όσο και διαγράμματα ή κάρτες πυξίδας (compass cards – wind roses). Στις δραστηριότητες αυτές υπήρχε σύνδεση των νέων εννοιών με απλά παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, όπως ότι η κατανομή του ανέμου *«γίνεται με τη φορά που κινούνται οι δείκτες του ρολογιού»*.

Ακόμη, χρησιμοποιήθηκαν προσομοιώσεις και διαδραστικές κινούμενες εικόνες ως εκπαιδευτικά εργαλεία για να διευκολυνθεί η κατανόηση των χαρτών πρόγνωσης καιρού. Οι ερευνητές δημιούργησαν και παρουσίασαν στους συμμετέχοντες και ένα δικό τους animation από το οποίο αφαίρεσαν σκόπιμα πληροφορίες που δεν σχετίζονται με τον άνεμο, ενώ ενσωμάτωσαν σύμβολα και οδηγίες έχοντας ως σκοπό να επικεντρώσουν την προσοχή των εκπαιδευτικών αποκλειστικά στα χαρακτηριστικά του ανέμου. Τέλος, η επιλογή των ιστοσελίδων που θα επισκέπτονταν οι εκπαιδευτικοί δεν ήταν τυχαία αλλά σχετίζονταν με την καθημερινή ζωή και με καταστάσεις που οι ίδιοι ήταν εξοικειωμένοι.

Όσον αφορά τις δυσκολίες των φοιτητών, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ερευνητές κάθε φορά που μας παρουσιάζουν μία δραστηριότητα δεν αναφέρουν ρητά αν μέσω αυτής προσπαθούν να αντιμετωπίσουν μία συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών αλλά ούτε και αν οι φοιτητές συναντάνε δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση της και ποιες είναι αυτές. Η μόνη αναφορά στις δυσκολίες τους υπάρχει στο εισαγωγικό κομμάτι του άρθρου όπου οι ερευνητές, μας παρουσιάζουν συνοπτικά τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών που εντόπισαν στη βιβλιογραφία και οι οποίες μελετούσαν τις ιδέες των μαθητών για την μετεωρολογία. Σύμφωνα με τις έρευνες αυτές, οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν έννοιες που σχετίζονται με τον άνεμο, δεν μπορούν να εξηγήσουν πως ξεκίνησε ο άνεμος αλλά και γιατί ο άνεμος ποικίλει σε ταχύτητα. Ακόμη, δεν δύναται να επεξηγήσουν τι αντιπροσωπεύουν οι ισοβαρείς, καθώς κάποιοι θεωρούν ότι οι ισοβαρείς αντιπροσωπεύουν την ταχύτητα ή τη θερμοκρασία του ανέμου. Τέλος, αρκετοί μαθητές παρουσιάζουν εναλλακτικές ιδέες σχετικά με τα σύμβολα στους χάρτες πρόγνωσης καιρού. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεί το γεγονός ότι δεν κατανοούν ότι τα σύμβολα «H» και «L», αναφέρονται στην πίεση του αέρα, αλλά έχουν την εναλλακτική ιδέα ότι το «H»

υποδηλώνει υψηλή θερμοκρασία ή υψηλούς ανέμους και το «L», σημαίνει χαμηλή θερμοκρασία ή θα κάνει κρύο. Όλες οι παραπάνω ιδέες και δυσκολίες των μαθητών, ελήφθησαν υπόψιν από τους ερευνητές προκειμένου να σχεδιάσουν τη ΔΜΑ.

Καταλήγοντας, στην ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης και αν προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές. Η μόνη αναφορά είναι στην αποτελεσματικότητα της, η οποία ελέγχθηκε μέσα από ερωτηματολόγια πριν και μετά τη εφαρμογή της ΔΜΑ και με ημιδομημένες συνεντεύξεις. Ειδικότερα, οι εκπαιδευτικοί μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ κατέστησαν ικανοί να αναγνωρίζουν τα σύμβολα ανέμου στους καιρικούς χάρτες, στο μοντέλο μετεωρολογικού σταθμού και στην κάρτα πυξίδα. Ακόμη, εξοικειώθηκαν με βασικά μετεωρολογικά όργανα όπως η πυξίδα και κατάφεραν να τα χρησιμοποιούν για να ορίζουν την κατεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου. Βελτίωσαν την ικανότητά τους να αναγνωρίζουν τις αλλαγές στην ταχύτητα του ανέμου με βάση την κίνηση των συστημάτων βαρομετρικής πίεσης, να προσανατολίζονται και να θυμούνται τη σωστή ονομασία των ανέμων. Ακόμη, ήρθαν σε επαφή με ιστότοπους πρόγνωσης καιρών και κατάφεραν να διαβάζουν τα διαφορετικά σύμβολα, τις απεικονίσεις και τα μνημόνια, ενώ αυξήθηκε το ενδιαφέρον τους για τη μετεωρολογία και την επιστημονική εκπαίδευση.

Τέλος, οι ερευνητές καταλήγουν ότι η παρούσα ΔΜΑ αποτελεί ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την καλύτερη κατανόηση των χαρτών πρόγνωσης καιρού, συνδέοντας την επιστημονική γνώση με την καθημερινή ζωή.

II. Έρευνα

Maurício, P., Valente, B., & Chagas, I. (2017). A didactic sequence of elementary geometric optics Informed by history and philosophy of science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(3), 527-543.

Οι Maurício, Valente και Chagas (2017) στην έρευνα τους δημιούργησαν και εφάρμοσαν μία ΔΜΑ με θέμα τη γεωμετρική οπτική. Η ΔΜΑ απευθύνονταν σε 70 δευτεροετείς προπτυχιακούς φοιτητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ενός πανεπιστημίου στην Πορτογαλία. Οι φοιτητές ήταν κατανεμημένοι σε δύο τάξεις των 35 ατόμων με μέσο όρο ηλικίας τα 20-21 έτη. Κύριος σκοπός της έρευνας ήταν αφενός να αξιολογηθεί κατά πόσο είναι επιτυχής ο διδακτικός μετασχηματισμός στον τομέα της οπτικής με τη βοήθεια της ιστορίας και φιλοσοφίας της επιστήμης και

αφετέρου κατά πόσο η ιστορία και φιλοσοφία της επιστήμης στον διδακτικό μετασχηματισμό επηρεάζει τη διδασκαλία και τη μάθηση. Ακόμη, να σημειωθεί ότι η έρευνα αυτή αποτελούσε ένα μέρος του πρώτου κύκλου έρευνας δράσης και αναπτύχθηκε στις τάξεις ενός από τους ερευνητές.

Πιο αναλυτικά, η ΔΜΑ υλοποιήθηκε σύμφωνα με τις αρχές της κοινωνικό – κονστρουκτιβιστικής προσέγγισης, καθώς οι ερευνητές επιθυμούσαν να λάβουν υπόψιν τις προηγούμενες ιδέες των μαθητών με σκοπό να πραγματοποιήσουν έναν πιο αποτελεσματικό διδακτικό μετασχηματισμό. Επιπλέον, ως βοηθητικό εργαλείο για την εφαρμογή του διδακτικού μετασχηματισμού, αξιοποίησαν την ιστορία και τη φιλοσοφία της επιστήμης καθώς στόχος τους ήταν να προωθήσουν τη μάθηση για τη φύση της επιστήμης, να επηρεάσουν θετικά τη στάση των μαθητών, να βοηθήσουν την εννοιολογική αλλαγή και να προωθήσουν μια καλύτερη κατανόηση των επιστημονικών ιδεών.

Αναφορικά με το περιεχόμενο της ΔΜΑ, εκείνη περιλάμβανε μια σειρά από δραστηριότητες. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές από αυτές που συνιστούν διδακτικό μετασχηματισμό. Συγκεκριμένα, η πρώτη δραστηριότητα είχε θέμα τη διάδοση του φωτός προς κάποια κατεύθυνση και αποσκοπούσε να κατανοήσουν οι φοιτητές την διαδικασία της όρασης. Για τον σκοπό αυτό, έγινε χρήση της αναλογίας του κώνου φωτός του Κέπλερ με την ανατομία του ματιού. Όπως, στον κώνο φωτός του Κέπλερ ο παρατηρητής μπορεί να αλληλοεπιδράσει με το ότι βρίσκεται μέσα στον κώνο που φωτίζεται, αντίστοιχα ο άνθρωπος μέσω της όρασης αντιλαμβάνεται τα αντικείμενα που υπάρχουν γύρω του όταν σε αυτά διαχέεται φως. Είναι άξιο να αναφερθεί ότι οι ερευνητές σκόπιμα δεν έκαναν αναφορά στις ακτίνες του ήλιου, αλλά μόνο στη διάδοση του φωτός προς κάποια κατεύθυνση.

Ακόμη, στη δραστηριότητα αυτή παρουσιάστηκαν διαγράμματα και εικόνες στους μαθητές από τον Ντεκάρτ και άλλους συγγραφείς, για να παρατηρήσουν την ανατομία του ματιού και να διεξαχθεί μία εποικοδομητική συζήτηση. Τέλος, διεξήχθη ένα απλό πείραμα ως προσομοίωση στο εργαστήριο της σχολής όπου οι εκπαιδευτικοί εργάστηκαν σε μικρές ομάδες. Στο πείραμα χρησιμοποίησαν έναν κυρτό φακό, ο οποίος αντιπροσώπευε τον κερατοειδή και τον βιολογικό φακό (cornea and biological lens), για να δημιουργήσουν την εικόνα ενός κεριού σε ένα χαρτόνι. Σκοπός του πειράματος, ήταν οι συμμετέχοντες να κατανοήσουν τον τρόπο με τον

οποίο γίνεται η διέλευση του φωτός μέσα από τον κερατοειδή και τον βιολογικό φακό, ο οποίος περιγράφεται με το φαινόμενο της διάθλασης. Κρίνεται σημαντικό να αναφερθεί ότι σε όλη την παρέμβαση η περιγραφή των φαινομένων ήταν μόνο ποιοτική.

Στην επόμενη δραστηριότητα, οι ερευνητές έκαναν χρήση των μοντέλων, και συγκεκριμένα αξιοποίησαν το μοντέλο του Νεύτωνα, το οποίο κατασκευάστηκε από τους ίδιους τους ερευνητές, προκειμένου οι συμμετέχοντες να κατανοήσουν τα διαφορετικά χρώματα του φωτός. Σύμφωνα με το μοντέλο, όταν μία ακτίνα του ηλιακού φωτός περάσει μέσα από ένα γυάλινο αντικείμενο, τότε η ακτίνα φωτός που προσπίπτει πάνω σε αυτήν δεν είναι λευκή αλλά αντιθέτως αποτελείται από ένα φάσμα χρωμάτων. Αξίζει να επισημανθεί ότι πριν τη χρήση του Νευτώνιου μοντέλου, διενεργήθηκε συζήτηση για τον λόγο χρήσης, την αξία, τις δυνατότητες και τις αδυναμίες των μοντέλων. Σκοπός της συζήτησης αυτής, ήταν οι μαθητές να κατανοήσουν ότι τα μοντέλα αποτελούν μία αναπαράσταση της πραγματικότητας και όχι απεικόνισή της. Στο σημείο αυτό, οι ερευνητές επιλέγουν να μην αναφερθούν στη διαφορά του τι καταλαβαίνει ο Νεύτωνας με τις ακτίνες του φωτός (η ακτίνα φωτός ορίζεται ως η λεπτή δέσμη φωτός που διατηρεί τις ιδιότητές του και έχει πραγματική ύπαρξη) και του τι πραγματικά πρέπει να καταλάβει (οι ακτίνες φωτός υποδηλώνουν την κατεύθυνση διάδοσης του φωτός) για να μην προκαλέσουν σύγχυση στους μαθητές και ενισχύσουν την εναλλακτική ιδέα για τις ακτίνες του φωτός. Να μην ενισχύσουν, δηλαδή, την εναλλακτική ιδέα των μαθητών ότι οι ακτίνες φωτός έχουν πραγματική ύπαρξη.

Τέλος, μία ακόμη δραστηριότητα, στην οποία αξιοποιήθηκε ο διδακτικός μετασχηματισμός με τη χρήση εποπτικού υλικού, αποτέλεσε η παρακολούθηση δύο βίντεο κλιπ. Το πρώτο περιλάμβανε το έργο του Κέπλερ και τις παρατηρήσεις του Γαλιλαίου με τη χρήση του τηλεσκοπίου. Σκοπός του ήταν να εξηγήσει τη σημασία της διόπτρας του Κέπλερ, χρησιμοποιώντας μία επιστημονική ορολογία, και να αναδείξει την αξία του φακού και τη συμπεριφορά του φωτός στο φακό. Αναφορικά με το δεύτερο βίντεο κλιπ, εκείνο εξηγούσε το έργο του Κέπλερ (κώνο φωτός) και περιέγραφε τη διαδικασία της όρασης. Σκοπός του δεύτερου βίντεο, ήταν να γίνει μία συσχέτιση και αναλογία ανάμεσα στον κώνο φωτός του Κέπλερ και στην διαδικασία της όρασης.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω και σύμφωνα με τον λόγο των ερευνητών, η παρούσα ΔΜΑ αξιοποιεί τον διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου, στοιχείο που δηλώνεται ρητά σε όλο το κείμενο, καθώς επιθυμούσαν να μετατρέψουν την επιστημονική γνώση της γεωμετρικής οπτικής σε γνώση που μπορεί να διδαχθεί στους μαθητές. Ειδικότερα, η ΔΜΑ επικεντρώθηκε στην πιο απλή μορφή της γεωμετρικής οπτικής, καθώς στόχος των ερευνητών ήταν οι συμμετέχοντες να κατανοήσουν αρχικά βασικές πτυχές και ερμηνευτικά μοντέλα όπως η ευθεία διάδοση του φωτός, η διάθλασή του, οι σκιές και τα χρώματα και να εξοικειωθούν με τη λειτουργία οργάνων όπως τα πρίσματα και οι φακοί, και έπειτα να εμπλακούν με πιο δύσκολες μορφές γνώσης όπως οι καθρέφτες και η λειτουργία τους. Είναι σημαντικό να ειπωθεί, ότι οι καθρέφτες εισάγονται αργότερα στη διδασκαλία τους, καθώς δεν επιθυμούσαν να προκαλέσουν σύγχυση στους μαθητές ανάμεσα στην διάθλαση και την ανάκλαση.

Τέλος, οι ερευνητές στην έρευνά τους κάθε φορά που μας παρουσιάζουν μία δραστηριότητα δεν αναφέρουν ρητά αν μέσω αυτής προσπαθούν να αντιμετωπίσουν μία συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών αλλά ούτε και αν οι φοιτητές συναντάνε δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση της και ποιες είναι αυτές. Η μόνη αναφορά στις δυσκολίες και στις ιδέες, υπάρχει αφενός στο εισαγωγικό κομμάτι της έρευνας, όπου οι ερευνητές απλώς αναφέρουν ότι έλαβαν υπόψιν την προηγούμενη γνώση του μαθητή πάνω στη γεωμετρική οπτική κατά τον σχεδιασμό της ΔΜΑ, χωρίς όμως να την παρουσιάζουν και αφετέρου στα αποτελέσματα όπου οι ερευνητές εξηγούν τους λόγους για τους οποίους οι συμμετέχοντες δεν κατανόησαν τις νέες γνώσεις αλλά διατήρησαν τις υπάρχουσες ιδέες τους.

Καταλήγοντας, στην ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης και αν προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές. Η μόνη αναφορά είναι στην αποτελεσματικότητά της η οποία ελέγχθηκε με ερωτηματολόγια ανοιχτού τύπου τα οποία διαμοιράστηκαν στους συμμετέχοντες πριν και μετά τη διδασκαλία. Σύμφωνα με τους ερευνητές, η ΔΜΑ δεν είχε τα αναμενόμενα αποτελέσματα καθώς η πλειοψηφία των συμμετεχόντων εξακολουθεί να διατηρεί τις προηγούμενες αντιλήψεις τους.

III. Έρευνα

Maurício, P., Valente, B., & Chagas, I. (2017). A teaching-learning sequence of colour informed by history and philosophy of science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(7), 1177-1194.

Οι Maurício, Valente και Chagas στην έρευνα τους, παρουσιάζουν δύο ΔΜΑ με θέμα τη διδασκαλία και την εκμάθηση του χρώματος. Οι ΔΜΑ υλοποιήθηκαν στα πλαίσια δύο κύκλων εκπαιδευτικής έρευνας δράσης, διάρκειας δύο συνεχόμενων ακαδημαϊκών ετών, και απευθύνονταν σε προπτυχιακούς φοιτητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην Πορτογαλία. Η πρώτη ΔΜΑ εφαρμόστηκε το 2012/2013 σε 66 φοιτητές, ενώ η δεύτερη την επόμενη χρονιά σε 67. Κύριος σκοπός της έρευνάς τους ήταν αφενός να συγκρίνουν τις εναλλακτικές και αρχικές ιδέες των φοιτητών αναφορικά με το χρώμα, με τις ιδέες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία και αφετέρου να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα των ΔΜΑ. Ο έλεγχος αποτελεσματικότητας των ΔΜΑ επιτυγχάνεται με ερωτηματολόγια πριν και μετά από την κάθε διδακτική παρέμβαση.

Αναφορικά με το μοντέλο ανάπτυξης των ΔΜΑ, εκείνες υλοποιήθηκαν σύμφωνα με τις αρχές της κοινωνικό – κονστρουκτιβιστικής προσέγγισης, καθώς επιθυμία των ερευνητών ήταν μέσα από μία αναδρομή της ιστορίας του χρώματος, να ερευνήσουν τις εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών ώστε μέσα από την εφαρμογή των ΔΜΑ να οικοδομήσουν τη νέα γνώση πάνω σε αυτές. Επίσης, ως βοηθητικό εργαλείο χρησιμοποίησαν την ιστορία και τη φιλοσοφία της Επιστήμης. Τέλος, κατά το στάδιο κατασκευής των ΔΜΑ, οι ερευνητές μελέτησαν πρώτα τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και έπειτα επέλεξαν τις δραστηριότητες που θα συμπεριλαμβάνονταν στις διδακτικές τους παρεμβάσεις.

Πιο αναλυτικά, σε κάθε μία από τις ΔΜΑ, συνολικής χρονικής διάρκειας 12 ωρών για την οπτική με 4 ώρες και 45 λεπτά να είναι αφιερωμένα στο χρώμα, περιλαμβάνονταν μία σειρά από δραστηριότητες.

Στην αρχική ΔΜΑ, η πρώτη δραστηριότητα είχε θέμα τη διάδοση του φωτός και αποσκοπούσε να κατανοήσουν οι φοιτητές τη διαδικασία της όρασης. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε μία αναλογία ανάμεσα στον κώνο φωτός του Κέπλερ και της ανατομίας του ματιού, με τη βοήθεια ενός διαγράμματος. Ακόμη, για τον

σκοπό αυτό, έγινε χρήση των μοντέλων και συζήτηση για τον ρόλο τους και τη σημασία τους στην επιστήμη. Η επόμενη δραστηριότητα διαπραγματεύονταν την έννοια της διάθλασης και ανάκλασης του φωτός, αποσκοπώντας να κατανοήσουν οι φοιτητές τη συμπεριφορά του φωτός σε επιφάνειες μεταξύ οπτικών μέσων και αδιαφανών σωμάτων. Στο στάδιο αυτό, η εξήγηση των νόμων της διάθλασης και ανάκλασης ήταν ποιοτική και όχι φορμαλιστική.

Μία άλλη δραστηριότητα, ήταν η διεξαγωγή συζήτησης για τα είδη των καθρεφτών και των φακών. Σκοπός της συζήτησης αυτής, ήταν να εισαχθεί η έννοια του πρίσματος και ο διαχωρισμός του ηλιακού φωτός στα συστατικά του. Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι, οι ερευνητές αξιοποίησαν και απλά πειράματα από την καθημερινή ζωή (δημιουργία μια πραγματικής εικόνας ενός κεριού σε ένα χαρτόνι χρησιμοποιώντας κοίλους καθρέφτες), τα οποία κατασκευάστηκαν από τους ίδιους τους μαθητές. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε μία δραστηριότητα με θέμα τη φύση του φωτός, αποσκοπώντας οι εκπαιδευτικοί να κατανοήσουν τις βασικές έννοιες της κυματοειδούς θεωρίας του φωτός, όπως το μήκος κύματος, η συχνότητα, η ενέργεια και η σχέση τους. Οι τελευταίες δραστηριότητες αφορούσαν τη διδασκαλία του χρώματος και πραγματοποιήθηκαν μέσα από απλά πειράματα δημιουργίας χρωμάτων τα οποία προέκυπταν άλλοτε από την προσθήκη χρωμάτων και άλλοτε από την αφαίρεση κάποιων από αυτών. Πρέπει να σημειωθεί, ότι στο κομμάτι της διδασκαλίας που αφορούσε τις δύο διαδικασίες ανάμειξης των χρωμάτων, την προσθετική και την αφαιρετική ανάμειξη, οι ερευνητές σκόπιμα επέλεξαν να τις απομονώσουν και να τις διδάξουν σε δύο ξεχωριστές τάξεις, λόγω δυσκολίας των εκπαιδευτικών να διακρίνουν τις δύο διαδικασίες.

Όσον αφορά τη δεύτερη ΔΜΑ, εκείνη προέκυψε ύστερα από την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της αρχικής ΔΜΑ, και αποτελεί με άλλα λόγια μία αναθεωρημένη και βελτιωμένη μορφή της. Για τον λόγο αυτό, περιλαμβάνει τις ίδιες δραστηριότητες που αναφέρθηκαν παραπάνω με την ειδοποιό διαφορά ότι σε αυτήν την ΔΜΑ, οι ερευνητές επέλεξαν να επικεντρωθούν αποκλειστικά στη γεωμετρική οπτική καθώς είναι ανεξάρτητη από τη φύση του φωτός, η οποία δεν μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτή από τις ανθρώπινες αισθήσεις. Τέλος, έγινε χρήση των μοντέλων για την αναπαράσταση του φωτός στη γεωμετρική οπτική, τα οποία αναπαριστούν την κατεύθυνση διάδοσης του φωτός, χωρίς να γίνεται αναφορά στο κυματοειδή και σωματιδιακό μοντέλο του.

Εκτός από τους μετασχηματισμούς του περιεχομένου που αναδεικνύονται στις παραπάνω δραστηριότητες (διαγράμματα, απλά πειράματα, χρήση μοντέλων, επιλογή συγκεκριμένου περιεχομένου για διδασκαλία και αποφυγή συγκεκριμένων εννοιών, ποιοτική περιγραφή νόμων και εννοιών), οι ερευνητές αξιοποίησαν τον διδακτικό μετασχηματισμό χωρίς να δηλώνεται ρητά και κατά τον σχεδιασμό της ΔΜΑ. Συγκεκριμένα, έλαβαν υπόψιν, μελετώντας τη βιβλιογραφία, τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να διδαχθεί η έννοια του χρώματος στο σχολείο, και μελέτησαν πως αυτός ο τομέας της επιστήμης μπορεί να μετασχηματιστεί ώστε να ανταποκρίνεται στο γνωστικό, κοινωνικό και οικονομικό υπόβαθρο των μαθητών.

Αναφορικά με τις δυσκολίες των φοιτητών στη ΔΜΑ, μπορεί να ειπωθεί ότι οι ερευνητές κάθε φορά που μας παρουσιάζουν μία δραστηριότητα δεν αναφέρουν ρητά αν μέσω αυτής προσπαθούν να αντιμετωπίσουν μία συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών αλλά ούτε και αν οι φοιτητές συναντάνε δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση της και ποιες είναι αυτές. Η μόνη αναφορά στις δυσκολίες και στις ιδέες τους, υπάρχει στο εισαγωγικό κομμάτι της έρευνας, όπου οι ερευνητές μας παρουσιάζουν τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών, οι οποίες μελετούσαν τις ιδέες των μαθητών για το χρώμα. Σύμφωνα με τις έρευνες αυτές, οι μαθητές δεν κατανοούν ότι το λευκό φως είναι ανάμειξη διαφορετικών χρωμάτων, αλλά θεωρούν ότι το χρώμα είναι ιδιότητα των αντικειμένων ή διαφορετικά, αποτελεί χαρακτηριστικό της ύλης και όχι του φωτός. Τέλος, θεωρούν την έννοια «χρώμα» ισοδύναμη έννοια με την «έγχρωμη ύλη». Ένα ενδεικτικό παράδειγμα, αποτελεί το γεγονός ότι κατανοούν το κόκκινο χρώμα ως κόκκινη χρωστική ουσία. Όλες οι παραπάνω ιδέες, αξιοποιήθηκαν και ελήφθησαν υπόψιν από τους ερευνητές στο παρόν άρθρο για να σχεδιάσουν τη ΔΜΑ.

Καταλήγοντας, στις ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης και αν προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές. Η μόνη αναφορά είναι στην αποτελεσματικότητα τους, η οποία ελέγχθηκε μέσα από ερωτηματολόγια πριν και μετά την εφαρμογή των ΔΜΑ. Ειδικότερα, οι εκπαιδευτικοί δεν σημείωσαν μεγάλη αλλαγή στις γνώσεις τους αναφορικά με το χρώμα, λόγω της μικρής διάρκειας της παρέμβασης. Εντούτοις, μέσα από τις ΔΜΑ αναδείχτηκαν και επιβεβαιώθηκαν οι εναλλακτικές ιδέες και οι απόψεις τους, οι οποίες παρουσιάζονταν στη βιβλιογραφία, όπως είναι η επικράτηση και διατήρηση μιας οντολογικής προσέγγισης του χρώματος.

IV. Έρευνα

Colantonio, A., Galano, S., Leccia, S., Puddu, E., & Testa, I. (2018). Design and development of a learning progression about stellar structure and evolution. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010143.

Οι Colantonio, Galano, Leccia, Puddu, και Testa στην έρευνά τους σχεδίασαν και ανέπτυξαν μία μαθησιακή ακολουθία (*Learning Progression*), η οποία στην πορεία της έρευνας αναθεωρήθηκε, με θέμα την αστρική δομή και εξέλιξη. Η πρώτη μαθησιακή πρόοδος απευθύνονταν σε 77 μαθητές ηλικίας 13 έως 18 ετών που φοιτούσαν σε ένα σχολείο στην Ιταλία, ενώ στις αναθεωρημένες μορφές της πήραν μέρος, στην πρώτη 20 μαθητές (17-18 ετών) και στη δεύτερη 30 Ιταλοί μαθητές (17-18 ετών). Σκοπός της έρευνά τους ήταν να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν πώς οι μαθητές κατανοούν την αστρική δομή και εξέλιξη.

Πιο αναλυτικά, οι μαθησιακές ακολουθίες σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν λαμβάνοντας υπόψιν το περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών της Ιταλίας, τα μοντέλα αστροφυσικής και τις ιδέες των μαθητών όπως προκύπτουν από τη βιβλιογραφία. Ο λόγος σχεδιασμού και ανάπτυξης τους, οφείλονταν στο γεγονός ότι δεν υπήρχαν προηγούμενες έρευνες που να εστιάζουν στο πώς οι μαθητές κατανοούν την αστρική δομή και εξέλιξη, αλλά ούτε έρευνες που να δίνουν έμφαση στο πώς μπορεί να αλλάξουν οι ιδέες και ο συλλογισμός των μαθητών για το υπό μελέτη φαινόμενο μετά την διδασκαλία ή την εκπαιδευτική παρέμβαση.

Ένα ακόμη στοιχείο που σχετίζεται με τον σχεδιασμό τους, είναι ότι οι μαθησιακές ακολουθίες στηρίζονταν σε ένα πιο προχωρημένο επίπεδο (*fine-grained level*) καθώς αποσκοπούσαν να εστιάσουν με λεπτομέρεια στη μάθηση των μαθητών, δίνοντας έμφαση στο πώς αλλάζουν οι ιδέες και οι συλλογισμοί τους. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι οι ερευνητές πριν την κατασκευή τους, έκαναν εκτεταμένη επισκόπηση στις ιδέες των μαθητών σχετικά με τις έννοιες που αφορούν την αστρική δομή και εξέλιξη.

Αναφορικά με το περιεχόμενο των διδακτικών ακολουθιών εκείνες περιλάμβαναν τρεις διαστάσεις: την υδροστατική ισορροπία (*hydrostatic equilibrium*), τη σύνθεση και τη συνολική κατάσταση (*composition and aggregation state*) καθώς και τη λειτουργία και την εξέλιξη (*functioning and evolution*) ενός

αστεριού. Η συνολική διάρκεια τους ήταν 3 χρόνια, ενώ η τελική μαθησιακή ακολουθία προέκυψε από αναθεωρήσεις και βελτιώσεις δύο προηγούμενων μαθησιακών ακολουθιών. Ειδικότερα, η πρώτη μαθησιακή ακολουθία περιλάμβανε μία ΔΜΑ διάρκειας 12 ωρών, χωρισμένη σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση, επισημαίνεται με απλό τρόπο ότι τα αστέρια είναι ουράνια σώματα που περιστρέφονται χωρίς να δίνονται άλλες λεπτομέρειες και ότι η βαρύτητα είναι η κύρια υπεύθυνη για την περιστροφή, τον σχηματισμό και το σχήμα των άστρων. Σκοπός της φάσης αυτής είναι να γίνει μία εισαγωγή στο υπό μελέτη φαινόμενο.

Στη δεύτερη φάση, οι μαθητές καθοδηγούνται να μελετήσουν τα φυσικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν ένα αστέρι. Συγκεκριμένα, μετράνε με τη βοήθεια ενός προγράμματος επεξεργασίας ήχου τη συχνότητα του ήχου του Ήλιου, και εξάγουν τη μαθηματική σχέση ανάμεσα στη μάζα, τη θερμοκρασία και την ακτίνα ενός αστεριού. Σκοπός της φάσης αυτής είναι οι μαθητές να εξοικειωθούν αποκλειστικά με μεθόδους που χρησιμοποιούνται στην αστροφυσική. Επίσης, μέσω μίας άλλης δραστηριότητας, και υποθέτοντας ότι το σχήμα των αστεριών είναι σφαιρικό εξαιτίας της βαρύτητας, εισάγονται στην υδροστατική ισορροπία ενός άστρου, η οποία βασίζεται στην αλληλεπίδραση της βαρυτικής πίεσης και της εσωτερικής πίεσης του ρευστού. Ακόμη, στη φάση αυτή χρησιμοποιώντας τη βοήθεια του λογισμικού Tracker μετράνε την ταχύτητα περιστροφής του ήλιου. Στόχος της δραστηριότητας είναι να γίνει σύγκριση ανάμεσα στην κεντρομόλο και βαρυτική δύναμη ενός στοιχείου που έχει μικρό όγκο προκειμένου να κατανοήσουν οι μαθητές ότι το γινόμενο της μάζα επί της κεντρομόλου δύναμης, δεν έχει το ίδιο μέγεθος με τη βαρυτική δύναμη και ότι η κεντρομόλος δύναμη είναι η μόνη δύναμη που ασκείται σε ένα περιστρεφόμενο σώμα. Στην τελευταία φάση, δίνεται έμφαση στις συνθήκες ισορροπίας ενός αστεριού και κυρίως στη δύναμη θερμικής πίεσης, η οποία χρησιμοποιείται για να δικαιολογήσει την ισορροπία. Τέλος, εισάγεται η έννοια της αστρικής δομής, αποσκοπώντας να κατανοήσουν οι μαθητές που λαμβάνουν χώρα οι πυρηνικές αντιδράσεις.

Μετά την εφαρμογή και αξιολόγηση της ΔΜΑ με τη χρήση συνεντεύξεων, οι ερευνητές προέβησαν σε κάποιες βελτιωτικές αλλαγές, δημιουργώντας μία δεύτερη αναθεωρημένη ΔΜΑ, διάρκειας 20 ωρών. Στην δεύτερη ΔΜΑ, αναφορικά με τη διάσταση της υδροστατικής ισορροπίας, αποφασίστηκε πρώτα να διεξαχθεί η εργασία να σχεδιαστούν με τη βοήθεια ενός χαρτιού και μολυβιού οι δυνάμεις που δρουν σε

ένα μικρό στοιχείο μάζας (small element of mass) και μετέπειτα να μετρηθεί η ταχύτητα περιστροφής του Ήλιου με το λογισμικό Tracker. Σκοπός αυτής της επιλογής ήταν να κατανοήσουν οι μαθητές ότι υπάρχουν και άλλες δυνάμεις, εκτός από τη βαρύτητα που δρουν πάνω σε ένα αστέρι. Ακόμη, προκειμένου να κατανοηθεί η ισορροπία ενός αστεριού έγινε αναλογία με την άνωση και αρχή του Αρχιμήδη. Σχετικά με τη διάσταση της σύνθεσης και συγκέντρωσης εισήχθησαν πειράματα επίδειξης, χρησιμοποιώντας ένα φασματόμετρο, με σκοπό να κατανοήσουν οι μαθητές που οφείλεται η εκπομπή φωτός των αστεριών και να συνειδητοποιήσουν ότι στα εξωτερικά στρώματα των αστεριών υπάρχουν διάφορα χημικά στοιχεία, εκτός από το υδρογόνο. Τέλος, στη διάσταση της λειτουργίας και της εξέλιξης χρησιμοποιείται μία νέα εργασία με χαρτί και μολύβι για να εκτιμηθεί η ποσότητα της ενέργειας που απελευθερώνεται από την καύση του υδρογόνου. Ενώ, προστίθεται και μία νέα ενότητα για την εισαγωγή της ενέργειας δέσμησης (binding energy) των χημικών στοιχείων, έχοντας ως σκοπό να γίνουν οι μαθητές ικανοί να καθορίζουν την ποσότητα ενέργειας που παράγεται από κάθε πυρηνική αντίδραση. Όπως αναδεικνύεται από τα παραπάνω στην παρούσα έρευνα υπάρχει το χαρακτηριστικό του iteration.

Με βάση τα όσα παρουσιάστηκαν παραπάνω, η παρούσα ΔΜΑ επικεντρώθηκε αποκλειστικά στις τρεις διαστάσεις της αστρικής δομής. Η επιλογή των διαστάσεων σύμφωνα με τους ερευνητές δεν ήταν τυχαία, αλλά σκόπιμη καθώς περιλαμβάνουν ιδέες και μοντέλα που συμβάλλουν στο να εξηγηθούν ποικίλα φαινόμενα που σχετίζονται με την αστρική δομή και συνδέουν δύο σχετικές έννοιες της φυσικής, τη βαρύτητα και τις πυρηνικές αντιδράσεις. Ακόμη, στη ΔΜΑ δεν αναλύθηκαν οι έννοιες της κεντρομόλου και φυγόκεντρου δύναμης, προκειμένου να μην προκληθούν εσφαλμένες αντιλήψεις στους μαθητές.

Εκτός από τους προαναφερθέντες μετασχηματισμούς (επιλογή συγκεκριμένου επιστημονικού περιεχομένου, αποφυγή διδασκαλίας συγκεκριμένων εννοιών), οι οποίοι δηλώνονται ρητά, οι ερευνητές μετασχημάτισαν και το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων της ΔΜΑ, με υπόρρητη δήλωση. Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκε εποπτικό υλικό όπως προγράμματα επεξεργασίας ήχου για να μετρηθεί η συχνότητα ήχου του Ήλιου και το λογισμικό Tracker για να μετρηθεί η ταχύτητα περιστροφής του Ήλιου. Επιπλέον, αξιοποιήθηκε η μέθοδος της αναλογίας. Οι ερευνητές εξήγησαν χρησιμοποιώντας μετασχηματισμένους όρους ότι όπως ένα σώμα δεν βυθίζεται στο

νερό λόγω των δυνάμεων που δρουν πάνω του, κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και στα αστέρια και ισορροπούν. Τέλος, διεξήχθησαν απλά πειράματα επίδειξης με τη χρήση λαμπτήρα πυρακτώσεως για να κατανοήσουν οι μαθητές ότι η εκπομπή φωτός από τα αστέρια οφείλεται σε μηχανισμό θερμικής εκπομπής.

Όσον αφορά τις δυσκολίες και ιδέες των μαθητών, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ερευνητές, πριν το σχεδιασμό, κατά και μετά την εφαρμογή των ΔΜΑ λαμβάνουν υπόψιν τις δυσκολίες των μαθητών σχετικά με την κατανόηση του εν λόγω περιεχομένου και μελετούν πως εξελίσσονται μέσα από τη ΔΜΑ, προσπαθώντας να μετασχηματίσουν το περιεχόμενο και τις δραστηριότητες με τέτοιον τρόπο ώστε να γίνονται κατανοητές από τους μαθητές και να επιλυθούν πιθανές παρανοήσεις. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους ερευνητές, οι ιδέες των μαθητών γενικά για την αστρονομία είναι: ότι οι μαθητές δεν κάνουν διάκριση μεταξύ των αστερών και του πλανήτη, πιστεύουν ότι ο Γαλαξίας αποτελείται από αστέρια που βρίσκονται πολύ κοντά το ένα με το άλλο, δυσκολεύονται να εκτιμήσουν την απόσταση μεταξύ των αστεριών και της γης και θεωρούν ότι τα αστέρια είναι ακίνητα ουράνια αντικείμενα. Σχετικά με τη λειτουργία των αστεριών, οι μαθητές πιστεύουν ότι ένα αστέρι είναι ένα «φλεγόμενο αντικείμενο», το οποίο απελευθερώνει κάποιο είδος «ενέργειας». Ακόμη, θεωρούν ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ακτίνα ενός αστεριού, τόσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του και τέλος έχουν την πεποίθηση ότι ένα αστέρι εκπέμπει μονοχρωματικό φως.

Καταλήγοντας, η παρούσα διδακτική παρέμβαση είχε θετικά αποτελέσματα στη μάθηση των μαθητών, καθώς οι μαθητές συνέδεσαν τις προηγούμενες γνώσεις τους για τις πυρηνικές αντιδράσεις με μία νέα γνώση που σχετίζεται με τη συνέπεια των πυρηνικών αντιδράσεων όπως είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας ενός αστεριού και η παραγωγή χημικών στοιχείων. Επίσης, εμβάθυναν τις γνώσεις τους για τις πυρηνικές αντιδράσεις και τις συνέπειες τους, ενώ ταυτόχρονα κατανόησαν καλύτερα γιατί η έννοια της μάζας είναι σημαντική για τον προσδιορισμό της εξέλιξης ενός αστεριού. Ως γενικό σχόλιο δύναται να ειπωθεί ότι όλες οι δραστηριότητες των ΔΜΑ συνέβαλαν ώστε οι μαθητές να αποκτήσουν περισσότερες γνώσεις και να επιλύσουν τυχόν παρανοήσεις.

V. Έρευνα

Mandrikas, A., Stavrou, D., Halkia, K., & Skordoulis, C. (2018). Preservice elementary teachers' study concerning wind on weather maps. *Journal of Science Teacher Education*, 29(1), 65-82.

Οι Mandrikas, Stavrou, Halkia και Skordoulis στην έρευνά τους δημιούργησαν και εφάρμοσαν μία ΔΜΑ με θέμα τη μετεωρολογία και συγκεκριμένα την αναπαράσταση του ανέμου στους χάρτες πρόγνωσης καιρού. Η ΔΜΑ απευθύνονταν σε 60 προπτυχιακούς φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και εφαρμόστηκε στα πλαίσια ενός μαθήματος επιλογής με τίτλο: «Φυσικές Επιστήμες και Περιβάλλον: Εργαστηριακή Προσέγγιση». Κύριος στόχος της έρευνάς τους ήταν να διερευνήσουν τον βαθμό στον οποίο οι φοιτητές δύναται να κατανοήσουν τις αναπαραστάσεις του ανέμου στους χάρτες πρόγνωσης καιρού.

Πιο αναλυτικά, η ΔΜΑ υλοποιήθηκε σύμφωνα με τις αρχές της μάθησης που βασίζονται στη διερεύνηση, αξιοποιώντας παράλληλα συνεργατικές μεθόδους και την τεχνολογία της πληροφορίας και της επικοινωνίας. Ακόμη, ενσωμάτωσε το εκπαιδευτικό μοντέλο 5E, το οποίο αποτελείται από τις ακόλουθες φάσεις: την εμπλοκή, την εξερεύνηση, την εξήγηση, την επεξεργασία και την αξιολόγηση. Ο λόγος σχεδιασμού και ανάπτυξης της, οφείλονταν στο γεγονός ότι δεν υπήρχαν εξειδικευμένες έρευνες στην ανάγνωση του χάρτη πρόγνωσης καιρού.

Αναφορικά με το περιεχόμενο της ΔΜΑ, εκείνη περιλάμβανε 12 δραστηριότητες συνολικής διάρκειας 6 ωρών με θέμα τον άνεμο, οι οποίες χωρίζονταν σε τρία επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο, οι φοιτητές εξοικειώθηκαν με βασικά μετεωρολογικά όργανα, όπως η πυξίδα, ο ανεμοδείκτης και το ανεμόμετρο και εκπαιδεύτηκαν να αναγνωρίζουν τα σύμβολα του ανέμου, και συγκεκριμένα τα σύμβολα που υπάρχουν στο μοντέλο του μετεωρολογικού σταθμού και της κάρτας πυξίδας (*Wind Rose*). Ακόμη, εκπαιδεύτηκαν να χαρακτηρίζουν τον άνεμο ανάλογα με την κατεύθυνση από την οποία προέρχεται και την ταχύτητά του. Σκοπός της φάσης αυτής, είναι οι φοιτητές να αποκτήσουν τις βασικές γνώσεις που απαιτούνται για να μπορέσουν να ερμηνεύσουν σε επόμενο επίπεδο ένα χάρτη πρόγνωσης καιρού.

Στο δεύτερο επίπεδο, οι συμμετέχοντες καλούνταν να κατανοήσουν κάποια στοιχεία που σχετίζονταν με τον άνεμο και απεικονίζονταν στους χάρτες πρόγνωσης καιρού όπως είναι οι ισοβαρείς και ο κανόνας που ισχύει για αυτούς, ότι όσο πιο κοντά βρίσκονται οι ισοβαρείς μεταξύ τους, τόσο πιο πολύ αέρα έχει στην περιοχή. Επιπλέον, μέσα από τις δραστηριότητες έγινε μία προσπάθεια να αντιληφθούν τις αλλαγές που εμφανίζονται στην κατεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου ανάλογα με την κίνηση των συστημάτων βαρομετρικής πίεσης και ήρθαν σε επαφή με έννοιες όπως η βαρομετρική πίεση και η δύναμη βαροβαθμίδας (*pressure gradient force*). Σκοπός του επιπέδου αυτού ήταν να κατανοήσουν οι φοιτητές τα στοιχεία εκείνα που σχετίζονται με τον άνεμο και απεικονίζονται σε έναν χάρτη πρόγνωσης καιρού.

Στο τρίτο επίπεδο, το οποίο είχε τη μορφή αξιολόγησης, οι συμμετέχοντες καλούνταν να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους σε πρακτικές καταστάσεις που σχετίζονταν με την καθημερινή ζωή. Σκοπός των δραστηριοτήτων ήταν να αξιολογηθεί το επίπεδο των γνώσεων που κατέκτησαν οι φοιτητές. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι και στα τρία επίπεδα δραστηριοτήτων, οι ερευνητές δεν αναφέρουν ρητά αν μέσω αυτών προσπαθούν να αντιμετωπίσουν μία συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα των συμμετεχόντων αλλά ούτε και αν οι συμμετέχοντες συναντάνε δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση τους και ποιες είναι αυτές. Η μόνη αναφορά στις δυσκολίες τους υπάρχει στο εισαγωγικό κομμάτι της έρευνας, όπου οι ερευνητές μας παρουσιάζουν συνοπτικά τις δυσκολίες των μαθητών όπως έχουν αναδειχτεί από προηγούμενες έρευνες και μας ενημερώνουν ότι τις έλαβαν υπόψιν για να σχεδιασμό της ΔΜΑ. Συγκεκριμένα, οι δυσκολίες των μαθητών σχετίζονται με τα σύμβολα «H» και «L» τα οποία αναφέρονται στην πίεση του αέρα. Μία κοινή παρανόηση των μαθητών είναι ότι το σύμβολο «H» δηλώνει την υψηλή θερμοκρασία ή ισχυρούς ανέμους και το «L» ότι επρόκειτο να κάνει κρύο. Επιπλέον, λίγοι μαθητές κατανοούν τι αντιπροσωπεύουν οι ισοβαρείς, καθώς αρκετοί νομίζουν ότι οι ισοβαρείς υποδεικνύουν τους ανέμους και άλλοι θεωρούν ότι απεικονίζουν τις γραμμές της θερμοκρασίας. Τέλος, οι μαθητές παρερμηνεύουν τους αριθμούς που υπάρχουν στους χάρτες πρόγνωσης καιρού, τους οποίους θεωρούν λανθασμένα ότι απεικονίζουν την ένδειξη της θερμοκρασίας ή της ταχύτητας του ανέμου αντί για την ένδειξη της πίεσης.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η παρούσα ΔΜΑ επικεντρώθηκε αποκλειστικά στα σύμβολα που αντιπροσωπεύουν σχετικές επιστημονικές έννοιες

όπως είναι οι αέριες μάζες, οι ισοβαρείς, τα συστήματα βαρομετρικής πίεσης και οι δυνάμεις που οφείλονται σε βαροβαθμίδες. Ωστόσο, δεν συμπεριλήφθηκε ο μαθηματικός φορμαλισμός, αλλά όλη η ΔΜΑ στηρίζονταν σε μία ανοιχτή προσέγγιση για τη διδασκαλία του θέματος καθώς σύμφωνα με τους ερευνητές οι μετεωρολογικές έννοιες είναι περίπλοκες και οι φοιτητές δεν ήταν εξοικειωμένοι με αυτές.

Εκτός από τους προαναφερθέντες μετασχηματισμούς (επιλογή συγκεκριμένου επιστημονικού περιεχομένου, ανοιχτή προσέγγιση), οι οποίοι δηλώνονται ρητά, οι ερευνητές μετασχημάτισαν και το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων της ΔΜΑ, με υπόρρητη δήλωση. Συγκεκριμένα, χρησιμοποίησαν σε μερικές από τις δραστηριότητες μία εφαρμογή λογισμικού ως προσομοίωση με τη μορφή κινούμενων χαρτών πρόγνωσης καιρού προκειμένου να κατανοήσουν οι φοιτητές καλύτερα τις αλλαγές στην κατεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου ανάλογα με την κίνηση των συστημάτων βαρομετρικής πίεσης. Ακόμη, εισήγαγαν μετεωρολογικές έννοιες, όπως η βαρομετρική πίεση και η δύναμη βαροβαθμίδας μέσα από τα σύμβολα που απεικονίζονται στους μετεωρολογικούς χάρτες. Τέλος, αξιοποίησαν το διαδίκτυο ως πηγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τον καιρό και συγκεκριμένες ιστοσελίδες, που θα επισκέπτονταν οι εκπαιδευτικοί, οι οποίες σχετίζονταν με την καθημερινή ζωή και με καταστάσεις που οι ίδιοι ήταν εξοικειωμένοι.

Καταλήγοντας, στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης και αν προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές. Η μόνη αναφορά είναι στην αποτελεσματικότητα της, η οποία ελέγχθηκε μέσα από ερωτηματολόγια, φύλλα εργασίας και συνεντεύξεις. Ειδικότερα, οι φοιτητές μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ κατέστησαν ικανοί να αναγνωρίζουν συγκεκριμένα σύμβολα ανέμου, να ορίζουν την κατεύθυνση και ταχύτητα του στους χάρτες πρόγνωσης καιρού, να ερμηνεύουν την εγγύτητα των ισοβαρών και να εφαρμόζουν τον κανόνα δεξιόστροφα για να εκχωρούν την κατεύθυνση του ανέμου γύρω από σύστημα βαρομετρικής πίεσης. Ωστόσο, παρουσίασαν δυσκολία στο να μεταφέρουν τη γνώση που απέκτησαν σε πρακτικές καταστάσεις εξαιτίας της κακής αίσθησης κατεύθυνσης, της έλλειψης εξοικείωσης με την κλίμακα μποφόρ και την αδυναμία να εφαρμόζουν τον κανόνα για την ονομασία του ανέμου.

VI. Έρευνα

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.

Οι Iliaki, Velentzas, Michailidi και Stavrou στην έρευνά τους δημιούργησαν και εφάρμοσαν μία ΔΜΑ με θέμα τον ήχο σε ένα αυθεντικό μουσικό πλαίσιο, δηλαδή χρησιμοποιώντας μουσικά όργανα που είναι οικεία στους μαθητές. Η ΔΜΑ απευθύνονταν σε 8 προπτυχιακούς φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης ενός Πανεπιστημίου στην Ελλάδα, οι οποίοι είχαν προηγουμένως παρακολουθήσει ένα εισαγωγικό μάθημα Φυσικής. Κύριος στόχος της έρευνας τους ήταν να διερευνήσουν τις αντιλήψεις των φοιτητών σχετικά με τη φύση του ήχου και τις ιδιότητές του (συχνότητα, ένταση και φάσμα συχνοτήτων) και πως τροποποιούνται μέσω της ΔΜΑ.

Πιο αναλυτικά, η ΔΜΑ υλοποιήθηκε με τη χρήση ενός διδακτικού πειράματος, δηλαδή μια μορφή συνέντευξης που οργανώνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μοιάζει με διδακτική παρέμβαση. Στο διδακτικό πείραμα ο ερευνητής όχι μόνο πραγματοποιεί διάλογο με τους φοιτητές για να κατανοήσει τις αντιλήψεις τους, αλλά παρεμβαίνει όταν αντιλαμβάνεται ότι οι αντιλήψεις των μαθητών είναι λανθασμένες ώστε μέσα από την παρέμβαση να τροποποιηθούν. Ακόμη, η ΔΜΑ ακολουθεί το μοντέλο της εκπαιδευτικής επανοικοδόμησης, σύμφωνα με το οποίο το επιστημονικό περιεχόμενο θα μετασχηματιστεί με σκοπό η νέα γνώση να γίνει κατανοητή από τους μαθητές συνάδοντας με το γνωστικό επίπεδο και τα ενδιαφέροντα τους. Ο λόγος σχεδιασμού και ανάπτυξής της, οφείλονταν στο γεγονός ότι δεν υπάρχουν προηγούμενες έρευνες αναφορικά με τις ιδέες των μαθητών για τα σύνθετα χαρακτηριστικά των ηχητικών κυμάτων (συχνότητα, η ένταση και το φάσμα συχνοτήτων) καθώς και διδακτικές παρεμβάσεις που να προτείνουν έναν τρόπο ανακατασκευής των ιδεών αυτών. Στο σημείο αυτό, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι ερευνητές πριν την κατασκευή της, έκαναν εκτεταμένη επισκόπηση στις ιδέες των μαθητών σχετικά με τις έννοιες που αφορούν τον ήχο.

Αναφορικά με το περιεχόμενο της ΔΜΑ, εκείνη περιλάμβανε τρεις δραστηριότητες, κάθε μία από τις οποίες αποτελούνταν από 2-3 διαφορετικά απλά πειράματα. Στόχος των δραστηριοτήτων ήταν οι φοιτητές να συσχετίσουν τις

ιδιότητες των ηχητικών κυμάτων (συχνότητα, ένταση, φάσμα συχνοτήτων) με τα αντιληπτικά χαρακτηριστικά τους (τόνο, ένταση, ηχόχρωμα) έχοντας ως βοηθητικό εργαλείο τον παλμογράφο, ο οποίος βοηθάει να οπτικοποιηθούν οι φοιτητές μέσω της γραφικής αναπαράστασης αυτό το οποίο παρατηρούν και ακούν.

Συγκεκριμένα στην πρώτη δραστηριότητα έγινε μία προσπάθεια να συσχετιστεί η συχνότητα του ήχου με κάποια βασικά χαρακτηριστικά όπως ο τόνος, η ένταση και το ηχόχρωμα. Στο πρώτο πείραμα, οι φοιτητές αρχικά άκουσαν ένα μουσικό θέμα το οποίο παίζονταν με βιολί και έπειτα το ξανάκουσαν σε μία οκτάβα υψηλότερα, προκειμένου να παρατηρήσουν τη διαφορά. Σκοπός του πειράματος, ήταν να παρατηρήσουν ότι ένας υψηλότερος ήχος αντιστοιχεί σε υψηλότερη συχνότητα. Για να κατανοήσουν καλύτερα τη συσχέτιση, τους δόθηκε μία εφαρμογή στο smartphone, η οποία θα οπτικοποιούσε αυτό που προηγουμένως είχαν παρατηρήσει. Στο δεύτερο πείραμα, οι φοιτητές άκουσαν τον ήχο του βιολιού σε διαφορετικές εντάσεις προκειμένου να συσχετίσουν τη συχνότητα του ήχου με την ένταση και να παρατηρήσουν ότι η ένταση του ήχου δεν επηρεάζει τη συχνότητά του. Στο τρίτο πείραμα έγινε μία προσπάθεια συσχέτισης μεταξύ της συχνότητας και του ηχοχρώματος. Σκοπός αυτού του πειράματος ήταν οι φοιτητές να παρατηρήσουν ότι η συχνότητα δεν επηρεάζεται από το μουσικό όργανο, όταν παίζεται η ίδια νότα, στην ίδια ένταση.

Η δεύτερη δραστηριότητα έχει θέμα την αναπαράσταση της μορφής των κυμάτων στον παλμογράφο. Σκοπός της δραστηριότητας είναι να μάθουν να αναγνωρίζουν τα χαρακτηριστικά του ήχου στον παλμογράφο και να κατανοήσουν πως η μορφή του παλμογράφου επηρεάζεται από τις αλλαγές στα βασικά χαρακτηριστικά του ήχου. Το πρώτο πείραμα της δραστηριότητας επικεντρώθηκε στη σχέση μεταξύ της έντασης του ήχου και του πλάτους των κυμάτων στον παλμογράφο και είχε σαν στόχο να παρατηρήσουν οι φοιτητές ότι το πλάτος της κυματομορφής ήταν υψηλότερο όταν ο ήχος ήταν πιο δυνατός, ενώ τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του παλμού παρέμειναν τα ίδια. Το επόμενο πείραμα εστίαζε στη σχέση μεταξύ του ύψους του ήχου και του αριθμού των παλμών ανά δευτερόλεπτο στο παλμογράφημα. Σκοπός του ήταν οι φοιτητές να παρατηρήσουν ότι η μορφή του κύματος του ήχου υψηλής συχνότητας έχει περισσότερους παλμούς. Το τελευταίο πείραμα αυτής της ενότητας έδινε έμφαση στο ηχόχρωμα του ήχου και στη μορφή του κύματος, αποσκοπώντας να κατανοήσουν ότι η φύση του μουσικού οργάνου που παράγει τον

ήχο επηρεάζει την αναπαράσταση της κυματομορφής του, ακόμη και όταν τα όργανα παράγουν έναν ήχο με την ίδια συχνότητα και ένταση.

Όσον αφορά την τρίτη δραστηριότητα, εκείνη εστίασε στη συσχέτιση μεταξύ του ηχοχρώματος του ήχου και του αριθμού των αρμονικών που εμφανίστηκαν στο φάσμα συχνοτήτων. Επίσης, παρείχε στους φοιτητές μια εξήγηση των διαφορετικών μορφών κυμάτων που εμφανίστηκαν στο προηγούμενο πείραμα. Σκοπός της δραστηριότητας αυτής είναι να τους καθιστήσει ικανούς να διακρίνουν τον ήχο διαφόρων μουσικών οργάνων όταν παίζεται η ίδια ακριβώς νότα.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η παρούσα ΔΜΑ επικεντρώθηκε αποκλειστικά στις ιδιότητες των ηχητικών κυμάτων (συχνότητα, ένταση, φάσμα συχνοτήτων) με τα αντιληπτικά χαρακτηριστικά τους (τόνο, ένταση, ηχόχρωμα), χωρίς να κάνει αναφορά σε άλλες έννοιες. Ακόμη, οι ερευνητές σκόπιμα επέλεξαν να χρησιμοποιήσουν συνηθισμένα μουσικά όργανα, όπως το βιολί και το φλάουτο προκειμένου να είναι οικεία στους φοιτητές, να αντιπροσωπεύουν διαφορετικές κατηγορίες οργάνων, έγχορδα και πνευστά αντίστοιχα και να έχουν διαφορετικά φάσματα συχνοτήτων.

Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν φορητές συσκευές, smartphones και εφαρμογές ως εκπαιδευτικά εργαλεία προκειμένου να κατανοήσουν οι μαθητές καλύτερα τις ιδιότητες του ήχου. Οι ερευνητές επέλεξαν τις φορητές συσκευές καθώς είναι οικείες στους φοιτητές και τους παρέχουν τη δυνατότητα να διεξάγουν απλά πειράματα μόνοι τους σε πραγματικό χρόνο, αναθεωρώντας κάθε φορά τα δεδομένα τους, ενώ η επιλογή των εφαρμογών έγινε με κριτήριο να είναι δωρεάν, να έχουν ως θέμα τα χαρακτηριστικά του ήχου και το μοναδικό στοιχείο που θα απαιτούνταν για να λειτουργήσουν να ήταν η ύπαρξη μικροφώνου. Επιπρόσθετα, μέσω των εφαρμογών και του παλμογράφου δίνονταν η δυνατότητα οπτικοποίησης, μέσω γραφικής αναπαράστασης του φαινομένου και πως μεταβάλλονταν κάθε φορά. Αυτή η διαδικασία συνέβαλε ώστε να συνδέσουν την καθημερινή τους εμπειρία με τον ήχο με τις επιστημονικές έννοιες της συχνότητας, της έντασης και του φάσματος συχνοτήτων.

Εκτός από τους προαναφερθέντες μετασχηματισμούς (επιλογή συγκεκριμένου επιστημονικού περιεχομένου, χρήση επιλεγμένων εκπαιδευτικών εργαλείων), οι οποίοι δηλώνονται ρητά, οι ερευνητές μετασχημάτισαν και το περιεχόμενο των

δραστηριοτήτων της ΔΜΑ, με υπόρρητη δήλωση. Συγκεκριμένα, σε μερικές από τις δραστηριότητες, διεξάγονταν πειράματα με απλά υλικά, όπως το βιολί και η εφαρμογή του παλμογράφου, εστιάζοντας αποκλειστικά στο πως απεικονίζεται γραφικά η σχέση μεταξύ του τόνου και της συχνότητας, και όχι εμβαθύνοντας περαιτέρω σε αυτές τις έννοιες. Τέλος, οι ερευνητές χρησιμοποιούσαν πιο απλό λεξιλόγιο και μετασχηματισμένους όρους σε όλη τη διδακτική παρέμβαση όπως «*διαφορετική χροιά- διαφορετικό φάσμα συχνοτήτων*».

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι ερευνητές κάθε φορά που μας παρουσιάζουν μία δραστηριότητα, δεν αναφέρουν ρητά αν μέσω αυτής προσπαθούν να αντιμετωπίσουν μία συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα των συμμετεχόντων αλλά ούτε και αν οι συμμετέχοντες συναντάνε δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση της και ποιες είναι αυτές. Η μόνη αναφορά στις δυσκολίες και ιδέες τους, υπάρχει στο εισαγωγικό κομμάτι του άρθρου όπου οι ερευνητές μας παρουσιάζουν συνοπτικά τις ιδέες των μαθητών για τον ήχο, όπως έχουν αναδειχτεί στη βιβλιογραφία, και μας επισημαίνουν ότι της έλαβαν υπόψιν για το σχεδιασμό της ΔΜΑ καθώς μέσα από την εφαρμογή της προσπαθούσαν να οδηγήσουν τους συμμετέχοντες σε εννοιολογική αλλαγή. Συγκεκριμένα, οι ιδέες των μαθητών που αναφέρονται είναι ότι τα ηχητικά κύματα έχουν υλιστικές ιδιότητες, ερμηνεύουν τη διάδοση του ήχου ως οντότητα που ρέει στα αυτιά του ανθρώπου και οραματίζονται τον ήχο ως ένα αόρατο αντικείμενο με διαστάσεις, το οποίο απαιτεί χώρο για να κινηθεί. Τέλος, ορισμένοι φοιτητές φυσικής έχουν την ιδέα ότι ο ήχος είναι: μία οντότητα που μεταφέρεται από μεμονωμένα μόρια μέσω ενός μέσου, μία οντότητα που μεταφέρεται από το ένα μόριο στο άλλο μέσω του μέσου και μια ουσία που μοιάζει με αέρα που ταξιδεύει στο διάστημα.

Καταλήγοντας, στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης και αν προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές. Η μόνη αναφορά είναι στην αποτελεσματικότητα της, η οποία ελέγχθηκε μέσω συνεντεύξεων. Ειδικότερα, οι εκπαιδευτικοί μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, εξέλιξαν τις ιδέες τους σχετικά με τις έννοιες που σχετίζονται με τον ήχο όπως τόνος, ένταση και ηχόχρωμα. Ακόμη, κατάφεραν να δημιουργήσουν συνδέσεις μεταξύ της καθημερινής εμπειρικής αντίληψης του ήχου με τις επιστημονικές έννοιες όπως η συχνότητα, η ένταση και το φάσμα συχνοτήτων.

VII. Έρευνα

Sujarittham, T., & Tanamatayarat, J. (2019, November). A case study of a teaching and learning sequence for Newton's third law of motion designed by a pre-service teacher. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1380, No. 1, p. 012102). IOP Publishing.

Οι Sujarittham και Tanamatayarat διεξήγαγαν μία έρευνα με θέμα την αξιολόγηση μίας ΔΜΑ που διαπραγματεύονταν τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα και είχε σχεδιαστεί και εφαρμοστεί από μία προπτυχιακή φοιτήτρια, πέμπτου έτους που φοιτούσε στο Τμήμα Γενικών Επιστημών στην Ταϊλάνδη, στα πλαίσια της πρακτικής της άσκησης με την βοήθεια ενός εν ενεργεία καθηγητή φυσικής. Σκοπός της έρευνας τους ήταν να αναλύσουν και να αξιολογήσουν το περιεχόμενο της ΔΜΑ και την αποτελεσματικότητα της στη μάθηση των μαθητών.

Πιο αναλυτικά, η ΔΜΑ η οποία μελετάται στη παρούσα έρευνα απευθύνονταν σε 36 παιδιά γ γυμνασίου ενός δημόσιου σχολείου με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο. Η παρούσα διδακτική παρέμβαση ακολουθούσε το μοντέλο της εκπαιδευτικής επανοικοδόμησης, καθώς σκοπός των ερευνητών ήταν να διερευνήσουν τον τρόπο με τον οποίο η προπτυχιακή φοιτήτρια μετέφερε το περιεχόμενο του τρίτου νόμου του Νεύτωνα στους μαθητές, στοιχείο το οποίο θα αξιοποιούνταν αργότερα ως καθοδήγηση στους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς για το πως θα δίδασκαν το συγκεκριμένο θέμα. Ακόμη, η ΔΜΑ είχε σχεδιαστεί με βάση το εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (*Engagement, Exploration, Explanation Elaboration, Evaluation*) που βασίζεται στην έρευνα. Το συγκεκριμένο μοντέλο επιλέχθηκε καθώς παρέχει την ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς να παρακινήσουν τους μαθητές, να τους τραβήξουν το ενδιαφέρον, να μάθουν για τον φυσικό κόσμο και να αναπτύξουν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων.

Με βάση το μοντέλο αυτό, ο εκπαιδευτικός αρχικά έδειξε μία εικόνα κωπηλασίας ενός σκάφους και ζήτησε από τους μαθητές να προσδιορίσουν τις δυνάμεις δράσης-αντίδρασης, έχοντας ως στόχο να τους εισάγει στο υπό μελέτη φαινόμενο. Στη συνέχεια της διδακτικής παρέμβασης, παρουσίασε μία σειρά διαφόρων εικόνων (τράβηγμα δύο ελατηρίων, ιπτάμενο μπαλόνι, ιπτάμενος πύραυλος, μπάλα που αναπηδά) και ζήτησε από τους μαθητές να βρουν τις δυνάμεις δράσης- αντίδρασης. Στο τέλος της δραστηριότητας, σχεδίαζε η ίδια τις δυνάμεις αυτές στις εικόνες και

επεξηγούσε ποια δύναμη ονομάζεται δράση και ποια αντίδραση. Σκοπός της φάσης αυτής, ήταν οι μαθητές να εξερευνήσουν τις δυνάμεις και να τους δοθεί η κατάλληλη επεξήγηση κάθε φορά για τις δυνάμεις δράσης – αντίδρασης.

Στην επόμενη φάση, οι μαθητές κλήθηκαν να διεξάγουν ένα δικό τους πείραμα αναφορικά με τις δυνάμεις δράσης και αντίδρασης και να το παρουσιάσουν στην τάξη προκειμένου να εφαρμόσουν τις νέες γνώσεις που έχουν διδαχθεί. Ολοκληρώνοντας τη δραστηριότητα, η εκπαιδευτικός παρουσίασε στους μαθητές τον τρίτο Νόμο του Νεύτωνα, σύμφωνα με τον οποίο «εάν ένα σώμα ασκεί μια δύναμη σε ένα δεύτερο τότε και το δεύτερο ασκεί μια ίση και αντίθετη δύναμη στο πρώτο. Για κάθε δράση υπάρχει και μια ίση αντίδραση». Στην τελευταία δραστηριότητα, η οποία είχε τη μορφή αξιολόγησης, δόθηκαν ερωτήσεις στους μαθητές σχετικά με το θέμα που μελετήθηκε τις οποίες έπρεπε να απαντήσουν γραπτώς.

Με βάση τα όσα παρουσιάστηκαν παραπάνω, η εκπαιδευτικός φαίνεται να μετασχηματίζει υπόρρητα το περιεχόμενο που πρόκειται να διδάξει, αποσκοπώντας να γίνει εύκολα κατανοητό και να ανταποκρίνεται στο γνωστικό, κοινωνικό και ηλικιακό υπόβαθρο των μαθητών. Συγκεκριμένα, επιλέγει να αξιοποιήσει εποπτικό υλικό, εικόνες ως εκπαιδευτικό εργαλείο, οι οποίες απεικονίζουν γεγονότα της καθημερινής ζωής τα οποία είναι οικεία στους μαθητές. Ακόμη, επικεντρώνει τη διδασκαλία της αποκλειστικά στις δυνάμεις δράσης – αντίδρασης, τις οποίες σημειώνει πάνω στις εικόνες για να τις παρατηρήσουν οι μαθητές, χωρίς να κάνει σκόπιμα αναφορά σε άλλες δυνάμεις, όπως η βαρυτική δύναμη. Επίσης, διεξάγει απλά πειράματα με καθημερινά υλικά (έλικας από χαρτί).

Όσον αφορά τον λόγο της εκπαιδευτικού, εκείνος δεν μένει ανεπηρέαστος. Σε όλη τη διάρκεια των δραστηριοτήτων επεξηγεί στους μαθητές τις δυνάμεις με απλό λεξιλόγιο και μετασχηματισμένους όρους. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η πρόταση *«το αέριο που βγαίνει ορμητικά από το μπαλόνι είναι η δράση και η κίνηση του μπαλονιού προς την αντίθετη κατεύθυνση είναι η αντίδραση»*. Τέλος, όλη η περιγραφή του τρίτου Νόμου του Νεύτωνα είναι καθαρά ποιοτική, χωρίς να γίνεται αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό. Ο μόνος τύπος που παρουσιάστηκε ήταν *«Δύναμη δράσης= δύναμη αντίδρασης»*, ο οποίος δόθηκε με γράμματα.

Αναφορικά με τις δυσκολίες των μαθητών, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ερευνητές κάθε φορά που μας παρουσιάζουν μία δραστηριότητα δεν αναφέρουν ρητά αν μέσω

αυτής προσπαθούν να αντιμετωπίσουν μία συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα των μαθητών αλλά ούτε και αν οι μαθητές συναντάνε δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση της και ποιες είναι αυτές. Η μόνη αναφορά στις δυσκολίες τους υπάρχει στο εισαγωγικό κομμάτι του άρθρου, όπου οι ερευνητές μας παρουσιάζουν συνοπτικά τις ιδέες και δυσκολίες των μαθητών για τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, τις οποίες έλαβαν υπόψιν για να σχεδιάσουν τη ΔΜΑ. Συγκεκριμένα, οι μαθητές συσχετίζουν τη δύναμη με την ταχύτητα και θεωρούν ότι ένα αντικείμενο που κινείται με μεγαλύτερη αρχική ταχύτητα θα ασκούσε μεγαλύτερη δύναμη από ένα άλλο αντικείμενο που κινείται με μικρότερη ταχύτητα όταν συγκρούονταν. Ακόμη, συγχέουν τη δύναμη και τη μάζα, θεωρώντας ότι ένα βαρύ αντικείμενο ασκεί μεγαλύτερη δύναμη από ένα ελαφρύ αντικείμενο, ενώ όσον αφορά το χαρακτηριστικό της επιτάχυνσης έχουν την ιδέα ότι ένα αντικείμενο με υψηλή επιτάχυνση ασκεί δύναμη μεγαλύτερη από ένα άλλο με χαμηλή επιτάχυνση.

Καταλήγοντας στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης και αν προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές. Η μόνη αναφορά είναι στον τρόπο με τον οποίο παρουσιάστηκε και διδάχτηκε το επιστημονικό περιεχόμενο στους μαθητές από την εκπαιδευτικό, το οποίο κατά τους ερευνητές χρειάζεται βελτίωση, και στην αποτελεσματικότητά της, η οποία ελέγχθηκε μέσα από ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Γενικότερα, οι μαθητές μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ δεν κατάφεραν να κατανοήσουν τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα και διατήρησαν τις παρανοήσεις που είχαν. Συνέχισαν, δηλαδή να συσχετίζουν τη δύναμη με τη μάζα και με την αρχική ή την τελική ταχύτητα ενός αντικειμένου.

VIII. Έρευνα

Savall-Alemany, F., Guisasola, J., Cintas, S. R., & Martínez-Torregrosa, J. (2019). Problem-based structure for a teaching-learning sequence to overcome students' difficulties when learning about atomic spectra. *Physical Review Physics Education Research*, 15(2), 020138.

Οι Savall-Alemany, Guisasola, Cintas και Martínez-Torregrosa στην έρευνά τους σχεδίασαν και εφάρμοσαν μία ΔΜΑ με θέμα την κβαντική φυσική, και συγκεκριμένα τα ατομικά φάσματα. Η ΔΜΑ απευθύνονταν συνολικά σε 74 μαθητές Λυκείου που φοιτούσαν σε διαφορετικά σχολεία στην Ισπανία και αναπτύχθηκε σε 12 μαθήματα χρονικής διάρκειας 55 λεπτών. Κύριος στόχος της έρευνάς τους ήταν να εισάγουν ένα

κβαντικό μοντέλο εκπομπής και απορρόφησης της ακτινοβολίας και να εξηγήσουν ποιος ήταν ο αντίκτυπος του στη μάθηση των μαθητών για τα ατομικά φάσματα.

Πιο αναλυτικά, η παρούσα ΔΜΑ ακολουθεί την προσέγγιση «μάθηση βασισμένη στο πρόβλημα» (*problem based-structure of learning*) σύμφωνα με την οποία όλη η διδακτική παρέμβαση δομείται σε μία σειρά προβλημάτων, τα οποία οι μαθητές εργαζόμενοι σε ομάδες καλούνται να τα επιλύσουν. Ο λόγος σχεδιασμού και ανάπτυξης της οφείλονταν στο γεγονός ότι οι προηγούμενες έρευνες είχαν αναδείξει ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν έννοιες των Φυσικών Επιστημών μετά από μία παραδοσιακή διδασκαλία και ότι οι δυσκολίες αυτές έχουν αρνητικό αντίκτυπο στα μεταγενέστερα μαθήματα. Ως εκ τούτου, οι ερευνητές μέσα από την εφαρμογή της επιθυμούσαν να βελτιώσουν τα επίπεδα μάθησης των μαθητών. Επίσης, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι πριν την κατασκευή της, έκαναν εκτεταμένη επισκόπηση στις ιδέες των μαθητών σχετικά με τις έννοιες της κβαντικής φυσικής.

Αναφορικά με το περιεχόμενο της ΔΜΑ, εκείνη περιλάμβανε μία σειρά από δραστηριότητες. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές δραστηριότητες οι οποίες είναι αντιπροσωπευτικές της διδακτικής παρέμβασης. Συγκεκριμένα, η πρώτη δραστηριότητα διαπραγματεύονταν τόσο διαφορετικούς τρόπους παραγωγής φωτός όσο και διάφορα φαινόμενα τα οποία συμβαίνουν όταν το φως αλληλοεπιδρά με την ύλη. Σκοπός της δραστηριότητας αυτής ήταν να εξοικειωθούν οι μαθητές με τα υπό μελέτη φαινόμενα. Στην επόμενη δραστηριότητα οι μαθητές καλούνταν να σχεδιάσουν μία στρατηγική προκειμένου να εφεύρουν έναν απλό μηχανισμό που θα εξηγεί την εκπομπή και απορρόφηση της ακτινοβολίας από τα υλικά συστήματα. Για τον σκοπό αυτό, επέλεξαν να ασχοληθούν με την εκπομπή και απορρόφηση αερίου και με ένα μοντέλο που θα εξηγεί το ορατό φάσμα του υδρογόνου, αξιοποιώντας ως βοηθητικό εργαλείο το κλασικό μοντέλο εκπομπής και απορρόφησης της ακτινοβολίας. Σκοπός της δραστηριότητας αυτής είναι να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές ότι το μοντέλο της κλασικής φυσικής δεν επαρκεί για να αιτιολογήσουν την εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Στη τρίτη δραστηριότητα, οι μαθητές καλούνται να μελετήσουν και να αναλύσουν τα αξιώματα του Bohr και να προσπαθήσουν ξανά να εξηγήσουν τον σχηματισμό του ορατού φάσματος υδρογόνου. Αυτή η δραστηριότητα αποσκοπεί να

εισαχθούν σταδιακά στην κβαντική φυσική, να θεωρήσουν επαρκή το ατομικό μοντέλο του Bohr, και να εντοπίσουν τις διαφορές με το κλασικό μοντέλο εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Σε μία επόμενη δραστηριότητα, οι μαθητές χρησιμοποιούν το κβαντικό μοντέλο εκπομπής και απορρόφησης ακτινοβολίας για να εξηγήσουν φαινόμενα όπως ο φθορισμός και ο φωσφορισμός ή η λειτουργία τεχνολογικών συσκευών λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας ή led. Αυτές οι δραστηριότητες δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να κατανοήσουν πλήρως το μοντέλο, να εμβαθύνουν στα φαινόμενα που μπορεί να εξηγήσει και να εκτιμήσουν την ικανότητά του. Στη συνέχεια, η ΔΜΑ προτείνει δραστηριότητες με θέμα την αντιμετώπιση προβλημάτων που περιορίζουν την εγκυρότητά του μοντέλου όπως η ύπαρξη δύο αντιφατικών μοντέλων (κυματικό και σωματιδιακό) για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Συγκεκριμένα, οι δραστηριότητες ζητούν από τους μαθητές να ερμηνεύσουν το φαινόμενο της παρεμβολής (*interference*) μέσω του πειράματος της διπλής σχισμής και να δημιουργήσουν ένα μοντέλο που να εξηγεί τη συμπεριφορά των φωτονίων. Σκοπός αυτών των δραστηριοτήτων είναι να παρατηρήσουν οι μαθητές πως αλλάζει η κατανομή της ακτινοβολίας στην οθόνη και να κατανοήσουν ότι όταν το φως περνά από μία μόνο σχισμή αποτυπώνεται στην οθόνη το σχήμα του φαινομένου της περίθλασης (*diffraction effect*), ενώ όταν περνά από δύο σχισμές προστίθεται στην περίθλαση και το κυματικό φαινόμενο της συμβολής.

Έπειτα, η ΔΜΑ καλεί τους μαθητές να ερευνήσουν εάν τα ηλεκτρόνια εμφανίζουν και αυτά κυματική συμπεριφορά όπως τα φωτόνια, επαναλαμβάνοντας το πείραμα παρεμβολής της διπλής σχισμής. Κύριος στόχος, είναι να καταλήξουν οι μαθητές στο συμπέρασμα ότι τα ηλεκτρόνια και κατ' επέκταση όλα τα σωματίδια έχουν συμπεριφορά κβαντικών κυμάτων, όπως τα φωτόνια. Τέλος, ολοκληρώνοντας τη ΔΜΑ οι μαθητές συλλογίζονται τις προηγούμενες δραστηριότητες και καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι για να εκδηλωθούν τα κβαντικά φαινόμενα, είναι απαραίτητο να υπάρχουν συγκεκριμένες συνθήκες (σχισμές πολύ μικρού πλάτους, παρόμοιου με το μήκος κύματος των υπό μελέτη σωματιδίων).

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η παρούσα ΔΜΑ αξιοποιεί τον διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου, στοιχείο το οποίο δεν δηλώνεται ρητά αλλά υπονοείται μέσα από την ΔΜΑ. Πιο αναλυτικά, η ΔΜΑ επικεντρώνεται γενικά στην κβαντική φυσική και ειδικότερα στην πιο απλή μορφή εκπομπής και

απορρόφησης ακτινοβολίας από υλικά συστήματα, όπως η εκπομπή φωτός από ένα αέριο που σχηματίζεται από άτομα. Η κατανόηση του φαινομένου πραγματοποιείται με τη βοήθεια μοντέλων και πειραμάτων, τα οποία κατασκευάζονται από τους ίδιους τους μαθητές. Ειδικότερα, μέσω του μοντέλου του Bohr, πραγματοποιείται η μετάβαση από την κλασική φυσική στην κβαντική φυσική και με αυτόν τον τρόπο λαμβάνεται υπόψη η ιστορική εξέλιξη των ερμηνειών αυτών των φαινομένων. Είναι σημαντικό να ειπωθεί ότι η περιγραφή του φαινομένου και τα χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται μόνο λεκτικά, χωρίς να γίνεται αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό. Ακόμη, κατά τη διάρκεια των πειραμάτων οι ερευνητές παρακινούν τους μαθητές να παρατηρήσουν το φαινόμενο (φωτόνια, ηλεκτρόνια) και να εξάγουν συμπεράσματα με βάση την παρατήρησή τους και την καθοδήγηση των ερευνητών, χωρίς να δίνονται περαιτέρω πληροφορίες και επιστημονικοί ορισμοί για το φαινόμενο που παρατηρούν.

Ένα, επιπλέον, χαρακτηριστικό που αιτιολογεί την ύπαρξη διδακτικού μετασχηματισμού είναι ότι οι ερευνητές αξιοποιούν ως εκπαιδευτικά εργαλεία οπτικό υλικό, βίντεο και φωτογραφίες, και καθημερινές συσκευές όπως λέιζερ, οι οποίες είναι οικείες στους μαθητές. Τέλος, ο λόγος των ερευνητών δεν μένει ανεπηρέαστος αλλά χρησιμοποιούν απλό λεξιλόγιο και μετασχηματισμένους όρους όπως *«η κυματική φύση του ηλεκτρονίου γύρω από τον πυρήνα μπορεί να αναπαρασταθεί ως μία σκιασμένη περιοχή που ανάλογα με την «φωτεινότητα» ή «τη σκοτεινότητα» της, μας βοηθάει να καταλάβουμε ποια είναι η πιθανότητα να βρούμε το ηλεκτρόνιο»*. Όλοι οι παραπάνω μετασχηματισμοί έχουν σκοπό να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν το φαινόμενο.

Αναφορικά με τις δυσκολίες των φοιτητών, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ερευνητές κάθε φορά που μας παρουσιάζουν μία δραστηριότητα δεν αναφέρουν ρητά αν μέσω αυτής προσπαθούν να αντιμετωπίσουν μία συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών αλλά ούτε και αν οι φοιτητές συναντάνε δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση της και ποιες είναι αυτές. Η μόνη αναφορά στις δυσκολίες τους υπάρχει στο εισαγωγικό κομμάτι του άρθρου, όπου οι ερευνητές μας παρουσιάζουν συνοπτικά τις ιδέες και δυσκολίες των μαθητών για την κβαντική φυσική, όπως αυτές έχουν προκύψει από προηγούμενες μελέτες που έχουν διεξαχθεί. Συγκεκριμένα, οι ερευνητές αναφέρουν ότι οι μαθητές παρουσιάζουν δυσκολία με την κβάντωση της ενέργειας στο άτομο, καθώς θεωρούν ότι ένα άτομο μπορεί να έχει οποιαδήποτε

ποσότητα ενέργειας. Ακόμη, όσον αφορά την κβάντωση της ενέργειας στην ακτινοβολία, θεωρούν ότι ένα φωτόνιο μπορεί να απορροφηθεί μερικώς, ενώ αποδίδουν μεγαλύτερη ένταση σε ακτινοβολία που αποτελείται από φωτόνια υψηλότερης ενέργειας, ανεξάρτητα από τον αριθμό των φωτονίων. Τέλος, αρκετοί μαθητές και εκπαιδευτικοί πιστεύουν ότι η εκπομπή και η απορρόφηση της ακτινοβολίας μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς μετάβαση του ατόμου μεταξύ δύο στατικών καταστάσεων και συσχετίζουν την εκπεμπόμενη ενέργεια ακτινοβολίας σε μία μόνο από τις καταστάσεις μεταξύ των οποίων λαμβάνει χώρα η ατομική μετάβαση. Όλες οι παραπάνω ιδέες που αναφέρθηκαν, ελήφθησαν υπόψιν, κατά τα λεγόμενα των ερευνητών, στο σχεδιασμό της ΔΜΑ, προκειμένου να αντιμετωπιστούν.

Καταλήγοντας, στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης και αν προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές. Η μόνη αναφορά είναι στην αποτελεσματικότητα της, η οποία ελέγχθηκε μέσα από ερωτηματολόγια πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ και με ημιδομημένες συνεντεύξεις. Ειδικότερα, οι μαθητές μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ κατέστησαν ικανοί να χρησιμοποιούν το κβαντικό μοντέλο εκπομπής και απορρόφησης ακτινοβολίας για να ερμηνεύσουν τη συχνότητα και την ένταση σε φαινόμενα εκπομπής και απορρόφησης. Ακόμη, κατόρθωσαν να κατανοήσουν το μοντέλο αυτό και να είναι σε θέση να επιλέξουν την αναπαράσταση του ατόμου που χρησιμοποιούν λαμβάνοντας υπόψιν τις πτυχές που επιθυμούν να αναλύσουν. Τέλος, έχουν την ικανότητα να αξιοποιούν εικονογραφική αναπαράσταση για να εξηγούν τι συμβαίνει στα υποατομικά σωματίδια κατά την εκπομπή και απορρόφηση και αν και στρέφονται στο μοντέλο του Bohr, αναγνωρίζουν ότι το κβαντικό μοντέλο του ατόμου, είναι το κατάλληλο για να χρησιμοποιηθεί για την ερμηνεία μεγεθών όπως η θέση του ηλεκτρονίου στο άτομο.

IX. Έρευνα

Muñoz-Campos, V., Franco-Mariscal, A. J., & Blanco-López, Á. (2020). Integration of scientific practices into daily living contexts: a framework for the design of teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 42(15), 2574-2600.

Οι Campos, Mariscal και López στην έρευνα τους σχεδίασαν και εφάρμοσαν μία ΔΜΑ με θέμα την υγεία και τη διατροφή και συγκεκριμένα την παρασκευή και την

κατανάλωση του γιαουρτιού. Η ΔΜΑ απευθύνονταν σε 25 μαθητές, ηλικίας 14-15 ετών, που φοιτούσαν σε σχολεία μίας επαρχίας της Ισπανίας. Κύριος στόχος της έρευνάς τους ήταν μέσα από τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές να κατορθώσουν να εφαρμόσουν και να κατανοήσουν επιστημονικές πρακτικές (έρευνα, μοντελοποίηση, επιχειρηματολογία) για να αντιμετωπίσουν καθημερινά προβλήματα όπως η παρασκευή γιαουρτιού.

Πιο αναλυτικά, η ΔΜΑ υλοποιήθηκε σύμφωνα με τέσσερις βασικές αρχές. Πρώτον, να υπάρχει μία σχέση ανάμεσα στο πλαίσιο (παρασκευή γιαουρτιού) και στο επιστημονικό μοντέλο (μοντέλο γαλακτικής ζύμωσης), δεύτερον, να γίνεται χρήση βασικών ερωτήσεων που θα καθοδηγούν τους μαθητές, τρίτον, να προωθηθεί η μεταφορά της γνώσης και τέταρτον, να αξιοποιηθούν οι επιστημονικές πρακτικές AIM [*argumentation* (επιχειρηματολογία), *inquiry* (έρευνα) and *modelling* (μοντελοποίηση)] ως εκπαιδευτικά εργαλεία. Σκοπός των επιστημονικών πρακτικών ήταν οι μαθητές να μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα σημαντικό σχολικό μοντέλο, δηλαδή την αντίδραση της γαλακτικής ζύμωσης, να μπορούν να θέτουν σε εφαρμογή μία έρευνα, παρασκευάζοντας το δικό τους γιαούρτι, και να επιχειρηματολογούν όταν λαμβάνουν αποφάσεις για το αν πρέπει να καταναλωθεί ή όχι. Ο λόγος σχεδιασμού και ανάπτυξης της οφείλεται στο γεγονός ότι οι ερευνητές επιθυμούσαν μέσω της ΔΜΑ να βελτιώσουν πιθανές δυσκολίες των μαθητών στο υπό μελέτη θέμα, όπως αυτές αναδεικνύονται στη βιβλιογραφία, την οποία είχαν μελετήσει διεξοδικά.

Αναφορικά με το περιεχόμενο της ΔΜΑ, εκείνη περιλάμβανε 9 συνεδρίες οι οποίες αποτελούνται από μία σειρά δραστηριοτήτων. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές από αυτές που είναι αντιπροσωπευτικές των συνεδριών. Συγκεκριμένα, στην πρώτη συνεδρία, οι μαθητές επιχειρηματολογούν για το αν θεωρούν υγιεινό ή όχι την κατανάλωση γιαουρτιού, αξιοποιούν τα δεδομένα που τους δίνονται για την κατανάλωση γάλακτος και γιαουρτιού στην Ισπανία και καλούνται να υποστηρίξουν πόσο μεγάλο ή μικρό είναι το ποσοστό κατανάλωσης. Τέλος, σε αυτή τη συνεδρία, αφού οι μαθητές ακούσουν τις απόψεις όλων των συμμαθητών τους για τα παραπάνω θέμα, καλούνται να εκφράσουν και να αιτιολογήσουν τις τελικές τους απόψεις. Σκοπός, αυτής της συνεδρίας είναι οι μαθητές να μάθουν να επιχειρηματολογούν για θέματα που αφορούν την καθημερινή ζωή πριν λάβουν τις τελικές αποφάσεις. Στην επόμενη συνεδρία, οι μαθητές καλούνται να συλλέξουν διάφορες ετικέτες γάλακτος και γιαουρτιού και να συμπεράνουν ποια συστατικά απαιτούνται για την παρασκευή

γιαουρτιού, και αν αναφέρονται οι μικροοργανισμοί που είναι απαραίτητο συστατικό. Σκοπός της φάσης αυτής, είναι οι μαθητές να διεξάγουν μία δική τους έρευνα, να συλλέξουν δεδομένα και να οδηγηθούν σε κάποια συμπεράσματα. Είναι σημαντικό να ειπωθεί ότι η επιλογή του θέματος της ΔΜΑ δεν ήταν τυχαία, αλλά επιλέχθηκε ώστε να συνδέεται με την καθημερινή ζωή, να είναι οικεία και να ενδιαφέρει τους μαθητές.

Στην τρίτη συνεδρία, οι μαθητές δημιουργούν ένα δικό τους μοντέλο για την μετατροπή του γάλακτος σε γιαούρτι, επεξηγώντας πως τα βακτήρια μετατρέπουν τη ζάχαρη στο γάλα σε οξύ. Σκοπός της δραστηριότητας αυτής είναι να προσπαθήσουν οι μαθητές να μοντελοποιήσουν τις απόψεις τους και να συγκρίνουν το μοντέλο τους με το μοντέλο των συμμαθητών τους. Στην παρούσα συνεδρία, χρησιμοποιήθηκε ως στοιχείο διδακτικού μετασχηματισμού η μέθοδος της μοντελοποίησης στη χημική αντίδραση της γαλακτικής ζύμωσης, καθώς η διαδικασία της γαλακτικής ζύμωσης είναι αρκετά περίπλοκη. Στην επόμενη συνεδρία, οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν ένα απλό πείραμα για την παρασκευή γιαουρτιού στην σχολική τάξη ακολουθώντας μία απλή διαδικασία που δεν ενέχει κίνδυνο για τους ίδιους, να καθορίσουν τις μεταβλητές και να ελέγξουν με τη βοήθεια του διαδικτύου ποια χαρακτηριστικά θα πρέπει να έχει το γιαούρτι που θα παράγουν προκειμένου να αξιολογηθεί ως καλό. Τέλος, συγκρίνουν το τελικό αποτέλεσμα με ένα αντίστοιχο προϊόν του εμπορίου. Σκοπός της φάσης αυτής είναι οι μαθητές να διεξάγουν μία δική τους έρευνα και να κατανοήσουν βιωματικά πως λαμβάνει χώρα όλη η διαδικασία της έρευνας.

Σε μία επόμενη συνεδρία, οι μαθητές αφού παρασκευάσουν το γιαούρτι, καλούνται να διερευνήσουν αν το αρχικό μοντέλο που προτείνουν είναι κατάλληλο ή χρειάζεται τροποποίηση. Για το σκοπό αυτό, δημιουργούν ένα νέο αναθεωρημένο μοντέλο το οποίο το αναπαριστούν σχηματικά και μετέπειτα το επεξηγούν λεκτικά. Κατόπιν, σε μία άλλη συνεδρία, ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει ο ίδιος το σχολικό μοντέλο αναφοράς σχετικά με τη γαλακτική ζύμωση με τις ανάλογες εξηγήσεις και καλεί τους μαθητές να συγκρίνουν το σχολικό μοντέλο με το δικό τους αναθεωρημένο μοντέλο. Σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι να συγκρίνουν οι μαθητές τα δύο μοντέλα και να εξηγήσουν ποιες πτυχές του μοντέλο τους είναι σωστές ή όχι. Τέλος, χρησιμοποιώντας ως εκπαιδευτικό εργαλείο το διαδίκτυο αναζητούν πληροφορίες σχετικά με το πώς γίνεται η ζύμωση σε άλλα τρόφιμα και

ποιοι μικροοργανισμοί διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία. Σκοπός της φάσης αυτής, είναι να ελεγχθεί εάν οι μαθητές δύνανται να μεταφέρουν τις γνώσεις που κατέκτησαν σε νέες καταστάσεις.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η παρούσα ΔΜΑ επικεντρώθηκε στη διαδικασία παραγωγής γιαουρτιού, θέμα το οποίο δεν είναι ευρέως διαδεδομένο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο Ισπανικό πρόγραμμα σπουδών. Ακόμη, προκειμένου να διδαχθεί η πολύπλοκη διαδικασία παραγωγής στο σχολικό χώρο κρίθηκε απαραίτητο από τους ερευνητές ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχόμενου, στοιχείο το οποίο δηλώνεται ρητά. Συγκεκριμένα, το απλοποιημένο σχολικό μοντέλο γαλακτικής ζύμωσης περιλαμβάνει τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση, παρουσιάζεται αύξηση του αριθμού των βακτηρίων στο γάλα ως αποτέλεσμα αύξησης της θερμοκρασίας, με συνέπεια τόσο ο παράγοντας όσο και το προϊόν να είναι ίδιο (βακτήρια). Ο μηχανισμός μέσω του οποίου συμβαίνει αυτή τη διαδικασία είναι η αναπαραγωγή των βακτηρίων (βιολογικός μετασχηματισμός) . Στη δεύτερη φάση, το σάκχαρο που υπάρχει στο γάλα διασπάται σε γλυκόζη και λακτόζη (χημικός μετασχηματισμός), ως αποτέλεσμα της δράσης των βακτηρίων (παράγοντας) με τη γλυκόζη, και κατόπιν μετατρέπεται σε γαλακτικό οξύ (προϊόν). Στη τρίτη φάση, ολοκληρώνεται η μετατροπή του γαλακτος σε γιαούρτι. Στη φάση αυτή το γαλακτικό οξύ λειτουργώντας ως παράγοντας, μετατρέπει τη σύνθεση του προϊόντος (γάλα σε γιαούρτι), μειώνει το pH και δίνει στο γιαούρτι (τελικό προϊόν) μία όξινη γεύση και μία ημιστέρεη μορφή του.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ερευνητές κάθε φορά που μας παρουσιάζουν μία δραστηριότητα δεν αναφέρουν ρητά αν μέσω αυτής προσπαθούν να αντιμετωπίσουν μία συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα των μαθητών αλλά ούτε και αν μαθητές συναντάνε δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση της και ποιες είναι αυτές. Η μόνη αναφορά στις δυσκολίες τους υπάρχει στην αρχή της έρευνας όπου οι ερευνητές απλώς επισημαίνουν ότι τις έλαβαν υπόψιν κατά τον σχεδιασμό της ΔΜΑ, χωρίς όμως να τις παρουσιάζουν.

Καταλήγοντας, στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης και αν προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές. Η μόνη αναφορά είναι στην αποτελεσματικότητα της, η οποία ελέγχθηκε μέσα από τεστ πριν τη διδακτική παρέμβαση, κατά τη διάρκεια της και μετά την ολοκλήρωσή της. Ειδικότερα, οι μαθητές μετά την

εφαρμογή της ΔΜΑ κατέστησαν ικανοί να δημιουργούν πιο ολοκληρωμένα μοντέλα σε σύγκριση με αυτά που αναδεικνύονταν στη βιβλιογραφία και να μπορούν να διακρίνουν μέσα από αυτά, ποιοι μηχανισμοί είναι λιγότερο σημαντικοί. Τέλος, ένα σημαντικό ποσοστό μαθητών κατάφερε να ξεπεράσει τις δυσκολίες που συναντώνται στη βιβλιογραφία, όπως είναι η εμπλοκή βακτηρίων στη διαδικασία της γαλακτικής ζύμωσης και η θεώρησης της ως χημική αντίδραση.

X. Έρευνα

Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2020). Teaching nanotechnology in primary education. *Research in Science & Technological Education*, 38(4), 377-395.

Οι Mandrikas, Michailidi και Stavrou στην έρευνά τους δημιούργησαν και εφάρμοσαν μία ΔΜΑ με θέμα την νανοτεχνολογία, και συγκεκριμένα ασχολήθηκαν με τις ιδέες του «μεγέθους και της κλίμακας» και τις «ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος». Η ΔΜΑ απευθύνονταν σε 45 μαθητές Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (Στ' δημοτικού) που φοιτούσαν σε δημόσια σχολεία της Ελλάδας. Κύριος στόχος της έρευνά τους ήταν να διερευνήσουν πως οι μαθητές της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης προσεγγίζουν τις βασικές έννοιες της νανοτεχνολογίας και σε ποιο βαθμό μπορούν να προβληματιστούν σχετικά με θέματα της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (*Responsible Research & Innovation*, στο εξής *RRI*), όπως είναι η Δέσμευση, η Ισότητα των Φύλων, η Εκπαίδευση στις Επιστήμες, η Ηθική, η Ανοικτή Πρόσβαση και η Διακυβέρνηση, τα οποία προκύπτουν από τις εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας.

Πιο αναλυτικά, η ΔΜΑ υλοποιήθηκε σύμφωνα με τις αρχές μάθησης που στηρίζονται στη διερεύνηση, ενσωματώνοντας το εκπαιδευτικό μοντέλο 5E, το οποίο αποτελείται από τις ακόλουθες φάσεις: την εμπλοκή, την εξερεύνηση, την εξήγηση, την επεξεργασία και την αξιολόγηση. Ο λόγος σχεδιασμού και ανάπτυξής της οφείλονταν στο γεγονός αφενός ότι δεν υπήρχαν αρκετές έρευνες στη βιβλιογραφία με θέμα την νανοτεχνολογία στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση και αφετέρου ότι ελάχιστες ήταν οι έρευνες που προσπάθησαν να ενσωματώσουν το πλαίσιο της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας σε μαθήματα Φυσικών Επιστημών. Στο σημείο αυτό, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι ερευνητές πριν την κατασκευή της, έκαναν εκτεταμένη επισκόπηση στις ιδέες των μαθητών σχετικά με τις έννοιες που αφορούν την Νανοτεχνολογία.

Αναφορικά με το περιεχόμενο της ΔΜΑ, εκείνη περιλάμβανε μία σειρά από δραστηριότητες οι οποίες εφαρμόστηκαν σε επτά μαθήματα. Στο πρώτο μάθημα, το οποίο αποσκοπούσε να εισάγει τους μαθητές στο θέμα, παρουσιάστηκε ένα βίντεο με εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας, στο οποίο οι μαθητές καλούνταν να το σχολιάσουν και να επισημάνουν πως θεωρούν ότι οι εφαρμογές αυτές επηρεάζουν την καθημερινότητα τους. Το βίντεο αυτό αξιοποιήθηκε ως εκπαιδευτικό εργαλείο προκειμένου να κατανοήσουν καλύτερα οι μαθητές το μέγεθος και την κλίμακα των νανοϋλικών. Στο δεύτερο μάθημα, διοργανώθηκε εκπαιδευτική επίσκεψη στο Επιστημονικό Κέντρο του Ιδρύματος Ευγενίδου, όπου οι μαθητές παρακολούθησαν από κοντά εκθέματα που συνδέονταν με την Νανοτεχνολογία, αποκτώντας προσωπική εμπειρία και συνομίλησαν με έναν επιστήμονα. Σκοπός του μαθήματος, ήταν οι μαθητές να εμπλακούν με την Νανοτεχνολογία και να εξοικειωθούν με τις μεθόδους της επιστημονικής επικοινωνίας.

Στο επόμενο μάθημα, οι μαθητές πραγματοποίησαν τρεις δραστηριότητες. Αρχικά, τους δόθηκε ένα χαρτί του ενός μέτρου και ένα ψαλίδι και τους ζητήθηκε να το κόψουν διαδοχικά σε 10 ίσα μέρη μέχρι να φτάσει στην νανοκλίμακα. Δεύτερον, τους δόθηκε ένας νανοκανόνας, τον οποίο έπρεπε να χρησιμοποιήσουν για να μετρήσουν διάφορα αντικείμενα στην τάξη τους και τρίτον οι εκπαιδευτικοί παρουσίασαν 11 εικόνες στους μαθητές διαφόρων μεγεθών, τις οποίες καλούνταν να τις ταξινομήσουν σε μακροκλίμακα, μικροκλίμακα και νανοκλίμακα. Γενικός σκοπός του μαθήματος ήταν οι μαθητές να κατανοήσουν πόσο μικρό είναι ένα νανόμετρο, να μετρήσουν σε νανόμετρο, να αναγνωρίσουν το μέγεθος των αντικειμένων στη νανοκλίμακα και να συγκρίνουν το μέγεθός τους με αντικείμενα άλλης κλίμακας. Όπως αναδεικνύεται από τα παραπάνω για να κατανοηθεί το μέγεθος της νανοκλίμακας από τους μαθητές, διεξήχθησαν πειράματα με απλά υλικά και χρησιμοποιήθηκε εποπτικό υλικό.

Στο τέταρτο μάθημα, οι μαθητές εστίασαν στις ιδιότητες των νανουλικών και ιδιαίτερα στην υπερ- υδροφοβικότητα. Πιο συγκεκριμένα, στην αρχή παρακολούθησαν ένα βίντεο με θέμα τις ιδιότητες των υλικών και έπειτα έκαναν πειράματα με διάφορα υλικά προκειμένου να παρατηρήσουν τη αλληλεπίδραση των υλικών με το νερό, εστιάζοντας στο σχήμα των σταγονιδίων του νερού και στην ευκολία ροής τους σε κάθε επιφάνεια. Τέλος, παρουσιάστηκε ένα μοντέλο για την απορρόφηση και ροή του νερού. Το μοντέλο ήταν κατασκευασμένο από απλά υλικά

(φελιζολ, ξύλινα καλαμάκια, μπάλα) και αποσκοπούσε να προσομοιώσει την συμπεριφορά του νερού σε ένα υδρόφιλο, ένα υδρόφοβο και ένα υπερ υδροφοβικό υλικό. Σκοπός του μαθήματος ήταν οι μαθητές να μπορέσουν να εξηγήσουν φαινόμενα που σχετίζονται με την αναλογία επιφάνειας/όγκου, να εξοικειωθούν με τις ιδιότητες των υπερ- υδροφοβικών υλικών (αυτοκαθαρισμός, υδατοαπωθητικότητα) και να τις κατανοήσουν.

Τα επόμενα δύο μαθήματα, στόχευαν να αναπτύξουν οι μαθητές μία κριτική σκέψη για την παραγωγή και χρήση νανοϋλικών, να αποδεχτούν την ανάγκη για ηθικά πρότυπα στην επιστήμη και να αυξήσουν το ενδιαφέρον τους για το υπό μελέτη φαινόμενο. Για το σκοπό αυτό, διανεμήθηκαν φύλλα εργασίας από άρθρα εφημερίδων και οι μαθητές συζήτησαν με επιστήμονες από το Ίδρυμα Έρευνας και Τεχνολογίας για θέματα που σχετίζονται με την ηθική και τον ρόλο των ερευνητικών ιδρυμάτων και των επιστημόνων στην ανάπτυξη καινοτόμων υλικών Νανοτεχνολογίας. Τέλος, ως μορφή αξιολόγησης, οι μαθητές κατασκεύασαν τα δικά τους εκθέματα (επιτραπέζια παιχνίδια, αφίσες, πειράματα).

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η παρούσα ΔΜΑ επικεντρώθηκε στην Νανοτεχνολογία, ένα θέμα το οποίο είναι καινοτόμο και δεν υπάρχει στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Ακόμη, η διδακτική παρέμβαση στηρίχθηκε αποκλειστικά στις δύο μεγάλες ιδέες της Νανοτεχνολογίας «το μέγεθος και κλίμακα» και «οι ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος», καθώς σύμφωνα με τους ερευνητές οι ιδέες αυτές μπορούν να διδαχθούν στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Αναφορικά με τις δυσκολίες και ιδέες των μαθητών, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ερευνητές κάθε φορά που μας παρουσιάζουν μία δραστηριότητα δεν αναφέρουν ρητά αν μέσω αυτής προσπαθούν να αντιμετωπίσουν μία συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα των μαθητών αλλά ούτε και αν μαθητές συναντάνε δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση της και ποιες είναι αυτές. Η μόνη αναφορά στις δυσκολίες τους υπάρχει στην αρχή της έρευνας, όπου οι ερευνητές αφιερώνουν μία παράγραφο για να μας ενημερώσουν για τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές σχετικά με το φαινόμενο, οι οποίες έχουν αναδειχτεί από προηγούμενες μελέτες άλλων ερευνητών. Σύμφωνα με τους ερευνητές, οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν το πραγματικό μέγεθος και την κλίμακα των αντικειμένων, ειδικά στην νανοκλίμακα, καθώς οι μαθητές δεν

μπορούν να τα δουν με γυμνό μάτι άλλα ούτε και να τα χειριστούν. Ακόμη, παρουσιάζουν δυσκολία να ταξινομήσουν και να διακρίνουν το μέγεθος των αντικειμένων που ανήκουν στην μικροκλίμακα και στη νανοκλίμακα. Τέλος, αρκετοί μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν τον λόγο επιφάνειας προς όγκο, που είναι σημαντικός για την έννοια της νανοεπιστήμης. Όλες οι προαναφερθείσες ιδέες, ελήφθησαν υπόψιν από τους ερευνητές, για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ.

Καταλήγοντας, στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης και αν προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές. Η μόνη αναφορά είναι στην αποτελεσματικότητα της, η οποία ελέγχθηκε μέσα από φύλλα εργασίας και ομαδικές συνεντεύξεις με τους μαθητές. Ειδικότερα, οι μαθητές μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, κατάφεραν και κατανόησαν ορισμένες έννοιες που σχετίζονται με την Νανοτεχνολογία, διέκριναν τη μακροκλίμακα, τη μικροκλίμακα και τη νανοκλίμακα και κατέστησαν ικανοί να ταξινομήσουν τα αντικείμενα σύμφωνα με το μέγεθός τους. Επιπλέον, ήταν σε θέση να χαρακτηρίζουν σωστά τα υλικά υδρόφιλα, υδρόφοβα και υπέρ υδροφοβικά. Τέλος, όσον αφορά τις διαστάσεις της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας, η Νανοτεχνολογία φαίνεται να είναι ένα χρήσιμο πλαίσιο για την ενίσχυση των συζητήσεων των μαθητών περισσότερο για την Ηθική, τη Δέσμευση και την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και λιγότερο για θέματα που σχετίζονται με την Ισότητα των Φύλων, την Ανοικτή Πρόσβαση και τη Διακυβέρνηση.

XI. Έρευνα

Stefanidou, C., Psoma, V., & Skordoulis, C. (2020). Ptolemy's experiments on refraction in science class. *Physics Education*, 55(3), 035027.

Οι Stefanidou, Psoma και Skordoulis στην έρευνά τους σχεδίασαν και εφάρμοσαν μία ΔΜΑ η οποία στηρίζονταν σε δύο θεματικές περιοχές: τη διάθλαση και τη φύση της επιστήμης. Τα θέματα αυτά τα διαχειρίστηκε με βάση την ιστορία της οπτικής και συγκεκριμένα τα πειράματα του Πτολεμαίου για τη διάθλαση. Η ΔΜΑ απευθύνονταν σε 55 δευτεροετείς προπτυχιακούς φοιτητές που φοιτούσαν στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Κύριος στόχος της έρευνά τους ήταν να διερευνήσουν την αποτελεσματικότητα της ΔΜΑ και την αποδοχή της από τους φοιτητές για την κατανόηση του φαινομένου της διάθλασης καθώς και των πτυχών της φύσης της επιστήμης.

Πιο συγκεκριμένα, η ΔΜΑ σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε, χρησιμοποιώντας ως βοηθητικό εργαλείο την ιστορία και την φιλοσοφία της επιστήμης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η επιλογή του συγκεκριμένου εργαλείου, δεν ήταν τυχαία αλλά επιλέχθηκε από τους ερευνητές αποσκοπώντας οι εκπαιδευτικοί μέσα από την εμπειρία τους με ιστορικά πειράματα να αντιληφθούν την ιστορία της επιστήμης ως χρήσιμη και να την αξιοποιήσουν στη διδασκαλία και στην εκμάθηση των Φυσικών Επιστημών.

Αναφορικά με το περιεχόμενο της ΔΜΑ, εκείνη περιλάμβανε τέσσερις φάσεις κάθε μία από τις οποίες αποτελείται από μία σειρά δραστηριοτήτων, μερικές από τις οποίες παρουσιάζονται παρακάτω. Στην πρώτη φάση, οι εκπαιδευτικοί καλούνται να σχεδιάσουν σε μία εικόνα που τους δίνεται, την πορεία που θεωρούν ότι ακολουθεί το φως όταν πέφτει πάνω σε έναν καθρέφτη, αποσκοπώντας να κατανοήσουν την έννοια της κατοπτρικής ανάκλασης. Στη συνέχεια, τους ζητείτε να επαληθεύσουν τον νόμο της ανάκλασης, σύμφωνα με τον οποίο η γωνία της προσπίπτουσας ακτίνας είναι ίση με τη γωνία της ανάκλασης, πραγματοποιώντας ένα απλό πείραμα. Σκοπός της φάσης αυτής είναι οι εκπαιδευτικοί να επεξεργαστούν το θεωρητικό πλαίσιο και να πληροφορηθούν ότι η πρώτη ρητή διατύπωση του νόμου της ανάκλασης, βρίσκεται στην Οπτική του Ευκλείδη.

Στην επόμενη φάση, οι εκπαιδευτικοί καλούνται να επαληθεύσουν τον νόμο της ανάκλασης και να αναζητήσουν τη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στη γωνία πρόσπτωσης και στη γωνία διάθλασης. Σκοπός αυτής της φάσης είναι οι εκπαιδευτικοί να αναρωτηθούν για τη σχέση μεταξύ αυτών των γωνιών και να προχωρήσουν ένα βήμα παραπέρα από την σκέψη του Ευκλείδη, όπως έκανε και ο Πτολεμαίος. Η τρίτη φάση, ζητάει από τους εκπαιδευτικούς να παρατηρήσουν μία εικόνα, στην οποία απεικονίζεται πως το φως διαθλάται από τον αέρα στο νερό, να μετρήσουν τη γωνία που σχηματίζεται και να συγκρίνουν τα αποτελέσματα τους με τις μετρήσεις του Πτολεμαίου. Η παρούσα δραστηριότητα αποσκοπεί να κατανοήσουν ότι η ιδέα του Πτολεμαίου ότι υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ της γωνίας πρόσπτωσης και της γωνίας διάθλασης, δεν ήταν ορθή. Στην τελευταία φάση, οι εκπαιδευτικοί διεξάγουν πειράματα διάθλασης για να κατανοήσουν τη διάθλαση του φωτός κατά το πέρασμα από τον αέρα στο γυαλί, και από το γυαλί στο νερό και αντίστροφα. Συγκεκριμένα, αρχικά, ακολουθώντας τη μέθοδο του Πτολεμαίου, χρησιμοποίησαν ένα τριγωνομετρικό κύκλο και μία δέσμη φωτός για να μετρήσουν

τη γωνία της διάθλασης από τον αέρα στο γυαλί, και έπειτα διεξήγαγαν ένα αντίστοιχο πείραμα για να μετρήσουν τη γωνία διάθλασης από το γυαλί στο νερό. Είναι άξιο να αναφερθεί ότι στο σημείο αυτό οι εκπαιδευτικοί πληροφορούνται ότι ο Πτολεμαίος δεν κατάφερε να υπολογίσει μαθηματικά τη γωνία διάθλασης. Κάτι τέτοιο επιτεύχθηκε αργότερα από τον Snell. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την παρουσίαση της διδακτικής παρέμβασης, οι ερευνητές δεν κάνουν αναφορά αλλά ούτε και περιγράφουν τις δυσκολίες που συναντάνε οι μαθητές σε κάθε μία από τις δραστηριότητες της ΔΜΑ. Η μόνη αναφορά στις δυσκολίες τους υπάρχει στην αρχή της έρευνας όπου οι ερευνητές επισημαίνουν απλώς ότι τις έλαβαν υπόψιν κατά τον σχεδιασμό της ΔΜΑ, χωρίς όμως να τις παραθέτουν.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η παρούσα ΔΜΑ επικεντρώθηκε στη διδασκαλία συγκεκριμένου περιεχομένου όπως τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάθλασης, τα οποία διδάχτηκαν μέσα από τα πειράματα του Πτολεμαίου. Συγκεκριμένα, οι ερευνητές μέσα από τη διδακτική παρέμβαση επιθυμούσαν να μελετήσουν την πορεία του φωτός όταν αυτό περνάει από ένα οπτικό μέσο σε ένα άλλο, όπως για παράδειγμα από τον αέρα στο γυαλί, παραδεχόμενοι ότι το φως εκπέμπεται από το μάτι, όπως είχε κάνει ο Πτολεμαίος. Το στοιχείο αυτό υποδηλώνει υπόρρητα τον διδακτικό μετασχηματισμό.

Εκτός από το στοιχείο αυτό, οι ερευνητές μετασχημάτισαν και το περιεχόμενο της ΔΜΑ με υπόρρητη δήλωση. Συγκεκριμένα, αξιοποίησαν οπτικό υλικό (εικόνες) ως εκπαιδευτικά εργαλεία για να κατανοήσουν και να παρατηρήσουν οι μαθητές την έννοια της διάθλασης και τις αντίστοιχες γωνίες. Ακόμη, καλούσαν τους μαθητές να διεξάγουν πειράματα με απλά υλικά όπως τριγωνομετρικό κύκλο και μία δέσμη φωτός προκειμένου να εξάγουν μόνοι τους τα συμπεράσματά τους και έπειτα να τα συγκρίνουν με του Πτολεμαίου. Τέλος, οι ερευνητές χρησιμοποιούσαν απλό λεξιλόγιο για να εξηγήσουν στους μαθητές το υπό μελέτη φαινόμενο.

Καταλήγοντας, στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης και αν προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές. Η μόνη αναφορά είναι στην αποτελεσματικότητα της, η οποία ελέγχθηκε μέσα από τα ημερολόγια των εκπαιδευτικών, τα φύλλα εργασίας και τα ερωτηματολόγια. Ειδικότερα, οι εκπαιδευτικοί μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, φαίνεται ότι αντιλήφθηκαν τα ιστορικά πειράματα ως χρήσιμα για να κατανοηθεί το περιεχόμενο της επιστήμης και της

φύσης της επιστήμης, καθώς και τη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στα μαθηματικά και τη φυσική. Τέλος, είχαν την ευκαιρία να εξετάσουν λεπτομερώς τους λόγους για τους οποίους είναι σημαντική ή όχι η ιστορία της επιστήμης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

XII. Έρευνα

Zuza, K., De Cock, M., van Kampen, P., Kelly, T., & Guisasola, J. a (2020). Guiding students towards an understanding of the electromotive force concept in electromagnetic phenomena through a teaching-learning sequence. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 020110.

Οι Zuza, De Cock, van Kampen, Kelly και Guisasola στην έρευνα τους σχεδίασαν και εφάρμοσαν μία ΔΜΑ με θέμα την ηλεκτρεγερτική δύναμη [*HEΔ (electromotive force)*]. Η ΔΜΑ απευθύνονταν σε 50-60 φοιτητές Πολυτεχνείου (μηχανικούς) πρώτου έτους που φοιτούσαν στο Πανεπιστήμιο της Χώρας των Βάσκων και εφαρμόστηκε στα πλαίσια ενός εισαγωγικού μαθήματος φυσικής με θέμα την ΗΕΔ σε σταθερά και επαγωγικά κυκλώματα και τη διαφορά της από τη διαφορά δυναμικού όλα βασισμένα στο λογισμό. Κύριος στόχος της έρευνά τους ήταν να κατανοήσουν οι μαθητές την έννοια της ΗΕΔ σε διαφορετικά πλαίσια (π.χ. συντηρητικών και μη δυνάμεων) και να ξεπεράσουν πιθανές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν αναφορικά με την υπό μελέτη έννοια.

Πιο αναλυτικά, η ΔΜΑ αναπτύχθηκε σύμφωνα με τον «σχεδιασμό που βασίζεται σε έρευνα» (*Design based research*). Ο λόγος σχεδιασμού και ανάπτυξης της οφείλονταν στο γεγονός ότι υπήρχαν ελάχιστες έρευνες στη βιβλιογραφία που μελετούσαν τον τρόπο που κατανοούν οι μαθητές την ΗΕΔ, μία έννοια που κατά τους ερευνητές είναι θεμελιώδης για την κατανόηση τόσο των κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος όσο και των φαινομένων της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής [*electromagnetic induction (EMI)*]. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι ερευνητές πριν την κατασκευή της, έκαναν εκτεταμένη επισκόπηση στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με τις ιδιότητες και τις έννοιες που αφορούν την ΗΕΔ.

Αναφορικά με το περιεχόμενο της ΔΜΑ εκείνη περιλάμβανε αρχικά μία ακολουθία βασισμένη σε τρία προβλήματα, διάρκειας 4,5 ωρών, καθένα από τα οποία αποτελούνταν από μία σειρά δραστηριοτήτων. Το πρώτο πρόβλημα περιλάμβανε δύο δραστηριότητες οι οποίες ζητούσαν από τους μαθητές να εξετάσουν ένα δοκιμαστικό φορτίο σε ένα ηλεκτρικό πεδίο που παράγεται από ένα σημειακό φορτίο Q και να

διερευνήσουν πως ένα φορτισμένο σωματίδιο μετακινείται από το ένα σημείο στο άλλο σε ένα κλειστό βρόχο. Κύριος στόχος του προβλήματος ήταν να κατανοηθεί ή έννοια της ΗΕΔ τόσο στα ηλεκτροστατικά πεδία όσο και στα κυκλώματα συνεχούς ρεύματος.

Το δεύτερο πρόβλημα αποσκοπούσε να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές τις έννοιες της ΗΕΔ και να την διακρίνουν από τη διαφορά δυναμικού σε ένα κύκλωμα συνεχούς ρεύματος. Για το σκοπό αυτό περιλάμβανε τρεις δραστηριότητες: Η πρώτη αφορούσε την κίνηση των φορτιών σε ένα κύκλωμα συνεχούς ρεύματος, στη δεύτερη έπρεπε να γίνει σύγκριση ανάμεσα στη διαφορά δυναμικού και στην ΗΕΔ σε μία μπαταρία στα πλαίσια ενός πειράματος και στη τρίτη καλούνταν να προσδιορίσουν την ΗΕΔ μίας μπαταρίας. Το τελευταίο πρόβλημα αποτελούνταν και πάλι από τρεις δραστηριότητες, κύκλωμα με λάμπα, λαμπτήρα σε μεταλλική ράβδο και δακτύλιο γύρω από ένα σωληνοειδές. Οι δραστηριότητες αναμένετε να βοηθήσουν τους φοιτητές να συσχετίσουν το περιβάλλον συνεχούς ρεύματος με αυτό της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής και θα τους βοηθήσει επίσης να διακρίνουν την ΗΕΔ από τη διαφορά δυναμικού. Τέλος, οι φοιτητές θα παρατηρήσουν ότι οι αιτίες ΗΕΔ είναι η μετακίνηση ή η κίνηση ενός αγωγού σε ένα μαγνητικό πεδίο ή σε ένα μεταβλητό μαγνητικό πεδίο.

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η παραπάνω ΔΜΑ αξιολογήθηκε από τους ερευνητές, οι οποίοι αποφάσισαν τον επανασχεδιασμό της με κάποιες βελτιωτικές αλλαγές. Η αναθεωρημένη ΔΜΑ επικεντρώνεται σε ένα μόνο πρόβλημα, διάρκειας 1,5 ώρα, το οποίο αποτελείται από τέσσερις δραστηριότητες. Στην πρώτη δραστηριότητα παρουσιάστηκαν στους μαθητές διάφορα είδη ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων και ζητήθηκε από αυτούς να διακρίνουν κάθε φορά τη διαφορά δυναμικού, την ΗΕΔ και εάν υπάρχει διαχωρισμός φορτίου. Η δεύτερη δραστηριότητα είχε θέμα το μηχανισμό που παράγει ο διαχωρισμός φορτίου σε διαφορετικές πηγές ΗΕΔ, ενώ η τρίτη δραστηριότητα είχε την ίδια μορφή με την πρώτη με τη διαφορά ότι δόθηκαν στους μαθητές κυκλώματα με αντίσταση. Τέλος, στην τέταρτη δραστηριότητα οι μαθητές ρωτήθηκαν εάν υπάρχουν διαφορές, εάν η πηγή της ΗΕΔ είναι πραγματική ή ιδανική και εάν αυτό επηρεάζει τις αριθμητικές τιμές της και τη διαφορά δυναμικού. Κύριος στόχος όλου του προβλήματος ήταν να κατανοήσουν την ΗΕΔ ως μία ενοποιητική έννοια. Όπως αναδεικνύεται από τα παραπάνω στην παρούσα έρευνα υπάρχει το χαρακτηριστικό του iteration.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω η παρούσα διδακτική παρέμβαση επικεντρώθηκε αποκλειστικά στις έννοιες της ΗΕΔ και συγκεκριμένα σε έξι βασικά χαρακτηριστικά της, και της διαφοράς δυναμικού χωρίς να κάνει αναφορά σε άλλες έννοιες. Ακόμη, η παρέμβαση πραγματοποιήθηκε σε ένα περιβάλλον μάθησης το οποίο δηλώνεται ρητά από τους ερευνητές, ότι γίνεται μετασχηματισμός του περιεχομένου. Εκτός από τους παραπάνω μετασχηματισμούς, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν σε όλη την παρέμβαση διαδραστικές στρατηγικές διδασκαλίας, στις οποίες οι μαθητές εργαζόμενοι σε ομάδες είχαν ενεργό ρόλο ώστε να κατανοήσουν την έννοια μέσα από την αλληλεπίδραση. Επιπλέον, διεξήγαγαν απλά πειράματα για να διακρίνουν τη διαφορά μεταξύ της έννοιας της ΗΕΔ και της διαφοράς δυναμικού, ενώ οι περισσότερες δραστηριότητες ήταν οπτικοποιημένες για να μπορούν να κατανοήσουν οι φοιτητές καλύτερα τις έννοιες και τα φαινόμενα. Τέλος, όλη η διδακτική παρέμβαση στηριζόταν κυρίως σε μία ποιοτική περιγραφή του φαινομένου και λιγότερο στον μαθηματικό φορμαλισμό.

Όσον αφορά τις ιδέες και δυσκολίες των μαθητών, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ερευνητές, πριν τον σχεδιασμό, κατά και μετά την εφαρμογή των ΔΜΑ λαμβάνουν υπόψιν τις δυσκολίες των μαθητών σχετικά με την κατανόηση του εν λόγω περιεχομένου, προσπαθώντας να μετασχηματίσουν το περιεχόμενο και τις δραστηριότητες με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνονται κατανοητές από τους μαθητές και να επιλυθούν πιθανές παρανοήσεις. Με άλλα λόγια, οι ερευνητές μάς αναφέρουν ότι σε προηγούμενη έρευνά τους έχουν μελετήσει τις ιδέες και δυσκολίες των μαθητών σχετικά με την ΗΕΔ, οι οποίες αφορούν τη δυσκολία κατανόησης της διαφοράς δυναμικού και της ΗΕΔ, τα προβλήματα προσδιορισμού της πηγής της ΗΕΔ και την αδυναμία ορισμού της, και στην παρούσα έρευνά τους τις αξιοποιούν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ, προκειμένου μέσω αυτής να τις αντιμετωπίσουν. Τέλος, αξιολογούν τη ΔΜΑ για να δουν αν επιτεύχθηκε ο στόχος τους.

Καταλήγοντας, η παρούσα ΔΜΑ είχε θετικά αποτελέσματα στη μάθηση των μαθητών καθώς οι μαθητές κατέστησαν ικανοί να διακρίνουν την ΗΕΔ από τη διαφορά δυναμικού και κατανόησαν την ΗΕΔ ως μία ενοποιητική έννοια. Ωστόσο, πρέπει να επισημανθεί ότι οι ερευνητές θεωρούν ότι εάν και η ΔΜΑ είχε θετικά αποτελέσματα στους μαθητές της έρευνας (εργασία σε ομάδες, μετασχηματισμένο μάθημα φυσικής), δεν είναι σίγουρο ότι θα ανταποκρίνονταν το ίδιο και σε μαθητές που λαμβάνουν παραδοσιακή εκπαίδευση.

XIII. Έρευνα

Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2021). In-service Teachers' Needs and Mentor's Practices in Applying a Teaching–Learning Sequence on Nanotechnology and Plastics in Primary Education. *Journal of Science Education and Technology*, 1-12.

Οι Mandrikas, Michailidi και Stavrou στην έρευνα τους σχεδίασαν δύο ΔΜΑ με θέμα τη Νανοτεχνολογία (ΔΜΑ1) και τα Πλαστικά (ΔΜΑ2), οι οποίες εφαρμόστηκαν από εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η πρώτη ΔΜΑ απευθύνονταν σε Έλληνες μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (11-16 ετών), ενώ η δεύτερη ΔΜΑ απευθύνονταν σε Γερμανούς μαθητές ηλικίας 13-15 ετών. Κύριος στόχος της έρευνάς τους ήταν να διερευνήσουν τις ανάγκες των εκπαιδευτικών για την εφαρμογή καινοτόμων θεμάτων στην εκπαίδευση καθώς και τη συμβολή του μέντορα.

Πιο αναλυτικά, οι ΔΜΑ υλοποιήθηκαν σύμφωνα με το εκπαιδευτικό μοντέλο 5E, το οποίο αποτελείται από τις ακόλουθες φάσεις: την εμπλοκή, την εξερεύνηση, την εξήγηση, την επεξεργασία και την αξιολόγηση. Το μοντέλο αυτό εμπλουτίστηκε και από μία ακόμη φάση την ανταλλαγή, κατά την οποία οι συμμετέχοντες καλούνταν να κατασκευάσουν επιστημονικά εκθέματα. Ο λόγος σχεδιασμού και ανάπτυξης τους, οφείλονταν στο γεγονός ότι στην πρώτη ΔΜΑ οι ερευνητές επιθυμούσαν να εμπλουτίσουν με τα αποτελέσματά τους τις υπάρχουσες έρευνες σε σχέση με την Νανοτεχνολογία. Αντιθέτως, η δεύτερη ΔΜΑ σχεδιάστηκε καθώς δεν υπήρχαν εξειδικευμένες έρευνες σε σχέση με τα πλαστικά στον ωκεανό.

Αναφορικά με το περιεχόμενο των ΔΜΑ, η πρώτη περιλάμβανε μία σειρά από δραστηριότητες, οι οποίες εφαρμόστηκαν σε επτά μαθήματα. Στο πρώτο μάθημα, οι μαθητές παρακολούθησαν ένα βίντεο αποσκοπώντας να εισαχθούν και να γνωρίσουν την έννοια της νανοτεχνολογίας. Στο δεύτερο μάθημα, διοργανώθηκε εκπαιδευτική επίσκεψη σε ένα επιστημονικό κέντρο, όπου οι μαθητές παρακολούθησαν από κοντά εκθέματα που συνδέονταν με την Νανοτεχνολογία, αποκτώντας προσωπική εμπειρία και συνομίλησαν με έναν επιστήμονα. Στα επόμενα δύο μαθήματα πραγματοποίησαν δραστηριότητες οι οποίες θα τους βοηθούσαν να κατανοήσουν το μέγεθος και την κλίμακα, καθώς και τις ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος. Για τον λόγο αυτό, διεξήχθησαν πειράματα με απλά υλικά, όπως χαρτί και ψαλίδι, όπου προσπαθούσαν

να κόψουν το χαρτί σε όσο το δυνατόν μικρότερα κομμάτια, καθώς και πειράματα που εστίασαν στις ιδιότητες των νανουλικών και ιδιαίτερα στην υπερυδροφοβικότητα. Πιο συγκεκριμένα, στην αρχή παρακολούθησαν ένα βίντεο με θέμα τις ιδιότητες των υλικών και έπειτα έκαναν πειράματα με διάφορα υλικά προκειμένου να παρατηρήσουν τη αλληλεπίδραση των υλικών με το νερό, εστιάζοντας στο σχήμα των σταγονιδίων του νερού και στην ευκολία ροής τους σε κάθε επιφάνεια. Τέλος, στα επόμενα μαθήματα τα οποία είχαν τη μορφή ανατροφοδότησης και αξιολόγησης αντίστοιχα, οι μαθητές συνομίλησαν με επιστήμονες και δημιούργησαν τα δικά τους εκθέματα.

Όσον αφορά τη δεύτερη ΔΜΑ, χωρίζονταν και εκείνη σε επτά μαθήματα. Αρχικά, στο πρώτο μάθημα, οι μαθητές παρακολούθησαν ένα εισαγωγικό βίντεο με θέμα την καταστροφή των ωκεανών και διεξήγαγαν συζήτηση για τη χρήση των πλαστικών. Στο επόμενο μάθημα, επισκέφθηκαν ένα επιστημονικό κέντρο στο οποίο είχαν την ευκαιρία να αλληλεπιδράσουν με τα εκθέματα. Σκοπός του μαθήματος, ήταν οι μαθητές να εμπλακούν με τα πλαστικά και να εξοικειωθούν με τις μεθόδους της επιστημονικής επικοινωνίας. Στα επόμενα δύο μαθήματα, οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν ένα μυστήριο, τοποθετώντας διάφορες κάρτες συμβάντων στη σειρά, καθώς και να περιγράψουν πως μία οικογένεια μπορεί να συνδέεται με το παγκόσμιο πρόβλημα των πλαστικών απορριμμάτων στον ωκεανό. Σκοπός των δραστηριοτήτων, ήταν οι μαθητές μέσα από παραδείγματα και εικόνες να κατανοήσουν τις σχέσεις των ανθρώπων με τον ωκεανό, τον χρόνο αποσύνθεσης των απορριμμάτων και τις επιπτώσεις στη θαλάσσια ζωή. Στα τελευταία δύο μαθήματα, τα οποία είχαν τη μορφή ανατροφοδότησης και αξιολόγησης αντίστοιχα, οι μαθητές συνομίλησαν με ερευνητές για τη θαλάσσια ζωή και δημιούργησαν τα δικά τους εκθέματα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ερευνητές στο άρθρο τους κάθε φορά που παρουσιάζουν μία δραστηριότητα δεν αναφέρουν ρητά αν μέσω αυτής προσπαθούν να αντιμετωπίσουν μία συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα των μαθητών αλλά ούτε και αν μαθητές συναντάνε δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση της και ποιες είναι αυτές. Η μόνη αναφορά στις δυσκολίες τους, υπάρχει στην αρχή της έρευνας όπου οι ερευνητές επισημαίνουν απλώς ότι τις έλαβαν υπόψιν κατά τον σχεδιασμό της ΔΜΑ, χωρίς όμως να τις παραθέτουν.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, οι ΔΜΑ επικεντρώθηκαν σε δύο θέματα, Νανοτεχνολογία και Πλαστικά, τα οποία είναι καινοτόμα και δεν υπάρχουν στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών. Ακόμη, η πρώτη διδακτική παρέμβαση στηρίχθηκε αποκλειστικά στις δύο μεγάλες ιδέες της Νανοτεχνολογίας «το μέγεθος και την κλίμακα» και «οι ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος», καθώς σύμφωνα με τους ερευνητές οι ιδέες αυτές μπορούν να διδαχθούν σε αυτή την ηλικιακή ομάδα.

Εκτός από τους προαναφερθέντες μετασχηματισμούς (εφαρμογή καινοτόμων θεμάτων, επιλογή συγκεκριμένων εννοιών) οι οποίοι δηλώνονται ρητά, οι εκπαιδευτικοί μετασχημάτισαν και το περιεχόμενο με υπόρρητη δήλωση. Πιο συγκεκριμένα, αξιοποιήθηκαν ως εκπαιδευτικά εργαλεία εποπτικό υλικό (βίντεο, κάρτες εικόνων) προκειμένου να κατανοήσουν καλύτερα οι μαθητές τα θέματα, καθώς απέχουν από την καθημερινή τους εμπειρία. Ακόμη, διεξήγαγαν πειράματα με απλά υλικά για να παρατηρήσουν τη συμπεριφορά των φαινομένων και τέλος οργάνωσαν εκπαιδευτική επίσκεψη για να έρθουν σε επαφή με τα εκθέματα και να αποκτήσουν προσωπική εμπειρία.

Καταλήγοντας, στις ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης και αν προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές. Η μόνη αναφορά είναι στην αποτελεσματικότητα τους, η οποία ελέγχθηκε μέσα από ερωτηματολόγια. Ειδικότερα, οι μαθητές μετά την εφαρμογή της πρώτης ΔΜΑ κατάφεραν να εξοικειωθούν και να κατανοήσουν τις ιδέες «μέγεθος και κλίμακα» και «ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος» της νανοτεχνολογίας, λόγω της συμμετοχής τους σε πρακτικές δραστηριότητες και προσωπικής επαφής με πραγματικά νανοϋλικά. Όσον αφορά τη δεύτερη ΔΜΑ, οι μαθητές κατέστησαν ικανοί να αναγνωρίζουν τα διαφορετικά είδη των πλαστικών, να κατανοούν τον τρόπο με τον οποίο καταλήγουν στον ωκεανό, αλλά και πόσος χρόνος χρειάζεται για την αποσύνθεσή τους. Τέλος, αντιλήφθηκαν τι σημαίνει ρύπανση των ωκεανών από τα πλαστικά και ποιες είναι οι συνέπειες αυτής της ρύπανσης τόσο στη θαλάσσια ζωή όσο και στην υγεία του ανθρώπου.

XIV. Έρευνα

Zuza, K., Sarriugarte, P., Ametller, J., Heron, P. R., & Guisasola, J. b (2020). Towards a research program in designing and evaluating teaching materials: An example from DC resistive circuits in introductory physics. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 020149.

Οι Zuza, Sarriguarte, Ametller, Heron και Guisasola στην έρευνά τους δημιούργησαν και εφάρμοσαν μία ΔΜΑ με θέμα τα βασικά ηλεκτρικά κυκλώματα. Η ΔΜΑ απευθύνονταν σε 60- 70 πρωτοετείς φοιτητές μηχανικής και φυσικής που φοιτούσαν σε ένα πανεπιστήμιο στη Χώρα των Βάσκων. Κύριος στόχος της έρευνά τους ήταν να εξετάσουν εάν η παρούσα ΔΜΑ αποτελεί ένα αποτελεσματικό εκπαιδευτικό εργαλείο που θα συμβάλλει τόσο στην εμπλοκή των συμμετεχόντων στην εκμάθηση του θέματος, όσο και στην ίδια τη μάθησή τους.

Πιο αναλυτικά, η ΔΜΑ σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε σύμφωνα με το μοντέλο της «βασισμένης στον σχεδιασμό έρευνας (*Design- based Research*)». Ο λόγος σχεδιασμού και ανάπτυξης της οφείλονταν στο γεγονός ότι οι ερευνητές επιθυμούσαν να αναδείξουν τη μεθοδολογία και εφαρμογή της «βασισμένης στον σχεδιασμό έρευνας» στην αξιολόγηση του διδακτικού υλικού προκειμένου αυτό να βελτιωθεί και κατ' επέκταση να τελειοποιηθεί, ένα στοιχείο το οποίο κατά τους ίδιους, δεν λαμβάνεται συχνά υπόψιν όταν προτείνεται μία νέα προσέγγιση. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι ερευνητές πριν την κατασκευή της, έκαναν εκτεταμένη επισκόπηση στις ιδέες των συμμετεχόντων σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα.

Αναφορικά με το περιεχόμενο της ΔΜΑ, εκείνη διαρθρώθηκε με βάση τρία προβλήματα. Στο πρώτο πρόβλημα το οποίο είχε ως θέμα το πώς λειτουργεί το ηλεκτρικό ρεύμα, οι συμμετέχοντες καλούνταν να πραγματοποιήσουν δραστηριότητες σχετικά με τον ορισμό και τη χρήση της ροής ηλεκτρονίων και της συμβατικής ροής ρεύματος. Σκοπός των δραστηριοτήτων, ήταν οι συμμετέχοντες να εξοικειωθούν με την ανάλυση φαινομένων που παρουσιάζουν τις σχέσεις μεταξύ του ρεύματος σε μικροσκοπικό και μακροσκοπικό επίπεδο και να ορίσουν τη διαφορά μεταξύ της ροής ηλεκτρονίων και της συμβατικής ροής ρεύματος.

Το δεύτερο πρόβλημα είχε ως θέμα τον μηχανισμό που παράγει το ρεύμα και την κίνηση των ηλεκτρονίων. Οι δραστηριότητες αφορούσαν τον ορισμό του μεγέθους της επιφανειακής πυκνότητας των φορτίων και του ηλεκτρικού πεδίου στο σύρμα. Βέβαια, υπήρχαν και δραστηριότητες για τον καθορισμό του ρόλου της μπαταρίας σε ένα κύκλωμα συνεχούς ρεύματος τόσο από μικροσκοπική όσο και μακροσκοπική άποψη. Σκοπός αυτής της φάσης, ήταν οι συμμετέχοντες να παρατηρήσουν διάφορες απόψεις σχετικά με το ηλεκτρικό ρεύμα και να οργανώσουν

εμπειρικές πληροφορίες αναφορικά με τις σχέσεις μεταξύ της έντασης, της διαφοράς δυναμικού και του ρεύματος.

Στο τρίτο πρόβλημα το οποίο διαπραγματεύονταν το ρόλο της μπαταρίας σε σχέση με το ηλεκτρικό πεδίο στο σύρμα, οι μαθητές καλούνταν να επιλύσουν προβλήματα στα οποία θα ανέλυαν απλά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος με τη βοήθεια μικροσκοπικών και μακροσκοπικών μοντέλων. Σκοπός των προβλημάτων ήταν οι συμμετέχοντες να κάνουν υποθέσεις για το ρόλο του ηλεκτρικού πεδίου στο σύρμα και να εφαρμόσουν ένα επεξηγηματικό μοντέλο για τα απλά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος.

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι όλες οι δραστηριότητες της ΔΜΑ, αξιολογήθηκαν και αναθεωρήθηκαν προκειμένου να είναι πιο εύκολα κατανοητές και να ανταποκρίνονται στο κοινωνικό, στο γνωστικό και στο ηλικιακό επίπεδο των συμμετεχόντων. Οι αλλαγές αυτές αφορούν στο πρώτο πρόβλημα την προσθήκη μίας λέξης στη διατύπωση της δραστηριότητας, ενώ στο δεύτερο και τρίτο πρόβλημα αφαιρέθηκε μία δραστηριότητα από το γενικό σύνολο των δραστηριοτήτων. Το παραπάνω στοιχείο υποδηλώνει την ύπαρξη του χαρακτηριστικού του iteration.

Αναφορικά με τις δυσκολίες των φοιτητών, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ερευνητές κάθε φορά που μας παρουσιάζουν μία δραστηριότητα δεν αναφέρουν ρητά αν μέσω αυτής προσπαθούν να αντιμετωπίσουν μία συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών αλλά ούτε και αν οι φοιτητές συναντάνε δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση της και ποιες είναι αυτές. Η μόνη αναφορά στις δυσκολίες τους υπάρχει στην αρχή της έρευνας όπου οι ερευνητές όχι μόνο επισημαίνουν ότι τις έλαβαν υπόψιν κατά τον σχεδιασμό της ΔΜΑ, αλλά παραθέτουν και ποιες δυσκολίες και ιδέες προσπάθησαν μέσω της ΔΜΑ να αντιμετωπίσουν. Συγκεκριμένα, μία ιδέα που αξιοποιήθηκε είναι ότι οι μαθητές δεν κατανοούν την έννοια της διαφοράς δυναμικού και πιστεύουν ότι η διαφορά δυναμικού είναι συνέπεια της ροής των ηλεκτρικών φορτίων και όχι η αιτία της. Ακόμη, αντιμετωπίζουν δυσκολία να εφαρμόσουν τις έννοιες του ηλεκτρικού πεδίου και της διαφοράς δυναμικού για να εξηγήσουν κυκλώματα συνεχούς ρεύματος.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, μπορεί να ειπωθεί ότι η παρούσα ΔΜΑ σχεδιάστηκε για ένα μετασχηματισμένο μάθημα φυσικής που βασίζεται

αποκλειστικά στον λογισμό. Το περιεχόμενο της αφορά θέματα των κυκλωμάτων ηλεκτρικού ρεύματος τα οποία υπάρχουν στα βιβλία των φοιτητών αλλά οργανώνονται διαφορετικά και μετασχηματίζονται προκειμένου να γίνουν κατανοητά από τους συμμετέχοντες. Πιο συγκεκριμένα, σε αυτή τη διδακτική παρέμβαση οι ερευνητές δίνουν έμφαση στο σύστημα και στις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ της διαφοράς δυναμικού και του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα σύρμα. Επίσης, επικεντρώνονται στο μέγεθος της επιφανειακής πυκνότητας των φορτίων και του ηλεκτρικού πεδίου στο σύρμα, καθώς και ποιος είναι ο ρόλος της μπαταρίας, στοιχεία που συμβάλλουν να γίνει μία εισαγωγή στη διαφορά δυναμικού ως ενέργεια ανά μονάδα φορτίου. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά απουσιάζουν ή υπάρχει ελλιπής διδασκαλία τους στην παραδοσιακή αντιμετώπιση των απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Τέλος, ένα ακόμη χαρακτηριστικό είναι ότι η ΔΜΑ επικεντρώνεται μόνο στα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα και όλη τους η διδασκαλία είναι ποιοτική, χωρίς να γίνεται αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό. Τα παραπάνω στοιχεία υποδηλώνουν άλλοτε ρητά και άλλοτε υπόρρητα τον διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου.

Καταλήγοντας, όσον αφορά την αποτελεσματικότητα της ΔΜΑ, εκείνη ελέγχθηκε με ερωτηματολόγια πριν και μετά την εφαρμογή της καθώς και με διαγνωστικά τεστ. Ειδικότερα, οι συμμετέχοντες μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης, φαίνεται να επιτυγχάνουν μία καλύτερη εννοιολογική κατανόηση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

XV. Έρευνα

Rico, A., Agirre-Basurko, E., Ruiz-González, A., Palacios-Agundez, I., & Zuazagoitia, D. (2021). Integrating Mathematics and Science Teaching in the Context of Education for Sustainable Development: Design and Pilot Implementation of a Teaching-Learning Sequence about Air Quality with Pre-Service Primary Teachers. *Sustainability*, 13(8), 4500.

Οι Rico, Agirre-Basurko, Ruiz-González, Palacios-Agundez και Zuazagoitia στην έρευνά τους δημιούργησαν και εφάρμοσαν μία πιλοτική ΔΜΑ με θέμα την ποιότητα του αέρα. Η ΔΜΑ απευθύνονταν σε 24 προπτυχιακούς φοιτητές (τρίτου έτους) δημοτικής εκπαίδευσης, οι οποίοι φοιτούσαν στη Σχολή Εκπαίδευσης και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου της Χώρας των Βάσκων. Κύριος στόχος της έρευνάς

τους ήταν να ανιχνεύσουν τις ιδέες των προπτυχιακών φοιτητών σχετικά με τη βιώσιμη ανάπτυξη, και πιο συγκεκριμένα σχετικά με την ποιότητα του αέρα, τους ρυπαντές, τον καιρό, το κλίμα, καθώς και των σχέσεων μεταξύ τους, και να αξιολογήσουν την ποιότητα της ΔΜΑ μέσα από τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων.

Πιο αναλυτικά, η ΔΜΑ υλοποιήθηκε σύμφωνα με τις αρχές του κοινωνικού εποικοδομητισμού σε συνδυασμό με στρατηγικές ενεργητικής μάθησης όπως είναι η προσέγγιση «μάθηση με βάση το πρόβλημα» (*problem-based learning*), και «μάθηση βασισμένη στον τόπο» (*place-based education*). Ο λόγος σχεδιασμού και ανάπτυξης της προέκυψε από το γεγονός ότι δεν υπάρχουν αρκετές έρευνες στη βιβλιογραφία για τη διδασκαλία και εφαρμογή της βιώσιμης ανάπτυξης στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, αλλά ούτε και έρευνες που να διερευνούν πως μπορεί να συνδεθούν σωστά οι αρχές της εκπαίδευσης για τη βιώσιμη ανάπτυξη με την προσέγγιση STEM.

Αναφορικά με το περιεχόμενο της ΔΜΑ, εκείνη αποτελούνταν από ένα βασικό πρόβλημα το οποίο τέθηκε στους μαθητές και μία σειρά από δραστηριότητες οι οποίες θα τους βοηθούσαν να επιλύσουν το πρόβλημα. Πιο συγκεκριμένα, το πρόβλημα το οποίο διέτρεχε όλη την ΔΜΑ ήταν το εξής: «Τον Φεβρουάριο του 2019, οι θερμοκρασίες που καταγράφηκαν σε μία πόλη της Χώρας των Βάσκων, ήταν σημαντικά υψηλότερες από αυτές που είχαν καταγραφεί εκείνη την περίοδο τα προηγούμενα έτη. Τα ΜΜΕ ανέφεραν ότι τον Φεβρουάριο τα επιτρεπόμενα ωριαία όρια της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ξεπεράστηκαν, ότι η ποιότητα του αέρα χαρακτηριζόταν «κακή» και ότι η ποιότητα του αέρα επιδεινώθηκε λόγω του καλού καιρού και της έλλειψης βροχοπτώσεων».

Οι δραστηριότητες που περιλάμβανε η ΔΜΑ είναι έξι και περιγράφονται παρακάτω. Συγκεκριμένα, στην πρώτη δραστηριότητα, οι συμμετέχοντες απαντούν σε ένα τεστ για τους ρύπους της ατμόσφαιρας. Σκοπός της δραστηριότητας αυτής, ήταν να μάθουν οι συμμετέχοντες για τους κύριους ρύπους οι οποίοι επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα.

Στη δεύτερη δραστηριότητα, οι συμμετέχοντες αναζητούν πληροφορίες από την ιστοσελίδα του Air Quality για τις συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων στην πόλη τους, καταγράφουν τα δεδομένα τους σε ένα υπολογιστικό φύλλο, τα αναλύουν και γράφουν μία αναφορά για τα επίπεδα του όζοντος στο έδαφος. Σκοπός της

δραστηριότητας αυτής είναι να κατανοήσουν οι συμμετέχοντες ότι ο καιρός είναι συνδυασμός πολλών παραμέτρων, να παρατηρήσουν την επίδραση των μετεωρολογικών μεταβλητών στην ποιότητα του αέρα και να αναλύσουν τα δεδομένα τους με τη χρήση περιγραφικών στατιστικών και γραφικών εργαλείων.

Στην τρίτη δραστηριότητα, οι μαθητές εργαζόμενοι σε ομάδες παρουσιάζουν την ανάλυση τους σε έναν φανταστικό μαθητή και διεξάγουν συζήτηση για την ποιότητα του αέρα, τη βιωσιμότητα και την εκπαίδευση. Η δραστηριότητα αυτή αποσκοπεί να κατορθώσουν οι συμμετέχοντες να εκτιμήσουν την ποιότητα του αέρα με βάση την ανάλυση δεδομένων τους και την ανάλυση των τιμών του όζοντος στο έδαφος. Κατόπιν, στην τέταρτη δραστηριότητα για να κατανοήσουν ότι ο καιρός είναι συνδυασμός πολλών παραμέτρων όπως το ηλιακό φως, η θερμοκρασία και η βροχόπτωση στη συγκεκριμένη περιοχή και ώρα, οι συμμετέχοντες δημιουργούν μία λίστα με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που επηρεάζουν τον καιρό και προσδιορίζουν το φυσικό μέγεθος που πρέπει να μετρηθεί.

Στην πέμπτη δραστηριότητα, εργαζόμενοι σε ομάδες περιγράφουν τη σημασία του καιρού καθώς και τη μονάδα μέτρησης τους. Ακόμη, εφαρμόζουν την κινητική θεωρία των μορίων για να εξηγήσουν σύντομα τον σχηματισμό των νεφών. Σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι να μάθουν να χρησιμοποιούν αισθητήρες καιρού για να τον περιγράψουν. Στην έκτη και τελευταία δραστηριότητα, οι συμμετέχοντες καλούνται να εφαρμόσουν τις γνώσεις που κατέκτησαν. Με άλλα λόγια, επιλέγουν μία τοποθεσία στο Πανεπιστήμιο προκειμένου να μετρήσουν και να αξιολογήσουν τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών του καιρού. Τέλος, αντιπαραβάλλουν τα δεδομένα τους που βασίζονται σε αισθητήρες με τα δεδομένα που συλλέγονται σε μετεωρολογικούς σταθμούς και με τις προβλέψεις των μετεωρολογικών υπηρεσιών.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ερευνητές κάθε φορά που μας παρουσιάζουν μία δραστηριότητα δεν αναφέρουν ρητά αν μέσω αυτής προσπαθούν να αντιμετωπίσουν μία συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών αλλά ούτε και αν οι φοιτητές συναντάνε δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση της και ποιες είναι αυτές. Η μόνη αναφορά στις δυσκολίες τους υπάρχει στο τέλος της έρευνας όπου οι ερευνητές αναφέρουν ότι μέσα από τα μαθησιακά αποτελέσματα εντόπισαν κάποιες παρανοήσεις και δυσκολίες τους, οι οποίες κατά τα λεγόμενά τους, τους καθοδήγησαν στη δημιουργία συγκεκριμένων διδακτικών προτάσεων.

Συνοπτικά, μέσα από την ανάλυση αναδεικνύεται ότι οι παρανοήσεις αυτές αφορούν τη διάκριση ανάμεσα στην έννοια του κλίματος και του καιρού, καθώς οι συμμετέχοντες θεωρούν ότι το κλίμα ορίζεται ως ένας μακροχρόνιος καιρός. Η παρανόηση αυτή, σύμφωνα με τους ερευνητές μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσα από μια επιστημονικά προσανατολισμένη ερώτηση και τη χρήση μοντέλων που θα περιγράφουν τον καιρό και το κλίμα. Μία άλλη παρανόηση που εντοπίζουν, σχετίζεται με το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς οι φοιτητές εστιάζουν αφενός στις πηγές ρύπανσης και δυσκολεύονται να εντοπίσουν συγκεκριμένους ατμοσφαιρικούς ρύπους και αφετέρου δεν δύναται να κατανοήσουν τη σχέση ανάμεσα ατμοσφαιρικούς ρύπους και στις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Για τον λόγο αυτό, οι ερευνητές προτείνουν να αποφεύγεται η χρήση του γενικού όρου «ρύπανση» και να γίνει σύνδεση της έννοιας του «ρύπου» με τα αντίστοιχα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλεί. Τέλος, θεωρούν ότι σε τέτοια σύνθετα θέματα, είναι καλό να γίνεται σύνδεση των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών με άλλους κλάδους, προκειμένου οι μαθητές να αναπτύξουν κριτική σκέψη που θα τους χρειαστεί όταν κληθούν να αναλάβουν δράση για παγκόσμιες προκλήσεις όπως είναι η κλιματική αλλαγή.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η παρούσα ΔΜΑ επικεντρώθηκε αποκλειστικά στις έννοιες των ρυπαντών της ατμόσφαιρας, του καιρού και του κλίματος και δεν συμπεριλάμβανε άλλες πτυχές της βιώσιμης ανάπτυξης. Ακόμη, οι ερευνητές δηλώνουν ρητά ότι μετασχημάτισαν το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων ώστε να ανταποκρίνεται στο γνωστικό, κοινωνικό και ηλικιακό επίπεδο των συμμετεχόντων. Συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες έμαθαν για την ποιότητα του αέρα, το κλίμα και τον καιρό χρησιμοποιώντας ως εκπαιδευτικά εργαλεία διαδικτυακούς τόπους από τους οποίους συνέλεξαν τα δεδομένα καθώς και μέσω υπολογιστικών φύλλων στα οποία κατέγραφαν τα δεδομένα αυτά και μέσω γραφημάτων παρατηρούσαν τα αποτελέσματα της καταγραφής τους. Επιπλέον, αξιοποίησαν αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης του αέρα και ανέμου που ήταν συνδεδεμένοι σε ένα τάμπλετ για να κάνουν τις δικές τους μετρήσεις, και έπειτα να τα συγκρίνουν με τις μετρήσεις των μετεωρολογικών σταθμών και με τις προβλέψεις των μετεωρολογικών υπηρεσιών. Σε όλες τις παραπάνω δραστηριότητες οι συμμετέχοντες δεν ακολούθησαν κάποιο από τα καθιερωμένα μοντέλα που προτείνονται στη βιβλιογραφία για να μετρήσουν με μαθηματική ακρίβεια τους

ατμοσφαιρικούς ρύπους, αλλά κατέγραψαν σε ένα χαρτί τις μετρήσεις τους και μέσω της παρατήρησης των γραφικών παραστάσεων κατέληξαν σε κάποια συμπεράσματα.

Καταλήγοντας, στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης και αν προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές. Η μόνη αναφορά είναι στην αποτελεσματικότητα της, η οποία ελέγχθηκε μέσα από ερωτηματολόγια πριν και μετά τη εφαρμογή της ΔΜΑ. Ειδικότερα, οι συμμετέχοντες μετά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης κατέστησαν ικανοί να κατανοούν την ποιότητα του αέρα και να μπορούν να υποστηρίζουν την άποψη τους στηριζόμενοι σε στοιχεία. Τέλος, έμαθαν με τη βοήθεια της περιγραφικής στατιστικής και των γραφικών παραστάσεων να ερμηνεύουν στοιχεία τα οποία υποστηρίζουν την καλή ποιότητα του αέρα στην Πανεπιστημιούπολη.

XVI. Έρευνα

Soto, M., Couso, D., & Pintó, R. (2021, May). Modeling in Pre-service Secondary School Teacher Education: developing an School Scientific Model of Energy. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1929, No. 1, p. 012087). IOP Publishing.

Οι Soto, Couso και Pintó στην έρευνά τους σχεδίασαν και εφάρμοσαν μία ΔΜΑ με θέμα την ενέργεια, και συγκεκριμένα την προώθηση ενός επαρκούς σχολικού επιστημονικού μοντέλου της ενέργειας. Η ΔΜΑ απευθύνονταν σε 22 δευτεροετείς προπτυχιακούς φοιτητές φυσικής, οι οποίοι φοιτούσαν σε ένα Πανεπιστήμιο της Χιλής. Κύριος στόχος της έρευνά τους, ήταν να μελετήσουν πως εξελίσσονται τα αρχικά μοντέλα ενέργειας των συμμετεχόντων κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης.

Πιο αναλυτικά, η ΔΜΑ υλοποιήθηκε σύμφωνα με τις αρχές του μοντέλου «της βασισμένης στον σχεδιασμό έρευνας». Ακόμη, ως εκπαιδευτικό εργαλείο αξιοποιήθηκε η μοντελοποίηση, και ειδικότερα ο κύκλος μοντελοποίησης των Couso και Garrido-Espeja (2017). Ο λόγος σχεδιασμού και ανάπτυξης της οφείλονταν στο γεγονός ότι δεν υπήρχαν αρκετές έρευνες στη διδασκαλία της ενέργειας με μοντελοποίηση, και ότι όσες έρευνες είχαν διεξαχθεί παγκοσμίως, είχαν αναδείξει ότι οι εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και αντίστοιχα οι μαθητές τους είχαν περιορισμένη κατανόηση του σχολικού επιστημονικού μοντέλου (*School Scientific Model*) και ότι δεν διέθεταν ένα επαρκές μοντέλο ενέργειας. Είναι σημαντικό να

αναφερθεί ότι οι ερευνητές πριν την κατασκευή της, έκαναν εκτεταμένη επισκόπηση στις ιδέες των εκπαιδευτικών σχετικά με τις έννοιες που αφορούν την ενέργεια.

Αναφορικά με το περιεχόμενο της ΔΜΑ, εκείνη περιλάμβανε τέσσερις συνεδρίες, κάθε μία από τις οποίες είχε διάρκεια τέσσερις ώρες. Η πρώτη συνεδρία αφορούσε την οικοδόμηση της ιδέας ότι η ενέργεια συνδέεται με τη διαμόρφωση και την κατάσταση ενός συστήματος, δηλαδή τις μεταβλητές που ορίζουν την εσωτερική του κατάσταση αλλά και την κίνηση και τις δυνατότητές του. Μέσω της συνεδρίας γίνονταν προσπάθεια να αντιμετωπιστεί η εναλλακτική ιδέα των συμμετεχόντων ότι η ενέργεια είναι κάτι υλικό, κάποιο είδους καύσιμο που εισέρχεται στα αντικείμενα ή στα συστήματα. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη συνεδρία ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να προσδιορίσουν, στο πλαίσιο της υδάτινης ενέργειας- φυτά, ποιες πιθανές διαφορετικές «καταστάσεις» θα μπορούσε να έχει ένα σύστημα, πώς συσχετίζουμε την ενέργεια με αυτές τις διαφορετικές «καταστάσεις» και ποιες δυνατότητες έχουν να πυροδοτήσουν χρήσιμες αλλαγές για εμάς. Τέλος, οι συμμετέχοντες μπορούσαν να δοκιμάσουν τις ιδέες τους μετρώντας την τάση που παράγεται σε διαφορετικές καταστάσεις όπως το νερό σε θερμοκρασία δωματίου, το ζαχαρούχο νερό και το θερμαινόμενο νερό που πέφτει από διαφορετικά ύψη.

Στη δεύτερη συνεδρία και στην τρίτη συνεδρία, οι ερευνητές αποσκοπούσαν να βοηθήσουν τους συμμετέχοντες να αναπτύξουν μία άποψη για τη μεταφορά της ενέργειας των αλλαγών ενός συστήματος, και να ξεπεράσουν τις αρχικές τους ιδέες αναφορικά με τις μορφές και τον μετασχηματισμό της ενέργειας. Ειδικότερα, στη δεύτερη συνεδρία ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να προβλέψουν, να μετρήσουν και να συζητήσουν τις θερμικές αλλαγές στο πλαίσιο των κουτιών του μεσημεριανού γεύματος (*lunch box*). Ακόμη, ανέλυσαν την επίδραση στη μεταφορά της ενέργειας μέσω θερμότητας λαμβάνοντας υπόψιν τρεις παράγοντες: τη χρήση διαφορετικών υλικών (μονωτικών ή μη), το βαθμό μεταβολής της θερμοκρασίας και το μέγεθος της επιφάνειας επαφής. Στην τρίτη συνεδρία, οι συμμετέχοντες καλούνταν να ακολουθήσουν την παραπάνω διαδικασία (προσδιορισμός μεταβλητών) αλλά αυτή τη φορά έχοντας ως πλαίσιο τη σύγκρουση των κινητών (*colliding mobile*), προκειμένου να εντοπίσουν ποιες μεταβλητές που επηρεάζουν τη μεταφορά ενέργειας μέσω έργου.

Η τελευταία συνεδρία είχε θέμα την ανάλυση των ενεργειακών αλυσίδων σχετικά με την υποβάθμιση και τη διατήρηση της ενέργειας. Με άλλα λόγια, οι

συμμετέχοντες καλούνταν να περιγράψουν ποιοτικά τη διαδρομή που ακολουθούσε η ενέργεια από τη στιγμή που ένας τροχός αρχίζει να περιστρέφεται μέχρι να τον σταματήσει το φρένο. Επίσης, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας έπρεπε να μετρήσουν την αλλαγή θερμοκρασίας στο δίσκο των φρένων. Σκοπός της συνεδρίας, ήταν οι συμμετέχοντες να εντοπίσουν τη μεταφορά ενέργειας, τους μηχανισμούς μεταφοράς και να κατανοήσουν πως, παρά τη διατήρηση της ενέργειας, η ποιότητα και η χρησιμότητά της μειώνονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να ειπωθεί ότι όπως προκύπτει από τα παραπάνω, οι ερευνητές κάθε φορά που μας παρουσιάζουν μία δραστηριότητα, επισημαίνουν ποιος ήταν ο σκοπός τους και ποια εναλλακτική ιδέα των φοιτητών προσπαθούσαν μέσω της κάθε δραστηριότητας να αντιμετωπίσουν.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η παρούσα ΔΜΑ επικεντρώθηκε αποκλειστικά στις έννοιες της μεταφοράς, της διατήρησης και της υποβάθμισης της ενέργειας, χωρίς να κάνει αναφορά σε άλλες έννοιες. Ακόμη, οι ερευνητές αξιοποίησαν στη διδακτική τους παρέμβαση ένα σχολικό επιστημονικό μοντέλο ενέργειας, το οποίο ανταποκρίνονταν στο γνωστικό- κοινωνικό και στο ηλικιακό επίπεδο των συμμετεχόντων. Στο μοντέλο αυτό, δεν γίνονταν αναφορά στην έννοια «μορφές ενέργειας», αλλά χρησιμοποιούνταν οι όροι «διαμόρφωση (εσωτερική ενέργεια) και κατάσταση του συστήματος (κινητική και δυναμική ενέργεια)». Τέλος, η περιγραφή του φαινομένου ήταν αποκλειστικά ποιοτική, χωρίς να γίνεται αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό. Όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία, υποδηλώνουν ότι οι ερευνητές μετασχημάτισαν το περιεχόμενο της ΔΜΑ με υπόρρητη δήλωση.

Καταλήγοντας, στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης και αν προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές. Η μόνη αναφορά είναι στην αποτελεσματικότητα της, η οποία ελέγχθηκε μέσα από γραπτά κείμενα και φύλλα εργασίας. Ειδικότερα, οι φοιτητές μετά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης, εξέλιξαν το αρχικό τους μοντέλο για την ενέργεια και η κατανόηση τους για την ενέργεια άρχισε να πλησιάζει το επιθυμητό σχολικό επιστημονικό μοντέλο ενέργειας.

5.2. Σύνοψη των αποτελεσμάτων

Στην ενότητα αυτή γίνεται μία προσπάθεια να συνοψιστούν τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής έρευνας που παρουσιάστηκαν παραπάνω με βάση τους θεματικούς

άξονες που είχαμε θέσει εξ αρχής ως οδηγό: 1) περιεχόμενο- ηλικιακή ομάδα, 2) μοντέλο ανάπτυξης, 3) δυσκολίες κατανόησης των μαθητών, 4) ρητή ή μη δήλωση του ΔΜΠ, 5) περιγραφή του ΔΜΠ, 6) περιγραφή των διδακτικών παρεμβάσεων, 7) κυκλική βελτίωση της ΔΜΑ (Iteration) και 8) αποτελέσματα της ΔΜΑ.

1. Περιεχόμενο – Ηλικιακή Ομάδα

Αναφορικά με το περιεχόμενο των ΔΜΑ μπορεί να αναφερθεί ότι δύο από αυτές είχαν ως θέμα την μετεωρολογία και απευθύνονταν σε προπτυχιακούς φοιτητές- ΠΤΔΕ. Οι υπόλοιπες, κάθε μία αντίστοιχα, περιέχουν θέματα σχετικά με την αστρονομία (Λύκειο), τη γεωμετρική οπτική (Προπτυχιακούς φοιτητές- ΠΤΔΕ), το χρώμα (Προπτυχιακούς φοιτητές- ΠΤΔΕ), τον ήχο (Προπτυχιακούς φοιτητές- ΠΤΔΕ), τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα (Γυμνάσιο), την κβαντική φυσική (Λύκειο), την υγεία (Γυμνάσιο), τη νανοτεχνολογία (Δημοτικό), τη διάθλαση και τη φύση της επιστήμης (Προπτυχιακούς φοιτητές- ΠΤΔΕ), την ηλεκτρεγερτική δύναμη (Προπτυχιακούς φοιτητές-Μηχανικούς) και τη νανοτεχνολογία και τα πλαστικά (Γυμνάσιο). Ακόμη, ασχολούνται με τα βασικά ηλεκτρικά κυκλώματα (Προπτυχιακούς φοιτητές-Μηχανικούς), την ποιότητα του αέρα (Προπτυχιακούς φοιτητές- ΠΤΔΕ) και την ενέργεια (Προπτυχιακούς φοιτητές- Φυσικούς).

2. Μοντέλο ανάπτυξης ΔΜΑ

Για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση των ΔΜΑ χρησιμοποιήθηκαν ποικίλα μοντέλα. Πιο συγκεκριμένα, δύο ΔΜΑ στηρίχθηκαν στο μοντέλο της εκπαιδευτικής επανοικοδόμησης (*Educational Reconstruction*) (Iliaki κ.ά., 2019; Sujarittham & Tanamatayarat, 2019), σε αντίθεση με τις υπόλοιπες έρευνες οι οποίες δεν ακολούθησαν κάποιο από τα καθιερωμένα μοντέλα (*Didactical structures, Two Worlds Rhombus*) τα οποία αναδεικνύονται στη βιβλιογραφία ως χρήσιμα για το σχεδιασμό των ΔΜΑ, αλλά στηρίχτηκαν σε γενικές αρχές της διδακτικής. Με άλλα λόγια, τρεις ΔΜΑ υλοποιήθηκαν σύμφωνα με τις αρχές μάθησης που βασίζονταν στη διερεύνηση (Mandrikas κ.ά., 2017; Mandrikas κ.ά., 2018; Mandrikas κ.ά., 2020), δύο ακολούθησαν τις αρχές του κοινωνικού εποικοδομητισμού αξιοποιώντας παράλληλα και την ιστορία και φιλοσοφία της επιστήμης (Maurício κ.ά., 2017; Maurício κ.ά., 2017). Επιπλέον, υπήρχαν δύο ΔΜΑ οι οποίες σχεδιάστηκαν ακολουθώντας την προσέγγιση «μάθηση βασισμένη στο πρόβλημα» (Savall-Alemany κ.ά. 2019; Rico κ.ά. 2021) και «μάθηση βασισμένη στον τόπο» (Rico κ.ά. 2021). Μία άλλη ΔΜΑ

πραγματοποιήθηκε στηριζόμενη στις επιστημονικές πρακτικές AIM ([*argumentation (επιχειρηματολογία), inquiry (έρευνα) and modelling (μοντελοποίηση)*]) (Muñoz-Campos κ.ά.,2020), μία στηρίχτηκε στο διδακτικό μοντέλο 5E (Mandrikas κ.ά, 2021) και τρεις ακολούθησαν τον διδακτικό σχεδιασμό που βασίζεται στην έρευνα (*Design based research*) (Zuza κ.ά., 2020a; Zuza κ.ά. 2020b; Soto κ.ά. 2021). Τέλος, στις έρευνες που μελετήθηκαν υπάρχουν δύο ΔΜΑ, στις οποίες δεν αναφέρεται ξεκάθαρα το μοντέλο ανάπτυξης τους. Η μόνη αναφορά από τους ερευνητές είναι ότι η μία ΔΜΑ σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε λαμβάνοντας υπόψιν το περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών της Ιταλίας, τα μοντέλα αστροφυσικής και τις ιδέες των μαθητών όπως αυτές προκύπτουν από τη βιβλιογραφία (Colantonio κ.ά., 2018).

3. Ρητή ή μη δήλωση του ΔΜΠ

Σε όλες τις έρευνες που αναλύθηκαν, οι ερευνητές προκειμένου να διδάξουν διάφορα φαινόμενα και έννοιες των Φυσικών Επιστημών στους συμμετέχοντες, μετασχημάτισαν το περιεχόμενο διδασκαλίας άλλοτε δηλώνοντας το ρητά (Colantonio κ.ά., 2018; Pliaki κ.ά.,2019; Mandrikas κ.ά., 2017; Mandrikas κ.ά., 2018; Mandrikas κ.ά., 2020; Mandrikas κ.ά., 2021; Maurício κ.ά., 2017; Muñoz-Campos κ.ά., 2020; Rico κ.ά. 2021; Sujarittam & Tanamatayarat, 2019; Zuza κ.ά., 2020a; Zuza κ.ά. 2020b) και άλλοτε υπόρρητα (Maurício κ.ά., 2017; Savall-Alemaný κ.ά., 2019; Soto κ.ά. 2021; Stefanidou κ.ά., 2020).

4. Περιγραφή του ΔΜΠ

Όσον αφορά τον διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου εκείνος αναζητήθηκε σε έννοιες, φαινόμενα, διαδικασίες αλλά και σε κάθε πρόταση η οποία συμβάλλει στην εννοιολογική αλλαγή και στην καλύτερη κατανόηση των επιστημονικών ιδεών. Με βάση την ανάλυση των άρθρων, μπορεί να ειπωθεί ότι δεκατρείς από αυτές (Colantonio κ.ά., 2018; Pliaki κ.ά., 2019; Mandrikas κ.ά., 2017; Mandrikas κ.ά., 2018; Mandrikas κ.ά., 2020; Mandrikas κ.ά., 2021; Maurício κ.ά., 2017; Rico κ.ά. 2021; Soto κ.ά. 2021; Stefanidou κ.ά., 2020; Sujarittam & Tanamatayarat, 2019; Zuza κ.ά., 2020a; Zuza κ.ά. 2020b) επιλέγουν σκόπιμα να διδάξουν συγκεκριμένες έννοιες ή φαινόμενα, ενώ δηλώνουν ότι αποφεύγουν να αναφερθούν σε άλλες έννοιες καθώς θεωρούν ότι είτε είναι δύσκολες να κατανοηθούν από τους συμμετέχοντες, είτε μπορούν να τους προκαλέσουν σύγχυση, στοιχείο το οποίο δεν επιθυμούν. Επίσης, σε δέκα έρευνες (Pliaki κ.ά.,2019;

Mandrikas κ.ά., 2017; Mandrikas κ.ά., 2018; Maurício κ.ά., 2017; Sujarittam & Tanamatayarat, 2019; Maurício κ.ά., 2017; Savall-Alemaný κ.ά., 2019; Soto κ.ά. 2021; Zuza κ.ά., 2020a; Zuza κ.ά. 2020b) γίνεται ποιοτική εισαγωγή και περιγραφή του φαινομένου χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό, καθώς σκοπός των ερευνητών ήταν οι συμμετέχοντες απλώς να κατανοήσουν το φαινόμενο το οποίο θα διδαχτεί.

Ένα άλλο είδος μετασχηματισμού του περιεχομένου είναι ότι σε μερικές έρευνες οι οποίες ασχολούνται με σύγχρονα θέματα όπως η κβαντική φυσική (Savall-Alemaný κ.ά., 2019) και η νανοτεχνολογία ή/και τα πλαστικά (Mandrikas κ.ά., 2020; Mandrikas κ.ά., 2021), τα οποία είναι αρκετά δύσκολα καθώς απέχουν από την καθημερινή εμπειρία των συμμετεχόντων, επέλεξαν να αξιοποιήσουν μοντέλα ως προσομοιώσεις (μοντέλο του Bohr και του κβαντικού ατομικού μοντέλου και μοντέλο απορρόφησης και ροής του νερού αντίστοιχα) για να αναπαραστήσουν το φαινόμενο. Ακόμη, για τον ίδιο σκοπό, αξιοποιήθηκαν ως εκπαιδευτικά εργαλεία λογισμικό για την οπτικοποίηση των φαινομένων (Pliaki κ.ά., 2019), αλλά και η τεχνική της αναλογίας (αναλογία της ισορροπίας του αστέρα με την υδροστατική ισορροπία) (Colantonio κ.ά., 2018). Ακόμη, σε μία έρευνα (Muñoz-Campos κ.ά., 2020) για να διδαχθεί η διαδικασία της γαλακτικής ζύμωσης, έγινε χρήση του επιστημονικού μοντέλου της γαλακτικής ζύμωσης, το οποίο μετατράπηκε σε απλό μοντέλο γαλακτικής ζύμωσης προκειμένου να αποφευχθεί η αναφορά και διδασκαλία των χημικών αντιδράσεων και των αντίστοιχων φαινομένων. Τέλος, σε μία άλλη έρευνα (Soto κ.ά. 2021) για να διδαχτεί η έννοια της ενέργειας χρησιμοποιήθηκε ένα απλό σχολικό μοντέλο ενέργειας, στο οποίο δεν γίνονταν αναφορά στην έννοια «μορφές ενέργειας», αλλά χρησιμοποιούνταν οι όροι «διαμόρφωση (εσωτερική ενέργεια) και κατάσταση του συστήματος (κινητική και δυναμική ενέργεια)».

5. Δυσκολίες κατανόησης των μαθητών

Όσον αφορά τις δυσκολίες κατανόησης των μαθητών, αξίζει να σημειωθεί ότι στην πλειοψηφία των ερευνών (Colantonio κ.ά., 2018; Pliaki κ.ά., 2019; Mandrikas κ.ά., 2017; Mandrikas κ.ά., 2018; Mandrikas κ.ά., 2020; Mandrikas κ.ά., 2021; Maurício κ.ά., 2017; Maurício κ.ά., 2017; Muñoz-Campos κ.ά., 2020; Savall-Alemaný κ.ά., 2019; Stefanidou κ.ά., 2020; Sujarittam & Tanamatayarat, 2019; Zuza κ.ά., 2020b) οι ερευνητές κάθε φορά που μας παρουσιάζουν μία δραστηριότητα δεν

αναφέρουν ρητά αν μέσω αυτής προσπαθούν να αντιμετωπίσουν μία συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα των μαθητών αλλά ούτε και αν οι μαθητές συναντάνε δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση της και ποιες είναι αυτές. Η μόνη αναφορά στις δυσκολίες τους υπάρχει στο εισαγωγικό κομμάτι της έρευνας όπου οι ερευνητές άλλοτε μας παραθέτουν αναλυτικά ή συνοπτικά τις δυσκολίες των μαθητών, όπως αυτές προκύπτουν από τη βιβλιογραφία, και επισημαίνουν ότι τις χρησιμοποίησαν για να σχεδιάσουν τη ΔΜΑ (Colantonio κ.ά., 2018; Iliaki κ.ά., 2019; Mandrikas κ.ά., 2017; Mandrikas κ.ά., 2018; Mandrikas κ.ά., 2020; Maurício κ.ά., 2017; Savall-Alemany κ.ά., 2019; Sujaritttham & Tanamatayarat, 2019; Zuza κ.ά., 2020b) και άλλοτε πραγματοποιούν μία μικρή αναφορά ότι τις έλαβαν υπόψιν, χωρίς όμως να τις παρουσιάζουν (Mandrikas κ.ά., 2021; Maurício κ.ά., 2017; Muñoz-Campos κ.α., 2020; Stefanidou κ.α., 2020). Εξαιρέση στην παραπάνω διαπίστωση, αποτελούν η έρευνα των Zuza κ.ά. (2020a), στην οποία οι ερευνητές πριν τον σχεδιασμό, κατά και μετά την εφαρμογή των ΔΜΑ λαμβάνουν υπόψιν τις δυσκολίες των φοιτητών, που πιθανολογούν ότι προέκυψαν από την προσπάθεια απλοποίησης και μετασχηματισμού των σχολικών εγχειριδίων ή και των προγραμμάτων σπουδών. Σκοπός των ερευνητών είναι να γίνει κατανοητή η επιστημονική άποψη για τα θέματα που μελετούν, δηλαδή τον ηλεκτρομαγνητισμό. Ακόμη, στην έρευνα των Rico και των συνεργατών του (2021), οι ερευνητές στο τέλος της έρευνας αναφέρουν ότι μέσα από τα μαθησιακά αποτελέσματα εντόπισαν κάποιες παρανοήσεις και δυσκολίες των φοιτητών, οι οποίες κατά τα λεγόμενά τους, τους καθοδήγησαν στη δημιουργία συγκεκριμένων διδακτικών προτάσεων. Τέλος, οι Soto κ.ά. (2021) κάθε φορά που μας παρουσίαζαν μία δραστηριότητα επισήμαναν ποιος ήταν ο σκοπός τους και ποια εναλλακτική ιδέα των φοιτητών προσπαθούσαν μέσω της κάθε δραστηριότητας να αντιμετωπίσουν.

6. Περιγραφή διδακτικών παρεμβάσεων

Στον άξονα αυτό περιγράφονται συνοπτικά οι διδακτικές παρεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν στις έρευνες που αναλύθηκαν και συνιστούν διδακτικό μετασχηματισμό. Πιο συγκεκριμένα:

Οι Mandrikas και οι συνεργάτες του (2017, 2018) στις έρευνές τους με θέμα την μετεωρολογία επιλέγουν να ασχοληθούν αποκλειστικά με τις έννοιες που αφορούν τον άνεμο όπως οι αέριες μάζες, τα μέτωπα καιρού και οι βαροβαθμίδες προκειμένου

οι συμμετέχοντες να κατανοήσουν βασικές μετεωρολογικές έννοιες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η δραστηριότητα που ζητάει από τους συμμετέχοντες να παρατηρήσουν τις ισοβαρείς σε ένα χάρτη πρόγνωσης καιρού προκειμένου αρχικά να εξοικειωθούν με αυτές και έπειτα ακολουθώντας τον κανόνα των ισοβαρών να τις ερμηνεύσουν. Εντούτοις, δηλώνουν ρητά ότι δεν θα συμπεριλάβουν στη διδακτική τους παρέμβαση την έννοια της ατμοσφαιρικής πίεσης. Τέλος, μέσα από τις δραστηριότητες τους εισάγουν και εξηγούν στους συμμετέχοντες τον κανόνα των ισοβαρών ποιοτικά, επεξηγώντας λεκτικά τι δηλώνει η κίνηση και η απόσταση των ισοβαρών στον χάρτη, χωρίς να γίνεται αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό.

Οι Maurício κ.ά. (2017) στην έρευνά τους για τη γεωμετρική οπτική ασχολούνται αποκλειστικά με τις έννοιες της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός, τη διάθλαση και τα χρώματα, ενώ αποφεύγουν να αναφερθούν στους καθρέφτες και στη λειτουργία τους για να μην προκαλέσουν σύγχυση στους συμμετέχοντες. Ακόμη, για να διδάξουν και να περιγράψουν τη διαδικασία της όρασης, αξιοποιούν το μοντέλο του κώνου φωτός του Κέπλερ αντί για το μοντέλο της ακτίνας του φωτός. Τέλος, μέσα από τις δραστηριότητες, περιγράφουν το νόμο της διάθλασης, της ανάκλασης και της όρασης ποιοτικά, χωρίς να αναφέρεται ο μαθηματικός φορμαλισμός.

Σε μία άλλη διδακτική παρέμβαση για το χρώμα, οι Maurício κ.ά. (2017) περιγράφουν και επεξηγούν στους συμμετέχοντες, μέσα από τη διεξαγωγή πειραμάτων, το νόμο της διάθλασης και της ανάκλασης λεκτικά, χωρίς να εστιάσουν στον μαθηματικό φορμαλισμό. Ακόμη, χρησιμοποιούν μοντέλα για να αναπαραστήσουν την κατεύθυνση διάδοσης του φωτός στη γεωμετρική οπτική, χωρίς να γίνεται αναφορά στην κυματοειδή και σωματιδιακή του φύση.

Οι Colantonio και οι συνεργάτες του (2018) σε μία καινοτομική διδακτική παρέμβαση για την αστρονομία, επιλέγουν να ασχοληθούν με τις έννοιες της υδροστατικής ισορροπίας, της σύνθεσης και συνολικής κατάστασης καθώς και της λειτουργίας και εξέλιξης ενός αστεριού. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα δραστηριότητας (σύνθεση και συνολική κατάσταση ενός αστεριού) είναι ότι οι ερευνητές επιλέγουν να διεξάγουν πειράματα επίδειξης με τη χρήση φασματόμετρου, προκειμένου να κατανοηθεί που οφείλεται η εκπομπή φωτός των αστεριών και να συνειδητοποιηθεί ότι στα εξωτερικά στρώματα των αστεριών υπάρχουν διάφορα χημικά στοιχεία, εκτός από το υδρογόνο. Τέλος, μέσα από τη διδακτική παρέμβαση, προσπαθούν να

εξηγήσουν και να περιγράψουν την ισορροπία ενός αστέρα μέσω της υδροστατικής ισορροπίας του υγρού χρησιμοποιώντας την αρχή του Αρχιμήδη άνωση= βάρος, χωρίς να αναφερθούν στις επιστημονικές έννοιες της βαρυτικής πίεσης και της εσωτερικής πίεσης ρευστού, που στην πραγματικότητα εξισορροπούνται.

Οι Πιακί κ.ά. (2019) στη ΔΜΑ που εφάρμοσαν με θέμα τον ήχο, ασχολήθηκαν αποκλειστικά με τις έννοιες της συχνότητας, της έντασης και του φάσματος συχνοτήτων, καθώς σκοπός τους ήταν να βοηθήσουν τους συμμετέχοντες να συνδέσουν τα χαρακτηριστικά του ήχου με τις ιδιότητες των ηχητικών κυμάτων ώστε να αποκτήσουν με αυτόν τον τρόπο απόψεις για τον ήχο που να είναι πιο κοντά στις επιστημονικές. Για τον λόγο αυτό, η επιλογή των μουσικών οργάνων που αξιοποίησαν για τη διδασκαλία τους δεν ήταν τυχαία, αλλά επιλέχθηκαν έτσι ώστε να είναι οικεία στους φοιτητές και να αντιπροσωπεύουν, διαφορετικές κατηγορίες οργάνων (πνευστά, έγχορδα) και να έχουν διαφορετικά φάσματα συχνοτήτων. Ακόμη, προκειμένου να διδαχτεί και να παρατηρήσουν οι φοιτητές τη διαφορά στη συχνότητα, την ένταση και το φάσμα συχνοτήτων στις κατηγορίες αυτές των μουσικών οργάνων, έγινε χρήση ενός λογισμικού. Τέλος, η διδασκαλία των εννοιών της έντασης και του φάσματος συχνοτήτων πραγματοποιήθηκε μέσω πειραμάτων ποιοτικά, χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό.

Οι Sujarittham και Tanamatayarat (2019) στην παρέμβαση τους με θέμα τον τρίτο Νόμο του Νεύτωνα, εστίασαν μόνο στις έννοιες της δράσης- αντίδρασης και δυνάμεις εξ' επαφής, δίχως να γίνεται σκόπιμα αναφορά σε άλλες δυνάμεις, οι οποίες επιδρούν στα αντικείμενα όπως η βαρύτητα. Για τη διδασκαλία των εννοιών αυτών, αξιοποιήθηκαν διάφορες εικόνες όπως η εικόνα κωπηλασίας ενός σκάφους, όπου οι συμμετέχοντες καλούνταν να προσδιορίσουν τις δυνάμεις δράσης- αντίδρασης και τα σώματα στα οποία ασκούνται. Ακόμη, η περιγραφή του νόμου του Νεύτωνα πραγματοποιήθηκε ποιοτικά μέσω εικόνων, χωρίς να γίνεται αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό όπως είναι τα διανύσματα δυνάμεων.

Οι Savall-Alemanly κ.ά. (2019) στην καινοτομική τους παρέμβαση για την κβαντική φυσική, επέλεξαν να ασχοληθούν με τη μορφή εκπομπής και απορρόφησης της ακτινοβολίας όπως είναι η εκπομπή φωτός από ένα αέριο που σχηματίζεται από άτομα. Ακόμη, επεξήγησαν το φαινόμενο εκπομπής και απορρόφησης του ορατού φάσματος του υδρογόνου και των χαρακτηριστικών του ποιοτικά, δηλαδή μέσω των

μεταπτώσεων ηλεκτρονίων από στοιβάδα σε στοιβάδα, χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό. Τέλος, διεξάγουν πειράματα, για να κατανοηθεί η συμπεριφορά των κβαντικών φαινομένων και κάτω από ποιες συνθήκες εκδηλώνονται, όπως το πείραμα της διπλής σχισμής και παρατήρησης της συμπεριφοράς του φωτός, χωρίς να αναφέρονται στο φαινόμενο της περίθλασης και στο κυματικό φαινόμενο της συμβολής.

Οι Muñoz-Campos και οι συνεργάτες του (2020) πραγματοποιούν μία ΔΜΑ με θέμα την αγωγή υγείας. Στην ΔΜΑ επεξηγούν τη μετατροπή του γάλακτος σε γιαούρτι μέσω ενός σχολικού μοντέλου γαλακτικής ζύμωσης το οποίο περιλαμβάνει μόνο τα βασικά στοιχεία, χωρίς να αναφέρεται σε λεπτομέρειες. Σύμφωνα με το μοντέλο, αρχικά πραγματοποιείται η προσθήκη βακτηρίων στο γάλα, τα οποία τρέφονται με το τη ζάχαρη που υπάρχει στο γάλα (λακτόζη) και παράγουν ένα οξύ. Στη συνέχεια, η συσσώρευση του οξέος στο γάλα έχει ως αποτέλεσμα να μεταβάλλεται στη γεύση και στην υφή του. Αυτό οφείλεται στη μετατροπή των πρωτεϊνών οι οποίες πήζουν και δίνουν μία κρεμώδη υφή στο γάλα, δημιουργώντας το γιαούρτι. Τέλος, στη ΔΜΑ οι ερευνητές προτείνουν δραστηριότητες μοντελοποίησης ώστε να προετοιμάσουν τους συμμετέχοντες για την εισαγωγή του σχολικού μοντέλου. Μία ενδεικτική δραστηριότητα μοντελοποίησης, είναι ότι οι μαθητές αφού έχουν συλλέξει πληροφορίες για τα συστατικά που απαιτούνται για την παρασκευή γιαουρτιού, καλούνται να δημιουργήσουν ένα δικό τους μοντέλο για την μετατροπή του γάλακτος σε γιαούρτι, επεξηγώντας πώς τα βακτήρια μετατρέπουν τη ζάχαρη στο γάλα σε οξύ.

Σε μία άλλη έρευνα, οι Mandrikas κ.ά. (2020) επιλέγουν να ασχοληθούν με δύο μεγάλες ιδέες της νανοτεχνολογίας, το μέγεθος και την κλίμακα και τις ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος. Η εισαγωγή στην έννοια της νανοτεχνολογίας πραγματοποιείται μέσω εποπτικού υλικού και επαφής με εκθέματα της κατά τη διάρκεια εκπαιδευτικής επίσκεψης σε ένα ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας, ενώ οι ιδιότητες των νανοϋλικών και η συμπεριφορά τους στο νερό, διδάσκονται με την παρουσίαση ενός μοντέλου απορρόφησης και ροής του νερού. Το μοντέλο ήταν κατασκευασμένο από απλά υλικά (φελιζόλ, ξύλινα καλαμάκια, μπάλα) και προσομοίωνε τη συμπεριφορά του νερού σε ένα υδρόφιλο, ένα υδρόφοβο και ένα υπερ υδρόφοβικό υλικό.

Οι Stefanidou και οι συνεργάτες της (2020) σε μία διδακτική παρέμβαση για τη διάθλαση και τη φύση της επιστήμης, επιλέγουν να ασχοληθούν αποκλειστικά με τα φαινόμενα της διάθλασης και της ανάκλασης, τα οποία διδάσκονται μέσα από τα πειράματα του Πτολεμαίου. Συγκεκριμένα, οι μαθητές μελετούν την πορεία του φωτός όταν αυτό περνάει από ένα οπτικό μέσο σε ένα άλλο, όπως για παράδειγμα από τον αέρα στο γυαλί, παραδεχόμενοι ότι το φως εκπέμπεται από το μάτι, όπως είχε κάνει ο Πτολεμαίος.

Οι Zuza κ.ά. (2020a) περιγράφουν τη διδασκαλία τους για την ηλεκτρεγερτική δύναμη σε προπτυχιακούς φοιτητές – μηχανικούς. Ειδικότερα, οι ερευνητές επιλέγουν να ασχοληθούν μόνο με τις έννοιες της ηλεκτρεγερτικής δύναμης και της διαφοράς δυναμικού, οι οποίες διδάσκονται μέσω ενός κυκλώματος με λάμπα, λαμπτήρα με μεταλλική ράβδο κινούμενοι εντός μαγνητικού πεδίου και δακτύλιο γύρω από ένα σωληνοειδές. Στόχος είναι οι φοιτητές να συσχετίσουν το περιβάλλον συνεχούς ρεύματος με αυτό της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής και να διακρίνουν την ηλεκτρεγερτική δύναμη από τη διαφορά δυναμικού. Ακόμη, η περιγραφή της ηλεκτρεγερτικής δύναμης πραγματοποιείται κυρίως ποιοτικά μέσω πειραμάτων.

Σε μία άλλη διδακτική παρέμβαση για τη νανοτεχνολογία, οι Mandrikas κ.ά. (2021) επιλέγουν να ασχοληθούν με τις δύο μεγάλες ιδέες της νανοτεχνολογίας «το μέγεθος και την κλίμακα» και τις «ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος». Η διδασκαλία της έννοιας της νανοτεχνολογίας πραγματοποιήθηκε μέσω προβολής ενός βίντεο και επαφής των φοιτητών με εκθέματα νανοτεχνολογίας κατά τη διάρκεια επίσκεψης σε ένα επιστημονικό κέντρο. Αντίστοιχα, η ιδέα «ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος», εισήχθη μέσω ενός βίντεο και διεξαγωγής πειραμάτων. Τα πειράματα αυτά υλοποιήθηκαν με απλά υλικά (ξύλο, φύλλο), προκειμένου να παρατηρηθεί η αλληλεπίδραση των υλικών με το νερό. Με άλλα λόγια, μέσω των πειραμάτων προσομοιώθηκε η λειτουργία των αυτοκαθαριζόμενων επιφανειών και των στεγανωτικών ιδιοτήτων των υλικών.

Στην ίδια έρευνα, οι Mandrikas κ.ά. (2021) εφάρμοσαν και μία παρέμβαση με θέμα τα πλαστικά στον ωκεανό. Στην έρευνα αυτή, οι ερευνητές εστίασαν μόνο στο φαινόμενο της ρύπανσης των ωκεανών από τα πλαστικά, το οποίο διδάχτηκε μέσω προβολής ενός βίντεο και επαφής με εκθέματα που συλλέχτηκαν από τον ωκεανό κατά τη διάρκεια επίσκεψης σε ένα επιστημονικό κέντρο.

Οι Zuza κ.ά. (2020b) πραγματοποιούν μία ΔΜΑ με θέμα τα βασικά ηλεκτρικά κυκλώματα. Στη ΔΜΑ, οι ερευνητές επιλέγουν να ασχοληθούν με τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα, τα οποία διδάσκονται μέσω προβλημάτων. Τα προβλήματα αυτά εστιάζουν στο σύστημα και στις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ της διαφοράς δυναμικού και του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα σύρμα, στο μέγεθος της επιφανειακής πυκνότητας των φορτιών και του ηλεκτρικού πεδίου στο σύρμα και στο ρόλο της μπαταρίας. Τέλος, οι ερευνητές περιγράφουν τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα ποιοτικά, χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό.

Οι Rico κ.ά. (2021) στη ΔΜΑ που εφάρμοσαν με θέμα την ποιότητα του αέρα, επέλεξαν να επικεντρωθούν στις έννοιες των ρύπων της ατμόσφαιρας, του καιρού και του κλίματος και να μην αναφερθούν σε άλλες πτυχές της βιώσιμης ανάπτυξης. Μία ενδεικτική δραστηριότητα είναι ότι οι φοιτητές αναζητούν πληροφορίες από την ιστοσελίδα του Air Quality για τις συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων στην πόλη τους, καταγράφουν τα δεδομένα τους σε υπολογιστικά φύλλα, τα αναλύουν μέσω γραφημάτων και κάνουν αναφορά στα επίπεδα του όζοντος στο έδαφος. Σκοπός της δραστηριότητας είναι να κατανοήσουν ότι ο καιρός είναι συνδυασμός πολλών παραμέτρων και να παρατηρήσουν την επίδραση των μετεωρολογικών μεταβλητών στην ποιότητα του αέρα. Τέλος, οι ερευνητές εστιάζουν στον τρόπο μέτρησης των ατμοσφαιρικών ρύπων, μέσω της καταγραφής των δεδομένων της ιστοσελίδας Air Quality σε ένα υπολογιστικό φύλλο και μέσω της παρατήρησης των γραφικών παραστάσεων, χωρίς να αναφέρονται και να κάνουν χρήση των καθιερωμένων μοντέλων μέτρησης.

Στην τελευταία έρευνα, οι Soto κ.ά. (2021), περιγράφουν μία διδακτική παρέμβαση με θέμα την ενέργεια. Στην έρευνα αυτή, οι ερευνητές επιλέγουν να ασχοληθούν με τις έννοιες της μεταφοράς, της διατήρησης και της υποβάθμισης της ενέργειας, τα οποία διδάσκονται μέσω πειραμάτων. Ακόμη, επεξηγούν την έννοια της ενέργειας μέσω ενός απλού σχολικού μοντέλου στο οποίο δεν γίνεται αναφορά στην έννοια «μορφές ενέργειας», αλλά χρησιμοποιούνται οι όροι «διαμόρφωση (εσωτερική ενέργεια) και κατάσταση του συστήματος (κινητική και δυναμική ενέργεια)». Τέλος, όλη η περιγραφή του φαινομένου γίνεται ποιοτικά μέσω των πειραμάτων και των προσδιορισμών των μεταβλητών τους, χωρίς να γίνεται αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό.

7. Κοκλική βελτίωση της ΔΜΑ (iteration)

Ύστερα από την ανάλυση των άρθρων, είναι άξιο να ειπωθεί ότι μόνο σε τέσσερις έρευνες (Colantonio κ.ά., 2018; Maurício κ.ά., 2017; Zuza κ.ά., 2020a; Zuza κ.ά. 2020b) γίνεται αναφορά ότι μετά την πρώτη εφαρμογή της ΔΜΑ εκείνη αξιολογήθηκε και οι ερευνητές προέβησαν σε κάποιες βελτιωτικές αλλαγές, δημιουργώντας μία αναθεωρημένη μορφή της, υποδηλώνοντας το χαρακτηριστικό του iteration. Στις νέες ΔΜΑ, οι ερευνητές (Colantonio κ.ά., 2018) τις εμπλούτισαν με πειράματα επίδειξης, έκαναν χρήση αναλογιών και πρόσθεσαν μία καινούρια ενότητα διδασκαλίας την οποία έκριναν ως απαραίτητη ώστε οι συμμετέχοντες να κατανοήσουν το φαινόμενο. Ενώ, ο Maurício και οι συνεργάτες του (2017), αποφάσισαν να χρησιμοποιήσουν μοντέλα για την αναπαράσταση του φωτός στη γεωμετρική οπτική, χωρίς να γίνεται αναφορά στο κυματοειδή και σωματιδιακό μοντέλο του. Αντίστοιχα, οι Zuza κ.ά., (2020a), αποφάσισαν να μειώσουν τη διάρκεια και τις δραστηριότητες της ΔΜΑ σε ένα μόνο πρόβλημα, προκειμένου το φαινόμενο να γίνει πιο βατό στους συμμετέχοντες και να μπορέσουν να κατανοήσουν την ηλεκτρεγερτική δύναμη ως μία ενοποιητική έννοια. Τέλος, οι Zuza κ.ά., (2020b), έκριναν σημαντικό να προστεθούν λέξεις στη διατύπωση των δραστηριοτήτων και να αφαιρεθούν κάποιες δραστηριότητες προκειμένου να γίνουν πιο εύκολα κατανοητές από τους συμμετέχοντες. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα προσθήκης λέξεων, αποτελεί το πρώτο πρόβλημα της ΔΜΑ που τέθηκε στους συμμετέχοντες. Συγκεκριμένα, οι ερευνητές στην αρχική ΔΜΑ ανέφεραν ότι «το πρόβλημα αυτό περιλαμβάνει δραστηριότητες για τον ορισμό και τη χρήση του ρεύματος των ηλεκτρονίων και του συμβατικού ρεύματος», ενώ στην αναθεωρημένη μορφή τόνισαν ότι περιλαμβάνει «δραστηριότητες για τον ορισμό και τη χρήση της έννοιας του ρεύματος των ηλεκτρονίων και του συμβατικού ρεύματος». Στις υπόλοιπες έρευνες (12) δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης και αν προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές.

8. Αποτελεσματικότητα της ΔΜΑ

Τέλος, αναφορικά με την αποτελεσματικότητα των ΔΜΑ, οι οποίες ελέγχθηκαν άλλοτε με ερωτηματολόγια πριν και μετά την εφαρμογή τους, άλλοτε με συνεντεύξεις είτε συνδυασμό αυτών, μπορεί να ειπωθεί το εξής: Σε δεκατρείς έρευνες (Πιακί κ.ά., 2019; Mandrikas κ.ά., 2017; Mandrikas κ.ά., 2018; Mandrikas κ.ά., 2020; Mandrikas κ.ά., 2021; Muñoz-Campos κ.ά., 2020; Rico κ.ά., 2021; Savall-Alemaný κ.ά., 2019; Soto κ.ά., 2021; Stefanidou κ.ά., 2020; Zuza κ.ά., 2020a; Zuza κ.ά., 2020b), οι

συμμετέχοντες μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ κατέστησαν ικανοί να αναγνωρίζουν το φαινόμενο που διδάχτηκαν, απέκτησαν νέες γνώσεις τις οποίες μπορούσαν να εφαρμόσουν σε καινούριες καταστάσεις, έμαθαν να χρησιμοποιούν σωστά τα μοντέλα ή και να χρησιμοποιούν πιο ολοκληρωμένα μοντέλα. Ωστόσο, στις υπόλοιπες έρευνες (Colantonio κ.ά., 2018; Maurício κ.ά., 2017; Maurício κ.ά., 2017; Sujaritttham & Tanamatayarat, 2019) τα αποτελέσματα δεν ήταν τα αναμενόμενα καθώς οι συμμετέχοντες δεν σημείωσαν μεγάλη αλλαγή στις γνώσεις που είχαν αναφορικά με το φαινόμενο και δεν κατάφεραν να το κατανοήσουν, διατηρώντας τις παρανοήσεις που είχαν.

Τα παραπάνω κωδικοποιούνται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων

ΕΡΕΥΝΕΣ	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ								
	1.Περιεχόμενο/ Ηλικία	2.Μοντέλο ανάπτυξης	3.Δυσκολίες μαθητών	4.Ρητή ή μη δήλωση ΔΜΠ	5. Περιγραφή ΔΜΠ	6. Δραστηριότητες	7. Itera- tion	8. Αποτέ- λεσμα ΔΜΑ	Παρατη- ρήσεις
I (Mandrikas κ.ά., 2017)	Μετεωρολογία(Προπτυχιακοί φοιτητές - ΠΤΔΕ)	Διδακτική αρχή «Διερεύνηση»	Ελήφθησαν υπόψιν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ Περιγραφή στην εισαγωγή	Ρητή	1. Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών όπως: αέριες μάζες, μέτωπα καιρού, βαροβαθμίδες και αποφυγή αναφοράς στην έννοια της ατμοσφαιρικής πίεσης 2. Ποιοτική περιγραφή του κανόνα των ισοβαρών	1. Εξοικείωση με τις ισοβαρείς, τον κανόνα τους και ερμηνεία τους σε έναν χάρτη πρόγνωσης καιρού 2. Εξήγηση του κανόνα των ισοβαρών ποιοτικά, χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό	ΟΧΙ	Θετικά	Κατεύθυνση ανέμου όπως η κίνηση των δεικτών του ρολογιού
II (Maurício κ.ά., 2017)	Γεωμετρική οπτική (Προπτυχιακοί φοιτητές- ΠΤΔΕ)	Διδακτική αρχή «Κοινωνικός εποικοδομητισμός»	Ελήφθησαν υπόψιν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ	Ρητή	1. Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών όπως: ευθύγραμμη διάδοση του φωτός, διάθλαση, χρώματα και αποφυγή σωμάτων όπως καθρέφτες και λειτουργία τους	1. Περιγραφή της όρασης με τη χρήση του μοντέλου: κώνος του Κέπλερ αντί του μοντέλου ακτίνας του φωτός	ΟΧΙ	Αρνητικά	

			Απλή αναφορά στην εισαγωγή		2. Ποιοτική περιγραφή φαινομένου της ανάκλασης, διάθλασης και της όρασης	2. Περιγραφή του φαινομένου της διάθλασης, της ανάκλασης, της όρασης ποιοτικά, χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό			
III (Maurício κ.ά., 2017)	Χρώμα (Προπτυχιακοί φοιτητές-ΠΤΔΕ)	Διδακτική αρχή «Κοινωνικός εποικοδομητισμός»	Ελήφθησαν υπόψιν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ Περιγραφή στην εισαγωγή	Υπόρρητη	1. Μη αναφορά στις έννοιες: κυματική και σωματιδιακή φύση του φωτός 2. Ποιοτική περιγραφή φαινομένων του φαινομένου της διάθλασης και της ανάκλασης	1. Αναπαράσταση της κατεύθυνσης διάδοσης του φωτός, χωρίς αναφορά στην κυματική και σωματιδιακή φύση του 2. Περιγραφή του νόμου της διάθλασης και της ανάκλασης ποιοτικά, χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό	ΝΑΙ	Αρνητικά	
IV (Colantonio κ.ά., 2018)	Αστρονομία (Λύκειο)	Μη αναφορά σε μοντέλο ή διδακτική προσέγγιση	Ελήφθησαν υπόψιν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ Περιγραφή στην εισαγωγή	Ρητή	1. Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών όπως βαρύτητα και πυρηνικές αντιδράσεις, για την ερμηνεία συγκεκριμένων φαινομένων όπως είναι η δομή, λειτουργία και εξέλιξη των άστρων	1. Πείραμα επίδειξης με τη χρήση φασματομέτρου (φάσματα εκπομπής και απορρόφησης) προκειμένου να κατανοηθεί η διαδικασία εκπομπής του φωτός των αστεριών και να	ΝΑΙ	Αρνητικά	

			εισαγωγή		<p>Αποφυγή εννοιών όπως: κεντρομόλος και φυγόκεντρος δύναμη λόγω συγκεκριμένων παρανοήσεων των μαθητών</p> <p>2. Αναλογία της ισορροπίας του αστέρα με την υδροστατική ισορροπία και την αρχή του Αρχιμήδη</p>	<p>συνειδητοποιηθεί ότι στα εσωτερικά και εξωτερικά στρώματα των αστεριών υπάρχουν διάφορα χημικά στοιχεία, εκτός από το υδρογόνο (δομή αστεριών)</p> <p>2. Υπολογισμός της ταχύτητας περιστροφής του ήλιου με τη χρήση του λογισμικού tracker. Στόχος να αντιληφθούν ότι η περιστροφή του ήλιου δεν μπορεί να αντισταθμίσει την βαρύτητα του ήλιου και άρα την κατάρρευσή του</p> <p>3. Υπολογισμός της ενέργειας που προκύπτει από την καύση όλου του υδρογόνου που περιέχει ο ήλιος και της διάρκειας ζωής του ήλιου στη περίπτωση αυτή. Σύγκριση της ενέργειας αυτής με την εσωτερική ενέργεια</p>			
--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--

						<p>σύνδεσης των ατόμων. Στόχος η σύνδεση της πυρηνικής ενέργειας με τον μηχανισμό ισορροπίας του ήλιου</p> <p>4. Περιγραφή της ισορροπίας του αστέρα κατά αναλογία της υδροστατικής ισορροπίας στην αρχή του Αρχιμήδη</p>			Χρησιμοποίηση της αρχής του Αρχιμήδη Άνωση= Βάρος
V (Mandrikas κ.ά., 2018)	Μετεωρολογία(προπτυχιακοί φοιτητές- ΠΤΔΕ)	Διδακτική αρχή «Διερεύνηση»	Ελήφθησαν υπόψιν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ Περιγραφή στην εισαγωγή	Ρητή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών όπως: αέριες μάζες, μέτωπα καιρού και βαροβαθμίδες και αποφυγή άλλως εννοιών όπως: ατμοσφαιρική πίεση 2. Ποιοτική περιγραφή του κανόνα των ισοβαρών 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Εξοικείωση με τις ισοβαρείς, τον κανόνα τους και ερμηνεία τους σε ένα χάρτη πρόγνωσης καιρού 2. Εξήγηση του κανόνα των ισοβαρών ποιοτικά, δηλαδή μέσω της εγγύτητας των γραμμών τους, χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό 	ΟΧΙ	Θετικά	Κανόνας ισοβαρών: κοντά οι ισοβαρείς: ισχυροί άνεμοι

VI (Iliaki κ.ά.,2019)	Ήχο (Προπτυχιακοί φοιτητές-ΠΤΔΕ)	Μοντέλο «Εκπαιδευτική επανοικοδόμηση»	Ελήφθησαν υπόψιν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ Περιγραφή στην εισαγωγή	Ρητή	1. Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών όπως συχνότητα, ένταση, φάσμα συχνοτήτων και συγκεκριμένων οργάνων όπως βιολί και φλάουτο ώστε να αντιπροσωπεύουν, διαφορετικές κατηγορίες οργάνων και να έχουν διαφορετικά φάσματα συχνοτήτων 2. Ποιοτική περιγραφή φαινομένου της έντασης και του φάσματος συχνοτήτων του ήχου	1. Διδασκαλία και παρατήρηση των διαφορών στη συχνότητα, ένταση και φάσμα συχνοτήτων στις δύο κατηγορίες μουσικών οργάνων (πνευστά, έγχορδα) μέσω λογισμικού 2. Διδασκαλία της έντασης και του φάσματος συχνοτήτων του ήχου ποιοτικά, χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό	ΟΧΙ	Θετικά	
VII (Sujarittham, & Tanamatayar at, 2019)	Τρίτος νόμος του Νεύτωνα (Γυμνάσιο)	Μοντέλο «Εκπαιδευτική επανοικοδόμηση»	Ελήφθησαν υπόψιν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ Περιγραφή	Ρητή	1. Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών όπως: δράση, αντίδραση, δύναμη χωρίς επαφή και μη αναφορά σε άλλες δυνάμεις που επιδρούν στα αντικείμενα όπως η βαρυτική δύναμη	1. Προσδιορισμός των δυνάμεων δράσης-αντίδρασης σε διάφορες εικόνες όπως σε μία εικόνα κωπηλασίας ενός σκάφους. Στόχος προσδιορισμός του	ΟΧΙ	Αρνητικά	

			στην εισαγωγή		2. Ποιοτική περιγραφή του τρίτου νόμου του Νεύτωνα	σώματος που ασκεί τη δύναμη και αυτού που δέχεται δύναμη 2. Περιγραφή του τρίτου νόμου του Νεύτωνα ποιοτικά μέσω εικόνων, χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό (π.χ. διανύσματα δυνάμεων)			Τρίτος νόμος του Νεύτωνα: Δύναμη δράσης= Δύναμη αντίδρασης
VIII (Savall-Alemaný κ.ά., 2019)	Κβαντική φυσική (Λύκειο)	Διδακτική αρχή «Μάθηση βασισμένη στο πρόβλημα»	Ελήφθησαν υπόψιν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ Περιγραφή στην εισαγωγή	Υπόρρητη	1. Κύριος στόχος της ΔΜΑ η ανάπτυξη ενός μοντέλου για την ερμηνεία εκπομπής και απορρόφησης ακτινοβολίας από την ύλη 2. Ποιοτική προσέγγιση και χρήση του μοντέλου Bohr (ενεργειακά διαγράμματα	1. Εστίαση στην μορφή του φάσματος εκπομπής και απορρόφησης ακτινοβολίας ενός απλού αερίου όπως αυτό που αποτελείται από άτομα υδρογόνου. Αδυναμία της κλασικής φυσικής να ερμηνεύσει την εκπομπή και απορρόφηση, εισαγωγή του μοντέλου Bohr 2. Επεξήγηση του φαινομένου εκπομπής και απορρόφησης του ορατού	ΟΧΙ	Θετικά	

					<p>και οπτικές αναπαραστάσεις) για την εξήγηση των παραπάνω φαινομένων</p> <p>3. Ποιοτική προσέγγιση του κβαντικού μοντέλου δομής της ύλης με τροχιακά και χρήση του για τον προσδιορισμό της θέσης ενός ηλεκτρονίου στο άτομο</p>	<p>φάσματος του υδρογόνου και των χαρακτηριστικών του ποιοτικά, δηλαδή μέσω των μεταπτώσεων ηλεκτρονίων από στοιβάδα σε στοιβάδα, χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό αλλά με χρήση ενεργειακών διαγραμμάτων και οπτικών αναπαραστάσεων του ατόμου</p> <p>3. Διεξαγωγή πειράματος της διπλής και μονής σχισμής (συμβολή και περίθλαση αντίστοιχα) και παρατήρηση της συμπεριφοράς του φωτός, προκειμένου να αναδειχθεί η διπλή φύση (κυματική και σωματιδιακή) αρχικά του φωτός και στην συνέχεια των ηλεκτρονίων. Στην δεύτερη περίπτωση αναδεικνύεται η έννοια</p>			
--	--	--	--	--	--	---	--	--	--

					4. Κατανόηση πτυχών της φύσης και του ρόλου των μοντέλων	των τροχιακών και προσεγγίζεται ποιοτικά το λεγόμενο κβαντικό μοντέλο για την δομή της ύλης 4. Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις γίνονται συζητήσεις για τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων στη φυσική			
IX (Muñoz-Campos κ.ά., 2020)	Αγωγή Υγείας (Γυμνάσιο)	Διδακτική αρχή «Επιστημονικές πρακτικές AIM»	Ελήφθησαν υπόψιν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ Περιγραφή στην εισαγωγή	Ρητή	1. Απλό μοντέλο γαλακτικής ζύμωσης για αποφυγή του επιστημονικού φορμαλισμού	1. Επεξήγηση της μετατροπής του γάλακτος σε γιαούρτι μέσω του σχολικού μοντέλου της γαλακτικής ζύμωσης. Δραστηριότητες μοντελοποίησης για την εισαγωγή του σχολικού μοντέλου χωρίς αναφορά στα χημικά φαινόμενα – χημικές αντιδράσεις	OXI	Θετικά	
X (Mandrikas κ.ά., 2020)	Νανοτεχνολογία (Δημοτικό)	Διδακτική αρχή «Διερεύνηση»	Ελήφθησαν υπόψιν για τον	Ρητή	1. Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών όπως μέγεθος και κλίμακα και αναφορά σε	1. Διδασκαλία της έννοιας της νανοτεχνολογίας μέσω προβολής βίντεο και	OXI	Θετικά	

			<p>σχεδιασμό της ΔΜΑ</p> <p>Περιγραφή στην εισαγωγή</p>	<p>ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος</p> <p>2. Προσομοίωση της λειτουργίας αυτοκαθαριζόμενων επιφανειών και των στεγανωτικών ιδιοτήτων των υλικών</p> <p>3. Κατανόηση λειτουργίας υδρόφοβων – υδρόφιλων επιφανειών</p>	<p>επαφής με εκθέματα νανοτεχνολογίας κατά τη διάρκεια επίσκεψης σε ένα Ίδρυμα έρευνας και Τεχνολογίας</p> <p>2. Διδασκαλία της έννοιας ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος μέσω βίντεο και διεξαγωγής πειραμάτων με διάφορα υλικά (ξύλο, φύλλο), προκειμένου να παρατηρηθεί η αλληλεπίδραση των υλικών με το νερό</p> <p>3. Παρουσίαση ενός μοντέλου απορρόφησης και ροής του νερού, κατασκευασμένο από απλά υλικά (φελιζόλ, ξύλινα καλαμάκια, μπάλα), που προσομοιώνε τη συμπεριφορά του νερού σε ένα υδρόφιλο, ένα υδρόφοβο και ένα υπερ υδροφοβικό υλικό</p>			
--	--	--	---	--	--	--	--	--

XI (Stefanidou κ.ά., 2020)	Διάθλαση και Φύση της Επιστήμης (Προπτυχιακοί φοιτητές-ΠΤΔΕ)	Μη αναφορά σε μοντέλο ή διδακτική προσέγγιση	Ελήφθησαν υπόψιν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ Απλή αναφορά στην εισαγωγή	Υπόρρητη	1. Επιλογή συγκεκριμένων φαινομένων όπως τα φαινόμενα διάθλασης και ανάκλασης, που διδάσκονται μέσα από τα πειράματα του Πτολεμαίου	1. Μελέτη της πορείας του φωτός όταν αυτό περνάει από ένα οπτικό μέσο σε ένα άλλο, σύμφωνα με την παραδοχή ότι το φως εκπέμπεται από το μάτι, όπως είχε κάνει ο Πτολεμαίος	ΟΧΙ	Θετικά	
XII (Zuza κ.ά. 2020a)	Ηλεκτρεγερτική δύναμη (Προπτυχιακοί φοιτητές-Μηχανικοί)	Μοντέλο του «Σχεδιασμού που βασίζεται στην Έρευνα» και τελικά σχεδιασμός ΔΜΑ	Ελήφθησαν υπόψιν και παρουσιάζονται πριν, κατά και μετά την εφαρμογή των ΔΜΑ	Ρητή	1. Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών όπως ηλεκτρεγερτική δύναμη και διαφορά δυναμικού. 2. Περιγραφή της ηλεκτρεγερτικής δύναμης	1. Διδασκαλία της έννοιας της ηλεκτρεγερτικής δύναμης και της διαφοράς δυναμικού μέσω ενός κυκλώματος με λάμπα, λαμπτήρα με μεταλλική ράβδο και δακτύλιο γύρω από ένα σωληνοειδές. Στόχος: συσχέτιση του περιβάλλοντος συνεχούς ρεύματος με αυτό της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής και διάκριση της ΗΕΔ από τη διαφορά δυναμικού 2. Τους δόθηκαν ασκήσεις γραπτές σε κλειστά και	ΝΑΙ	Θετικά	

					και συσχετίσή της με τη διαφορά δυναμικού	ανοιχτά κυκλώματα, σταθερού η επαγωγικού ρεύματος για να μελετήσουν την ενεργειακή ισορροπία (energy balance) ή να εξηγήσουν μικροσκοπικά και μακροσκοπικά την κίνηση του ρεύματος και τα πεδία που το προκαλούν			
XII (Mandrakas κ.ά., 2021)	Νανοτεχνολογία και Πλαστικά (Γυμνάσιο)	Μοντέλο «5E»	Ελήφθησαν υπόψιν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ Περιγραφή στην εισαγωγή	Ρητή	<ol style="list-style-type: none"> 1. Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών όπως μέγεθος και κλίμακα και αναφορά σε ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος (Νανοτεχνολογία) 2. Προσομοίωση της λειτουργίας αυτοκαθαριζόμενων επιφανειών και των στεγανωτικών ιδιοτήτων των υλικών 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Διδασκαλία της έννοιας της νανοτεχνολογίας μέσω προβολής βίντεο και επαφής με εκθέματα νανοτεχνολογίας κατά τη διάρκεια επίσκεψης σε ένα επιστημονικό κέντρο 2. Διδασκαλία της έννοιας ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος μέσω βίντεο και διεξαγωγής πειραμάτων με διάφορα υλικά (ξύλο, φύλλο), προκειμένου να 	ΟΧΙ	Θετικά	

					3. Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών όπως ρύπανση των ωκεανών από τα πλαστικά (Πλαστικά)	<p>παρατηρηθεί η αλληλεπίδραση των υλικών με το νερό</p> <p>3. Διδασκαλία του φαινομένου της ρύπανσης των ωκεανών από τα πλαστικά μέσω προβολής βίντεο και επαφής με εκθέματα που συλλέχτηκαν από τον ωκεανό κατά τη διάρκεια επίσκεψης σε ένα επιστημονικό κέντρο</p>			
XIV (Zuza κ.ά., 2020b)	Βασικά ηλεκτρικά κυκλώματα (Προπτυχιακοί φοιτητές-Μηχανικοί/Φυσικοί)	Μοντέλο του «Σχεδιασμού που βασίζεται στην Έρευνα» και τελικά σχεδιασμός ΔΜΑ	Ελήφθησαν υπόψιν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ Περιγραφή στην εισαγωγή	Ρητή	1. Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών, όπως απλά ηλεκτρικά κυκλώματα	1. Διδασκαλία των απλών κυκλωμάτων ηλεκτρικού ρεύματος μέσω προβλημάτων που εστιάζουν στο σύστημα και στις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ της διαφοράς δυναμικού και του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα σύρμα, στο μέγεθος της επιφανειακής πυκνότητας των φορτιών και του ηλεκτρικού	ΝΑΙ	Θετικά	

					2. Ποιοτική περιγραφή του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος	πεδίου στο σύρμα και στο ρόλο της μπαταρίας 2. Περιγραφή των απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων ποιοτικά μέσω προβλημάτων, χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό			
XV (Rico κ.ά., 2021)	Ποιότητα του αέρα (Προπτυχιακοί φοιτητές – ΠΤΔΕ)	Διδακτική αρχή « μάθηση με βάση το πρόβλημα» και «μάθηση βασισμένη στον τόπο»	Ελήφθησαν υπόψιν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ Περιγραφή και αναφορά στο τέλος της έρευνας	Ρητή	1. Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών όπως οι ρύποι της ατμόσφαιρας, ο καιρός και το κλίμα και μη αναφορά σε άλλες πτυχές της βιώσιμης ανάπτυξης.	1. Αναζήτηση πληροφοριών από την ιστοσελίδα του Air Quality για τις συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων στην πόλη, καταγραφή των δεδομένων σε υπολογιστικά φύλλα, ανάλυση τους μέσω γραφημάτων και αναφορά στα επίπεδα του όζοντος στο έδαφος. Στόχος: η κατανόηση ότι ο καιρός είναι συνδυασμός πολλών παραμέτρων και παρατήρηση της επίδρασης των μετεωρολογικών μεταβλητών στην	ΟΧΙ	Θετικά	

					2. Περιγραφή των ατμοσφαιρικών ρύπων	<p>ποιότητα του αέρα</p> <p>2. Μέτρηση των ατμοσφαιρικών ρύπων μέσω της καταγραφής των δεδομένων της ιστοσελίδας Air Quality σε ένα υπολογιστικό φύλλο και μέσω της παρατήρησης των γραφικών παραστάσεων, χωρίς αναφορά στα καθιερωμένα μοντέλα μέτρησης</p>			
XVI (Soto κ.ά., 2021)	Ενέργεια (Προπτυχιακοί Φυσικοί)	Μοντέλο του «Σχεδιασμού που βασίζεται στην Έρευνα» και τελικά σχεδιασμός ΔΜΑ	Ελήφθησαν υπόψιν για τον σχεδιασμό της ΔΜΑ Αναφορά στην εισαγωγή και στην περιγραφή των συνεδριών	Υπόρρητη	<p>1. Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών όπως μεταφορά, διατήρηση και υποβάθμιση της ενέργειας</p> <p>2. Απλό μοντέλο ενέργειας για αποφυγή του</p>	<p>1. Προσδιορισμός, στο πλαίσιο της υδάτινης ενέργειας, των διαφορετικών «καταστάσεων» ενός συστήματος, της συσχέτισης της ενέργειας με αυτές τις «καταστάσεις» και της συμβολής των αλλαγών αυτών στους ανθρώπους</p> <p>2. Επεξήγηση της έννοιας της ενέργειας μέσω ενός</p>	ΟΧΙ	Θετικά	

					<p>επιστημονικού φορμαλισμού</p> <p>3. Ποιοτική περιγραφή του φαινομένου της ενέργειας</p>	<p>απλού σχολικού μοντέλου στο οποίο δεν γίνονταν αναφορά στην έννοια «μορφές ενέργειας», αλλά χρησιμοποιούνταν οι όροι «διαμόρφωση (εσωτερική ενέργεια) και κατάσταση του συστήματος (κινητική και δυναμική ενέργεια)»</p> <p>3. Περιγραφή του φαινομένου της ενέργειας ποιοτικά μέσω πειραμάτων, χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό</p>			
--	--	--	--	--	--	---	--	--	--

Κεφάλαιο 6^ο: Συζήτηση

6.1. Συζήτηση

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορούσε την έννοια και εφαρμογή του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Κύριος στόχος της ήταν μέσα από τη βιβλιογραφική αναζήτηση συγκεκριμένων διδακτικών παρεμβάσεων στις Φυσικές Επιστήμες όπως οι Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες, να αναδειχτεί ο μετασχηματισμός και να κατηγοριοποιηθούν τα παραδείγματα που θα εντοπιστούν. Με βάση τον στόχο αυτό και τα ερευνητικά ερωτήματα που είχαμε θέσει εξαρχής, μπορούν να ειπωθούν τα ακόλουθα:

Αρχικά, το πρώτο ερευνητικό ερώτημα που μας απασχόλησε αφορούσε το αν οι ερευνητές στις διδακτικές παρεμβάσεις που μελετήθηκαν, ανέφεραν ρητά ή όχι την επιλογή του περιεχομένου ή και τον διδακτικό μετασχηματισμό του στις παρεμβάσεις αυτές. Από την ανάλυση αναδείχτηκε ότι η πλειοψηφία των ερευνητών ανέφεραν ρητά, από την εισαγωγή κιάλας του άρθρου, ότι μετασχημάτισαν το περιεχόμενο διδασκαλίας προκειμένου να ανταποκρίνεται στο γνωστικό υπόβαθρο των συμμετεχόντων (Colantonio κ.ά., 2018; Pliaki κ.ά., 2019; Mandrikas κ.ά., 2017; Mandrikas κ.ά., 2018; Mandrikas κ.ά., 2020; Mandrikas κ.ά., 2021; Maurício κ.ά., 2017; Muñoz-Campos κ.ά., 2020; Rico κ.ά. 2021; Sujarittam & Tanamatayarat, 2019; Zuza κ.ά., 2020a; Zuza κ.ά. 2020b). Ωστόσο, υπήρχαν και περιπτώσεις που εάν και οι ερευνητές δεν το δήλωσαν ρητά, ο διδακτικός μετασχηματισμός υπονοούνταν μέσα από την παρουσίαση των δραστηριοτήτων (Maurício κ.ά., 2017; Savall-Alemany κ.ά., 2019; Soto κ.ά. 2021; Stefanidou κ.ά., 2020). Επίσης, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι σε καμία από τις έρευνες, στις οποίες δηλώνεται ο διδακτικός μετασχηματισμός, δεν δίνονταν εξηγήσεις για το πώς γίνονταν. Το στοιχείο αυτό επιβεβαιώνεται και από τη βιβλιογραφία, καθώς σύμφωνα με τον Καριώτογλου (2021), εάν και στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών αναγνωρίζεται η σπουδαιότητα του διδακτικού μετασχηματισμού, σπάνια δηλώνεται ρητά και σχεδόν ποτέ δεν παρέχονται εξηγήσεις για τις αλλαγές και τις τροποποιήσεις που υφίστανται στην επιστημονική γνώση.

Αναφορικά με το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, το οποίο είχε ως θέμα τις δυσκολίες και τις εναλλακτικές ιδέες που είχαν οι συμμετέχοντες σχετικά με την

κατανόηση του εν λόγω περιεχομένου που διαπραγματεύεται η ΔΜΑ, μπορεί να ειπωθεί ότι σε αρκετές έρευνες (Colantonio κ.ά., 2018; Iliaki κ.ά., 2019; Mandrikas κ.ά., 2017; Mandrikas κ.ά., 2018; Mandrikas κ.ά., 2020; Mandrikas κ.ά., 2021; Maurício κ.ά., 2017; Maurício κ.ά., 2017; Muñoz-Campos κ.ά., 2020; Savall-Aleman κ.ά., 2019; Stefanidou κ.ά., 2020; Sujarittam & Tanamatayarat, 2019; Zuza κ.ά., 2020b) οι ερευνητές δεν πραγματοποιούν ξεχωριστή αναφορά στις δυσκολίες των συμμετεχόντων, αλλά και ούτε όταν παρουσιάζουν μία δραστηριότητα δεν αναφέρουν ρητά αν μέσω αυτής προσπαθούν να αντιμετωπίσουν μία συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα των μαθητών ή αν οι μαθητές συναντάνε δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση της και ποιες είναι αυτές. Η μόνη αναφορά, εντοπίζεται στο εισαγωγικό τμήμα του άρθρου, στο οποίο οι ερευνητές δηλώνουν ότι τις έλαβαν υπόψιν πριν το σχεδιασμό της ΔΜΑ. Ωστόσο, εξαίρεση στο παραπάνω εύρημα αποτελούν τρεις έρευνες (Rico κ.ά., 2021; Soto κ.ά., 2021; Zuza κ.ά., 2020a), στις οποίες οι ερευνητές πριν τον σχεδιασμό, κατά και μετά την εφαρμογή των ΔΜΑ λαμβάνουν υπόψιν και αναφέρουν σε σημαντικό βαθμό τις δυσκολίες των συμμετεχόντων, οι οποίες κατά τους ίδιους τους καθοδήγησαν στο να δημιουργήσουν συγκεκριμένες διδακτικές προτάσεις. Στο σημείο αυτό, είναι άξιο να ειπωθεί ότι μέσα από την ανάλυση παρατηρήθηκε ότι όλοι οι ερευνητές, ανεξαιρέτως, δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων, τα οποία τα καταγράφουν και τα αναλύουν εκτενώς. Βέβαια, το στοιχείο αυτό, είναι εν μέρει δικαιολογημένο καθώς δεν δύναται να δημοσιευτεί μία εργασία εάν σε αυτή δεν καταγράφονται τα αποτελέσματα στη μάθηση (Καριώτογλου, 2021).

Το επόμενο ερευνητικό ερώτημα που μας απασχόλησε σχετιζόταν με τις διδακτικές προτάσεις που πρότειναν οι ερευνητές για να βοηθήσουν στην κατανόηση του περιεχομένου από τους μαθητές. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι στα άρθρα τους δεν μας παρουσιάζουν διεξοδικά τις δραστηριότητες των ΔΜΑ που εφάρμοσαν και τις τροποποιήσεις του περιεχομένου τους. Αντιθέτως, τα δεδομένα μας προέκυψαν άλλοτε από την ανάλυση των πινάκων που είχαν παραθέσει οι ερευνητές στα άρθρα τους, οι οποίοι μπορεί να περιείχαν περιληπτικά κάποιες δραστηριότητες και άλλοτε μέσα από τα λόγια των ίδιων των ερευνητών.

Με βάση τα στοιχεία αυτά, είναι δυνατόν να ειπωθεί ότι οι ερευνητές δεν διδάσκουν τα φαινόμενα και τις έννοιες αυτούσια, σύμφωνα με την επιστημονική θεωρία, αλλά επιλέγουν συγκεκριμένες έννοιες από αυτές είτε αποφεύγουν άλλες,

προκειμένου η γνώση η οποία θα διδαχτεί να ανταποκρίνεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του μαθητικού δυναμικού. Το συγκεκριμένο εύρημα επιβεβαιώνεται και από τη βιβλιογραφία, στην οποία αναδεικνύεται ότι οι εκπαιδευτικοί δεν χρησιμοποιούν το αναλυτικό πρόγραμμα αυτούσιο, αλλά επιλέγουν συγκεκριμένες προτάσεις, κάνουν αναθεωρήσεις και προσαρμογές αναλόγως με τους στόχους που έχουν θέσει (Ραβάνης, 2009) και προσαρμόζουν το περιεχόμενο του μαθήματος με σκοπό να το κατανοήσουν όσο το δυνατόν περισσότεροι μαθητές (Clerc, Minder, Roduit, 2006).

Τα επόμενα ερευνητικά ερωτήματα που θέσαμε, αφορούσαν την ύπαρξη του χαρακτηριστικού της κυκλικής αναθεώρησης (iteration) και των αποτελεσμάτων των ΔΜΑ στη μάθηση των μαθητών. Όσον αφορά το χαρακτηριστικό του iteration, αυτό εντοπίζεται μόνο σε τέσσερις έρευνες, σε αντίθεση με την πλειοψηφία των ερευνών (12) όπου δεν αναφέρεται εάν η αρχική ΔΜΑ αξιολογήθηκε και βελτιώθηκε, δημιουργώντας μία αναθεωρημένη μορφή της. Η μόνη αναφορά στην εφαρμογή της γίνεται στο τέλος του άρθρου όπου οι ερευνητές μέσα από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μαθητών, επισημαίνουν τις δυσκολίες και τις πιθανές ελλείψεις της ΔΜΑ και προτείνουν τι θα έπρεπε να ληφθεί υπόψιν σε μία μετέπειτα εφαρμογή της. Αναφορικά με την αποτελεσματικότητά της στη μάθηση, οι περισσότερες έρευνες (12) σημείωσαν θετικά αποτελέσματα, καθώς οι μαθητές κατέστησαν ικανοί να αναγνωρίζουν το φαινόμενο που διδάχτηκαν και απέκτησαν νέες γνώσεις τις οποίες μπορούσαν να εφαρμόσουν σε καινούριες καταστάσεις, ενώ στις υπόλοιπες [(4) (Colantonio κ.ά., 2018; Maurício κ.ά., 2017; Zuza κ.ά., 2020a, Zuza κ.ά., 2020b)] δεν παρατηρήθηκε αλλαγή στις αρχικές ιδέες των μαθητών, οι οποίοι διατήρησαν τις παρανοήσεις τους.

Το τελευταίο ερευνητικό ερώτημα που μας απασχόλησε, είχε ως θέμα την κατηγοριοποίηση των περιπτώσεων του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου που συναντάμε στην επισκόπηση των ερευνών. Με βάση την ανάλυση, μπορεί να αναφερθεί ότι οι κατηγορίες του μετασχηματισμού που αναδείχτηκαν είναι: α) η επιλογή συγκεκριμένων φαινομένων και εννοιών εισαγωγής, στοιχείο το οποίο εμφανίζεται σε δεκατρείς έρευνες, β) η ποιοτική εισαγωγή των εννοιών χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό (10 έρευνες) και γ) στα σύγχρονα θέματα φυσικής (6 έρευνες) χρησιμοποίηση υλικών όπως είναι τα λογισμικά, τα μοντέλα και οι προσομοιώσεις, τα οποία δεν θα αποτελούσαν διδακτικό μετασχηματισμό του

περιεχομένου για πιο κλασικά θέματα. Ωστόσο, η χρήση αυτών των υλικών δηλώνει τη δυσκολία διδασκαλίας τέτοιων θεμάτων. Ακόμη, στα θέματα αυτά, όταν χρειάζεται να διεξαχθεί ένα πείραμα ή μία προσομοίωση τότε ο ερευνητής το κατασκευάζει και το εφαρμόζει με όσο το δυνατόν πιο απλά υλικά. Οι κατηγορίες αυτές, αναδεικνύονται και από τη βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, ο Κολιόπουλος (2006) επισημαίνει ότι στον διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου η διδακτική παρέμβαση του εκπαιδευτικού εστιάζει στην παρουσίαση και περιγραφή των εννοιών και φαινομένων και όχι στους μαθηματικούς τύπους. Ενώ, στην έρευνα του ο Καριώτογλου (2021), αναδεικνύει όλες τις παραπάνω κατηγορίες μετασχηματισμού.

Συνοψίζοντας, τα ευρήματα της παρούσας εργασίας παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς φαίνεται ότι ο διδακτικός μετασχηματισμός στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, θεωρείται ως σημαντικό εργαλείο, εξαιτίας των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν τις έννοιες και τα φαινόμενα. Εντούτοις, αρκετές φορές επειδή ο μετασχηματισμός πραγματοποιείται από τους ερευνητές χωρίς να δηλώνεται ξεκάθαρα, είναι δύσκολο να εντοπιστεί και να κατηγοριοποιηθεί. Ακόμη, το γεγονός ότι δεν υπάρχουν διατυπωμένοι κανόνες και συγκεκριμένα μοτίβα καθιστά ακόμη πιο δύσκολο τον εντοπισμό του. Τέλος, ένα άλλο κρίσιμο ζήτημα, είναι ποια είναι η διαχωριστική γραμμή του διδακτικού μετασχηματισμού και της επιστημονικής εγκυρότητας. Αυτό σημαίνει ότι ο άνθρωπος ο οποίος θα αξιοποιήσει τον διδακτικό μετασχηματισμό, στην περίπτωση μας ο εκπαιδευτικός ή ο ερευνητής, θα πρέπει να γνωρίζει άριστα την επιστημονική θεωρία, προκειμένου μέσα από την τροποποίηση της γνώσης να μην παραβιαστούν βασικές αρχές της επιστημονικής εγκυρότητας.

Κεφάλαιο 7^ο: Προτάσεις

7.1. Περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για το μέλλον

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας είναι σημαντικό να αναφέρουμε τους περιορισμούς και τις δυσκολίες αυτής της προσπάθειας, όπως και τις προτάσεις για μελλοντικές έρευνες.

Αναφορικά με τους περιορισμούς, μπορεί να ειπωθεί ότι ο πρώτος περιορισμός σχετίζεται με τον αριθμό ανάλυσης των άρθρων. Αυτό σημαίνει ότι λόγω του μικρού αριθμού ερευνών που αναλύθηκαν είναι δύσκολο τα ευρήματα της παρούσας εργασίας να γενικευτούν. Επιπλέον, λόγω της δυσκολίας του θέματος και μη ύπαρξης αρκετών ερευνών στη βιβλιογραφία, υπάρχει κίνδυνος ο ερευνητής να μη μπορέσει να εντοπίσει και να διακρίνει τον διδακτικό μετασχηματισμό. Το στοιχείο αυτό εντείνεται ακόμη πιο πολύ από το γεγονός ότι ο ερευνητής είναι αφενός άπειρος και αφετέρου έχει την ειδικότητα του εκπαιδευτικού πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και όχι του φυσικού. Ως εκ τούτου, μπορεί να μη διαθέτει το κατάλληλο επιστημονικό υπόβαθρο και τις γνώσεις ώστε να κατανοεί όλα τα φαινόμενα που αναφέρονται στα άρθρα προκειμένου να εντοπίσει τα σημεία στα οποία έχει εφαρμοστεί ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου. Ωστόσο, στην παρούσα εργασία ο περιορισμός αυτός αντιμετωπίστηκε από τη συμβολή και το ρόλο των επιβλεπόντων. Ο ερευνητής, δηλαδή, κάθε φορά που αντιμετώπιζε μία δυσκολία στον εντοπισμό του μετασχηματισμού, λάμβανε τις κατευθυντήριες οδηγίες και επεξηγήσεις από τους επιβλέποντες.

Όσον αφορά τις προτάσεις για το μέλλον, όπως έχει ήδη αναφερθεί από το θεωρητικό κομμάτι, ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου αν και είναι απαραίτητος στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, έχει μελετηθεί ελάχιστα εξαιτίας της δυσκολίας εντοπισμού τους και κατηγοριοποίησή τους. Αναλογιζόμενοι το γεγονός αυτό, θεωρούμε σημαντικό να διεξαχθούν και άλλες μελέτες που θα δώσουν φως στη διαδικασία του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου και θα οδηγήσουν στη δημιουργία εγχειριδίων τα οποία θα αξιοποιούν οι εκπαιδευτικοί στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Οι μελέτες αυτές μπορούν να αναζητούν

συστηματικά τον μετασχηματισμό που υφίστανται είτε ανά ηλικιακό επίπεδο των μαθητών, είτε σε ξεχωριστές περιοχές των Φυσικών Επιστημών.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσσα

Βοσνιάδου, Σ. (2005). *Εισαγωγή στην Ψυχολογία*, Τόμος Α. Εκδόσεις Gutenberg.

Γιαλούρη, Ε. (2011). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες με τη χρήση Προηγμένων Τεχνολογικών Εφαρμογών* (Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο). Διαθέσιμο από: Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών.

Γρηγορίου, Β. (2017). *Εκπαίδευση εκπαιδευτικών φυσικών επιστημών: εκπαιδευτικός μετασχηματισμός, μεθοδολογία, τεχνολογία* (Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ)). Διαθέσιμο από: Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών.

Ζουπίδης, Α. (2012). *Διδασκαλία και μάθηση με τη χρήση μοντέλων φυσικών επιστημών και τεχνολογίας: Εφαρμογή στα φαινόμενα της πλεύσης και της βύθισης* (Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας). Διαθέσιμο από: Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών.

Καράσσα, Φ. (2006). Αρχές και μεθοδολογία της συστηματικής ανασκόπησης της βιβλιογραφίας. *Ελληνική Ρευματολογία*, 17(4): 289-297.

Καριώτογλου, Π. (2006). *Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*. Γράφημα.

Καριώτογλου, Π. Π., Σπύρτου, Α., Πνευματικός, Δ., & Ζουπίδης, Α. (2012). Σύγχρονες τάσεις στα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών: οι περιπτώσεις της διερεύνησης και των επισκέψεων σε χώρους επιστήμης και τεχνολογίας στο Πρόγραμμα " Materials Science". *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 5(1-2), 153-164.

Καριώτογλου, Π. 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), 39-62.

Κασσωτάκης, Μ., Φλουρής, Γ. (2003). *Μάθηση και Διδασκαλία*. Τόμος Α. Μάθηση. Αυτοέκδοση.

Κόκκοτας, Π. (2010). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Μέρος II: Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Εκδόσεις Γρηγόρη.

Πατελάρου, Ε., & Μπροκαλάκη, Η. (2010). Μεθοδολογία της συστηματικής ανασκόπησης και μετα-ανάλυσης. *Νοσηλευτική*, 49(2), 122-130.

Ραβάνης, Κ. (2009, Οκτώβριος). Ο διδακτικός μετασχηματισμός: από τα επιστημονικά αντικείμενα στις σχολικές πρακτικές (Πρακτικά Συνεδρίου). *Διεθνές συνέδριο «Η Ελληνική γλώσσα στη Λατινική Αμερική»*, Montevideo.

Ράπτης, Α. & Ράπτη, Α. (2006). *Μάθηση και διδασκαλία στην εποχή της Πληροφορίας. Ολική Προσέγγιση*. Τόμος Α. Εκδόσεις Αριστοτέλης Ράπτης.

Σπυροπούλου-Κατσάνη, Δ. (2005). *Διδακτικές και Παιδαγωγικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Εκδόσεις Τυπωθήτω.

Στυλιανού, Λ., & Πλακίτση, Κ. (2015). Οι απόψεις και τα βιώματα από τη διδασκαλία των ΦΕ στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο των τριτοετών φοιτητών και φοιτητριών Νηπιαγωγών. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα & Πράξη*, 2013(46-47), 61-85.

Τσέου, Ε. (2017). *Η παιδαγωγική γνώση περιεχομένου των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση* (Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης). Διαθέσιμο από: Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών.

Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Εκδόσεις Πατάκη.

Ψύλλος, Δ., Κουμαράς, Π., & Καριώτογλου, Π. (1993). Εποικοδόμηση της γνώσης στην τάξη με συνέντευξη δασκάλου και μαθητή. *Σύγχρονη Εκπαίδευση: Τρίμηνη Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, (70), 34-42.

Ψύλλος, Δ., & Καριώτογλου, Π. (2017, Απρίλιος). Ζητήματα σχεδιασμού και ανάπτυξης των Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών στην περιοχή των Φυσικών

Επιστημών (Πρακτικά Συνεδρίου). Στο 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ, Ρέθυμνο. <http://events.enepnet.gr/index.php/enepnet/2017/paper/view/368>

Ξενογλώσση

Achiam, M. (2014). *Didactic transposition: From theoretical notion to research programme*. Paper presented at the biannual ESERA (European Science Education Research Association) doctoral summer school August 25- 29 in Kappadokya, Turkey

Bergsten, C., Jablonka, E., & Klisinska, A. (2010, January). A remark on didactic transposition theory. In *Mathematics and mathematics education: Cultural and social dimensions: Proceedings of MADIF7, The Seventh Mathematics Education Research Seminar* (pp. 1-11).

Bosch, M., & Gascón, J. (2006). Twenty-five years of the didactic transposition. *ICMI bulletin*, 58(58), 51-65.

Clerc, J.B., Minder, P., & Roduit, G. (2006). *La transposition didactique*.

Colantonio, A., Galano, S., Leccia, S., Puddu, E., & Testa, I. (2018). Design and development of a learning progression about stellar structure and evolution. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010143.

Design-Based Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32, 5–8.

Hacking, I. (1992). The self - vindication of the laboratory sciences. In A. Pickering (Ed.), *Science as practice and culture*. Chicago: The University Chicago Press.

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.

Juuti, K., Lavonen, J., & Meisalo, V. (2016). Pragmatic Design-Based Research – Designing as a Shared Activity of Teachers and Researches. In Psillos, D. & Kariotoglou, P. (Eds.) *Iterative Design of Teaching – Learning Sequences* (pp 35-46). Germany: Springer.

Kallery, M., Psillos, D., & Tselfes, V. (2009). Typical Didactical Activities in the Greek Early- Years Science Classroom: Do they promote science learning? *International Journal of Science Education*, 31(9), 1187-1204. <https://doi.org/10.1080/09500690701824850>

Kariotoglou, P., Psillos, D., & Tselfes, V. (2003). Modelling the Evolution of Teaching—Learning Sequences: from Discovery to Constructivism. In Psillos D. et al (Eds.) *Science education research in the knowledge-based society* (pp. 259-268). Kluwer Academic Publishers.

Kariotoglou, P. Papadopoulou, P. Koledinis, N. Strangas, N. (2013). Educating pre-school student teachers to instructional design. In Constantinou, C. P., Papadouris, N. Hadjigeorgiou, A.: *Proceedings of the 2013 ESERA Conference*, Cyprus.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengieber, H. & Komorek, M. (1995) A model of Educational Reconstruction. *The NARST annual meeting*, San Francisco, CA.

Mandrikas, A., Stavrou, D., & Skordoulis, C. (2017). A teaching-learning sequence about weather map reading. *Physics Education*, 52(4), 045007.

Mandrikas, A., Stavrou, D., Halkia, K., & Skordoulis, C. (2018). Preservice elementary teachers' study concerning wind on weather maps. *Journal of Science Teacher Education*, 29(1), 65-82.

Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2020). Teaching nanotechnology in primary education. *Research in Science & Technological Education*, 38(4), 377-395.

Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2021). In-service Teachers' Needs and Mentor's Practices in Applying a Teaching–Learning Sequence on Nanotechnology and Plastics in Primary Education. *Journal of Science Education and Technology*, 1-12.

Maurício, P., Valente, B., & Chagas, I. (2017). A didactic sequence of elementary geometric optics Informed by history and philosophy of science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(3), 527-543.

Maurício, P., Valente, B., & Chagas, I. (2017). A teaching-learning sequence of colour informed by history and philosophy of science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(7), 1177-1194.

Méheut, M. & Psillos, D. (2004). Teaching-Learning Sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535. <https://doi.org/10.1080/09500690310001614762>

Muñoz-Campos, V., Franco-Mariscal, A. J., & Blanco-López, Á. (2020). Integration of scientific practices into daily living contexts: a framework for the design of teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 42(15), 2574-2600.

Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in science Education*, 38(3), 261-284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>

Psillos, D. & Kariotoglou, P. (2016). *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences*. Introducing the Science of Materials in European Schools. Springer, Dordrecht, pp 379.

Rico, A., Agirre-Basurko, E., Ruiz-González, A., Palacios-Agundez, I., & Zuazagoitia, D. (2021). Integrating Mathematics and Science Teaching in the Context of Education for Sustainable Development: Design and Pilot Implementation of a Teaching-Learning Sequence about Air Quality with Pre-Service Primary Teachers. *Sustainability*, 13(8), 4500.

Savall-Alemany, F., Guisasola, J., Cintas, S. R., & Martínez-Torregrosa, J. (2019). Problem-based structure for a teaching-learning sequence to overcome students' difficulties when learning about atomic spectra. *Physical Review Physics Education Research*, 15(2), 020138.

Soto, M., Couso, D., & Pintó, R. (2021, May). Modeling in Pre-service Secondary School Teacher Education: developing an School Scientific Model of Energy. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1929, No. 1, p. 012087). IOP Publishing.

Stefanidou, C., Psoma, V., & Skordoulis, C. (2020). Ptolemy's experiments on refraction in science class. *Physics Education*, 55(3), 035027.

Sujarittham, T., & Tanamatayarat, J. (2019, November). A case study of a teaching and learning sequence for Newton's third law of motion designed by a pre-service teacher. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1380, No. 1, p. 012102). IOP Publishing.

Van Dijk, E. M., & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 23(6), 885-897. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.05.002>

Vosniadou, S. (2007). Conceptual change and education. *Human development*, 50(1), 47-54. <https://doi.org/10.1159/000097684>

Zuza, K., De Cock, M., van Kampen, P., Kelly, T., & Guisasola, J. a (2020). Guiding students towards an understanding of the electromotive force concept in electromagnetic phenomena through a teaching-learning sequence. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 020110.

Zuza, K., Sarriugarte, P., Ametller, J., Heron, P. R., & Guisasola, J. b. (2020). Towards a research program in designing and evaluating teaching materials: An example from DC resistive circuits in introductory physics. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 020149.

Διαδικτυακές Πηγές

Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, (2009). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών των Φυσικών Επιστημών. Ανακτήθηκε από: <http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf>

Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, (2011). ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΟ «ΝΕΟ ΣΧΟΛΕΙΟ». Ανακτήθηκε από: <http://ebooks.edu.gr/info/newps/%CE%A6%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B5%CF%82/%CE%A6%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AC%20%CE%94%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D.pdf>

