



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
Συνεργαζόμενα τμήματα
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

**ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ: ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΚΟΝΤΟΔΗΜΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΡΙΩΤΟΓΛΟΥ ΠΕΤΡΟΣ

ΦΛΩΡΙΝΑ , ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2022,

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°.....	8
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ.....	8
1.1 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΦΕ.....	8
1.2 ΤΑ ΡΕΥΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°.....	13
Ο ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ.....	13
2.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ.....	13
2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΟΥ ΔΜΠ.....	18
2.3 ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ.....	19
2.4 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ.....	24
2.5 ΚΡΙΤΙΚΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ.....	27
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	30
3.1 ΣΚΟΠΟΣ- ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ.....	30
3.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΑΡΘΡΩΝ.....	31
3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	31
3.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°.....	32
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	32
4.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°.....	67
ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	84

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται θεωρητικές και ερευνητικές βιβλιογραφικές αναφορές του Διδακτικού Μετασχηματισμού Περιεχομένου (ΔΜΠ) στις Φυσικές Επιστήμες, από την εισαγωγή της έννοιας στα μαθηματικά από τον Yves Chevallard ως τις εφαρμογές των ερευνητών σε καινοτομικές διδακτικές παρεμβάσεις. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η βιβλιογραφική επισκόπηση της έννοιας του διδακτικού μετασχηματισμού καθώς και η μελέτη του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου σε μικρό αριθμό Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών (ΔΜΑ) / διδακτικών παρεμβάσεων. Στόχος της μελέτης να δούμε ποιες μορφές παίρνει ο μετασχηματισμός, αν δηλώνεται ο ίδιος και οι σχετικές εννοιολογικές δυσκολίες / εναλλακτικές ιδέες.

Το πρώτο μέρος της εργασίας, με αφετηρία την παρουσία ενός γενικού θεωρητικού πλαισίου σχετικά με την έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου, περιλαμβάνει μια γενική αναφορά στην εξέλιξη της θεωρίας με το πέρασμα των ετών, στα στάδια του και στις φάσεις που περιλαμβάνει, καθώς επίσης και στις κριτικές που δέχτηκε.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας παρουσιάζεται το πρακτικό μέρος, δηλαδή το πλαίσιο της έρευνας των διδακτικών παρεμβάσεων. Πρόκειται για μελέτες που περιλαμβάνουν διδακτικές παρεμβάσεις/ΔΜΑ οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στην Ελλάδα. Στο μέρος αυτό της έρευνας γίνεται προσπάθεια να αναδειχθεί η ρητή ή άρρητη δήλωση του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου καθώς και να κατηγοριοποιηθούν τα παραδείγματα που εντοπίστηκαν.

Λέξεις – κλειδιά: Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Διδακτικός Μετασχηματισμός του Περιεχομένου.

ABSTRACT

The current dissertation presents theoretical and practical literature sources 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 the researchers' applications in innovative teaching interventions. The purpose of this paper is the literature review of the concept of didactic transformation as well as the study of the didactic transformation of the content in a small number of Teaching Learning Sequences (TLS) / didactic interventions. The aim of the study is to see what forms the transformation takes, if it is declared and the related conceptual difficulties / alternative ideas.

The first part of the dissertation, starting with a general theoretical context relevant to the didactic transformation of scientific knowledge meaning, including a general reference of the didactic transformation progress over the years, its stages and the phases it includes, and the criticism that it receives.

To the second part of the dissertation is presented the practical part, in other words the context of the didactic interventions research. These are studies that include teaching interventions/TLS that were carried out in Greece. In these investigations, an attempt is made to highlight the didactic transformation of the content, which can be stated either explicitly or implicitly, and to categorize the examples that were found.

Keywords: Science Education, Didactic Transformation.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Πέτρο Καριώτογλου για την πολύτιμη βοήθεια του στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για την καθοδήγηση του και για τις χρήσιμες συμβουλές του. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα και τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής, τον κύριο Αναστάσιο Ζουπίδη για τις χρήσιμες επισημάνσεις και τα σχόλια του κατά την διάρκεια της συγγραφής της και τον κ. Δημήτρη Κολιόπουλο. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά και την διευθύντρια του μεταπτυχιακού προγράμματος την κ. Πηνελόπη Παπαδοπούλου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια με συστηματικό τρόπο να βελτιωθεί η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε κάθε εκπαιδευτική βαθμίδα. Αυτό αποδεικνύεται από τα πολλά επιστημονικά συνέδρια, διεθνώς και από τις δημοσιευόμενες έρευνες σε έγκυρα περιοδικά. Έτσι, με βάσει τα εν λόγω ερευνητικά δεδομένα, έχουν σχεδιαστεί νέα αναλυτικά προγράμματα, έχουν συγγραφεί σχολικά εγχειρίδια, έχει συγγραφεί διδακτικό υλικό και έχουν διαμορφωθεί νέες διδακτικές προσεγγίσεις. Στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, λοιπόν, εφαρμόζονται νέες τάσεις και προτάσεις, οι οποίες αναφέρονται σύμφωνα με τη βιβλιογραφία ως ρεύματα. Αυτά είναι το Ανακαλυπτικό, το Εποικοδομητικό και του Επιστημονικού Γραμματισμού, τα οποία αναλύονται παρακάτω. Για την εφαρμογή των διδακτικών προτάσεων του κάθε ρεύματος υπονοείται άλλου πιο έντονα και αλλού όχι η ανάγκη μετασχηματισμού του περιεχομένου. Πιο συγκεκριμένα, κυρίως στην τάση του Εποικοδομητισμού είναι φανερή η τροποποίηση του περιεχομένου για να γίνει κατανοητή από τους μαθητές, να αλλάξουν δηλαδή τις εναλλακτικές τους ιδέες σε πιο επιστημονικές. Αυτή την τροποποίηση την κάνουν συνειδητά ή όχι όσοι διδάσκουν ΦΕ για να αντιμετωπίσουν τις δυσκολίες των μαθητών. Ο μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης και του περιεχομένου της διδασκαλίας, ο οποίος μπορεί να δηλώνεται είτε ρητά είτε υπόρητα, γίνεται με σκοπό να τροποποιηθεί σε μία πιο απλή μορφή (σχολική γνώση) προκειμένου να ανταποκρίνεται στα γνωστικά, στα κοινωνικά και στα πολιτιστικά χαρακτηριστικά των μαθητών (Καριώτογλου, 2021). Ο μετασχηματισμός αυτός της γνώσης στη βιβλιογραφία αποδίδεται με τον όρο «Διδακτική Μεταφορά» (Transposition Didactique) ή «Διδακτικός Μετασχηματισμός του Περιεχομένου» (Didactical Transformation of Content) (Καριώτογλου, 2021; Κολιόπουλος κ.ά., 2006).

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιαστεί η έννοια και οι εφαρμογές του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου στις Φυσικές Επιστήμες μέσω βιβλιογραφικής επισκόπησης, ξεκινώντας από τον Chevallard ο οποίος εισήγαγε τον όρο στα μαθηματικά μέχρι και την εφαρμογή του από τους ερευνητές στα πλαίσια των διδακτικών παρεμβάσεων στις Φυσικές Επιστήμες. Πραγματοποιείται βιβλιογραφική αναζήτηση διδακτικών

παρεμβάσεων που αφορούν φαινόμενα και έννοιες των Φυσικών Επιστημών, ως επί το πλείστον με τη μορφή Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών, οι οποίες υλοποιήθηκαν στην Ελλάδα. Στις διδακτικές αυτές παρεμβάσεις γίνεται μια προσπάθεια να αναδειχθεί ο διδακτικός μετασχηματισμός, ο οποίος δηλώνεται ρητά ή υπόρρητα και να κατηγοριοποιηθούν τα παραδείγματα που συναντήσαμε.

Η εργασία διαρθρώνεται ως εξής:

Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφονται οι συνιστώσες της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών καθώς και τα ρεύματα της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια λεπτομερής ανάλυση του Διδακτικού Μετασχηματισμού του Περιεχομένου. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζεται αναλυτικά ο ορισμός του, η αναγκαιότητα και σπουδαιότητα του στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τα στάδια του και η κριτική που δέχτηκε.

Το τρίτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας περιλαμβάνει τη μέθοδο ανάλυσης. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι στόχοι της έρευνας, τα ερευνητικά ερωτήματα, η διαδικασία με την οποία επιλέχθηκαν τα άρθρα, τα κριτήρια επιλογής που τέθηκαν καθώς και ο τρόπος ανάλυσης τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση των άρθρων, υπό την μορφή της σύνοψης κάθε άρθρου. Τέλος η εργασία ολοκληρώνεται με το πέμπτο κεφάλαιο, στο οποίο παρατίθεται σε μορφή κειμένου και σε μορφή πίνακα η συνολική σύνοψη των αποτελεσμάτων. Επιπλέον στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια προσπάθεια να δοθούν απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν με σκοπό να κατηγοριοποιηθούν οι περιπτώσεις ΔΜΠ που εντοπίστηκαν.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

1.1 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΦΕ

Τα τελευταία 60 χρόνια σημαντικές και ενδιαφέρουσες εξελίξεις σημειώθηκαν στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Πλέον ένα μεγάλο φάσμα πρωτοβουλιών στο πλαίσιο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών σχετίζεται με τον σχεδιασμό και την υλοποίηση διδακτικού έργου σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες, πέραν των αρχικών ερευνητικών προσπαθειών οι οποίες στρέφονταν προς την ανίχνευση και την καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης. Πιο συγκεκριμένα, συνειδητοποιήθηκε η ανάγκη διαμόρφωσης νέων περιβαλλόντων μάθησης με παράλληλη σχεδίαση νέων καινοτομικών διδακτικών προσεγγίσεων και ξεκίνησαν να ερευνώνται με συστηματικό τρόπο τόσο η μαθησιακή διαδικασία όσο και το αποτέλεσμα της στην πράξη (Kariotoglou, Psillos & Tselfes, 2003).

Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών έχει κεντρικές συνιστώσες που αναφέρονται (Τσελφές, 2020):

- α) στις Γνωσιακές Επιστήμες ή και την Επιστημολογία, μιας και αναφέρεται στη μάθηση/οικοδόμηση γνώσεων, δεξιοτήτων ή και ικανοτήτων σχετικών με τις ΦΕ, που πραγματοποιούνται υποκείμενα μέσα σε διάφορα περιβάλλοντα από τα σχολεία και τα μουσεία μέχρι το καθιστικό της τηλεόρασης και τους χώρους των δημόσιων ή ιδιωτικών συζητήσεων,
- β) στις Κοινωνικές ή και Πολιτισμικές Επιστήμες, μιας και αναφέρεται στη σχέση της διδασκαλίας με τη μάθηση αλλά και σε σχέσεις επικοινωνίας μέσα σε διάφορα κοινωνικά-πολιτισμικά πλαίσια, όπως είναι το σχολικό, το διαδικτυακό ή και το οικογενειακό και ασφαλώς,
- γ) στις φυσικές επιστήμες ως παραγωγή αλλά και ως διαδικασία. Εδώ ενδιαφέρουν, γνωστικά και διαδικαστικά, οι διάφοροι κλάδοι των ΦΕ, οι κλασικές και νέες τεχνολογίες που τις υποστηρίζουν, η Μηχανική που βρίσκεται πίσω από τα παραγόμενα με βάση τις ΦΕ υλικά

τεχνήματα, καθώς και οι διάφοροι κώδικες που τις επικοινωνούν, οι διάφορες δηλαδή μορφές δηλωτικού-αναπαραστατικού επιστημονικού λόγου, τα μαθηματικά τους και η αισθητική τους.

1.2 ΤΑ ΡΕΥΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Ενώ η διδασκαλία των φυσικών επιστημών ξεκινά να εντάσσεται στα συστήματα υποχρεωτικής εκπαίδευσης αρκετών χωρών του πλανήτη ήδη από το 19^ο αιώνα, η ανάδειξη της διδακτικής τους σε ξεχωριστό πεδίο έρευνας πραγματοποιείται αρκετά αργότερα, στα μέσα περίπου του 20^{ου} αιώνα. Επομένως, θα πρέπει να αναφερόμαστε σε ρεύματα της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, παρά της διδακτικής τους (Σκουμιός, 2012).

- *Παραδοσιακό Ρεύμα*

Στην παραδοσιακή προσέγγιση της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών εφαρμόζονται κατάλληλες διδακτικές μέθοδοι (ερέθισμα), οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν στα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα (αντίδραση). Η γνώση των Φυσικών Επιστημών λειτουργεί ως «πακέτο» το οποίο είναι δυνατό να μεταδοθεί από το διδάσκοντα στους μαθητές, ενώ ο διδάσκων θεωρείται κάτοχος ενός συνόλου γνώσεων και δεξιοτήτων, τις οποίες επιχειρεί να μεταδώσει στους μαθητές («μοντέλο μεταφοράς γνώσης»). Επίσης η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών βασίζεται όχι τόσο σε εργαστηριακές πρακτικές αλλά περισσότερο στο βιβλίο του μαθητή και στις διαλέξεις που πραγματοποιεί ο διδάσκοντας. Η ποσότητα των πληροφοριών που έχουν απομνημονεύσει οι μαθητές μέχρι το πέρας της διδασκαλίας αποτελεί το κριτήριο της επιτυχίας.

- *Ανακαλυπτικό Ρεύμα*

Στο ανακαλυπτικό ρεύμα η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών αλλάζει προσανατολισμό, αποδίδοντας ιδιαίτερη έμφαση στο μαθηματικό φορμαλισμό, βασιζόμενη σε μεγάλο βαθμό σε εργαστηριακές δραστηριότητες και σε μια φιλοσοφία επίλυσης προβλημάτων σχεδιαζόμενη να ενθαρρύνει τους μαθητές να συμπεριφέρονται σαν επιστήμονες. Στηρίζεται, ως επί το πλείστον, σε θεωρίες γνωστικής ψυχολογίας που αποδίδουν κεντρικό ρόλο στις δυνατότητες της ενεργητικής μάθησης, ενώ είναι δυνατό να οδηγηθούν από μόνοι τους οι μαθητές στη γνώση των Φυσικών Επιστημών, να τις «ανακαλύψουν», έχοντας βέβαια δοθεί σε αυτούς τα κατάλληλα

μέσα και οι κατάλληλες καθοδηγητικές ερωτήσεις. Το επίκεντρο της διδακτικής διαδικασίας είναι ο μαθητής και αποδίδεται ιδιαίτερη σημασία στην αλληλεπιδραστική του σχέση με τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία.

Οι φάσεις του ανακαλυπτικού μοντέλου διδασκαλίας είναι οι εξής:

- Έναυσμα ενδιαφέροντος όπου προτείνεται να πραγματοποιηθεί μέσω δραστηριοτήτων.
- Διατύπωση υποθέσεων όπου ο εκπαιδευτικός ξεκινά τη συζήτηση και προβληματίζει τους μαθητές για το προς μελέτη θέμα, προτρέποντας τους να διατυπώσουν υποθέσεις.
- Πειραματισμός όπου ο εκπαιδευτικός, μετά τη διατύπωση των υποθέσεων των μαθητών του για το υπό μελέτη φυσικό φαινόμενο/θέμα, ενεργοποιεί τους μαθητές με πειράματα, ώστε να διατυπώσουν και να αξιολογήσουν τις παρατηρήσεις τους.
- Διατύπωση και καταγραφή συμπερασμάτων όπου ο εκπαιδευτικός μετά την εκτέλεση των πειραμάτων από τους μαθητές και την καταγραφή/ αξιολόγηση των παρατηρήσεων τους, βοηθά τους μαθητές να διατυπώσουν τα συμπεράσματά τους.
- Εφαρμογές/ γενίκευση όπου η αναφορά σε εφαρμογές και η γενίκευση του υπό μελέτη φυσικού φαινομένου/ θεματικής ενότητας προτείνεται να γίνεται κατά βάση μέσω προτάσεων δραστηριοτήτων.

- *Εποικοδομητικό Ρεύμα*

Ο Εποικοδομητισμός presbeύει ότι η γνώση δεν λαμβάνεται παθητικά αλλά οικοδομείται ενεργητικά από το υποκείμενο που μαθαίνει. Σύμφωνα με το εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης, οι μαθητές κατασκευάζουν οι ίδιοι μια καινούργια γνώση για τα φυσικά φαινόμενα μέσα από μια διαδικασία αλληλεπίδρασης βιωματικών ιδεών που έχουν ήδη δημιουργήσει για αυτά και του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος. Η οικοδόμηση της γνώσης λοιπόν, είναι μια δυναμική διαδικασία που απαιτεί την ενεργό συμμετοχή του υποκειμένου. Οι μαθητές έχουν σχηματίσει αντιλήψεις πριν τη διδασκαλία, κατασκευάζουν ενεργητικά τη γνώση, η μάθηση είναι μια ενεργός διαδικασία οικοδόμησης της νέας γνώσης που βασίζεται στην υπάρχουσα γνώση, οι μαθησιακές εμπειρίες μπορεί να προκαλέσουν γνωστικές συγκρούσεις στους μαθητές και τέλος η μάθηση θεωρείται διαδικασία αλλαγής των αντιλήψεων των μαθητών.

Η μάθηση των Φυσικών επιστημών στο πλαίσιο του κοινωνικού εποικοδομητισμού, θεωρείται διαδικασία όπου οι μαθητές κατασκευάζουν γνώση, μέσω τόσο ατομικών όσο και κοινωνικών διαδικασιών (Driver et al.,1994).

Οι φάσεις του εποικοδομητικού μοντέλου είναι οι εξής:

- Η φάση του προσανατολισμού που αποτελεί τη διαδικασία της αφόρμησης (πρόκληση περιέργειας – έναρξη διαδικασίας αναγνώρισης ιδεών με βάση το εποπτικό υλικό). Το ξεκίνημα μπορεί να περιέχει παρατηρήσεις, επίδειξη μιας εικόνας, αφήγηση μιας σύντομης ιστορίας κ.ά. Επίσης ο ρόλος του δασκάλου πρέπει να είναι ενθαρρυντικός ως προς την έρευνα.
- Η φάση της ανάδειξης των ιδεών όπου μπορεί να επιτευχθεί με τη συζήτηση και ερωτηματολογία, όπου ο δάσκαλος πρέπει να είναι προσιτός στα παιδιά.
- Η φάση της αναδόμησης των ιδεών όπου οι μαθητές ελέγχουν τις ιδέες τους και συγκρίνουν τα αποτελέσματα με τις προβλέψεις τους. Επιπλέον τα παιδιά πραγματοποιούν πειράματα και προσπαθούν να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα με στόχο να οδηγηθούν σε «αδιέξοδο» έτσι ώστε να επέλθει η εννοιολογική αλλαγή και να υιοθετήσουν τις ιδέες που είναι σύμφωνες με τη σχολική γνώση.
- Η φάση της εφαρμογής των ιδεών όπου τα παιδιά ελέγχουν κατά πόσο οι νέες γνώσεις είναι εφαρμόσιμες στην καθημερινή ζωή συνειδητοποιώντας έτσι ότι είναι παραγωγικότερες από τις παλιές και να τις υιοθετήσουν.
- Η φάση της ανασκόπησης όπου οι μαθητές συγκρίνουν τη νέα γνώση με την παλαιά και συνειδητοποιούν με ποια διαδικασία αποκτήθηκε (μεταγνωστική διαδικασία) .

- *Επιστημονικός Γραμματισμός*

Στη δεκαετία του 2010 κυριαρχεί ο Επιστημονικός Γραμματισμός χωρίς να είναι σαφής η εστίαση της (Duit, 2007) επιδιωκόμενης μάθησης. Εδώ ενσωματώνεται η ανακάλυψη, υπερβαίνοντας την όμως, και πέρα από τις πειραματικές διαδικασίες παραγωγής ή επικύρωσης της επιστημονικής γνώσης περιλαμβάνει τη μοντελοποίηση, το «διάβασμα» και το «γράψιμο» των μαθητών/τριών (Καριώτογλου, 2012). Εδώ, θα πρέπει να τονιστεί, ότι οι μαθητές μαθαίνουν να λειτουργούν ως επιστήμονες. Στο πλαίσιο του επιστημονικού γραμματισμού δίνεται έμφαση στη διερευνητική μάθηση. Διερεύνηση είναι ο τρόπος με τον οποίο δουλεύουν οι

επιστήμονες, αλλά και οι δραστηριότητες μέσα από τις οποίες μαθαίνουν οι μαθητές τόσο τις επιστημονικές έννοιες όσο και τις επιστημονικές διαδικασίες (Καριώτογλου, 2012). Με άλλα λόγια, η διερεύνηση αποτελεί αρχικά ένα μέσο μάθησης του περιεχομένου των φυσικών επιστημών και επιπλέον είναι ένας μαθησιακός στόχος, ο οποίος απαιτεί την άσκηση δεξιοτήτων της επιστημονικής διερεύνησης και τον αναστοχασμό για την κατανόηση της φύσης. Οι μαθητές μαθαίνουν να εργάζονται όπως και οι επιστήμονες, δηλαδή μαθαίνουν να θέτουν ερωτήματα, να παρατηρούν, να σχεδιάζουν έρευνες, να συλλέγουν πληροφορίες, να αναλύουν και να ερμηνεύουν δεδομένα καθώς και να κατασκευάζουν εξηγήσεις τις οποίες μεταδίδουν/επικοινωνούν στην κοινότητα (επιστημόνων ή μαθητών κατά περίπτωση) (Καριώτογλου κ.ά., 2012).

- *Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες (ΔΜΑ)*

Οι ΔΜΑ είναι διδακτικές παρεμβάσεις που εφαρμόζονται σε λίγες διδακτικές ώρες και θεωρούνται δυναμικά εργαλεία για να βελτιώσουμε τη διδασκαλία και τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (Καριώτογλου κ.ά., 2003; Meheut, 2005). Πρόκειται για μικρής διάρκειας προγράμματα σπουδών που εστιάζουν σε μια γνωστική περιοχή.

Οι ΔΜΑ δομούνται πάνω σε δύο διαστάσεις, την «επιστημονική» και την «παιδαγωγική». Η «επιστημονική» διάσταση αφορά τη σχέση ανάμεσα στην επιστημονική γνώση και τον υλικό κόσμο π.χ. την ανάλυση του περιεχομένου της ακολουθίας, το διδακτικό μετασχηματισμό του κ.ά., ενώ η «παιδαγωγική» διάσταση αφορά τη σχέση μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητευομένων, π.χ. τη διδακτική μέθοδο που εφαρμόζεται στη ΔΜΑ, το ρόλο του/της εκπαιδευτικού και τον αντίστοιχο των μαθητευομένων κ.ά. (Meheut & Psillos, 2004). Ο συνδυασμός αυτών των δύο διαστάσεων στοχεύει στη δημιουργία μιας ομάδας δραστηριοτήτων οι οποίες αφενός προσαρμόζονται στους συλλογισμούς των μαθητευομένων και αφετέρου είναι επικεντρωμένες σε ένα συγκεκριμένο επιστημονικό περιεχόμενο.

Η συστηματική μελέτη του περιεχομένου και η επιλογή του μετασχηματισμένου που θα διδαχτεί, οι πιθανές εννοιολογικές αλλαγές που θα επιδιωχθούν, τα μέσα και οι μέθοδοι, η αξιολόγηση και η διόρθωση/επανεφαρμογή (iteration) της ΔΜΑ απαιτούνται για το σχεδιασμό της διδασκαλίας. Οι ΔΜΑ αποτελούν σύγχρονο ρεύμα διδακτικού σχεδιασμού των Φυσικών Επιστημών και προϋποθέτουν το Διδακτικό Μετασχηματισμό του Περιεχομένου για την

ανάπτυξη, την εφαρμογή τους και τελικά την κατανόηση της επιστημονικής γνώσης. Είναι ίσως το μοναδικό ρεύμα που προτείνει, ρητά ή υπονοούμενα το ΔΜΠ (Καριώτογλου, 2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Ο ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ

2.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ

Ο χρόνος των ιδεών συχνά περνά πολύ πιο αργά από τον χρόνο των ανθρώπων (Bosch & Gascon, 2006). Πριν από 42 χρόνια, ο Yves Chevallard (1991) έκανε το πρώτο του μάθημα με θέμα τον διδακτικό μετασχηματισμό στο «Πρώτο Θερινό Σχολείο στη Διδακτική των Μαθηματικών (Ecole d'été de Didactique des mathématiques)», στην Chamrousse (Γαλλία, 7-19 Ιουλίου 1980). Βέβαια ο όρος του διδακτικού μετασχηματισμού χρησιμοποιήθηκε νωρίτερα (Chevallard, 1978). Σύμφωνα με τους Bergsten & Jabloka (2010) στόχος του διδακτικού μετασχηματισμού είναι να παραχθεί η επιστημονική ανάλυση του «διδακτικού συστήματος», που στηρίζεται στην υπόθεση ότι η γνώση που δημιουργείται ως διδακτικό αντικείμενο («savoir enseigné»), συνήθως έχει ύπαρξη ως επιστημονική γνώση («savoir savant») (Chevallard, 1992). Διάφορα σύνολα γνώσεων που διδάσκονται στο σχολείο είναι ενταγμένα στις απαιτήσεις που υπάρχουν εκτός σχολείου, όπως θα διδάσκονταν σε ένα αμφιθέατρο πανεπιστημίου. Για παράδειγμα, τα μαθηματικά που διδάσκονται στο σχολείο, έχουν εξελιχθεί από μαθηματικούς και όχι από δασκάλους, οι οποίοι απλά διδάσκουν το μάθημα των μαθηματικών. Για τον λόγο αυτό, τα μαθηματικά που διδάσκονται στο σχολείο έχουν δημιουργηθεί εκτός σχολείου και έχουν μεταφερθεί στο σχολείο μετά από μια σειρά προσαρμογών πριν γίνουν αποδεκτά με σκοπό τη διδασκαλία τους.

Η ανάλυση του διδακτικού στόχου κάνει εμφανή τη διαφορά ανάμεσα στο μετασχηματισμένο (διδακτικό) αντικείμενο και το ακαδημαϊκό αντικείμενο, μία διαφορά που δεν είναι αυθόρμητα αντιληπτή από τον δάσκαλο. Ακόμη, ενώ διακατέχεται από κανόνες και αξίες που τον συνδέουν με το εκπαιδευτικό ίδρυμα, ο δάσκαλος δεν αναλαμβάνει πάντα την ευθύνη για τις

επιστημολογικές ευθύνες των επιστημονικών συνεπειών της διαφοράς αυτής. Υπάρχει, εν ολίγοις, η ψευδαίσθηση της διαφάνειας, η αίσθηση δηλαδή ότι η γνώση που διδάσκεται δεν πρέπει να οδηγήσει στην επιστημολογική ρήξη της γνώσης (Chevallard, 1991). Σχετικά με την έννοια της διαφάνειας, ο Chevallard αναφέρεται στους Bourdieu, Chamboredon, και Passeron (1973). Στην κριτική τους για την άγνωστη κοινωνιολογία, προτείνουν την διαφανή, απροσδόκητη, τη γνώση της κοινής λογικής για τα γεγονότα της κοινωνικής ζωής που είναι δύσκολο να προσπελαστούν, λόγω των κοινών μεταφορών που κρύβονται πίσω από τη γλώσσα. Ο Chevallard λοιπόν, συνδέει την ψευδαίσθηση της διαφάνειας με την αντίληψη των δασκάλων για την υποτιθέμενη σκέψη μαθηματικών γεγονότων στο σχολείο. Η διαφορά ανάμεσα στο δάσκαλο και τον διδακτικό παρομοιάζεται με την διαφορά ανάμεσα στον κάτοχο της αφελούς κοινωνιολογικής γνώσης και του κοινωνιολόγου.

Η έννοια του "διδακτικού μετασχηματισμού", η οποία συγκροτήθηκε κατ' αρχάς στη Διδακτική των Μαθηματικών από τον Chevallard (1985), όπως αναφέραμε παραπάνω, ερμηνεύεται ως «εργασία κατά την οποία η επιστημονική γνώση που πρόκειται να διδαχθεί μετατρέπεται σε αντικείμενο διδασκαλίας». Ο μετασχηματισμός γίνεται από μια πληθώρα παραγόντων («νοοσφαιρα»), συμπεριλαμβανομένων των πολιτικών, των μαθηματικών («μελετητές») και των μελών του εκπαιδευτικού συστήματος (κυρίως καθηγητές) και υπό ιστορικές και θεσμικές συνθήκες που δεν είναι πάντα εύκολο να διακρίνουμε. Κάνει τη διδασκαλία δυνατή, αλλά επιβάλλει επίσης πολλούς περιορισμούς σε ότι μπορεί να πραγματοποιείται ή όχι μέσα στο σχολείο. Κάτι που μπορεί να συμβεί, μετά τη διαδικασία του μετασχηματισμού, είναι το γεγονός ότι το σχολείο μπορεί να χάσει το σκεπτικό του για τη γνώση που πρέπει να διδαχθεί, δηλαδή τα ερωτήματα που οδηγούν στη δημιουργία αυτής της γνώσης: όπως για παράδειγμα γιατί τα τρίγωνα είναι τόσο σημαντικά; Ποια ήταν τα όρια των συναρτήσεων που έγιναν; Γιατί χρειαζόμαστε πολυώνυμα; Στην περίπτωση αυτή, σύμφωνα με τους Bosch & Gascon (2006) αποκτάμε αυτό που ο Chevallard (2004) αποκαλούσε μια «μνημειαλιστική» (monumentalistic) εκπαίδευση, στην οποία οι μαθητές καλούνται να περιεργαστούν το συλλογισμό των σωμάτων της γνώσης, ο οποίος έχει χαθεί στο χρόνο.

Πριν από 25 χρόνια, η έρευνα στην εκπαίδευση των μαθηματικών επηρεάστηκε πάρα πολύ από τις ψυχολογικές πτυχές της μάθησης. Η καθιέρωση της ύπαρξης σαφών διαδικασιών μετασχηματισμού σήμαινε το άνοιγμα του πεδίου των σπουδών πέρα από τις μαθηματικές

δραστηριότητες που εκτελούνται από τους μαθητές και πέρα από το έργο που επιτελείται από τους καθηγητές μέσα στη τάξη. Η συνεκτίμηση του διδακτικού μετασχηματισμού σήμαινε επίσης την αμφισβήτηση του συγκεκριμένου τρόπου με τον οποίο διεξήχθη αυτή η διαδικασία, το είδος των περιορισμών που την περιόρισαν, τους μηχανισμούς που εξηγούν γιατί γίνεται κάποιος μετασχηματισμός και όχι κάποιος άλλος. Εν συντομία, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που αφορούν τα εκπαιδευτικά ιδρύματα, σύμφωνα με τη μέχρι τώρα υπάρχουσα βιβλιογραφία οδηγούμαστε στην εξήγηση, με πλήρη τρόπο, τι κάνουν οι καθηγητές και οι μαθητές όταν διδάσκουν, σπουδάζουν και μαθαίνουν τα μαθηματικά. Με αυτή την έννοια, η θεωρία του διδακτικού μετασχηματισμού συνέβαλε στη διεύρυνση του αντικειμένου μελέτης της έρευνας στη μαθηματική εκπαίδευση, δημιουργώντας μια διάσταση της εκπαιδευτικής πραγματικότητας που είχε παραμείνει ανώνυμη και, ως εκ τούτου, μέχρι σήμερα αδιανόητη από κάποιους.

Αναφορικά με το ποιες γνώσεις και δεξιότητες οι δάσκαλοι πρέπει να έχουν, μπορεί να γίνει άντληση πληροφοριών από τις σχέσεις Διδακτικής των Μαθηματικών από άλλα πεδία. Καταρχάς, η επιλογή του περιεχομένου και των διδακτικών μεθόδων συνδέεται με τα Μαθηματικά σε μεγάλο βαθμό. Εκτός από το θέμα του περιεχομένου του σχολικού μαθήματος, ένα άλλο σημαντικότατο στοιχείο του διδακτικού αντικειμένου είναι η γενική διδακτική-θεωρία της διδασκαλίας. Για παράδειγμα, η διδακτική των Μαθηματικών κάνει χρήση των αποτελεσμάτων της γενικής διδακτικής για να επιλύσει ποικίλα προβλήματα που αφορούν στη διδασκαλία των Μαθηματικών. Επειδή η διαδικασία της διδασκαλίας προϋποθέτει τη σκέψη των μαθητών, η Διδακτική των Μαθηματικών πρέπει να εξετάζει την ψυχολογική και λογική βάση της διαδικασίας της σκέψης. Επισημαίνονται οι σχέσεις ανάμεσα στη Διδασκαλία των Μαθηματικών και της Ψυχολογίας και της Λογικής. Η φιλοσοφία των μαθηματικών, ως τομέας της φιλοσοφίας που ασχολείται με φιλοσοφικά ζητήματα των μαθηματικών, συμβάλλει στην διδασκαλία των Μαθηματικών, για την επίλυση των προβλημάτων σχετικά με την επιλογή και την αντιμετώπιση των μαθηματικών ιδεών, την κατανόηση της προέλευσης των εννοιών, την επιλογή μεθόδων διδασκαλίας, τους διδακτικούς στόχους των μαθηματικών κτλ. Εκτός από τα ως τώρα περιγραφόμενα επιστημονικά πεδία που αφορούν τη Διδακτική των Μαθηματικών, εντοπίζονται πόροι και σε άλλες επιστήμες και κυρίως σε αυτές που έχουν ως αντικείμενο τους κοινωνικούς παράγοντες, την κοινωνική αποφασιστικότητα της προσωπικότητας των μαθητών,

τα προβλήματα του συστήματος αξιών και της φιλοσοφίας της εκπαίδευσης, ως επιλεγμένες θεωρίες μαθησιακών και παιδαγωγικών ζητημάτων (Dejić et al., 2009).

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο διδακτικός μετασχηματισμός, ο οποίος εγγράφεται κυρίως στη γαλλόφωνη κοινότητα και αρχικά εμφανίστηκε στη διδακτική των μαθηματικών. Συγκεκριμένα ο Chevallard μελέτησε τον μετασχηματισμό της έννοιας της «απόστασης», η οποία ενώ εισήχθη στη επιστήμη στο πλαίσιο της ανάλυσης, κατέληξε να λειτουργεί ως βασική γεωμετρική έννοια ενός αναλυτικού προγράμματος για μαθητές γυμνασίου (Κολιόπουλος, 2004). Ανάλογα παραδείγματα μετασχηματισμού διδακτικού περιεχομένου συναντώνται και στις Φυσικές Επιστήμες. Όπως για παράδειγμα ο Martinand (Κολιόπουλος, 2004) σημειώνει ότι τα περισσότερα σχολικά εγχειρίδια της Γαλλίας περιγράφουν το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο παραθέτοντας αρχικά τους αντίστοιχους πειραματικούς νόμους εξηγώντας τους με βάση τη θεωρία των φωτονίων. Όμως η παράθεση αυτή ακολουθεί τελείως διαφορετική πορεία από την ερμηνεία του φαινομένου με βάση την ιστορική μελέτη του Einstein. Ένα ανάλογο παράδειγμα διδακτικού μετασχηματισμού στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην ελληνική κοινότητα αποτελεί η διδασκαλία της πίεσης που πραγματοποιήθηκε από τους Καριώτογλου & Ψύλλο (2002), οι οποίοι εισήγαγαν την έννοια της πίεσης χωρίς να χρησιμοποιήσουν τη μαθηματική σχέση που συνδέει την πίεση και την δύναμη άλλα μέσω παραδειγμάτων έχτισαν την έννοια της πίεσης και στη συνέχεια την συσχέτισαν με την έννοια της δύναμης.

Αργότερα ακολούθησε η διάδοση του διδακτικού μετασχηματισμού και στην ισπανόφωνη κοινότητα, όπου η θεωρία εξαπλώθηκε ευρέως, ακόμη και εκτός του πεδίου της εκπαίδευσης των μαθηματικών, όπως στη γλώσσα, στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ), φιλοσοφία, φυσική αγωγή, τεχνολογία, κοινωνικές επιστήμες, μουσική και ακόμη και στο σκάκι (Bosch & Gascon, 2006).

Η διάδοση στη διεθνή αγγλόφωνη κοινότητα ήταν πολύ πιο αργή, παρά το γεγονός ότι γνωστοί ερευνητές όπως ο Jeremy Kilpatrick ήξερε πώς να εφαρμόσει τη νέα προσέγγιση στην πράξη, όπως για παράδειγμα στη διδακτορική διατριβή του Wan Kang, (Kang, 1990; Kang & Kilpatrick, 1992). Πολλοί λίγοι ακολούθησαν τα βήματά του. Σύμφωνα με τους Bosch & Gascon (2006) ένας γρήγορος έλεγχος στο διαδίκτυο δείχνει ότι η γαλλική έκφραση «transposition Didactique» έχει πάνω από 27.000 εγγραφές, το ισπανικό «transposición didáctica» έχει περισσότερες από 11.000 εγγραφές, αντίθετα υπάρχουν λιγότερες από 500

εγγραφές στα αγγλικά, συμπεριλαμβανομένων και των δύο μεταφράσεων: «didactic transposition» και «didactical transposition».

Ο διδακτικός μετασχηματισμός καλείται ως ένα «εργαλείο» μέσω του οποίου αναλύεται η μετατροπή της επιστημονικής γνώσης (οι επιστήμονες της γνώσης ανακαλύπτουν) προς τη διδακτική γνώση (τη γνώση όπως αυτή απαντάται στα διδακτικά βιβλία) και μέσω αυτής στη διδασκαλία της γνώσης μέσα στην τάξη. Για τον Chevallard, σύμφωνα με τους Polidoro & Stigar (2010), ο «διδακτικός μετασχηματισμός» είναι το έργο που γίνεται για την κατασκευή ενός διδακτικού αντικείμενου, δηλαδή το έργο που στοχεύει στο να μετατρέψει ένα αντικείμενο γνώσης που παράγεται από τη «σοφία» των επιστημόνων σε ένα αντικείμενο σχολικής γνώσης. Πιο απλά, αυτός ο διδακτικός μετασχηματισμός μπορεί να γίνει κατανοητός ως το πέρασμα από την επιστημονική γνώση στη διδακτική γνώση. Αυτό το πέρασμα, ωστόσο, δεν πρέπει να θεωρηθεί ως μεταφορά της γνώσης με την αυστηρή έννοια του όρου: πρόκειται απλώς για αλλαγή τοπίου, δηλαδή θεωρείται μια διαδικασία μετασχηματισμού μιας γνώσης που, στην πορεία προς τη γνώση που διδάσκεται, μετατρέπεται σε άλλη μορφή ή σε άλλη δομή χωρίς βέβαια να χάνει τα αρχικά της στοιχεία.

Με βάση τα ήδη αναφερθέντα στοιχεία, παρατηρείται ότι ο μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης με σκοπό τη διδασκαλία και την εξέλιξη αυτής δεν είναι μια απλή προσαρμογή ή απλούστευση αυτής της γνώσης, αυτός ο μετασχηματισμός μπορεί να αναλυθεί για να διευκολύνει την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο παράγονται νέα στοιχεία στη διαδικασία. Σύμφωνα με τους Bosch & Gascon (2006) ο διδακτικός μετασχηματισμός πρώτα απ' όλα, διατυπώνει την ανάγκη να θεωρηθεί ότι αυτό που διδάσκεται στο σχολείο («περιεχόμενο» ή «γνώση») είναι, κατά κάποιον τρόπο, μια εξωγενής της επιστήμης παραγωγή, κάτι που δημιουργείται έξω από το σχολείο και που μετακινείται - μετασχηματίζεται - στο σχολείο λόγω μιας κοινωνικής ανάγκης της εκπαίδευσης. Για το σκοπό αυτό, πρέπει να περάσει από μια σειρά μετασχηματισμών προσαρμογής για να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί στο νέο περιβάλλον που προσφέρει το σχολείο. Προκειμένου ορισμένες γνώσεις να διδάσκονται στο σχολείο πρέπει να διεξαχθεί μια μεταβατική εργασία έτσι ώστε κάτι που δεν έγινε για το σχολείο να αλλάξει σε κάτι που μπορεί να ανακατασκευαστεί και να χρησιμοποιηθεί στο σχολείο.

Η διαδικασία του διδακτικού μετασχηματισμού αρχίζει πολύ μακριά από το σχολείο, στην επιλογή των σωμάτων της γνώσης που πρέπει να μεταδοθούν. Στη συνέχεια ακολουθεί ένα

καθαρά δημιουργικό είδος εργασίας - όχι μια απλή μεταβίβαση ή προσαρμογή ή απλούστευση, αλλά μια διαδικασία ανάλυσης και ανασυγκρότησης των διαφορετικών στοιχείων της γνώσης, με στόχο να καταστεί ικανή για διδασκαλία, διατηρώντας παράλληλα την ουσία της και το λειτουργικό της χαρακτήρα.

2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΟΥ ΔΜΠ

Σύμφωνα με τον Chevallard, ο διδακτικός μετασχηματισμός αποτελεί μια διαδικασία στην οποία το περιεχόμενο μιας γνώσης που είναι σχεδιασμένο ως γνώση που διδάσκεται, και από εκείνη τη στιγμή και μετά ξεκινά μια σειρά προσαρμοστικών μετασχηματισμών που της επιτρέπουν να πάρει τη θέση της ανάμεσα στα αντικείμενα της μάθησης. Η διαδικασία κατά τη οποία τρέπεται το ακαδημαϊκό αντικείμενο σε διδακτικό αντικείμενο αποκαλείται Διδακτικός μετασχηματισμός (Banegas, 2014).

Ο όρος διδακτικός μετασχηματισμός σημαίνει ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ της ακαδημαϊκής γνώσης και της σχολικής γνώσης. Αυτά τα δύο είδη γνώσεων έχουν διαφορετικές φύσεις και λειτουργίες που δεν είναι πάντα εμφανείς στις αναλύσεις της γνωστικής διάστασης της διδακτικής και μαθησιακής διαδικασίας. Όταν ο ίδιος ο Chevallard χαρακτήρισε ως διδακτικό μετασχηματισμό, τη διαδικασία μετασχηματισμού αντικειμένων γνώσης σε αντικείμενα διδασκαλίας και εκμάθησης, τότε ξεκίνησε ένα κίνημα στο οποίο επανεξετάστηκαν οι μηχανισμοί των συμμετεχόντων στη διαδικασία, δηλαδή του δασκάλου και του μαθητή.

Σύμφωνα με τη θεωρία του «διδακτικού μετασχηματισμού», η διδασκαλία οποιουδήποτε αντικειμένου γνώσης προϋποθέτει μια σειρά από μετατροπές, οι οποίες οδηγούν από το αρχικό επιστημονικό αντικείμενο στη διδακτέα ύλη, όπως αυτή παρουσιάζεται στα διδακτικά εγχειρίδια, και στη συνέχεια στο διδασκόμενο αντικείμενο (Βελοπούλου & Ραβάνης, 2004). Στη βάση της θεωρίας αυτής βρίσκεται η ανάγκη μελέτης των σχέσεων που διαμορφώνονται και σχετίζονται με το διδακτικό τρίγωνο: μαθητής – εκπαιδευτικός – αντικείμενο διδασκαλίας (Chevallard, 1991). Σύμφωνα με τον Chevallard (1991), ο ίδιος ορίζει το διδακτικό μετασχηματισμό ως μια εργασία που πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της μετάβασης από την επιστημονική γνώση μέσω της γνώσης που θα διδαχτεί και η πραγματική γνώση να διδάσκεται

στη μάθηση της γνώσης (Bosch & Gascon, 2006). Το πρώτο βήμα σε αυτή την ακολουθία μετασχηματισμών της γνώσης λαμβάνει χώρα στη 'νοόσφαιρα', όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, δηλαδή σε ένα μη δομημένο σύνολο εμπειρογνωμόνων που μπορεί να περιλαμβάνει εκπαιδευτικούς, πολιτικούς, προγραμματιστές προγραμμάτων σπουδών, οδηγίες συστάσεων προς εκπαιδευτικούς, εγχειρίδια κλπ. Αναλύοντας τις «γνώσεις που πρέπει να διδαχθούν» μέσα από τους παράγοντες και τα υλικά από τη νοόσφαιρα αποκαλύπτει τις συνθήκες και τους περιορισμούς υπό τους οποίους συγκροτείται. Η σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης είναι η γνώση που, από τη μια πλευρά, εντοπίζεται στα αναλυτικά προγράμματα, τα σχολικά εγχειρίδια ή τους οδηγούς των εκπαιδευτικών και από την άλλη παράγεται κατά τη διδασκαλία ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του τριγώνου εκπαιδευτικού, μαθητή και εκπαιδευτικού υλικού.

Η ανάλυση του διδακτικού μετασχηματισμού σκοπεύει να καταστήσει εμφανή τη διαφορά μεταξύ του μετασχηματισμένου διδακτικού αντικειμένου και του επιστημονικού αντικειμένου, μια διαφορά που αυθόρμητα δεν γίνεται αισθητή από τον δάσκαλο. Επιπλέον, ενώ καθορίζεται από τους κανόνες και τις αξίες που συνδέονται με το εκπαιδευτικό ίδρυμα, ο δάσκαλος δεν αναλαμβάνει πάντα την ευθύνη των επιστημολογικών συνεπειών αυτής της διαφοράς. Ο δάσκαλος πολλές φορές πράττει διδακτικό μετασχηματισμό ασυνείδητα και άρρητα και αυτό διότι πιθανότατα δεν διαθέτει την απαιτούμενη επιστημονική γνώση. Για παράδειγμα η διδασκαλία του μαθήματος οξέα και βάσεις στο μάθημα της χημείας του δημοτικού σχολείου δεν θα γίνει με το ίδιο τρόπο από ένα δάσκαλο και αντίστοιχα από ένα καθηγητή χημείας.

2.3 ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ

Η διαδικασία του διδακτικού μετασχηματισμού αναφέρεται στους μετασχηματισμούς ενός αντικειμένου γνώσης, το οποίο υφίσταται μετατροπές από τη στιγμή που παράγεται, τίθεται σε χρήση, επιλέγεται και έχει σχεδιαστεί για να διδάσκεται, μέχρι να διδαχθεί πραγματικά σε ένα δεδομένο εκπαιδευτικό ίδρυμα. Σύμφωνα με τους μελετητές Bosch & Gascon (2006), ο

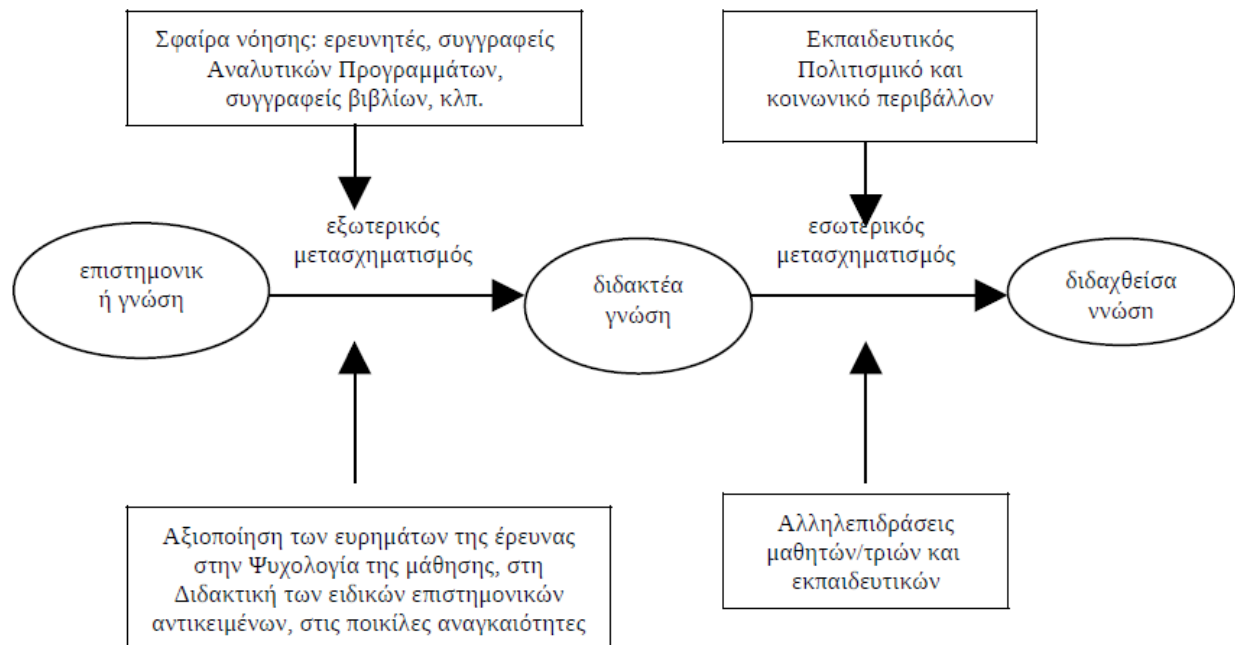
Chevallard (1985) επισημαίνει το γεγονός ότι η γνώση που διδάσκεται στο σχολείο προέρχεται από άλλα ιδρύματα, που έχουν κατασκευαστεί με συγκεκριμένες πρακτικές και οργανώνονται σε συγκεκριμένα σύνολα διδακτικών αντικειμένων. Στην περίπτωση των μαθηματικών ή οποιουδήποτε άλλου μαθήματος, οι συγκεκριμένες πρακτικές και τα στοιχεία της γνώσης που προτείνονται να διδαχθούν στο σχολείο, προέρχονται από τη λεγόμενη ακαδημαϊκή γνώση που παράγεται γενικά σε πανεπιστήμια και άλλα ακαδημαϊκά ιδρύματα, ενσωματώνοντας επίσης στοιχεία που λαμβάνονται από μια ποικιλία συναφών κοινωνικών πρακτικών. Όταν κάποιος επιθυμεί να «μεταφέρει» ένα σύνολο γνώσεων από τον αρχικό χώρο στον οποίο δημιουργήθηκε στο σχολείο, θα πρέπει να διεξάγει ειδικές εργασίες για την ανασυγκρότηση ενός κατάλληλου περιβάλλοντος με δραστηριότητες που στοχεύουν να καταστήσουν αυτή τη γνώση κατάλληλη για διδασκαλία. Έτσι είναι σημαντικό να κατανοηθούν οι επιλογές που έγιναν στον προσδιορισμό της γνώσης που πρέπει να διδαχτεί με σκοπό να κατασκευαστεί η διδαχθείσα γνώση, να αναλυθεί ο μετασχηματισμός της, να ερμηνευτεί ο σκοπός της και τέλος ποιι μηχανισμοί εξηγούν την τελική οργάνωση και ποιες πτυχές παραλείπονται και συνεπώς δεν θα διδαχθούν.

Όπως αναφέρει και αναλύει ο Κολιόπουλος (2004), ο Chevallard (1985) συστηματοποίησε την έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού διαχωρίζοντας τον σε δυο στάδια, τα οποία περιλαμβάνουν το σύνολο των τροποποιήσεων που υφίσταται το επιστημονικό περιεχόμενο της γνώσης όταν αυτό πρόκειται να αποτελέσει αντικείμενο διδασκαλίας και αντικείμενο προς διδασκαλία. Διακρίνει, λοιπόν, το πρώτο στάδιο του διδακτικού μετασχηματισμού, το *εξωτερικό*, το οποίο αφορά το μετασχηματισμό των γνωστικών αντικειμένων που υλοποιείται προκειμένου αυτά να αποτελέσουν τη βάση για τα διδακτικά εγχειρίδια, τα αναλυτικά προγράμματα, ενώ σε δεύτερο στάδιο ο μετασχηματισμός των διδακτικών αντικειμένων, *εσωτερικός*, αφορά στις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα προκειμένου ο εκπαιδευτικός να διδάξει τελικά τα αντικείμενα (Chevallard, 1991; Johsua and Dupin, 1993). Η διάκριση εξωτερικού και εσωτερικού διδακτικού μετασχηματισμού είναι μεταξύ από τη μια πολιτείας - θεσμών και επιστημόνων και από την άλλη εκπαιδευτικών πράξης - μαθητών - κοινωνίας.

Πιο αναλυτικά, κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης, του "εξωτερικού διδακτικού μετασχηματισμού", πραγματοποιείται η εργασία η οποία επιτρέπει τη μετατροπή επιλεγμένων θεμάτων από την επιστημονική γνώση σε αναλυτικό πρόγραμμα, σε διδακτικά εγχειρίδια, σε βιβλία για τους εκπαιδευτικούς και σε επίσημα κείμενα οδηγιών. Η διαδικασία αυτή οδηγεί στη

συγκρότηση της "σφαίρας νόησης" του χώρου (νοόςφαιρα), δηλαδή εκεί όπου αποτυπώνονται οι κοινωνικές ανάγκες, εκπαιδευτικές-πολιτικές επιλογές, παιδαγωγικές αντιλήψεις, και αυτές μετατρέπονται σε φορείς παραγωγής εκπαιδευτικού υλικού και τελικά σε εκπαιδευτικά εργαλεία. Πρόκειται για μια εργασία, η οποία σε περίπτωση ορθολογικών επιλογών, είναι αυτονόητο ότι πραγματοποιείται από ομάδες ερευνητών και εκπαιδευτικών με εξειδικευμένη γνώση στα ποικίλα θέματα τα οποία ανακύπτουν κατά τη διάρκεια μιας προσπάθειας μετασχηματισμού που πραγματοποιείται σε πρώτη φάση μακριά από τη σχολική τάξη και τις διεργασίες της. Εδώ θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κοινωνικές, πολιτισμικές και εκπαιδευτικές αναγκαιότητες, η γνωστική ετοιμότητα των παιδιών, οι υλικές συνθήκες της εκπαίδευσης, καθώς και η ετοιμότητα των εκπαιδευτικών.

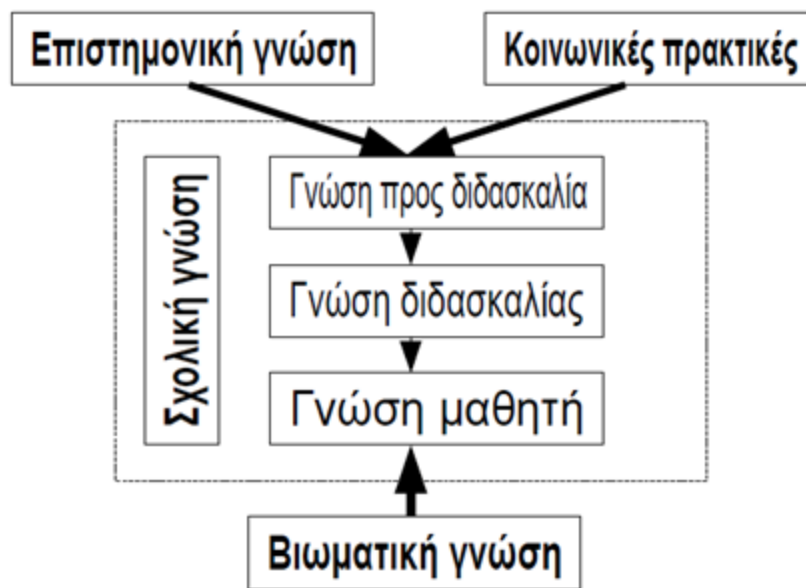
Στη δεύτερη φάση του διδακτικού μετασχηματισμού, οι εκπαιδευτικοί αλλά και οι μαθητές, χρησιμοποιούν το κάθε είδους υλικό που έχει παραχθεί στην πρώτη φάση, προσαρμόζοντάς το στις ιδιαίτερες συνθήκες εργασίας και επικοινωνίας τους. Στη φάση αυτή είναι αυτονόητο ότι τα προϊόντα της πρώτης φάσης του διδακτικού μετασχηματισμού υφίστανται ερμηνείες, νέες σχηματοποιήσεις και δοκιμασίες. Επίσης, από το υλικό του εξωτερικού διδακτικού μετασχηματισμού γίνονται επιλογές, αναθεωρήσεις, απορρίψεις και προσαρμογές στις ιδιαίτερες συνθήκες της κάθε σχολικής πραγματικότητας. Οι μεταβολές αυτές είναι περισσότερες όταν το υλικό που προκύπτει από τον εξωτερικό μετασχηματισμό δεν μεριμνά για ιδιαιτερότητες και δεν υπολογίζει εκ των προτέρων τις αναπόφευκτες υπαρκτές διαφορές, όπως για παράδειγμα η διδασκαλία της γλώσσας σε ένα περιβάλλον μητρικής γλώσσας (μαθήματα ελληνικών στην Ελλάδα) και η διδασκαλία της γλώσσας σε ένα περιβάλλον όπου η ομιλούμενη γλώσσα είναι άλλη (μαθήματα ελληνικών στο εξωτερικό). Κατά τη διαδικασία αυτή είτε ενισχύονται είτε αποδυναμώνονται τα αποτελέσματα του εξωτερικού μετασχηματισμού, δυνατότητα που υπογραμμίζει τη δυναμική των αλληλεπιδράσεων των εκπαιδευτικών με τη σχολική γνώση. Στην προσέγγιση του Chevallard (1985), μια ολοκληρωμένη διαδικασία διδακτικού μετασχηματισμού, η οποία αναπτύσσεται σε δύο φάσεις αποτυπώνεται στο σχήμα 1 που ακολουθεί:



Σχήμα 1. Φάσεις Διδακτικού Μετασχηματισμού του Περιεχομένου. (Ραβάνης, 2009)

Οι δύο αυτές φάσεις που περιγράφονται στο παραπάνω σχήμα, επιτρέπουν τη δημιουργία ενός πλαισίου χρήσιμου για τους εκπαιδευτικούς (Ραβάνης, 2009).

Επιπλέον σύμφωνα με τον Κολιόπουλο (2004) ο Develay (1992) διευρύνοντας την έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού ως προς τις αφομοιωμένες γνώσεις των μαθητών, διακρίνει τρία διαφορετικά επίπεδα διδακτικού μετασχηματισμού. Το πρώτο επίπεδο περιλαμβάνει τον μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης σε γνώση προς διδασκαλία και αφορά τον σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων και εκπαιδευτικού υλικού. Το δεύτερο επίπεδο σχετίζεται με την μετατροπή της γνώσης προς διδασκαλία σε γνώση διδασκαλίας, το οποίο αναφέρεται κυρίως στις αντιλήψεις και στις δραστηριότητες του εκπαιδευτικού. Τέλος το τρίτο επίπεδο περιλαμβάνει το μετασχηματισμό της γνώσης διδασκαλίας σε γνώση του μαθητή, το οποίο αφορά κυρίως τις δραστηριότητες και τις γνωστικές λειτουργίες του μαθητή.



Σχήμα 2. Τα τρία επίπεδα του Διδακτικού Μετασχηματισμού σύμφωνα με τον Develay (1992). (Κολιόπουλος, 2006)

Μία νέα πρόταση σχετικά με τα επίπεδα του διδακτικού μετασχηματισμού πραγματοποιείται το 2013 από τον Καριώτογλου και τους συνεργάτες του (Kariotoglou, Papadopoulou, Koledinis & Strangas, 2013 όπως αναφέρεται στο Καριώτογλου, 2021). Σύμφωνα με αυτούς, το πρώτο επίπεδο του μετασχηματισμού σχετίζεται με τις γνώσεις που οφείλει να έχει ο εκπαιδευτικός για να διδάξει μία έννοια ή ένα φαινόμενο και το δεύτερο εστιάζει στο περιεχόμενο που πρόκειται να διδαχθούν οι μαθητές (Καριώτογλου, 2021).

Όσον αφορά τον διδακτικό μετασχηματισμό των Φυσικών Επιστημών, παρά την σπουδαιότητα και την αναγκαιότητα του στην εκπαίδευση, και το γεγονός ότι συνεχώς γίνεται αυθόρμητα από τους εκπαιδευτικούς στο καθημερινό μάθημα μπορεί να ειπωθεί πως δεν μελετάται ούτε θεωρητικά, ούτε σε πρακτικό επίπεδο μέσα από τις εφαρμογές στη διδασκαλία (Καριώτογλου, 2021). Οι μοναδικές πληροφορίες προκύπτουν από τη συστηματική μελέτη των διδακτικών παρεμβάσεων/ΔΜΑ στις οποίες δηλώνεται άλλοτε ξεκάθαρα και άλλοτε υπονοούμενα (Καριώτογλου, 2021).

Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, μπορεί να ειπωθεί ότι οι θεωρίες των φυσικών φαινομένων και θεωριών 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). Πολλοί εκπαιδευτικοί διδάσκουν σύγχρονα θέματα 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). 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. Επίσης, 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 σε αυτές ένα νέο όνομα που θα είναι πιο 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).

2.4 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ

Σύμφωνα με τον Κολιόπουλο (2001 & 2006) η έννοια του *διδακτικού μετασχηματισμού*, δηλαδή του συνόλου των τροποποιήσεων που δέχεται το περιεχόμενο της επιστημονικής γνώσης προκειμένου να αποτελέσει αντικείμενο προς διδασκαλία, συνιστά, από επιστημολογική σκοπιά, το κατάλληλο εργαλείο μελέτης των διαδικασιών συγκρότησης της σχολικής γνώσης. Επιπλέον, συνθέτοντας τις απόψεις ερευνητών της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, κυρίως της γαλλόφωνης παράδοσης (Chevallard, Martinand και Develay), υιοθετεί την έννοια των *κοινωνικών πρακτικών αναφοράς* και προτείνει μια διευρυμένη αντίληψη του διδακτικού μετασχηματισμού, σύμφωνα με την οποία η σχολική γνώση δεν αποτελεί μετασχηματισμό μόνο της επιστημονικής γνώσης, αλλά και της γνώσης άλλων πρακτικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων, όπως οι τεχνολογικές, οι παραγωγικές, οι οικιακές και γενικά οι πολιτιστικές δραστηριότητες. Για παράδειγμα οι Guichard και Martinand (2000) ασχολήθηκαν με τον μηχανισμό του εκλαϊκευτικού μετασχηματισμού, σύμφωνα με τον οποίο η επιστημονική γνώση συγκεκριμένα στο χώρο των οπτικοακουστικών και ηλεκτρονικών μέσων επικοινωνίας καθώς

και σε μουσεία φυσικών επιστημών, η εκλαΐκευση της επιστημονικής γνώσης είναι υποχρεωτική καθώς αναφέρεται στη κοινή γνώση και στοχεύει μέσω μιας έκθεσης να φέρει σε επαφή το κοινό με αντικείμενα και φαινόμενα των φυσικών επιστημών. Πιο συγκεκριμένα για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα θα πρέπει το αρχικό επιστημονικό αντικείμενο να μετασχηματιστεί κατάλληλα ώστε το κοινό να αποδώσει ένα άμεσο νόημα σε αυτό, πράγμα το οποίο δεν μπορεί να υλοποιηθεί χωρίς αναφορές σε κοινωνικές πρακτικές που είναι οικείες ως προς το κοινό.

Ο διδακτικός μετασχηματισμός, σύμφωνα με τον Κολιόπουλο (2006) διακρίνεται σε τρεις περιπτώσεις της επιστημονικής γνώσης. Πιο αναλυτικά η πρώτη περίπτωση του διδακτικού μετασχηματισμού τονίζει την εννοιολογική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης, αναφέρεται δηλαδή στο τι διδάσκεται. Οι περισσότερες θεωρίες των φυσικών επιστημών είναι διατυπωμένες με μαθηματικούς τύπους, για τον λόγο αυτό είναι επιτακτική ανάγκη να υποβαθμιστεί ή και να απαλειφθεί ο μαθηματικός χαρακτήρας της επιστημονικής γνώσης ώστε να καταστεί δυνατή και κατανοητή η διδασκαλία σε μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Σύμφωνα με τον Κολιόπουλο (2006) εισάγεται ο όρος «ποιοτική φυσική» στον όρο αυτό μπορούν να αποδοθούν τρεις τουλάχιστον σημασίες: η πρώτη έχει σχέση με τη χρήση μεταφορών και αναλογιών διατυπωμένων στη φυσική καθημερινή γλώσσα με στόχο την εκλαΐκευση των εννοιολογικών πλαισίων. Αυτού του είδους η ποιοτική φυσική μπορεί να οδηγήσει σε εκλαϊκευτική γνώση η οποία διαφέρει ριζικά από τη γνώση αναφοράς (Κολιόπουλος, 2004). Η δεύτερη σημασία του όρου περιλαμβάνει το ποιοτικό νόημα των βασικών αρχών της επιστημονικής γνώσης, όπως της συμμετρίας ή των αρχών διατήρησης (της ύλης, της ενέργειας κ.λπ.). Πρόκειται όμως για ένα «ψευδό- ποιοτικό» ή «μετά- ποσοτικό» νόημα, το οποίο γίνεται αντιληπτό από κάποιον ο οποίος γνωρίζει ήδη το μαθηματικό υπόβαθρο αυτών των αρχών. Τέλος μια τρίτη σημασία του όρου στηρίζεται στη χρήση λογικό-μαθηματικών σχέσεων οι οποίες μπορούν να εκφραστούν και με τη φυσική γλώσσα χωρίς τη χρήση των μαθηματικών τύπων.

Η δεύτερη περίπτωση του διδακτικού μετασχηματισμού αφορά τη μεθοδολογική συνιστώσα της επιστημονικής γνώσης, δηλαδή τους τρόπους και τις μεθόδους με τα οποία παράγεται η γνώση. Συνίσταται σε δύο μορφές, στην εμπειριστική - επαγωγική προσέγγιση της πειραματικής διδασκαλίας και στην αυτόνομη διδασκαλία των επιστημονικών διαδικασιών ή δεξιοτήτων.

- *Η εμπειριστική - επαγωγική προσέγγιση της πειραματικής διδασκαλίας.*

Σύμφωνα με τον Κολιόπουλο (2006) & τον Johsua (1985) μελετώντας τα αναλυτικά προγράμματα και τις διδακτικές πρακτικές του γαλλικού εκπαιδευτικού συστήματος της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, διέκρινε ποικίλες μορφές που μπορεί να λάβει η πειραματική προσέγγιση της διδασκαλίας, με κύρια αυτή κατά την οποία εισάγεται μια πειραματική δραστηριότητα-πρότυπο (ή πειραματική δραστηριότητα αναφοράς), η οποία θα οδηγήσει στην οικοδόμηση ενός εννοιολογικού πλαισίου των φυσικών επιστημών. Να σημειωθεί επίσης, ότι η επαγωγική αυτή πορεία μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την εκπαιδευτική βαθμίδα και τους διδακτικούς στόχους. Για παράδειγμα σε μαθήματα των Φυσικών Επιστημών σε γυμνάσια και λύκεια επιλέγεται συνήθως να λαμβάνονται μετρήσεις φυσικών μεγεθών και να κατασκευάζεται ένας «πίνακας τιμών» από τον οποίο θα προκύπτει η σχετική γενίκευση. Η συγκεκριμένη γενίκευση είναι μια καθαρά διδακτική κατασκευή και χρησιμεύει αφενός στο να θεωρηθεί ένα φυσικό φαινόμενο ως ένα πρόβλημα φυσικών επιστημών ώστε να το οικειοποιηθούν οι μαθητές και αφετέρου να περιγραφεί το φαινόμενο αυτό ως κατάλληλο μέσο από μια σειρά συναφών φαινομένων. Αρκετές φορές, η διδακτική αυτή κατασκευή συνοδεύεται από πειραματικά όργανα και συσκευές που έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί ειδικά για αυτή τη διδασκαλία.

- *Η αυτόνομη διδασκαλία των επιστημονικών διαδικασιών η δεξιότητων.*

Η συγκεκριμένη μορφή διδακτικού μετασχηματισμού αποτελεί την εισαγωγή των λεγόμενων επιστημονικών διαδικασιών η δεξιότητων ως αυτόνομο αντικείμενο διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Ένας γνωστός κατάλογος επιστημονικών διαδικασιών είναι αυτός που αναφέρεται στον οδηγό του εκπαιδευτικού για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο δημοτικό και το γυμνάσιο της UNESCO (1994) και περιλαμβάνει τις διαδικασίες της παρατήρησης, της ταξινόμησης, της διατύπωσης μαθηματικών σχέσεων, της μέτρησης, της οικοδόμησης χώρο-χρονικών σχέσεων, της επικοινωνίας, της πρόβλεψης, της εξαγωγής συμπερασμάτων, της διατύπωσης λειτουργικών ορισμών, της διατύπωσης υποθέσεων, της ερμηνείας δεδομένων, της αναγνώρισης και του ελέγχου μεταβλητών και της εκτέλεσης πειραμάτων (Κολιόπουλος, 2006). Το σπουδαιότερο σημείο αυτού του καταλόγου είναι ότι κάθε δεξιότητα περιγράφεται από καθορισμένους δείκτες μέσω των οποίων αναγνωρίζεται η δεξιότητα. Για παράδειγμα, η δεξιότητα της παρατήρησης περιγράφεται από τους εξής τέσσερις δείκτες: α) ο μαθητής χρησιμοποιεί τις αισθήσεις του για να συλλέξει πληροφορίες, β) αναγνωρίζει τις διαφορές

ανάμεσα σε φυσικά φαινόμενα, γ) εντοπίζει ομοιότητες ανάμεσα σε φυσικά συστήματα ή φαινόμενα και δ) με βάση τις παρατηρήσεις του αναγνωρίζει το θέμα που επεξεργάζεται.

Η τρίτη περίπτωση του διδακτικού μετασχηματισμού σχετίζεται με την πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης και συγκεκριμένα αναφέρεται στις αξίες, την εγκυρότητα και στα κοινωνικά χαρακτηριστικά αυτής της γνώσης. Πιο συγκεκριμένα, η πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης είναι δυνατόν να εμφανίζεται είτε ως εσωτερικό δομικό χαρακτηριστικό της, που προέρχεται από τον τρόπο με τον οποίο αυτή συγκροτείται λογικά, είτε ως εξωτερικό στοιχείο, που σχετίζεται με τις κοινωνικές συνθήκες παραγωγής της γνώσης και κατά συνέπεια με τις σχέσεις της με άλλες μορφές γνώσης (Κολιόπουλος, 2006). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η συγκρότηση του νοήματος των εννοιών των φυσικών επιστημών. Το νόημα των εννοιών των φυσικών επιστημών απορρέει από τις σχέσεις μιας έννοιας με τις υπόλοιπες έννοιες ενός εννοιολογικού συστήματος, όπως για παράδειγμα, η έννοια δύναμη λαμβάνει το νόημα της μέσα από την σχέση της με την έννοιες μάζα και επιτάχυνση. Το ίδιο ισχύει και με άλλες έννοιες όπως είναι η ενέργεια, το χημικό στοιχείο, το άτομο κτλ.

Συγχρόνως, όμως κάθε έννοια των φυσικών επιστημών έχει και ένα εμπειρικό νόημα, καθώς η έννοια είναι συνδεδεμένη πάντα με κάποιο φυσικό φαινόμενο. Έτσι για παράδειγμα οι έννοιες δύναμη και μάζα αποδίδονται σε ένα πραγματικό αντικείμενο και φέρουν εξ ορισμού την εμπειρική διάσταση του νοήματος τους.

2.5 ΚΡΙΤΙΚΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ

Αμέσως μετά από τη δημοσίευση της θεωρίας του διδακτικού μετασχηματισμού από τον Chevallard (1985), ο Freudenthal (1986) άσκησε κριτική στο βιβλίο αυτό, γραμμένη στη γαλλική γλώσσα. Κάνοντας εκτίμηση ως προς την ευγλωττία της γλώσσας και τα υποφαινόμενα

σχόλια σοβαρότητας και ειρωνείας, έθεσε ερωτήσεις σχετικά με τον διδακτικό μετασχηματισμό, κυρίως ως προς την ασάφεια της γνώσης, με τον όρο "savoir savant". Για παράδειγμα, ποια είναι η επιστημονική γνώση που μεταφέρεται στη διδασκαλία της αριθμητικής ή της άλγεβρας σε στοιχειώδη σχολικά επίπεδα. Το παράδειγμα που δίδει ο Chevallard το έλαβε υπόψη ο Freudenthal καταλήγοντας τελικά με ειρωνεία να ισχυρίζεται ότι η επιστημονική γνώση πρέπει να αναφέρεται στα «καλά μαθηματικά» που παράγονται από ορισμένους σπουδαίους μαθηματικούς, που πρέπει να μεταφέρεται στο επίπεδο της κατανόησης από τους νέους (Freudenthal, 1986). Επίσης, αναφέρει ότι τα σχολικά μαθηματικά και οι μαθητές σήμερα ασχολούνται με τις τεχνολογικές πτυχές της γνώσης για τον τρόπο που πραγματώνεται κάτι και όχι για τον τρόπο εκμάθησης, όπως υφίσταται από την ακαδημαϊκή μαθηματική γνώση που χρονολογούνταν σε παλιότερα έτη, η οποία έχει περιορισμένη επιρροή στη σύγχρονη τεχνολογική κουλτούρα.

Μετά από τη συγκεκριμένη κριτική, ο Chevallard (1989) αναφέρει ότι η εμπειρία δείχνει ότι η θεωρία του διδακτικού μετασχηματισμού μπορεί να υποπέσει σε παρερμηνεία. Κατά τον Beitone και τους συνεργάτες του (2004), η θεωρία τίθεται υπό αμφισβήτηση σε τρία καίρια σημεία:

- Πρώτο επιχείρημα της κριτικής προς την θεωρία του διδακτικού μετασχηματισμού είναι ότι επιστημονικά η γνώση αποτελεί πηγή γνώσης για διδασκαλία και δεν διαφοροποιείται σε αξία και χαρακτήρα ανάλογα με τη σχολική μονάδα που τη χειρίζεται. Επειδή η θεωρία του διδακτικού μετασχηματισμού κρίνεται να είναι μία «υποβαθμισμένη» γνώση, για αυτό θα πρέπει οι συμμετέχοντες, όπως είναι οι εκπαιδευτικοί, να λαμβάνουν μέρος σε αυτή.
- Το δεύτερο επιχείρημα της επικριτικής προσέγγισης της θεωρίας του διδακτικού μετασχηματισμού αφορά στη γνώση που αντιμετωπίζεται στο σχολείο, που δεν αποτελεί μία απλή απόκτηση της επιστημονικής γνώσης με λογική, όπως επιβάλλεται στο μάθημα των Μαθηματικών. Η γνώση, όπως αναφέρεται στη θεωρία του διδακτικού μετασχηματισμού, είναι η έκφραση του απλού που δεν ευθυγραμμίζεται με τις σύγχρονες παιδαγωγικές προσεγγίσεις. Συγκεκριμένα, τα σχολικά μαθήματα δεν είναι ίδια με τα μαθηματικά και την επιστήμη ως προς τις αρχές της γνώσης, αλλά μένουν εκτός πεδίου θεωρίας, με παράδειγμα τη διδασκαλία της Γλώσσας.

- Το τρίτο επιχείρημα της κριτικής προς την θεωρία του διδακτικού μετασχηματισμού αφορά στη γνώση για τη διδασκαλία στο σχολείο που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ποικίλα επιστημονικά πεδία, όπως είναι τα είδη της σιωπηρής γνώσης που εμπλέκονται στις κοινωνικές πρακτικές. Παράδειγμα αποτελεί η υπόθεση των σχολικών αρχών του προγράμματος σπουδών, που υποστηρίζεται από τους εθνομαθηματικούς ή το μάθημα των μαθηματικών για συγκεκριμένους παραδοσιακούς μη ακαδημαϊκούς κλάδους, όπως είναι ο κλάδος της νοσηλευτικής. Βέβαια, το ζήτημα αυτό αναγνωρίστηκε από τον Chevallard (1989).

Ως προς το εάν μπορεί να προσδιοριστεί με σαφήνεια το καθορισμένο σώμα της ακαδημαϊκής γνώσης, ως πρότυπο, ώστε να θεωρηθεί ο διδακτικός μετασχηματισμός νόμιμος, ο Chevallard αναφέρεται στην εξής δυσκολία:

«ένα δεδομένο σώμα γνώσης εμφανίζεται συνήθως κομματιασμένο και όχι ενιαίο. Αρχικά, για να καθιερωθεί ένα σώμα γνώσης ως γνώση διδασκαλίας, θα πρέπει να μετατραπεί σε σώμα γνώσης, δηλαδή σε ένα οργανωμένο και περισσότερο ή λιγότερο ολοκληρωμένο σύνολο» (σελ. 57).

Διαπιστώνεται, λοιπόν, ότι η κατανομή της γνώσης επιδρά σημαντικά στην παραγωγή της γνώσης και αυτό είναι ένα σημείο που δικαιολογεί την αμφισβήτηση που προκύπτει ως προς τη θεωρία του διδακτικού μετασχηματισμού. Ακόμη, προτείνεται να προϋπάρχει το σώμα της τεχνογνωσίας, το οποίο παράγεται εκτός της σχολικής μονάδας. Τα θέματα αυτά τονίζονται με επικέντρωση στο διδακτικό μετασχηματισμό της απόδειξης, που κάνει χρήση του Βασικού Θεωρήματος του Λογισμού¹, ως παράδειγμα (Klisinska, 2009). Στο τέλος βέβαια η «παρεξήγηση» μεταξύ Chevallard και Freudenthal διευθετήθηκε δίνοντας αμοιβαίες εξηγήσεις.

¹ Πρόκειται για Θεώρημα, κατά το οποίο υπάρχει σύνδεση της έννοιας της παραγώγου μίας συνάρτησης με την έννοια του ολοκληρώματος της συνάρτησης (Spivak, 1980).

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1 ΣΚΟΠΟΣ- ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Σκοπός του ερευνητικού πλαισίου της παρούσας μελέτης είναι η βιβλιογραφική ανασκόπηση διδακτικών παρεμβάσεων των ΦΕ, στις οποίες προσπαθούμε να αναδείξουμε τον διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου, ο οποίος μπορεί να δηλώνεται ρητά είτε υπόρρητα.

Η παρούσα εργασία βασίζεται στη βιβλιογραφική ανασκόπηση επιστημονικών άρθρων. Πιο συγκεκριμένα η βιβλιογραφική ανασκόπηση αναζητά, αναλύει και παρουσιάζει δημοσιευμένες έρευνες μέσω σύνοψης, ταξινόμησης, ομαδοποίησης, σύγκρισης και σύνθεσης. Γενικά οι βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις αποτελούν δευτερογενή δημοσιεύματα και σκοπό έχουν την παρουσίαση ήδη δημοσιευμένων δεδομένων συγκεντρωτικά, προκειμένου να διερευνηθεί ένα αντικείμενο από διαφορετικές οπτικές γωνίες, να γίνει σύγκριση και ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων διαφορετικών ερευνών και να αναδειχθεί το συγκεκριμένο θέμα σε όλες του τις διαστάσεις, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία.

Ακολουθούν τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας:

1. Η αξιοποίηση του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου δηλώνεται ρητά ή υπόρρητα από τους ερευνητές;
2. Γίνεται αναφορά στις δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές όσον αφορά την κατανόηση του περιεχομένου που πραγματεύεται η διδακτική παρέμβαση/ΔΜΑ και στα αποτελέσματα της ΔΜΑ/διδακτικής παρέμβασης;
3. Υπάρχει το χαρακτηριστικό της επανάληψης (iteration) στη ΔΜΑ/διδακτική παρέμβαση;
4. Από την επισκόπηση των επιλεγμένων ερευνών πώς κατηγοριοποιούνται οι περιπτώσεις του διδακτικού μετασχηματισμού που συναντάμε;

3.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΑΡΘΡΩΝ

Η επιλογή των επιστημονικών άρθρων πραγματοποιήθηκε με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

1. Να περιλαμβάνουν ΔΜΑ/διδασκτικές παρεμβάσεις όπου ο διδακτικός μετασχηματισμός περιεχομένου αξιοποιείται ρητά ή υπόρρητα.
2. Να είναι δημοσιευμένα σε πρακτικά των πανελλήνιων συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ.

3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η διαδικασία συλλογής των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω της διαδικτυακής πύλης google και επισκοπήθηκαν επιστημονικά άρθρα από τα πρακτικά των συνεδρίων 6^ο, 7^ο, 8^ο, 9^ο και 10^ο της ΕΝΕΦΕΤ.

Πραγματοποιήθηκε σύντομη ανάγνωση της περίληψης των άρθρων με στόχο την επιλογή αποκλειστικά εκείνων που πληρούν τα κριτήρια της παρούσας εργασίας. Επίσης μελετήθηκαν μόνο τα άρθρα που περιλαμβάνουν θεματικές περιοχές των φυσικών Επιστημών και αφορούσαν την πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η εύρεση τους ήταν δύσκολη καθώς υπάρχουν ελάχιστες έρευνες στις οποίες αξιοποιείται διδακτικός μετασχηματισμός περιεχομένου. Σε πολλές έρευνες ο συνοπτικός τρόπος γραφής τους δεν επέτρεπε τον αναγνώστη να αντιληφθεί αν αξιοποιείται ΔΜΠ ή όχι. Τελικά επιλέχθηκαν 10 άρθρα, τα οποία αναλύονται στο κεφάλαιο 4, που ακολουθεί.

3.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το επόμενο στάδιο της μελέτης έχει να κάνει με την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Αρχικά πραγματοποιήθηκε η ανάγνωση και η κατανόηση του περιεχομένου του άρθρου και στη συνέχεια με βάση τις παρακάτω ερωτήσεις που θέσαμε ως οδηγό προέκυψε μια παρουσίαση του άρθρου μεγέθους 2-3 σελίδων και ένας συγκεντρωτικός πίνακας.

Τα ερωτήματα στα οποία βασίστηκε η ανάλυση των άρθρων και η συγκρότηση του πίνακα είναι τα ακόλουθα :

1. Ποιο το περιεχόμενο των φυσικών επιστημών που πραγματεύεται η διδακτική παρέμβαση και σε ποια ηλικιακή ομάδα μαθητών απευθύνεται;
2. Δηλώνεται το διδακτικό μοντέλο ανάπτυξης της διδακτικής παρέμβασης ή έστω κάποιες διδακτικές σχεδιαστικές αρχές;
3. Γίνεται αναφορά ή περιγραφή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών για το επιστημονικό θέμα το οποίο πραγματεύεται η διδακτική παρέμβαση;
4. Υπάρχει ρητή ή υπόρρητη δήλωση από τους ερευνητές για την αξιοποίηση του ΔΜΠ;
5. Σε ποια στοιχεία του περιεχομένου (φαινόμενα, επιστημονικές έννοιες) έγινε μετασχηματισμός; Ποιές διδακτικές παρεμβάσεις προτείνουν οι ερευνητές και ποιές είναι οι σχετικές δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα;
6. Ποια είναι τα αποτελέσματα της αξιολόγηση των μαθητών;
7. Υπάρχει το χαρακτηριστικό της επανάληψης (iteration);

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι συνόψεις των 10 άρθρων που μελετήθηκαν. Σε κάθε σύνοψη περιγράφεται το περιεχόμενο, η ηλικία των μαθητών στους οποίους απευθύνεται, το διδακτικό μοντέλο που ακολουθήθηκε για την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης καθώς και οι δυσκολίες που συνάντησαν οι μαθητές. Στη συνέχεια περιγράφεται ο διδακτικός μετασχηματισμός περιεχομένου, ο οποίος μπορεί να δηλώνεται ρητά ή υπόρρητα και αναλύονται οι δραστηριότητες, οι οποίες πραγματοποιούνται.

4.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ

1^η Έρευνα

Σταράκης, Ι. & Χαλκιά, Κ. (2013). «Ο Σχεδιασμός, η Εφαρμογή και η Αξιολόγηση μιας Ακολουθίας Διδασκαλίας και Μάθησης για τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης». Στο: Δ. Βαβουγιός, & Σ. Παρασκευόπουλος (επιμ.). Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 26-28 Απριλίου 2013 (σελ.314-322). Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Οι Σταράκης και Χαλκιά προκειμένου να διδάξουν τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης, σχεδίασαν και εφάρμοσαν μια διδακτική μαθησιακή ακολουθία, με σκοπό να οικοδομηθεί από τους μαθητές η επιστημονική έννοια της περιφοράς της Σελήνης γύρω από τη Γη με περίοδο ενός συνοδικού μήνα (29 μέρες). Η ΔΜΑ περιελάμβανε τρεις ενότητες: τη φαινόμενη κίνηση του Ήλιου, τη φαινόμενη κίνηση της Σελήνης και την εναλλαγή των Εποχών. Η συγκεκριμένη μελέτη εστιάζει στο δεύτερο μέρος της διδακτικής ακολουθίας. Η διάρθρωση των ενοτήτων είναι σπονδυλωτή καθώς τα συμπεράσματα κάθε μίας ενότητας αποτελούν προαπαιτούμενα για τη μελέτη της επόμενης, ενώ οι ενότητες αυτές αποτελούν το μέσο για την οικοδόμηση του επιστημονικού μοντέλου για κάθε μια από τις προαναφερθείσες κινήσεις. Οι δυο βασικές εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών που έπρεπε να αντιμετωπιστούν ήταν η περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονα της σε 24 ώρες με την Σελήνη να είναι ακίνητη και με τον Ήλιο και τη Σελήνη να βρίσκονται συνεχώς σε εκ διαμέτρου αντίθετες θέσεις σε σχέση με τη Γη.

Η εφαρμογή της ΔΜΑ πραγματοποιήθηκε σε παιδιά της Ε΄ δημοτικού από 5 δημοτικά σχολεία του λεκανοπεδίου Αττικής. Συνολικά 40 μαθητές επιλέχτηκαν με τυχαία δειγματοληψία και χωρίστηκαν σε 10 τετράδες. Κύριος στόχος της ΔΜΑ ήταν οι μαθητές να αποδώσουν τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης στον συνδυασμό δύο κινήσεων, της περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της και την περιφορά της Σελήνη γύρω από την Γη.

Αναφορικά με την ΔΜΑ, αυτή πραγματοποιήθηκε με την μορφή του διδακτικού πειράματος, δηλαδή μια μορφή συνέντευξης που μοιάζει με διδακτική παρέμβαση με βάση τον τρόπο που οργανώνεται. Στο διδακτικό πείραμα, οι ερευνητές πραγματοποιούν διαλόγους με τους μαθητές με στόχο την ανάδειξη των αντιλήψεων τους και παράλληλα παρεμβαίνουν όταν αντιλαμβάνονται ότι οι απόψεις των μαθητών είναι λανθασμένες και προσπαθούν να τις τροποποιήσουν. Το μοντέλο της εκπαιδευτικής Επανοικοδόμησης, ακολουθείται από τη ΔΜΑ και το επιστημονικό του περιεχόμενο θα μετασχηματιστεί ώστε η νέα γνώση να γίνει κατανοητή από τους μαθητές και να συνδυαστεί με το γνωστικό επίπεδο και τα ενδιαφέροντα τους (Meheut & Psillos, 2004). Συγκεκριμένα, στο πλαίσιο του μοντέλου της Εκπαιδευτικής Επανοικοδόμησης πραγματοποιήθηκε αρχικά μια προκαταρκτική ανάλυση του επιστημονικού περιεχομένου των κινήσεων του συστήματος Ήλιος-Γή-Σελήνη καθώς και τα αστρονομικά φαινόμενα που συνδέονται με αυτές τις κινήσεις. Στη συνέχεια έλαβαν χώρα πιλοτικές έρευνες, για μερικά από αυτά τα αστρονομικά φαινόμενα, στις οποίες διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών.

Ο λόγος δημιουργίας της ΔΜΑ, οφειλόταν στο γεγονός ότι προηγούμενες έρευνες εστίαζαν αποκλειστικά στη διερεύνηση της φαινομενολογικής βάσης του φαινομένου ενώ οι ερευνητές της παρούσας μελέτης διερεύνησαν κυρίως τους ερμηνευτικούς μηχανισμούς του φαινομένου. Οι ερευνητές τόνισαν την αναγκαιότητα διδασκαλίας της φαινόμενης κίνησης της Σελήνης ως ένα ξεχωριστό τμήμα μιας διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας για τις σχετικές κινήσεις του συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη. Η καθημερινή καθυστέρηση της ανατολής της Σελήνης περίπου κατά πενήντα λεπτά, οδηγεί στην οικοδόμηση της επιστημονικής άποψης ότι η Σελήνη δεν είναι πάντοτε ορατή τη νύχτα λόγω της περιφοράς της γύρω από τη Γη μέσα σε ένα συνοδικό μήνα (29 ημέρες) ξεκαθαρίζοντας γιατί ο Ήλιος και η Σελήνη δεν βρίσκονται συνεχώς σε εκ διαμέτρου αντίθετες θέσεις με τη Γη.

Πιο αναλυτικά, όσον αφορά το περιεχόμενό της ΔΜΑ εκείνη περιελάμβανε τα ακόλουθα σημεία:

- α) Παρακολούθηση μιας σειράς φωτογραφιών, από ακίνητο παρατηρητή, θέτοντας το ερώτημα για ποιο λόγο αλλάζει θέση η Σελήνη όσο περνάει η ώρα.
- β) Πρόβλεψη για το ποια είναι η θέση της Σελήνης την ίδια ώρα της επόμενης και της μεθεπόμενης ημέρας.

γ) Παρακολούθηση φωτογραφιών σχετικά με τη θέση της Σελήνης την ίδια ώρα της επόμενης και της μεθεπόμενης μέρας.

δ) Ερμηνεία των μαθητών της προηγούμενης παρατήρησης με τη χρήση ενός επιδαπέδιου ρολογιού 24ωρης περιοδικότητας (προσομοίωση επιδαπέδιου ρολογιού όπου μια πλήρης περιστροφή του δείκτη αντιστοιχεί σε 24 ώρες, βλ.εικ.1) και με τη χρήση σωματικής προσομοίωσης των σχετικών κινήσεων Γης-Σελήνης.

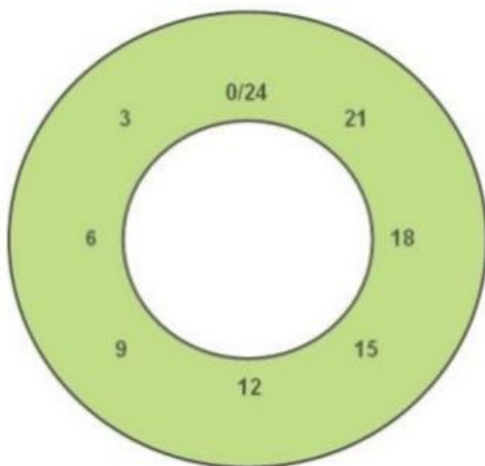
ε) Παρατήρηση φωτογραφιών, στις οποίες αποτυπώνεται η χρονική καθυστέρηση περίπου 50 λεπτών τη μέρα προκειμένου να βλέπουμε τη Σελήνη κάθε μέρα περίπου στο ίδιο σημείο.

στ) Διερεύνηση του χρόνου που απαιτείται για μία πλήρη περιφορά της Σελήνης γύρω από την Γη.

Με βάση τα προαναφερθέντα η παρούσα ΔΜΑ αξιοποιεί διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου, ο οποίος υπονοείται μέσα από την ΔΜΑ αλλά δεν δηλώνεται ρητά. Η παρούσα ΔΜΑ επικεντρώνεται στην εξήγηση του φαινομένου της κίνησης της Σελήνης γύρω από την Γη σε ένα συνοδικό μήνα, θεωρώντας το Ηλιακό σύστημα ως σημείο αναφοράς. Για την κατανόηση του φαινομένου χρησιμοποιήθηκαν φωτογραφίες και προσομοιώσεις, οι οποίες διενεργήθηκαν από τους μαθητές. Οι περισσότεροι μαθητές εγκατέλειψαν την άποψη ότι η Σελήνη είναι ακίνητη μέσω της παρατήρησης των φωτογραφιών που έδειχναν ότι η Σελήνη μετά από 24 και 48 ώρες δε βρίσκεται στο ίδιο σημείο στον ουρανό. Και επιπλέον μέσω της σωματικής προσομοίωσης, όπου οι μαθητές έπαιρναν τον ρόλο της Γης και συσχέτιζαν αυτό που έδειχνε η φωτογραφία μετά από 24 ώρες με την κίνηση στην οποία οφείλεται, είχε ως αποτέλεσμα η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών να δίνει σχεδόν αμέσως εντολή στο μαθητή που προσομοίωνε τη Σελήνη να κινηθεί «λίγο» προς τα αριστερά, κάνοντας το φαινόμενο ακόμη πιο κατανοητό. Κατά την διεξαγωγή των πειραμάτων οι ερευνητές παρακινούσαν τους μαθητές να παρατηρούν και να εξάγουν συμπεράσματα. Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό που αιτιολογεί την ύπαρξη διδακτικού μετασχηματισμού είναι ότι ο λόγος των ερευνητών δεν παρέμεινε ανεπηρέαστος αλλά χρησιμοποιούσαν απλό λεξιλόγιο (βλ. εικόνα 2). Όλοι οι παραπάνω μετασχηματισμοί στοχεύουν στη καλύτερη κατανόηση του φαινομένου από τους μαθητές.

Ολοκληρώνοντας, στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης, παρόλα αυτά προτείνονται κάποιες βελτιωτικές αλλαγές. Πιο συγκεκριμένα, προτείνεται σε μια μελλοντική

προσπάθεια σχεδιασμού της εν λόγω μαθησιακής πορείας ,να προσεχθούν τα εξής στοιχεία: 1) η αναφορά στα σχετικά μεγέθη Ήλιου/Γης/Σελήνης ώστε να αποφευχθούν εμπλοκές με το φαινόμενο των εκλείψεων και 2) η προσπάθεια σύνδεσης της φοράς περιστροφής της Σελήνης γύρω από τη Γη, με τη χρονική καθυστέρηση εμφάνισης της στο ίδιο σημείο στον ουρανό, σε χρονικό ορίζοντα μιας ημέρας.



Εικόνα 1: Επιδαπέδιο ρολόι 24ωρης περιοδικότητας

Δάσκαλος	(στον μαθητή1 που προσομοιώνει τη Γη) Είναι 19:23 στις 31/7. Κοίτα στον υπολογιστή τη φωτογραφία και πες στη Σελήνη (μαθητή2) να σταθεί όπου νομίζεις.
Μαθ1	(απευθύνεται στον μαθ2) Εδώ μπροστά μου, κατάματα όπως στη φωτογραφία.
Μαθ2	(στέκεται μπροστά από τον μαθ1) Καλά είμαι εδώ;
Μαθ1	Ναι.
Δάσκαλος	(στον Μαθ1) Θέλω τώρα να περάσουν για εσένα 24 ώρες. Τι πρέπει να γίνει;
Μαθ1	Κάνω ολόκληρη στροφή γύρω μου. (Ταυτόχρονα, ο δάσκαλος προχωράει την προβολή στον υπολογιστή στη φωτογραφία που απεικονίζει τη Σελήνη στις 19:23, την 1/8)
Δάσκαλος:	(στον Μαθ1) Κοίτα τη φωτογραφία. Τι πρέπει να έχει συμβεί μέσα σε 24 ώρες για να δεις εσύ τη Σελήνη στο σημείο που τη δείχνει η επόμενη φωτογραφία;
Μαθ1:	Να πάει η Σελήνη ένα βηματάκι αριστερά (κατευθύνει τον μαθητή2 με το αριστερό του χέρι και έτσι αυτός μετακινείται λίγο αριστερόστροφα).
Δάσκαλος:	Τελικά, γιατί μετά από 24 ώρες η Σελήνη δε φαίνεται στο ίδιο σημείο στον ουρανό;
Μαθ1:	Γιατί η Γη έχει κάνει μία ολόκληρη γυρισιά από τον εαυτό της και το φεγγάρι έχει κάνει ένα μικρό βηματάκι γύρω από τη Γη.
Δάσκαλος	Η γυρισιά της Σελήνης γίνεται με την ίδια φορά που γυρνάει η Γη γύρω από τον εαυτό της ή με την αντίθετη;
Μαθ1	Από ότι βλέπω, με την ίδια. Και εγώ αριστερά πήγα και ο μαθ2 από εκεί πήγε.

Εικόνα 2 : Αντιπροσωπευτικός διάλογος κατά τη σωματική προσομοίωση.

2^η Έρευνα

Σταράκης, Ι. & Χαλκιά, Κ. (2015) «Διδακτική προσέγγιση του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση». Στο: Δ. Ψύλλος, Α. Μολογίδης, & Μ. Καλλέρη (επιμ.), Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 8-10 Μαΐου 2015 (σελ.289-329). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Οι Σταράκης και Χαλκιά στην μελέτη τους σχεδίασαν και εφάρμοσαν μια ΔΜΑ με αντικείμενο τη διδασκαλία του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών σε μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η ΔΜΑ απευθύνονταν σε 5 δημοτικά σχολεία της Αττικής, σε μαθητές Ε΄ τάξης, ενώ από κάθε τμήμα επιλέχτηκαν με τυχαία 4 μαθητές. Συνολικά 40 μαθητές συμμετείχαν, χωρισμένοι σε 10 τετραμελείς ομάδες. Βασικός στόχος της έρευνας ήταν να οικοδομήσουν οι μαθητές την επιστημονικά αποδεκτή εξήγηση του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών. Πιο συγκεκριμένα, οι ερευνητές στόχευαν μέσω της έρευνας τους στην αντιμετώπιση της εναλλακτικής ιδέας ότι το φαινόμενο οφείλεται στην διαφορετική απόσταση Γης -Ήλιου και στην οικοδόμηση της επιστημονικής εξήγησης η οποία στηρίζεται στην παραδοχή της διαφορετικής γωνίας πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών στη γη.

Αναλυτικότερα, η παρούσα ΔΜΑ εφαρμόζεται με τη μέθοδο του διδακτικού πειράματος συνδυάζοντας τα στοιχεία μιας κλασσικής συνέντευξης και της διδασκαλίας, καθοριζόμενη τόσο από τα συμπεράσματα διεξαχθεισών ερευνών αναφορικά με τις αντιλήψεις μαθητών για το περιεχόμενο αυτό, όσο και από την ανάλυση του σχετικού επιστημονικού περιεχομένου. Για τη συλλογή και την αξιολόγηση των δεδομένων, εκτός από το διδακτικό πείραμα, πραγματοποιήθηκαν σε όλους τους μαθητές του δείγματος pre και post συνεντεύξεις. Ο λόγος για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη της οφείλονταν στο γεγονός ότι η εναλλακτική ιδέα των μαθητών πως το φαινόμενο οφείλεται στη διαφορετική απόσταση Ήλιου - Γης αντιστεκόταν στην εννοιολογική αλλαγή. Για τον λόγο αυτό στη παρούσα έρευνα γίνεται μια προσπάθεια εξήγησης του φαινομένου με βάση δυο μεταβλητές, δίνοντας έτσι στους μαθητές τη δυνατότητα να διαπιστώσουν ποια από τις δυο μεταβλητές επηρεάζει ουσιαστικότερα το φαινόμενο, με

πρώτη μεταβλητή τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών και δεύτερη μεταβλητή την απόσταση μεταξύ Ήλιου και Γης.

Όσον αφορά το περιεχόμενο της ΔΜΑ, αυτή περιελάμβανε πέντε δραστηριότητες. Στην πρώτη δραστηριότητα οι μαθητές, χρησιμοποίησαν ένα σφαιρικό μοντέλο της Γης. Το μοντέλο αυτό βρισκόταν σε απόσταση ενός μέτρου από ένα φωτιστικό σώμα (σφαιρικό μοντέλο του Ήλιου, με μεγαλύτερη διάμετρο). Οι μαθητές ερμήνευσαν τη διαφορά των μέσων θερμοκρασιών 24ωρου κατά το μήνα Ιούλιο, δύο πόλεων του βορείου ημισφαιρίου με παρόμοιο γεωγραφικό μήκος (Χαρτούμ: 31,4°C, Κίεβο: 19,4°C). Η δραστηριότητα είχε σκοπό να αποδοθεί από τους μαθητές η διαφορά θερμοκρασίας, στη διαφορετική απόσταση που έχουν οι δυο πόλεις από τον Ήλιο, δηλαδή με βάση την εναλλακτική ιδέα.

Στην δεύτερη δραστηριότητα οι μαθητές έλεγξαν, με τη βοήθεια ενός φωτόμετρου το οποίο μετρά σε κάθε περίπτωση το μέτρο της προσπίπτουσας φωτεινής ακτινοβολίας, την οριζόντια απόσταση του Ήλιου από τις δύο πόλεις και τη γωνία πρόσπτωσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε κάθε μία από τις πόλεις. Σκοπός ήταν οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι η γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας καθορίζει σε μεγαλύτερο βαθμό το πόσο κρύος ή ζεστός είναι ένας τόπος και όχι η απόσταση της πόλης από τον Ήλιο.

Στην επόμενη δραστηριότητα οι μαθητές ερμήνευσαν το αποτέλεσμα του προηγούμενου πειράματος. Αυτό έγινε με τη διεξαγωγή ενός άλλου πειράματος με το οποίο τους δόθηκε η δυνατότητα να συγκρίνουν το φωτεινό αποτύπωμα ενός φακού πάνω σε ένα φύλλο χαρτιού, μεγέθους Α4 σε δύο περιπτώσεις, αρχικά όταν η φωτεινή δέσμη από το φακό προσπίπτει κάθετα στο χαρτί και έπειτα όταν προσπίπτει υπό πλάγια γωνία στο ίδιο χαρτί. Σκοπός ήταν οι μαθητές να κατανοήσουν ότι όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση με την οποία προσπίπτει το ηλιακό φως σε έναν τόπο, τόσο απλώνεται σε μεγαλύτερη περιοχή με αποτέλεσμα να τον ζεσταίνει λιγότερο.

Ακολούθως, τοποθέτησαν το μοντέλο της Γης, σε σχέση με τον Ήλιο, με τέτοιο τρόπο πάνω στην ειδική του βάση, έτσι ώστε όταν το νότιο ημισφαίριο έχει καλοκαίρι, τότε το βόρειο θα έχει χειμώνα. Οι μαθητές αναμενόταν να πλησιάσουν το νότιο ημισφαίριο στον Ήλιο έτσι ώστε η γωνία πρόσπτωσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε αυτό να είναι μικρότερη σε σχέση με εκείνη στο βόρειο.

Εν συνεχεία, τους ζητήθηκε να αναφέρουν ποια πιστεύουν ότι είναι η αιτία που προκαλεί την εναλλαγή των εποχών. Οι περισσότεροι αναμενόταν να προκρίνουν την περιοδική μεταβολή της κλίσης του νοητού άξονα της Γης. Έπειτα, καλέστηκαν να προβλέψουν την κίνηση του Πολικού Αστέρα για ακίνητο παρατηρητή στο βόρειο πόλο. Με βάση τα προηγούμενα, αναμενόταν να προβλέψουν ότι η φαινόμενη θέση του Πολικού Αστέρα θα αλλάζει σε ετήσια βάση. Κατόπιν, παρατήρησαν τον Πολικό Αστέρα σε ψηφιακό πλανητάριο «για ένα έτος» ως ακίνητοι παρατηρητές στο βόρειο πόλο και διαπίστωσαν την περιστροφή των αστεριών γύρω από τον «ακίνητο» Πολικό Αστέρα, καταλήγοντάς στο συμπέρασμα ότι η κλίση της Γης παραμένει σταθερή. Τέλος, απάντησαν στο ερώτημα για το πώς το βόρειο ημισφαίριο αλλάζει εποχή χωρίς να αλλάζει η κλίση του άξονα. Οι μαθητές αναμενόταν να διαπιστώσουν το γεγονός ότι μόνο η περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο με σταθερή την κλίση του νοητού της άξονα, εξυπηρετεί αυτή τη συνθήκη.

Με βάση τα προαναφερθέντα η παρούσα ΔΜΑ αξιοποιεί διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου, ο οποίος υπονοείται μέσα από την ΔΜΑ αλλά δεν δηλώνεται ρητά. Αναλυτικότερα, η ΔΜΑ επικεντρώνεται στην εξήγηση του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών με τη χρήση συγκεκριμένων εννοιών, πιο συγκεκριμένα η ερμηνεία του φαινομένου βασίστηκε στη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών, ως ανεξάρτητη μεταβλητή, προσπαθώντας να καταρρίψει την εναλλακτική αντίληψη που στηρίζει την εξήγηση του φαινομένου μόνο με βάση την απόσταση Γης- Ήλιου. Επιπλέον για την κατανόηση του φαινομένου χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα και προσομοιώσεις τα οποία έγιναν από τους μαθητές. Ειδικότερα μέσω ενός σφαιρικού μοντέλου της γης, ενός σφαιρικού μοντέλου του ήλιου μεγάλης διαμέτρου (φωτιστικό σώμα) και της φωτεινής προσομοίωσης σε χαρτί, οι μαθητές πραγματοποιούν τα πειράματά τους. Το φαινόμενο και τα χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται μόνο λεκτικά χωρίς να γίνεται καμία αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό. Επίσης κατά την διάρκεια των πειραμάτων οι ερευνητές προτρέπουν τους μαθητές να παρατηρούν και να εξάγουν συμπεράσματα. Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό που αιτιολογεί την ύπαρξη διδακτικού μετασχηματισμού είναι ότι οι ερευνητές αξιοποιούν ως εκπαιδευτικά εργαλεία οπτικό υλικό (ψηφιακό πλανητάριο) και την κατασκευή μιας προσομοίωσης του φαινομένου αποτυπωμένο σε φύλλο χαρτιού (σύγκριση φωτεινού αποτυπώματος ενός φακού σε φύλλο χαρτιού Α4 με κάθετη γωνία πρόσπτωσης και με πλάγια γωνία).

Ολοκληρώνοντας, στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης, παρόλα αυτά προτείνεται η εφαρμογή της σε συνθήκες τάξης και η διαφοροποίηση και ο εμπλουτισμός του διδακτικού υλικού με βάση τα ερευνητικά συμπεράσματα. Τα αποτελέσματα της ΔΜΑ είναι θετικά. Συγκεκριμένα από την εφαρμογή της ΔΜΑ φάνηκε ότι είναι δυνατόν οι μαθητές να οικοδομήσουν τη σύνδεση μεταξύ ενός φαινομένου της καθημερινότητας (εναλλαγή των εποχών) και της ερμηνείας του σε αφαιρετικό επίπεδο, εξήγηση δηλαδή με βάση τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών σε συνδυασμό με την περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο με σταθερή κλίση του άξονά της.

3^η Έρευνα

Καπόγιαννης, Α., Καπότης, Ε. & Καλκάνης, Γ. (2017). « Εισάγοντας τη Αρχή της Αβεβαιότητας σε μαθητές λυκείου μέσω απλών μαθηματικών σχέσεων και με τη χρήση αυτοσχέδιου αλληλεπιδραστικού λογισμικού». Στο: Δ. Σταύρου, Α. Μιχαηλίδη, & Α. Κοκολάκη (επιμ.). Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 7-9 Απριλίου 2017 (σελ.417-425). Πανεπιστήμιο Κρήτης. Ρέθυμνο.

Η έρευνα των Καπόγιαννη, Καπότη & Καλκάνη διεξήχθη σε μαθητές της Γ' λυκείου (δύο τμήματα 17 μαθητών-μαθητριών) και παρουσιάζει μια διδακτική παρέμβαση για μια επιστημονική αρχή της Σύγχρονης Φυσικής: την Αρχή Αβεβαιότητας (Απροσδιοριστίας) του Heisenberg. Οι στόχοι της παρουσιαζόμενης διδακτικής παρέμβασης είναι η εισαγωγή της αρχής της αβεβαιότητας με τη χρήση και μόνο διδαγμένων μαθηματικών και φυσικών εννοιών, μεγεθών και διαδικασιών, η δημιουργία πρωτότυπου και απλού εκπαιδευτικού λογισμικού με προγραμματιστικά εργαλεία και η σύνθεση, η διεξαγωγή και η αξιολόγηση μιας εκπαιδευτικής παρέμβασης που ενσωματώνει κατάλληλα στα βήματα της εκπαιδευτικής διαδικασίας πρωτότυπους ψηφιακούς πειραματισμούς και μαθηματικές διαδικασίες.

Η διδακτική τους προσέγγιση, η οποία βασίζεται σε απλές μαθηματικές σχέσεις και στην χρήση κατάλληλου αλληλεπιδραστικού ψηφιακού υλικού, αξιοποιεί δυο μεθόδους. Οι ερευνητές αρχικά στη πρώτη μέθοδο χρησιμοποιούν τη θεωρία του διακροτήματος και στη δεύτερη μέθοδο

την υπέρθεση δυο αρμονικών κυμάτων. Στη διδακτική τους παρέμβαση παρακάμπτουν την ανάλυση Fourier (άγνωστη σε μαθητές Λυκείου) με την χρήση δυο μόνο αρμονικών κυμάτων και χρησιμοποιούν το φαινόμενο του διακροτήματος που είναι γνωστό στους μαθητές και το οποίο με κατάλληλη αντιστοίχιση φυσικών μεγεθών οδηγεί στην εικόνα του «κυματοπακέτου», δηλαδή την παραγωγή κύματος εντοπισμένου χωρικά. Από τις μαθηματικές γνώσεις χρησιμοποιήθηκαν μόνον η υπέρθεση κυμάτων και η σύνθεση ταλαντώσεων. Ο λόγος σχεδιασμού της συγκεκριμένης διδακτικής παρέμβασης ήταν η αντιμετώπιση δυο αντιλήψεων των μαθητών στην περιοχή της κβαντικής φυσικής : α) το σωματίο κινείται σαν κύμα και β) υπάρχει μια μόνο σωστή τιμή για τη θέση του σωματίου.

Όσον αφορά το περιεχόμενο της διδακτικής παρέμβασης, οι μαθητές χωριστήκαν σε δύο ομάδες (ομάδα πειραματισμού και ομάδα ελέγχου). Οι δύο ομάδες μαθητών έχουν στη διδακτέα ύλη τους σε εισαγωγικό επίπεδο την κυματική θεωρία της ύλης του de Broglie καθώς και την αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg. Στις δυο ομάδες διανεμήθηκαν ερωτηματολόγια πριν και μετά τη διδασκαλία. Στην ομάδα ελέγχου είχαμε την εφαρμογή παραδοσιακής διδασκαλίας με χρήση μόνο της πληροφορίας που βρίσκεται στο σχολικό εγχειρίδιο. Η σχέση της αβεβαιότητας παρουσιάστηκε και σχετίστηκε με το «κυματοπακέτο» χωρίς να γίνει αναφορά στον τρόπο που η μεταβολή της αβεβαιότητας της ορμής επιφέρει μεταβολή στην αβεβαιότητα της θέσης. Στην ομάδα πειραματισμού οι κύριες διαφορές με την ομάδα ελέγχου ήταν η χρήση της αναλογίας του διακροτήματος με το κυματοπακέτο και η χρήση του αλληλεπιδραστικού λογισμικού που δημιουργήθηκε. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε φύλλο εργασίας το οποίο ξεκίνησε με υπόμνηση της θεωρίας του διακροτήματος και οι μαθητές ρωτήθηκαν τι αλλάζει στην περίοδο όταν αυξηθεί η διαφορά στις συχνότητες των επί μέρους ταλαντώσεων που συνθέτουν το διακρότημα. Στη συνέχεια έγινε εισαγωγή της έννοιας του κυματοπακέτου, ως αντικείμενο που είναι κύμα, αλλά με εντοπισμό στο χώρο (οπότε έχει και σωματιδιακή ιδιότητα). Έγινε εστίαση στη σχέση του de Broglie $p = \frac{h}{\lambda}$ για τη σύνδεση της ορμής p και του μήκους κύματος λ , η οποία αναφέρεται όχι μόνο στα σωματίδια (όπως στο εγχειρίδιο Χημείας), αλλά και στα κύματα. Ακολούθως ζητήθηκε από τους μαθητές, χρησιμοποιώντας τη γνώση από την υπέρθεση κυμάτων, να παράγουν το αποτέλεσμα της υπέρθεσης δυο στιγμιότυπων από κύματα, και στη συνέχεια τους ζητήθηκε να το συγκρίνουν με εκείνο του διακροτήματος. Στη συνέχεια ορίστηκε η αβεβαιότητα της ορμής και η αβεβαιότητα της θέσης και ζητήθηκε από τους μαθητές να

εξετάσουν πως αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Το αλληλεπιδραστικό λογισμικό που αναπτύχθηκε αξιοποιήθηκε στο στάδιο του πειραματισμού. Οι μαθητές με το μεταβολέα τιμών της ορμής, παρατήρησαν την επίπτωση που έχει αυτή η μεταβολή στο άπλωμα του κυματοδέματος. Με την ολοκλήρωση των αποτελεσμάτων οι μαθητές διατύπωσαν τα συμπεράσματα τους για τη σχέση των αβεβαιοτήτων της ορμής και της θέσης. Κατόπιν αντιμετωπίστηκαν οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το που βρίσκεται το σωματίο που περιγράφεται από το κυματοπακέτο. Όσον αφορά τα αποτελέσματα στα test, φάνηκε αρχικά ότι οι δύο ομάδες του δείγματος, πειραματισμού και ελέγχου, ήταν ισοδύναμες πριν την διδακτική παρέμβαση (pre test), αντίθετα υπάρχει μεγάλη διαφορά μετά την παρέμβαση (post test). Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης για κάθε ομάδα ξεχωριστά, παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ pre και post test στην ομάδα ελέγχου, πράγμα που αποδεικνύει ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση έφερε βελτίωση στο επίπεδο των μαθητών, ενώ το ίδιο συνέβη και στην ομάδα πειραματισμού. Τέλος παρατηρήθηκε ότι μετά την παρέμβαση η ομάδα πειραματισμού υπερτερούσε ξεκάθαρα της ομάδας ελέγχου.

Στην διδακτική παρέμβαση των ερευνητών ο διδακτικός μετασχηματισμός δεν δηλώνεται σαφώς, παρόλα αυτά η εισαγωγή του σύγχρονου θέματος της κβαντομηχανικής μέσω οπτικής απεικόνισης, η οποία στοχεύει στη ποιοτική αντί της μαθηματικής προσέγγισης, μαρτυρά την ύπαρξη του ΔΜΠ. Πιο συγκεκριμένα μετασχηματίζουν το περιεχόμενο προτείνοντας τις εξής διαφορές σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Παρακάμπτουν την ανάλυση Fourier, η οποία είναι άγνωστη σε μαθητές λυκείου, με τη χρήση μόνο δύο αρμονικών κυμάτων. Επίσης χρησιμοποιείται το φαινόμενο του διακροτήματος, το οποίο είναι γνωστό στους μαθητές της Γ' λυκείου και από μαθηματικές γνώσεις χρησιμοποιούνται μόνο η υπέρθεση κυμάτων και η σύνθεση ταλαντώσεων, που είναι οι πιο απλές και γνωστές στους μαθητές.

Καταλήγοντας, στην διδακτική παρέμβαση των ερευνητών δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης. Τα αποτελέσματα της εκπαιδευτικής αξιολόγησης που ακολούθησε, στατιστικά παρουσιάζουν σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων ελέγχου και πειραματισμού, πράγμα που φανερώνει ότι η πρόταση αυτή βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν μια θεμελιώδη αρχή της Κβαντικής Φυσικής, την Αρχή Αβεβαιότητας του Heisenberg.

4^η Έρευνα

Αλεξανδρόπουλος, Ε. & Πολάτογλου, Χ. (2015). «Διδακτική προσέγγιση του φαινομένου της υπεραγωγιμότητας με χρήση προσομοιώσεων λογισμικού σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης». Στο: Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης, & Μ. Καλλέρη (επιμ.). Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 8-10 Μαΐου 2015 (σελ.465-470). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Οι Αλεξανδρόπουλος και Πολάτογλου σχεδίασαν και εφάρμοσαν μια διδακτική προσέγγιση παρουσιάζοντας τον σχεδιασμό και την υλοποίηση προσομοιώσεων με τα αντίστοιχα διδακτικά σενάρια του φαινομένου της υπεραγωγιμότητας. Ειδικότερα παρουσίασαν δύο από τις προσομοιώσεις, αρχικά «τον υπεραγωγό τύπου II εντός μαγνητικού πεδίου» και στη συνέχεια «τη μαγνητική αιώρηση» μαζί με τα αντίστοιχα διδακτικά σενάρια. Η Scratch 2 είναι η γλώσσα προγραμματισμού των προσομοιώσεων, η οποία είναι γλώσσα ανοιχτού κώδικα και χρησιμοποιεί διαδικτυακή διασύνδεση. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε δοκιμαστική διδασκαλία μέσω των προσομοιώσεων σε 20 μαθητές της Γ' λυκείου.

Πιο αναλυτικά η παρούσα διδακτική προσέγγιση χρησιμοποιεί τη μέθοδο των εικονικών πειραμάτων τα οποία παρουσιάζουν παράλληλα με τις έννοιες που μπορούν να παρατηρηθούν και φυσικά μεγέθη, τα οποία μέσω πραγματικών πειραμάτων δεν μπορούν να παρατηρηθούν. Παρέχουν μετρήσεις εύκολες και με ακρίβεια και δίνουν την δυνατότητα να απομονώνονται παράγοντες που προκαλούν σύγχυση. Σε λογισμικά Ηλεκτρονικού Υπολογιστή μπορούν να ενσωματωθούν πρόσθετες λειτουργίες όπως οι πολλαπλές αναπαραστάσεις, παρέχοντας επιπλέον δυνατότητες στους χρήστες με τις οποίες διευκολύνεται η μελέτη δύσκολα υλοποιούμενων πειραμάτων. Υπό αυτές τις συνθήκες, η υπεραγωγιμότητα προσφέρει πολλές ευκαιρίες στους μαθητές για να εξερευνήσουν τα φαινόμενα με πολύ ενδιαφέρον χάρη στις πολύ σημαντικές τεχνολογικές εφαρμογές. Στην παρούσα διδακτική παρέμβαση παρουσιάζονται από τις πέντε μόνο οι δύο πειραματικές προσεγγίσεις της ενότητας “Properties of superconductors” των οδηγιών του προγράμματος MOSEM 2 που αποτελεί μέρος του Ευρωπαϊκού προγράμματος

MOSEM 1-2 (υποπρόγραμμα του Leonardo da Vinci), σκοπός του οποίου απετέλεσε η δημιουργία υποστηρικτικού υλικού για την διδασκαλία της υπεραγωγιμότητας στις τελευταίες τάξεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Από τα προτεινόμενα εικονικά πειράματα που χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμα MOSEM 2, στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται, «οι υπεραγωγοί τύπου II εντός του μαγνητικού πεδίου», με κριτήριο το γεγονός ότι στη μελέτη τους περιλαμβάνεται και το φαινόμενο Meissner, καθώς και «η μαγνητική αιώρηση μόνιμου μαγνήτη υπεράνω υπεραγωγού τύπου I» με την οποία μέσω λογαριθμικών διαγραμμάτων παρέχεται η δυνατότητα προσδιορισμού της σχέσης μεταξύ μαγνητικών δίπολων. Για την πραγματοποίηση των προσομοιώσεων επιλέχθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Scratch 2. Εντάσσεται στο εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης και είναι μαθητοκεντρική διδασκαλία με μεταβαλλόμενο βαθμό εκπαιδευτικής καθοδήγησης. Είναι «ενεργή» μάθηση, είναι δηλ. «κάτι που οι ίδιοι οι μαθητές κάνουν και όχι κάτι που κάποιος άλλος κάνουν για αυτούς». Ο λόγος για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη της διδακτικής τους παρέμβασης στηριζόταν στο γεγονός της δυσκολίας των μαθητών να κατανοήσουν το φαινόμενο της υπεραγωγιμότητας με τις κλασικές μεθόδους διδασκαλίας.

Όσον αφορά το περιεχόμενο της διδακτικής παρέμβασης, αυτή περιελάμβανε δυο πειραματικές προσομοιώσεις. Στην πρώτη προσομοίωση του υπεραγωγού τύπου II μέσα σε μαγνητικό πεδίο επετράπη η μελέτη της μαγνητικής συμπεριφοράς του υπεραγωγού για τιμές της θερμοκρασίας μικρότερες ή μεγαλύτερες της κρίσιμης και οποιαδήποτε τιμή του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου σε σχέση με τις τιμές του ελάχιστου και του μέγιστου κρίσιμου μαγνητικού πεδίου. Στην προσομοίωση επιλέχθηκε λευκό φόντο και δισδιάστατη αναπαράσταση του υπεραγωγού ώστε να είναι εμφανείς όλες οι μεταβολές των αναπαραστάσεων των δυναμικών γραμμών με τις μεταβολές της έντασης του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου και της θερμοκρασίας. Το προτεινόμενο σενάριο είχε ως πυρήνα δύο φύλλα εργασίας και η μέθοδος που ακολουθήθηκε ήταν η Δομημένη Διερεύνηση. Στο 1^ο φύλλο εργασίας του σεναρίου ζητήθηκε από τους μαθητές να μεταβάλλουν την ένταση του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου και να διαπιστώσουν την ύπαρξη κρίσιμου ή κρίσιμων μαγνητικών πεδίων. Το σύνολο των μαθητών από την μεταβολή της μορφής των δυναμικών γραμμών που παρέχει η προσομοίωση διαπίστωσαν την ύπαρξη δύο τιμών κρίσιμου μαγνητικού πεδίου. Στη συνέχεια τους ζητήθηκε να προβλέψουν την μεταβολή των κρίσιμων εντάσεων με την αύξηση της θερμοκρασίας λαμβάνοντας υπόψη ότι η μερική διείδυση του μαγνητικού πεδίου οφείλεται στην μικρή

ηλεκτρική αντίσταση των υπεραγωγών. Σωστά απάντησαν δώδεκα μαθητές τρεις έδωσαν λανθασμένη απάντηση και πέντε δεν απάντησαν. Με εκτέλεση της προσομοίωσης μετέβαλλαν την θερμοκρασία του υπεραγωγού και όλοι οι μαθητές διαπίστωσαν τις μεταβολές των κρίσιμων εντάσεων. Έπειτα ζητήθηκε από τους μαθητές να προβλέψουν την φορά των υπερρευμάτων στην ενδιάμεση κατάσταση του υπεραγωγού με τη βοήθεια των γνώσεων τους από τον ηλεκτρομαγνητισμό. Σωστά απάντησαν 17 μαθητές και όλοι διαπίστωσαν την φορά των υπερρευμάτων μέσω της προσομοίωσης. Στο 2^ο φύλλο εργασίας όλοι οι μαθητές προσδιόρισαν τις κρίσιμες εντάσεις για δεδομένη θερμοκρασία παρατηρώντας τις μεταβολές της μορφής των δυναμικών γραμμών του μαγνητικού πεδίου. Τέλος οι μαθητές προσπάθησαν να προβλέψουν τη μεταβολή του αριθμού των νημάτων στην κατάσταση στροβίλων με την αύξηση της έντασης του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου. Σωστή πρόβλεψη έκαναν δεκατέσσερις μαθητές, δύο απάντησαν ότι δεν μεταβάλλεται ο αριθμός των νημάτων και τέσσερις ότι είναι τυχαία η μεταβολή αυτή. Στο τέλος οι μαθητές πραγματοποίησαν εικονικό πείραμα με την βοήθεια της προσομοίωσης και διαπίστωσαν την αναλογία του αριθμού των νημάτων με την ένταση του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου.

Στην δεύτερη προσομοίωση για την μαγνητική αιώρηση επετράπη ο προσδιορισμός της σχέσης που συνδέει το ύψος στο οποίο αιωρείται ένας μόνιμος μαγνήτης πάνω από μια υπεραγωγίμη πλάκα συναρτήσει της συνολικής κατακόρυφης δύναμης που δέχεται προς τα κάτω. Στην προσομοίωση επιλέχτηκαν τρισδιάστατα γραφικά ενσωματώνοντας εικόνες, τα οποία έδωσαν ρεαλιστική εικόνα στο εικονικό πείραμα χωρίς να παρεμποδίζεται η διαδικασία μετρήσεων. Συνδυαστικά με την προσομοίωση χρησιμοποιήθηκαν πειραματικά video τόσο για εισαγωγική πρόκληση ενδιαφέροντος των μαθητών, όσο και ως εργαλεία κατά την διαδικασία της πρόβλεψης ενός φαινομένου με την διακοπή και επανεκκίνηση της προβολής τους. Ακολούθησε πειραματική καθοδηγούμενη ανακάλυψη και είχε ως πυρήνα τρία φύλλα εργασίας. Το φιλικό και ελκυστικό γραφικό περιβάλλον της προσομοίωσης του σεναρίου «Μαγνητική αιώρηση μόνιμου μαγνήτη πάνω από υπεραγωγό τύπου I» βοήθησε αρχικά στην γρήγορη και αποδοτική εξοικείωση των μαθητών με την εφαρμογή. Στη συνέχεια για δεδομένη τιμή της μαγνητικής ροπής και της μάζας του μόνιμου μαγνήτη και μεταβάλλοντας την κατακόρυφη προς τα κάτω δύναμη σ' αυτόν, πήραν είκοσι μετρήσεις του ύψους αιώρησης του για να προσδιορίσουν γραφικά τον εκθέτη της σχέσης κατακόρυφης δύναμης και ύψους αιώρησης μέσω λογαριθμικού διαγράμματος. Τυχαία σφάλματα μετρήσεων προέκυψαν από την υποκειμενική εκτίμηση της

μέτρησης του ύψους μέσω του κατακόρυφου βαθμολογημένου κανόνα καθώς και της ακριβούς θέσης του μόνιμου μαγνήτη που προσδιορίζεται μέσω λεπτής δέσμης laser. Στα αποτελέσματα 14 μαθητών το σφάλμα κυμάνθηκε μεταξύ 3% και 5% ενώ των υπολοίπων 6 από 5% έως 9%.

Στην διδακτική παρέμβαση των ερευνητών ο διδακτικός μετασχηματισμός δεν δηλώνεται σαφώς, παρόλα αυτά η εισαγωγή του σύγχρονου θέματος της υπεραγωγιμότητας μέσω οπτικής απεικόνισης, μαρτυρά την ύπαρξη του. Πιο συγκεκριμένα, οι ερευνητές μελέτησαν την έννοια της υπεραγωγιμότητας μέσω εικονικών πειραμάτων, χρησιμοποιώντας δυο εικονικές προσομοιώσεις για την υπεραγωγιμότητα τύπου II και την μαγνητική αιώρηση, όπως περιγράψαμε παραπάνω. Παράλληλα με τις προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκαν και αντίστοιχα βίντεο, για την εξήγηση της έννοιας. Ο μετασχηματισμός περιεχομένου αυτού του σύγχρονου θέματος φυσικής έγκειται στα εικονικά πειράματα καθώς δεν θα ήταν εφικτή η διδασκαλία αυτών των προσομοιώσεων σε πραγματικά εργαστήρια.

Στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης, προτείνεται όμως να εφαρμοστούν οι προσομοιώσεις σε Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο είτε σε τροποποίηση του αναλυτικού προγράμματος είτε στα πλαίσια ομίλων. Τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά και συμβαδίζουν με μια εφαρμογή πεδίου που πραγματοποιήθηκε στην Ιταλία χρησιμοποιώντας άλλες προσομοιώσεις. Η ένταξη της υπεραγωγιμότητας στην ύλη της Γ' λυκείου θα αποτελέσει γέφυρα μεταξύ κλασσικού ηλεκτρομαγνητισμού και σύγχρονης Φυσικής.

5^η Έρευνα

Καραγιάννη, Χ. & Ψύλλος, Δ. (2015). «Μελέτη της ανάπτυξης δεξιοτήτων πειραματικού σχεδιασμού από μαθητές Ε΄ Δημοτικού στο πλαίσιο μιας διερευνητικής διδακτικής ακολουθίας». Στο: Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη (επιμ.). Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 8-10 Μαΐου 2015 (σελ.315-321). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Οι Καραγιάννη και Ψύλλος στην έρευνα τους σχεδίασαν και εφάρμοσαν μια διερευνητική διδακτική ακολουθία με αντικείμενο την ανάπτυξη δεξιοτήτων πειραματικού σχεδιασμού. Η διδακτική μαθησιακή ακολουθία διήρκησε 14 ώρες και στηρίχτηκε στο διδακτικό μοντέλο Διερευνητικές Διαδρομές (ΔΙΕΔΙΑ) εστιάζοντας στα φαινόμενα της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός και της σκιάς. Στην αρχή εφαρμόστηκε καθοδηγούμενη διερεύνηση και έπειτα ανοιχτή διερεύνηση. Κατά την διάρκεια της καθοδηγούμενης διερεύνησης οι μαθητές εξοικειώθηκαν με ένα εργαλείο πειραματικού σχεδιασμού. Η ΔΜΑ απευθύνονταν σε 14 μαθητές Ε΄ τάξης Δημοτικού. Κύριος στόχος της έρευνας ήταν να μελετήσει κατά πόσο η ρητή διδασκαλία της δεξιότητας του πειραματικού σχεδιασμού, μέσα από μία καθοδηγούμενη διερευνητική διαδικασία, μπορεί να οδηγήσει στην ενίσχυση της δεξιότητας του πειραματικού σχεδιασμού στην περιοχή της οπτικής και κατά πόσο η ενίσχυση της δεξιότητας του πειραματικού σχεδιασμού από μία καθοδηγούμενη διερευνητική διαδικασία, είναι ικανή να βοηθήσει τους μαθητές να σχεδιάσουν μόνοι τους τη διερεύνηση ενός φαινομένου στην περιοχή της οπτικής στο πλαίσιο μιας ανοιχτής διερευνητικής διαδικασίας.

Πιο αναλυτικά η ΔΜΑ ακολούθησε τις φάσεις του μοντέλου ΔΙΕΔΙΑ για τη διδασκαλία της φύσης του φωτός και της σκιάς. Το μοντέλο ΔΙΕΔΙΑ αποτελείται από επτά φάσεις (περιέργεια, απορία, πρόβλημα- Διατύπωση βασικών και παράγωγων ερωτημάτων- Σχεδιασμός-Εφαρμογή- Συμπέρασμα- Ανακοίνωση- Αναστοχασμός). Η διδακτική παρέμβαση συνολικής διάρκειας 14 ωρών πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Αρχικά εφαρμόστηκε καθοδηγούμενη διερεύνηση (διάρκειας επτά ωρών) για την διδασκαλία της φύσης του φωτός και στη συνέχεια (επτά ώρες) ανοιχτή διερεύνηση για την διδασκαλία του φαινομένου της αλλαγής του μεγέθους της σκιάς, εστιάζοντας στη φάση του πειραματικού σχεδιασμού. Ο λόγος σχεδιασμού και ανάπτυξης της παρούσας ΔΜΑ ήταν η δυσκολία των μαθητών να προχωρήσουν στον πειραματικό σχεδιασμό χωρίς καθοδήγηση.

Όσον αφορά το περιεχόμενο της ΔΜΑ, η διαδικασία περιελάμβανε τα ακόλουθα βήματα: κατά την καθοδηγούμενη διερεύνηση δόθηκε γραπτό pre test που ζητούσε από τους μαθητές να περιγράψουν τι θα έκαναν για να σχεδιάσουν ένα πείραμα. Οι απαντήσεις στο pre test έδειξαν ότι οι μαθητές μπερδεύουν τον πειραματικό σχεδιασμό, με τις ενέργειες που απαιτούνται για την υλοποίηση του (εφαρμογή του πειράματος). Επίσης συγχέουν τον πειραματικό σχεδιασμό με την διατύπωση επιστημονικά προσανατολισμένων ερωτημάτων. Συμπερασματικά παρατηρούμε πως

ο πειραματικός σχεδιασμός συγγέεται γενικότερα με την ερευνητική διαδικασία καθώς οι μαθητές θεωρούν πως η διατύπωση επιστημονικών ερωτημάτων, η επιλογή της ερευνητικής μεθόδου και η διατύπωση συμπερασμάτων εντάσσονται μέσα στο πειραματικό σχέδιο.

Η ρητή καθοδηγούμενη διδασκαλία στηρίχτηκε στη δημιουργία ενός «εργαλείου σχεδιασμού», ενταγμένο σε φύλλο εργασίας, το οποίο βασιζόταν στις 8 διαστάσεις. Από το πλαίσιο των 8 διαστάσεων, από τις οποίες επιλέχθηκαν μόνο οι 6, ενώ σκόπιμα δεν χρησιμοποιήθηκαν οι 2 διαστάσεις, οι οποίες αντικαταστάθηκαν από νέες. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν οι 6 διαστάσεις «περιγραφή αρχικών συνθηκών», «περιγραφή φαινομένων», «περιγραφή διαδικασίας», «επιλογή υλικών», «τρόπος τοποθέτησης των υλικών» και «αναγνώριση μεταβλητών» και οι φάσεις «σηματισμός υπόθεσης» και «έλεγχος της υπόθεσης» αντικαταστάθηκαν από την «πρόβλεψη» και την «έρευνα στις πηγές». Στόχος ήταν η κατανόηση και εφαρμογή του από τους μαθητές. Κατά την καθοδηγούμενη διδασκαλία, στη διάρκεια της φάσης του σχεδιασμού οι μαθητές κατά ομάδες καθοδηγούμενοι από την εκπαιδευτικό ανέπτυξαν τον σχεδιασμό πειραμάτων για τη διάδοση του φωτός ακολουθώντας το φύλλο εργασίας. Στο τέλος της φάσης αυτής δόθηκε σε κάθε μαθητή το 1^ο post test («Τι έκανες για να σχεδιάσεις το πείραμα;»). Από τις απαντήσεις στο 1^ο post test διαπιστώθηκε ότι οι 14 μαθητές μετά την ρητή καθοδηγούμενη διδασκαλία ήταν σε θέση να ανακαλέσουν και τις 8 διαστάσεις του εργαλείου πειραματικού σχεδιασμού για να περιγράψουν τη διαδικασία που ακολούθησαν κατά τον σχεδιασμό των πειραμάτων τους. Κατά την ανοιχτή διερεύνηση οι μαθητές ανέπτυξαν τα πειραματικά τους σχέδια, για το μέγεθος της σκιάς, χωρίς καθοδήγηση, και στο τέλος συμπλήρωσαν το 2^ο test («Τι έκανες για να σχεδιάσεις το πείραμα;»). Από τις απαντήσεις στο 2^ο post test διαπιστώθηκε ότι και οι 14 μαθητές χρησιμοποίησαν τις 4 μόνο διαστάσεις (δηλαδή την «επιλογή υλικών», τον «τρόπο τοποθέτησης των υλικών», την «αναγνώριση των μεταβλητών» και την «περιγραφή της διαδικασίας»), ενώ οι υπόλοιπες διαστάσεις είτε δεν χρησιμοποιήθηκαν, είτε δυσκόλεψαν τους μαθητές.

Με βάση τα προαναφερθέντα, η διδακτική παρέμβαση των ερευνητών αξιοποιεί διδακτικό μετασχηματισμό περιεχομένου, ο οποίος δεν δηλώνεται ρητά. Παρόλα αυτά τα μοντέλα ρητής διδασκαλίας του πειραματικού σχεδιασμού και της διερεύνησης (ΔΙΕΔΙΑ) που καθοδηγούν τους μαθητές τι να κάνουν αποτελούν τον διδακτικό μετασχηματισμό της παρούσας έρευνα. Η καινοτομική τους προσέγγιση στηρίζεται στο μοντέλο διερευνητικές διαδρομές το οποίο

αποτελείται από τις 7 φάσεις ,οι οποίες αναφέρθηκαν παραπάνω. Με βάση το μοντέλο αυτό διευκολύνεται η μάθηση των μαθητών στον πειραματικό σχεδιασμό μέσω ρητής διδασκαλίας των βημάτων του.

Ολοκληρώνοντας, στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης, παρόλα αυτά η δεξιότητα πειραματικού σχεδιασμού μπορεί να αναπτυχθεί και στους μαθητές του Δημοτικού όπως και στους μαθητές του Γυμνασίου. Τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν ότι οι μαθητές βελτίωσαν την δεξιότητα του πειραματικού σχεδιασμού με αποτέλεσμα να περιοριστούν οι δυσκολίες της ανοιχτής διερεύνησης. Η βελτίωση υπογραμμίζεται από το γεγονός ότι έγινε κατανοητή από τους μαθητές η διάκριση ανάμεσα στις έννοιες σχεδιασμός και εφαρμογή του πειράματος και από την κατανόηση και την εφαρμογή των 8 διαστάσεων πειραματικού σχεδιασμού. Κατά την καθοδηγούμενη διδασκαλία οι μαθητές συνειδητοποίησαν τι σημαίνει πειραματικός σχεδιασμός και φάνηκε ότι κατανόησαν το εργαλείο πειραματικού σχεδιασμού. Κατά την ανοιχτή διδασκαλία, οι μαθητές εφαρμόζοντας το εργαλείο πειραματικού σχεδιασμού, μπόρεσαν να δημιουργήσουν χωρίς καθοδήγηση πειραματικά σχέδια, στα οποία ενσωμάτωσαν τις περισσότερες από τις 8 διαστάσεις. Η καθοδηγούμενη διερεύνηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σκαλοπάτι για την μετάβαση στην ανοιχτή διερεύνηση. Στην προκειμένη περίπτωση στην έρευνα των Καραγιάννη και Ψύλλου σκαλοπάτι αποτέλεσε η μετατροπή πλαισίου των 8 διαστάσεων αξιολόγησης του πειραματικού σχεδιασμού ως εργαλείο ρητής διδασκαλίας του πειραματικού σχεδιασμού.

6^η Έρευνα

Μαγουλιώτης, Α. & Τσουκαλά, Κ. (2013). «Οι Φυσικές Επιστήμες και τα Εικαστικά συνεργάζονται για την ανίχνευση και αξιοποίηση ιδεών και γνώσεων των νηπίων σχετικά με τους ζωντανούς οργανισμούς». Στο: Δ. Βαβουγιός & Σ. Παρασκευόπουλος, (επιμ.). Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 26-28 Απριλίου 2013 (σελ.512-521). Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Οι Μαγουλιώτης και Τσουκαλά σχεδίασαν και εφάρμοσαν μια ΔΜΑ με αντικείμενο την μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ των φυσικών επιστημών και των εικαστικών τεχνών, καθώς και τη επίδραση που ασκούν οι εκπαιδευτικές προσεγγίσεις στην αξιοποίηση των γνώσεων που αποκτούν τα παιδιά. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκαν τρόποι για την προσέγγιση της μάθησης, με τους οποίους τα νήπια μπορούν να μάθουν να διακρίνουν τα βασικά παρατηρήσιμα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά των ζωντανών οργανισμών (πουλιά) και τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να τα εκφράσουν. Η ΔΜΑ εφαρμόστηκε σε 16 παιδιά τάξης νηπιαγωγείου ηλικίας 5 έως 6 ετών της 12^{ης} Εκπαιδευτικής Περιφέρειας Λάρισας. Κύριος στόχος της έρευνας ήταν η διερεύνηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των Φυσικών Επιστημών και των Εικαστικών στην ανίχνευση, αξιοποίηση και αξιολόγηση ιδεών των παιδιών, ώστε να ενσωματώνονται λειτουργικά στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό του προγράμματος του νηπιαγωγείου, στα πλαίσια μιας διαφορετικής παιδαγωγικής προσέγγισης.

Πιο αναλυτικά η παρούσα ΔΜΑ ακολούθησε στο φυσικό χώρο της τάξης μια πειραματική ερευνητική προσέγγιση, όπου οι απαντήσεις των παιδιών συγκρίνονται πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την πειραματική συνθήκη. Για την πραγματοποίηση της διδακτικής παρέμβασης χρησιμοποιήθηκε σχετικό έντυπο υλικό (φωτογραφικό λεύκωμα, ποιήματα, παιδαγωγικό παιχνίδι λογικής ακολουθίας, ομοιώματα πελαργού και χελιδονιού), καθώς και μέσα εικαστικής έκφρασης (χαρτιά, μαρκαδόροι κ.ά.). Για την διερεύνηση των τρόπων προσέγγισης της μάθησης, με τους οποίους τα νήπια μαθαίνουν να διακρίνουν τα βασικά παρατηρήσιμα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά των ζωντανών οργανισμών (πουλιά) και τους τρόπους με τους οποίους τα εκφράζουν, επιλέχθηκε να εξεταστούν και να παρουσιαστούν οι εξής υποθέσεις: αρχικά αν υπάρχει συνεργασία μεταξύ Φυσικών Επιστημών και Εικαστικών Τεχνών, οι οποίες συμβάλλουν στην ανίχνευση, αξιοποίηση κι εφαρμογή γνώσεων των νηπίων και δεύτερον αν οι εκπαιδευτικές προσεγγίσεις επηρεάζουν την αξιοποίηση των γνώσεων που αποκτούν οι μαθητές.

Όσον αφορά το περιεχόμενο της ΔΜΑ, αυτή χωρίστηκε σε τέσσερις φάσεις. Η 1^η φάση διήρκεσε 20 λεπτά και σχετιζόταν με την ανίχνευση και την αποτύπωση του βασικού επιπέδου γνώσεων των παιδιών σχετικά με το θέμα, όπου κλήθηκαν να ζωγραφίσουν πελαργούς και χελιδόνια, με όποιο τρόπο μπορούσαν (pre test). Η 2^η φάση διήρκεσε 30 λεπτά. Η εκπαιδευτικός διάβασε δύο ποιήματα στα παιδιά, παρέχοντας νέες πληροφορίες σχετικά με πελαργούς και χελιδόνια και στη συνέχεια κάλεσε τα παιδιά να ζωγραφίσουν ότι τους έκανε εντύπωση σχετικά

με τα πουλιά. Η 3^η φάση είχε διάρκεια μια 1 ώρα και 15 λεπτά. Στη συγκεκριμένη φάση τα παιδιά παρατήρησαν και επεξεργάστηκαν σχετικό εποπτικό (φωτογραφικό λεύκωμα) και έπαιξαν με παιδαγωγικό υλικό, δραματοποιώντας ρόλους και συμπεριφορές πελαργών και χελιδονιών. Η 4^η φάση διήρκησε 1 ώρα και 45λεπτά, όπου τα παιδιά είδαν στην αυλή του σχολείου χελιδόνια, πελαργούς και τις φωλιές τους, παρατήρησαν κι επεξεργάστηκαν ξύλινα ομοιώματα πελαργού και χελιδονιού. Στη συνέχεια έφτιαξαν κολλάζ με έργα ζωγραφικής, εφαρμόζοντας τις γνώσεις που είχαν αποκομίσει σε νέα πλαίσια (post test). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι προχωρώντας από τη μια φάση στην επόμενη, τα παιδιά αντιλαμβάνονται και αποδίδουν καλύτερα στο χαρτί τα χαρακτηριστικά των πουλιών (σχήμα, εξωτερικά χαρακτηριστικά, μορφές σχετικές με τον βιότοπό τους κλπ.).

Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω ο διδακτικός μετασχηματισμός περιεχομένου υπονοείται μέσα από την ΔΜΑ, χωρίς να δηλώνεται ρητά. Η μελέτη των ζωντανών οργανισμών εμπεριέχεται ως διδακτική ενότητα στη μαθησιακή περιοχή των ΦΕ καθώς αποτελεί ένα θέμα συγκεκριμένο και οικείο για τα παιδιά μικρών ηλικιών . Στη παρούσα ΔΜΑ δεν ακολουθείται μια παραδοσιακή διδασκαλία αλλά αντίθετα προτείνεται μια διαφορετική προσέγγιση στην οποία εξετάζεται και παρουσιάζεται η στενή αλληλεπίδραση των ΦΕ και των εικαστικών τεχνών. Συγκεκριμένα μελετώνται τα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά του πελαργού και των χελιδονιών με την χρήση μοντέλων και προσομοιωμάτων σε συνδυασμό με εκπαιδευτικά εργαλεία όπως έντυπα υλικά-φωτογραφίες-ποιήματα. Μέσα από τις δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν αναδείχτηκε το πόσο σημαντική είναι η επίδραση των εικαστικών τεχνών στην αντίληψη και στην αξιοποίηση των αντιλήψεων και γνώσεων των νηπίων.

Ολοκληρώνοντας, στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης, εντούτοις γίνεται φανερό η σημασία της λειτουργικής ενσωμάτωσης τεχνικών αντίληψης, αξιοποίησης και αξιολόγησης από τους χώρους των Εικαστικών στη διδασκαλία θεμάτων από τις Φυσικές Επιστήμες, στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό του προγράμματος του νηπιαγωγείου, στα πλαίσια μιας διαφοροποιημένης παιδαγωγικής προσέγγισης. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι οι Εικαστικές τέχνες παρακολουθούν το πώς τα παιδιά αντιλαμβάνονται τους ζωντανούς οργανισμούς (χελιδόνια, πελαργούς) στο φυσικό τους περιβάλλον, διακρίνοντας τα εξωτερικά βασικά παρατηρήσιμα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους. Τονίζεται επίσης, ότι η εκπαιδευτική

προσέγγιση επηρεάζει την αξιοποίηση των νέων γνώσεων, επομένως πρέπει να τη λαμβάνουμε σοβαρά υπόψη στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό.

7^η Έρευνα

Δημητρίου, Θ. (2013) «Οι κατασκευές και το παιχνίδι στις Φυσικές Επιστήμες: Το παράδειγμα των μορφών και εναλλακτικών μορφών ενέργειας». Στο: Δ. Βαβουγιός, & Σ. Παρασκευόπουλος (επιμ.). Πρακτικά 8^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 26-28 Απριλίου 2013 (σελ.1044-1048), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Στην έρευνα του ο Δημητρίου παρουσιάζει ένα περιβαλλοντικό πρόγραμμα με θέμα «Μορφές Ενέργειας», στο οποίο συμμετείχαν μαθητές της Ε΄ δημοτικού. Στο πλαίσιο αυτού του προγράμματος οι μαθητές δημιούργησαν δυο κατασκευές σχετικές με τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Μια αναφορά σε έναν ηλιακό συσσωρευτή και μια επίσκεψη σε ένα υδροηλεκτρικό εργοστάσιο ήταν εκείνα που ώθησαν τους μαθητές στο να κατασκευάσουν έναν ηλιακό φούρνο και ένα μικρό υδροηλεκτρικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι στόχοι του προγράμματος ήταν τόσο να καταλάβουν οι μαθητές την έννοια της ενέργειας και τη μετατροπή της σε διαφορές μορφές, να γνωρίσουν τις αποθήκες – πηγές ενέργειας καθώς και τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας, να μάθουν μέσα από την κατασκευή, το πείραμα και το παιχνίδι, να ενισχυθεί η ομαδο-συνεργατικότητα τους και να γνωρίσουν το μικρόκοσμο.

Τα στάδια του προγράμματος ήταν τα ακόλουθα:

α) κατανόηση της θεωρίας σχετικά με τις μορφές ενέργειας και τις μετατροπές της με την βοήθεια των σχολικών εγχειριδίων, ηλεκτρονικών εγκυκλοπαιδειών και του εκπαιδευτικού λογισμικού «SOS Ενέργεια»,

β) κατασκευή ηλιακών φούρνων και ενός μικρού υδροηλεκτρικού σταθμού,

γ) δυο παιχνίδια και μια παράσταση του καραγκιόζη μέσα από τα οποία οι μαθητές εξασκήθηκαν και αυτό- αξιολογήθηκαν πάνω στις έννοιες της ενέργειας.

Τα παιδιά μέσα από την πρώτη κατασκευή του ηλιακού φούρνου (η ιδέα προέκυψε από μια ερώτηση ενός μαθητή «Γιατί, κύριε, λέμε αυτός ψήθηκε από τον ήλιο;»), παρατήρησαν ότι ο ήλιος αποτελεί πηγή ενέργειας ή οποία εάν την εκμεταλλευτούμε με τον σωστό θα μπορούσαμε να πάρουμε ενέργεια για την διευκόλυνση της ζωής μας. Κατασκεύασαν τον φούρνο από δύο κουτιά παπουτσιών, χρησιμοποιώντας μια χαρτοταινία, ένα κοπίδι, ένα κομμάτι αλουμινόχαρτο, ένα κομμάτι καθρέφτη, δύο θερμομέτρα, δύο κομμάτια διαφάνειας και δύο αυγά. Το ερώτημα που τέθηκε προς μελέτη ήταν σε ποιο από τα δυο υλικά, στο αλουμινόχαρτο ή στο καθρέφτη θα ήταν μεγαλύτερη η αύξηση της θερμοκρασίας στο κουτί, λόγω της αντανάκλασης των ηλιακών ακτινών. Έτσι, θα παρατηρούσαν εάν το αυγό θα άρχιζε να ψήνεται και εάν ο ήλιος δίνει τόση θερμότητα που να μπορεί να ψηθεί το αυγό. Οι μαθητές παρατήρησαν ότι στον ηλιακό φούρνο που είχε κατασκευαστεί με τον καθρέφτη η θερμοκρασία του κουτιού έφτασε στους 45°C ενώ στον ηλιακό φούρνο που είχε το αλουμινόχαρτο η θερμοκρασία δεν ξεπέρασε τους 22°C μέσα στο ίδιο χρονικό διάστημα. Μέσω της κατασκευής τους οι μαθητές κατανόησαν τις εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας που υπάρχουν ήδη με τους ηλιακούς συσσωρευτές ενέργειας ή αλλιώς τους ηλιακούς θερμοσίφωνες. Από την δεύτερη κατασκευή τους, του μικρού υδροηλεκτρικού σταθμού, οι μαθητές κατανόησαν την μετατροπή ενέργειας σε διάφορες μορφές της. Πιο συγκεκριμένα, κατασκευάστηκε ένας υδροηλεκτρικός σταθμός από τους μαθητές ώστε να διαπιστώσουν πως το νερό μπορεί να δώσει ηλεκτρικό ρεύμα. Το λαμπάκι που βρισκόταν στο πίσω μέρος της κατασκευής άναβε καθώς το νερό έπεφτε από ύψος και το δυναμό γύριζε με τη βοήθεια του «νερόμυλου». Έτσι οι μαθητές παρατηρούσαν τις μετατροπές ενέργειας που συνέβαιναν, όπου η δυναμική ενέργεια του νερού λόγω ύψους γινόταν κινητική όταν χτυπούσε τον στρόβιλο και στη συνέχεια ηλεκτρική μέσω της γεννήτριας ενέργειας. Τα παιδιά ολοκλήρωσαν το πρόγραμμα με την δημιουργία δυο παιχνιδιών και μια μικρής παράστασης. Το φιδάκι της ενέργειας και η μονόπολη, όπου τα πiónια των παιχνιδιών ήταν τα ίδια τα παιδιά, είχαν ως στόχο την αξιολόγηση των όσων έμαθαν μέσα από το πρόγραμμα. Τέλος, τα ίδια τα παιδιά θέλοντας να μεταδώσουν τις γνώσεις τους έστησαν μια μικρή παράσταση «Ο Καραγκιόζης Οικολόγος», όπου όλοι οι διάλογοι ήταν προσαρμοσμένοι στο να δίνουν πληροφορίες για την ενέργεια και για τις εναλλακτικές μορφές της.

Από την έρευνα του Δημητρίου γίνεται φανερό πως η παραδοσιακή διδασκαλία του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο μπορεί να αντικατασταθεί από την κατασκευή και το παιχνίδι. Μέσα από τις κατασκευές και το παιχνίδι απαντήθηκαν και ξεπεράστηκαν με

επιτυχία όλες οι απορίες των μαθητών και οι εναλλακτικές τους ιδέες. Όσον αφορά τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, αυτές δεν αναφέρονται ρητά από τον ερευνητή. Η ενέργεια αποτελεί μια αφηρημένη έννοια και η κατανόηση της καθίσταται αρκετά δύσκολη από τους μαθητές. Η βασική εννοιολογική δυσκολία που μπορεί να προκύψει από την ερευνά του είναι ότι η αφηρημένη έννοια ενέργεια είναι δύσκολο να κατανοηθεί και έτσι η χρήση του ηλιακού φούρνου και του υδροηλεκτρικού σταθμού βοηθούν στη κατάκτηση της.

Με βάση τα προαναφερθέντα η παρούσα ΔΜΑ αξιοποιεί διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου, ο οποίος υπονοείται μέσα από την ΔΜΑ αλλά δεν δηλώνεται ρητά. Αναλυτικότερα, πραγματοποιείται μια βιωματική περιγραφή των μορφών ενέργεια και των μετατροπών της, μέσω των κατασκευών. Μελετώνται οι μετατροπές της, πιο συγκεκριμένα η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα στην περίπτωση του ηλιακού φούρνου και η μετατροπή της κινητικής και δυναμικής ενέργειας σε ηλεκτρική στη περίπτωση του υδροηλεκτρικού σταθμού. Έτσι πραγματοποιείται μια ποιοτική και βιωματική περιγραφή της επιστημονικής έννοιας της ενέργειας. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν ως εκπαιδευτικά εργαλεία ηλεκτρονικές εγκυκλοπαίδειες, εκπαιδευτικά λογισμικά και ειδικά εκπαιδευτικά βίντεο που αφορούν την έννοια της ενέργειας και της μορφές της. Γι' αυτό τον λόγο δεν εφαρμόστηκε η παραδοσιακή διδασκαλία με μια απλή αναφορά στους επιστημονικούς όρους της ενέργειας (π.χ. ενέργεια είναι η ικανότητα ενός σώματος προς παραγωγή έργου) αλλά αντιθέτως επιχειρήθηκε ένας μετασχηματισμός που περιλαμβάνει πειραματικό σχεδιασμό και πειραματικές διαδικασίες μέσω των οποίων γίνεται πιο κατανοητή η δύσκολη επιστημονική έννοια της ενέργειας.

8^η Έρευνα

Παντούλα, Χ., Σταύρου, Ο., Γεωργόπουλος, Κ. & Κώτσης, Κ. (2015). «Σύγκριση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία για την αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών στο εκκρεμές». Στο: Δ. Ψύλλος, Α. Μολογίδης & Μ. Καλλέρη, (επιμ.). Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 8-10 Μαΐου 2015 (σελ.404-410). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Οι Παντούλα, Σταύρου, Γεωργόπουλος και Κώτσης δημιούργησαν και εφάρμοσαν μία έρευνα με θέμα την επίδραση δυο διδακτικών προσεγγίσεων που αφορούν την αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών στο απλό εκκρεμές. Η έρευνα υλοποιήθηκε σε 38 μαθητές της Γ' τάξης σε Γυμνάσιο των Ιωαννίνων. Τα παιδιά χωρίστηκαν σε δυο τμήματα, 20 και 18 ατόμων, ισοδύναμης απόδοσης. Κύριος στόχος της έρευνας τους, ήταν να συγκρίνουν εάν τα πραγματικά και τα εικονικά πειράματα είναι αποτελεσματικά στην αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών σχετικά με την περίοδο του απλού εκκρεμούς.

Συγκεκριμένα, μελετάται η επίδραση των δύο διαφορετικών διδακτικών προσεγγίσεων στις εναλλακτικές ιδέες που ακολουθούν :

1. Η εξάρτηση της περιόδου από το πλάτος.
2. Η περίοδος του εκκρεμούς είναι μικρότερη όσο βαρύτερο είναι το κρεμασμένο σώμα.
3. Η περίοδος είναι ανεξάρτητη από το μήκος του νήματος.

Σχετικά με το περιεχόμενο της έρευνας, αρχικά δόθηκαν ερωτηματολόγια με 3 ερωτήσεις, με στόχο την ανίχνευση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών όσον αφορά την εξάρτηση της περιόδου του απλού εκκρεμούς από το πλάτος της ταλάντωσης, τη μάζα του σώματος και το μήκος του νήματος. Αμέσως μετά τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, το πρώτο τμήμα, των 20 μαθητών (ομάδα 1) εργάστηκε στο πραγματικό εργαστήριο ενώ το δεύτερο τμήμα (ομάδα 2) στο εικονικό εργαστήριο κάνοντας τις ίδιες δραστηριότητες. Έπειτα από τέσσερις εβδομάδες οι μαθητές συμπλήρωσαν τα ίδια ερωτηματολόγια με στόχο την διαπίστωση της αναδόμησης ή όχι των εναλλακτικών ιδεών.

Στο εικονικό εργαστήριο χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση "εργαστήριο εκκρεμούς" από την ηλεκτρονική διεύθυνση <https://phet.colorado.edu/el/simulations/translated/el>. Η πειραματική διαδικασία στο πραγματικό εργαστήριο περιελάμβανε μια κατασκευή απλού εκκρεμούς με έναν ορθοστάτη, βαρίδια, νήμα και χρονόμετρα. Τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων στις δύο πρώτες ερωτήσεις φτάσανε στο ίδιο επίπεδο ενώ στην τρίτη ερώτηση εμφανίζεται βελτιωμένο το ποσοστό στο εικονικό εργαστήριο.

Κατά την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων, αναφέρεται ότι οι μαθητές δυσκολεύονται στον χειρισμό των πραγματικών οργάνων και διατάξεων, δίνεται περιορισμένη δυνατότητα δημιουργίας δυναμικών καταστάσεων και συνδυασμού πολλών μεταβλητών ώστε οι μαθητές να

διερευνούν όλες τις φυσικές ποσότητες που επηρεάζουν το φαινόμενο που μελετούν και απαιτείται κατάλληλος χώρος και χρόνος στην πλήρως καθοδηγούμενη οργάνωση και εκτέλεση των πειραμάτων.

Με βάση τα προαναφερθέντα, η διδακτική παρέμβαση των ερευνητών αξιοποιεί διδακτικό μετασχηματισμό περιεχομένου, ο οποίος δεν δηλώνεται ρητά, αλλά υπονοείται μέσα από την περιεχόμενο της έρευνας. Αναλυτικότερα, η διδακτική τους παρέμβαση στηρίζεται σε συγκεκριμένη επιλογή επιστημονικού περιεχομένου, δηλαδή επικεντρώνεται στην αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών όσον αφορά την περίοδο του απλού εκκρεμούς χρησιμοποιώντας δυο διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις, δραστηριότητες των μαθητών στο πραγματικό και στο εικονικό εργαστήριο. Η κατανόηση της επιστημονικής γνώσης γίνεται μέσω ενός μοντέλου- εκκρεμές από νήμα και βαρίδια στο πραγματικό εργαστήριο και μέσω ειδικής προσομοίωσης «εργαστήριο εκκρεμούς» στο εικονικό εργαστήριο. Η εξάρτηση της περιόδου του απλού εκκρεμούς από τα μεγέθη μάζα βαριδίου, πλάτος ταλάντωσης και μήκος νήματος παρουσιάζονται πειραματικά και μόνο λεκτικά χωρίς να γίνεται καμία αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό ($T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$).

Οι δυσκολίες των μαθητών, που αναφέρονται κατά την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων είναι ότι απλουστεύουν σύνθετα συστήματα και φαινόμενα και δίνουν την εντύπωση στους μαθητές ότι οι συνθήκες είναι πάντα εύκολα ελεγχόμενες και στον πραγματικό κόσμο. Επίσης δεν συνειδητοποιούν ότι οι προσομοιώσεις είναι αναπαραστάσεις της θεωρίας. Η μη άμεση χρήση πραγματικών υλικών και η μη επιλογή από τους ίδιους τους μαθητές στοιχείων σχετικών με το αντικείμενο της μελέτης τους βάζει εμπόδια στην ουσιαστική διαδικασία της μάθησης. Τέλος πολλές φορές χρησιμοποιούνται εντυπωσιακές εφαρμογές που ίσως κρατούν ζωντανό το ενδιαφέρον των μαθητών αλλά χωρίς υψηλά μαθησιακά αποτελέσματα και δεν πιστεύουν ότι οι αρχές και οι νόμοι που προκύπτουν από τα εικονικά πειράματα ισχύουν και στον πραγματικό κόσμο.

Καταλήγοντας, στη διδακτική παρέμβαση δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης παρόλα αυτά προτείνεται η χρήση της συνέντευξης ως εργαλείο που θα βοηθούσε και θα αποτύπωνε με μεγαλύτερη σαφήνεια τις αντίστοιχες εναλλακτικές ιδέες και πιθανόν να διαφοροποιούσε τις δύο διδακτικές παρεμβάσεις. Αναφορικά με την αποτελεσματικότητα της

διδασκτικής παρέμβασης, μετά την εφαρμογή των διδασκτικών προσεγγίσεων παρατηρήθηκε μείωση των εναλλακτικών ιδεών και στο πραγματικό και στο εικονικό εργαστήριο. Φαίνεται ότι και οι δύο διδασκτικές προσεγγίσεις επιδρούν περίπου το ίδιο στην μείωση των εναλλακτικών ιδεών με ιδέες σύμφωνες με τις επιστημονικές. Πιο συγκεκριμένα, στις δύο πρώτες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (μελέτη της εξάρτησης της περιόδου από το πλάτος ταλάντωσης και την μάζα του σώματος) τα ποσοστά στις σωστές απαντήσεις έφτασαν στο ίδιο επίπεδο ενώ στην τρίτη ερώτηση (εξάρτηση της περιόδου από το μήκος του νήματος) εμφανίζεται βελτιωμένο το ποσοστό στο εικονικό εργαστήριο. Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί ότι, στην έρευνα καταγράφηκε η ιδιαίτερη προθυμία των αδύνατων μαθητών, σε αντίθεση με τους μαθητές με υψηλότερες επιδόσεις, να εργαστούν σε ομάδες εργασίας και παρατηρήθηκε γι' αυτούς σημαντική βελτίωση στην κατανόηση των αντίστοιχων εννοιών.

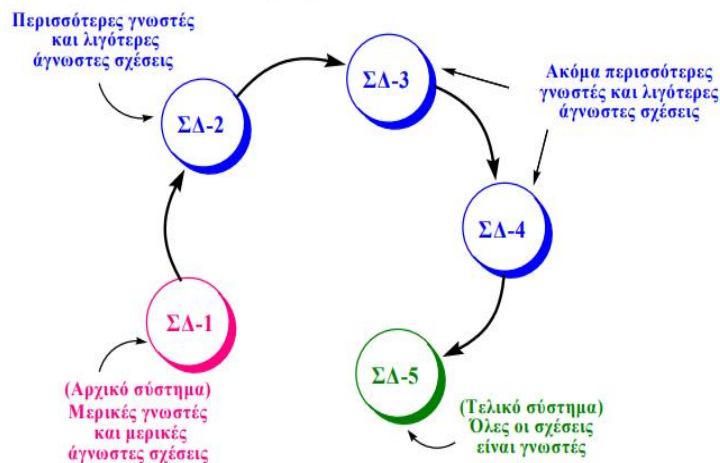
9^η Έρευνα

Βαχλιώτη, Θ., Σάλτα, Κ., Τζουγκράκη, Χ. (2013). «Εφαρμογή και αξιολόγηση του μοντέλου SATL στη διδασκαλία της οργανικής χημείας στο λύκειο», Στο: Δ. Βαβουγιός, & Σ. Παρασκευόπουλος (επιμ.). Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 26-28 Απριλίου 2013 (σελ.212-219), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Στην έρευνά τους οι Βαχλιώτης, Σάλτα και Τζουγκράκη δημιούργησαν και εφάρμοσαν μία διδασκτική παρέμβαση για να εφαρμόσουν και να αξιολογήσουν το μοντέλο SATL στη διδασκαλία της οργανικής χημείας στη Β' λυκείου. 163 παιδιά της Β' λυκείου δύο δημόσιων γενικών λυκείων της Αθήνας συμμετείχαν στην εφαρμογή της διδασκτικής παρέμβασης. Οι 79 μαθητές (37 αγόρια, 42 κορίτσια) από το πρώτο σχολείο αποτέλεσαν την πειραματική ομάδα, ενώ οι υπόλοιποι 84 μαθητές (50 αγόρια, 34 κορίτσια) του δεύτερου σχολείου αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου. Η μελέτη των ερευνητών στηρίζεται στο ερευνητικό ερώτημα: πως επιδρά η εφαρμογή της διδασκτικής προσέγγισης SATL στη κατανόηση βασικών εννοιών της οργανικής

χημείας σε μαθητές της Β΄ λυκείου, χωρίς όμως να αναφέρουν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών.

Το μοντέλο SATL (συστημική προσέγγιση στη διδασκαλία και εκμάθηση /Systemic Approach to Teaching and Learning) θεωρείται μια υβριδική διδακτικο-μαθησιακή προσέγγιση, η οποία συνδυάζει και χρησιμοποιεί ιδέες και στοιχεία του εποικοδομητισμού (constructivism) και της συστημικής (systemics), προσαρμοσμένα σε διαδικασίες χαρτογράφησης εννοιών (εργαλείο για την αναπαράσταση της γνώσης, κυρίως αφορά την αναπαράσταση των σχέσεων μεταξύ των εννοιών). Στο σχήμα 1 φαίνεται μια διαγραμματική αναπαράσταση της διδακτικής μεθοδολογίας SATL, όπου ξεκινώντας από την προϋπάρχουσα γνώση των διδασκόμενων (διάγραμμα ΣΔ-1), οδηγούμαστε τελικά με διαδοχικά βήματα στην κατασκευή ενός πλήρους συστημικού διαγράμματος (ΣΔ-5). Βασικός στόχος του συγκεκριμένου μοντέλου αποτελεί η σε βάθος μάθηση από τους μαθητές και υποστηρίζεται ότι ο στόχος αυτός μπορεί να επιτευχθεί μέσα από την ανάπτυξη της συστημικής σκέψης, στο πλαίσιο εποικοδομητικών εκπαιδευτικών διαδικασιών και κατάλληλων, συστημικά προσανατολισμένων, μαθησιακών δραστηριοτήτων. Ο λόγος σχεδιασμού αυτής της ΔΜΑ ήταν η δυσκολία κατανόησης από τους μαθητές θεμάτων οργανικής χημείας με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας.



Σχήμα1 : Διαγραμματική αναπαράσταση της διδακτικής μεθοδολογίας SATL.

Αναφορικά με το περιεχόμενο της ΔΜΑ, ακολουθήθηκαν 3 στάδια. Στο αρχικό στάδιο, με τη χορήγηση του πρώτου pre test, πραγματοποιήθηκε η διαγνωστική αξιολόγηση των μαθητών σε ύλη που αντιστοιχεί στη χημεία της Α' λυκείου. Στο επόμενο στάδιο, ακολούθησε η διδασκαλία των μαθητών σε βασικές έννοιες της οργανικής χημείας, όπως οι διάφορες ταξινομήσεις των οργανικών ενώσεων, η ονοματολογία κατά IUPAC και η συντακτική ισομέρεια των οργανικών ενώσεων. Η ενότητα αυτή διδάχθηκε από δύο έμπειρους καθηγητές χημείας ακολουθώντας την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας. Ο ένας καθηγητής δίδαξε την πειραματική ομάδα ενώ ο άλλος την ομάδα ελέγχου. Η αξιολόγηση των μαθητών σε αυτή τη διδακτική ενότητα έγινε με το δεύτερο pro-test. Στο τελευταίο στάδιο, ακολούθησε η διδασκαλία της ενότητας νάφθα-πετροχημικά καθώς και των βασικών στοιχείων των άκυκλων υδρογονανθράκων, με έμφαση στις χημικές τους ιδιότητες. Στην ομάδα ελέγχου συνεχίστηκε η παραδοσιακή μέθοδος διδασκαλίας, ενώ στην πειραματική ομάδα η διδασκαλία έγινε αυτήν τη φορά με εφαρμογή της μεθόδου SATL και ακολούθησε η αξιολόγηση των μαθητών με pro test. Και τα δυο τεστ περιείχαν ερωτήσεις ανάκλησης γνώσης και ερωτήσεις υψηλότερων γνωστικών απαιτήσεων-ερωτήσεις κατανόησης. Οι ερωτήσεις κατανόησης απαιτούσαν ανάκληση γνώσης και γνωστικές δεξιότητες που σχετίζονται με την κατανόηση, όπως η άντληση χημικής πληροφορίας από μία χημική εξίσωση, η κατασκευή μίας συμβολικής χημικής αναπαράστασης χρησιμοποιώντας χημική πληροφορία, καθώς και η σύνδεση χημικής πληροφορίας προκειμένου να γίνει κάποια κρίση ή να αναγνωριστούν κάποιες σχέσεις ή να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα. Στην εικόνα 3 ενδεικτικά παρουσιάζονται μία ερώτηση κατανόησης και δυο ερωτήσεις ανάκλησης του pro test.

Ερωτήσεις «ανάκλησης»

1. Επίλεξε τη σωστή απάντηση:

Τα αλκάνια όταν καίγονται πλήρως δίνουν:

- i) C, CO και H₂O ii) CO, CO₂ και H₂O iii) CO και H₂O iv) CO₂ και H₂O

2. Συμπλήρωσε τα κενά:

Βιοαέριο είναι το αέριο που παράγεται από τη σήψη της

Το κύριο συστατικό του βιοαερίου είναι το

Ερώτηση «κατανόησης»

Για δύο υδρογονάνθρακες X και Ψ γνωρίζουμε ότι:

Και οι δυο αποχρωματίζουν διάλυμα Br₂ σε CCl₄.

Ο υδρογονάνθρακας X αντιδρά με διάλυμα CuCl/NH₃ σχηματίζοντας καστανέρυθρο ίζημα.

Ο υδρογονάνθρακας Ψ δεν αντιδρά με το νάτριο.

Με βάση τα προηγούμενα, ποια από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστή;

i) Ο υδρογονάνθρακας X είναι το 2-βουτίνιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το αιθένιο.

ii) Ο υδρογονάνθρακας X είναι το προπίνιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το προπένιο.

iii) Ο υδρογονάνθρακας X είναι το 1-βουτίνιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το προπάνιο.

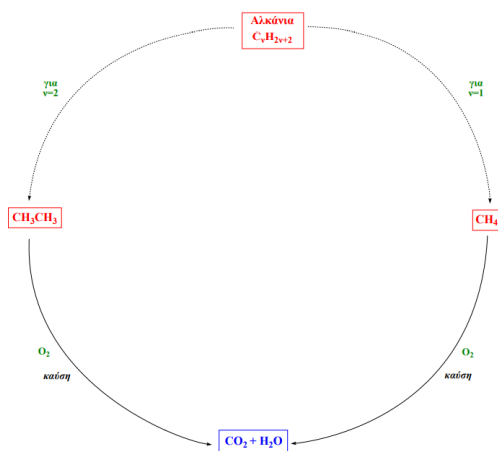
iv) Ο υδρογονάνθρακας X είναι το αιθίνιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το προπίνιο.

Εξήγησε σύντομα γιατί καθεμία από τις υπόλοιπες 3 προτάσεις είναι λανθασμένη.

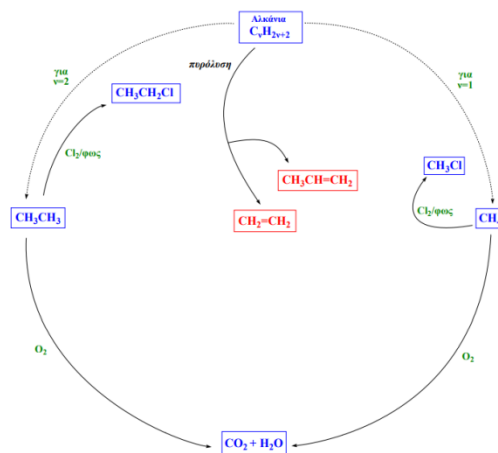
Εικόνα 3: Δύο ερωτήσεις «ανάκλησης» και μία ερώτηση «κατανόησης» του pro-test.

Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στις επιδόσεις των δύο ομάδων στο πρώτο pro-test, οπότε οι δύο ομάδες θεωρούνταν εξαρχής ισοδύναμες, τουλάχιστον όσον αφορά τις επιδόσεις τους στο διαγνωστικό τεστ στη Χημεία. Σχετικά με τα αποτελέσματα του δεύτερου pro-test, η επίδραση των δυο μεταβλητών «καθηγητής» και «ωρίμανση των μαθητών» στις επιδόσεις των δύο συγκρινόμενων ομάδων ήταν σχεδόν η ίδια, με τις δύο ομάδες να βελτιώνουν σημαντικά τις επιδόσεις τους στο δεύτερο pre-test σε σχέση με το πρώτο pre-test. Τα αποτελέσματα στο τελευταίο τεστ (pro-test) έδειξαν μια σημαντική στατιστικά διαφορά μεταξύ των δυο συγκρινόμενων ομάδων, τόσο στις βαθμολογίες των ερωτήσεων «κατανόησης» όσο και στις συνολικές βαθμολογίες, με την πειραματική ομάδα να εμφανίζει καλύτερες επιδόσεις σε σχέση με την ομάδα ελέγχου.

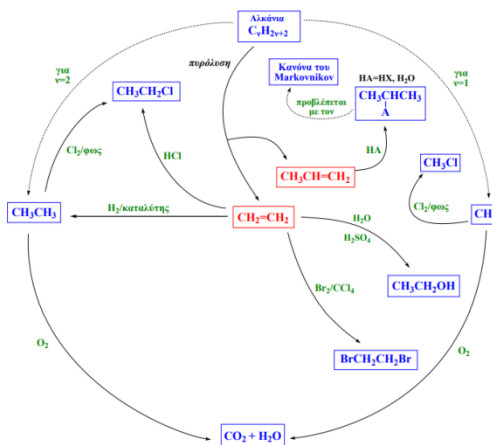
Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, οι ερευνητές περιγράφουν μια καινοτομική διδακτική παρέμβαση η οποία αποσκοπεί στην ανάπτυξη δεξιοτήτων συστημικής σκέψης των μαθητών με στόχο την κατανόηση εννοιών οργανικής χημείας. Η παρέμβαση αυτή, η οποία βασίζεται στο διδακτικό μοντέλο SATL, χρησιμοποιεί ως διδακτικό εργαλείο μια χαρτογράφηση των εννοιών, περιλαμβάνει δηλαδή ένα «Συστημικό Διάγραμμα(ΣΔ)», δηλαδή μια οπτική αναπαράσταση ενός εννοιολογικού συστήματος. Παράδειγμα της εφαρμογής του μοντέλου SATL, στις χημικές ιδιότητες των αλκανίων και αλκενίων, με χρήση ΣΔ παρουσιάζεται στα σχήματα 2,3,4. Με το μοντέλο αυτό επιχειρείται η ρητή διδασκαλία των βημάτων μιας τέτοιας διαδικασίας αποτελώντας μια μορφή διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου, όπου δηλώνεται υπόρρητα, σε αντίθεση με την παραδοσιακή διδασκαλία.



Σχήμα 2 : Το συστημικό διάγραμμα μετά την παρουσίαση της καύσης των αλκανίων.



Σχήμα 3: Τελικό Συστημικό διάγραμμα για τις χημικές ιδιότητες των αλκανίων. Αρχικό Συστημικό διάγραμμα για τη χημεία των αλκενίων.



Σχήμα 4: Το Συστημικό διάγραμμα μετά την παρουσίαση των αντιδράσεων προσθήκης στα αλκένια.

Καταλήγοντας, στη ΔΜΑ δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ανοίγουν διάφορες προοπτικές για μελλοντική έρευνα. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να διερευνηθεί η εφαρμογή της προσέγγισης SATL εμπλουτισμένης με ακόμα περισσότερα στοιχεία διερεύνησης. Επίσης, μπορεί να αξιολογηθεί το διδακτικό αυτό μοντέλο και στο πλαίσιο άλλων διδακτικών στρατηγικών και προσεγγίσεων, όπως στη βάση μιας ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας ή μιας ερευνητικής εργασίας (project). Η εφαρμογή και αξιολόγηση του μοντέλου SATL σε άλλες θεματικές ενότητες της χημείας ή και σε άλλες εκπαιδευτικές βαθμίδες (π.χ. τριτοβάθμια εκπαίδευση) θα είχε επίσης ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αναγκαία, επίσης, είναι η προσπάθεια βελτίωσης του προτεινόμενου πλαισίου αξιολόγησης της μάθησης με κατανόηση καθώς και η ανάπτυξη νέων, έγκυρων και αξιόπιστων σχημάτων αξιολόγησής της.

Αναφορικά με την αποτελεσματικότητα της ΔΜΑ, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι οι συστημικά προσανατολισμένες διδακτικό-μαθησιακές διαδικασίες που εφαρμόστηκαν είχαν μία σημαντική επίδραση στην κατανόηση των μαθητών της πειραματικής ομάδας, σε σχέση με την ομάδα ελέγχου που διδάχθηκε με παραδοσιακό τρόπο. Το μοντέλο SATL χρησιμοποιεί τεχνικές που είναι δομημένες στη βάση συστημικών αναπαραστάσεων εννοιών, οι οποίες φαίνεται ότι προάγουν την ανάπτυξη της συστημικής σκέψης. Στην παρούσα

μελέτη έγινε προσπάθεια, όπου αυτό ήταν εφικτό, να συνδυαστούν οι τεχνικές αυτές με διδακτικές προσεγγίσεις εμπλουτισμένες με στοιχεία διερεύνησης. Αυτή η «υβριδική» διδακτική προσέγγιση που ακολουθήθηκε, εφαρμοζόμενη στο πλαίσιο ενός κλασικού προγράμματος σπουδών οργανικής χημείας του λυκείου, οδήγησε σε ενθαρρυντικά αποτελέσματα όσον αφορά στη βελτίωση της κατανόησης των επιστημονικών εννοιών των μαθητών. Φάνηκε, δηλαδή, ότι μια τέτοια διδακτική προσέγγιση μπορεί να ενισχύσει και να συμπληρώσει ένα κλασικό πρόγραμμα σπουδών, προσδίδοντας σε αυτό μια πιο ενδιαφέρουσα και αποτελεσματική μαθησιακή προοπτική.

10^η Έρευνα

Κολιούλης, Δ., Καμπουράκης, Κ. & Τσαπαρλής, Γ. (2009). «Διδασκαλία της έννοιας του μορίου στη Β΄ Γυμνασίου: έμφαση στην εποικοδομητική και νοηματική προσέγγιση». Στο: Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (επιμ.). Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 7-10 Μαΐου 2009 (σελ.401-410), Παιδαγωγική Σχολή Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα.

Στην έρευνά τους οι Κολιούλης, Καμπουράκης και Τσαπαρλής δημιούργησαν και εφάρμοσαν μία διδακτική παρέμβαση με θέμα τη διδασκαλία της έννοιας του μορίου στη Β΄ Γυμνασίου δίνοντας έμφαση στην εποικοδομητική και νοηματική προσέγγιση. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας διδάχθηκαν, σε πειραματική διδασκαλία, τα τρία μαθήματα τα σχετικά με την έννοια του μορίου από ένα νέο πειραματικό διδακτικό υλικό (βιβλίο) χημείας για τη Β΄ τάξη του γυμνασίου : α) Η έννοια του μορίου σε στερεά και υγρά, β) Αεικίνητα μόρια, γ) Η έννοια του μορίου στα αέρια. Η διδακτική παρέμβαση απευθυνόταν σε μαθητές της Β΄ τάξης, τεσσάρων δημόσιων γυμνασίων. Ένα από τα σχολεία αυτά είναι πειραματικό γυμνάσιο της Αττικής. Ως γνωστόν, στα πειραματικά γυμνάσια φοιτούν συνήθως μαθητές υψηλών επιδόσεων. Από τα υπόλοιπα τρία σχολεία, ένα είναι στην Αττική και τα άλλα δύο είναι αστικά σχολεία της επαρχίας.

Πιο αναλυτικά στην παρούσα διδακτική παρέμβαση εφαρμόστηκε η πειραματική διδασκαλία στοχεύοντας στην ενθάρρυνση της εποικοδομητικής διδασκαλίας και της εννοιολογικής

νοηματικής μάθησης. Η εφαρμογή έγινε από τέσσερις έμπειρους εκπαιδευτικούς για δύο συνεχόμενες σχολικές χρονιές (2006-07 και 2007-08). Το συνολικό πειραματικό υλικό υποβλήθηκε σε μια αρχική αξιολόγηση από τέσσερις έμπειρους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι θεώρησαν ως δυνατά σημεία ότι ωθεί το πείραμα, την παρατήρηση, την περιγραφή, και την ερμηνεία, ότι λαμβάνει υπόψη τις παρανοήσεις των μαθητών και ότι δεν στηρίζεται σε απευθείας αναφορά στους ορισμούς των εννοιών. Ειδικότερα, οι καθηγητές- αξιολογητές, θεώρησαν πολύ καλή την προσπάθεια εισαγωγής πρώτα της έννοιας του μορίου και μετά της έννοιας του ατόμου. Επίσης έκριναν σωστή την καθυστερημένη εισαγωγή των μορίων και ατόμων, ύστερα από ένα μακροσκοπικό εισαγωγικό μέρος. Ο λόγος σχεδιασμού της παρούσας διδακτικής παρέμβασης ήταν να ελεγχθεί αν το διδακτικό υλικό μπορεί να συμβάλει στο να οικοδομηθεί από τους μαθητές νοηματικά και εποικοδομητικά η έννοια και οι ιδιότητες του μορίου.

Η διεθνής βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι οι μαθητές συναντούν δυσκολίες όταν επιχειρούν να κατανοήσουν χημικές έννοιες όπως η έννοια του μορίου, όταν δηλαδή προσπαθούν να μεταβούν νοητικά από το μακροσκοπικό στο μικροσκοπικό επίπεδο της ύλης και αντίστροφα. Ειδικότερα έχει διατυπωθεί ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες σε θέματα σχετικά με τη δομή της ύλης και έχουν δυσκολίες στην κατανόηση σωματιδιακών ιδεών, πολύ περισσότερο όταν είναι γνωστό ότι τα παιδιά αναπτύσσουν πριν από τη διδασκαλία νοήματα και αντιλήψεις για τα μόρια, άτομα, κλπ. Οι μαθητές αντιλαμβάνονται την ύλη ως συνεχή και στατική και δυσκολεύονται να καταλάβουν την ύπαρξη κενού ανάμεσα στα σωματίδια ενός αερίου και πιστεύουν ότι μεταξύ των σωματιδίων υπάρχουν “σκόνη και άλλα σωματίδια”, “άλλα αέρια, όπως το οξυγόνο και το άζωτο”, “αέρας”, ή ότι “τα σωματίδια είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο και δεν υπάρχει κενός χώρος μεταξύ τους.

Αναφορικά με το περιεχόμενο της διδακτικής παρέμβασης, σε πρώτη φάση συντάχθηκε ένα αρχικό ερωτηματολόγιο για τα μόρια που δόθηκε σε έμπειρους εκπαιδευτικούς για διορθώσεις και παρατηρήσεις. Σε δεύτερη φάση το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε μαθητές της Γ' τάξης γυμνασίου που είχαν ήδη διδαχθεί την έννοια του μορίου στην προηγούμενη τάξη. Αφού λήφθηκαν υπόψη οι απαντήσεις των μαθητών αυτών, συντάχθηκε η τελική μορφή του ερωτηματολογίου της έρευνας. Εν συνεχεία, το ερωτηματολόγιο δόθηκε στους τέσσερις εκπαιδευτικούς της έρευνας για τυχόν διευκρινίσεις και προτάσεις για βελτίωση και έτσι

προέκυψε το τελικό ερωτηματολόγιο (εικόνα 4). Οι εκπαιδευτικοί δίδαξαν αρχικά τα αντίστοιχα μαθήματα που αφορούν στα μόρια από το σχολικό βιβλίο χημείας Β΄ γυμνασίου, σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα. Κατόπιν δόθηκε στους μαθητές το ερωτηματολόγιο της έρευνας για να απαντήσουν (pre test). Αμέσως μετά διδάχθηκαν από το πειραματικό διδακτικό υλικό τα αντίστοιχα μαθήματα που αφορούν στην έννοια του μορίου σε στερεά, υγρά και αέρια. Μετά τη διδακτική αυτή παρέμβαση, δόθηκε εκ νέου στους ίδιους μαθητές το ίδιο ερωτηματολόγιο (post test). Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε και τις δύο σχολικές χρονιές διεξαγωγής της έρευνας. Επισημαίνεται ότι κατά το δεύτερο σχολικό έτος διεξαγωγής της έρευνας (σχολικό έτος 2007-2008) άλλαξε το σχολικό βιβλίο χημείας της β΄ γυμνασίου με νέο. Κατά συνέπεια, δόθηκε η δυνατότητα στους ερευνητές να αξιολογήσουν και να συγκρίνουν τις δύο διδακτικές προσεγγίσεις της έννοιας του μορίου (από το σχολικό βιβλίο και από το πειραματικό διδακτικό υλικό) τόσο με το προηγούμενο όσο και με το τρέχον σχολικό εγχειρίδιο. Από τα αποτελέσματα των απαντήσεων στα ερωτηματολόγια καταδεικνύεται η σημαντική βελτίωση των βαθμολογιών των μαθητών αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση μέσω της διδασκαλίας της έννοιας του μορίου από το πειραματικό διδακτικό υλικό, τόσο την πρώτη όσο και τη δεύτερη χρονιά.

- | |
|--|
| <p>1. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος:</p> <p>4. Τα μόρια είναι οι δομικές μονάδες της ύλης (δηλαδή πολλά μόρια μιας ουσίας μαζί αποτελούν την ουσία)</p> <p>5. Τα μόρια είναι τα μικρότερα σωματίδια ύλης που μπορούμε να δούμε</p> <p>6. Τα μόρια είναι μέσα στην ύλη, όπως οι σταφίδες στο κέικ (π.χ. σε ένα ποτήρι νερό, τα μόρια του νερού είναι βουτηγμένα μέσα στο νερό)</p> <p>7. Σε ένα κόκκο ζάχαρης, ανάμεσα στα μόρια της ζάχαρης υπάρχουν μόρια αέρα.</p> <p>8. Τα μόρια μιας σκληρής ουσίας είναι σκληρά</p> <p>2. β) Να αναπαραστήσεις χρησιμοποιώντας 10 κυκλάκια κάθε φορά τα μόρια του νερού στη στερεά (πάγος), υγρή (υγρό νερό) και αέρια κατάσταση (υδρατμοί), σε καθένα από τα κουτιά 1, 2 και 3 αντίστοιχα.</p> <p>3. Σε μια παγωμένη λίμνη βλέπουμε να επιπλέουν στην επιφάνεια διάφανα κομμάτια πάγου, που μοιάζουν εξωτερικά με γυαλί. Γιατί τα κομμάτια αυτά είναι νερό και δεν θα μπορούσε να είναι γυαλί; Να δώσεις μια απάντηση μακροσκοπική (χωρίς να χρησιμοποιήσεις μόρια) και μια απάντηση με βάση τα μόρια του νερού και τα μόρια του γυαλιού.</p> <p>4. Σχεδίασε τα μόρια στο νερό και στο οινόπνευμα παριστάνοντας τα μόρια με κυκλάκια (χρησιμοποίησε 10 κυκλάκια κάθε φορά). Μην ξεχνάς ότι οι δύο ουσίες είναι υγρές.</p> <p>6. Γεμίζεις μια σύριγγα με νερό. Κλείνοντας το ανοιχτό άκρο με το δάχτυλό σου, προσπαθείς να συμπιέσεις το νερό μέσα στη σύριγγα, πατώντας το έμβολο προς τα μέσα. Διαπιστώνεις ότι δεν μπορείς. Γιατί; Εξήγησε την απάντησή σου χρησιμοποιώντας τα μόρια.</p> <p>8. α) Σου δίνουν δύο ποτήρια, το ένα να περιέχει καθαρό νερό και το άλλο νερό με ζάχαρη ΔΙΑΛΥΜΕΝΗ ΕΝΤΕΛΩΣ στο νερό. Μπορείς με το μάτι να ξεχωρίσεις ποιο είναι το ποτήρι με το νερό και ποιο με το ζαχαρόνερο; β) Αν μπορούσες να δεις τα μόρια στα δύο ποτήρια πώς θα ήταν αυτά; Ζωγράφισε τα μόρια σε κάθε ποτήρι, παριστάνοντάς τα με κυκλάκια.</p> |
|--|

Εικόνα 4 : Εκτεταμένο απόσπασμα από το ερωτηματολόγιο της έρευνας.

Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η παρούσα διδακτική παρέμβαση αξιοποιεί διδακτικό μετασχηματισμό περιεχομένου με υπόρρητη δήλωση. Προτείνεται και εφαρμόζεται αλλαγή στη σειρά διδασκαλίας των εννοιών, πιο συγκεκριμένα σκόπιμα γίνεται αρχικά η εισαγωγή της έννοιας του μορίου και μετέπειτα της έννοιας του ατόμου. Οι έννοιες εισάγονται αρχικά σε μακροσκοπικό επίπεδο και στη συνέχεια σε μικροσκοπικό. Επιπλέον η διδασκαλία υλοποιείται όχι μόνο με βάση το σχολικό εγχειρίδιο αλλά χρησιμοποιείται και ένα πειραματικό βιβλίο, για το οποίο αναφερθήκαμε και παραπάνω.

Αναφορικά με την αποτελεσματικότητα της διδακτικής παρέμβασης, παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στις επιδόσεις των μαθητών αμέσως μετά από τη διδακτική παρέμβαση μέσω του πειραματικού διδακτικού υλικού κατά τη διάρκεια των δύο σχολικών ετών της έρευνας για όλα τα σχολεία που συμμετείχαν στην έρευνα. Σημειώτέο ότι και με το νέο σχολικό εγχειρίδιο χημείας Β΄ γυμνασίου σημειώθηκαν σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις στο τελικό τεστ σε σύγκριση με το αρχικό τεστ. Συμπερασματικά, είναι πολύ πιθανό ότι η εποικοδομητική προσέγγιση της έννοιας του μορίου, όπως αυτή δομείται στο πειραματικό διδακτικό υλικό, βελτίωσε σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών της β΄ τάξης του γυμνασίου στην επαφή τους με θέματα δομής της ύλης. Ουσιαστικά, οι μαθητές βοηθούνται να ξεπεράσουν τις εννοιολογικές δυσκολίες όταν επιχειρούν να κατανοήσουν έννοιες όπως του μορίου, όταν δηλαδή προσπαθούν να μεταβούν από το μακροσκοπικό στο μικροσκοπικό επίπεδο της ύλης. Τέλος, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη και τις απομαγνητοφωνημένες συνεντεύξεις των καθηγητών που συμμετείχαν στην έρευνα, από τις οποίες προέκυψε ότι οι καθηγητές αυτοί θεωρούν ότι η νοηματική και εποικοδομητική προσέγγιση της έννοιας του μορίου βοηθά στη διδασκαλία των εννοιών που συνδέονται με τη δομή της ύλης, συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στη δόμηση του τρόπου σκέψης των μαθητών. Επομένως θα πρέπει να προβληματίσει ο συνήθης τρόπος εισαγωγής της έννοιας του μορίου (όπως και του ατόμου) ως έτοιμου επιστημονικού δεδομένου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται αρχικά μια σύνοψη των αποτελεσμάτων της βιβλιογραφικής έρευνας που παρουσιάστηκε παραπάνω με βάση τα ερωτήματα στα οποία βασίστηκε η ανάλυση των άρθρων όπως αυτά αναφέρονται στην ενότητα 3.4, δηλαδή σχετικά με το περιεχόμενο και την ηλικιακή ομάδα των μαθητών, το μοντέλο ανάπτυξης της διδακτικής παρέμβασης, τις δυσκολίες των μαθητών αναφορικά με το περιεχόμενο που μελετάται, την περιγραφή του ΔΜΠ και τις δραστηριότητες που υλοποιούνται, την ρητή ή υπόρρητη δήλωση του ΔΜΠ, τα αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης και την ύπαρξη ή όχι επανάληψης εφαρμογής της ΔΜΑ (iteration). Στη συνέχεια γίνεται μια προσπάθεια να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας μας, όπως αυτά αναφέρονται στην ενότητα 3.1.

- Περιεχόμενο και ηλικιακή ομάδα

Αναφορικά με το περιεχόμενο των διδακτικών παρεμβάσεων και την ηλικιακή ομάδα των μαθητών στην οποία απευθύνονται, μπορεί να αναφερθεί ότι δύο από αυτές απευθυνόντουσαν σε μαθητές Γ΄ Λυκείου και είχαν ως θέμα η μία την Αρχή της απροσδιοριστίας του Heisenberg (Καπόγιαννης κ.ά., 2017) και η δεύτερη την Υπεραγωγιμότητα (Αλεξανδρόπουλος κ.ά., 2015). Τέσσερις από αυτές απευθυνόντουσαν σε μαθητές της Ε΄ Δημοτικού και είχαν ως θέμα αντίστοιχα, την Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης (Σταράκης κ.ά., 2013), την Εναλλαγή των Εποχών (Σταράκης κ.ά., 2015), τις μορφές Ενέργειας (Δημητρίου, 2013) και την Ανάπτυξη δεξιοτήτων πειραματικού σχεδιασμού στην ευθύγραμμη διάδοση του φωτός και της σκιάς (Καραγιάννη κ.ά., 2015). Τέλος η έρευνα των Μαγουλιώτη κ.ά. (2013) είχε ως θέμα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των ζωντανών οργανισμών και απευθυνόταν σε μαθητές νηπιαγωγείου, η έρευνα των Παντούλα κ.ά. (2015) είχε ως θέμα το Εκκρεμές και απευθυνόταν σε μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου, η έρευνα των Βαχλιώτη κ.ά. (2013) απευθυνόταν σε μαθητές Β΄ Λυκείου και είχε ως θέμα την Οργανική χημεία και τέλος στην έρευνα των Κολιούλη κ.ά. (2009) παρουσιάζεται η έννοια του μορίου σε μαθητές Β΄ Γυμνασίου.

- Μοντέλο ανάπτυξης της ΔΜΑ/διδασκτικής παρέμβασης

Για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση των ΔΜΑ /διδασκτικών παρεμβάσεων χρησιμοποιήθηκαν διάφορα μοντέλα. Πιο συγκεκριμένα, δυο ΔΜΑ στηρίχθηκαν στο Εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης (Αλεξανδρόπουλος κ.ά., 2015; Κολιούλης κ.ά., 2009), με την δεύτερη έρευνα των Κολιούλη κ.ά. (2009) να ακολουθεί εποικοδομητική και νοηματική προσέγγιση. Στη ΔΜΑ των Σταράκη κ.ά. (2013) ακολουθείται το μοντέλο της Εκπαιδευτικής Επανοικοδόμησης (Educational Reconstruction) και ακολουθείται η μέθοδος του διδακτικού πειράματος. Στις διδακτικές παρεμβάσεις αντίστοιχα, των Καραγιάννη κ.ά. (2015) ακολουθείται το διδακτικό μοντέλο Διερευνητικές Διαδρομές (ΔΙΕΔΙΑ) και στους Βαχλιώτη κ.ά. (2013) ακολουθείται το μοντέλο SATL- Συστημική προσέγγιση στη Διδασκαλία και Εκμάθηση. Στις υπόλοιπες τέσσερις διδακτικές παρεμβάσεις δεν αναφέρεται ξεκάθαρα από τους ερευνητές το μοντέλο ανάπτυξης τους (Καπόγιαννης κ.ά., 2017; Μαγουλιώτης κ.ά., 2013; Δημητρίου, 2013; Παντούλα κ.ά., 2015).

- Ρητή ή μη δήλωση του ΔΜΠ

Σε όλες τις έρευνες που μελετήθηκαν και αναλύθηκαν, οι ερευνητές προκειμένου να διδάξουν τις επιστημονικές έννοιες και τα φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών στους μαθητές αξιοποίησαν διδακτικό μετασχηματισμό περιεχόμενου χωρίς να τον δηλώνουν ρητά. (Καπόγιαννης κ.ά., 2017; Αλεξανδρόπουλος κ.ά., 2015; Δημητρίου, 2013; Σταράκης κ.ά., 2013; Σταράκης κ.ά., 2015; Μαγουλιώτης κ.ά., 2013; Βαχλιώτης κ.ά., 2013; Κολιούλης κ.ά., 2009; Παντούλα κ.ά., 2015; Καραγιάννη κ.ά., 2015).

- Δυσκολίες κατανόησης των μαθητών

Αναφορικά με τις δυσκολίες των μαθητών, σε 5 έρευνες (Δημητρίου, 2013; Σταράκης κ.ά., 2013; Σταράκης κ.ά., 2015; Κολιούλης κ.ά., 2009; Παντούλα κ.ά., 2015) γίνεται αναφορά των δυσκολιών που συναντάνε οι μαθητές στο εισαγωγικό κομμάτι της έρευνας και επισημαίνουν ότι τις χρησιμοποιούν για τον σχεδιασμό της διδακτικής παρέμβασης. Στις υπόλοιπες 5 έρευνες (Καπόγιαννης κ.ά., 2017; Αλεξανδρόπουλος κ.ά., 2015; Μαγουλιώτης κ.ά., 2013; Βαχλιώτης

κ.ά., 2013; Καραγιάννη κ.ά., 2015) δεν γίνεται ρητή αναφορά στις δυσκολίες, παρόλα αυτά αυτές υπονοούνται μέσα από τις δραστηριότητες που εφαρμόζουν.

- Περιγραφή του ΔΜΠ

Όσον αφορά τον ΔΜΠ εκείνος αναζητήθηκε σε έννοιες, φαινόμενα αλλά και σε κάθε πρόταση τροποποίησης του περιεχομένου, η οποία συμβάλει στη καλύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών. Με βάση την ανάλυση των άρθρων προέκυψε ότι σε 2 έρευνες (Καραγιάννη κ.ά., 2015; Βαχλιώτη κ.ά., 2013) ακολουθείται ρητή διδασκαλία των βημάτων της ΔΙΕΔΙΑ και του πειραματικού σχεδιασμού για την διδασκαλία της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός και της σκιάς και αντίστοιχα στη δεύτερη έρευνα ακολουθείται ρητή διδασκαλία του μοντέλου SATL για τη διδασκαλία της οργανικής χημείας. Σε 5 έρευνες (Δημητρίου, 2013; Σταράκης κ.ά., 2013; Σταράκης κ.ά., 2015; Μαγουλιώτης κ.ά., 2013; Παντούλα κ.ά., 2015) οι ερευνητές επιλέγουν σκόπιμα να διδάξουν συγκεκριμένες έννοιες ή φαινόμενα, ενώ αποφεύγουν να αναφερθούν σε άλλες έννοιες καθώς είναι δύσκολες να κατανοηθούν από τους μαθητές. Επιπλέον στην έρευνα των Παντούλα κ.ά. (2015), του Δημητρίου (2013) και των Σταράκη κ.ά. (2015) γίνεται ποιοτική περιγραφή του φαινομένου χωρίς μαθηματικούς φορμαλισμούς, καθώς σκοπός των ερευνητών ήταν οι μαθητές απλώς να κατανοήσουν το φαινόμενο το οποίο θα διδαχτεί. Στην έρευνα τους οι Κολιούλης κ.ά. (2009) πραγματοποίησαν αλλαγή στη σειρά διδασκαλίας των εννοιών και τέλος στις έρευνες τους οι Καπόγιαννης κ.ά. (2017) και οι Αλεξανδρόπουλος κ.ά. (2015) ασχολούνται με σύγχρονα θέματα όπως είναι η Αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg και η υπεραγωγιμότητα, τα οποία είναι αρκετά δύσκολα καθώς απέχουν από την καθημερινή εμπειρία των μαθητών, επιλέγοντας να αξιοποιήσουν ως εκπαιδευτικά εργαλεία ειδικό λογισμικό για την οπτικοποίηση των φαινομένων.

- Περιγραφή διδακτικών παρεμβάσεων

Στην έρευνα τους οι Σταράκης κ.ά. (2013) εξηγούν το φαινόμενο της κίνησης της Σελήνης γύρω από την Γη με περίοδο ένα συνοδικό μήνα, θεωρώντας το Ηλιακό σύστημα ως σημείο αναφοράς. Η κατανόηση του φαινομένου πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια φωτογραφιών, μιας προσομοίωσης ενός επιδαπέδιου ρολογιού και μέσω της σωματικής προσομοίωσης.

Στην δεύτερη έρευνα των Σταράκη κ.ά. (2015) οι ερευνητές επικεντρώνουν την εξήγηση του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών με τη χρήση συγκεκριμένων εννοιών ,πιο συγκεκριμένα η ερμηνεία του φαινομένου βασίστηκε στη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών, ως ανεξάρτητη μεταβλητή, προσπαθώντας να καταρρίψει την εναλλακτική αντίληψη που στηρίζει την εξήγηση του φαινομένου μόνο με βάση την απόσταση Γης- Ήλιου. Επιπλέον η κατανόηση του φαινομένου πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια μοντέλων και προσομοιώσεων. Ειδικότερα μέσω ενός σφαιρικού μοντέλου της γης , ενός σφαιρικού μοντέλου του ήλιου μεγάλης διαμέτρου (φωτιστικό σώμα) και της φωτεινής προσομοίωσης σε χαρτί, οι μαθητές πραγματοποιούν τα πειράματα τους. Η περιγραφή του φαινομένου και τα χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται μόνο λεκτικά χωρίς να γίνεται αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό αξιοποιούν ως εκπαιδευτικά εργαλεία οπτικό υλικό (ψηφιακό πλανητάριο) και την κατασκευή μιας προσομοίωσης του φαινομένου αποτυπωμένο σε φύλλο χαρτιού (σύγκριση φωτεινού αποτυπώματος ενός φακού σε φύλλο χαρτιού A4 με κάθετη γωνία πρόσπτωσης και με πλάγια γωνία).

Στην έρευνα των Καπόγιαννη κ.ά. (2017), οι ερευνητές εισάγουν ένα σύγχρονο θέμα της κβαντομηχανικής την Αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg μέσω οπτικής απεικόνισης, η οποία στοχεύει στη ποιοτική αντί της μαθηματικής προσέγγισης. Πιο συγκεκριμένα παρακάμπτουν την ανάλυση Fourier, η οποία είναι άγνωστη σε μαθητές λυκείου, με τη χρήση μόνο δύο αρμονικών κυμάτων. Επίσης χρησιμοποιείται το φαινόμενο του διακροτήματος, το οποίο είναι γνωστό στους μαθητές της Γ΄ λυκείου και από μαθηματικές γνώσεις χρησιμοποιούνται μόνο οι πιο απλές και γνωστές στους μαθητές, η υπέρθεση κυμάτων και η σύνθεση ταλαντώσεων.

Οι Αλεξανδρόπουλος κ.ά. (2015) στην έρευνα τους εισάγουν το σύγχρονο θέμα της υπεραγωγιμότητας μέσω οπτικής απεικόνισης. Πιο συγκεκριμένα, οι ερευνητές μελέτησαν την έννοια της υπεραγωγιμότητας μέσω εικονικών πειραμάτων με την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Scratch, χρησιμοποιώντας δυο εικονικές προσομοιώσεις για την υπεραγωγιμότητα τύπου II και την μαγνητική αιώρηση, συνοδευόμενα από τα αντίστοιχα φύλλα εργασίας. Παράλληλα με τις προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκαν και αντίστοιχα βίντεο, για την εξήγηση της έννοιας.

Οι Καραγιάννη κ.ά. (2015) ακολουθούν ρητή διδασκαλία των βημάτων της ΔΙΕΔΙΑ και του πειραματικού σχεδιασμού, αρχικά πραγματοποιήθηκε καθοδηγούμενη διερεύνηση για τη

διδασκαλία της φύσης του φωτός και ανοιχτή διερεύνηση για τη διδασκαλία του φαινομένου της αλλαγής του μεγέθους της σκιάς μέσω ειδικών φύλλων πειραματικού σχεδιασμού.

Στην έρευνα τους οι Μαγουλιώτης κ.ά. (2013) επιλέγουν συγκεκριμένες έννοιες για την διδασκαλία των ζωντανών οργανισμών, συγκεκριμένα μελετούν τα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά του πελαργού και των χελιδονιών και χρησιμοποιούν μοντέλα και προσομοιώματα. Επιπλέον ως εκπαιδευτικά εργαλεία χρησιμοποιούν έντυπα υλικά, όπως φωτογραφίες, ποιήματα, ομοιώματα πελαργού και χελιδονιού καθώς και παιδαγωγικά υλικά όπως παιχνίδι λογικής αλληλουχίας και δραματοποίηση ρόλων και συμπεριφορών χελιδονιού και πελαργού.

Στην έρευνα του ο Δημητρίου (2013) εφαρμόζει μια διδακτική παρέμβαση στην οποία πραγματοποιείται μια βιοματική περιγραφή των μορφών ενέργειας και των μετατροπών της, μέσω των κατασκευών. Μελετώνται οι μετατροπές της ενέργειας, πιο συγκεκριμένα η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα στην περίπτωση του ηλιακού φούρνου και η μετατροπή της κινητικής και δυναμικής ενέργειας σε ηλεκτρική στη περίπτωση του υδροηλεκτρικού σταθμού. Έτσι πραγματοποιείται μια ποιοτική και βιοματική περιγραφή της ενέργειας, μέσω των κατασκευών του ηλιακού φούρνου και του υδροηλεκτρικού σταθμού και των παιχνιδιών το φιδάκι της ενέργειας και η μονόπολη με πόνια τα παιδιά. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν ως εκπαιδευτικά εργαλεία ηλεκτρονικές εγκυκλοπαίδειες, εκπαιδευτικά λογισμικά και ειδικά εκπαιδευτικά βίντεο που αφορούν την έννοια της ενέργειας και της μορφές της.

Η διδακτική παρέμβαση των Παντούλα κ.ά. (2015) στηρίζεται σε συγκεκριμένη επιλογή επιστημονικού περιεχομένου, δηλαδή επικεντρώνεται στην αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών σχετικά με την περίοδο του απλού εκκρεμούς χρησιμοποιώντας δυο διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις, δραστηριότητες των μαθητών στο πραγματικό και στο εικονικό εργαστήριο. Η κατανόηση της επιστημονικής γνώσης γίνεται μέσω ενός μοντέλου-εκκρεμές από νήμα και βαρίδια στο πραγματικό εργαστήριο και μέσω ειδικής προσομοίωσης «εργαστήριο εκκρεμούς» στο εικονικό εργαστήριο. Η εξάρτηση της περιόδου του απλού εκκρεμούς από τα μεγέθη μάζα βαριδίου, πλάτος ταλάντωσης και μήκος νήματος παρουσιάζονται μόνο λεκτικά και πειραματικά χωρίς να γίνεται αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό.

Στην έρευνα τους οι Βαχλιώτης κ.ά. (2013) παρουσιάζουν μια διδακτική παρέμβαση, η οποία βασίζεται στο διδακτικό μοντέλο SATL, χρησιμοποιεί ως διδακτικό εργαλείο μια χαρτογράφηση των εννοιών, περιλαμβάνει δηλαδή ένα «Συστημικό Διάγραμμα (ΣΔ)», δηλαδή μια οπτική αναπαράσταση ενός εννοιολογικού συστήματος. Με το μοντέλο αυτό επιχειρείται η ρητή διδασκαλία των βημάτων μιας τέτοιας διαδικασίας με την χρήση φύλλων εργασιών με συστημικές ερωτήσεις αξιολόγησης με περιεχόμενο θέματα οργανικής χημείας όπως η νάφθα, τα πετροχημικά και τα βασικά χαρακτηριστικά των υδρογονανθράκων.

Τέλος στην έρευνα τους οι Κολιούλης κ.ά. (2009) εφαρμόζουν μια διδακτική παρέμβαση στην οποία προτείνεται και εφαρμόζεται αλλαγή στη σειρά διδασκαλίας των εννοιών, πιο συγκεκριμένα σκόπιμα γίνεται αρχικά η εισαγωγή της έννοιας του μορίου και μετέπειτα της έννοιας του ατόμου. Οι έννοιες εισάγονται αρχικά σε μακροσκοπικό επίπεδο και στη συνέχεια σε μικροσκοπικό. Χρησιμοποιούνται ερωτηματολόγια σχετικά με την έννοια και τις ιδιότητες των μορίων. Επιπλέον γίνεται χρήση ενός νέου πειραματικού διδακτικού υλικού (βιβλίο) σε μαθήματα σχετικά με την έννοια του μορίου στα στερεά, υγρά και αέρια.

- Κυκλική αναθεώρηση (iteration)

Έπειτα από την ανάλυση των άρθρων, διαπιστώθηκε ότι σε καμία από τις έρευνες δεν περιγράφεται η διαδικασία της επανάληψης εφαρμογής της ΔΜΑ. Καμία έρευνα δεν αξιοποιήθηκε μετά την πρώτη εφαρμογή της, ώστε οι ερευνητές να προβούν σε κάποιες βελτιωτικές αλλαγές δημιουργώντας μια αναθεωρημένη μορφή της υποδηλώνοντας το χαρακτηριστικό του iteration. Εντούτοις αξίζει να σημειωθεί ότι σε 3 από τις 10 έρευνες προτείνονται κάποιες βελτιωτικές αλλαγές. Πιο συγκεκριμένα, στην έρευνα των Σταράκη κ.ά. (2013) προτείνονται τα στοιχεία που θα πρέπει να προσεχθούν περισσότερο σε μια μελλοντική προσπάθεια σχεδιασμού της εν λόγω μαθησιακής πορείας, να είναι τα εξής: 1) η αναφορά στα σχετικά μεγέθη Ήλιου – Γης – Σελήνης ώστε να αποφευχθούν εμπλοκές με το φαινόμενο των εκλείψεων και 2) η περαιτέρω προσπάθεια σύνδεσης της φοράς με την οποία περιστρέφεται η Σελήνη γύρω από τη Γη, με τη χρονική καθυστέρηση εμφάνισης της στο ίδιο σημείο στον ουρανό, σε χρονικό ορίζοντα μιας ημέρας. Στην έρευνα των Παντούλα κ.ά. (2015) προτείνεται η χρήση της συνέντευξης ως εργαλείο που θα βοηθούσε και θα αποτύπωνε με μεγαλύτερη σαφήνεια τις αντίστοιχες εναλλακτικές ιδέες και πιθανόν να διαφοροποιούσε τις δύο διδακτικές παρεμβάσεις. Και τέλος στην έρευνα των Βαχλιώτη κ.ά. (2013) προτείνεται η εφαρμογή της

προσέγγισης SATL εμπλουτισμένης με ακόμα περισσότερα στοιχεία διερεύνησης, η αξιολόγηση του διδακτικού αυτού μοντέλου και στο πλαίσιο άλλων διδακτικών στρατηγικών και προσεγγίσεων, όπως στη βάση μιας ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας ή μιας ερευνητικής εργασίας (project) και η εφαρμογή και αξιολόγηση του μοντέλου SATL σε άλλες θεματικές ενότητες της χημείας ή και σε άλλες εκπαιδευτικές βαθμίδες (π.χ. τριτοβάθμια εκπαίδευση).

- Αποτελεσματικότητα της ΔΜΑ/διδακτικής παρέμβασης

Τέλος όσον αφορά την αποτελεσματικότητα των ΔΜΑ και των διδακτικών παρεμβάσεων προκύπτει ότι τα αποτελέσματα ήταν θετικά για τους μαθητές. Ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας έγινε είτε με συνεντεύξεις , είτε με ερωτηματολόγια πριν και μετά την εφαρμογή. Από τις μελέτες προέκυψε ότι οι μαθητές μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ/διδακτικής παρέμβασης κατέστησαν ικανοί να αναγνωρίσουν το φαινόμενο που μελέτησαν και καταρρίφθηκαν οι εναλλακτικές τους ιδέες.

Τα παραπάνω κωδικοποιούνται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων

ΕΡΕΥΝΕΣ	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ								
	1. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ- ΗΛΙΚΙΑ	2.ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	3.ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ	4.ΡΗΤΗ Η ΜΗ ΡΗΤΗ ΔΗΛΩΣΗ ΔΜΠ	5.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΜΠ	6.ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	7.Iteration	8.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΜΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ (προτάσεις για βελτίωση παρά την απουσία iteration)
1. Σταράκης κ.ά., 2013	Φαινόμενη κίνηση της Σελήνης (μαθητές Ε' Δημοτικού)	-Μοντέλο «Διδακτική Επανοικοδόμη ση» -Μέθοδος «διδακτικού πειράματος»	1) Η Σελήνη εμφανίζεται κάθε μέρα την ίδια ώρα στον ουρανό. 2) Η Σελήνη δεν φαίνεται να αλλάζει θέση στον ουρανό. 3) Η Σελήνη δεν είναι ορατή την ημέρα. 4) η Σελήνη ανατέλλει και δύει την ίδια ώρα κάθε μέρα.	Υπόρρ ητη	Μελέτη της κίνησης της Σελήνης θεωρώντας ως ακίνητο παρατηρητή τον ήλιο.	1) Χρήση φωτογραφιών, 2) Χρήση επιδαπέδιου ρολογιού, 3) Σωματική προσομοίωση.	Όχι	Θετικά	1) Αναφορά στα σχετικά μεγέθη Ήλιου –Γης – Σελήνης για να αποφευχθούν εμπλοκές με το φαινόμενο των εκλείψεων , 2) περαιτέρω προσπάθεια σύνδεσης της φοράς με την οποία περιστρέφεται η Σελήνη γύρω από τη Γη, με τη χρονική καθυστέρηση εμφάνισης της στο ίδιο σημείο στον ουρανό, σε χρονικό ορίζοντα μιας ημέρας.

2. Σταράκης κ.ά., 2015	Εναλλαγή των εποχών (μαθητές Ε' Δημοτικού)	Μέθοδος «διδακτικού πειράματος»	Η εναλλαγή των εποχών οφείλεται στην διαφορετική απόσταση της Γης από τον ήλιο.	Υπόρρητη	1) Εξήγηση του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών βασισμένη στη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών. 2) Ποιοτική περιγραφή χωρίς μαθηματικούς φορμαλισμούς.	1) Χρήση μοντέλων (Γη, Ήλιος), 2) Οπτικό υλικό (ψηφιακό πλανητάριο), 3) Προσομοίωση του φαινομένου αποτυπωμένη σε χαρτί.	Όχι	Θετικά	
3. Καπόγιαννης κ.ά., 2017	Αρχή της Αβεβαιότητας του Heisenberg (μαθητές Γ' Λυκείου)	Μη ρητή αναφορά σε μοντέλο	Η Αρχή της αβεβαιότητας είναι πολύ δύσκολη εννοιολογικά και μαθηματικά για τους μαθητές.	Υπόρρητη	1) Παρακάμπτεται η ανάλυση Fourier με τη χρήση μόνο 2αρμονικών κυμάτων. 2) Χρήση του φαινομένου διακροτήματος. 3) Μαθηματικές γνώσεις μόνο για υπέρθεση κυμάτων και σύνθεση ταλαντώσεων.	Κατάλληλο αλληλεπιδραστικό λογισμικό.	Όχι	Θετικά	

4. Αλεξανδρόπουλος κ.ά., 2015	Υπεραγωγιμότητα (μαθητές Γ' Λυκείου)	Εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης	Η θεωρία της υπεραγωγιμότητας είναι πολύ δύσκολη εννοιολογικά και μαθηματικά για μαθητές Β' βαθμιας	Υπόρρητη	Σύγχρονο θέμα φυσικής : Εικονικά πειράματα	Εικονικά πειράματα: 1) Προσομοιώσεις υπεραγωγού τύπου II -σχετικό φύλλο εργασίας 2) Προσομοίωση για την μαγνητική αιώρηση, -πειραματικά βίντεο - σχετικά φύλλα εργασίας 3)Γλώσσα προγραμματισμού Scratch	Όχι	Θετικά	
5. Καραγιάννη κ.ά., 2015	Ανάπτυξη δεξιοτήτων πειραματικού σχεδιασμού στην ευθύγραμμη διάδοση φωτός -σκιάς (μαθητές Ε' Δημοτικού)	Διδακτικό μοντέλο Διερευνητικές Διαδρομές ΔΙΕΔΙΑ	Η αντίστοιχη μάθηση μέσω γνωστικής μαθητείας είναι αβέβαιη και πολύ πιο αργή	Υπόρρητη	Ρητή διδασκαλία των βημάτων της ΔΙΕΔΙΑ και του πειραματικού σχεδιασμού, αντί της μαθητείας	Ειδικό φύλλο πειραματικού σχεδιασμού: - καθοδηγούμενη διερεύνηση για τη διδασκαλία της φύσης του φωτός, -ανοιχτή διερεύνηση για τη διδασκαλία του φαινομένου της αλλαγής του μεγέθους της σκιάς.	Όχι	Θετικά	

6. Μαγουλιώτης κ.ά., 2013	Ζωντανοί οργανισμοί - Βασικά εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά των πουλιών. (Μαθητές νηπαιγωγείου)	Μη ρητή αναφορά σε μοντέλο	Πως συνδέονται οι εικαστικές τέχνες με τις φυσικές επιστήμες.	Υπόρρητη	-Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών: εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά πελαργού και χελιδονιού -χρήση μοντέλων και προσομοιωμάτων των δυο πουλιών.	-Έντυπα υλικά: Ποιήματα, φωτογραφικό λεύκωμα, ομοιώματα πελαργού και χελιδονιού -παιδαγωγικό υλικό: Παιχνίδι λογικής ακολουθίας, δραματοποίηση ρόλων και συμπεριφορών χελιδονιού και πελαργού.	Όχι	Θετικά	
7. Δημητρίου, 2013	Μορφές ενέργειας (μαθητές Ε' Δημοτικού)	Μη ρητή αναφορά σε μοντέλο	Η ενέργεια είναι μια αφηρημένη και δύσκολη έννοια. Δυσκολία στη κατανόηση μετατροπής από μια μορφή σε μια άλλη.	Υπόρρητη	-Ποιοτική περιγραφή της έννοιας της ενέργειας -βιωματικές περιγραφές των 2 μορφών ενέργειας: ηλιακής και υδροδυναμικής και τις μετατροπές αυτών αντίστοιχα στις εποπτικές μορφές θερμότητας και φωτός.	1) Κατασκευή ηλιακού φούρνου και υδροηλεκτρικού σταθμού, 2) φιδάκι της Ενέργειας, μονόπολη με πιόνια τα ίδια τα παιδιά	Όχι	Θετικά	

8. Παντούλα κ.ά., 2015	Εκκρεμές (μαθητές Γ' Γυμνασίου)	Μη ρητή αναφορά σε μοντέλο	<p>Δυσκολία στη κατανόηση του φαινομένου (περίοδος εκκρεμούς) λόγω των εναλλακτικών τους ιδεών οι οποίες είναι:</p> <p>1) Η περίοδος εξαρτάται από το πλάτος ταλάντωσης.</p> <p>2) Όσο βαρύτερο είναι το κρεμασμένο σώμα τόσο μικρότερη η περίοδος.</p> <p>3) Η περίοδος δεν εξαρτάται από το μήκος του νήματος.</p>	Υπόρρητη	<p>1.Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών: περίοδος εκκρεμούς και μελέτη της εξάρτησης της από το πλάτος της ταλάντωσης, το μήκος του νήματος και την μάζα του σώματος.</p> <p>2. Ποιοτική περιγραφή του φαινομένου χωρίς μαθηματικούς φορμαλισμούς.</p>	<p>Ερωτηματολόγια με ερωτήσεις σχετικές με την εξάρτηση της περιόδου από την μάζα του σώματος, το πλάτος της ταλάντωσης και το μήκος του νήματος του εκκρεμούς.</p> <p>-Πραγματικό εργαστήριο: πείραμα με την κατασκευή ενός απλού εκκρεμούς(ορθοστάτης, βαρίδια, νήμα, χρονόμετρο).</p> <p>-Εικονικό εργαστήριο: ηλεκτρονική προσομοίωση «εργαστήριο εκκρεμούς».</p>	Όχι	Θετικά	<p>Προτείνεται η χρήση της συνέντευξης ως εργαλείο που θα βοηθούσε και θα αποτύπωνε με μεγαλύτερη σαφήνεια τις αντίστοιχες εναλλακτικές ιδέες και πιθανόν να διαφοροποιούσε τις δύο διδακτικές παρεμβάσεις.</p>
------------------------	---------------------------------	----------------------------	--	----------	---	---	-----	--------	---

9. Βαχλιώτης κ.ά., 2013	Οργανική Χημεία (μαθητές Β' Λυκείου)	Μοντέλο SATL Συστημική προσέγγιση στη Διδασκαλία και Εκμάθηση»	Δυσκολία στη κατανόηση εννοιών Οργανικής Χημείας.	Υπόρρητη	Ρητή διδασκαλία του μοντέλου SATL ->Συστημικό Διάγραμμα(ΣΔ): κυκλική χαρτογράφηση εννοιών.	<p>Φύλλα Εργασία με περιεχόμενο τις έννοιες: -Κατηγορίες οργανικών ενώσεων και ονοματολογία κατά IUPAC, - Συντακτική Ισομέρεια</p> <p>Φύλλα Εργασίας με Συστημικές ερωτήσεις αξιολόγησης με περιεχόμενο: -Νάφθα Πετροχημικά -Βασικά χαρακτηριστικά υδρογονανθράκων</p>	Όχι	Θετικά	<p>-Εφαρμογή της προσέγγισης SATL εμπλουτισμένης με ακόμα περισσότερα στοιχεία διερεύνησης. -Αξιολόγηση του διδακτικό αυτού μοντέλου και στο πλαίσιο άλλων διδακτικών στρατηγικών και προσεγγίσεων, όπως στη βάση μιας ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας ή μιας ερευνητικής εργασίας (project). -Εφαρμογή και αξιολόγηση του μοντέλου SATL σε άλλες θεματικές ενότητες της χημείας ή και σε άλλες εκπαιδευτικές βαθμίδες (π.χ. τριτοβάθμια εκπαίδευση).</p>
-------------------------	--------------------------------------	--	---	----------	---	--	-----	--------	---

10. Κολιούλης κ.ά.,2009	Η έννοια του μορίου (μαθητές Β΄ Γυμνασίου)	Εποικοδομητισμός (εποικοδομητική και νοηματική προσέγγιση)	-Δυσκολίες στην κατανόηση της έννοιας του μορίου. -Δυσκολία στη νοητική μετάβαση από το μακροσκοπικό στο μικροσκοπικό επίπεδο.	Υπόρρητη	Αλλαγή στη σειρά διδασκαλίας των εννοιών, αρχικά εισάγεται η έννοια του μορίου και μετέπειτα η έννοια του ατόμου. Οι έννοιες εισάγονται αρχικά σε μακροσκοπικό επίπεδο και στη συνέχεια σε μικροσκοπικό.	- Ερωτηματολόγιο σχετικά με την έννοια και τις ιδιότητες των μορίων. -Χρήση ενός νέου πειραματικού διδακτικού υλικού (βιβλίο)σε μαθήματα σχετικά με την έννοια του μορίου στα στερεά ,υγρά και αέρια.	Όχι	Θετικά	
-------------------------	--	--	---	----------	--	--	-----	--------	--

Ολοκληρώνοντας, όσον αφορά τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν στην ενότητα 3.1 μπορούν να ειπωθούν τα ακόλουθα:

Αρχικά το πρώτο ερευνητικό ερώτημα που μας απασχόλησε αφορούσε το αν οι ερευνητές στις διδακτικές τους παρεμβάσεις αξιοποιούν διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου δηλώνοντας τον ρητά ή όχι. Από την ανάλυση των άρθρων προέκυψε ότι σε καμία από τις έρευνες που μελετήσαμε οι ερευνητές δεν δηλώνουν ρητά την αξιοποίηση του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου, άλλα αντίθετα ο διδακτικός μετασχηματισμός υπονοείται μέσα από την παρουσίαση των δραστηριοτήτων. Πράγματι σύμφωνα με την βιβλιογραφία ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου, αν και αναγνωρίζεται η αναγκαιότητα του, σπάνια δηλώνεται ρητά ούτε παρέχονται εξηγήσεις για το πώς γίνεται αυτός (Καριώτογλου, 2021). Το γεγονός της μη ρητής δήλωσης του διδακτικού μετασχηματισμού και της απουσίας εξηγήσεων για το πώς αυτός γίνεται, έχει ως συνέπεια αφενός να μην μπορεί να επαναληφθεί η διδασκαλία και άρα να ενισχυθεί ή αποδυναμωθεί η ισχύς της έρευνας. Αφετέρου να δυσκολεύει τις προσπάθειες βελτίωσης αυτών των διδασκαλιών, αφού οι νεότεροι ερευνητές δεν έχουν πρόσβαση στις λεπτομέρειες του ΔΜΠ ώστε να αποφασίσουν τι θα κρατήσουν και τι θα αλλάξουν σε μια επόμενη αναπτυξιακή έρευνα, με απώτερο στόχο βέβαια την καλύτερη κατανόηση των μαθητών (Καριώτογλου, 2021).

Αναφορικά με το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, το οποίο σχετίζεται με το εάν αναφέρονται οι δυσκολίες των μαθητών στο εν λόγω περιεχόμενο της κάθε διδακτικής παρέμβασης, και εάν παρουσιάζονται τα μαθησιακά αποτελέσματα που προέκυψαν σε κάθε έρευνα, μπορεί να ειπωθεί ότι στις 5 έρευνες (Δημητρίου, 2013; Σταράκης κ.ά., 2013; Σταράκης κ.ά., 2015; Κολιούλης κ.ά., 2009; Παντούλα κ.ά., 2015) οι ερευνητές αναφέρουν στο εισαγωγικό κομμάτι τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και δηλώνουν ότι τις λαμβάνουν υπόψη κατά τον σχεδιασμό της ΔΜΑ/διδακτικής παρέμβασης. Στις υπόλοιπες 5 έρευνες (Καπόγιαννης κ.ά., 2017; Αλεξανδρόπουλος κ.ά., 2015; Μαγουλιώτης κ.ά., 2013; Βαχλιώτης κ.ά., 2013; Καραγιάννη κ.ά., 2015) οι δυσκολίες των μαθητών υπονοούνται μέσα από τις δραστηριότητες. Σχετικά με τα αποτελέσματα των διδακτικών παρεμβάσεων, σε όλες τις έρευνες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τα οποία ήταν θετικά, καθώς οι μαθητές κατέστησαν ικανοί να αναγνωρίζουν το φαινόμενο και τις έννοιες που διδάχτηκαν και ξεπέρασαν σε μεγάλο βαθμό τις εναλλακτικές

τους ιδέες. Όπως προκύπτει και από τη βιβλιογραφία οι ερευνητές πάντα θα πρέπει να περιγράφουν τα μαθησιακά αποτελέσματα, ίσως και αναγκαστικά αφού αλλιώς δεν μπορεί να δημοσιευτεί η έρευνα (Καριώτογλου, 2021).

Σχετικά με το τρίτο ερευνητικό ερώτημα που θέσαμε, το οποίο αφορούσε την ύπαρξη ή όχι της κυκλικής αναθεώρησης (iteration), από την ανάλυση των άρθρων προέκυψε ότι το χαρακτηριστικό του iteration δεν εμφανίζεται σε καμία έρευνα. Εξαιρέση αποτελούν τρεις μόνο έρευνες (Σταράκης κ.ά., 2013; Βαχλιώτης κ.ά., 2013; Παντούλα κ.ά., 2015) στις οποίες παρόλο που δεν εμφανίζεται το χαρακτηριστικό της κυκλικής αναθεώρησης προτείνονται κάποιες βελτιωτικές αλλαγές.

Το τελευταίο ερώτημα που μας απασχόλησε είχε ως θέμα την κατηγοριοποίηση των περιπτώσεων των διδακτικών μετασχηματισμών του περιεχομένου που συναντήσαμε στα άρθρα που επισκοπήσαμε. Με βάση την ανάλυση των άρθρων προέκυψαν οι εξής πέντε κατηγορίες διδακτικού μετασχηματισμού:

1. Επιλογή συγκεκριμένων εννοιών και φαινομένων.

Στην έρευνα των Σταράκη και Χαλκιά (2015) η εξήγηση του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών επικεντρώνεται στη χρήση συγκεκριμένων εννοιών, πιο συγκεκριμένα η ερμηνεία του φαινομένου βασίστηκε στη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών, ως ανεξάρτητη μεταβλητή, προσπαθώντας να καταρρίψει την εναλλακτική αντίληψη που στηρίζει την εξήγηση του φαινομένου μόνο με βάση την απόσταση Γης-Ήλιου.

2. Αλλαγή στη σειρά εισαγωγής των εννοιών.

Στην έρευνα των Κολιούλη κ.ά. (2009) προτείνεται και εφαρμόζεται αλλαγή στη σειρά διδασκαλίας των εννοιών, πιο συγκεκριμένα σκόπιμα γίνεται αρχικά η εισαγωγή της έννοιας του μορίου και μετέπειτα της έννοιας του ατόμου. Οι έννοιες εισάγονται αρχικά σε μακροσκοπικό επίπεδο και στη συνέχεια σε μικροσκοπικό.

3. Ποιοτική εισαγωγή των εννοιών χωρίς αναφορά στον μαθηματικό φορμαλισμό.

Στην έρευνα του Δημητρίου (2013) παρουσιάζεται μια ποιοτική και βιωματική περιγραφή της επιστημονικής έννοιας της ενέργειας, η οποία περιλαμβάνει πειραματικό σχεδιασμό και

πειραματικές διαδικασίες μέσω των οποίων γίνεται πιο κατανοητή η δύσκολη επιστημονική έννοια της ενέργειας, χωρίς να γίνεται καμιά αναφορά στον μαθητικό φορμαλισμό.

4. Προτάσεις μετασχηματισμού στο πειραματικό σχεδιασμό και στις πειραματικές διαδικασίες, που αφορούν τη ρητή διδασκαλία των βημάτων της εκάστοτε μεθόδου.

Οι Καραγιάννη & Ψύλλος (2015) περιγράφουν μια καινοτομική παρέμβαση με στόχο την ανάπτυξη δεξιοτήτων πειραματικού σχεδιασμού, η οποία στηρίζεται στο μοντέλο διερευνητικές διαδρομές ΔΙΕΔΙΑ. Με βάση το μοντέλο αυτό διευκολύνεται η μάθηση των μαθητών στον πειραματικό σχεδιασμό μέσω ρητής διδασκαλίας των βημάτων του.

5. Σε σύγχρονα θέματα Φυσικής χρησιμοποιούνται κατάλληλα λογισμικά, μοντέλα και προσομοιώσεις.

Οι Αλεξανδρόπουλος κ.ά. (2015) εισάγουν το σύγχρονο θέμα της υπεραγωγιμότητας μέσω οπτικής απεικόνισης. Πιο συγκεκριμένα, οι ερευνητές μελέτησαν την έννοια της υπεραγωγιμότητας μέσω εικονικών πειραμάτων, χρησιμοποιώντας δυο εικονικές προσομοιώσεις.

Οι παραπάνω κατηγορίες αναδεικνύονται και από την βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα ο Καριώτογλου (2021) αναδεικνύει όλες τις παραπάνω κατηγορίες και 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.

Συνοψίζοντας, από τα ευρήματα της παρούσας εργασίας προκύπτει η συχνότητα με την οποία αξιοποιείται ο Διδακτικός Μετασχηματισμός του Περιεχομένου, καθώς και η αναγκαιότητα αξιοποίησής του. Λόγω των δυσκολιών που συναντούν οι μαθητές σε διάφορες επιστημονικές έννοιες και φαινόμενα, ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου κρίνεται αναγκαίος και αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο. Επειδή ο μετασχηματισμός πραγματοποιείται από τους ερευνητές χωρίς να δηλώνεται ξεκάθαρα, είναι δύσκολο να εντοπιστεί και να κατηγοριοποιηθεί. Επιπλέον ένα ακόμη κρίσιμο ζήτημα αποτελεί η επιστημολογική εγκυρότητα του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου. Για τον λόγο αυτό χρειάζονται σχετικές μελέτες / εμπειρικές έρευνες, από την εκπαιδευτική και ερευνητική κοινότητα της διδακτικής

των Φυσικών Επιστημών που να φωτίσουν τη διαδικασία του μετασχηματισμού, που θα οδηγήσει σε νέα προγράμματα σπουδών και ανάλογα βοηθήματα, αλλά θα συμβάλλει και στη προ- και ενδό- υπηρεσιακή εκπαίδευση των εκπαιδευτικών των Φυσικών Επιστημών (Καριώτογλου,2021).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση

Αλεξανδρόπουλος, Ε. & Πολάτογλου, Χ. (2015). «Διδακτική προσέγγιση του φαινομένου της υπεραγωγιμότητας με χρήση προσομοιώσεων λογισμικού σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης». Στο: Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης, & Μ. Καλλέρη (επιμ.). Πρακτικά 9^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 8-10 Μαΐου 2015 (σελ.465-470). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Βαχλιώτη, Θ., Σάλτα, Κ., Τζουγκράκη, Χ. (2013). «Εφαρμογή και αξιολόγηση του μοντέλου SATL στη διδασκαλία της οργανικής χημείας στο λύκειο», Στο: Δ. Βαβουγιός, & Σ. Παρασκευόπουλος (επιμ.). Πρακτικά 8^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 26-28 Απριλίου 2013 (σελ.212-219), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Βελλοπούλου, Α. & Ραβάνης, Κ. (2004). Ο κόσμος της φυσικής στο αναλυτικό πρόγραμμα για το νηπιαγωγείο: μια προσέγγιση στο πλαίσιο της θεωρίας του διδακτικού μετασχηματισμού. 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών στη προσχολική Εκπαίδευση, Ιανουάριος- Φεβρουάριος 2004 (σελ. 143- 156), Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Δημητρίου, Θ. (2013) «Οι κατασκευές και το παιχνίδι στις Φυσικές Επιστήμες: Το παράδειγμα των μορφών και εναλλακτικών μορφών ενέργειας». Στο: Δ. Βαβουγιός, & Σ. Παρασκευόπουλος (επιμ.). Πρακτικά 8^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 26-28 Απριλίου 2013 (σελ.1044-1048), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Καπόγιαννης, Α., Καπότης, Ε. & Καλκάνης, Γ. (2017). « Εισάγοντας τη Αρχή της Αβεβαιότητας σε μαθητές λυκείου μέσω απλών μαθηματικών σχέσεων και με τη χρήση αυτοσχέδιου αλληλεπιδραστικού λογισμικού». Στο: Δ. Σταύρου, Α. Μιχαηλίδη, & Α. Κοκολάκη (επιμ.). Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 7-9 Απριλίου 2017 (σελ.417-425). Πανεπιστήμιο Κρήτης. Ρέθυμνο.

Καραγιάννη, Χ. & Ψύλλος, Δ. (2015). «Μελέτη της ανάπτυξης δεξιοτήτων πειραματικού σχεδιασμού από μαθητές Ε΄ Δημοτικού στο πλαίσιο μιας διερευνητικής διδακτικής ακολουθίας». Στο: Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη (επιμ.). Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 8-10 Μαΐου 2015 (σελ.315-321). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

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.

Κολιούλης, Δ., Καμπουράκης, Κ. & Τσαπαρλής, Γ. (2009). «Διδασκαλία της έννοιας του μορίου στη Β΄ Γυμνασίου: έμφαση στην εποικοδομητική και νοηματική προσέγγιση». Στο: Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (επιμ.). Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 7-10 Μαΐου 2009 (σελ.401-410), Παιδαγωγική Σχολή Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα.

Κολιόπουλος, Δ. (2001). «Από την πρακτικο-βιωματική γνώση στη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης: Η εποικοδομητική αντίληψη στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών». Στο: Β. Κουλαϊδή (επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (τόμος 1, 217-251). Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.

Κολιόπουλος, Δ. (2004) Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών: Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Κολιόπουλος, Δ. (2006) Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών: Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Κουλαϊδής, Β. (1995). «Επιστήμες της διδακτικής διαμεσολάβησης. Οριοθέτηση και οργάνωση». Στο: Η.Γ. Ματσαγγούρας (επιμ.), *Η εξέλιξη της Διδακτικής. Επιστημολογική θεώρηση*. Αθήνα: εκδόσεις Gutenberg, σελ. 407-419.

Κουλαϊδής, Β. (2001). «Η επιστημολογική συγκρότηση της επιστημονικής γνώσης». Στο: Β. Κουλαϊδή (επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, τόμος Α, 277-314, Ε.Α.Π., Πάτρα.

Μαγουλιώτης, Α. & Τσουκαλά, Κ. (2013). «Οι Φυσικές Επιστήμες και τα Εικαστικά συνεργάζονται για την ανίχνευση και αξιοποίηση ιδεών και γνώσεων των νηπίων σχετικά με τους ζωντανούς οργανισμούς». Στο: Δ. Βαβουγιός & Σ. Παρασκευόπουλος, (επιμ.). Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 26-28 Απριλίου 2013 (σελ.512-521). Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Παντούλα, Χ., Σταύρου, Ο., Γεωργόπουλος, Κ. & Κώτσης, Κ. (2015). «Σύγκριση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία για την αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών στο εκκρεμές». Στο: Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη, (επιμ.). Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 8-10 Μαΐου 2015 (σελ.404-410). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Ραβάνης, Κ. (2004). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική ηλικία: Διδακτική και γνωστική προσέγγιση*. Αθήνα: εκδόσεις Τυπωθήτω.

Ραβάνης, Κ. (1995). «Από τη γενική διδακτική στη διδακτική των φυσικών επιστημών. Παιδαγωγική συνέχεια και επιστημολογική ασυνέχεια». Στο: Η. Γ. Ματσαγγούρας (επιμ.), *Η εξέλιξη της Διδακτικής. Επιστημολογική θεώρηση*. Αθήνα: εκδόσεις Gutenberg, σελ:421-446.

Ραβάνης, Κ. (2003). «Ο διδακτικός μετασχηματισμός: από τα επιστημονικά αντικείμενα στις σχολικές πρακτικές». Στο: *Εισαγωγή στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Ραβάνης, Κ. (2009). Ο διδακτικός μετασχηματισμός: από τα επιστημονικά αντικείμενα στις σχολικές πρακτικές. Πρακτικά του Διεθνούς Συνεδρίου 'Η Ελληνική γλώσσα στη Λατινική Αμερική', 16-18 Οκτωβρίου 2009. Μοντεβιδέο, Ουρουγουάη.

Ραβάνης, Κ. (2009). Διδακτική Εννοιών της Φυσικής για την Προσχολική Ηλικία: Διδακτικός Μετασχηματισμός (Εν. 5). Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Σχολή Ανθρωπιστικών & Κοινωνικών Επιστημών Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία. Πανεπιστήμιο Πάτρας.

Σταράκης, Ι. & Χαλκιά, Κ. (2013). «Ο Σχεδιασμός, η Εφαρμογή και η Αξιολόγηση μιας Ακολουθίας Διδασκαλίας και Μάθησης για τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης». Στο: Δ. Βαβουγιός, & Σ. Παρασκευόπουλος (επιμ.). Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 26-28 Απριλίου 2013 (σελ.314-322). Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Σταράκης, Ι. & Χαλκιά, Κ. (2015) «Διδακτική προσέγγιση του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση». Στο: Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης, & Μ. Καλλέρη (επιμ.), Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 8-10 Μαΐου 2015 (σελ.289-329). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Σκουμιάς, Μ. (2012). Εφαρμοσμένη διδακτική των φυσικών επιστημών. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Παιδαγωγικό τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης πανεπιστημίου Αιγαίου.

Τσελφές, Β. (2020). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εκπαιδευτική Πολιτική. DOI:[10.13140/RG.2.2.12783.05280](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12783.05280)

Ξενόγλωσση

Banegas, D. L. (2014). Democratizing didactic transposition: Negotiations between learners and their teacher in a secondary school. *Latin American Journal of Content and Language Integrated Learning*, 7(2), 1-26. doi:10.5294/lacil.2014.7.2. 1

Beitone, A., Decugis, M-A., Dollo, C. & Rodrigues, C. (2004). *Les sciences économiques et sociales: Enseignement et apprentissages*. Bruxelles: de Boeck.

Bergsten, C., Jablonka, E., & Klisinska, A., (2010). *A Remark on Didactic Transposition Theory*. Sweden: Linköping University, Lulea University of Technology.

Bernstein, B. (2000). *Pedagogy, symbolic control and identity. Theory, research and critique*. Revised edition. Oxford: Rowman & Littlefield.

Bosch, M., Florensa, I. & Gascón, J. (2016). “Study and research paths in university mathematics teaching and in teacher education: open issues at the edge between epistemology and didactics”. In: R. Göller, R. Biehler, R. Hochmuth, & H.G. Rück (eds), *Didactics of Mathematics in Higher Education as a Scientific Discipline – Conference Proceedings* (pp. 413-417). Kassel, Germany: Universitätsbibliothek Kassel.

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

Bourdieu, P., Chamboredon, J.C., & Passeron, J.C. (1973). *Le métier de sociologue*. Paris: Mouton.

Boyer, C.B. (1959). *The history of the calculus and its conceptual development*. New York: Dover.

Chevallard, Y. (1978). *Sur la transposition didactique dans l'enseignement de la statistique*. IREM d'Aix-Marseille.

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique du savoir savant au savoir enseigner*. Grenoble: Editions PenseeSauvage.

Chevallard, Y. (1988). *Implicit Mathematics: Its Impact on Societal Needs and Demands*. Budapest, Paper presented at the Sixth International Congress on Mathematical Education.

Chevallard, Y. (1989). On didactic transposition theory: some introductory notes. In: *Proceedings of the International Symposium on Selected Domains of Research and Development in Mathematics Education* (pp. 51- 62), 3-7 August 1988. Bratislava.

Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique du savoir savant au savoir enseigné* (avec un exemple d'analyse de la transposition didactique, Yves Chevallard et Marie-Alberte Johsua). Grenoble: La Pensée Sauvage.

Chevallard, Y. (1992a). A theoretical approach to curricula. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 13, 215-230.

Chevallard, Y., Bosch, M. & Gascon, J. (1997). *Estudiarmatemáticas*. El eslabón perdido entre la enseñanza y el aprendizaje, ICE/Horsori, Barcelone.

Comte, A. (1852). “Catéchisme positiviste ou Sommaire exposition de la religion universelle en onze entretiens systématiques entre une Femme et un Prêtre de l’humanité”. In: J.M. Tremblay (ed.), *Édition reproduit le texte de l’édition originale du Catéchisme positiviste*. Paris: chez l’auteur. Available online at: <http://classiques.uqac.ca/classiques/>. [last accessed on 2009-10-15]

Dejić, M., Milinković, J., & Đokić, O. (2009). *Didactics of Mathematics Course in Teachers Education*. University of Belgrade, Teachers Training Faculty.

Develay, M. (1992). *De l’apprentissage à l’enseignement*. Paris: esF.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1998). *Μια Παγκόσμια σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών* (επιμ. Κόκκοτας, Π., μτφρ. Χατζή, Μ.). Αθήνα: εκδόσεις Τυπωθήτω Γιώργος Δαρδανός.

Freudenthal, H. (1986). Book reviews: Yves Chevallard, *La Transposition Didactique du Savoir Savant au Savoir Enseigné*, Editions Pensée Sauvage, Grenoble 1985, 127 pp. *Educational Studies in Mathematics*, 17, 323-327.

Guichard, J. & Martinand, J.L. (2000). *Médiaticque des sciences*. Paris: Presses universitaires de France.

Johsua, S., & Dupin, J.J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris: PUF.

Kang, W. (1990). *Didactic Transposition of Mathematical Knowledge in Textbooks*. Doctoral dissertation, University of Georgia.

Kang, W., & Kilpatrick, J. (1992) Didactic transposition in mathematics textbooks. *Learn Math*, 12(1), pp. 2-7.

Kariotoglou, P., Psillos, D., & Vallasiades, O. (1990). Understanding pressure: didactical transpositions and pupils' conceptions. *Physics Education*, 25(2), 92.

Kariotoglou, P., Psillos, D. & Tselfes, V. (2003). Modelling the Evolution of Teaching Learning Sequences: From Discovery to Constructivism. In: Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselfes, V., Hatzikraniotis, E., Fassoulopoulos, G., Kallery, M. (eds), *Science Education Research in the Knowledge-Based Society*, Kluwer Academic Publishers, 259-268

Katz, V.J. (2004). *History of mathematics: Brief version*. New York: Addison-Wesley.

Kilpatrick, J. (1987). "What Constructivism might be in Mathematics Education". *Proceedings of PM*, 11(1), 3-27.

Klisinska, A. (2009). *The fundamental theorem of calculus. A case study on the didactic transposition of proof*. Doctoral thesis. Luleå: Luleå University of Technology.

- Lurdes de Fátima P. & Robson S.(2010). Didactic Transposition: from scientific knowledge to school knowledge. Translated by Vera Lúcia Mello Joscelyne. *Ciberteologia - Revista de Teologia & Cultura - Ano VI*, n. 27.
- Meheut, M. & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.
- Meheut, M. (2005). Teaching-Learning Sequences Tools For Learning and/or Research. In: K. Boersma, M.Goedhart, O. De Jong, H., Eijkelhof (Eds.), *Research and the Quality of Science Education*, Springer, Netherlands, 195-207
- Polidoro, L.F. & Stigar, R. (2010). Didactic Transposition: from scientific knowledge to school knowledge. *Ciberteologia - Revista de Teologia & Cultura*, 6(1), 1-6. Available online at: http://ciberteologia.paulinas.org.br/ciberteologiaen/wpcontent/uploads/2010/01/02_ATransposicaoDidatica.pdf [Retrieved May, 17].
- Spivak, M. (1980). Calculus (2nd edition). Houston, Texas: Publish or Perish Inc.
- Verret, M. (1975). Le temps des études. Paris: LibraireHonoré Champion.
- von Glasersfeld, E. (1987). “Learning as constructive activity”. In: *The Construction of Knowledge Contributions to Conceptual Semantics* (pp. 307-333). California: Intersystems Publications, Seaside.
- Widolo, A., Duit, R. & Muller, C. (2002). Constructivist views of teaching and learning in practice: teachers’ views and classroom behavior, Paper presented at the Annual meeting of the national Association for Research in Science Teaching, New Orleans.

Διαδίκτυο

<https://doi.org/10.12973/ejmste/75369>

<https://economu.wordpress.com/>

<https://slideplayer.gr/slide/11828472/>

<https://slideplayer.gr/slide/11197026/>