



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΦΛΩΡΙΝΑΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

**Εκπαίδευση μελλοντικών δασκάλων σε ανοιχτά διερευνητικά
περιβάλλοντα μάθησης: η εξέλιξη των αντιλήψεών τους για τα
μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις Φυσικές Επιστήμες.**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΗΣ ΑΓΓΕΛΙΚΗΣ ΒΑΣΙΛΟΥΔΗ

ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ
Στις «Επιστήμες της Αγωγής»
με ειδίκευση «Θετικές Επιστήμες και Νέες Τεχνολογίες»

ΦΛΩΡΙΝΑ ΙΟΥΝΙΟΣ 2017

Στους γονείς μου

Ευχαριστίες

Στο τέλος αυτής της ερευνητικής προσπάθειας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα της διπλωματικής μου εργασίας, την κ. Άννα Σπύρτου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια στο Π.Δ.Μ. για την υποστήριξη και τη γεμάτη ενθουσιασμό καθοδήγησή της τόσο κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, όσο και για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Η καθοδήγησή της και η επιστημονική της υποστήριξη ήταν συνεχής, καίρια και καθοριστική για την ολοκλήρωση της εργασίας. Οι πολύωρες συζητήσεις και οι εύστοχες υποδείξεις της κατά τη διάρκεια της ποιοτικής ανάλυσης των δεδομένων με βοήθησαν ιδιαίτερα να διακρίνω την πορεία που έπρεπε να ακολουθηθεί για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Επιπλέον, την ευχαριστώ ιδιαίτερα για την πληθώρα των δραστηριοτήτων στις οποίες με ενέπλεξε, βοηθώντας με να αποκτήσω γνώσεις και δεξιότητες χρήσιμες στην πορεία τόσο της εργασίας μου, αλλά και της ζωής μου.

Είμαι ευγνώμων επιπλέον στον Υποψήφιο διδάκτορα του Π.Δ.Μ. Λεωνίδα Μάνου για την υποστήριξη και στους μεταπτυχιακούς και προπτυχιακούς φοιτητές του Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Φλώρινας που ενεπλάκησαν με διάφορους τρόπους στην εφαρμογή της παρέμβασης. Η συμβολή τους ήταν καθοριστική για την πραγματοποίηση του εμπειρικού μέρους της εργασίας μου.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου και το στενό φιλικό μου περιβάλλον που με βοήθησαν να συνεχίσω όταν ένιωθα πως βρισκόμουν σε αδιέξοδο χαρίζοντας τον χρόνο τους και με διάθεση να ακούσουν τους προβληματισμούς μου και να αναζητήσουν μαζί μου τη διέξοδο.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
Περίληψη.....	6
Λέξεις κλειδιά	7
Abstract.....	8
Key words	8
Σύγχρονες Τάσεις Διδακτικής Φυσικών Επιστημών: τα μοντέλα και η μοντελοποίηση.....	9
Ορισμός και κατηγοριοποίηση των επιστημονικών μοντέλων	9
Η μοντελοποίηση.....	15
Η αξία των μοντέλων και της μοντελοποίησης στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών	17
Αντιλήψεις μαθητών και εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση	19
Αντιλήψεις μαθητών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση	19
Αντιλήψεις εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση	25
Προτεινόμενες διδακτικές προσεγγίσεις	34
Το πλαίσιο της έρευνας.....	38
Πρόγραμμα εκπαίδευσης μελλοντικών δασκάλων: Α φάση.....	38
Πρόγραμμα εκπαίδευσης μελλοντικών δασκάλων: Β φάση.....	46
Μέθοδος.....	49
Σκοπός της έρευνας και ερευνητικά ερωτήματα	50
Μέσα συλλογής δεδομένων.....	51
Το γραπτό ερωτηματολόγιο	51
Ανάλυση και ανάπτυξη ερωτηματολογίου	51
Μέθοδος επεξεργασίας δεδομένων	55
Ανάλυση δεδομένων	56
Εγκυρότητα και αξιοπιστία	65

Αποτελέσματα.....	67
Αποτελέσματα για την Α φάση της έρευνας.....	67
Αποτελέσματα για τη χρησιμότητα του μοντέλου του ματιού και των μοντέλων του ΦΦΕ/ΤΧ: Έργα IV1a και IV2α	67
Αποτελέσματα για την ονομασία του μοντέλου του ματιού και των μοντέλων του ΦΦΕ/ΤΧ: Έργα IV1β και IV2β	69
Αποτελέσματα για τη φύση του μοντέλου: Έργο IV3	72
Αποτελέσματα για τη Β φάση της έρευνας	73
Αποτελέσματα αναφορικά με την ονομασία του μοντέλου ματιού και των μοντέλων του ΦΦΕ/ΤΧ: Έργα IV1β και IV2β	76
Αποτελέσματα σχετικά με τη φύση του μοντέλου: Έργο IV3.....	78
Αποτελέσματα σχετικά με το θέμα του εκθέματος που κατασκευάστηκε από τους φοιτητές: Έργο IV4.....	79
Αποτελέσματα σχετικά με την αξιολόγηση της διαδικασίας μοντελοποίησης: Έργο IV5.....	80
Συμπεράσματα- Συζήτηση	84
Περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για το μέλλον.....	89
Βιβλιογραφία	90
Παράρτημα I.....	97
Παράρτημα II.....	101
Παράρτημα III.....	105

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στην εξέλιξη των αντιλήψεων μελλοντικών δασκάλων¹ για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) μέσα από τη συμμετοχή τους σε ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης. Πιο συγκεκριμένα, διερευνήθηκε η εξέλιξη των αντιλήψεών τους για τη φύση και τη χρησιμότητα των μοντέλων, καθώς και η ικανότητά τους να αναγνωρίζουν επιστημονικά μοντέλα. Στο θεωρητικό πλαίσιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφική επισκόπηση αναφορικά με τον ορισμό και τις κατηγορίες επιστημονικών μοντέλων, τη μοντελοποίηση, την αξία των επιστημονικών μοντέλων για τις ΦΕ, καθώς και παρουσιάζονται οι αντιλήψεις μαθητών και εκπαιδευτικών για το υπό μελέτη θέμα. Η έρευνα χωρίζεται σε δύο φάσεις: Στην πρώτη φάση, 34 φοιτητές του Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Φλώρινας παρακολούθησαν μία σειρά από διαλέξεις και workshops στα οποία εργάστηκαν στα πλαίσια της ανοιχτής διερεύνησης. Στη δεύτερη φάση, η οποία συμπεριλαμβάνει και πρακτικό μέρος, συμμετείχαν οι 14 από τους 34 φοιτητές της Α φάσης, οι οποίοι επέλεξαν να εργαστούν με μία ομάδα μαθητών με σκοπό να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν ένα έκθεμα για το ΦΦΕ/ΤΧ. Ως ερευνητικό εργαλείο χρησιμοποιήθηκε ένα γραπτό ερωτηματολόγιο, το οποίο μοιράστηκε στην αρχή της Α φάσης, στο τέλος της και στο τέλος της Β φάσης. Για την ανάλυση των ποιοτικών δεδομένων που συλλέχθηκαν επιλέχθηκε η μέθοδος της ανάλυσης περιεχομένου. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν πως οι φοιτητές έχουν κατακερματισμένες γνώσεις αναφορικά με τα επιστημονικά μοντέλα. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε πως αδυνατούν να ορίσουν ένα επιστημονικό μοντέλο ή να ονομάσουν κατασκευές ως μοντέλα. Αντίθετα, τα αποτελέσματα της έρευνας υποδεικνύουν πως κατέχουν γνώσεις αναφορικά με τη χρησιμότητα των επιστημονικών μοντέλων ως εργαλεία επίδειξης ή μέσα μεταφοράς πληροφοριών. Όσον αφορά τις αντιλήψεις τους μέσα από το πρόγραμμα εκπαίδευσης, στο τέλος της Α φάσης παρατηρήθηκε θετική ανάπτυξη στους άξονες που μελετήθηκαν, η οποία διατηρήθηκε μέχρι το τέλος της Β φάσης. Επομένως εντοπίστηκαν αρκετά σημεία σύγκλισης με τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών.

¹ Εφεξής αναφερόμαστε στους μελλοντικούς δασκάλους με τον όρο φοιτητές

Λέξεις κλειδιά

Μοντέλα και μοντελοποίηση στις ΦΕ, μελλοντικοί εκπαιδευτικοί, αντιλήψεις, ανοιχτά διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης.

Abstract

This research refers to the evolution of Student Teachers' (STs) conceptions on models and modeling in science education through their participation on an educational program. Specifically, we explored the evolution of conceptions on the nature and use of models as well as their capability to identify given models. Literature review on the definition and categories of models, modeling, the value of models in science education as well as teachers' and students' conceptions is presented on theoretical framework. Research is divided in two phases. In phase A, 34 STs on the Department of Primary Education in Florina attended a class which included a series of lectures and workshops, in which they worked on an open inquiry environment. In phase B, which also involves practice, 14 out of the 34 STs worked with groups of students in order to design and implement a model-exhibit for the local science festival. As a form of data collection, a written questionnaire was distributed in the beginning of phase A, in the end of it and in the end of phase B. In order to analyze the qualitative data, we used the Content Analysis Method. Results indicate that STs possess scarce knowledge on models. Specifically, PTs face difficulties on defining models or identifying them. On the contrary, results indicate that they possess knowledge on using models as tools to demonstrate or to transfer knowledge.

As long as the evolution of their conceptions through the program is concerned, there was a positive development on each axis of analysis in the end of phase A, which was held until phase B. Therefore, there are several points of convergence with previous research findings.

Key words

Models and modeling, science education, student teachers, conceptions, open inquiry learning environment

Σύγχρονες Τάσεις Διδακτικής Φυσικών Επιστημών: τα μοντέλα και η μοντελοποίηση

Ορισμός και κατηγοριοποίηση των επιστημονικών μοντέλων

Η λέξη «μοντέλο» χρησιμοποιείται με πολλούς τρόπους στην καθημερινή ζωή (OUP, 2008 στο Gilbert & Justi, 2016). Για παράδειγμα, κάποιος μπορεί να αναφερθεί με το όρο μοντέλο σε κάποιο ένδυμα γνωστού σχεδιαστή, σε κάποιο άτομο που εργάζεται με σκοπό την προώθηση ορισμένων ενδυμάτων φορώντας τα ή που λειτουργεί ως μούσα κάποιου καλλιτέχνη κ. ά.. Όσον αφορά την επιστήμη και την τεχνολογία ο όρος μοντέλο μπορεί να αποδοθεί αφενός σε κάποια φόρμα ή μοτίβο, όπως είναι η διάταξη των επιβατών σε ένα αεροσκάφος, και αφετέρου σε μία σειρά πανομοιότυπων αντικειμένων όπως είναι τα αυτοκίνητα ή ακόμη και η δομή του ατόμου κατά τον Thomson, Rutherford ή Bohr κ.ά..

Η κατασκευή μοντέλων ως μέρος της επιστημονικής διαδικασίας προκύπτει από τον ίδιο το σκοπό και τη χρήση των μοντέλων (προϊόντα της μοντελοποίησης) για την κατανόηση ενός υπό μελέτη συστήματος, την ανάπτυξη ερωτημάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων, καθώς και για την κοινοποίηση των ιδεών (NRC, 2012).

Υπάρχουν πολλαπλοί ορισμοί που αφορούν τα επιστημονικά μοντέλα όπως αυτοί έχουν διατυπωθεί από το 1980 που οι Gilbert & Osborne τα όρισαν ως οποιεσδήποτε αναπαραστάσεις (νοητικές ή αργότερα εξωτερικευμένες) που δημιουργούνται από τον άνθρωπο προκειμένου να γίνει αντιληπτός ο κόσμος που τον περιβάλλει. Πιο συγκεκριμένα για τις φυσικές επιστήμες, ένα επιστημονικό μοντέλο ορίζεται ως η αναπαράσταση κάποιου στόχου (ιδέας, αντικειμένου, γεγονότος, διαδικασίας ή φαινομένου), ενσωματώνοντας ορισμένα χαρακτηριστικά του με σκοπό να δοθούν εξηγήσεις ή να προβλεφτούν κάποια φαινόμενα (Justi & Gilbert, 1999· Lehrer & Shauble, 2004· Windschitl & Thompson, 2006). Υπό αυτή τη σκοπιά, της ενσωμάτωσης μέρους της επιστημονικής θεωρίας, κάθε επιστημονικό μοντέλο αναπαριστά μερικώς ένα στόχο με έμφαση στα γνωρίσματα που ενισχύουν τον σκοπό για τον οποίο κατασκευάστηκε (ερμηνεία ή πρόβλεψη). Επομένως, περισσότερα το ενός μοντέλα για τον ίδιο στόχο μπορούν να φωτίσουν διαφορετικές πτυχές του και να απαντήσουν στο σκοπό για τον οποίο

κατασκευάστηκαν (Oh & Oh, 2011). Οι Schwarz & White (2005) αναφέρονται στον όρο επιστημονικό μοντέλο ως «ένα σύνολο αναπαραστάσεων, κανόνων και αιτιακών σχέσεων, οι οποίες επιτρέπουν σε κάποιον να κάνει προβλέψεις και να ερμηνεύει». Σύμφωνα με τον Gilbert και τους συνεργάτες του, τα μοντέλα υφίστανται ως αναπαραστάσεις αντικειμένων, ιδεών, γεγονότων, διαδικασιών και συστημάτων ή γενικότερα ως αναπαραστάσεις στόχων (Gilbert et al 2000). Οι Papaenripidou & Zacharia (2015) διακρίνουν τα μοντέλα σε απτά (concrete) και νοητικά (conceptual), ορίζοντας τα πρώτα ως εκφρασμένα με κάποιο μέσο (π.χ. μολύβι και χαρτί, προγραμματιστικό περιβάλλον). Οι αναπαραστάσεις αυτές αφορούν φυσικά φαινόμενα/συστήματα και οι μαθητές μαθαίνουν μέσω της διαδικασίας μελέτης αυτών για την κατασκευή του μοντέλου. Η μάθηση έγκειται στην αναγνώριση από πλευράς των μαθητών των συστατικών που συγκροτούν ένα φαινόμενο, δηλαδή αντικειμένων, διαδικασιών, οντοτήτων (π.χ. ταχύτητα) και των αλληλεπιδράσεων που διέπουν το υπό αναπαράσταση σύστημα, αλλά και στην αναγνώριση του σκοπού που το κάθε ένα εξυπηρετεί (Louca & Zacharia, 2015). Ο Constantinou (1999 στο Ζουπίδης 2012) νοηματοδοτεί τα μοντέλα ως «αναπαραστάσεις, οι οποίες είναι συστηματοποιημένες» είτε ως «μερικώς απλοποιημένες όψεις ενός συστήματος» που περιλαμβάνουν αντικείμενα, μεταβλητές ή αλληλεπιδράσεις. Συνήθως έχουν τη δυνατότητα να προβλέπουν και να ερμηνεύουν, καθώς αναπαριστούν το μηχανισμό που διέπει τη λειτουργία ενός φαινομένου και προκύπτει από την «εφαρμογή μίας θεωρίας σε ένα φαινόμενο ή μία κατάσταση».

Ανάλογα με τον τρόπο αναπαράστασης, οι Boutler & Buckley (2000) στο βιβλίο *Developing models in Science Education* στηρίζονται σε προηγούμενη κατηγοριοποίηση (Gilbert et al, 2000· Gilbert, 2005) την οποία αναπτύσσουν διακρίνοντας τα μοντέλα σε 10 κατηγορίες. Τα μοντέλα ταξινομούνται σε απτά, λεκτικά, οπτικά, μαθηματικά και χειρονομίες, καθώς και σε επιμέρους συνδυασμούς των κατηγοριών αυτών από τις οποίες προκύπτουν μικτά συμπαγή, μικτά λεκτικά, μικτά οπτικά μοντέλα κτλ. (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Κατηγορίες μοντέλων ανάλογα με τον τρόπο αναπαράστασης (Boutler & Buckley, 2000)

Κατηγορία	Περιγραφή- Παράδειγμα
Απτά (concrete)	μοντέλα που είναι υλικά και τρισδιάστατα (π.χ. ένα πλαστικό μάτι)
Λεκτικά	μοντέλα που είναι προφορικά ή γραπτά, περιγράφουν, αφηγούνται, αποτελούν αναλογίες ή μεταφορές κ.ά. (π.χ. το μάτι είναι η κάμερα του σώματος)
Οπτικά	μοντέλα που γίνονται αντιληπτά μέσω της όρασης (π.χ. κινούμενα σχέδια, διαγράμματα, ορισμένες προσομοιώσεις, βίντεο κ.ά.)
Μαθηματικά	εξισώσεις, μαθηματικοί τύποι κ.ά. (π.χ. $F=m \cdot a$)
Χρήση χειρονομιών	μοντέλα που απαρτίζονται από κινήσεις του σώματος ή μελών του (π.χ. ένα ηλιακό σύστημα που αποτελείται από μαθητές που κινούνται σε τροχιά)
Μικτά συμπαγή	μοντέλα που με οπτικά, λεκτικά και/ή αριθμητικά συστατικά (π.χ. θερμοκήπιο με επεξηγηματικές ετικέτες)
Μικτά λεκτικά	κείμενα με συνοδεία εικόνων (π.χ. κείμενο για την κίνηση των πλανητών με συνοδευτική εικόνα ή διάγραμμα)
Μικτά οπτικά	οπτικά μοντέλα με λεκτικά ή αριθμητικά συστατικά (π.χ. διάγραμμα της δομής της καρδιάς με επεξηγηματικά πλαίσια)
Μικτά μαθηματικά	μαθηματικά μοντέλα που συνοδεύονται από γραπτή περιγραφή (π.χ. $F=m \cdot a$ με συνοδευτικό κείμενο)
Μικτά με χρήση χειρονομιών	κινήσεις που συνοδεύονται από λεκτικές επεξηγήσεις (π.χ. οι μαθητές που κινούνται σε τροχιά σε ένα πλανητικό σύστημα περιγράφουν με λόγια τις κινήσεις τους)

Οι ίδιοι ερευνητές διακρίνουν τα μοντέλα ανάλογα με τα γνωρίσματά τους σε ποσοτικά ή ποιοτικά (με βάση την ακρίβεια της αναπαράστασης), στατικά ή δυναμικά (ανάλογα με την συμπεριφορά τους στο χρόνο) και ντετερμινιστικά ή στοχαστικά (ανάλογα με το εάν μία δυναμική αναπαράσταση μεταβάλλεται με συγκεκριμένο τρόπο ή η συμπεριφορά της βασίζεται σε μεταβλητές).

Ο συνδυασμός των δύο κατηγοριοποιήσεων (ανάλογα με τον τρόπο αναπαράστασης και τα γνωρίσματα των μοντέλων) οδήγησε στον σχεδιασμό ενός σχήματος για την ταξινόμηση των μοντέλων.



Εικόνα 1: Παράδειγμα μοντέλου (απτό-δυναμικό)

Πίνακας 2 Ταξινόμηση εκφρασμένων μοντέλων κατά Boutler & Buckley, 2000 (προσαρμογή)

	Απτό (Απλό)	Οπτικό (Απλό)	Λεκτικό (Απλό)	Μαθηματικό (Απλό)	Χρήση χειρονομιών (Απλό)	Μικτό με χρήση χειρονο- μιών	Μικτό μαθηματικό	Μικτό Λεκτικό	Μικτό Οπτικό	Μικτό Απτό
Στατικό (Ποιοτικό)	3D μοντέλο	Διάγραμμα, απεικόνιση	Αναλογία Περιγραφή μεταφορά		Δείχνοντας θέσεις	Δείχνοντας θέσεις + λόγος		Αναλογία με σχήμα	Διάγραμμα με επιγραφές	3D μοντέλο με ετικέτες
Δυναμικό Ντετερμινιστικό (Ποιοτικό)	3D μοντέλο που κινείται	Διαδοχικά διαγράμ- ματα animation			Δραματοποίηση κινήσεων	Δραματο- ποίηση + λόγος			Animation με λεκτική περιγραφή	
Δυναμικό Στοχαστικό (Ποιοτικό)	Υλική προσο- μοίωση				Κινήσεις χεριών	Κινήσεις χεριών + λόγος				Υλική προσο- μοίωση με ετικέτες
Δυναμικό Στοχαστικό (Ποσοτικό)		Γραφικές απεικονίσεις		Τύποι					Επίδειξη γραφικής απεικόνισης	
Δυναμικό ντετερμινιστικό Ποσοτικό)	Λειτουργικό αντίγραφο υπό κλίμακα	Βίντεο ζωντανών φαινομένων		Τύποι σε προσομοιώσεις στον υπολογιστή	Επίδειξη σχέσεων που αναπτύσσονται με κινήσεις	Επίδειξη σχέσεων με κινήσεις και περιγραφή των ποσοτήτων	Προσομοιώσεις στον υπολογιστή		Επίδειξη γραφικής απεικόνισης Βίντεο με λεκτική περιγραφή	Λειτουργικό αντίγραφο σε κλίμακα με λεκτική περιγραφή
Στατικό (Ποσοτικό)	Μοντέλα υπό κλίμακα	Φωτογραφίες	Περιγραφή με μεγέθη ή αποστάσεις	Χημικοί τύποι εξισώσεις	Δείχνοντας το μέγεθος	Δείχνοντας το μέγεθος + λόγος	Εξισώσεις με διαγράμματα	Περιγραφή με μεγέθη + χρήση χειρονομιών	Φωτογραφίες με ετικέτες	Αντικείμενο με λεκτική περιγραφή

Στον ίδιο τόμο οι Gilbert, Boulter & Elmer (2000) κατηγοριοποιούν τα μοντέλα από οντολογική σκοπιά και διακρίνουν τις εξής κατηγορίες:

- Νοητικά μοντέλα², δηλαδή μοντέλα που αποτελούν γνωστικές αναπαραστάσεις ενός ατόμου ή μιας ομάδας ατόμων
- Εκφραζόμενα μοντέλα, δηλαδή μοντέλα που έχουν εκφραστεί με οποιοδήποτε τρόπο
- Συναινετικά μοντέλα, δηλαδή μοντέλα που προκύπτουν έπειτα από συζήτηση ή πειραματισμό μίας κοινωνικής ομάδας
- Επιστημονικά μοντέλα, μοντέλα που είναι προϊόντα της αποδοχής ενός μέρους της επιστημονικής κοινότητας
- Ιστορικά μοντέλα, είναι τα μοντέλα που παράχθηκαν σε συγκεκριμένα ιστορικά πλαίσια και αργότερα εγκαταλείφθηκαν και αντικαταστάθηκαν από νεότερα
- Μοντέλα αναλυτικών προγραμμάτων, δηλαδή μοντέλα (επιστημονικά ή ιστορικά) που συμπεριλαμβάνονται σε επίσημα αναλυτικά προγράμματα, συχνά αφότου έχουν υποστεί κάποιου είδους τροποποίηση ή απλοποίηση
- Διδακτικά μοντέλα, δηλαδή μοντέλα που παράγονται από εκπαιδευτικούς ή μαθητές ώστε να προωθηθεί η κατανόηση ενός άλλου μοντέλου (συναίνεσης, ιστορικού ή αναλυτικού προγράμματος)
- Υβριδικά μοντέλα, δηλαδή μοντέλα που προκύπτουν από την συνένωση χαρακτηριστικών άλλων μοντέλων στα πλαίσια της έρευνας
- Παιδαγωγικά μοντέλα, δηλαδή μοντέλα που χρησιμοποιούνται από εκπαιδευτικούς για το σχεδιασμό, την οργάνωση και τον αναστοχασμό της εκπαιδευτικής πρακτικής.

Η Δεβελάκη (2009) παρουσιάζει μία απλοποιημένη διάκριση των μοντέλων με βάση τις λειτουργίες τους και τον τρόπο που αυτά αναπαριστώνται σε νοητικά, οπτικά (εικόνες και διαγράμματα), θεωρητικά/μαθηματικά και φυσικής κλίμακας.

² Στις ΦΕ τα νοητικά μοντέλα αναπαριστούν τη γνώση των μαθητών και διακρίνονται από τα μοντέλα που αντιπροσωπεύουν την επιστημονικά αποδεκτή γνώση.

Ο Κρητικός (2009) ταξινομήσε τα μοντέλα σε 8 κατηγορίες δημιουργώντας ένα ακτινωτό διάγραμμα που απαρτίζεται από δύο μέρη, ανάλογα με το τμήμα του μοντέλου που περιγράφει:

- Το *οπτικό μέρος*, στο οποίο ανήκουν 4 κατηγορίες μοντέλων με τις αντίστοιχες υποκατηγορίες τους. Για παράδειγμα, η «αναπαράσταση» ανήκει στις κατηγορίες του οπτικού μέρους της ταξινόμησης ενσωματώνοντας δύο υποκατηγορίες που υποδεικνύουν πως το μοντέλο αναπαριστά το σύστημα που μελετάται (αναπαράσταση του στόχου) ή ένα άλλο σύστημα με παρόμοια συμπεριφορά (αναπαράσταση αναλογίας). Άλλες κατηγορίες που εντάσσονται στο οπτικό μέρος είναι η «απεικόνιση», η κατηγορία «μέσα κατασκευής» και η κατηγορία της «προσομοίωσης».

- Το *συντακτικό μέρος*, στο οποίο εντάσσονται οι υπόλοιπες 4 κατηγορίες με τις αντίστοιχες υποκατηγορίες. Μία από τις τέσσερις κατηγορίες του συντακτικού μέρους του διαγράμματος αποτελεί η κατηγορία «σχέσεις μεγεθών», σύμφωνα με την οποία τα μοντέλα διακρίνονται σε ποσοτικά, ημιποσοτικά ή ποιοτικά. Η διάκριση αυτή βασίζεται στον τρόπο περιγραφής των σχέσεων μοντέλων και αρχικών συστημάτων, καθώς τα δεύτερα χαρακτηρίζονται από διάφορα μεγέθη. Πέρα από τις «σχέσεις μεγεθών», στο συντακτικό μέρος ανήκουν και οι κατηγορίες «πληροφορίες αντικειμένου», «σύνταξη» και «επίπεδο μοντελοποίησης».

Η μοντελοποίηση

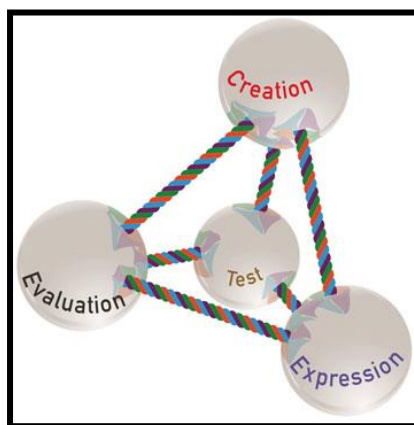
Η διαδικασία της ανάπτυξης κάποιου είδους αναπαράστασης για τα φυσικά φαινόμενα, δηλαδή η διαδικασία κατασκευής μοντέλων, ονομάζεται μοντελοποίηση και αποτελεί βάση για τον επιστημονικό τρόπο εργασίας (Hestenes, 1993). Οι Schwarz et al (2009) ορίζουν τη μοντελοποίηση ως διαδικασία που ενέχει στοιχεία της πρακτικής (κατασκευή, χρήση, αξιολόγηση και αναθεώρηση επιστημονικών μοντέλων) και την μεταγνώση που συμπεριλαμβάνεται σε αυτή (για παράδειγμα, την κατανόηση της φύσης και του ρόλου των μοντέλων).

Καθώς τα μοντέλα αποτελούν εργαλεία για την περιγραφή, την πρόβλεψη ή την ερμηνεία φαινομένων και για την επίλυση προβλημάτων, η διαδικασία της μοντελοποίησης αποτελεί το μέσο σύνδεσης των

επιστημονικών δεδομένων με τη θεωρητική τους επεξεργασία, εφόσον μέσω αυτής περιγράφονται οι μηχανισμοί που διέπουν τα φυσικά φαινόμενα (Νικολάου,2012). Επομένως, τα μοντέλα μπορούν επιπλέον να αποδειχθούν χρήσιμα εργαλεία στη διατύπωση υποθέσεων (Gilbert, 1995).

Το 2002 οι Justi & Gilbert παρουσίασαν για πρώτη φορά μία διαγραμματική απεικόνιση που περιέγραφε τη μοντελοποίηση ως μία διαδικασία που περιλαμβάνει τον ορισμό του σκοπού που θα εξυπηρετεί το μοντέλο, την έκφραση νοητικών μοντέλων σε κάποιας μορφής αναπαράσταση, την δοκιμασία του μοντέλου, με σκοπό την προσαρμογή ή την απόρριψή του) και την αξιολόγησή του (εξυπηρέτηση σκοπού για τον οποίο κατασκευάστηκε, σκοπιά και όρια του μοντέλου). Η απεικόνιση αυτής της διαδικασίας αναθεωρείται έπειτα από πλήθος ερευνών το 2016 όπου οι ίδιοι ερευνητές προτείνουν ένα διαφορετικό μοντέλο (Gilbert & Justi, 2016).

Το νέο μοντέλο που παρουσιάζεται έχει τη μορφή τετράεδρου, που κάθε κορυφή του αναπαριστά ένα στάδιο της μοντελοποίησης (έκφραση, δημιουργία, εξέταση, αξιολόγηση). Όπως αναφέρουν οι ερευνητές, η επιλογή του σχήματος ήταν σκόπιμη, καθώς το τετράεδρο παρουσιάζει βασικά πλεονεκτήματα, λόγω της μορφής του. Τα τέσσερα στάδια της μοντελοποίησης συνδέονται μεταξύ τους με τετράχρωμες ακμές, στις οποίες κάθε χρώμα αναπαριστά μία διαφορετική γνωστική διαδικασία που εμπριέχεται στη μοντελοποίηση (αναλογική σκέψη, χρήση εικονιστικών αναπαραστάσεων, νοητικά πειράματα, επιχειρηματολογία). Η ύπαρξη αυτών των τετράχρωμων ακμών αναπαριστά τόσο τις σχέσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ των τεσσάρων σταδίων, όσο και την συνεχή εμπλοκή των γνωστικών διαδικασιών στη μοντελοποίηση (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Το μοντέλο της μοντελοποίησης κατά Gilbert & Justi 2016

Η αξία των μοντέλων και της μοντελοποίησης στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών

Η χρήση μοντέλων και μοντελοποίησης στη διδασκαλία και τη μάθηση των ΦΕ αποτελεί πεδίο για την εκπόνηση ερευνών από τη δεκαετία του '80 και έπειτα. Πλήθος επίσημων εγγράφων και ερευνών που αφορούν την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες αναδεικνύουν τη σημασία της χρήσης των μοντέλων και της διαδικασίας μοντελοποίησης στην εκπαιδευτική διαδικασία. Υποστηρίζεται πως η ουσιαστική ένταξη των μοντέλων θα μπορούσε να συμβάλει στη γνωστική εξέλιξη των μαθητών (Hestenes, 1997· Crawford & Cullin, 2004· Justi & Van Driel, 2005), στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και των διαδικασιών επεξεργασίας της πληροφορίας (Harper et al, 2000· Jimoyiannis & Komis, 2001· Πετρίδου & Ψύλλος 2008), αλλά και στην ενίσχυση της διατύπωσης συλλογισμών από τους μαθητές (Nersessian, 2008 στο Ζουπίδης 2012) και την ανάπτυξη του επιστημονικού τους γραμματισμού (Gilbert, Boutler & Rutherford, 1998· Halloun, 2006). Όσον αφορά την εννοιολογική κατανόηση, τα μοντέλα θεωρούνται σημαντικά εργαλεία, τα οποία ενισχύουν την ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων (Schwarz et al., 2009· Vosniadou, 2010) και την προώθηση της εννοιολογικής κατανόησης (Soulis & Psillos, 2016 · Zoupidis, Pnevmatikos, Spyrtou & Kariotoglou, 2016).

Πέρα από τη χρήση έτοιμων μοντέλων, πολλαπλά οφέλη προκύπτουν για τους μαθητές μέσα από τη διαδικασία της κατασκευής των μοντέλων. Πλήθος ερευνητών διαίρεσε την κατασκευή μοντέλων από τους μαθητές σε δύο φάσεις: του σχεδιασμού (formulation) και της ανάπτυξης (deployment). Στη φάση του σχεδιασμού, οι μαθητές με αφετηρία την ανάγκη της περιγραφής, ερμηνείας ή πρόβλεψης κάποιου φαινομένου συγκεντρώνουν τις παρατηρήσεις τους ή/και πειραματικά δεδομένα με σκοπό την αναγνώριση των εμπλεκόμενων μερών. Έπειτα, προχωρούν στην κατασκευή ενός μοντέλου που να εμπεριέχει τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν στο προηγούμενο βήμα της έρευνάς τους. Η δεύτερη φάση εμπεριέχει την εφαρμογή του μοντέλου σε ένα νέο πλαίσιο. Στη φάση αυτή πραγματοποιείται μία αξιολόγηση του παραχθέντος μοντέλου μέσα από την δυνατότητα που παρέχει για την εφαρμογή του σε διαφορετικές καταστάσεις που απαντώνται

στο φαινόμενο-στόχο. Σε κάθε περίπτωση, οι μαθητές ελέγχουν διαφορετικές μεταβλητές κάθε φορά, ελέγχοντας την ανταπόκριση του μοντέλου ως σύνολο στις νέες συνθήκες. Αυτή η διαδικασία έχει εξέχουσα σημασία για την *αναθεώρηση* του μοντέλου, καθώς η ανατροφοδότηση που παρέχεται από την αξιολόγηση επηρεάζει τις προσθήκες ή τις βελτιώσεις που θα πραγματοποιηθούν σε αυτό (Louca & Zacharia, 2014· Hestenes, 1997) Η εμπλοκή τους σε αυτή τη διαδικασία αφενός αναπτύσσει την κατανόηση της φύσης της επιστήμης, αλλά και συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που σχετίζονται με τις διαδικασίες και την διατύπωση συλλογισμών (Grosslight et al, 1991).

Στην Ελλάδα, γίνεται μία προσπάθεια εισαγωγής των μοντέλων στην εκπαίδευση μέσα από τα ισχύοντα ΔΕΕΠΣ και ΑΠΣ των ΦΕ, όπως αυτά θεσπίστηκαν το 2003 και υποστηρίζονται από το αντίστοιχο διδακτικό πακέτο των ΦΕ που στο δημοτικό περιλαμβάνει τα «τετράδια εργασιών», τα «βιβλία μαθητή» και τα «βιβλία δασκάλου». Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά τα μοντέλα, το ισχύον ΔΕΠΠΣ θέτει ως στόχο την κατασκευή και χρήση μοντέλων από τους μαθητές για την περιγραφή, ερμηνεία και πρόβλεψη φαινομένων και διαδικασιών (2003). Ταυτόχρονα, προτείνεται η χρήση μοντέλων ως *εποπτικά μέσα* ώστε οι μαθητές να καθίστανται ικανοί να προβληματιστούν και να συμμετάσχουν σε συζητήσεις για το περιεχόμενο του μαθήματος (ΔΕΕΠΣ:2003). Επιπλέον, το ΑΠΣ της Ε τάξης δίνει έμφαση στα μοντέλα μέσω ενδεικτικών δραστηριοτήτων στις οποίες προτείνεται οι μαθητές να κατασκευάσουν οι ίδιοι μοντέλα π.χ. των μορίων χημικών ενώσεων (ΑΠΣ, 2003).

Ο ρόλος της μοντελοποίησης στην εκπαίδευση είναι σημαντικός, ιδιαίτερα όταν αυτή πραγματοποιείται με τη συμμετοχή των μαθητών (Lazarowitz & Naim, 2013), καθώς συμβάλλει στην ανάπτυξη του επιστημονικού γραμματισμού (Schwarz et al., 2009). Η χρήση αναλογιών ή αναλογικών μοντέλων προσομοιάζει τον τρόπο εργασίας των επιστημόνων και ενισχύει την ανάπτυξη του επιστημονικού τρόπου σκέψης (Gilbert, 2004· Coll, 2006). Μέσα από μοντελοποιημένες διαδικασίες οι μαθητές αναπτύσσουν τους συλλογισμούς τους και κατανοούν επιστημονικές έννοιες (De Jong & Van Joolingen, 2008). Η εκπαίδευση των εκπαιδευτικών με σκοπό την ενίσχυση των αντιλήψεων τους για τα μοντέλα και τη χρήση τους στη σχολική τάξη

προτείνεται ως μέσο για την αποτελεσματική χρήση των διαδικασιών μοντελοποίησης και την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων τους (Khan, 2011).

Αντιλήψεις μαθητών και εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση

Σε παγκόσμιο επίπεδο οι εκπαιδευτικοί που ανήκουν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση διδάσκουν ένα ευρύ φάσμα μαθημάτων. Κατ' επέκταση δεν εξειδικεύονται σε θέματα θετικών επιστημών με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην αποτελεσματική διαχείρισή τους στη διδακτική τους πρακτική. Όσον αφορά τους εκπαιδευτικούς που ανήκουν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση φαίνεται πως λαμβάνουν στη βασική τους εκπαίδευση πιο εξειδικευμένες γνώσεις όσον αφορά τις θετικές επιστήμες ωστόσο οι γνώσεις αυτές δεν επαρκούν ώστε να αντιμετωπίσουν ενδεχόμενες προκλήσεις ως επαγγελματίες (Gilbert & Justi, 2016). Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα πορίσματα ερευνών όσον αφορά τις αντιλήψεις μαθητών και εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση.

Αντιλήψεις μαθητών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση

Η έρευνα των Grosslight, Unger, Jay & Smith (1991) αποτέλεσε κορωνίδα και σημείο αναφοράς για αρκετές μεταγενέστερες έρευνες. Οι ερευνητές διενήργησαν συνεντεύξεις σε 55 μαθητές μέτριας και άριστης επίδοσης, καθώς και σε 4 ενήλικες που θεωρούνταν ειδικοί στο περιεχόμενο των μοντέλων. Σκοπός τους ήταν να ανιχνεύσουν αντιλήψεις μαθητών για τη φύση και το ρόλο των μοντέλων (είδη μοντέλων, σκοπός, αναθεώρηση μοντέλων και χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων) και τη χρήση τους στις ΦΕ.

Η συνέντευξη χωριζόταν σε δύο μέρη. Στο α μέρος, οι ερευνητές πραγματοποιούσαν ερωτήσεις σχετικά με τη φύση και το σκοπό της επιστήμης και έπειτα αναφορικά με τα μοντέλα. Στο β μέρος, παρουσιάζονταν τέσσερα αντικείμενα και οι μαθητές καλούνταν να εξηγήσουν αν τα θεωρούν μοντέλα και να αναπτύξουν το συλλογισμό τους. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε τρία επίπεδα, στα οποία, πέρα από τις αντιλήψεις των μαθητών, ανιχνεύτηκε η συνέπεια της χρήσης κριτηρίων για την αναγνώριση μοντέλων και αναπτύχθηκε ένα σχήμα για την κατάταξη των απαντήσεων σε

επίπεδα γνώσης. Η ανάλυση των απαντήσεων των ειδικών συσχέτισε τις αντιλήψεις των δύο πληθυσμών.

Από την έρευνα των Grosslight et al (1991) αναδείχθηκαν 2 κατηγορίες των αντιλήψεων των μαθητών για τη φύση των μοντέλων (κατηγορία 1, κατηγορία 2), οι οποίες απείχαν από την επιστημονική. Στην κατηγορία 1 εντάχθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών που θεωρούσαν πως τα μοντέλα είναι αντίγραφα-μικρογραφίες πραγματικών αντικειμένων, ενώ στην κατηγορία 2 τα μοντέλα νοούνταν ως αναπαραστάσεις πραγματικών αντικειμένων ή γεγονότων, όχι όμως και των ιδεών που τα συνοδεύουν. Η κατηγορία 3 προέκυψε από τις απαντήσεις των τεσσάρων ειδικών, στις οποίες τα μοντέλα αναπαριστούν ιδέες και έχουν υλική ή αφηρημένη υπόσταση (εξισώσεις, νοητικές αναπαραστάσεις).

Αναφορικά με το σκοπό των μοντέλων, οι μαθητές εντασσόταν στην κατηγορία 1 όταν θεωρούσαν πως σκοπός ενός μοντέλου είναι να ομοιάσει με το πραγματικό και στην κατηγορία 2 τα μοντέλα θεωρούνταν μέσα επικοινωνίας με σκοπό να γίνουν κατανοητά γεγονότα του πραγματικού κόσμου. Οι αντιλήψεις αυτές απείχαν από τις επιστημονικές, στις οποίες σκοπός των μοντέλων είναι η ανάπτυξη και ο έλεγχος ιδεών και ερμηνειών που σχετίζονται με φαινόμενα (κατηγορία 3).

Στην έρευνα των Schwarz et al. (2009) επιχειρήθηκε η ανάδειξη της σημασίας των διαδικασιών μοντελοποίησης για τους μαθητές των τελευταίων τάξεων του δημοτικού και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μέσω της εμπλοκής τους σε διαδικασίες μοντελοποίησης. Η μεταγνώση για τα μοντέλα αποτέλεσε αντικείμενο της έρευνας σε φαινόμενα που δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν μαθητές της Ε και Στ Δημοτικού. Βασικός σκοπός της έρευνας ήταν να αναπτύξουν αντιληφθούν οι μαθητές την ύλη σε επίπεδο σωματιδίων.

Τα αποτελέσματα κατέδειξαν πως υπάρχουν ορισμένες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν Αρχικά, εντοπίζεται η σημασία της ύπαρξης αυθεντικής αιτίας για την εμπλοκή των μαθητών στη μοντελοποίηση. Επιπλέον, τονίζεται η αξία της αξιολόγησης του σχεδιασμού μοντέλων από τους μαθητές μέσα από συζητήσεις με τους συμμαθητές τους. Η τρίτη πρόκληση αφορά την κατανόηση από πλευράς των μαθητών της αξίας αναθεώρησης των μοντέλων. Με βάση τα αποτελέσματά της η ερευνητική

ομάδα υποστηρίζει πως η εφαρμογή της ΔΜΑ στους μαθητές τους κατέστησε ικανούς να κατασκευάζουν μοντέλα τα οποία σχετικά παρουσιάζονται πιο αφηρημένα από το φαινόμενο-στόχο. Ακόμη, υποστηρίζεται ότι οι μαθητές ήταν σε θέση να αναγνωρίζουν τις σχέσεις και να επεξηγούν τους μηχανισμούς που διέπουν το μοντέλο.

Η έρευνα του Ζουπίδη (2012) μελέτησε την εξέλιξη της κατανόησης μαθητών της Ε Δημοτικού αναφορικά με τη φύση και το ρόλο των μοντέλων. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 42 μαθητές της Ε τάξης ενός δημοτικού σχολείου της Φλώρινας, οι οποίοι παρακολούθησαν μία Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ). Στα πλαίσια της ΔΜΑ επιλέχθηκε η βαθμιαία εισαγωγή στα μοντέλα μέσω χρήσης και συζήτησης περί υπαρκτών μοντέλων με σκοπό την εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για τη φύση, το ρόλο και την ύπαρξη πολλαπλών μοντέλων. Βασικό ερευνητικό εργαλείο αποτέλεσε ένα γραπτό ερωτηματολόγιο, στο οποίο οι μαθητές κατέγραψαν τις αντιλήψεις τους πριν, ενδιάμεσα, μετά και επτά μήνες μετά τη συμμετοχή τους στη ΔΜΑ.. Σε αυτό τέσσερα έργα ανοικτού τύπου με συνολικά πέντε ερωτήματα σχετικά με το υπό μελέτη θέμα. Στο έργο 1 οι μαθητές καλούνταν να καταγράψουν μία φράση που περιείχε τη λέξη μοντέλο. Τα έργα 2 και 3 αναφερόταν στις αναπαραστάσεις ενός ματιού και ενός караβιού αντίστοιχα, για τις οποίες οι μαθητές κλήθηκαν τόσο να αναφέρουν τη χρησιμότητά τους (ρόλος μοντέλων- α υποερώτημα) όσο και να τις ονομάσουν (φύση μοντέλων- β υποερώτημα). Στο έργο 4, οι μαθητές ανέφεραν τις απόψεις τους για τη χρήση ενός μοντέλου που αναπαριστούσε την έννοια της πυκνότητας.

Από την ανάλυση του έργου 1 προέκυψαν δύο κατηγορίες σχετικά με τη φύση των μοντέλων (κατηγορία 1, κατηγορία 0), ανάλογα με το εάν οι μαθητές αναφερόταν στα μοντέλα ως αναπαραστάσεις, (είτε αυτά θεωρούνταν πιστά αντίγραφα είτε όχι, ακόμα και αν αυτό δηλωνόταν έμμεσα) ή τα συνέδεαν με την πραγματικότητα. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το σύνολο των μαθητών αρχικά κατατάσσονταν στην κατηγορία 0, πραγματοποιώντας αναφορές στην πραγματικότητα.

Η ανάλυση του έργου Μ2α ανέδειξε δύο κατηγορίες απαντήσεων (κατηγορίες 1 και 0). Στην κατηγορία 1 εντάχθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών, στις οποίες το μοντέλο θεωρήθηκε μέσο μεταφοράς πληροφοριών, ενώ στην κατηγορία 0 κατατάχθηκαν οι μαθητές οι οποίοι συνέδεαν το

μοντέλο με την πραγματικότητα. Τα αποτελέσματα του έργου M2α έδειξαν πως ένας σημαντικός αριθμός μαθητών αναγνώριζε το ρόλο του μοντέλου του ματιού πριν από τη συμμετοχή του στην ΔΜΑ. Ωστόσο, παρατηρήθηκε μία στατιστικά σημαντική βελτίωση στις απαντήσεις των μαθητών κατά τη διάρκεια του προγράμματος, η οποία διατηρήθηκε και επτά μήνες μετά το πρόγραμμα. Στο έργο M2β, στο οποίο ζητήθηκε από τους μαθητές να ονομάσουν το μοντέλο του ματιού, οι απαντήσεις των μαθητών που έδειχναν πως αυτοί αντιλαμβάνονται την κατασκευή ως μία αναπαράσταση και τη διαφοροποιούν από την πραγματικότητα κατατάχθηκαν στην κατηγορία 1. Στην κατηγορία 0 εντάχθηκαν απαντήσεις στις οποίες το μοντέλο του ματιού συνδεόταν με την πραγματικότητα. Στο έργο αυτό παρατηρήθηκε πως αρχικά οι περισσότεροι μαθητές συνέδεαν το μοντέλο με την πραγματικότητα, ενώ ήδη από το μέσο της παρέμβασης υπήρξε στατιστικά σημαντική βελτίωση των απαντήσεων.

Στο τρίτο έργο του ερωτηματολογίου (M3α) οι μαθητές κλήθηκαν να εκφράσουν την άποψή τους για τη χρήση του σχεδιαγράμματος ενός πλοίου. Για την ανάλυση των απαντήσεων χρησιμοποιήθηκε κοινή κατηγοριοποίηση με αυτή του έργου M2α και τα αποτελέσματα ήταν επίσης παρόμοια. Στο έργο M3β, στο οποίο ζητήθηκε η απόδοση ενός ονόματος στο σχεδιάγραμμα του πλοίου, Κριτήριο για την κατάταξη μίας απάντησης στην κατηγορία 1 ήταν η χρήση μίας ονομασίας που δείχνει αναπαράσταση και διαφοροποιεί την κατασκευή από την πραγματικότητα. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν τόσο τη σύνδεση του μοντέλου με την πραγματικότητα στην αρχή της παρέμβασης όσο και την βελτίωση στο ενδιάμεσο και τελικό ερωτηματολόγιο. Επιπλέον, η βελτίωση που καταγράφηκε διατηρήθηκε επτά μήνες μετά την παρέμβαση.

Στο έργο M4, οι μαθητές κλήθηκαν να αναφέρουν τη χρήση ενός οπτικού μοντέλου της πυκνότητας. Από την ανάλυση των απαντήσεων σχηματίστηκαν δύο κατηγορίες (κατηγορία 1, κατηγορία 0). Στην κατηγορία 1 κατατάχθηκαν οι απαντήσεις στις οποίες το μοντέλο της πυκνότητας θεωρήθηκε μέσο μεταφοράς πληροφοριών και εργαλείο για να οπτικοποιείται η πυκνότητα ή να συγκρίνεται η πυκνότητα δύο αντικειμένων. Στην κατηγορία 0 κατατάχθηκαν οι απαντήσεις οι οποίες γίνεται σύνδεση του μοντέλου της πυκνότητας με την πραγματικότητα και δεν θεωρείται εργαλείο. Όπως και στα έργα M2α και M3α, μεγάλο μέρος του δείγματος αναγνώρισε το ρόλο του

μοντέλου που δόθηκε ως μέσο μεταφοράς πληροφοριών και ως εργαλείο για τη σύγκριση πυκνοτήτων και την πρόβλεψη του φαινομένου της πλεύσης και της βύθισης.

Η δυνατότητα βελτίωσης των ερμηνειών μαθητών για φαινόμενα σχετικά με την πλεύση και τη βύθιση αντικειμένων, καθώς και εννοιών όπως η πυκνότητα, μέσα από τη μάθηση περί μοντέλων και τη χρήση τους για τη διατύπωση συλλογισμών διερευνήθηκε σε δείγμα πενήντα μαθητών της Ε τάξης (Zoupidis, Pnevmatikos, Spyrtou & Kariotoglou, 2016). Οι μαθητές παρακολούθησαν μια ΔΜΑ με θέμα τα φαινόμενα πλεύσης και βύθισης. Η ΔΜΑ χωριζόταν σε πέντε θεματικές και η διάρκεια κάθε θεματικής ήταν 80 λεπτά. Ως μέσο συλλογής δεδομένων χρησιμοποιήθηκε μέρος του γραπτού ερωτηματολογίου που αναπτύχθηκε από τον Ζουπίδη (2012) στα πλαίσια της διδακτορικής του διατριβής. Όσον αφορά το περιεχόμενο των μοντέλων, αυτό παρουσιάστηκε σταδιακά και προσεγγίστηκε μέσω της χρήσης μοντέλων αλλά και με τη συμμετοχή των μαθητών σε συζητήσεις περί της αναπαραστατικής φύσης των μοντέλων. Οι μαθητές χρησιμοποίησαν τόσο φυσικά όσο και πιο αφηρημένα μοντέλα για την κατανόηση φαινομένων πλεύσης και βύθισης, αλλά και της έννοιας της πυκνότητας. Τα δεδομένα που αφορούσαν τη φύση των μοντέλων συγκεντρώθηκαν από ένα έργο του ερωτηματολογίου στο οποίο οι μαθητές διατύπωναν μία φράση με χρήση του όρου μοντέλο. Η ανάλυση των δεδομένων ανέδειξε δύο κατηγορίες απαντήσεων, ανάλογα με το εάν οι μαθητές αναγνώριζαν την αναπαραστατική φύση των μοντέλων (κατηγορία 1) ή όχι. Επιπλέον, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο με σκοπό τη μελέτη της αλληλεπίδρασης της κατανόησης της φύσης των μοντέλων με τις υπόλοιπες σχεδιαστικές αρχές της ΔΜΑ (ΣΕΜ, φαινόμενα πλεύσης/βύθισης, έννοια της πυκνότητας). Τα αποτελέσματα ανέδειξαν την εξέλιξη της κατανόησης της φύσης των μοντέλων από πλευράς των μαθητών, οι οποίες διατηρήθηκαν και 7 μήνες μετά τη συμμετοχή των μαθητών στη ΔΜΑ. Η εξέλιξη αυτή διευκόλυνε την κατανόηση των φαινομένων πλεύσης/βύθισης όσο και της έννοιας της πυκνότητας.

Στην έρευνα του Πείκου (2016) μελετήθηκε η εξέλιξη των αντιλήψεων μαθητών για τα μοντέλα, όπως αυτή καταγράφηκε στην εφαρμογή μίας ΔΜΑ για το περιεχόμενο της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Στην έρευνα συμμετείχαν 22 μαθητές και μαθήτριες της Στ τάξης και

μελετήθηκε τόσο η εξέλιξη της επιστημολογικής γνώσης τους για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση, όσο και η συμβολή της γνώσης αυτής στην κατανόηση του υπό διδασκαλία περιεχομένου. Όσον αφορά τα μοντέλα, στο γραπτό ερωτηματολόγιο της έρευνας υπήρχαν τρία έργα (E10, E11, E12) τα οποία αναφερόταν στην φύση και το ρόλο των μοντέλων. Τα δύο πρώτα προέρχονται από την έρευνα του Ζουπίδη (2012, έργα M4 και M2α,β αντίστοιχα). Στο έργο E12 παρουσιάζεται ένα οπτικό μοντέλο της ίωσης και ζητείται από τους μαθητές να αναφερθούν στη χρησιμότητά του. Όσον αφορά την ανάλυση των δεδομένων σχετικά με τα μοντέλα, οι κατηγορίες που προέκυψαν συμφωνούν με την έρευνα του Ζουπίδη (2012). Πιο αναλυτικά, οι αντιλήψεις των μαθητών για τη φύση των μοντέλων ταξινομήθηκαν με βάση τα δύο επίπεδα που προτείνονται από το Ζουπίδη (2012), προχωρώντας σε μία διάκριση των απαντήσεων που θεωρούν τα μοντέλα ως αναπαραστάσεις (E1) από εκείνες που αναφέρονται στα μοντέλα ως πιστά αντίγραφα κάποιου στόχου (E0). Στην E0 εντάχθηκαν επίσης απαντήσεις που συνέδεσαν το μοντέλο με την πραγματικότητα/την ψυχαγωγία/την αισθητική, που δεν περιελάμβαναν περιεχόμενο ή περιελάμβαναν ταυτολογίες προς την ερώτηση, δήλωναν άγνοια ή ήταν ασαφείς. Αναφορικά με τη χρησιμότητα του μοντέλου ενός ματιού, η κατηγοριοποίηση βασίστηκε στη σχετική έρευνα του Ζουπίδη (2012). Οι απαντήσεις ταξινομήθηκαν σε δύο επίπεδα, το E1 και το E0, ανάλογα με το εάν οι μαθητές θεωρούσαν το μοντέλο ως ένα εργαλείο για την μάθηση και την κατανόηση των συστατικών ή της λειτουργίας του και ως μέσο μεταφοράς πληροφοριών (E1) ή όχι (E0). Επιπλέον, στην E0 εντάχθηκαν οι απαντήσεις που ταύτιζαν το μοντέλο με την πραγματικότητα, δήλωναν άγνοια, ήταν ασαφείς ή ταυτολογίες. Όσον αφορά την ονομασία του μοντέλου του ματιού, ο Πέικος (2016) στηρίχθηκε στην ίδια έρευνα ομαδοποιώντας τις απαντήσεις σε δύο επίπεδα (E1, E0). Στο E1 εντάχθηκαν οι απαντήσεις στις οποίες οι μαθητές διαφοροποιούσαν την κατασκευή από την πραγματικότητα και την αντιλαμβάνονταν ως μία αναπαράσταση. Στο E0, οι ονομασίες που δόθηκαν αναφερόταν στην πραγματικότητα, δεν περιελάμβαναν περιεχόμενο, δήλωναν άγνοια, ήταν ασαφείς ή ταυτολογίες. Όσον αφορά τη χρησιμότητα των πολλαπλών μοντέλων για το φαινόμενο της ίωσης, σχηματίστηκαν επίσης δύο επίπεδα (E1, E0). Στην E1 εντάχθηκαν μονάδες ανάλυσης στις οποίες τα πολλαπλά μοντέλα θεωρήθηκαν χρήσιμα

γιατί (i) δίνουν διαφορετικές πληροφορίες, (ii) έχουν διαφορετικά πλεονεκτήματα, (iii) τα άτομα κατανοούν με διαφορετικό τρόπο τις πληροφορίες.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αρχικά οι μαθητές δεν αναγνώριζαν τα μοντέλα ως αναπαραστάσεις, αλλά σε μεγάλο ποσοστό βρισκόταν σε θέση να αναφέρουν τη χρησιμότητα των μοντέλων ως εργαλεία μάθησης και επικοινωνίας. Μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ φάνηκε πως η ρητή διδασκαλία περί μοντέλων κατέστησε τους μαθητές ικανούς να αναγνωρίζουν την αναπαραστατική φύση των μοντέλων αλλά και να αναφέρουν την χρησιμότητά τους.

Αντιλήψεις εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση

Στις έρευνες που αφορούν τις αντιλήψεις εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση, αναδεικνύεται η δυσκολία των εκπαιδευτικών στη ρητή διδασκαλία των μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως οι εκπαιδευτικοί κατέχουν περιορισμένες γνώσεις αναφορικά με το περιεχόμενο των μοντέλων (Justi & Gilbert, 2003; van Driel & Verloop, 1999). Στην παρούσα ενότητα επιχειρείται η παρουσίαση ερευνών που αφορούν τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για το περιεχόμενο των μοντέλων και τη μοντελοποίηση.

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη υποενότητα, στην έρευνα των Grosslight et al. (1991) διερευνήθηκαν –πέρα από τις αντιλήψεις των μαθητών- και οι αντιλήψεις 4 ενηλίκων (2καθηγητές, ο διευθυντής ενός μουσείου ΦΕ και ένας ερευνητής), που θεωρήθηκαν ειδικοί στο αντικείμενο των μοντέλων. Οι τέσσερις συμμετέχοντες κλήθηκαν να απαντήσουν στις ερωτήσεις της συνέντευξης των μαθητών με στόχο να αναδειχθούν τυχόν διαφορές στους δύο πληθυσμούς. Κατά τη συλλογή των δεδομένων παρατηρήθηκε πως οι ενήλικες έδιναν εκτενέστερες απαντήσεις γεγονός που συνέβαλε στον εμπλουτισμό των δεδομένων που προερχόταν από τους ενήλικες. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε η διάκριση των μοντέλων σε φυσικά-τεχνητά και αφηρημένα με βάση τον τρόπο αναπαράστασης. Όσον αφορά το σκοπό των μοντέλων, αυτά θεωρήθηκαν ως βοηθητικά ή επεξηγηματικά εργαλεία, ικανά να ενισχύσουν την κατανόηση αν εφαρμοστούν και αξιολογηθούν κάτω από πραγματικές συνθήκες. Τέλος, οι ειδικοί ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν τόσο την αξία ύπαρξης των

πολλαπλών μοντέλων για την εξήγηση ενός φαινομένου, όσο και τη δυνατότητα αλλαγής τους.

Οι αντιλήψεις 75 μελλοντικών δασκάλων για την έννοια του μοντέλου μελετήθηκαν από την Πετρίδου (2008). Ως ερευνητικό εργαλείο χρησιμοποιήθηκε ένα μέρος του ερευνητικού εργαλείου των Grosslight et al (1991). Τα ευρήματα της έρευνας ανέδειξαν την αδυναμία των φοιτητών να αναγνωρίσουν πλήρως τη φύση αλλά και τη λειτουργία των μοντέλων, αλλά την ικανότητά τους να αναγνωρίζουν τη δυνατότητα αλλαγής των μοντέλων. Σε επόμενη φάση του ερευνητικού σχεδιασμού μελετήθηκε δείγμα 16 φοιτητών (που δεν συμμετείχε στην αρχική έρευνα) και αφορούσε τη χρήση μοντέλων με σκοπό την ανάπτυξη της γνώσης περιεχομένου του στατικού ηλεκτρισμού, αλλά και του ρόλου των μοντέλων στην επεξήγηση και την πρόβλεψη. Τα αρχικά αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως οι φοιτητές κατέχουν περιορισμένες γνώσεις και αντιλήψεις για τα μοντέλα, ενώ στο τέλος της παρέμβασης υπήρχε θετική εξέλιξη στις αντιλήψεις των φοιτητών για τα χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες των μοντέλων.

Η έρευνα των Στεφανή & Τσαπαρλή (2009) μελέτησε δείγμα 19 φοιτητών Χημείας, οι οποίοι βρισκόταν στο μέσο των σπουδών τους. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν το εργαλείο της ημιδομημένης συνέντευξης αφενός με σκοπό τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι φοιτητές οικοδομούν έννοιες κβαντικής χημείας και αφετέρου απόψεις τους σε σχέση με την έννοια του μοντέλου. Όσον αφορά τα μοντέλα, οι ερευνητές αναδεικνύουν τρία επίπεδα αντιλήψεων αναφορικά με την έννοια του μοντέλου (επίπεδα 1,2 &3), τα οποία συμφωνούν με τη βιβλιογραφία. Πιο αναλυτικά, στο επίπεδο 1 οι φοιτητές θεωρούν τα μοντέλα ως αντίγραφα των πραγματικών οντοτήτων, στο επίπεδο 2 τα μοντέλα θεωρούνται εργαλεία που χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες, χωρίς όμως να διακρίνονται πλήρως από την πραγματικότητα, ενώ στο επίπεδο 3 τα μοντέλα θεωρούνται συλλήψεις και κατασκευές των επιστημόνων.

Η έρευνα της Schwarz (2009) ανέδειξε τη σημασία της εμπλοκής των μελλοντικών εκπαιδευτικών σε διαδικασίες μοντελοποίησης με σκοπό να κατανοήσουν στοιχεία που αφορούν τα μοντέλα και κατά συνέπεια να βελτιώσουν τη διδακτική τους πρακτική στις ΦΕ. αποτελέσματα της έρευνας

ανέδειξαν κάποιες κατευθύνσεις όσον αφορά το σχεδιασμό της εκπαίδευσης εκπαιδευτικών.

Η Καπουσίζη (2012) διερεύνησε μέσω μιας ημιδομημένης συνέντευξης τις αντιλήψεις μελλοντικών εκπαιδευτικών για τα μοντέλα στις Φυσικές Επιστήμες. Το δείγμα αποτέλεσαν 15 φοιτητές (5 νηπιαγωγοί, 5 δάσκαλοι, 5 φυσικοί), οι οποίοι κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτήσεις που αφορούσαν τόσο τη φύση και τα χαρακτηριστικά των μοντέλων, το ρόλο τους, όσο και τη χρήση πολλαπλών μοντέλων. Στην ημιδομημένη συνέντευξη υπήρχαν τέσσερις ερωτήσεις, με αντίστοιχες βοηθητικές ερωτήσεις, οι οποίες κάλυπταν το υπό μελέτη περιεχόμενο. Όσον αφορά τη φύση των μοντέλων, αναδείχθηκαν τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με το πώς όριζαν οι φοιτητές τα μοντέλα: η κατηγορία του αντικειμένου (ΑΝΤ), η κατηγορία της αναπαράστασης (ΑΝΑΠ), η κατηγορία του συστήματος (ΣΤΜ) και η κατηγορία της διδακτικής μεθόδου (ΔΜΘ). Τα αποτελέσματα της ομάδας των δασκάλων εμφάνισαν ομοιόμορφα κατανεμημένες απαντήσεις στις τέσσερις κατηγορίες που προέκυψαν, με το αντικείμενο των σπουδών να αναδεικνύεται ως καθοριστικός παράγοντας διαμόρφωσης των αντιλήψεων για τη φύση των μοντέλων.

Αναφορικά με τα χαρακτηριστικά των μοντέλων προέκυψαν δύο κατηγορίες αντιλήψεων με βάση τη θεώρηση που αποδίδουν οι φοιτητές σε αυτά: η κατηγορία των διδακτικών χαρακτηριστικών (ΔΙΔΧ) και των επιστημονικών χαρακτηριστικών. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν διαφορές μεταξύ των φυσικών και των άλλων δύο ειδικοτήτων, με τους πρώτους να εστιάζονται στα επιστημονικά χαρακτηριστικά σε αντίθεση με την ομάδα δασκάλων και νηπιαγωγών που εστιάζονται στα διδακτικά χαρακτηριστικά των μοντέλων. Συγκεκριμένα, η ομάδα των νηπιαγωγών δεν κάνει καμία αναφορά στα επιστημονικά χαρακτηριστικά των μοντέλων.

Οι απαντήσεις των φοιτητών για τις λειτουργίες των μοντέλων ανέδειξαν τέσσερις κατηγορίες (Περιγραφή, Ερμηνεία, Επίλυση προβλήματος, Πρόβλεψη). Η χρήση μοντέλων ως περιγραφικά εργαλεία εμφανίστηκε με τη μεγαλύτερη συχνότητα στο σύνολο των φοιτητών του δείγματος. Επιπλέον, η ομάδα των δασκάλων εμφάνισε αυξημένα ποσοστά στην κατηγορία της επίλυσης προβλήματος, ενώ παρατηρήθηκε πως η ομάδα των νηπιαγωγών

εμφάνισε περιορισμένες απαντήσεις αναφορικά με τις λειτουργίες των μοντέλων.

Τέλος, αναφορικά με την μορφή με την οποία τα μοντέλα γίνονται αντιληπτά, οι φοιτητές κλήθηκαν να αναγνωρίσουν διαφορετικά μοντέλα. Από την ανάλυση των δεδομένων αρχικά προέκυψαν δύο κατηγορίες απαντήσεων: η κατηγορία της «αναγνώρισης μιας ποικιλίας μορφών» και η κατηγορία της «ασάφειας απαντήσεων». Σε μία δεύτερη ανάλυση των αναγνωρισμένων μορφών μοντέλων, διαπιστώθηκε πως η ομάδα των δασκάλων έθεσε προϋποθέσεις τις οποίες πρέπει να πληροί μία αναπαράσταση για να θεωρηθεί μοντέλο, ενώ αντίστοιχα η ομάδα των φυσικών έθεσε επιστημονικά κριτήρια για την αναγνώριση ενός μοντέλου. Συμπερασματικά, αποδείχτηκε πως οι φοιτητές αναγνώριζαν μία αναπαράσταση ως μοντέλο εφόσον αυτό ήταν σαφές και επιστημονικά έγκυρο (Καπουσίζη 2012: 138). Σε μία δεύτερη ανάλυση των δεδομένων, οι αντιλήψεις των φοιτητών για τα μοντέλα κατατάχθηκαν σε 3 επίπεδα γνώσης (Εικόνα 3).

Αντιλήψεις σχετικά με τα μοντέλα			
	Επίπεδο γνώσης 1	Επίπεδο γνώσης 2	Επίπεδο γνώσης 3
ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ	Τα μοντέλα είναι αντικείμενα, ομοιώματα, τα οποία μας δείχνουν πως είναι κάτι. Τα μοντέλα είναι οι διδακτικές μέθοδοι που ακολουθούν οι εκπαιδευτικοί στην τάξη.	Τα μοντέλα είναι αναπαράστασης ενός φαινομένου ή ενός συστήματος, να είναι οι ιδέες που έχουμε για κάτι και δεν είναι απαραίτητα απές κατασκευές.	Τα μοντέλα είναι εργαλεία για την επίλυση προβλημάτων, τη μελέτη συστημάτων και παρέχουν τη δυνατότητα τοποθέτησης μεταβλητών και την ικανότητα ελέγχου.
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΩΝ	Τα μοντέλα πρέπει να είναι απλά και ευκολονόητα για να προωθούν την κατανόηση από τους μαθητές.	Τα μοντέλα πρέπει να είναι απλά και ευκολονόητα, αλλά πρέπει να έχουν και 'επιστημονικά' χαρακτηριστικά όπως το να είναι ρεαλιστικά και τεκμηριωμένα.	Τα μοντέλα πρέπει να έχουν επιστημονική 'εγκυρότητα' και να χρίζουν κοινής αποδοχής της επιστημονικής κοινότητας.
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ	Τα μοντέλα χρησιμοποιούνται για να κατανοήσουμε ένα φαινόμενο που είναι δύσκολο να το καταλάβουμε και για να περιγράψουμε κάτι σε κάποιον δίνοντας το μοντέλο ως παράδειγμα για το πώς είναι κάτι.	Τα μοντέλα χρησιμοποιούνται για να εξηγήσουμε και να ερμηνεύσουμε ένα φαινόμενο / έννοια, για να μελετήσουμε ένα σύστημα και να δούμε πως λειτουργεί.	Τα μοντέλα είναι επιστημονικά εργαλεία ελέγχου και πρόβλεψης και λειτουργούν ανάλογα με το τι θέλει ο κατασκευαστής του μοντέλου να μελετήσει.
ΜΟΡΦΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ	Τα μοντέλα είναι αντικείμενα ή δυναμικές αναπαραστάσεις που αναπαριστούν ένα σύστημα προς κατανόηση.	Τα μοντέλα μπορεί να είναι απές δυναμικές αναπαραστάσεις, πίνακες και σκέτσα εάν εξηγούνται κατάλληλα, είναι ρεαλιστικά, τεκμηριωμένα και σαφή και χρησιμοποιούνται αναλόγως του κοινού στο οποίο απευθύνονται.	Τα μοντέλα μπορεί να είναι οποιαδήποτε αναπαράσταση, συμπεριλαμβανομένων και λεκτικών κανόνων ή συμβολικών τύπων, που χρησιμοποιείται για την περιγραφή και ερμηνεία μιας έννοιας ή ενός φαινομένου/συστήματος.

Εικόνα 3: Επίπεδα αντιλήψεων φοιτητών για τα μοντέλα (Καπουσίζη 2012: 140)

Ο Σούλιος (2013) στη διδακτορική του διατριβή μελέτησε την επίδραση μίας ΔΜΑ για τις οπτικές ιδιότητες των υλικών. Αρχικά 16 υποψήφιοι δάσκαλοι παρακολούθησαν μία ΔΜΑ διάρκειας 10 ωρών, η οποία αφού αξιολογήθηκε, αναπροσαρμόστηκε για την κανονική εφαρμογή της έρευνας. Στην κανονική εφαρμογή, η ΔΜΣ εφαρμόστηκε σε μία ομάδα 22 δασκάλων και σε μία τάξη 24 μαθητών της γ Γυμνασίου. Ημιδομημένες

συνεντεύξεις ανέδειξαν τις επιστημολογικές αντιλήψεις των υποκειμένων του δείγματος, ενώ ένα ερωτηματολόγιο με 6 έργα χρησιμοποιήθηκε για την ανάδειξη της γνωστικής εξέλιξης αναφορικά με το υπό μελέτη θέμα της οπτικής. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η εφαρμογή της ΔΜΑ, τόσο στην πρώτη, όσο και στη δεύτερη αναθεωρημένη εφαρμογή μπορεί να αυξήσει το επίπεδο επιστημολογικών αντιλήψεων δασκάλων και μαθητών αναφορικά με τη φύση, τη λειτουργία και τη δυνατότητα αλλαγής των μοντέλων.

Σε έρευνα των Σούλιου, Πετρίδου και Ψύλλου (2015) μελετήθηκαν οι επιστημολογικές αντιλήψεις για τα μοντέλα και η εννοιολογική κατανόηση όσον αφορά τα οπτικά φαινόμενα μαθητών της γ' γυμνασίου. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 29 μαθητές, οι οποίοι παρακολούθησαν ΔΜΑ με θέμα τις οπτικές ιδιότητες των υλικών. Ως μέσο συλλογής δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν μεταγνωστικά στιγμιότυπα, επτά στον αριθμό, τα οποία ελήφθησαν κατά τη διαδικασία της μοντελοποίησης. Για να εξεταστούν οι «μαθησιακές διαδρομές» των μαθητών, μελετήθηκαν γραπτές αναφορές των μαθητών με σκοπό την εύρεση συσχέτισης μεταξύ των δύο υπό μελέτη θεμάτων. Από την ανάλυση των δεδομένων φάνηκε πως οι μαθητές δεν ήταν σε θέση να συνδέσουν με τον ίδιο τρόπο τις αντιλήψεις τους περί μοντέλων και μοντελοποίησης με την κατανόηση των εννοιών. Μάλιστα, οι εναλλακτικές, διαισθητικές ιδέες των μαθητών και η φύση και τα έργα μοντελοποίησης που χρησιμοποιούνται φάνηκαν να περιορίζουν την ανάπτυξη των επιστημολογικών αντιλήψεων των μαθητών.

Η ενίσχυση των επιστημολογικών αντιλήψεων των μελλοντικών εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και την εννοιολογική κατανόηση μέσα από τη συμμετοχή τους σε κατάλληλα σχεδιασμένη ΔΜΑ διερευνήθηκε από τους Σούλιο και Ψύλλο (Soulis & Psillos, 2016). Ένα δείγμα 16 μελλοντικών δασκάλων συμμετείχε στις δραστηριότητες μιας ΔΜΑ που αξιοποιούσε τη διερεύνηση μέσω των μοντέλων. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι φοιτητές έχουν αφελείς αντιλήψεις πριν από τη συμμετοχή τους στη ΔΜΑ, ενώ υπάρχει αντίσταση στην εξέλιξή τους.

Οι Joana Torres & Clara Vasconcelos (Torres & Vasconcelos, 2015) επιχείρησαν τη συγκριτική ανάλυση των αντιλήψεων μελλοντικών εκπαιδευτικών για τη φύση της επιστήμης και τα μοντέλα. Το δείγμα της

έρευνας αποτέλεσαν 65 Πορτογάλοι σπουδαστές που φοιτούσαν σε διαφορετικά πανεπιστημιακά ιδρύματα και μετά το πέρας των σπουδών τους θα εντασσόταν σε σχολεία πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ένα ερωτηματολόγιο με 22 έργα κλειστού τύπου σχεδιάστηκε από τις ερευνήτριες με σκοπό τη διερεύνηση των αντιλήψεων των φοιτητών και την συνεισφορά της έρευνας στην ανάπτυξη αποτελεσματικότερων προγραμμάτων εκπαίδευσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών. Στις βασικές παραδοχές της έρευνας, τα μοντέλα θεωρούνται γέφυρες μεταξύ θεωριών και φαινομένων.

Τα αποτελέσματα της έρευνας αναφορικά με τα μοντέλα ανέδειξαν πως ένα μεγάλο ποσοστό των φοιτητών ήταν σε θέση να αναγνωρίσει τα μοντέλα ως αναπαραστάσεις ενός φαινομένου (34.4%), ενώ το 36.4% των φοιτητών θεωρούσαν τα μοντέλα ως αναφορές τις οποίες χρησιμοποιούν οι ερευνητές για να συγκρίνουν με αυτές τα φαινόμενα. Τέλος, ένα σημαντικό ποσοστό των φοιτητών θεωρούσε τα μοντέλα ως αποτέλεσμα των παρατηρήσεων του φυσικού κόσμου. Όσον αφορά τη σχέση μεταξύ θεωριών, φαινομένων και μοντέλων, το μεγαλύτερο μέρος των φοιτητών ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν τα μοντέλα ως αναπαραστάσεις που συνδέουν τα φαινόμενα με τις θεωρητικές γνώσεις. Ωστόσο, το 1/5 των φοιτητών τείνει να συγχέει τα μοντέλα με τις θεωρίες, αγνοώντας τη συμβολή τους στην ανάπτυξη νέων θεωριών και την κατασκευή της επιστημονικής γνώσης. Τέλος, όλοι σχεδόν οι φοιτητές θεωρούσαν τα μοντέλα αποτέλεσμα των τεκμηρίων που συλλέγονται από την παρατήρηση φαινομένων. Όσον αφορά το ρόλο των μοντέλων στη διδακτική πρακτική, οι φοιτητές φάνηκαν αδύναμοι να αναγνωρίσουν τη συνεισφορά των μοντέλων στην κατανόηση περίπλοκων εννοιών. Συμπερασματικά, τονίζεται η ανάγκη ενίσχυσης των γνώσεων των φοιτητών για τη φύση της επιστήμης και τα μοντέλα τόσο στη βασική τους εκπαίδευση όσο και στη συνεχή επιμόρφωση και επαγγελματική τους ανάπτυξη για να είναι σε θέση να διεξάγουν δραστηριότητες μοντελοποίησης που αξιοποιούν το σύνολο των δυνατοτήτων τους.

Στην έρευνα των Yenilmez Turkoglu & Oztekin (2016) επιχειρήθηκε η ανάδειξη των απόψεων μελλοντικών δασκάλων για το ρόλο και τη φύση των μοντέλων με τη χρήση ενός ερωτηματολογίου με ερωτήσεις ανοικτού τύπου σε συνδυασμό με ημιδομημένες συνεντεύξεις. Στην έρευνα συμμετείχαν 14

μελλοντικοί δάσκαλοι, οι οποίοι παρακολουθούσαν ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα ΦΕ για το δημοτικό σχολείο στην Άγκυρα της Τουρκίας. Ακολουθήθηκε ποιοτική ανάλυση των δεδομένων η οποία υπέδειξε πως οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί παρουσίαζαν κατακερματισμένες γνώσεις για τα μοντέλα, ενώ ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν την ύπαρξη πολλαπλών μοντέλων ανάλογα με την οπτική του κατασκευαστή τους. Επιπρόσθετα, τα υποκείμενα του δείγματος έτειναν να αναγνωρίζουν υλική, τρισδιάστατη υπόσταση στα μοντέλα ενώ ο ρόλος τους παρουσιαζόταν ως υλιστικός με σκοπό την οπτικοποίηση ή τη θεμελίωση αυτού που αναπαριστούν. Συμπερασματικά, οι ερευνητές υποστηρίζουν πως οι μελλοντικοί δάσκαλοι που δεν κατανοούν επαρκώς την έννοια του μοντέλου, θα αντιμετωπίσουν προβλήματα στην κατάρτιση ενός αποτελεσματικού πλάνου μαθήματος, ικανού να αναπτύξει στους μαθητές τις έννοιες με ακρίβεια. Τέλος, προτείνεται η αλλαγή της εκπαίδευσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών με σκοπό την αποτελεσματικότερη ανάπτυξη της έννοιας του μοντέλου και της χρήσης μοντέλων στη σχολική τάξη.

Όσον αφορά τη μοντελοποίηση, προτείνονται 5 βασικές αρχές, οι οποίες ενισχύουν την ανάπτυξη μελλοντικών και εν ενεργεία εκπαιδευτικών (Justi & Gilbert, 2016: 234):

- Οι λόγοι εισαγωγής δραστηριοτήτων μοντελοποίησης στη διδακτική πρακτική θα πρέπει να έρχονται σε συμφωνία με τη φιλοσοφία του αναλυτικού προγράμματος
- Η μάθηση περί μοντελοποίησης θα πρέπει κατά το δυνατόν να επέρχεται στα πλαίσια κοινωνικών ομάδων συνομηλίκων/ συναδέλφων
- Ο αναστοχασμός αποτελεί βασική διαδικασία για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων και της εμπειρίας στη μοντελοποίηση. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται η αποτελεσματικότητα, η σύνδεση προϋπάρχουσας γνώσης με τη νεοαποκτηθείσα και εν τέλει η σύνδεσή της με τη μακρόχρονη μνήμη.

- Η συχνή επικοινωνία των εκπαιδευτικών με μέντορες αποτελεί πρακτική που διασφαλίζει την επιτυχή μετατροπή της γενικευμένης γνώσης σε αποτελεσματική πρακτική.
- Η εμπλοκή των μαθητευόμενων σε έρευνα δράση στο χώρο εφαρμογής των διαδικασιών μοντελοποίησης μπορεί να υποστηρίξει την κατάλληλη μετατροπή των θεωρητικών ιδεών σε πρακτική.

Με αφορμή τους τρεις τομείς στους οποίους πραγματοποιείται η ανάπτυξη των εκπαιδευτικών (κοινωνικός, προσωπικός, επαγγελματικός), προτείνονται τρία στάδια απόκτησης γνώσεων για τη μοντελοποίηση (Bell & Gilbert 1996 στο Gilbert & Justi 2016). Στο πρώτο, ο εκπαιδευτικός εντοπίζει τα προβλήματα που προκύπτουν κατά τη διαδικασία της μοντελοποίησης, εντοπίζει την αναποτελεσματικότητα των παραδοσιακών πρακτικών και εφαρμόζει νέες προσεγγίσεις. Στο στάδιο αυτό ο εκπαιδευτικός προσδιορίζει τις αντιλήψεις του για την αξία της μοντελοποίησης και του τρόπου με τον οποίο μπορεί να υποστηρίξει στην πρακτική του την απόκτηση βασικών γνώσεων για αυτή. Αυτό εμπεριέχει σημαντικό μέρος της μάθησης και της προσαρμογής του εκπαιδευτικού και είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια της ακαδημαϊκής του εκπαίδευσης.

Στο δεύτερο στάδιο, ο εκπαιδευτικός αντιμετωπίζει τους περιορισμούς που ενυπάρχουν στη διδασκαλία της μοντελοποίησης (π.χ. ανάγκη κάλυψης μέρους της ύλης), ενώ είναι πρόθυμος να εφαρμόσει νέες προσεγγίσεις. Στο στάδιο αυτό ο εκπαιδευτικός αντιλαμβάνεται περισσότερο τη μοντελοποίηση ως μία διαδικασία κατά την οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει μεγαλύτερο εύρος τεχνικών. Ιδανικά, οι εκπαιδευτικοί μεταβαίνουν σε αυτό το στάδιο κατά τη διάρκεια των πρώτων ετών υπηρεσίας. Τέλος, στο τρίτο στάδιο ο εκπαιδευτικός είναι σε θέση να διαχειριστεί την επαγγελματική του ανάπτυξη. Βρίσκεται, δηλαδή, σε θέση να αντιληφθεί τη σημασία της μοντελοποίησης και αναζητά ευκαιρίες να χρησιμοποιήσει ή/και να βελτιώσει τις γνώσεις του Έτσι, οδηγείται σε συνεργασία με άλλους εκπαιδευτικούς και μαθητές. Με δεδομένο ότι οι περισσότερες έρευνες που αφορούν τη μοντελοποίηση πραγματοποιούνται σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, τα αποτελέσματά τους τοποθετούν συνήθως τους εκπαιδευτικούς στο 1^ο ή το 2^ο στάδιο.

Οι Crawford & Cullin (2004) εφάρμοσαν τη «μέθοδο της σκαλωσιάς» (scaffolding) για την εκπαίδευση δεκατεσσάρων μελλοντικών εκπαιδευτικών. Μέσω ενός λογισμικού (Model-It), το οποίο στοχεύει στη δημιουργία και τη δοκιμή μοντέλων στα πλαίσια ενός δυναμικού περιβάλλοντος. Στους σκοπούς της έρευνας συμπεριλαμβάνεται η διερεύνηση της κατανόησης των μοντέλων και της μοντελοποίησης από τους εκπαιδευτικούς, η εξέλιξη των αντιλήψεών τους μέσα από τη χρήση του λογισμικού και η πρόθεσή τους να διδάξουν οι ίδιοι περί μοντέλων.

Οι εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να μελετήσουν ένα πρόβλημα της καθημερινότητας, τις σχέσεις αλληλεπίδρασης που αναπτύσσονται μεταξύ ανάπτυξης φυτού, εδάφους και παρεχόμενης υγρασίας και έπειτα κλήθηκαν να σχεδιάσουν και να δημιουργήσουν σχετικά μοντέλα στον Η/Υ, τα οποία θα εξεταζόταν από το σύστημα. Στα ερευνητικά εργαλεία εντάσσεται ένα ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις ανοικτού τύπου (βασισμένο στην έρευνα των Grosslight et al. 1991) το οποίο συμπληρώθηκε δύο φορές, ημιδομημένες συνεντεύξεις με σκοπό τη διευκρίνιση των απαντήσεων του ερωτηματολογίου και μια σειρά γραπτών ερωτήσεων με σκοπό τον αναστοχασμό της εμπειρίας μοντελοποίησης. Με βάση την κλίμακα που δημιουργήθηκε από τον Grosslight και τους συνεργάτες του, οι απαντήσεις των φοιτητών στο αρχικό ερωτηματολόγιο κατέταξαν το μεγαλύτερο μέρος τους (13/1 φοιτητές) στο επίπεδο 2. Το γεγονός αυτό δεν μεταβλήθηκε στην τελική μέτρηση, εντοπίστηκαν, ωστόσο, πιο ανεπτυγμένες και επιστημονικά ορθότερες απαντήσεις. Από την άλλη, οι περισσότεροι φοιτητές βρισκόταν σε θέση να αναγνωρίσουν την αξία της μοντελοποίησης, αλλά παρουσιάστηκαν επιφυλακτική αναφορικά με το εάν θα επέλεγαν οι ίδιοι να εντάξουν την μοντελοποίηση στη διδακτική τους πρακτική. Η ελαφρώς θετική ανάπτυξη των αποτελεσμάτων αποδόθηκε στην μικρή εμπειρία αναφορικά με τη μοντελοποίηση που είχαν οι φοιτητές στην αρχή του προγράμματος, αλλά και στη μικρή διάρκεια της παρέμβασης (λιγότερες από 12 ώρες σε διάστημα 5 εβδομάδων). Τέλος, οι Crawford & Cullin προτείνουν την ανάπτυξη νέας κατηγοριοποίησης για το χαρακτηρισμό των αντιλήψεων των φοιτητών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση, εφόσον αυτή των Grosslight et al. δεν ήταν σε θέση να περιγράψει την εξέλιξη των αντιλήψεων των φοιτητών του δείγματός τους, όπως αυτή εντοπίστηκε από τους ερευνητές.

Προτεινόμενες διδακτικές προσεγγίσεις

Στην έρευνα της Μπουρμά (2015) αξιολογήθηκαν τα αποτελέσματα μιας διδακτικής παρέμβασης σε μαθητές της ΣΤ τάξης του δημοτικού σχολείου με αντικείμενο το Κύτταρο. Στην έρευνα συμμετείχαν 30 μαθητές και μαθήτριες, οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες (πειραματική, ελέγχου). Η πειραματική ομάδα συμμετείχε σε διαδικασίες μοντελοποίησης κυττάρων με χρήση καθημερινών υλικών, ενώ η ομάδα ελέγχου διδάχθηκε με βάση το φύλλο εργασίας που προτείνεται από το «τετράδιο του μαθητή». Στόχος ήταν να μελετηθεί η συμβολή της μοντελοποίησης α) στην σαφέστερη ανάπτυξη της εικόνας του κυττάρου, β) στην αναγνώριση των μερών του και γ) στην κατανόηση της ποικιλομορφίας του. Ως ερευνητικό εργαλείο επιλέχθηκε ένα ανώνυμο τεστ, με 30 ερωτήσεις, ομαδοποιημένες με βάση τους στόχους της έρευνας. Τα αποτελέσματα της έρευνας κατέδειξαν πως η εμπλοκή των μαθητών σε διαδικασίες μοντελοποίησης συνέβαλε στην επίτευξη υψηλότερων μαθησιακών αποτελεσμάτων, ενώ εντοπίστηκαν σαφείς διαφορές μεταξύ της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.

Η αναγνώριση της προβλεπτικής χρήσης των μοντέλων στο φαινόμενο της φόρτισης μονωτών και αγωγών διερευνήθηκε σε έρευνα των Πετρίδου, Ψύλλου & Χατζηκρανιώτη (2009). Οι ερευνητές εφάρμοσαν ένα τρίωρο εκπαιδευτικό σεμινάριο, με σκοπό την εξοικείωση 12 φοιτητών/τριών του ΠΤΔΕ στην χρήση μοντέλων για την πραγματοποίηση προβλέψεων. Συγκεκριμένα, οι φοιτητές ενεπλάκησαν στη χρήση των μοντέλων πριν από την παρατήρηση του ίδιου εικονικού πειράματος και ενθαρρύνθηκαν να καταγράψουν τις προβλέψεις τους για το φαινόμενο, τόσο πριν από τη χρήση των μοντέλων, όσο και μετά από αυτή. Επιπρόσθετα, οι φοιτητές συμμετείχαν σε ομαδικές συνεντεύξεις κατά τη διάρκεια του σεμιναρίου, στις οποίες επιχειρηματολογούσαν αναφορικά με τις προβλέψεις τους στο επίπεδο της ομάδας τους ενισχύοντας τα ερευνητικά δεδομένα. Στα συμπεράσματα της έρευνας παρατίθεται η σημαντική επίδραση των προσομοιωμένων μοντέλων στη ικανότητα των φοιτητών να προβλέψουν πραγματοποιώντας χρήση του μικροσκοπικού επιπέδου στις προβλέψεις τους.

Σε έρευνα των Danusso, Testa & Vicentini (2010) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μίας τρίχρονης έρευνας με σκοπό α) την διερεύνηση των

γνώσεων φοιτητών τμημάτων θετικών επιστημών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση, β) τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας μίας εκπαιδευτικής παρέμβασης για το περιεχόμενο των μοντέλων, γ) την αξιολόγηση και την αναθεώρηση της εφαρμοσμένης παρέμβασης με βάση τα αποτελέσματα που συλλέχθηκαν.

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 400 φοιτητές και μελλοντικοί εκπαιδευτικοί που φοιτούσαν σε τμήματα φυσικής, μαθηματικών και μηχανολογίας (engineering) δύο ιταλικών πανεπιστημίων. Οι φοιτητές είχαν ολοκληρώσει το 4ετές ή 5ετές προπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών και παρακολουθούσαν διετές μεταπτυχιακό πρόγραμμα με σκοπό να εισαχθούν στην εκπαίδευση.

Ως ερευνητικό εργαλείο χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα ερωτηματολόγια (3 ανοικτού και 1 κλειστού τύπου). Το πρώτο ερωτηματολόγιο βασιζόταν σε προηγούμενη έρευνα των Pinto & Gutierrez (2005). Σε αυτό υπήρχαν τρεις ανοικτού τύπου ερωτήσεις αναφορικά με το τι είναι ένα μοντέλο, ποια είναι τα συστατικά του και πώς αυτό λειτουργεί. Στο δεύτερο ερωτηματολόγιο υπήρχαν οι ίδιες ερωτήσεις με αυτές του πρώτου ερωτηματολογίου, ωστόσο σε αυτή την περίπτωση δινόταν πολλαπλές επιλογές. Οι εναλλακτικές που παρουσιάζονταν ως επιλογές σε αυτές τις ερωτήσεις προέκυψαν από τις πιο συχνές απαντήσεις που συγκεντρώθηκαν κατά τα πρώτα δύο στάδια της διερεύνησης των αντιλήψεων και της πρώτης εφαρμογής της έρευνας. Στο τρίτο ερωτηματολόγιο οι φοιτητές καλούνταν να σχεδιάσουν δύο μοντέλα για δύο από τα παρακάτω φαινόμενα/διαδικασίες

- 1) Κυκλοφοριακή συμφόρηση στο Μιλάνο
- 2) Διαχείριση απορριμμάτων στη Νάπολη
- 3) Περιβαλλοντικές αλλαγές και παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας
- 4) Δημοκρατικό σύστημα της Ιταλίας
- 5) Ηλεκτρομαγνητική μόλυνση.

Το τέταρτο ερωτηματολόγιο περιείχε τρεις ανοικτού τύπου ερωτήσεις οι οποίες ερευνούσαν το σχεδιασμό ενός μοντέλου, όπως αυτό περιγράφονταν από ένα σύστημα μεταβλητών, την αναγνώριση των συστατικών και των λειτουργιών που απαρτίζουν το σχεδιασμό ενός ορθού μοντέλου για το φαινόμενο. Από τις τρεις ερωτήσεις, μόνο η τελευταία δεν απαιτούσε ορισμένες γνώσεις φυσικής, ενώ οι δύο πρώτες προϋπέθεταν γνώσεις

θερμοδυναμικής και γνώσεις περί μοντέλων, όπως αυτά παρουσιάζονται σε μαθήματα σχετικά με τη φυσική, αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα της έρευνας υποδεικνύουν αφενός την ύπαρξη ελλιπούς και κατακερματισμένης γνώσης όσον αφορά τα μοντέλα στο πέρας των προπτυχιακών σπουδών. Πιο αναλυτικά, το 1/4 των φοιτητών του δείγματος ήταν ενημερωμένο για το υπό μελέτη θέμα. Περίπου οι μισοί φοιτητές κατείχαν αποσπασματικές γνώσεις, πιθανότατα εξαιτίας των ασαφών ορίων ανάμεσα στις διάφορες πτυχές που αφορούν τα μοντέλα. Περίπου ένας στους 10 φοιτητές διατηρούσε συγκεκριμένη άποψη για τα μοντέλα συνδέοντάς τα με τις επιστημονικές μεθόδους, τις θεωρίες ή τη διδακτική πρακτική. Τέλος, ένα σημαντικό ποσοστό έδινε ασαφείς ή ασυνάρτητες απαντήσεις που κατεδείκνυαν την έλλειψη γνώσεων για το υπό μελέτη θέμα. Όσον αφορά την παρέμβαση που υλοποιήθηκε, η αποτελεσματικότητά της επιβεβαιώνεται από τις επιστημονικά ορθότερες απαντήσεις που δόθηκαν στο τέλος της παρέμβασης. Έτσι, η προτεινόμενη παρέμβαση κρίνεται αποτελεσματική όσον αφορά την αποσαφήνιση του όρου «μοντέλο» και του ρόλου τους τόσο μέσα από τα πειράματα επίδειξης, όσο και μέσα από τις δραστηριότητες μέσω υπολογιστή. Τέλος, προτείνεται η περαιτέρω μελέτη της ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ των απόψεων μελλοντικών εκπαιδευτικών για τη φύση της επιστήμης και τις ιδέες τους για τα μοντέλα, όπως αυτές παρουσιάζονται από το Grosslight (1991).

Συμπερασματικά, και με βάση τη βιβλιογραφική επισκόπηση που προηγήθηκε, τα μοντέλα στις ΦΕ αποτελούν αναπαραστάσεις στόχων, οι οποίοι μπορεί να είναι αντικείμενα, φαινόμενα ή διαδικασίες. Οι αναπαραστάσεις αυτές δεν είναι πιστές, αλλά επικεντρώνονται σε όψεις του στόχου που μοντελοποιείται. Η επικέντρωση αυτή σε διαφορετικά στοιχεία του στόχου εξηγεί την ύπαρξη πολλαπλών αναπαραστάσεων για τον ίδιο στόχο, δηλαδή την ύπαρξη διαφορετικών μοντέλων. Τα διαφορετικά μοντέλα μπορούν να ταξινομηθούν σε κατηγορίες με βάση τα κοινά τους χαρακτηριστικά. Έτσι, για παράδειγμα, τα μοντέλα μπορούν να διακρίνονται σε απτά, οπτικά, λεκτικά, μαθηματικά, χρήση χειρονομιών ή συνδυασμό των παραπάνω.

Όσον αφορά το ρόλο τους στις ΦΕ, τα μοντέλα ανάλογα με το είδος τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν, να εξηγήσουν ή να

προβλέψουν φαινόμενα, να επιλύσουν προβλήματα ή να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία επικοινωνίας και μάθησης.

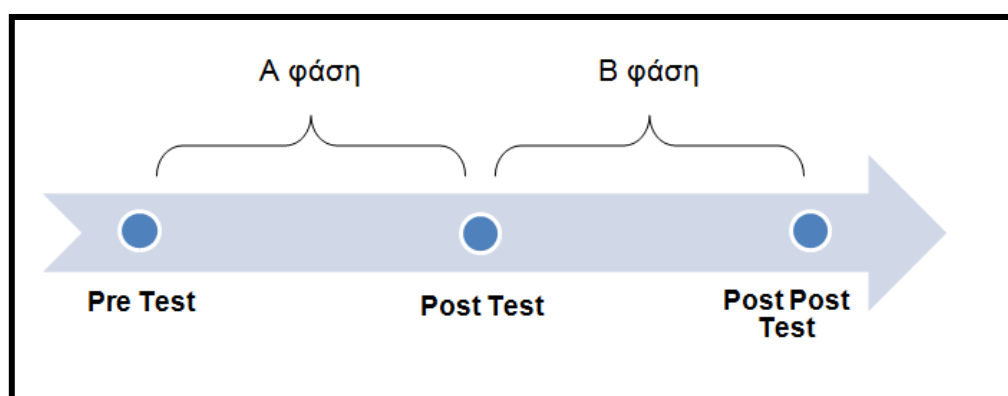
Τέλος, όσον αφορά τις αντιλήψεις μαθητών και εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση, φαίνεται πως υπάρχουν κατακερματισμένες γνώσεις πάνω στο υπό μελέτη θέμα, οι οποίες προκύπτουν από την παρεχόμενη εκπαίδευση. Έρευνες έχουν αποδείξει τη σημασία των μοντέλων τόσο για την ανάπτυξη του επιστημονικού γραμματισμού όσο και για την ανάπτυξη δεξιοτήτων υποδεικνύοντας την ανάγκη προσαρμογής της εκπαίδευσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών με σκοπό την αποτελεσματική ενσωμάτωσή τους στη διδακτική τους πρακτική.

Το πλαίσιο της έρευνας

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της εκπαίδευσης των φοιτητών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης στην Παιδαγωγική Σχολή της Φλώρινας κατά το ακαδημαϊκό έτος 2015-2016.

Ο ερευνητικός σχεδιασμός χωρίζεται σε δύο φάσεις (A & B) (Σχήμα1)

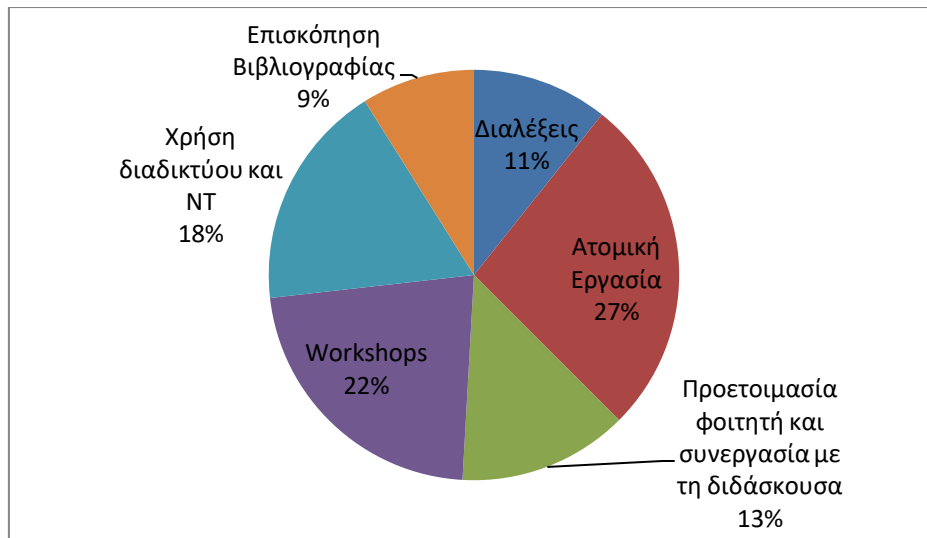
- Στην A φάση οι φοιτητές καταρτίστηκαν θεωρητικά σε θέματα διδακτικής των ΦΕ
- Στη B φάση οι φοιτητές παρακολούθησαν ένα σύνολο θεωρητικών μαθημάτων και συμμετείχαν σε πρόγραμμα που περιελάμβανε πρακτική άσκηση.



Σχήμα 1: Περιγραφή του ερευνητικού σχεδιασμού

Πρόγραμμα εκπαίδευσης μελλοντικών δασκάλων: A φάση

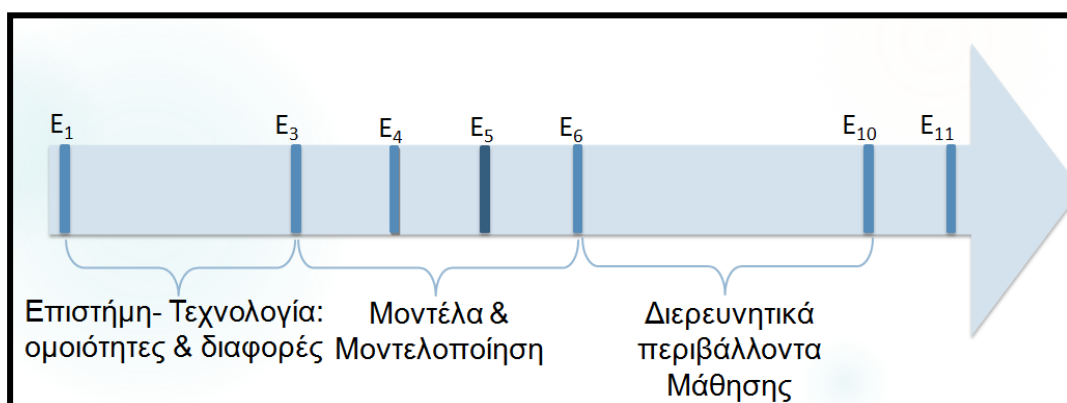
Στην A φάση του ερευνητικού σχεδιασμού, οι φοιτητές συμμετείχαν σε ένα θεωρητικό μάθημα με αντικείμενο τις σύγχρονες τάσεις της διδακτικής ΦΕ. Προϋπόθεση για την παρακολούθησή του ήταν η επιτυχής παρακολούθηση μαθήματος αναφορικά με έννοιες της φυσικής, ενώ στους στόχους του μαθήματος συμπεριλαμβάνεται (i) η εκπαίδευση των φοιτητών ως προς το σχεδιασμό διδασκαλιών ανοιχτής διερεύνησης, (ii) η επιλογή/δημιουργία του διδακτικού υλικού για αυτές και (iii) η παρουσίαση πορισμάτων που εντοπίζονται στη σύγχρονη βιβλιογραφία με θέμα τα ανοιχτά διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης. Ο φόρτος εργασίας του μαθήματος περιλαμβάνει πληθώρα δραστηριοτήτων και μέσων (Διάγραμμα 2)



Διάγραμμα 1: Ανάλυση του φόρτου εργασίας στην Α Φάση

Για την εκπαίδευση των φοιτητών εφαρμόστηκε η «ανοιχτή διερεύνηση» ως διδακτική μέθοδος για την επίτευξη των παραπάνω στόχων. Στα πλαίσια της ανοιχτής διερεύνησης ο εκπαιδευτικός καθορίζει το πλαίσιο στο οποίο θα πραγματοποιηθούν οι διερευνητικές διαδικασίες, αλλά επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να επιλέξουν την προσέγγιση που θα ακολουθήσουν (Zion 2012). Με αυτόν τον τρόπο προσομοιώνεται ο επιστημονικός τρόπος εργασίας και οι εκπαιδευόμενοι αναλαμβάνουν την ευθύνη για την πορεία της έρευνάς τους και με αυτόν τον τρόπο αφενός κινητοποιούνται, αναλαμβάνουν ευθύνες και πρωτοβουλίες και αφετέρου ενισχύουν τον επιστημονικό τους γραμματισμό (Reid & Yang 2002).

Στο Σχήμα 2 αναπαρίστανται οι τρεις πυλώνες που απαρτίζουν το περιεχόμενο του μαθήματος, καθώς και η αναλυτική περιγραφή του περιεχομένου κάθε εβδομάδας μαθημάτων. Όπως μπορεί κανείς να διακρίνει σε αυτό, οι τρεις πυλώνες του μαθήματος παρουσιάστηκαν τμηματικά, με τη μετάβαση να πραγματοποιείται μέσω της σύνδεσης των περιεχομένων. Επιπρόσθετα, δόθηκε έμφαση στην συνειδητοποίηση της ύπαρξης συσχετίσεων μεταξύ των τριών πυλώνων.



Σχήμα 2: Κατανομή των πυλώνων της Α φάσης ανά εβδομάδα μαθημάτων

Από την πρώτη έως και την τρίτη εβδομάδα μαθημάτων οι φοιτητές συμμετείχαν σε δραστηριότητες που είχαν ως στόχο τη διάκριση επιστήμης και τεχνολογίας καθώς και τις ομοιότητες και διαφορές του τρόπου εργασίας τεχνολόγων και επιστημόνων. Πιο συγκεκριμένα, οι φοιτητές, χωρισμένοι σε 8 ομάδες, επεξεργάστηκαν εκθέματα του Φεστιβάλ που τους δόθηκαν και κλήθηκαν:

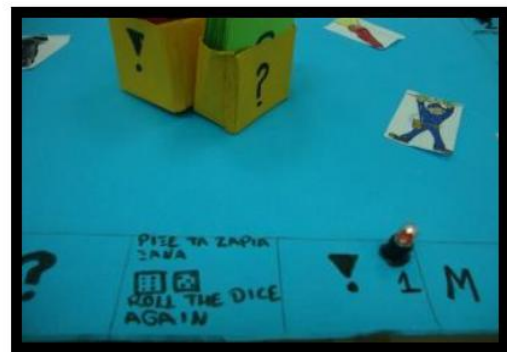
- να εντοπίσουν το γνωστικό περιεχόμενο (έννοιες, φαινόμενα, αντικείμενα κ.ά.) που μπορούν να προσεγγίσουν μέσω αυτών
- να διακρίνουν τις έννοιες «επιστήμη» και «τεχνολογία»
- να διακρίνουν βασικές διαφορές ανάμεσα σε όρους Επιστήμης και Τεχνολογίας
- να συνδέσουν όρους επιστήμης και τεχνολογίας με συγκεκριμένα εκθέματα
- να αναζητήσουν πληροφορίες για το υπό μελέτη θέμα και να τις παρουσιάσουν σε κοινό

Το περιεχόμενο των μοντέλων και της μοντελοποίησης, που αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας, προσεγγίστηκε την τρίτη, την τέταρτη και την έκτη εβδομάδα³. Πιο συγκεκριμένα, τις εβδομάδες αυτές οι φοιτητές:

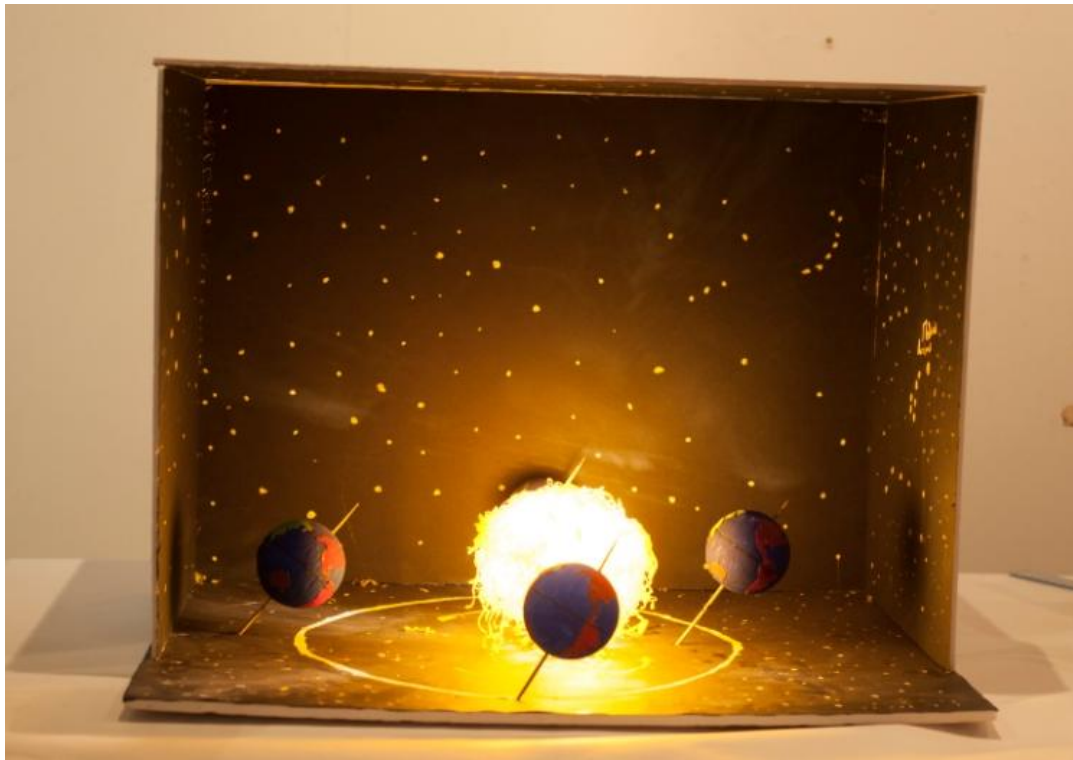
³ Την πέμπτη εβδομάδα οι φοιτητές παρακολούθησαν μία διάλεξη του Μ. Δανέζη με θέμα «Dalí και σύγχρονη φυσική» που πραγματοποιήθηκε στο χώρο της Παιδαγωγικής Σχολής Φλώρινας

- γνώρισαν χαρακτηριστικά που αφορούν τα μοντέλα (ορισμός, φύση, ρόλος μοντέλου στις ΦΕ) και την μοντελοποίηση (πράξεις μοντελοποίησης, έννοια συστήματος)
- μελέτησαν τις πιο σημαντικές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές αναφορικά με το περιεχόμενο των μοντέλων και της μοντελοποίησης, καθώς και ενδεικτικούς τρόπους προσέγγισης της μοντελοποίησης σε διδακτικές παρεμβάσεις
- κλήθηκαν να μελετήσουν στη βιβλιογραφία το περιεχόμενο των μοντέλων και να αναγνωρίσουν χαρακτηριστικά της φύσης και του ρόλου των μοντέλων στα εκθέματα του Φεστιβάλ.

Τα μοντέλα που επεξεργάστηκαν οι φοιτητές είχαν κατασκευαστεί από μαθητές στα πλαίσια του ΦΦΕ/ΤΧ και επιλέχθηκαν για τις ανάγκες του μαθήματος καθώς πληρούσαν τις προϋποθέσεις για τη μελέτη των τριών πυλώνων του μαθήματος. Οι Εικόνες 4,5,6 & 7 είναι αντιπροσωπευτικές των μοντέλων που δόθηκαν στους φοιτητές.



Εικόνα 4: Electrician's game Επιτραπέζιο παιχνίδι για τον ηλεκτρισμό



Εικόνα 5: Μοντέλο αναπαράστασης του φαινομένου των 4 εποχών



Εικόνα 6: Μοντέλο ατμομηχανής τρένου



Εικόνα 7: Μοντέλο βιώσιμου χωριού- το παράδειγμα του Αμμοχωρίου

Όσον αφορά το περιεχόμενο των μοντέλων, όπως αυτό κατανεμήθηκε στις τρεις εβδομάδες μαθημάτων αναλυτικότερα:

3^η Εβδομάδα

Την 3^η εβδομάδα μαθημάτων οι εκπαιδευόμενοι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να γνωρίσουν βασικά χαρακτηριστικά που αφορούν τα μοντέλα (στόχος, τρόπος αναπαράστασης, είδη μοντέλων) μέσω μίας εισαγωγικής παρουσίασης. Τέλος, οι φοιτητές έλαβαν σε έντυπη μορφή παραδείγματα ταξινόμιας μοντέλων (βλ. Παράρτημα).

4^η Εβδομάδα

Την επόμενη εβδομάδα οι φοιτητές κλήθηκαν:

- να θυμηθούν και να παρουσιάσουν τις αρχικές τους ιδέες σχετικά με τα μοντέλα
- να θυμηθούν τα βασικά χαρακτηριστικά των μοντέλων που είχαν διδαχθεί
- να γνωρίσουν τα βασικά χαρακτηριστικά της μοντελοποίησης (πράξεις μοντελοποίησης, έννοια του συστήματος)
- να αναγνωρίσουν τα χαρακτηριστικά της φύσης και του ρόλου των μοντέλων στα εκθέματα του ΦΦΕ/ΤΧ

Συγκεκριμένα, την 4^η εβδομάδα, οι φοιτητές γνώρισαν τη μοντελοποίηση ως διαδικασία και έλαβαν μέρος σε συζήτηση περί των ιδεών τους για τη φύση και το ρόλο των μοντέλων. Τέλος, οι φοιτητές έλαβαν φύλλο εργασίας (βλ. Παράρτημα), το οποίο τους καλούσε να επεξεργαστούν ομαδικά το

μοντέλο που ως ομάδα είχαν αναλάβει και να απαντήσουν σε ερωτήσεις αναφορικά με το είδος, το σκοπό και τις πληροφορίες που αντλούν από αυτό. Επιπλέον, κλήθηκαν να προτείνουν εναλλακτικά μοντέλα για την αναπαράσταση του ίδιου στόχου με το μοντέλο που ως ομάδα επεξεργάστηκαν.

Οι ατομικές απαντήσεις στα φύλλα εργασίας συγκεντρώθηκαν σε ηλεκτρονική μορφή σε διάστημα μίας εβδομάδας από την επεξεργασία του εκθέματος. Παράλληλα, οι φοιτητές απέκτησαν πρόσβαση σε επιλεγμένες σημειώσεις, οι οποίες αποτελούσαν τμήμα της διδακτορικής διατριβής του Ζουπίδη (2012).

5^η Εβδομάδα

Την 5^η εβδομάδα οι φοιτητές παρακολούθησαν διάλεξη προσκεκλημένου στην Παιδαγωγική σχολή Φλώρινας ομιλητή με θέμα «Dalí και σύγχρονη φυσική».



Εικόνα 8: Επεξεργασία μοντέλου για τη συμπλήρωση φύλλου εργασίας

6^η Εβδομάδα

Την έκτη εβδομάδα μαθημάτων πραγματοποιήθηκε η ανακοίνωση των πορισμάτων της έρευνας των φοιτητών που τους ανατέθηκε και αφορούσε τα μοντέλα και έπειτα πραγματοποιήθηκε εισαγωγή στα διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης. Όσον αφορά το περιεχόμενο των μοντέλων, οι φοιτητές παρουσίασαν αποτελέσματα της μελέτης τους για το θέμα στην

ολομέλεια του μαθήματος, όπως αυτά καταγράφηκαν στις παραδοτέες εργασίες και προχώρησαν σε αξιολόγηση και παραγωγικό διάλογο με αφορμή τα όσα τους παρουσιάστηκαν.



Εικόνα 9: Παρουσίαση αποτελεσμάτων έρευνας στην ολομέλεια

Από την έκτη εβδομάδα μαθημάτων⁴ έως και τη δέκατη, οι φοιτητές εξοικειώθηκαν με τη μέθοδο Jigsaw και προσέγγισαν το περιεχόμενο των διερευνητικών περιβαλλόντων μάθησης. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τα διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης οι φοιτητές:

- γνώρισαν τα πορίσματα της σύγχρονης έρευνας για το υπό μελέτη θέμα
- ανέπτυξαν τη δεξιότητα ανάγνωσης και παρουσίασης επιστημονικών κειμένων
- ανέπτυξαν τη δεξιότητα παρουσίασης επιστημονικών κειμένων σε poster

Τα παραπάνω επιτεύχθηκαν μέσω διαλέξεων, ατομικών και ομαδικών εργασιών που ανατέθηκαν και περιελάμβαναν την επισκόπηση βιβλιογραφίας ή/και την αναζήτηση στο διαδίκτυο.

⁴ Την έκτη εβδομάδα ο χρόνος του μαθήματος ισοκατανεμήθηκε στη συζήτηση περί μοντέλων (παρουσίαση εργασιών) και στην εισαγωγή των φοιτητών στη μέθοδο jigsaw.



Εικόνα 10: Δραστηριότητα συλλογής πληροφοριών στα πλαίσια ομαδικής εργασίας

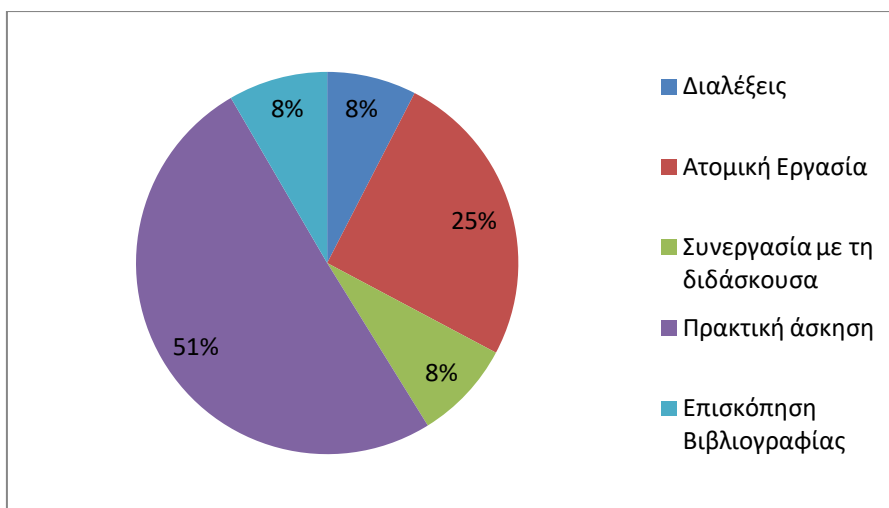


Εικόνα 11: Συλλογή πληροφοριών με βάση δοθέν μοντέλο

Στην ενδέκατη εβδομάδα μαθημάτων πραγματοποιήθηκε σύνθεση-σύνδεση των τριών πυλώνων του μαθήματος και ορίστηκε μία εργασία στην οποία οι φοιτητές πρότειναν ένα υποθετικό σενάριο για την κατασκευή ενός εκθέματος που θα παρουσιαζόταν στο ΦΦΕ/ΤΧ. Οι φοιτητές με βάση τις γνώσεις και την εμπειρία τους από την εμπλοκή τους με τα εκθέματα που τους δόθηκαν έπρεπε να περιγράψουν το θέμα με το οποίο θα ασχολούνταν, αλλά και τα στάδια υλοποίησης της κατασκευής, συνδέοντάς τα με τους πυλώνες του προγράμματος εκπαίδευσης (βλ. Παράρτημα, τελική εργασία)

Πρόγραμμα εκπαίδευσης μελλοντικών δασκάλων: Β φάση

Η Β φάση του ερευνητικού σχεδιασμού περιελάμβανε πρακτική άσκηση των φοιτητών, αφού το $\frac{1}{2}$ του φόρτου εργασίας του μαθήματος αφιερώνεται σε αυτή (Διάγραμμα 3). Στους στόχους συμπεριλαμβανόταν η οργάνωση δραστηριοτήτων κατασκευής εκθεμάτων φυσικών επιστημών και τεχνολογίας, η οργάνωση επισκέψεων σε χώρους τεχνοεπιστήμης και η υλοποίηση Φεστιβάλ Φυσικών επιστημών και τεχνολογίας (ΦΦΕ/ΤΧ).

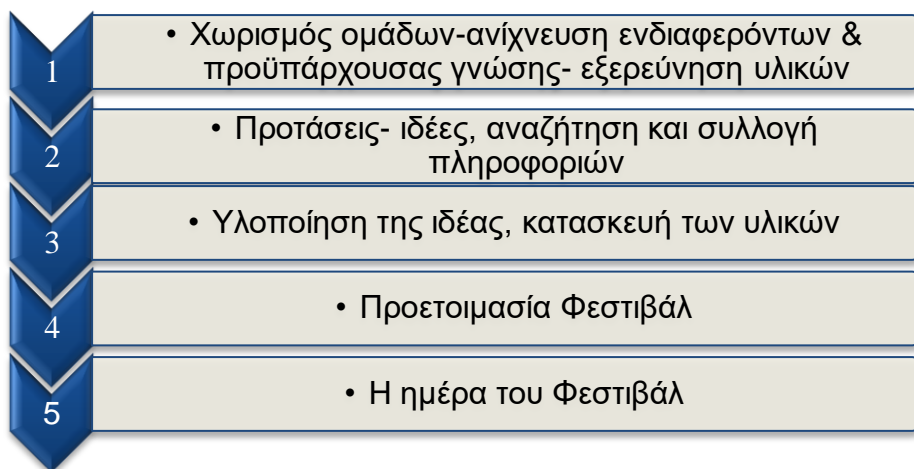


Διάγραμμα 3: Ανάλυση του φόρτου εργασίας για τη Β φάση

Οι φοιτητές παρακολούθησαν μία σειρά τριών διαλέξεων με σκοπό την εισαγωγή βασικών θεωριών που αφορούν το περιεχόμενο του μαθήματος και την προετοιμασία τους για την πρακτική άσκηση. Στα πλαίσια της πρακτικής άσκησης, κάθε φοιτητής κλήθηκε να αναλάβει μία μικρή ομάδα μαθητών, με σκοπό το σχεδιασμό, τη δοκιμή και την κατασκευή ενός εκθέματος για το ΦΦΕ/ΤΧ. Οι φοιτητές ήταν ελεύθεροι να οργανώσουν τις δραστηριότητες κατασκευής του εκθέματος και να τις εφαρμόσουν στις συναντήσεις τους με την ομάδα των μαθητών. Πέρα από τις συναντήσεις με τους μαθητές, οι φοιτητές πραγματοποιούσαν συνεργασία με τη διδάσκουσα σε εβδομαδιαία βάση, με σκοπό τον αναστοχασμό και την λήψη καθοδήγησης.

Το εκπαιδευτικό υλικό που κατασκευάζεται στα πλαίσια του Φεστιβάλ μπορεί να περιλαμβάνει αφίσες, επιτραπέζια παιχνίδια, πειραματικές δραστηριότητες, πολυμεσικά υλικά και μοντέλα (Σπύρτου & Ζάχου, 2014). Στο Διάγραμμα 5 παρουσιάζονται διαδοχικά τα στάδια για το σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού για τα ΦΦΕ/ΤΧ, όπως αυτά καταγράφονται στη βιβλιογραφία. Σύμφωνα με αυτό, στο πρώτο στάδιο οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες και έρχονται σε επαφή με τον υπεύθυνο φοιτητή. Ως ομάδα συζητούν αναφορικά με τα ενδιαφέροντά τους ως προς τις ΦΕ, θέματα περιβαλλοντικά, κοινωνικά, οικονομικά τεχνολογικά που θα τους ενδιέφερε να μελετήσουν και να παρουσιάσουν με κάποιον τρόπο στο ΦΦΕ/ΤΧ. Στο τέλος αυτού του σταδίου η ομάδα των μαθητών

δημιουργεί ένα προσχέδιο του εκθέματός της και καταγράφει τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουν.



Διάγραμμα 4: Φάσεις Σχεδιασμού, ανάπτυξης και παρουσίασης του εκπαιδευτικού υλικού κατά Σπύρτου & Ζάχου 2014 (προσαρμογή)

Το τρίτο στάδιο περιλαμβάνει την κατασκευή του εκθέματος. Σε αυτό οι μαθητές δημιουργούν μοντέλα και προχωρούν στην αναθεώρησή των αρχικών τους σχεδίων, χειρίζονται υλικά κ.ά. Τα δύο τελευταία στάδια περιλαμβάνουν την προετοιμασία και την παρουσία των μαθητών στο ΦΦΕ/ΤΧ. Πιο αναλυτικά, στο τέταρτο στάδιο οι μαθητές ως ομάδα οργανώνουν τον τρόπο παρουσίασης του εκθέματος και καταμερίζουν τις εργασίες και τις ευθύνες τους. Η τελευταία φάση αφορά την ημέρα που το ΦΦΕ/ΤΧ υλοποιείται.

Μέθοδος

Η σχετική βιβλιογραφία εντοπίζει τη συνεισφορά της εκπαιδευτικής έρευνας σε τρεις περιοχές (Creswell, 2011):

- 1. Αύξηση γνώσεων:** Μέσω της έρευνας δίνεται η δυνατότητα εμπλουτισμού της βιβλιογραφίας με σκοπό την κάλυψη κενών, την ενίσχυση ή τη βελτίωση των υφιστάμενων πρακτικών.
- 2. Βελτίωση Πρακτικής:** Ως απόρροια των ερευνητικών αποτελεσμάτων, οι εκπαιδευτικοί λαμβάνουν νέες ιδέες και οπλίζονται με καινούριες πρακτικές, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητά τους. Η βελτίωση αυτή μπορεί να επέλθει είτε από την ιδιωτική πρωτοβουλία του εκπαιδευτικού, είτε μέσα από οργανωμένα προγράμματα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών.
- 3. Παροχή πληροφοριών στις συζητήσεις περί πολιτικής:** Πέρα από την επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών, τα ερευνητικά αποτελέσματα μπορούν να καταστήσουν τους διαμορφωτές εκπαιδευτικής πολιτικής ικανούς να τοποθετηθούν σε εκπαιδευτικά θέματα.

Προϋπόθεση για να επιτευχθούν τα παραπάνω είναι η οργάνωση της ερευνητικής μελέτης σε επίπεδο σχεδιασμού. Ο ερευνητικός σχεδιασμός περιλαμβάνει ορισμένες παραμέτρους, οι οποίες αφορούν τόσο τον καθορισμό των σκοπών και των στόχων της έρευνας και τη διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων, όσο και την επιλογή μεθόδου και ερευνητικών εργαλείων, την επιλογή δείγματος καθώς και ζητήματα εγκυρότητας και αξιοπιστίας (Cohen, Manion & Morisson, 2008:79). Οι παράμετροι αυτοί εντάσσονται σε τρία από τα έξι διαφορετικά στάδια (Σχήμα) που διατυπώθηκαν από τον Creswell (2011:28):

- Αναγνώριση του ερευνητικού προβλήματος
- Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας
- Προσδιορισμός του σκοπού της έρευνας
- Συγκέντρωση των δεδομένων
- Ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων
- Αναφορά και αξιολόγηση της έρευνας

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται οι παραπάνω παράμετροι, με σκοπό να δοθούν πληροφορίες με άξονα αναφοράς τη δική μας έρευνα.

Σκοπός της έρευνας και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η μελέτη της εξέλιξης των αντιλήψεων μελλοντικών δασκάλων για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις Φυσικές Επιστήμες κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσής τους σε ανοιχτά διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης.

Πιο συγκεκριμένα, με βάση το περιεχόμενο των δύο κατ' επιλογήν υποχρεωτικών μαθημάτων που αφορά τα μοντέλα στις Φε και που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2, αναζητούμε το κατά πόσο προωθήθηκε η κατανόηση πτυχών του υπό μελέτη θέματος. Έτσι, ο γενικός ερευνητικός σκοπός μπορεί να αναλυθεί στους ακόλουθους στόχους:

- Διερεύνηση της εξέλιξης των αντιλήψεων των φοιτητών για τη φύση και το ρόλο των μοντέλων στις φυσικές επιστήμες.
- Αξιολόγηση του προγράμματος με σκοπό τον επανασχεδιασμό του υπό διδασκαλία περιεχομένου που αφορά τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις Φυσικές Επιστήμες.

Ειδικότερα, η παρούσα εργασία επιχειρεί να απαντήσει στα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

- Ποιες ήταν οι αντιλήψεις των φοιτητών για τη φύση των μοντέλων στις ΦΕ πριν την εμπλοκή τους στην έρευνα και πώς μεταβλήθηκαν κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσής τους;
- Σε ποιο βαθμό αναπτύχθηκαν οι αντιλήψεις των φοιτητών για το ρόλο των μοντέλων στις ΦΕ;
- Πόσο ικανοί είναι οι φοιτητές να αναγνωρίσουν μοντέλα που τους δίνονται κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσής τους;
- Πώς αξιολογούν (θετικά και αρνητικά παραδείγματα) οι φοιτητές την εμπλοκή τους σε μία διαδικασία μοντελοποίησης;

Μέσα συλλογής δεδομένων

Η διατύπωση των ερευνητικών ερωτημάτων έθεσε τις βάσεις για την επιλογή του κατάλληλου ερευνητικού εργαλείου με στόχο τη συγκέντρωση δεδομένων που να απαντούν στα ερωτήματα αυτά.

Το γραπτό ερωτηματολόγιο

Το γραπτό ερωτηματολόγιο επιλέχθηκε ως δειγματοληπτικό ερευνητικό εργαλείο με σκοπό τη συγκέντρωση ποιοτικών δεδομένων που αφορούν τις αντιλήψεις των φοιτητών στο υπό μελέτη θέμα. Τα επιμέρους έργα που αφορούσαν τη φύση και το ρόλο των μοντέλων στις φυσικές επιστήμες αποτέλεσαν τμήμα ενός ερωτηματολογίου που δόθηκε στους φοιτητές κατά την έναρξη του προγράμματος εκπαίδευσης (βλ. κεφ 2) και στο οποίο υπήρχαν έργα που αφορούσαν το σύνολο του περιεχομένου του μαθήματος. Η διατύπωση των ερωτημάτων για τα έργα που αφορούν η φύση και το ρόλο των μοντέλων ανήκει σε μία προγενέστερη έρευνα (Ζουπίδης 2012) που έχει πραγματοποιηθεί στην Παιδαγωγική σχολή Φλώρινας, με δείγμα μαθητές Δημοτικού. Η επιλογή του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου έγινε με στόχο την ανάδειξη διαφορών στα αποτελέσματα των δύο ερευνών.

Ανάλυση και ανάπτυξη ερωτηματολογίου

Στην παρούσα υποενότητα θα πραγματοποιηθεί η ανάλυση του ερευνητικού εργαλείου (βλ. Παράρτημα) στα επιμέρους έργα που το απαρτίζουν, καθώς και θα αναδειχθούν οι τροποποιήσεις που πραγματοποιήθηκαν πριν το διαμοιρασμό του στους συμμετέχοντες της έρευνας. Όπως προαναφέρθηκε, η διατύπωση των έργων βασίστηκε σε αντίστοιχο ερωτηματολόγιο της έρευνας Ζουπίδη (2011) με προσαρμογές στις ειδικές εκπαιδευτικές συνθήκες της παρούσας έρευνας.

Το έργο IV1 περιελάμβανε δύο ερωτήματα (IV1α, IV1β) τα οποία αναφερόταν σε ένα μοντέλο ανθρώπινου ματιού (Εικόνα 12). Τα δύο αυτά έργα μελετούν την άποψη των φοιτητών για το ρόλο (IV1α) και τη φύση (ονομασία) του μοντέλου ενός ματιού (IV1β).

Η διατύπωση των ερωτημάτων έργου IV1 χρησιμοποιήθηκε αυτούσια στο έργο IV2, στο οποίο οι φοιτητές κλήθηκαν να εκφράσουν τις απόψεις τους για δύο μοντέλα (Εικόνες 13,14) που κατασκευάστηκαν από μαθητές δημοτικού στα πλαίσια Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Θεωρήσαμε

σημαντικό να μελετήσουμε το ενδεχόμενο ύπαρξης διαφορών στις απαντήσεις των φοιτητών στα έργα IV1 και IV2, εξετάζοντας την πιθανότητα οι φοιτητές που αναγνωρίζουν το μοντέλο του ματιού που έχει αγοραστεί από κάποια εταιρεία να μην αναγνωρίζουν ως μοντέλα αυτά που έχουν κατασκευαστεί από μαθητές.

Με το έργο IV3 μελετάται η κατανόηση της φύσης των μοντέλων, ως αναπαραστάσεις/ απεικονίσεις ενός στόχου. Οι φοιτητές καλούνται να διατυπώσουν μία πρόταση χρησιμοποιώντας τη λέξη «μοντέλο».

Τα έργα IV4 και IV5 αναφέρονται στην ονομασία του συγκεκριμένου εκθέματος που κατασκεύασαν οι φοιτητές με μία ομάδα μαθητών (IV4) και στον γραπτό αναστοχασμό των φοιτητών αναφορικά με την εμπειρία κατασκευής εκθέματος για ένα Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Οι φοιτητές κλήθηκαν να συμπεριλάβουν την αξιολόγηση της χρησιμότητας της διαδικασίας κατασκευής ενός μοντέλου με τους μαθητές, καθώς και να αναφερθούν τόσο σε θετικά παραδείγματα από την εμπειρία τους αλλά και σε δυσκολίες που κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν

Όλα τα έργα ήταν ανοικτού τύπου, γεγονός που δίνει στους φοιτητές τη δυνατότητα να εκφράσουν ελεύθερα τις απόψεις τους και να επεκταθούν με αναφορές στην εμπειρία τους για τα επιμέρους θέματα (Creswell, 2011:448).

Το γραπτό ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε συνολικά τρεις φορές (Σχήμα) για την καταγραφή των απόψεων που αφορούν τις αντιλήψεις των φοιτητών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις ΦΕ:

1. Κατά την έναρξη του προγράμματος εκπαίδευσης → Έργα IV1- IV3
2. Κατά την ολοκλήρωση της Α φάσης του προγράμματος εκπαίδευσης → Έργα IV1- IV3
3. Στο τέλος της Β φάσης εκπαίδευσης → Έργα IV1- IV5



Εικόνα 12: Μοντέλο ανθρώπινου ματιού

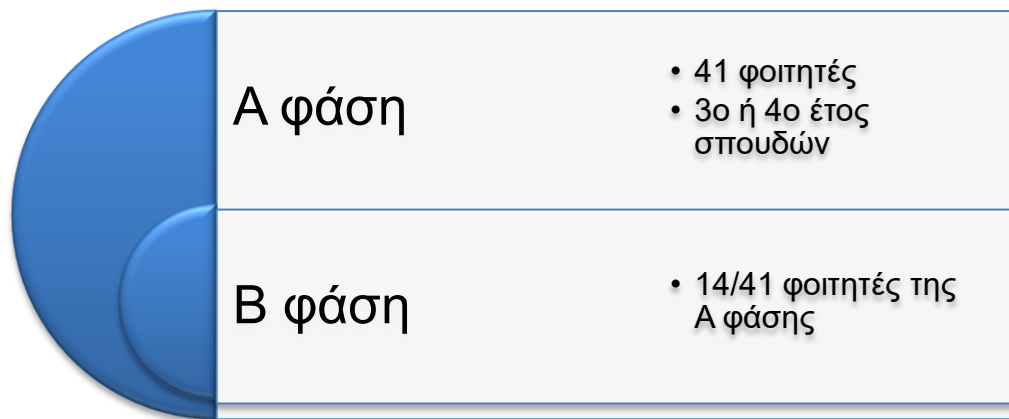


Εικόνα 13: Μοντέλο σιδηρ/κού



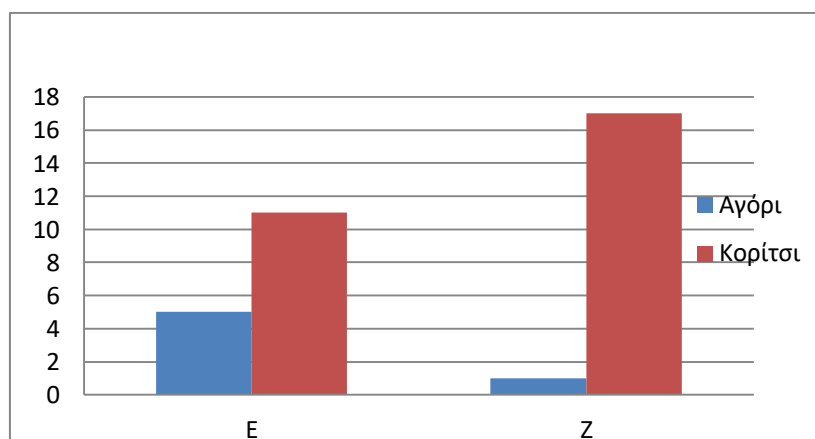
Εικόνα 14: Μοντέλο πλανητικού συστήματος

Στο πρόγραμμα εγγράφηκαν συνολικά 41 φοιτητές, οι οποίοι βρίσκονταν στο 3^ο ή 4^ο έτος των σπουδών τους και κατά τη διάρκειά τους είχαν παρακολουθήσει επιτυχώς ένα τουλάχιστον μάθημα ΦΕ. Από αυτούς, οι 34 αποτελούν το δείγμα της παρούσας έρευνας για την Α φάση, καθώς αυτοί συμπλήρωσαν την υποενότητα του ερωτηματολογίου που αναφερόταν στη φύση και το ρόλο των μοντέλων τόσο στον προέλεγχο (pre test), όσο και στον μετέλεγχο (post test). Από τους 34 φοιτητές του δείγματός της Α φάσης, οι 14 συμμετείχαν στη Β φάση της έρευνας (όπως αυτή περιγράφεται στην ενότητα 2) συμπληρώνοντας το Post-post test (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Δείγμα της έρευνας στις δύο φάσεις του προγράμματος εκπαίδευσης

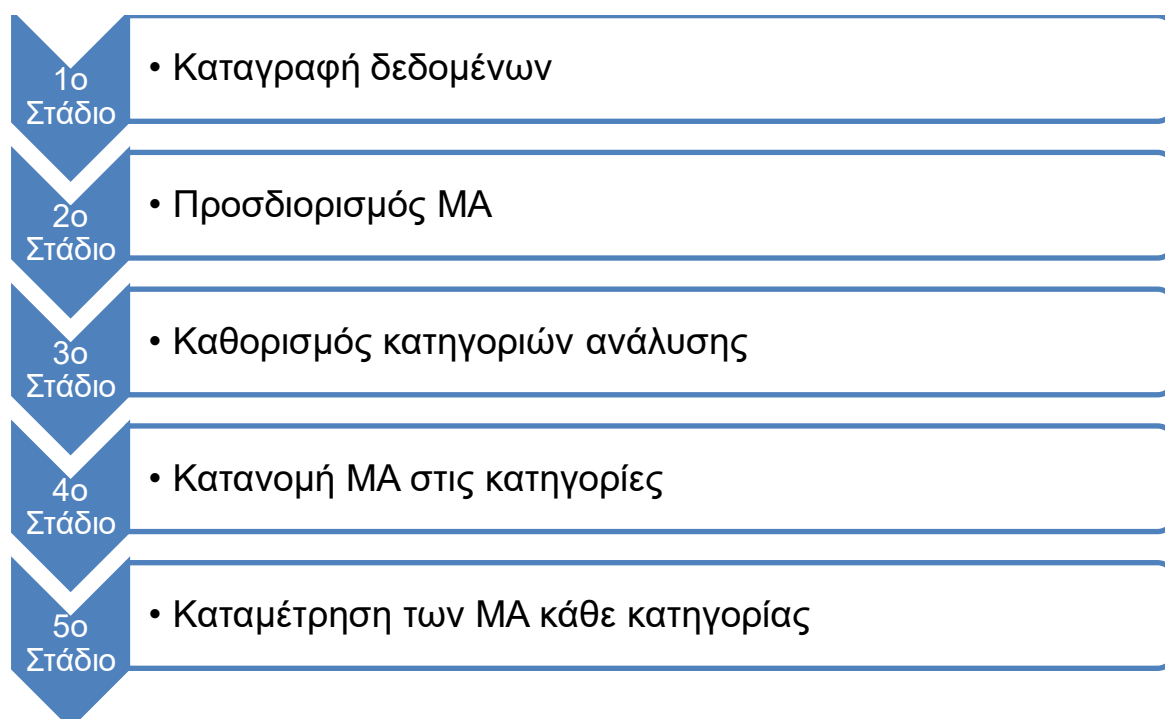
Η δειγματοληψία η οποία πραγματοποιήθηκε θα μπορούσε να χαρακτηριστεί βολική, αφού επιλέχθηκαν άτομα τα οποία πραγματοποίησαν εγγραφή στο πρόγραμμα εκπαίδευσης και επομένως ήταν εύκολα προσβάσιμα (Cohen et al, 2007). Ο μικρός αριθμός του δείγματος σε συνδυασμό με τη στρατηγική δειγματοληψίας που ακολουθήθηκε, δεν μας επιτρέπει να προχωρήσουμε σε ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων και γενίκευση (Cohen et al, 2007:170). Βέβαια, κάτι τέτοιο δεν έγκειται στους σκοπούς της παρούσας έρευνας, η οποία είναι ποιοτική, αφού αποσκοπεί στη διερεύνηση των αλλαγών που μπορούν να εντοπιστούν στα υποκείμενα του δείγματος κατά τη διάρκεια της συμμετοχής τους στην έρευνα.



Γράφημα 1: Περιγραφή του δείγματος της έρευνας

Μέθοδος επεξεργασίας δεδομένων

Για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέξαμε από το γραπτό ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ανάλυσης περιεχομένου (Cohen et al, 2008; Ιωσηφίδης, 2008). Η διαδικασία της μεθόδου ανάλυσης περιεχομένου περιελάμβανε πέντε στάδια (Cohen et al, 2008). Στο πρώτο στάδιο τα δεδομένα συγκεντρώθηκαν και καταγράφηκαν με μορφή κειμένου σε φύλλα excel ανάλογα με τα έργα του ερωτηματολογίου. Στη συνέχεια, προσδιορίστηκαν στο κείμενο Μονάδες Ανάλυσης (MA). Ως MA θεωρείται ένα τμήμα λόγου με ολοκληρωμένο νόημα (Ιωσηφίδης, 2008). Στο τρίτο στάδιο οι MA που αναγνωρίστηκαν κατανεμήθηκαν στις κατηγορίες που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία (top down analysis). Από αυτή τη διαδικασία αναδύθηκαν νέες κατηγορίες ανάλυσης και αναγνωρίστηκαν περαιτέρω κατηγορίες (bottom up analysis). Τέλος, οι MA κάθε κατηγορίας καταμετρήθηκαν και προέκυψαν τα αντίστοιχα αποτελέσματα.



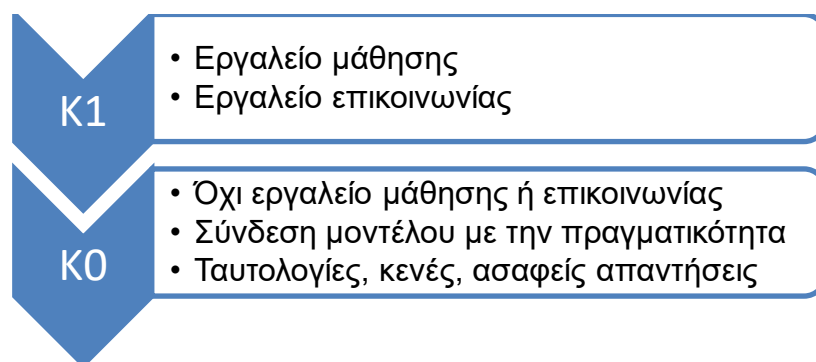
Σχήμα 4: Στάδια ανάλυσης των δεδομένων

Ανάλυση δεδομένων

Χρησιμότητα του μοντέλου του ματιού και των μοντέλων του ΦΦΕ/ΤΧ: Έργα IV1a και IV2a

Σχετικά με τη χρησιμότητα του μοντέλου ενός ματιού και των μοντέλων του ΦΦΕ/ΤΧ συλλέξαμε δεδομένα από τα έργα IV1a και IV2a αντίστοιχα. Τα αναλύθηκαν σε δύο επίπεδα. Σε πρώτο επίπεδο, επιχειρήθηκε η ανάλυση με βάση τις κατηγορίες που παρουσιάστηκαν από τους Ζουπίδη (2012) και Πέικο (2016), καθώς οι δύο αυτές έρευνες χρησιμοποιούν κοινό ερευνητικό εργαλείο, στο οποίο βασιστήκαμε στην παρούσα έρευνα, πραγματοποιώντας τροποποιήσεις με σκοπό τον εμπλουτισμό των δεδομένων. Ωστόσο, η ηλικιακή ομάδα των συγκεκριμένων ερευνών (μαθητές Ε και ΣΤ δημοτικού αντίστοιχα), διαφέρει από την ηλικιακή ομάδα του δικού μας δείγματος.

Σύμφωνα με τις παραπάνω έρευνες, έχουμε δύο κατηγορίες, η Κ1 και η Κ0 (Σχήμα 5). Στην Κ1 κατατάσσονται οι απαντήσεις στις οποίες το μοντέλο που δίδεται (μοντέλο ματιού στις συγκεκριμένες έρευνες) θεωρείται *εργαλείο για τη μάθηση και την κατανόηση των συστατικών ή/και της λειτουργίας του ή/και στις οποίες αναφέρεται η χρήση του ως μέσο μεταφοράς πληροφοριών*. Στην Κ0 εντάσσονται απαντήσεις στις οποίες το μοντέλο δεν θεωρείται εργαλείο μάθησης ή επικοινωνίας, ταυτίζεται με την πραγματικότητα, είναι κενές, ασαφείς ή περιλαμβάνουν ταυτολογίες.

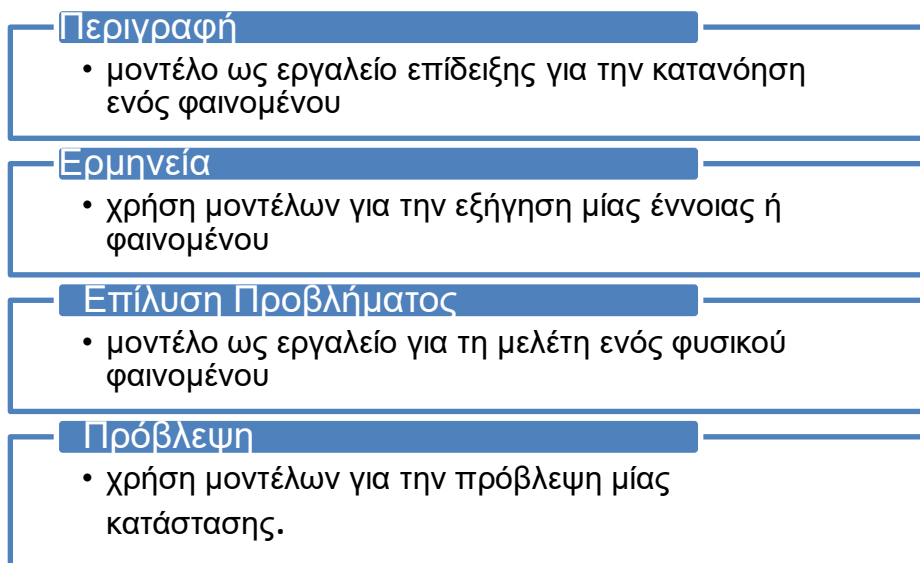


Σχήμα 5: Κατηγορίες για τη χρησιμότητα του μοντέλου

Σε ένα δεύτερο επίπεδο, αναλύσαμε τις απαντήσεις με βάση την έρευνα της Καπουσίζη (2012), η οποία πραγματοποιήθηκε στο ίδιο πανεπιστημιακό ίδρυμα (Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας) με παρόμοιο ηλικιακό δείγμα. Το δείγμα αποτελούσαν 15 φοιτητές από τρία τμήματα (Νηπιαγωγών, Δημοτικής Εκπαίδευσης και Φυσικών). Βασικό κριτήριο για την

επιλογή του δείγματος φοιτητών από τα τμήματα Νηπιαγωγών και Δημοτικής Εκπαίδευσης ήταν η παρακολούθηση μαθήματος ΦΕ, κριτήριο που επιλέχθηκε και στην δική μας έρευνα. Αντιστοιχίσαμε τα έργα του ερευνητικού μας εργαλείου με την ερώτηση «Για ποιο λόγο χρησιμοποιούν τα μοντέλα στις ΦΕ;» της ημιδομημένης συνέντευξης που χρησιμοποιήθηκε στην εν λόγω έρευνα.

Όσον αφορά τη χρησιμότητα των μοντέλων, στην έρευνα της Καπουσίζη (2012) καταγράφονται 4 κατηγορίες. Στην κατηγορία «Περιγραφή» ταξινομήθηκαν απαντήσεις στις οποίες το μοντέλο νοηματοδοτείται ως εργαλείο επίδειξης για την κατανόηση ενός φαινομένου. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλήφθηκαν απαντήσεις που περιείχαν λέξεις κλειδιά όπως: «να δείξουμε/για να μας δείξει», «να κατανοήσουμε/ να καταλάβουμε» ένα σύστημα/μία έννοια ή ένα φαινόμενο. Στη δεύτερη κατηγορία «Ερμηνεία» καταχωρήθηκαν απαντήσεις που αφορούσαν την εξήγηση μίας έννοιας ή φαινομένου. Έτσι απαντήσεις που δήλωναν πως με ένα μοντέλο είναι δυνατόν «να δούμε» ένα σύστημα και να «περιγράψουμε» τι συμβαίνει καταχωρούνταν στην κατηγορία «Ερμηνεία». Η κατηγορία «Επίλυση προβλήματος» συμπεριλάμβανε απαντήσεις που εκφράζουν την αντίληψη πως ένα μοντέλο χρησιμοποιείται για τη μελέτη ενός φυσικού φαινομένου, χωρίς να χρειαστεί να μελετηθεί το φαινόμενο αυτό καθ' αυτό σε πραγματικό χρόνο και διαστάσεις. Η ειδοποιός διαφορά της κατηγορίας αυτής με τις δύο παραπάνω κατηγορίες εντοπίζεται στη δυναμική που αποδίδεται στη φύση των μοντέλων σε αυτές τις απαντήσεις. Τέλος, η κατηγορία της «Πρόβλεψης» εμπεριείχε απαντήσεις στις οποίες τα μοντέλα χρησιμοποιούνται ως όργανα για την πρόβλεψη μίας κατάστασης. Στην περίπτωση της δικής μας έρευνας, οι μονάδες ανάλυσης που εντοπίστηκαν στις απαντήσεις των φοιτητών, ταξινομήθηκαν στις 4 παρακάτω κατηγορίες (Σχήμα 6).

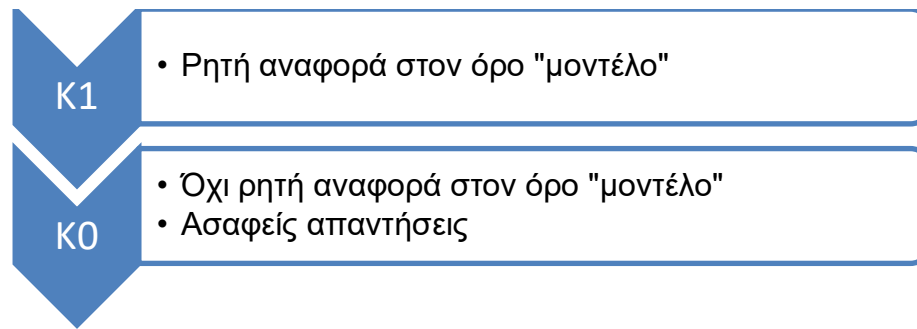


Σχήμα 6: Κατηγορίες για τη χρησιμότητα μοντέλων

Ονομασία του μοντέλου του ματιού και των μοντέλων του ΦΦΕ/ΤΧ: Έργα IV1α και IV2α

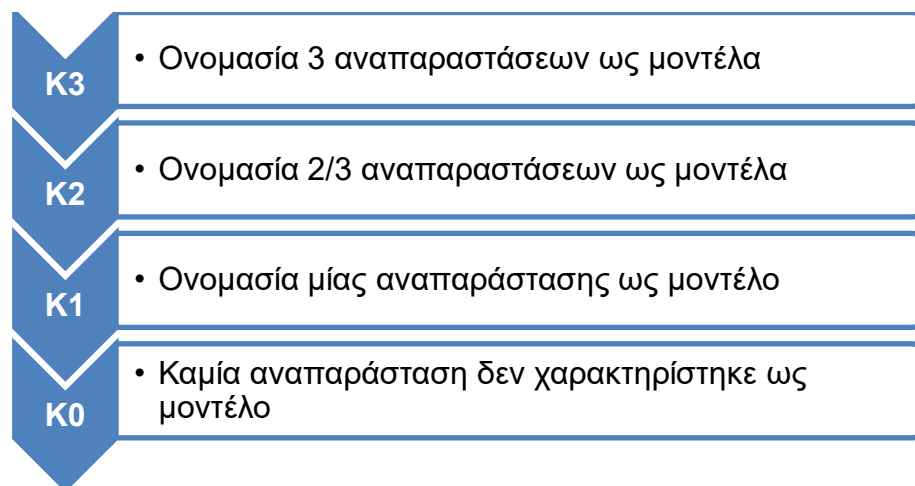
Η ανάλυση των απαντήσεων στα έργα IV1β και IV2β πραγματοποιήθηκε σε 2 επίπεδα. Αρχικά, για την ομαδοποίηση των απαντήσεων ακολουθήσαμε την ανάλυση που προτείνεται από τον Ζουπίδη (2012). Σε αυτή, καταγράφονται δύο κατηγορίες, η K1 και η K0. Στην K1 κατατάσσονται απαντήσεις στις οποίες γίνεται χρήση μιας ονομασίας που υποδηλώνει αναπαράσταση και διαφοροποιεί την κατασκευή από την πραγματικότητα. Στην K0 εντάσσονται απαντήσεις που αναφέρονται στην πραγματικότητα. Βασιστήκαμε σε αυτή την ανάλυση, καθώς οι φοιτητές έλαβαν το ίδιο ακριβώς έργο με την παραπάνω έρευνα.

Στην περίπτωση της δικής μας έρευνας, επιλέξαμε να προχωρήσουμε σε μία περεταίρω διάκριση του K1, αφού η αναφορά στην πραγματικότητα δεν ανταποκρίνεται στην ηλικιακή ομάδα στην οποία απευθυνθήκαμε. Έτσι, δημιουργήθηκαν δύο επίπεδα (κατηγορία 1, κατηγορία 0) με βασικό κριτήριο την αναφορά στον όρο «μοντέλο» για την ονομασία της αναπαράστασης (σχήμα 7). Στην K1 κατατάσσουμε απαντήσεις που περιέχουν τη λέξη μοντέλο, π.χ. «μοντέλο ματιού». Στην K0 εντάσσουμε απαντήσεις στις οποίες δεν χρησιμοποιείται ο όρος «μοντέλο», αλλά δίνεται ένας τίτλος «η κάμερα του σώματος». Επίσης, στην K0 κατατάσσουμε και ασαφείς απαντήσεις.



Σχήμα 7: Επίπεδα για την ονομασία του μοντέλου

Σε ένα δεύτερο επίπεδο, οι απαντήσεις των έργων ταξινομήθηκαν με βάση την αναγνώριση ή μη των τριών αναπαραστάσεων ως μοντέλα. Από την ανάλυση προέκυψαν τέσσερις κατηγορίες (K3,K2,K1,K0), ανάλογα με τον αριθμό των αναπαραστάσεων, τις οποίες οι φοιτητές ονομάζουν μοντέλα. Στην K3 εντάχθηκαν οι φοιτητές που ονόμασαν και τις τρεις αναπαραστάσεις του ερευνητικού εργαλείου ως μοντέλα, στην K2 οι φοιτητές αναγνώρισαν δύο από τις τρεις αναπαραστάσεις ως μοντέλα κ.ο.κ (Σχήμα 8).



Σχήμα 8: Κατηγορίες ταξινόμησης με βάση τον αριθμό των μοντέλων που αναγνωρίζονται

Φύση μοντέλου: Έργο IV3

Για την ανάλυση των δεδομένων του έργου IV3 βασιστήκαμε στις κατηγορίες που προέκυψαν από έρευνα της Καπουσίζη (2012), σύμφωνα με την οποία οι αντιλήψεις των φοιτητών αναφορικά με τη φύση των μοντέλων εντάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες. Στην κατηγορία του αντικειμένου οι φοιτητές θεωρούν το μοντέλο ως απτή κατασκευή, ενώ στην κατηγορία της αναπαράστασης τα μοντέλα ορίζονται ως αναπαραστάσεις εννοιών, συστημάτων ή φαινομένων

ΦΕ. Η τρίτη κατηγορία «κατηγορία του συστήματος» ορίζει το μοντέλο ως ένα σύστημα σωμάτων με συγκεκριμένους νόμους, κανόνες και σχέσεις αλληλεπίδρασης (π.χ. μοντέλο ατόμου του Bohr). Τέλος, στην κατηγορία της διδακτικής μεθόδου ένα μοντέλο ορίζεται ως μέθοδος διδασκαλίας και οι φοιτητές κάνουν αναφορά στην χρήση του όρου μοντέλο στην παιδαγωγική.

Στην παρούσα έρευνα επιχειρείται μία συνθετική ανάλυση των δεδομένων με την προσαρμογή των υπάρχουσών κατηγοριών στα ερευνητικά μας δεδομένα. Έτσι, από την ανάλυση των δεδομένων στο έργο IV3 προέκυψαν δύο ομάδες απαντήσεων (A & B).

Στην **ομάδα A** συμπεριλήφθηκαν απαντήσεις που αναφερόταν στις αντιλήψεις των φοιτητών αναφορικά με τη φύση των μοντέλων ως αντικείμενα ή αναπαραστάσεις⁵. Οι απαντήσεις αυτές εντάχθηκαν σε τρεις κατηγορίες (K2, K1, K0). Στην K2 εντάχθηκαν οι απαντήσεις που αναφέρονται στα μοντέλα ως αναπαραστάσεις ή απεικονίσεις ενός στόχου, στην K1 συμπεριλάβαμε απαντήσεις που αναφέρονται στα μοντέλα ως ακριβή αντίγραφα ενός στόχου, ενώ στην K0 εντάχθηκαν οι πολύ γενικές ή αφηρημένες απαντήσεις.

Στην **ομάδα B** εντάχθηκαν απαντήσεις στις οποίες οι φοιτητές αναφερόταν σε κάποιο μοντέλο διδασκαλίας. Στην ομάδα αυτή συμπεριλάβαμε μόνο μία κατηγορία, την κατηγορία «Διδακτική μέθοδος» (Κ Δ.Μ.), καθώς μια πιο εκτεταμένη ανάλυση δεν εντάσσεται στους στόχους της συγκεκριμένης έρευνας. Στον Πίνακα 3 συνοψίζονται οι ομάδες ανάλυσης που προέκυψαν με τις αντίστοιχες κατηγορίες που περιέχονται σε αυτές και αντιπροσωπευτικά παραδείγματα για κάθε κατηγορία:

Όπως φαίνεται από τις κατηγορίες ανάλυσης που περιγράφονται παραπάνω, η έρευνα βασίστηκε σε κατηγορίες που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία για το υπό μελέτη θέμα (ανάλυση Top down), οι οποίες προσαρμόστηκαν ή εμπλουτίστηκαν με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στα πλαίσια της έρευνας. Το σύνολο των κατηγοριών ανάλυσης που προέκυψαν παρουσιάζεται στον Πίνακα 4

⁵ Η κατηγορία του συστήματος δεν εμφανίστηκε στα δεδομένα της παρούσας έρευνας.

Πίνακας 3: Ταξινόμηση για τη «φύση του μοντέλου»

ΟΜΑΔΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ
A	K2: Μοντέλο ως αναπαράσταση/ απεικόνιση ενός στόχου	«Ένα μοντέλο είναι μία αναπαράσταση, όχι ένα πιστό αντίγραφο ενός αντικειμένου ή φαινομένου».
	K1: Μοντέλο ως πιστό αντίγραφο ενός στόχου	«Μοντέλο θεωρώ την πιστή αναπαράσταση μιας ρεαλιστικής κατάστασης με σκοπό την πληρέστερη κατανόησή της».
B	K0: Γενικές ή ασαφείς απαντήσεις	«Μάλλον θα χρησιμοποιώ πολύ τη λέξη "μοντέλο" το επόμενο εξάμηνο!».
	K Δ.Μ.: αναφορά σε κάποιο μοντέλο διδασκαλίας	«Επιλέγουμε το ανακαλυπτικό μοντέλο, δίνουμε στα παιδιά τη δυνατότητα για διερεύνηση».

Πίνακας 4: Κατηγορίες Ανάλυσης, όπως αυτές διαμορφώθηκαν από την ανάλυση των δεδομένων (Top down, bottom up)

Top			
1. Χρησιμότητα Μοντέλου (έργα IV1α και IV2α)		2. Ονομασία Μοντέλου (έργα IV1β και IV2β)	3. Φύση Μοντέλου (έργο IV3)
1 ^ο επίπεδο: Ζουπίδης 2012 & Πείκος 2016 2 ^ο Επίπεδο: Καπουσίζη 2012		Ζουπίδης 2012 & Πείκος 2016	Καπουσίζη 2012
1 ^ο Επίπεδο Κ1: εργαλείο μάθησης και επικοινωνίας Κ0: όχι εργαλείο μάθησης ή επικοινωνίας, κενές, ασαφείς, ταυτολογίες	2 ^ο Επίπεδο Περιγραφή Ερμηνεία Πρόβλεψη Επίλυση προβλήματος	Κ1: Αναπαράσταση Κ0: Πραγματικότητα	Αντικείμενο Αναπαράσταση Σύστημα Διδακτική Μέθοδος
Down			
1. Χρησιμότητα Μοντέλου έργα (IV1α και IV2α)		2. Ονομασία Μοντέλου (έργα IV1β και IV2β)	3. Φύση Μοντέλου (έργο IV3)
Ζουπίδης 2012 & Πείκος 2016	Καπουσίζη 2012	1 ^ο Επίπεδο Κ1: Ρητή αναφορά στον όρο μοντέλο Κ0: Όχι ρητή αναφορά, ασαφείς απαντήσεις	Ομάδα Α (μοντέλα ως αντικείμενα ή αναπαραστάσεις) Κ2: Μοντέλο ως αναπαράσταση/ απεικόνιση ενός στόχου Κ1: Μοντέλο ως πιστό αντίγραφο ενός στόχου Κ0: Ασαφείς απαντήσεις Ομάδα Β (Διδακτικά μοντέλα) Κ.Δ.Μ. : Αναφορά σε διδακτικές μεθόδους
		2 ^ο Επίπεδο (με βάση τον αριθμό των αναπαραστάσεων που αναγνωρίζονται) Κ3: 3 αναπαραστάσεις ως μοντέλα Κ2: 2 αναπαραστάσεις ως μοντέλα Κ1: 1 αναπαράσταση θεωρείται μοντέλο Κ0: Καμία αναπαράσταση	

Έργο IV4: Είδη εκθεμάτων

Η συμμετοχή των φοιτητών στο ΦΦΕ/ΤΧ προϋπέθετε τη συνεργασία τους με μικρή ομάδα μαθητών (4-5 μαθητές) με σκοπό την εμπλοκή τους στη δημιουργία εκθέματος για το εν λόγω φεστιβάλ. Στο έργο IV4 οι φοιτητές κλήθηκαν να αναφέρουν το έκθεμα που κατασκεύασαν με τους μαθητές τους στα πλαίσια του ΦΦΕ/ΤΧ.

Έργο IV5: Αξιολόγηση της εμπειρίας κατασκευής μοντέλων

Στο έργο IV5 οι φοιτητές κλήθηκαν να αναστοχαστούν στην εμπειρία κατασκευής μοντέλων. Από την ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων προέκυψαν Μονάδες Ανάλυσης (ΜΑ). Οι μονάδες ανάλυσης διαχωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες (θετική ή αρνητική αξιολόγηση), ανάλογα με το περιεχόμενο των ΜΑ.

Αναφορικά με τη θετική αξιολόγηση, προέκυψαν επτά κατηγορίες απαντήσεων με βάση τις ΜΑ που αναγνωρίστηκαν στα δεδομένα:

- Αξία για την επαγγελματική ανάπτυξη του/της εκπαιδευτικού. Στη συγκεκριμένη κατηγορία εντάχθηκαν απαντήσεις στις οποίες η εμπλοκή στη διαδικασία θεωρήθηκε ενισχυτική στο προφίλ του εκπαιδευτικού. Ένα τυπικό παράδειγμα ΜΑ που εντάσσεται σε αυτή την κατηγορία «Η όλη διαδικασία μου έδωσε εμπειρία πχ διαχείριση πληροφοριών (σχετικά με το έκθεμα)»
- Ανάπτυξη συνεργατικών δεξιοτήτων μαθητών. Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν ΜΑ που υποδηλώνουν ότι η εμπλοκή των μαθητών στη διαδικασία βελτιώνει την ικανότητα των μαθητών να δουλεύουν στα πλαίσια μίας ομάδας που θέτει στόχους και τους υλοποιεί.
- Ανάπτυξη επιστημονικού λεξιλογίου μαθητών. Στις ΜΑ που εντάσσονται στην κατηγορία αυτή υποστηρίζεται πως η εμπλοκή των μαθητών στη διαδικασία κατασκευής ενισχύει τη χρήση του κατάλληλου επιστημονικού λεξιλογίου από αυτούς.
- Ανάπτυξη δεξιοτήτων παρουσίασης μαθητών. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται ΜΑ οι οποίες αναφέρουν ρητά πως οι μαθητές βελτίωσαν τις δεξιότητες παρουσίασης που διέθεταν μέσα από την εμπλοκή τους στην κατασκευή και παρουσίαση των εκθεμάτων για το ΦΦΕ/ΤΧ.

- Ενδιαφέρουσα/ ευχάριστη/καινοτόμα διαδικασία. Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν οι ΜΑ στις οποίες οι φοιτητές αξιολογούν θετικά τη διαδικασία χρησιμοποιώντας εκφράσεις όπως: «Η διαδικασία ήταν εξαιρετική και πολύ καινοτόμα».

- Έντονη συμμετοχή μαθητών. Οι ΜΑ στις οποίες αναφερόταν ρητά η αντίληψη πως υπήρχε προθυμία από πλευράς των μαθητών να συμμετάσχουν στην κατασκευή του εκθέματος εντάχθηκαν σε αυτήν την κατηγορία.

- Άλλα. Στην κατηγορία «Άλλα» εντάχθηκαν μονάδες ανάλυσης που αξιολογούσαν θετικά τη διαδικασία, εμφανιζόταν όμως με μικρότερη συχνότητα. Οι φοιτητές ανέφεραν τη συμβολή της διαδικασίας για την εννοιολογική κατανόηση και για την αυτενέργεια μαθητών, τον εμπλουτισμό των γνώσεων των μαθητών για τα μοντέλα, την επιλογή πρωτότυπων και χρήσιμων θεματικών από τους μαθητές, την επιθυμία μαθητών για επανάληψη του προγράμματος, την απόκτηση γνώσεων από πλευρά των μαθητών με τρόπο βιωματικό, την ανάπτυξη κριτικής σκέψης από τους μαθητές, την αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις ΦΕ)

Όσον αφορά την αρνητική αξιολόγηση της διαδικασίας μοντελοποίησης, αναγνωρίστηκαν τέσσερις κατηγορίες με βάση τις ΜΑ που αναγνωρίστηκαν στα δεδομένα.

- Έλλειψη υλικών/ υποδομών. Στις απαντήσεις των φοιτητών καταγράφηκαν ΜΑ οι οποίες ανέφεραν πως το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετώπισαν κατά τη διάρκεια κατασκευής του εκθέματος ήταν η απουσία υλικοτεχνικής υποδομής (έλλειψη χώρων, πρόσβασης στο διαδίκτυο, υλικών για την κατασκευή)

- Τεχνικές δυσκολίες στην κατασκευή. Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκε μία ΜΑ ενός φοιτητή, ο οποίος ανέφερε ως κυριότερη δυσκολία που κλήθηκε να αντιμετωπίσει την κατασκευή ενός μέρους του ευρύτερου εκθέματος.

- Δυσκολία διαχείρισης χρόνου. Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν ΜΑ που υποδήλωναν πως υπήρχε έλλειψη ή αδυναμία διαχείρισης του παρεχόμενου χρόνου.

- Δυσκολίες σε σχέση με το περιεχόμενο. Όσον αφορά το περιεχόμενο, εντοπίστηκαν ΜΑ στις οποίες αναφερόταν ρητά η δυσκολία κατανόησης και επεξεργασίας του περιεχομένου από πλευράς των μαθητών.

Εγκυρότητα και αξιοπιστία

Η αξία των ζητημάτων της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας ως μέρος της ερευνητικής διαδικασίας αναδεικνύεται στη διεθνή βιβλιογραφία, αποτελώντας προϋπόθεση για τη διεξαγωγή μίας επιτυχούς έρευνας. Ο όρος εγκυρότητα περιγράφει την απόδειξη ότι υπάρχει συνέπεια μεταξύ των επιδιώξεων της έρευνας όσον αφορά μετρήσεις ή περιγραφές και των πραγματικών μετρήσεων ή περιγραφών (Basit, 2010· Cohen et al. 2008). Συμπληρωματικά προς την εγκυρότητα δρα η αξιοπιστία, η οποία αναφέρεται τόσο στη συνέπεια και την ακρίβεια με την οποία διενεργήθηκε, όσο και στην δυνατότητα επαναληψιμότητας της ερευνητικής διαδικασίας σε βάθος χρόνου με ίδια αποτελέσματα (Ιωσηφίδης, 2008), καθώς και στο «βαθμό κατά τον οποίο τα αποτελέσματα της έρευνας έχουν ευρύτερη αξία και σημασία» (Perakyla, 1997 στο Ιωσηφίδης, 2008).

Η παρούσα έρευνα είναι ποιοτική. Ο βαθμός αντιστοίχισης των ερευνητικών στόχων, υποθέσεων και ερωτημάτων με τα αποτελέσματα της ερευνητικής διαδικασίας συνιστά την εγκυρότητα των όσων περιγράφονται σε αυτόν τον τύπο έρευνας (Ιωσηφίδης, 2008). Για τη διασφάλιση της εγκυρότητας στην παρούσα έρευνα υιοθετήθηκαν οι εξής πρακτικές (Ιωσηφίδης, 2008):

- *Η περιεκτική επεξεργασία των δεδομένων.* Σύμφωνα με αυτή την πρακτική, όλα τα δεδομένα συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση είτε οδηγούσαν στα επιθυμητά συμπεράσματα είτε παρέκκλιναν από αυτά.
- *Έλεγχος των προκαταλήψεων και των αδυναμιών.* Με συνέπεια στην πρακτική αυτή, η ερευνήτρια ανέλυσε τα δεδομένα που προέκυψαν από τη συλλογή αμερόληπτα και αντικειμενικά προσπαθώντας να εξάγει λογικές και αντικειμενικές ερμηνείες που αντικατοπτρίζουν την πραγματικότητα.
- *Έλεγχος από άλλους ερευνητές.* Πρόκειται για μία συνηθισμένη πρακτική η οποία αφορά τον έλεγχο των μεθόδων ανάλυσης αλλά και της ίδιας της ανάλυσης από ανεξάρτητους ερευνητές και ειδικούς. Στην

περίπτωση της δικής μας έρευνας, η μέθοδος και τα αποτελέσματα της ανάλυσης ελέγχθηκαν από ειδικό σε θέματα διδακτικής των ΦΕ.

- *Η επικύρωση των συμμετεχόντων.* Η πρακτική αυτή συμπεριλαμβάνει την επιβεβαίωση των ερμηνειών με τη χρήση συμπληρωματικών ερωτήσεων. Στην παρούσα έρευνα οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να επιβεβαιώσουν τις θέσεις τους για τα υπό μελέτη ζητήματα μέσα από παρόμοια έργα του ερωτηματολογίου.

Όσον αφορά την αξιοπιστία της ερευνητικής διαδικασίας, σε μία ποιοτική έρευνα υπάρχει η πιθανότητα να αποδοθεί διαφορετικό νόημα στις απαντήσεις των συμμετεχόντων. Για να επιτευχθεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων είναι απαραίτητο να διέπονται από ακρίβεια, ειλικρίνεια και συνοχή (Basit, 2010). Θεωρούμε ότι οι αρχές της αξιοπιστίας απαντώνται στην παρούσα έρευνα εφόσον πραγματοποιήθηκε η ακριβής και σαφής διατύπωση των ερευνητικών ερωτημάτων και η εκτενής παρουσίαση της ανάλυσης δεδομένων που πραγματοποιήθηκε (Ιωσηφίδης, 2008).

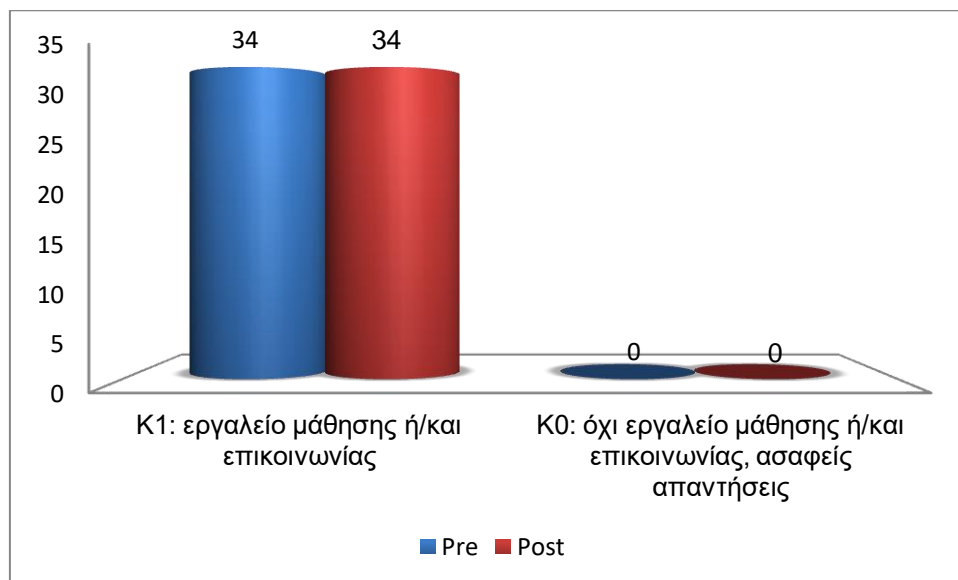
Αποτελέσματα

Αποτελέσματα για την Α φάση της έρευνας

Αποτελέσματα για τη χρησιμότητα του μοντέλου του ματιού και των μοντέλων του ΦΦΕ/ΤΧ: Έργα IV1a και IV2a

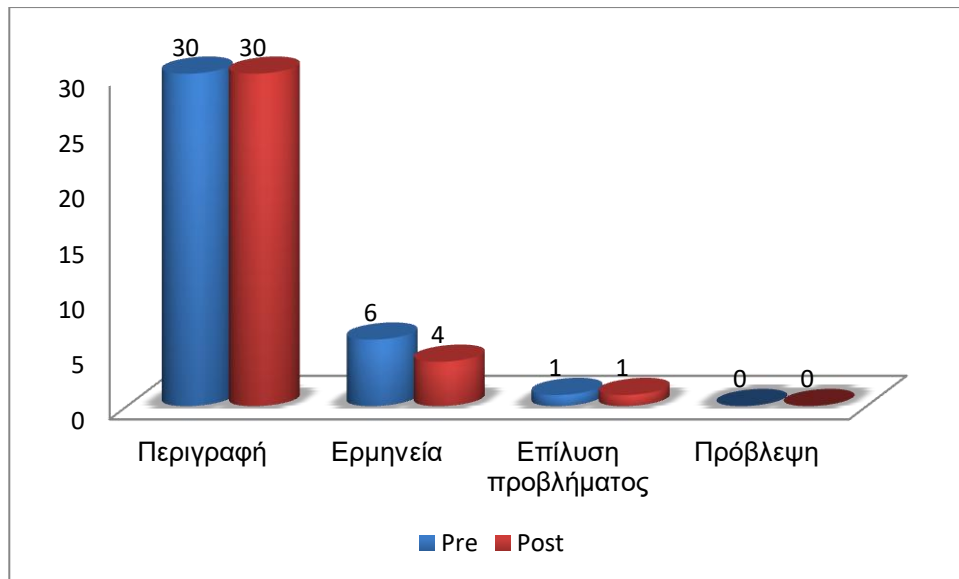
A) Μοντέλο Ματιού

Στο έργο IV1a, οι φοιτητές κλήθηκαν να αναφέρουν τη χρησιμότητα του μοντέλου ενός ματιού. Παρατηρούμε ότι οι φοιτητές του δείγματός μας αναγνώριζαν την χρησιμότητα του μοντέλου του ματιού ως εργαλείο μάθησης ή/και ως εργαλείο επικοινωνίας τόσο στην αρχή, όσο και με το πέρας του μαθήματος (Διάγραμμα 3).



Διάγραμμα 3: Χρησιμότητα του μοντέλου ενός ματιού

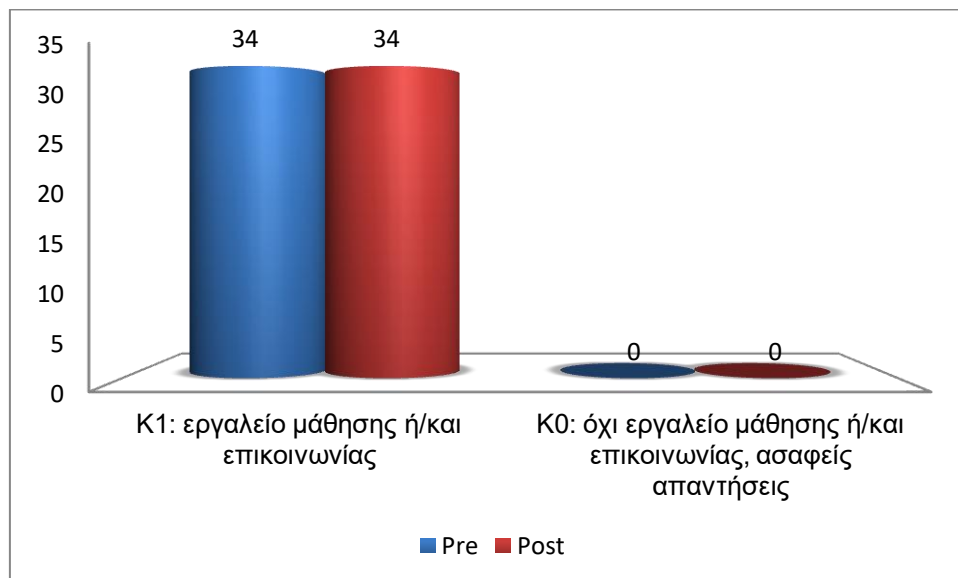
Όσον αφορά την ανάλυση των δεδομένων με βάση τις κατηγορίες που προέκυψαν, παρατηρούμε ότι οι περισσότερες απαντήσεις εντάσσονται στην κατηγορία «Περιγραφή» (Διάγραμμα 4). Η κατηγορία της «πρόβλεψης» δεν εντοπίζεται στις απαντήσεις των φοιτητών σε καμία από τις δύο μετρήσεις, ενώ υπάρχουν ελάχιστες αναφορές στις άλλες δύο κατηγορίες



Διάγραμμα 4: Χρησιμότητα του μοντέλου ματιού

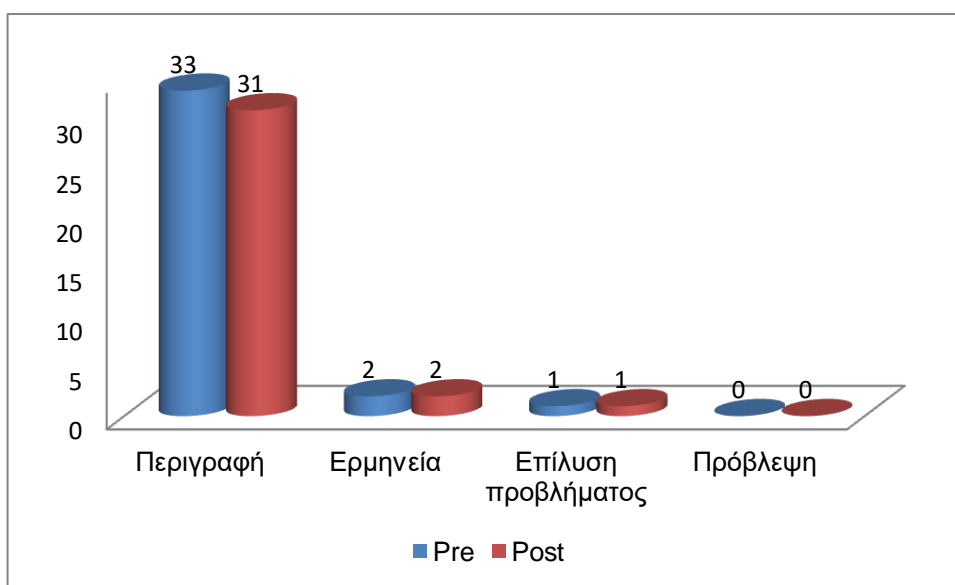
Β) Μοντέλο πλανητικού συστήματος και μοντέλο μαγνητικού σιδηροδρομικού χάρτη

Τα αποτελέσματα που αφορούν τα μοντέλα του ΦΦΕ/ΤΧ, βρίσκονται σε συμφωνία με αυτά του μοντέλου του ματιού. Πιο συγκεκριμένα, οι φοιτητές του δείγματός μας πριν από τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν τη χρησιμότητα των μοντέλων ως εργαλεία μάθησης και επικοινωνίας (Διάγραμμα 5).



Διάγραμμα 5: Χρησιμότητα μοντέλων του ΦΦΕ/ΤΧ

Όσον αφορά το δεύτερο επίπεδο ανάλυσης (Διάγραμμα 6), παρατηρούμε πως στα αποτελέσματα της έρευνάς μας εμφανίζονται οι τρεις από τις τέσσερις κατηγορίες. Η κατηγορία «Πρόβλεψη» δεν εμφανίζεται στις απαντήσεις των φοιτητών, ενώ η κατηγορία περιγραφή συγκεντρώνει τις περισσότερες μονάδες ανάλυσης. Οι άλλες δύο κατηγορίες (Ερμηνεία και επίλυση προβλήματος) συγκεντρώνουν ελάχιστες μονάδες ανάλυσης, ο αριθμός των οποίων παραμένει αμετάβλητος στις δύο μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν.

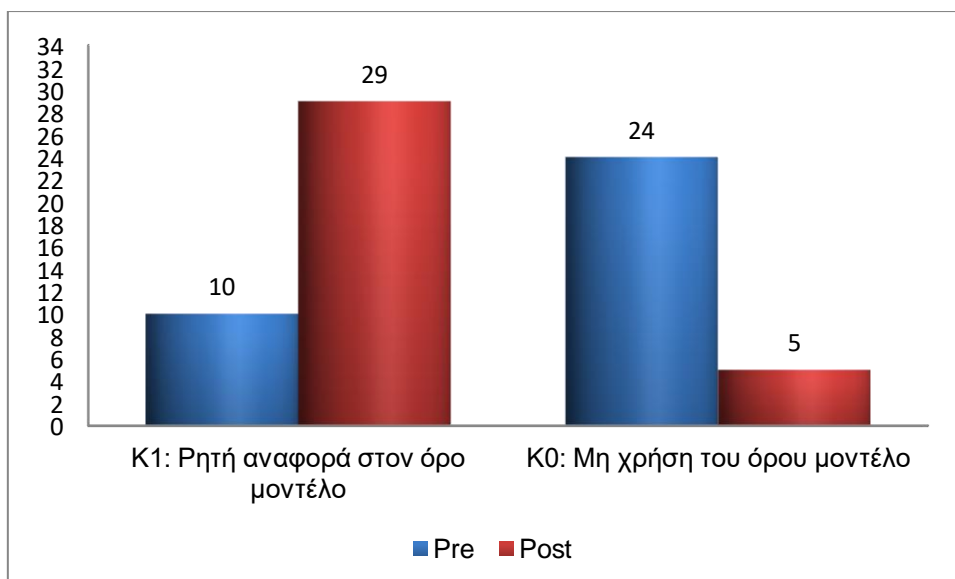


Διάγραμμα 6: Κατηγοριοποίηση απαντήσεων για τη χρησιμότητα των μοντέλων

Αποτελέσματα για την ονομασία του μοντέλου του ματιού και των μοντέλων του ΦΦΕ/ΤΧ: Έργα IV1β και IV2β

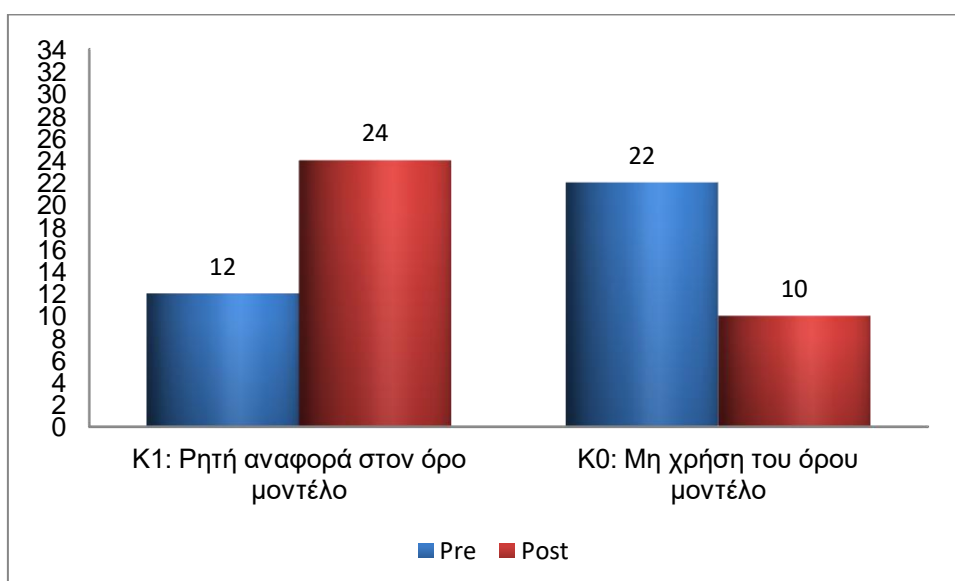
A) Μοντέλο Ματιού

Στο Διάγραμμα 7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν το έργο IV1β του ερευνητικού μας εργαλείου, στο οποίο οι φοιτητές κλήθηκαν να ονομάσουν την αναπαράσταση του ματιού. Παρατηρούμε ότι στην αρχή του μαθήματος 10 από τους 34 φοιτητές χρησιμοποίησαν τον όρο «μοντέλο» για να ονομάσουν την δοθείσα αναπαράσταση, γεγονός που μεταβάλλεται θετικά στην επόμενη μέτρηση.



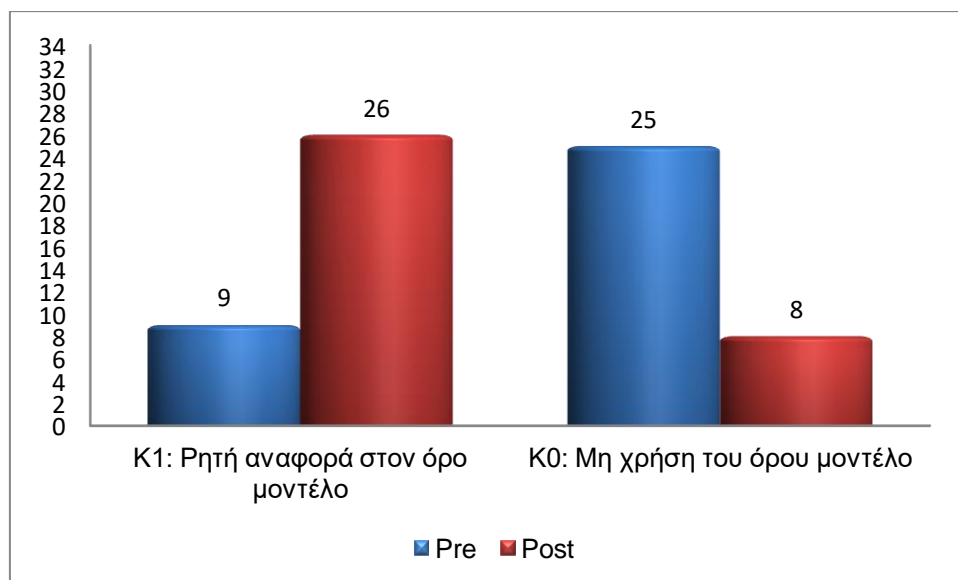
Διάγραμμα 7: Αποτελέσματα για την ονομασία του μοντέλου ματιού

Το Διάγραμμα 8 απεικονίζει τη χρήση του όρου «μοντέλο» για την ονομασία του μοντέλου πλανητικού συστήματος του έργου IV2β. Τα αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με αυτά του έργου IV1β, υποδεικνύοντας πως οι περισσότεροι φοιτητές αρχικά δεν ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν τις αναπαραστάσεις που τους δόθηκαν ως μοντέλα. Ωστόσο, στην post μέτρηση παρατηρείται μεγαλύτερη αντίσταση ως προς την ονομασία του μοντέλου πλανητικού συστήματος.



Διάγραμμα 8: Ονομασία μοντέλου πλανητικού συστήματος

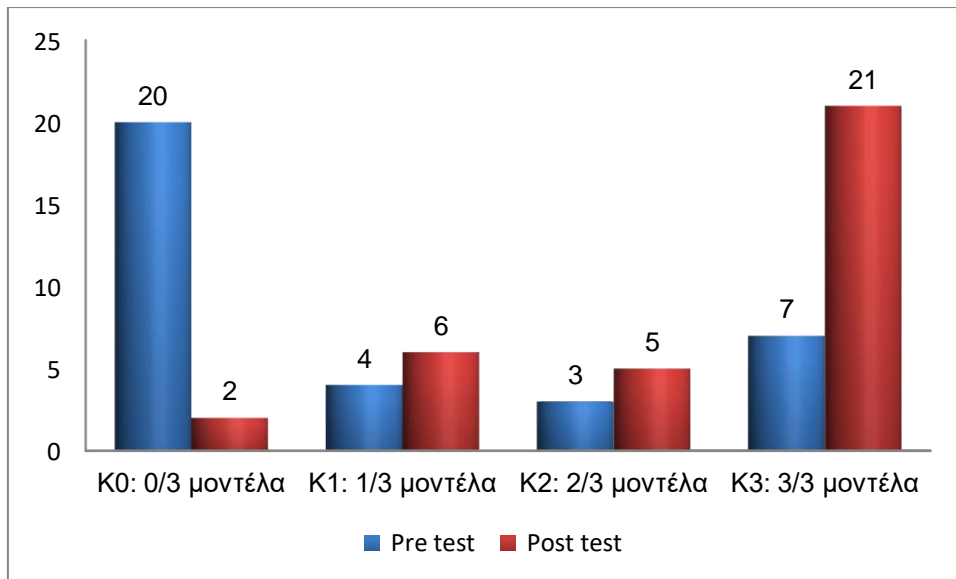
Όσον αφορά το μοντέλο του σιδηροδρομικού χάρτη του ν. Φλώρινας, αρχικά μόνο 9 από τους 34 φοιτητές ονόμασαν τη δοθείσα κατασκευή ως μοντέλο, ενώ στην μέτρηση με το πέρας του μαθήματος ο αριθμός τους αυξάνεται στους 26 (Διάγραμμα 9).



Διάγραμμα 9: Ονομασία του μοντέλου σιδηρ/κού χάρτη ν. Φλώρινας

Επιπλέον, επιχειρώντας μία συγκριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων των δύο έργων, φαίνεται πως δεν εντοπίζονται εμφανείς διαφορές στην ονομασία του μοντέλου του ματιού και των μοντέλων που κατασκευάστηκαν στο ΦΦΕ/ΤΧ.

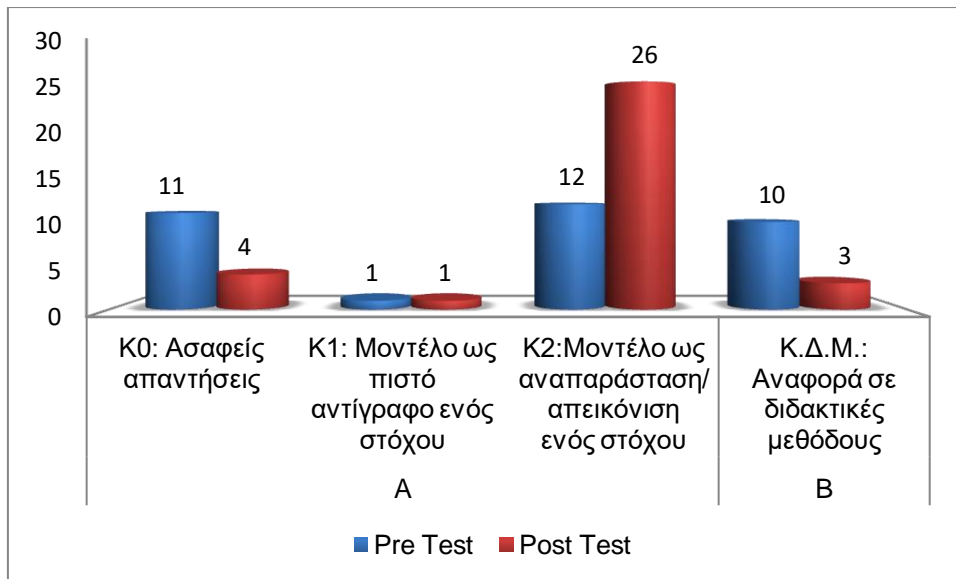
Σε μία δεύτερη ανάλυση των αποτελεσμάτων, επιχειρήθηκε η τοποθέτηση των φοιτητών σε επίπεδα, ανάλογα με τον αριθμό των αναπαραστάσεων που ονόμασαν με χρήση του όρου «μοντέλο». Στην αρχή του προγράμματος εκπαίδευσης, μόνο επτά από τους 34 φοιτητές ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν όλες τις αναπαραστάσεις που τους δόθηκαν ως μοντέλα, ενώ οι περισσότεροι από αυτούς (20 φοιτητές) δεν ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν κανένα από αυτά (Διάγραμμα 10). Με το πέρας του μαθήματος, παρατηρείται πως υπήρξε σημαντική αλλαγή στον αριθμό των φοιτητών που ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν τουλάχιστον ένα από τα μοντέλα που δόθηκαν (32 από τους 34 φοιτητές), ενώ οι 21 από αυτούς εντάχθηκαν στην Κ3.



Διάγραμμα 10: Εξέλιξη της αναγνώρισης διαφορετικών μοντέλων από τους φοιτητές

Αποτελέσματα για τη φύση του μοντέλου: Έργο IV3

Όσον αφορά το έργο IV3 του ερευνητικού μας εργαλείου, οι ομάδες και οι κατηγορίες ανάλυσης απεικονίζονται στο Διάγραμμα 11. Αναφορικά με την ομάδα A των απαντήσεων, η οποία είναι και το αντικείμενο της παρούσας έρευνας, μετά την παρέμβαση εντοπίζεται αύξηση του αριθμού των απαντήσεων που εντάσσονται στην K2. Ταυτόχρονα, εντοπίζεται μείωση στον αριθμό των ασαφών/ γενικών απαντήσεων (K0), αλλά και των απαντήσεων που εντάσσονται στην ομάδα B.



Διάγραμμα 11: Αποτελέσματα για το έργο IV3

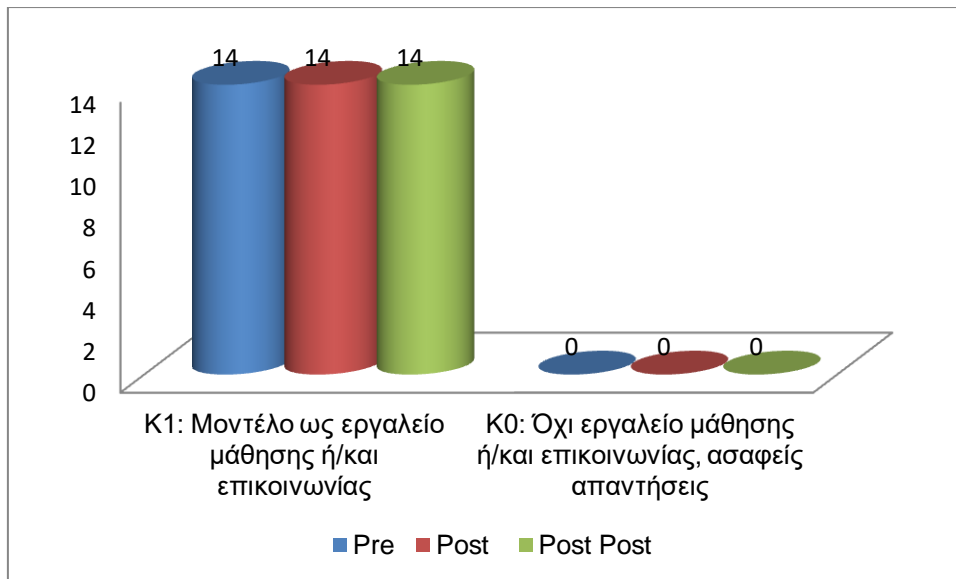
Αποτελέσματα για τη Β φάση της έρευνας

Στη Β φάση της έρευνας συμμετείχαν 14 από φοιτητές της Α φάσης οι οποίοι επέλεξαν να συμμετάσχουν στο ΦΦΕ/ΤΧ. Για τις ανάγκες του ΦΦΕ/ΤΧ κάθε φοιτητής εργάστηκε με μία μικρή ομάδα μαθητών με σκοπό το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός εκθέματος. Με το πέρας της συμμετοχής του σε αυτό, κάθε φοιτητής κλήθηκε να συμπληρώσει εκ νέου το γραπτό ερωτηματολόγιο, το οποίο είχε εμπλουτιστεί με δύο επιπλέον έργα (IV4, IV5). Στα έργα αυτά κλήθηκε αφενός να δώσει επιπλέον πληροφορίες για το είδος του εκθέματος που κατασκευάστηκε και αφετέρου να αξιολογήσει τη διαδικασία της μοντελοποίησης.

Αποτελέσματα για τη χρησιμότητα του μοντέλου του ματιού και των μοντέλων του ΦΦΕ/ΤΧ: Έργα IV1α και IV2α

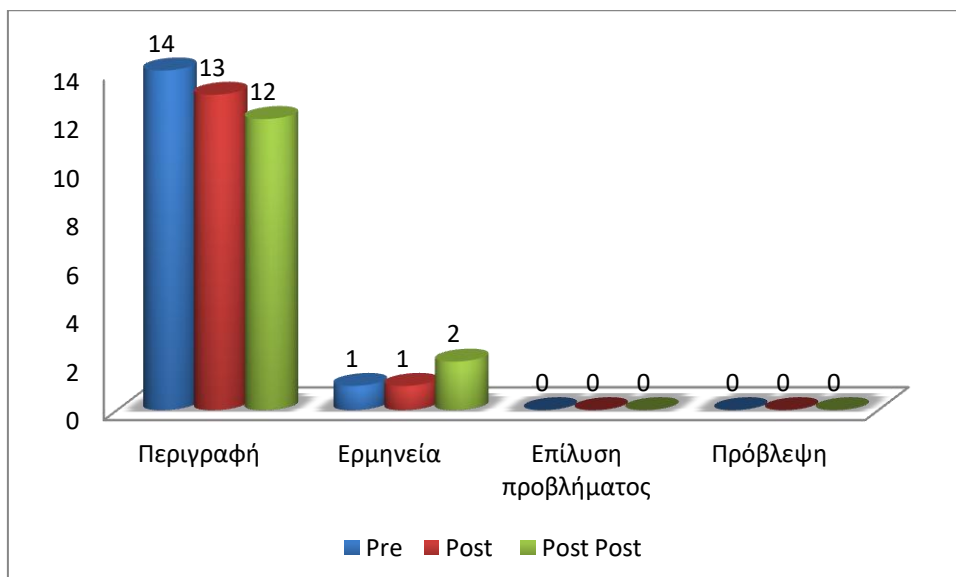
A) Μοντέλο του ματιού

Όσον αφορά τη χρησιμότητα του μοντέλου του ματιού, οι 14 φοιτητές που συμμετείχαν στο ΦΦΕ/ΤΧ, το αναγνώρισαν ως εργαλείο μάθησης και επικοινωνίας και στις τρεις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν (Διάγραμμα 12).



Διάγραμμα 12: Χρησιμότητα μοντέλου ματιού

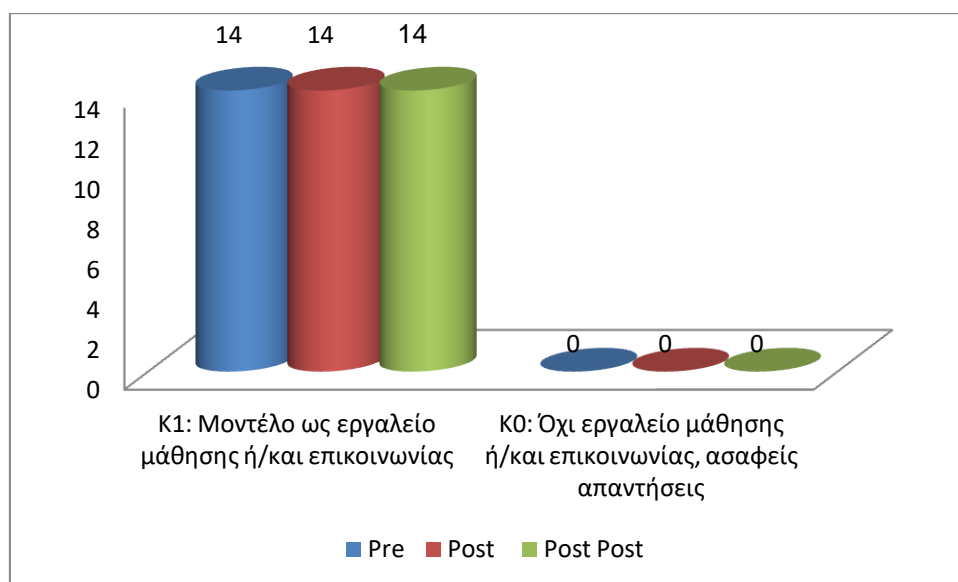
Όσον αφορά το δεύτερο επίπεδο ανάλυσης, το σύνολο των απαντήσεων των φοιτητών ταξινομούνται σε δύο από τις κατηγορίες, την κατηγορία της περιγραφής και την κατηγορία της ερμηνείας. Όσον αφορά τόσο την κατηγορία της επίλυσης προβλήματος, όσο και της πρόβλεψης, δεν εντοπίζονται μονάδες ανάλυσης που να ταξινομούνται σε αυτές τις δύο κατηγορίες (Διάγραμμα 13).



Διάγραμμα 13: Χρησιμότητα μοντέλου ματιού

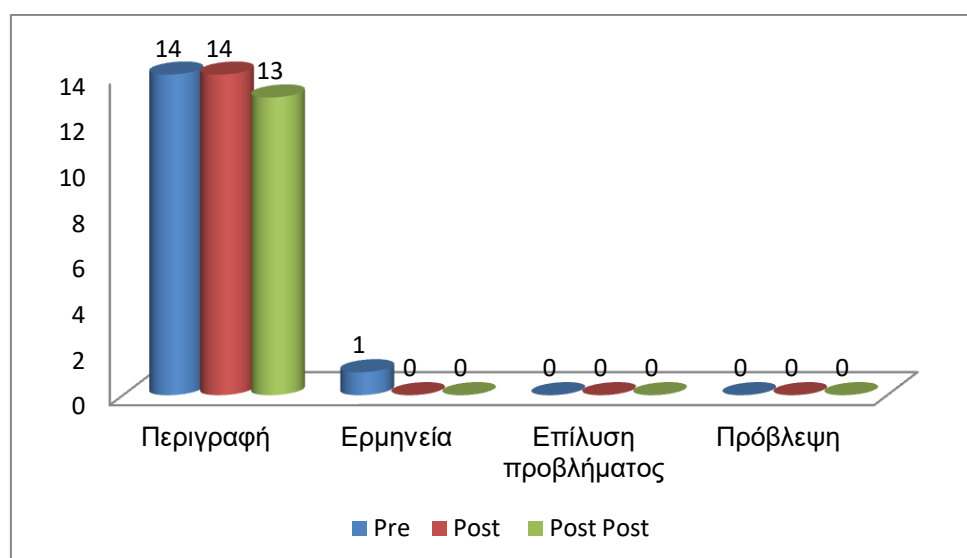
Β) Μοντέλα του ΦΦΕ/ΤΧ

Αναφορικά με το μοντέλο του πλανητικού συστήματος και το μοντέλο του σιδηροδρομικού χάρτη του ν. Φλώρινας, το σύνολο των απαντήσεων των φοιτητών κατατάσσεται στην Κατηγορία 1 (Διάγραμμα 14).



Διάγραμμα 14: Χρησιμότητα μοντέλων του ΦΦΕ/ΤΧ

Στο Διάγραμμα 15 αναπαρίστανται η κατάταξη των απαντήσεων των φοιτητών με βάση τις κατηγορίες του δεύτερου επιπέδου ανάλυσης. Η κατηγορία «Περιγραφή» συγκεντρώνει το σύνολο των απαντήσεων των φοιτητών για τη χρησιμότητα του μοντέλου και στις τρεις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν.



Διάγραμμα 15: Χρησιμότητα μοντέλων (β επίπεδο ανάλυσης)

Αποτελέσματα αναφορικά με την ονομασία του μοντέλου ματιού και των μοντέλων του ΦΦΕ/ΤΧ: Έργα IV1β και IV2β

Όσον αφορά τα αποτελέσματα του έργου IVβ του ερευνητικού μας εργαλείου, στο οποίο οι φοιτητές κλήθηκαν να ονομάσουν την αναπαράσταση του ματιού, παρατηρούμε ότι η θετική ανάπτυξη που παρατηρήθηκε με το πέρας της Α φάσης του προγράμματος διατηρείται και στην μέτρηση μετά το πέρας του σχεδόν αναλλοίωτη (Πίνακας 5). Ιδιαίτερη φαίνεται η περίπτωση του Φ4, ο οποίος δεν έδωσε την ονομασία «μοντέλο» στο μοντέλο του ματιού σε καμία από τις τρεις μετρήσεις, αλλά προτιμά να ονομάζει την αναπαράσταση χρησιμοποιώντας τίτλους. Για παράδειγμα, στην post η απάντηση που δίνεται είναι: «Στα μάτια του άλλου».

Πίνακας 5: Χρήση του όρου «μοντέλο» στο έργο IV1β

Φοιτητής	Pre	Post	Post Post
Φ1	✓	✓	✓
Φ2		✓	✓
Φ3	✓	✓	✓
Φ4			
Φ5		✓	
Φ6		✓	✓
Φ7	✓	✓	✓
Φ8		✓	✓
Φ9		✓	✓
Φ10		✓	✓
Φ11		✓	✓
Φ12		✓	✓
Φ13	✓	✓	✓
Φ14		✓	✓

Όσον αφορά το μοντέλο του πλανητικού συστήματος (Πίνακας 6), υπάρχει μία θετική αύξηση του αριθμού των φοιτητών που αναγνώρισαν το μοντέλο του πλανητικού συστήματος στην post μέτρηση, η οποία για μερικούς εξ αυτών ενισχύεται μετά την εμπλοκή τους στο ΦΦΕ/ΤΧ (5 από τους 14).

Πίνακας 6: Αποτελέσματα του έργου IV2β για το μοντέλο πλανητικού συστήματος

Φοιτητής	Pre	Post	Post Post
Φ1	✓	✓	✓
Φ2			
Φ3	✓	✓	✓
Φ4		✓	
Φ5		✓	
Φ6		✓	✓
Φ7		✓	✓
Φ8			✓
Φ9			✓
Φ10			✓
Φ11			✓
Φ12		✓	✓
Φ13		✓	✓
Φ14	✓		✓

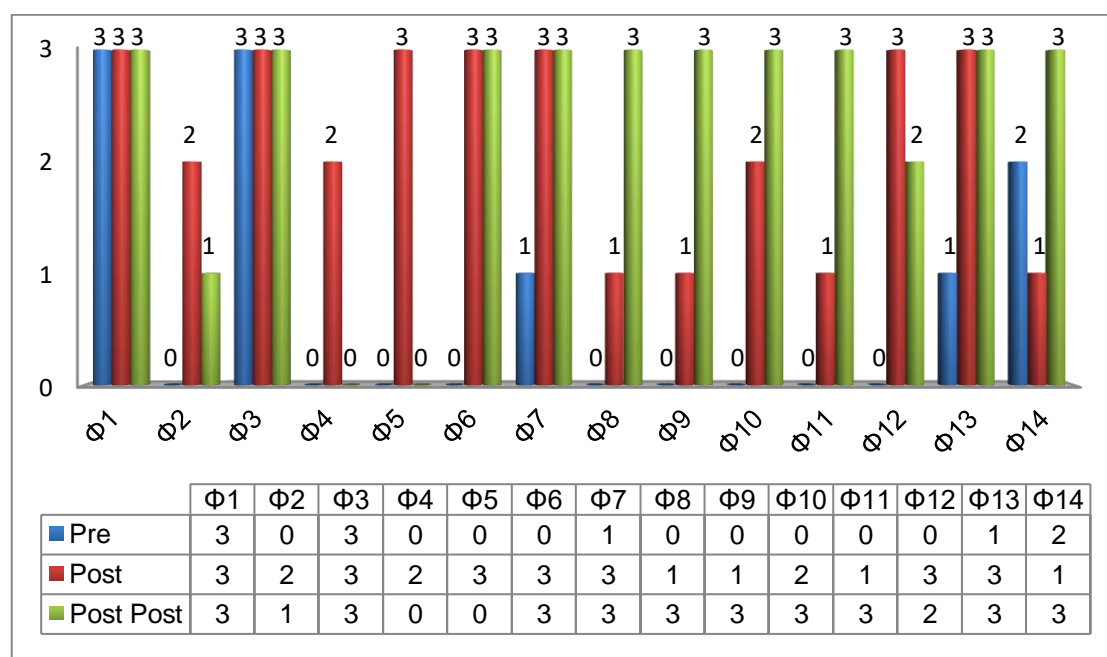
Στον Πίνακα 6 καταγράφονται τα αποτελέσματα του έργου IV2β για το μοντέλο του σιδηροδρομικού χάρτη του Ν. Φλώρινας. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με αυτά του μοντέλου πλανητικού συστήματος, αφού παρατηρείται μία μεγαλύτερη αύξηση του ποσοστού των φοιτητών που ονομάζουν μοντέλο την δοθείσα κατασκευή έπειτα από την εμπλοκή τους στο ΦΦΕ/ΤΧ.

Πίνακας 7: Αποτελέσματα του έργου IV2β για το μοντέλο σιδηρ/κού χάρτη του ν. Φλώρινας

Φοιτητής	Pre	Post	Post Post
Φ1	✓	✓	✓
Φ2		✓	
Φ3	✓	✓	✓
Φ4		✓	
Φ5		✓	
Φ6		✓	✓
Φ7		✓	✓
Φ8			✓
Φ9			✓
Φ10		✓	✓
Φ11			✓
Φ12		✓	
Φ13		✓	✓
Φ14	✓		✓

Σύνθεση έργων IV1β και IV2β

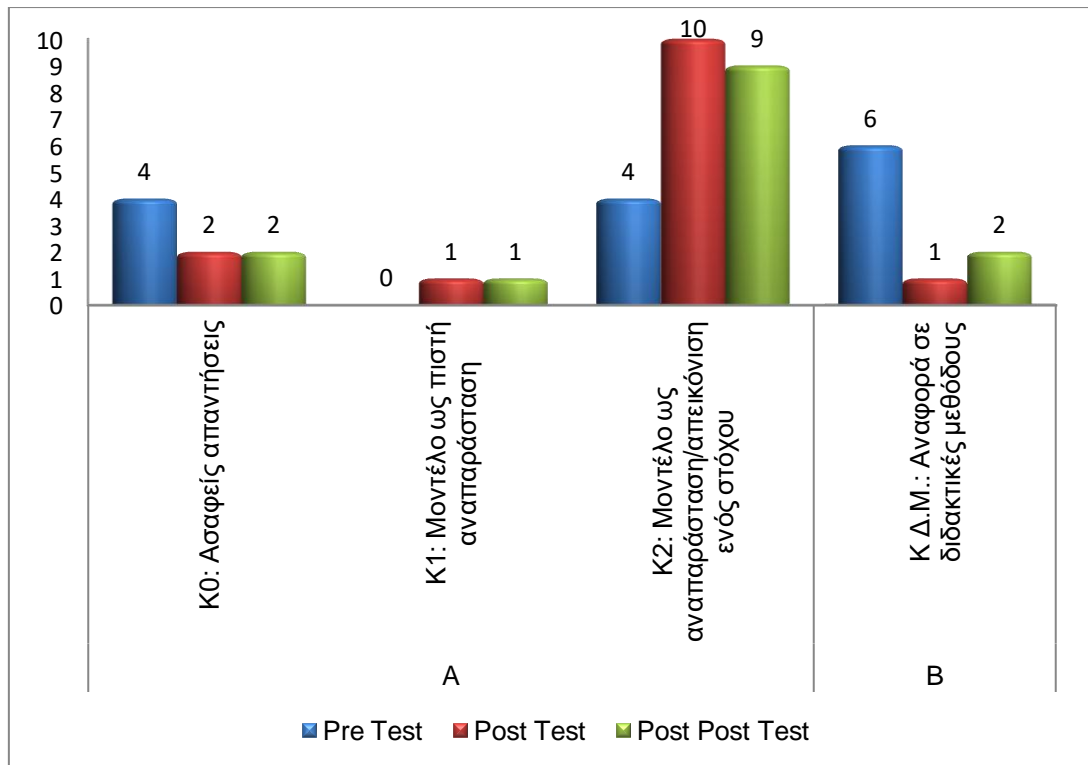
Στο Διάγραμμα 16 επιχειρείται η συνολική παρουσίαση του αριθμού των επιτυχών απαντήσεων των φοιτητών στα δύο έργα που αφορούν την ονομασία υπαρχόντων μοντέλων. Παρατηρείται η βαθμιαία ανάπτυξη του αριθμού των αναπαραστάσεων που αναγνωρίζονται, με αποτέλεσμα 10 από τους 14 φοιτητές να επιτυγχάνουν το υψηλότερο σκορ (αναγνωρίζουν 3/3 μοντέλα) στην post post μέτρηση.



Διάγραμμα 15: Αναγνώριση μοντέλων στις τρεις μετρήσεις

Αποτελέσματα σχετικά με τη φύση του μοντέλου: Έργο IV3

Όσον αφορά το έργο IV3 του ερευνητικού μας εργαλείου, οι ομάδες και οι κατηγορίες ανάλυσης απεικονίζονται στο Διάγραμμα 17. Παρατηρείται πως η εμπλοκή των φοιτητών στο ΦΦΕ/ΤΧ διατηρεί την ικανότητά τους να αναφέρονται στα μοντέλα ως αναπαραστάσεις. Εντοπίζονται μικρές μετατοπίσεις των φοιτητών μεταξύ των κατηγοριών, με ταυτόχρονη διατήρηση των ποσοστών κάθε κατηγορίας.



Διάγραμμα 16: Αποτελέσματα για το έργο IV3 στις τρεις μετρήσεις

Αποτελέσματα σχετικά με το θέμα του εκθέματος που κατασκευάστηκε από τους φοιτητές: Έργο IV4

Οι 14 φοιτητές του δείγματος κατασκεύασαν στα πλαίσια του ΦΦΕ/ΤΧ 15 εκθέματα, τα οποία αποτελούσαν μοντέλα ή περιελάμβαναν μοντέλα. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 8, προέκυψαν ποικίλα μοντέλα και κατασκευές τα οποία καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα θεματικών, οι οποίες περιλαμβάνουν τόσο αντικείμενα (π.χ. μοντέλο μικροφώνου), φαινόμενα (π.χ. το φαινόμενο της έκρηξης ενός ηφαιστείου) αλλά και διαδικασίες (διαδικασία ανακύκλωσης χαρτιού).



Εικόνα 15: Μοντέλο έκρηξης ηφαιστείου

Πίνακας 8: Θεματικές του ΦΦΕ/ΤΧ

Θεματική	Είδος εκθέματος
Βιονικό χέρι	Μοντέλο ανθρώπινου χεριού
Mystery World	Επιτραπέζιο παιχνίδι
Ραδιοφωνικός σταθμός	Μοντέλο ραδιοφωνικού στούντιο, μοντέλα μικροφώνου και ακουστικών
Εφαρμογή της Νανοτεχνολογίας	Μοντέλο ξύλινου υδροφοβικού Η/Υ
Νερόμυλος	Μοντέλο νερόμυλου
Ιοί	Μοντέλα ιού της γρίπης
Πλεύση- βύθιση	Μοντέλο πλοίου Επιτραπέζιο παιχνίδι
Νανοτεχνολογία	Μοντέλο Σαύρας Gecko
Ατομικός κόσμος	Μοντέλο ατόμου άνθρακα και Υδρογόνου
Νανοτεχνολογία	Επιτραπέζιο παιχνίδι για την μετάβαση μεταξύ μακρόκοσμου-μικρόκοσμου-νανόκοσμου
3ος νόμος Νεύτωνα	Μοντέλο πυραύλου
Ανακύκλωση	Μοντέλο εργοστασίου ανακύκλωσης χαρτιού
Ηλεκτρισμός	Μοντέλο ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης
Γη και Ηφαίστεια	Μοντέλο έκρηξης ηφαιστείου-

Αποτελέσματα σχετικά με την αξιολόγηση της διαδικασίας μοντελοποίησης:

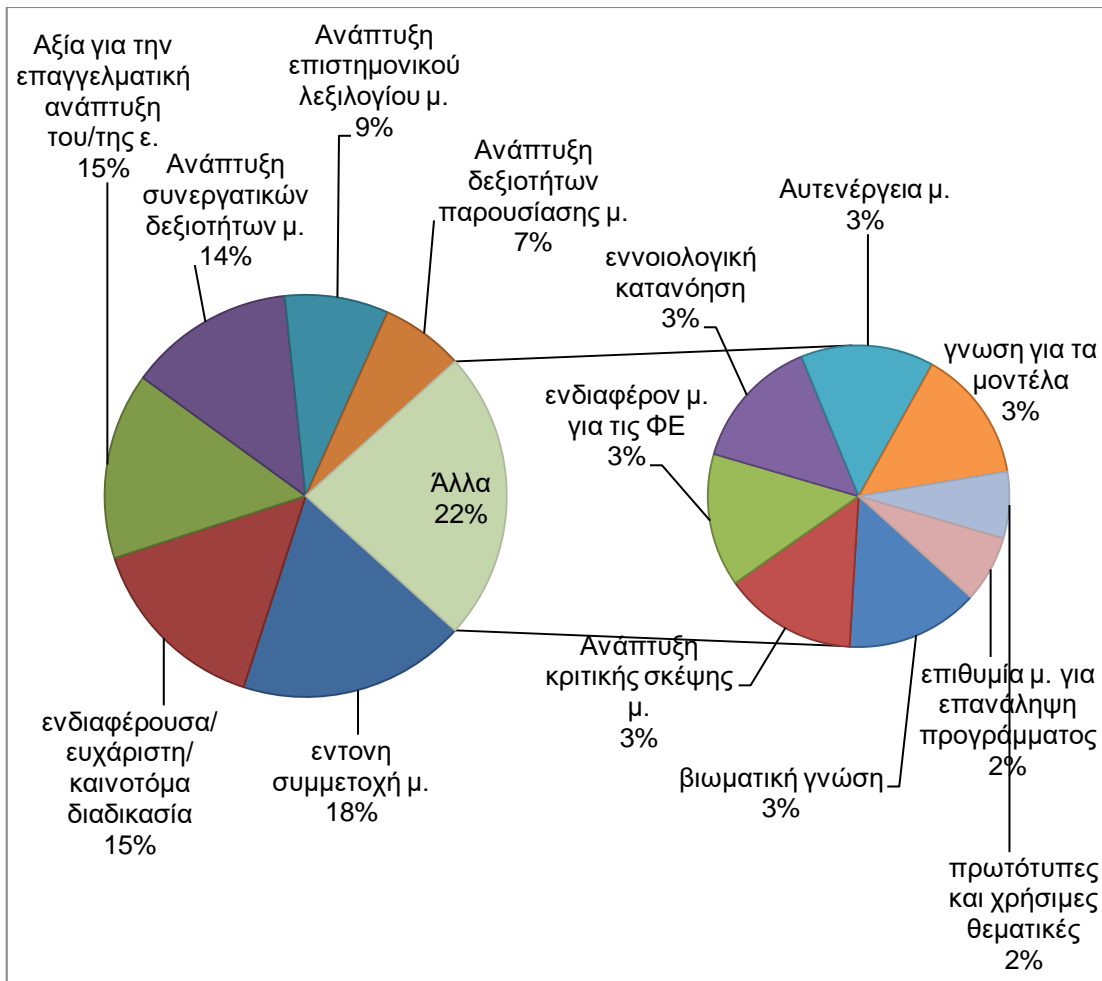
Έργο IV5

Στο έργο IV5 οι φοιτητές κλήθηκαν να αναστοχαστούν αναφορικά με την εμπειρία τους στην κατασκευή του εκθέματος για το ΦΦΕ/ΤΧ. Οι ΜΑ που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων του έργου διαχωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το εάν αφορούσαν θετικά στοιχεία της εμπειρίας τους ή εάν υπήρχε αναφορά σε δυσκολίες που οι φοιτητές κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν. Τυπικά παραδείγματα ΜΑ που αξιολογούν θετικά την εμπειρία των φοιτητών είναι: «Οι μαθητές ασχολήθηκαν αρκετά με την κατασκευή του μοντέλου, το οποίο στο τέλος είχε ένα καλό αποτέλεσμα» ή «Μάθανε (σ.σ. οι μαθητές) πράγματα πιο ευχάριστα. Προβληματίστηκαν, εξέφρασαν ελεύθερα τις ιδέες τους κάτι το οποίο είναι πολύ σημαντικό». Μία

μονάδα ανάλυσης που αναφέρεται σε αρνητικά στοιχεία της εμπειρίας κατασκευής του εκθέματος για το ΦΦΕ/ΤΧ είναι: «έλλειψη ίντερνετ» ή «Οι δυσκολίες που προέκυψαν ήταν τεχνικές, καθώς δεν είχαμε όταν έπρεπε τα υλικά για να ξεκινήσουμε την κατασκευή». Στην υποενότητα αυτή αναφέρονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης της διαδικασίας μοντελοποίησης και αφορούν τόσο τα θετικά στοιχεία της αξιολόγησης, όσο και τα αρνητικά, όπως αυτά προέκυψαν από την ταξινόμηση των ΜΑ.

A. Θετική αξιολόγηση της εμπειρίας κατασκευής μοντέλου

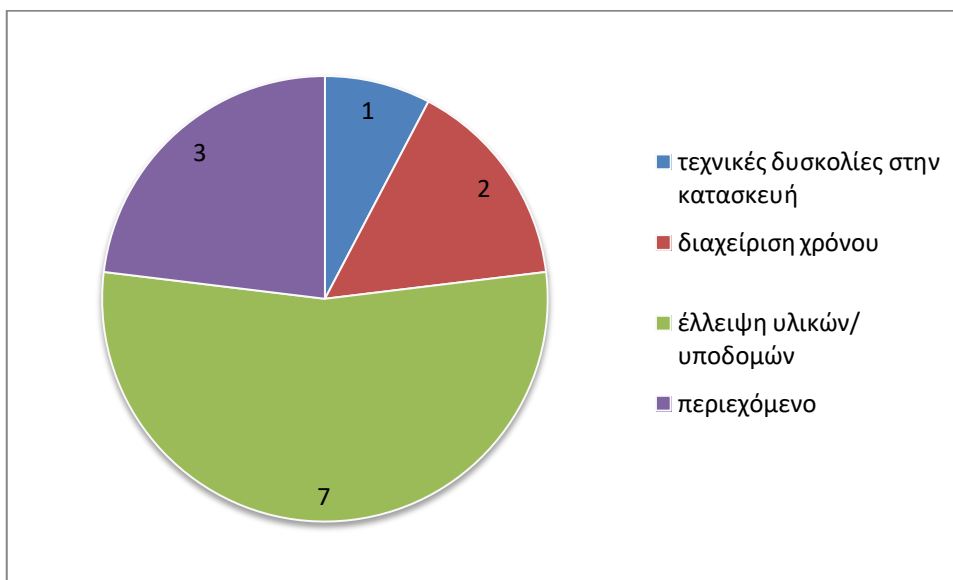
Όσον αφορά την ταξινόμηση των ΜΑ που αναφέρονται στα θετικά χαρακτηριστικά της εμπειρίας των φοιτητών, προέκυψαν συνολικά 7 ευρείες κατηγορίες που αναφέρονται στο σύνολο των ΜΑ (100%). Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 18) παρατηρείται πως το 18% των ΜΑ αναφέρεται στην έντονη συμμετοχή των μαθητών στη διαδικασία μοντελοποίησης. Δύο κατηγορίες απαντήσεων συγκεντρώνουν όμοια ποσοστά. Σε αυτές οι φοιτητές χαρακτηρίζουν τη διαδικασία ως ενδιαφέρουσα/ ευχάριστη ή καινοτόμα (15%), τονίζουν την αξία της για την προσωπική τους επαγγελματική ανάπτυξη (15%). Ακόμη, παρατηρούνται δύο κατηγορίες απαντήσεων οι οποίες συγκεντρώνουν υψηλά ποσοστά και αφορούν την ανάπτυξη δεξιοτήτων για τους μαθητές. Πιο αναλυτικά, το 14% των ΜΑ που προέκυψαν αφορούν την ανάπτυξη των συνεργατικών δεξιοτήτων των μαθητών μέσα από την εμπλοκή τους στην κατασκευή μοντέλου, ενώ το 7% αφορά την ανάπτυξη δεξιοτήτων παρουσίασης του μοντέλου στους επισκέπτες του ΦΦΕ/ΤΧ. Η κατηγορία που αφορά την ανάπτυξη επιστημονικού λεξιλογίου από τους μαθητές συγκεντρώνει το 9% του συνόλου των ΜΑ, ενώ η κατηγορία «Άλλα» συγκεντρώνει το 22% των ΜΑ. Συγκεκριμένα, στην κατηγορία αυτή, εντάχθηκαν ΜΑ που συγκέντρωναν χαμηλά ποσοστά επί του συνόλου των ΜΑ. Για παράδειγμα, μία μονάδα ανάλυσης, «Ένα επιπλέον θετικό είναι ότι στο τέλος της διαδικασίας τα παιδιά μου ζήτησαν να το κάνουν και του χρόνου», αναφερόταν στην επιθυμία των μαθητών να επαναλάβουν το πρόγραμμα (ΦΦΕ/ΤΧ) την επόμενη χρονιά.



Διάγραμμα 17: Θετική αξιολόγηση της διαδικασίας μοντελοποίησης στο έργο IV5

B. Αρνητική αξιολόγηση της εμπειρίας κατασκευής μοντέλου

Όσον αφορά τον αναστοχασμό των φοιτητών αναφορικά με τις δυσκολίες που κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν κατά τη διάρκεια της εμπλοκής τους στη διαδικασία κατασκευής μοντέλων, από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψαν λίγες ΜΑ, αφού στους 4 από τους 14 φοιτητές δεν εντοπίστηκε καμία ΜΑ. Συνολικά 13 ΜΑ αναφέρθηκαν σε αρνητικά στοιχεία της διαδικασίας μοντελοποίησης (Διάγραμμα 19) . Παρατηρείται πως περίπου οι μισές από αυτές (7 ΜΑ) αναφέρονται στην έλλειψη υλικών ή υποδομής στο σχολικό κτίριο, 3 ΜΑ αναφέρουν πως αντιμετώπισαν δυσκολίες όσον αφορά το περιεχόμενο που μοντελοποιήθηκε, 2 ΜΑ αφορούν την διαχείριση του χρόνου, ενώ μία ΜΑ αφορά τεχνικές δυσκολίες που παρουσιάστηκαν στη διάρκεια της κατασκευής.



Διάγραμμα 18: Αρνητική αξιολόγηση της εμπειρίας κατασκευής στο έργο IV5

Συμπεράσματα- Συζήτηση

Στο κεφάλαιο αυτό θα επιχειρηθεί η εξαγωγή συμπερασμάτων που προκύπτουν από την διεξαγωγή της παρούσας έρευνας με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν και η συζήτησή τους με γνώμονα τα ευρήματα άλλων ερευνών, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο θεωρητικό μέρος της εργασίας.

Αρχικά, όσον αφορά τη χρησιμότητα των μοντέλων, κάθε μεμονωμένο ερωτηματολόγιο έδινε στους φοιτητές τη δυνατότητα να εκφράσουν τις αντιλήψεις τους σε δύο παρόμοια έργα (IV1α & IV2α). Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι οι φοιτητές ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν τα μοντέλα που τους δόθηκαν ως εργαλεία μάθησης ή επικοινωνίας, ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ του μοντέλου ματιού και των μοντέλων του ΦΦΕ/ΤΧ. Η δυνατότητα αναγνώρισης της χρησιμότητας των μοντέλων έρχεται σε μερική συμφωνία με έρευνες (Ζουπίδης, 2012 · Πέικος, 2016) που χρησιμοποιούν ερωτηματολόγιο με παρόμοια έργα σε διαφορετικό δείγμα (μαθητές). Σε αυτές παρατηρήθηκε πως ένα σημαντικό ποσοστό, και όχι το σύνολο των μαθητών, βρίσκεται πριν από την παρέμβαση σε θέση να αναγνωρίσει τα δοθέντα μοντέλα ως εργαλεία μάθησης ή επικοινωνίας. Οι διαφορές αυτές πιθανότατα οφείλονται στην διαφορά των ηλικιακών ομάδων στις οποίες ανήκει το δείγμα της παρούσας έρευνας.

Επιπρόσθετα, όσον αφορά τη δυνατότητα ενός μοντέλου να περιγράψει, να ερμηνεύσει, να επιλύσει προβλήματα ή να προβλέψει, τα ευρήματα της έρευνας διαφέρουν από τα αντίστοιχα ευρήματα της έρευνας της Καπουσίζη (2012) της οποίας ερευνητικό εργαλείο αποτέλεσαν οι προφορικές συνεντεύξεις σε φοιτητές τριών τμημάτων (Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Τμήμα Νηπιαγωγών, Τμήμα Φυσικής). Στην παρούσα έρευνα, οι 30/34 φοιτητές αναφέρθηκαν στη χρήση των μοντέλων του ματιού για να περιγραφεί το αντίστοιχο όργανο, ενώ σημειώθηκαν ελάχιστες αναφορές στη χρήση μοντέλων για ερμηνεία ή επίλυση προβλημάτων και δεν σημειώθηκαν αναφορές στη δυνατότητα των μοντέλων να προβλέπουν. Στην αντίστοιχη έρευνα της Καπουσίζη (2012) εντοπίστηκαν και οι τέσσερις κατηγορίες απαντήσεων. Οι διαφορές αυτές ενδεχομένως να οφείλονται στη φύση των μοντέλων που δόθηκαν (στατικά, περιγραφικά μοντέλα) η οποία δεν επιτρέπει

την ανάδειξη των άλλων κατηγοριών ή ακόμα και στην διαφορετική κατεύθυνση σπουδών των φοιτητών του δείγματος της προϋπάρχουσας έρευνας.

Όσον αφορά την ονομασία μοντέλων, αν και αρχικά όλοι οι φοιτητές μπορούσαν να κάνουν τη διάκριση του μοντέλου από την πραγματικότητα, ωστόσο λιγότερο από το 1/3 των φοιτητών ήταν σε θέση να χρησιμοποιήσει τον όρο «μοντέλο» για να χαρακτηρίσει τις κατασκευές που τους δόθηκαν. Το εύρημα αυτό διατηρείται και στις τρεις δοθείσες κατασκευές, χωρίς να σημειώνονται σημαντικές μεταβολές στα τρία διαφορετικά μοντέλα που δόθηκαν. Μάλιστα, στην αρχική μέτρηση το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος δεν ήταν σε θέση να ονομάσουν καμία κατασκευή ως «μοντέλο». Στην post μέτρηση παρατηρήθηκε θετική ανάπτυξη ως προς την ονομασία των ίδιων κατασκευών ως μοντέλα. Η διαφορά ηλικίας στο δείγμα της παρούσας έρευνας με προϋπάρχουσες έρευνες (Ζουπίδης, 2012· Πέικος, 2016) υπέδειξε και διαφορές στα αποτελέσματα των παρόμοιων έργων των ερωτηματολογίων. Έτσι, στις έρευνες όπου το δείγμα αποτελούν μαθητές παρατηρείται η σύγχυση στη διάκριση του μοντέλου ως απτή κατασκευή και του αντικειμένου που αναπαρίσταται.

Αναφορικά με τη φύση του μοντέλου, οι φοιτητές του δείγματος της παρούσας έρευνας κλήθηκαν να χρησιμοποιήσουν τη λέξη μοντέλο σε μία αντιπροσωπευτική κατά τη γνώμη τους φράση. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης υποδεικνύουν πως αρχικά οι φοιτητές δεν κατείχαν σαφή εικόνα (όπως διαφαίνεται στο πλήθος ασαφών απαντήσεων) ή συνέδεαν τον όρο μοντέλο με την παιδαγωγική. Με το πέρας της Α φάσης, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των ασαφών απαντήσεων αλλά και των αναφορών σε παιδαγωγικές μεθόδους. Μάλιστα, στην post μέτρηση οι 2/3 απαντήσεις που αναφερόταν σε διδακτικά μοντέλα αναφερόταν στη διερεύνηση, πιθανότατα λόγω της διαδοχής των περιεχομένων του προγράμματος εκπαίδευσης. Η αναφορά στην παιδαγωγική οφείλεται στο αντικείμενο των σπουδών των φοιτητών (μελλοντικοί δάσκαλοι), ο οποίος είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει το περιεχόμενο των απαντήσεων (Καπουσίζη, 2012).

Στα ευρήματα της έρευνας του Πέικου (2016) εντοπίζεται θετική εξέλιξη στις απαντήσεις των μαθητών αναφορικά με τη φύση των μοντέλων. Τα αρχικά ευρήματα έρχονται σε συμφωνία με αυτά της βιβλιογραφίας, στα

οποία υποστηρίζεται ότι οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν την αναπαραστατική φύση του μοντέλου (Ζουπίδης, 2012· Treagust et al., 2002). Η θετική εξέλιξη στις απόψεις των μαθητών, αποδόθηκε στο γεγονός ότι σε όλα τα δίωρα διδασκαλίας έγινε διαπραγμάτευση της φύσης και του ρόλου των μοντέλων. Επιπλέον, σε κάθε δίωρο οι μαθητές κατασκεύαζαν μοντέλο σχετικό με το περιεχόμενο διαπραγμάτευσης. Σε σχέση με τη δική μας έρευνα, εντοπίζονται κοινές διαφορές με αυτές που εντοπίστηκαν σε σχέση με την έρευνα του Ζουπίδη (2012). Σε αυτή περίπτωση το ένα τρίτο των φοιτητών δεν ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν την αναπαραστατική φύση των μοντέλων στην αρχική μέτρηση, γεγονός που ανατρέπεται στην τελική μέτρηση. Αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με τα ευρήματα του Πέικου για τους μαθητές. Παρόλα αυτά, μπορούμε να εντοπίσουμε δύο μεγάλες διαφορές, τόσο στη διδασκαλία που πραγματοποιήσαμε, όσο και στις απαντήσεις των φοιτητών. Αρχικά, όσον αφορά τη διδασκαλία του περιεχομένου των μοντέλων, ο Πέικος (2016) πραγματοποίησε περισσότερα δίωρα διδασκαλιών στα οποία οι μαθητές διαπραγματεύτηκαν σχετικά με τα μοντέλα αλλά και εμπλέχθηκαν σε διαδικασίες μοντελοποίησης. Στη δική μας διδασκαλία, αφιερώθηκε λιγότερος χρόνος για το περιεχόμενο των μοντέλων, με ρητή διδασκαλία αναφορικά με τα χαρακτηριστικά τους, και οι φοιτητές δεν εμπλέχθηκαν σε διαδικασίες μοντελοποίησης, παρά μόνο στη διαδικασία αναγνώρισης των χαρακτηριστικών αυτών σε υπάρχοντα μοντέλα. Όσον αφορά τις απαντήσεις των φοιτητών, όπως προαναφέρθηκε, το αντικείμενο σπουδών τους τους οδήγησε τους φοιτητές στην αναφορά σε παιδαγωγικά μοντέλα.

Σχετικά με το ρόλο των μοντέλων, οι έρευνες ανέδειξαν την ύπαρξη προϋπάρχουσας γνώσης, κοντά στην επιστημονική άποψη. Ωστόσο, στη δική μας έρευνα το σύνολο των φοιτητών ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν το ρόλο των μοντέλων, λόγω του περιεχομένου των σπουδών τους, αφού όλοι είχαν παρακολουθήσει τουλάχιστον ένα μάθημα ΦΕ, στο οποίο τα μοντέλα είναι αντικείμενο διαπραγμάτευσης.

Όσον αφορά τους παράγοντες που επηρεάζουν τις αντιλήψεις των φοιτητών για τα μοντέλα, στην έρευνα της Καπουσίζη (2012) αναδείχθηκαν τρεις παράγοντες που επηρεάζουν τις αντιλήψεις των φοιτητών για τα μοντέλα:

- Η χρήση μοντέλων από τους ίδιους στη μαθητική τους εμπειρία. Παρατηρήθηκε ότι οι φοιτητές συνήθιζαν να αναφέρουν παραδείγματα μοντέλων από αυτά που είχαν διδαχθεί στο σχολείο.
- Η κατεύθυνση που ακολουθούσαν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Οι φοιτητές οι οποίοι ακολουθούσαν στο σχολείο την θετική ή την τεχνολογική κατεύθυνση έτειναν να έχουν προϋπάρχουσες ιδέες πιο κοντά στις επιστημονικές σε σχέση με τους άλλους συμμετέχοντες της έρευνας.
- Το αντικείμενο σπουδών. Παρατηρήθηκε πως η εμβάθυνση στις φυσικές επιστήμες που εκ φύσεως πραγματοποιείται στο τμήμα Φυσικών τους οδήγησε στο να έχουν μια πιο επιστημονική προσέγγιση των μοντέλων, ειδικά αναφορικά με τα χαρακτηριστικά τους. Οι ομάδες των δασκάλων συνδύαζε την «επιστημονικότητα» των μοντέλων με τη διδακτική, ενώ οι νηπιαγωγοί, που εμβαθύνουν λιγότερο στις ΦΕ εμφανίζουν λιγότερο σύνθετες αντιλήψεις για τα μοντέλα.

Τα χαρακτηριστικά αυτά δεν μελετήθηκαν στα πλαίσια της δικής μας έρευνας, ώστε να μπορέσουμε να προβούμε σε συγκρίσεις. Ωστόσο, το αντικείμενο των σπουδών του δείγματός μας επηρέασε τις αναφορές τους στα μοντέλα στο έργο ανοιχτού τύπου IV3. Σε αυτό οι φοιτητές, όταν τους ζητήθηκε να συμπεριλάβουν τη λέξη μοντέλο σε μία φράση, αναφέρθηκαν σε παιδαγωγικά μοντέλα, γεγονός που οφείλεται στο αντικείμενο των σπουδών τους.

Σε γενικές γραμμές, όσον αφορά την Α φάση του προγράμματος εκπαίδευσης το δείγμα της παρούσας έρευνας, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες έρευνες του τμήματος με δείγμα μαθητές του δημοτικού σχολείου, διέκρινε εξ αρχής την αναπαράσταση από την πραγματικότητα. Αυτό μας οδήγησε στον επαναπροσδιορισμό της Κατηγορίας 1 των αντίστοιχων ερευνών (Ζουπίδης, 2012 Πέικος, 2016) με αυστηρότερο κριτήριο τη ρητή αναφορά στον όρο μοντέλο για τα έργα IV1β και IV2β, τα οποία ήταν αντίστοιχα έργων στα γραπτά ερωτηματολόγια εκείνων των ερευνών. Όσον αφορά το έργο IV3, που ήταν όμοιο με το M1 της έρευνας του Ζουπίδη, εντοπίστηκαν επίσης αξιοσημείωτες διαφορές στα αποτελέσματα. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψαν δύο ομάδες απαντήσεων: η ομάδα Α που αναφερόταν

στα μοντέλα ως αναπαραστάσεις και η ομάδα Β στην οποία οι φοιτητές έκαναν αναφορά στην παιδαγωγική χρήση του όρου μοντέλο. Η διάκριση αυτή και η αναφορά στα παιδαγωγικά μοντέλα, μπορεί να εξηγηθεί από το αντικείμενο των σπουδών του δείγματός μας, αφού ο όρος μοντέλο συναντάται και στον τομέα της παιδαγωγικής. Μετά από την παρέμβαση, οι αναφορές στην παιδαγωγική μειώνονται (3 από τις 10 που είχαμε αρχικά). Μάλιστα, οι 2 από τους τρεις φοιτητές που κάνουν σχετική αναφορά, μιλούν για το διερευνητικό μοντέλο. Αυτό μπορεί να οφείλεται τόσο στο περιβάλλον μάθησης μέσα στο οποίο διδάχθηκαν οι φοιτητές (ανοιχτό διερευνητικό), όσο και στη διδασκαλία που ακολούθησε αυτή των μοντέλων στην Α φάση του προγράμματος εκπαίδευσης με αντικείμενο τα διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης. Σχετικά με τις απαντήσεις της ομάδας Α, που αποτελεί και το αντικείμενο της παρούσας έρευνας, ένα μεγάλο μέρος των φοιτητών του δείγματος αναγνώριζαν εξ αρχής τα μοντέλα ως αναπαραστάσεις, ενώ ένα εξίσου σημαντικό μέρος δεν βρισκόταν σε θέση να δώσει σαφή απάντηση. Με το πέρας του μαθήματος, παρατηρήθηκε θετική ανάπτυξη του αριθμού των απαντήσεων που θεωρούν τα μοντέλα ως αναπαραστάσεις και τα διαφοροποιούν από τα πιστά αντίγραφα.

Όσον αφορά τη Β φάση του προγράμματος, το οποίο περιελάμβανε και την πρακτική άσκηση, φαίνεται πως η εμπλοκή των φοιτητών στη διαδικασία τούς βοήθησε να διατηρήσουν τις αντιλήψεις τους αναφορικά με το υπό μελέτη θέμα. Όσον αφορά την αξιολόγηση της διαδικασίας μοντελοποίησης, αναφέρθηκαν οφέλη τόσο για τον εκπαιδευτικό, όσο και για τους μαθητές. Όσον αφορά τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς, θεωρήθηκε πως η εμπλοκή τους στη διαδικασία συμβάλλει στην επαγγελματική τους ανάπτυξη, ενώ όσον αφορά τους μαθητές θεωρήθηκε πως συμβάλλει στην ανάπτυξη πλήθους δεξιοτήτων (συνεργασίας, παρουσίασης κ.ά.), επιστημονικού λεξιλογίου, ενδιαφέροντος για τις ΦΕ κ.ά.. Όσον αφορά τις δυσκολίες που αναφέρθηκαν, αφορούσαν κυρίως ελλείψεις σε υλικοτεχνική υποδομή, δυσκολίες στην κατανόηση του περιεχομένου από τους μαθητές ή στην κατασκευή μερών του μοντέλου καθώς και στη διαχείριση χρόνου. Οι δυσκολίες που αναφέρθηκαν μπορούν ίσως εν μέρει να ερμηνευθούν από την έλλειψη διδακτικής εμπειρίας ή εμπειρίας σε δραστηριότητες κατασκευή μοντέλων.

Περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για το μέλλον

Στην παρούσα έρευνα ενυπάρχουν περιορισμοί, οι οποίοι δεν επιτρέπουν την γενίκευση των αποτελεσμάτων. Αφενός, το μέγεθος του δείγματος είναι μικρό και η δειγματοληψία ήταν βολική, γεγονός που δεν το καθιστά αντιπροσωπευτικό για την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων. Επιπλέον, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικής φύσης μοντέλα με σκοπό τη διερεύνηση της ύπαρξης διαφορών στην ανάδειξη της χρησιμότητας και της ονομασίας υπαρχόντων μοντέλων. Ακόμη, στους περιορισμούς της έρευνας συμπεριλαμβάνεται και η απουσία επαναληπτικής μέτρησης (post post test) στους φοιτητές της Α φάσης που δεν παρακολούθησαν τη Β φάση. Η μελέτη αυτή θα μπορούσε να αναδείξει διαφορές ως προς τη διατήρηση των αντιλήψεων των φοιτητών σε βάθος χρόνου

Σε επόμενες έρευνες θα μπορούσαν να διερευνηθούν οι αντιλήψεις μεγαλύτερου αριθμού φοιτητών, χωρίς περιορισμούς στο εξάμηνο φοίτησης. Έτσι, θα δινόταν η δυνατότητα να διερευνηθεί η ύπαρξη διαφορών στις αντιλήψεις μελλοντικών δασκάλων χωρίς διδακτική εμπειρία ή επιτυχή παρακολούθηση μαθημάτων ΦΕ. Ενδιαφέροντα ευρήματα θα μπορούσαν επιπλέον να αναζητηθούν σε φοιτητές διαφορετικών τμημάτων φοίτησης ή κατευθύνσεων σπουδών. Όσον αφορά τη διαδικασία της μοντελοποίησης, θα ήταν ενδιαφέρουσα η μελέτη μελλοντικών και εν ενεργεία εκπαιδευτικών στο ίδιο δείγμα με σκοπό την ανάδειξη διαφορών στην αξιολόγηση της διαδικασίας.

Βιβλιογραφία

- Basit, N., T. (2010). *Conducting Research in educational contexts*. New York, NY: Continuum International Publishing Group.
- Boulter, C. and Buckley, B. (2000). Constructing a typology of models for science education. In J.K. Gilbert and C.J. Boulter (eds), *Developing Models in Science Education* (Dordrecht: Kluwer), 41–57.
- Δεβελάκη, Μ., (2009, Μάιος). Φύση και λειτουργίες των μοντέλων στη διδασκαλία και στη χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών. Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών., ΕΝΕΦΕΤ σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας: Φλώρινα.
- ΔΕΠΠΣ και ΑΠΣ (2003), Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών των Φυσικών Επιστημών (για το Δημοτικό και το Γυμνάσιο) και Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο», ΦΕΚ 303B/13-03-2003 και ΦΕΚ 304B/13-03-2003.
- Βιβλία Αναφοράς (2003), "Φυσικά – Ερευνώ και Ανακαλύπτω", Βιβλίο Μαθητή, Τετράδιο Εργασιών, Βιβλίο Δασκάλου (Ε΄ και ΣΤ΄ Τάξης)
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2008). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας*. Αθήνα: Μεταίχμιο
- Crawford, B. A., & Cullin, M. J. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modeling in science. *International Journal of Science Education*, 26 (11), 1379 – 1401. doi:[10.1080/09500690410001673775](https://doi.org/10.1080/09500690410001673775)
- Creswell, J. W. (2011). *Η έρευνα στην εκπαίδευση: Σχεδιασμός, διεξαγωγή και αξιολόγηση της ποσοτικής και ποιοτικής έρευνας*. Αθήνα: Έλλην.
- Coll, R. K. (2006). The role of models, mental models and analogies in chemistry teaching. In *Metaphor and analogy in science education* (pp. 65-77). Springer Netherlands.
- de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (2008). Model-facilitated learning. *Handbook of research on educational communications and technology*, 457-468.
- Danusso, L., Testa, I., & Vicentini, M. (2010). Improving prospective teachers' knowledge about scientific models and modelling: Design and evaluation

- of a teacher education intervention. *International Journal of Science Education*, 32(7), 871-905.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130.
- Gilbert, J. (1995). The role of models and modelling in some narratives in science learning. Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, April 18-22. San Francisco, CA.
- Gilbert, J. , Boulter, C.J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J.K. Gilbert and C.J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 3–18). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Gilbert, J. , Boulter, C., & Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part1: horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.
- Gilbert, J., & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education* (Vol. 9). Springer.
- Gilbert, J., & Osborne, R. J. (1980). The use of models in science and science teaching. *European Journal of Science Education*, 2(1), 3-13.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C.L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 799–822.
- Halloun, I. A. (2006). *Modeling theory in science education*, Science and technology education Library, Springer: Netherlands.
- Harper, B., Squires, D., & McDougall, A. (2000). Constructivist simulations: A new design paradigm. *Journal of educational multimedia and hypermedia*, 9(2), 115-130.
- Hestenes, D. (1993, February). MODELING is the name of the game. In A presentation at the NSF Modeling Conference (Vol. 8).
- Hestenes, D. (1997). Modeling methodology for physics teachers. In E.F. Redish & J.S. Rigden (eds.), *The changing role of physics departments in modern universities: Proceedings of International*

- Conference on Undergraduate Physics Education (p. 935-957). New York, NY: The American Institute of Physics.
- Ιωσηφίδης, Θ. (2008). *Ποιοτικές Μέθοδοι Έρευνας στις Κοινωνικές Επιστήμες*. Αθήνα: Κριτική.
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & education*, 36(2), 183-204.
- Justi, R., & Gilbert, J. (1999). A cause of ahistorical science teaching: use of hybrid models. *Science Education*, 83(2), 163-177.
- Justi, S. R., & Gilbert, K. J. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 1273 - 1292. doi:[10.1080/09500690210163198](https://doi.org/10.1080/09500690210163198)
- Justi, R., & Gilbert, J. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of science education*, 25(11), 1369-1386.
- Justi, R., & Van Driel, J. (2005). The development of science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing, and understanding the process. *International Journal of Science Education*, 27(5), 549-573.
- Καπουσίζη, Δ. (2012). *Όψεις των μοντέλων και της μοντελοποίησης στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών: διερεύνηση των αντιλήψεων μελλοντικών εκπαιδευτικών για τα μοντέλα στις Φυσικές Επιστήμες*. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Ελλάδα
- Κρητικός, Γ., (2009, Μάιος). *Διάκριση των Λογισμικών Μοντελοποίησης στις Φυσικές Επιστήμες με βάση το "Επίπεδο Μοντελοποίησης": Πρωτογενές, Δευτερογενές, Τριτογενές*. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών., ΕΝΕΦΕΤ σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας: Φλώρινα.
- Lazarowitz, R., & Naim, R. (2013). Learning the cell structures with three-dimensional models: students' achievement by methods, type of school

- and questions' cognitive level. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 500-508.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2004). Modeling natural variation through distribution. *American Educational Research Journal*, 41(3), 635-679.
- Louca, T. L. & Zacharia C. Z. (2014). *Constructing Models and Learning Through the Process: Modeling-based Learning in Science Education*. Paper presented at the Constructionism Conference, Vienna.
- Louca, T. L. & Zacharia C. Z. (2015). *Examining learning through modeling in K-6 science education*. *Journal of Science Education and Technology*. doi: 10.1007/s10956-014-9533-5.
- Μπουρμά, Ζ. (2015). *Ιδιοκατασκευές Μοντέλων Αναπαράστασης του Κυττάρου από τους Μαθητές για τη Διδασκαλία του στο Δημοτικό Σχολείο*. Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση-Διδασκαλία και μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες Καινοτομίες και Πρακτικές. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης: Θεσσαλονίκη
 □ <http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr>.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130.
- Papaevripidou, M., & Zacharia, Z. C. (2015). Examining how students' knowledge of the subject domain affects their process of modeling in a computer programming environment. *Journal of Computers in Education*, 2(3), 251-282.
- Πέικος, Γ. (2016) *Σχεδιασμός, ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας για τη διδασκαλία περιεχομένου της νανοεπιστήμης- νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο*. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας: Φλώρινα.
- Πετρίδου, Ε. (2008). *Ανάπτυξη, εφαρμογή και διερεύνηση προσομοιωμένων μοντέλων στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ): Θεσσαλονίκη.

- Πετρίδου, Ε., Ψύλλος, Δ. (2008). Οι αντιλήψεις των υποψηφίων δασκάλων για τα μοντέλα. *Themes in Science and Technology Education*, 1(3), 255-268.
- Πετρίδου, Ε., Ψύλλος, Δ., Χατζηκρανιώτης, Ε. (2009, Μάιος). *Προβλεπτική χρήση μοντέλων φόρτισης μονωτών και αγωγών*. Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών., Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας: Φλώρινα
- Pintó, R., & Gutierrez, R. (2005). Teachers' conceptions of scientific model: Results from a preliminary study. In R. Pinto & D. Couso (Eds.), *Proceedings of the 5th international ESERA conference on Contributions of Research to Enhancing students' Interest in Learning Science* (ISBN: 689-1129-1; pp 866–868). Barcelona: ESERA
- Reid, N., & Yang, M. J. (2002). The solving of problems in chemistry: the more open-ended problems. *Research in Science & Technological Education*, 20(1), 83-98.
- Schwarz, C. (2009). Developing preservice elementary teachers' knowledge and practices through modeling-centered scientific inquiry. *Science Education*, 93(4), 720-744.
- Schwarz, C., & White, B. (2005). Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Soulios, I., & Psillos, D. (2016). Enhancing student teachers' epistemological beliefs about models and conceptual understanding through a model-based inquiry process. *International Journal of Science Education*, 38(7), 1212-1233.
- Σούλιος, Ι. (2013). *Ανάπτυξη και μελέτη μιας βασισμένης στα μοντέλα διερευνητικής Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς για τις οπτικές ιδιότητες των υλικών*. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Ελλάδα

- Σούλιος, Ι., Πετρίδου, Ε., Ψύλλος, Δ. (2015). *Αναστοχασμός κατά τη διαδικασία μιας διερευνητικής βασισμένης στα μοντέλα Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) για τις οπτικές ιδιότητες των υλικών*. Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση-Διδασκαλία και μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες Καινοτομίες και Πρακτικές. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης: Θεσσαλονίκη
 □ <http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr>.
- Σπύρτου Α., & Ζάχου, Π. (2015). *Εκπαιδευτικό υλικό για τις Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο: ανάπτυξη και παρουσίαση του υλικού σε Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας*; Στο Χ. Σκουμπουρδή, & Μ. Σκουμιός (Επμ.), Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή για το Εκπαιδευτικό Υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες (σσ. 393-408).
- Στεφανή Χ. & Τσαπαρλής Γ. (2009, Μάιος). Επίπεδα εξηγήσεων και επίπεδα μοντέλων στις βασικές έννοιες της κβαντικής χημείας. Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών., Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας: Φλώρινα
- Torres, J., & Vasconcelos, C. (2015). Nature of science and models: Comparing Portuguese prospective teachers' views. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(6), 1473-1494.
- Van Driel, J.H., & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.
- Vosniadou, S. (2010). Instructional considerations in the use of external representations. In Verschaffel et al. (eds), *Use of representations in reasoning and problem solving*, (pp. 36-54). New York: Routledge
- Windschitl, M., & Thompson, J. (2006). Transcending Simple Forms of School Science Investigation: The Impact of Preservice Instruction on Teachers' Understandings of Model – Based Inquiry. *American Educational Research Journal*, 43(4), 783-801.

- Yenilmez Turkoglu, A., & Oztekin, C. (2016). Science teacher candidates' perceptions about roles and nature of scientific models. *Research in Science & Technological Education*, 34(2), 219-236.
- Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: Challenges and limits. *Science Education International*, 23(4), 383-399.
- Zoupidis, A., Pnevmatikos, D., Spyrtou, A., & Kariotoglou, P. (2016). The impact of procedural and epistemological knowledge on conceptual understanding: the case of density and floating–sinking phenomena. *Instructional Science*, 44(4), 315-334.
- Ζουπίδης, Α. (2012). *Διδασκαλία και μάθηση με τη χρήση μοντέλων Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας: Εφαρμογή στα φαινόμενα της πλεύσης και της βύθισης*. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Φλώρινα.

Παράρτημα I

Pre & Post Ερωτηματολόγιο

Ερωτηματολόγιο αρχικής-τελικής μέτρησης (Pre, Post)

Όνοματεπώνυμο:.....

ΑΕΜ:.....

Εξάμηνο:

Ημερομηνία:.....

Συμμετοχή στο Φεστιβάλ: ΝΑΙ ΟΧΙ

Διδακτική Φυσικών ΝΑΙ ΟΧΙ

Επιστημών:

IV

IV₁. Παρακάτω βλέπεις μια κατασκευή που παριστάνει ένα μάτι.



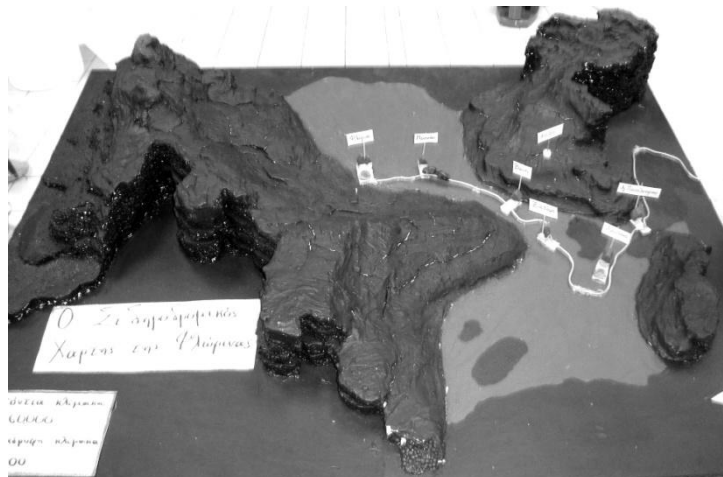
Σε τι νομίζεις ότι μας χρησιμεύει αυτή η κατασκευή;

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Πώς θα ονόμαζες την παραπάνω κατασκευή;

.....
.....

IV₂. Παρακάτω βλέπεις δύο κατασκευές από το Φεστιβάλ.



Σε τι νομίζεις ότι μας χρησιμεύουν αυτές οι κατασκευές;

.....

.....

.....

.....

Πώς θα ονόμαζες τις παραπάνω κατασκευές;

.....

.....

.....

IV₃. Γράψε μία πρόταση, την πιο αντιπροσωπευτική για σένα, που να περιέχει τη λέξη μοντέλο.

.....
.....
.....

Παράρτημα II

Post Post Ερωτηματολόγιο

Ερωτηματολόγιο τελικής μέτρησης 2 (Post Post)

Όνοματεπώνυμο:.....

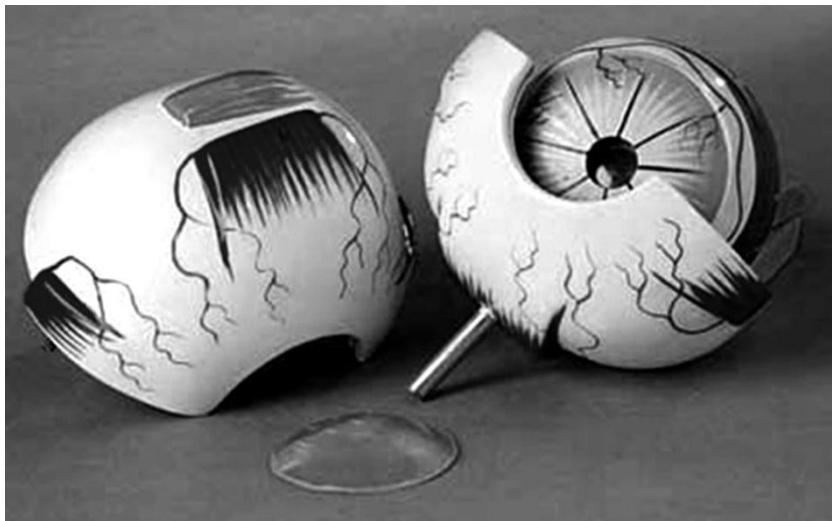
ΑΕΜ:.....

Εξάμηνο:

Ημερομηνία:.....

IV

IV₁. Παρακάτω βλέπεις μια κατασκευή που παριστάνει ένα μάτι.



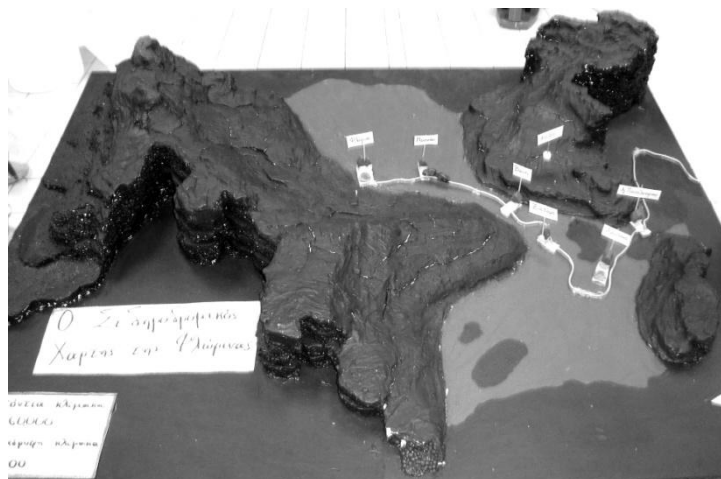
Σε τι νομίζεις ότι μας χρησιμεύει αυτή η κατασκευή;

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Πώς θα ονόμαζες την παραπάνω κατασκευή;

.....
.....
.....

IV₂. Παρακάτω βλέπεις δύο κατασκευές από το Φεστιβάλ.



Σε τι νομίζεις ότι μας χρησιμεύουν αυτές οι κατασκευές;

.....

.....

.....

.....

.....

Πώς θα ονόμαζες τις παραπάνω κατασκευές;

.....

.....

IV₃. Γράψε μία πρόταση, την πιο αντιπροσωπευτική για σένα, που να περιέχει τη λέξη μοντέλο.

.....
.....

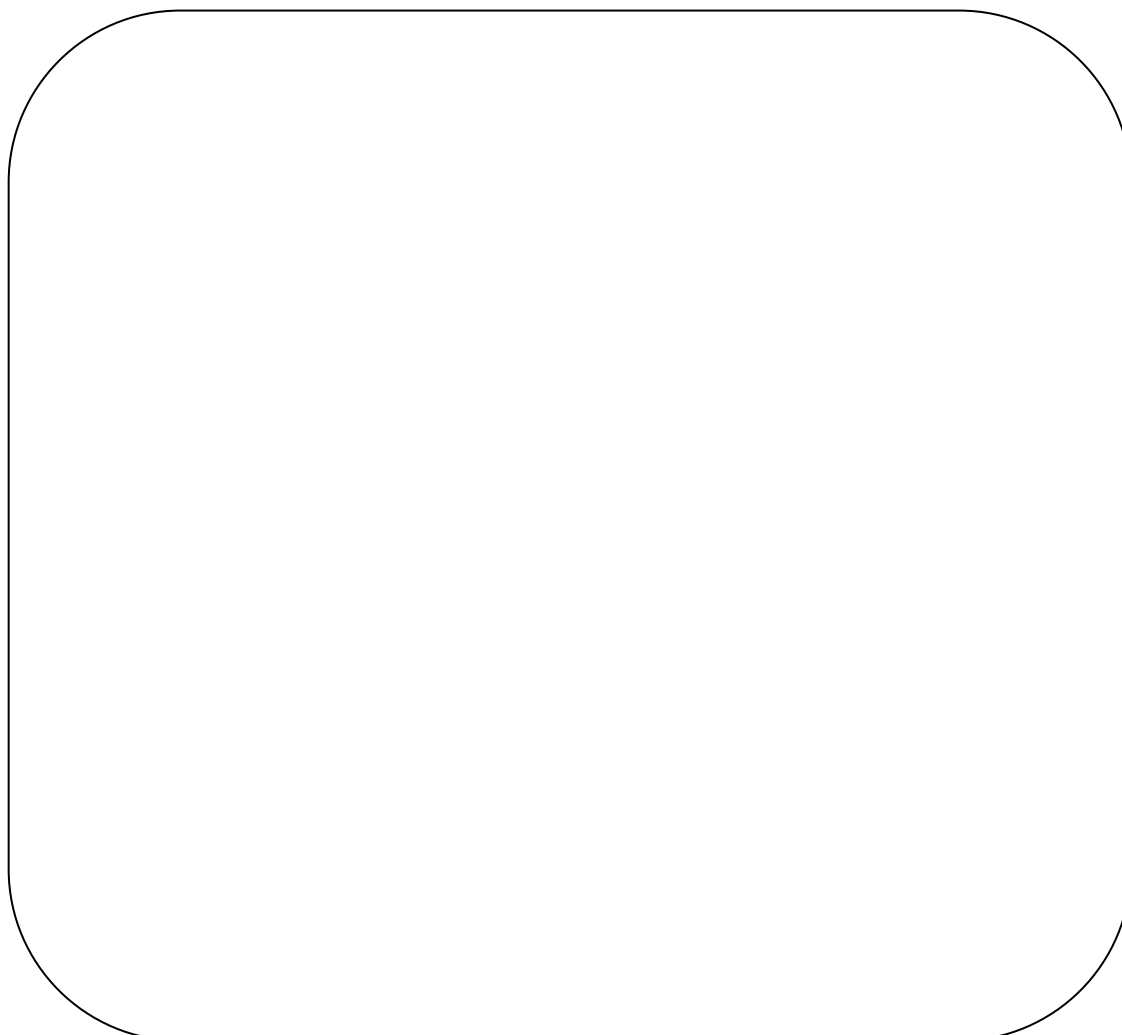
IV₄ Ποιο ήταν το έκθεμα που κατασκεύασαν οι μαθητές σου;

.....
.....
.....

IV₅ Αναστοχάσου πάνω στην εμπειρία σου για την κατασκευή του εκθέματος.

Μην ξεχάσεις να αναφέρεις με σχετικά παραδείγματα:




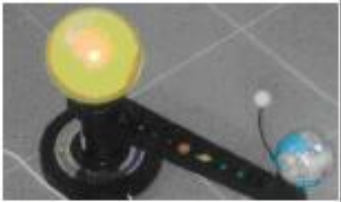

- 1) πώς κρίνεις ως εκπαιδευτικός τη διαδικασία. Θεωρείς ότι είναι χρήσιμη;
- 2) θετικά παραδείγματα από την εμπειρία σου
- 3) δυσκολίες που προέκυψαν για σένα και για τους μαθητές και πώς τις διαχειρίστηκες



Παράρτημα III

Διδακτικό Υλικό Α Φάσης

Ταξινόμια μοντέλων με παραδείγματα (3^η Εβδομάδα)

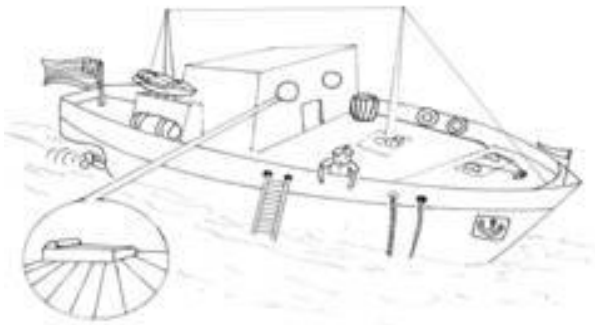
ΕΝΟΤΗΤΑ	ΜΟΝΤΕΛΟ	ΣΤΟΧΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	ΟΝΤΟΛΟΓΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ (Η ΕΓΓΕΝΗΣ ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ)	ΣΤΟΧΟΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ (ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ, ΕΝΝΟΙΑ, ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ, ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ)
1, 4,5	 ΣΙΔΕΡΕΝΙΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΛΟΙΟΥ	Περιγραφή	Υλικός ή απτός	Ποιοτικό, μοντέλο που χρησιμοποιείται στην διδασκαλία	Ένα πλοίο (αντικείμενο)
1	 ΣΧΙΣΟ ΠΛΟΙΟΥ	Περιγραφή	Οπτικός - στατικός	Ποιοτικό, μοντέλο που χρησιμοποιείται στην διδασκαλία	Ένα πλοίο (αντικείμενο)
4	 ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΣΥΝΩΣΤΙΣΜΕΝΟΥ ΠΛΗΘΟΥΣ	Περιγραφή	Οπτικός - στατικός	Ημι-ποσοτικό, μοντέλο που χρησιμοποιείται στην διδασκαλία	Η έννοια της πυκνότητας (έννοια)
ΕΝΟΤΗΤΑ	ΜΟΝΤΕΛΟ	ΣΤΟΧΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	ΟΝΤΟΛΟΓΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ (Η ΕΓΓΕΝΗΣ ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ)	ΣΤΟΧΟΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ (ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ, ΕΝΝΟΙΑ, ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ, ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ)
4	 ΗΛΙΟΚΕΝΤΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ	Απιακό μοντέλο, ερμηνεία και πρόβλεψη	Υλικό ή απτό	εκφρασμένο, ποιοτικό, αναλυτικού προγράμματος, μοντέλο που χρησιμοποιείται στη διδασκαλία	Φαινόμενο μέρας και νύχτας
4	 ΣΧΙΣΟ ΗΛΙΟΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	Περιγραφή	Οπτικό - στατικό	εκφρασμένο, ποιοτικό, αναλυτικού προγράμματος, μοντέλο που χρησιμοποιείται στη διδασκαλία	Φαινόμενο μέρας και νύχτας

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΜΑΘΗΜΑ 4

Όνοματεπώνυμο:

Τι είναι και που χρησιμεύει ένα μοντέλο;



A. Το μοντέλο ενός πλοίου δεν είναι **ακριβώς ίδιο** με ένα πραγματικό πλοίο το οποίο αναπαριστά. Είναι μια αναπαράσταση ενός πραγματικού πλοίου κι όχι ένα **πιστό αντίγραφο** του. Αυτό σημαίνει ότι ένα μοντέλο δεν περιέχει όλες τις πληροφορίες για το πλοίο, π.χ. όλα τα αντικείμενα που υπάρχουν μέσα στο πλοίο.

B. Σε τι **χρησιμεύει** το μοντέλο ενός πλοίου; Εξαρτάται από το **σκοπό** για τον οποίο έγινε. Για παράδειγμα, το «μοντέλο-σκίτσο» είναι χρήσιμο γιατί μας βοηθά να αναπαραστήσουμε το πλοίο καθώς και ορισμένα αντικείμενα που υπάρχουν στο πλοίο (π.χ. άγκυρα, αλυσίδες, κ.ά.). Το μοντέλο – μεταλλικό καράβι μπορεί να αναπαριστά όχι μόνο το εσωτερικό ενός πλοίου (π.χ. τα δωμάτια του πλοίου) αλλά να βοηθά και **στον έλεγχο του εάν πλέει ή βυθίζεται** μια τέτοια κατασκευή.

Γ. Ένα πραγματικό πλοίο μπορεί να **αναπαρασταθεί με περισσότερα από ένα μοντέλα**. Καθένα από αυτά, μας βοηθάει συνήθως να κάνουμε κάτι διαφορετικό. Για παράδειγμα, με το μοντέλο του πλοίου που φαίνεται στη

διπλανή εικόνα μπορούμε να αναπαραστήσουμε κυρίως τα εξωτερικά χαρακτηριστικά του καταστρώματος (πρύμνη, πλώρη, κατάρτια, φουγάρο, πιλοτήριο...), ενώ δεν έχουμε πληροφορίες για το εσωτερικό του. Αντίστοιχα στο μοντέλο παιχνίδι δεν μας ενδιαφέρει το κατάστρωμα αλλά το εσωτερικό του πλοίου.



Δραστηριότητα

Συζήτηση με βάση τις παραπάνω σημειώσεις για το έκθεμά σας.

- I. Ποιες πληροφορίες δεν περιέχει το έκθεμα;
- II. Για ποιο σκοπό έγινε το έκθεμα;
- III. Προτείνετε διαφορετικά μοντέλα για την ίδια θεματική ενότητα του κάθε εκθέματος.

Τελική Εργασία

Να προτείνετε ένα **υποθετικό σενάριο** για την υλοποίηση ενός εκθέματος στα πλαίσια του Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Στο σενάριο θα πρέπει να περιγράφετε:

- Το **θέμα** με το οποίο θα ασχοληθείτε
- Τα **βασικά στάδια** του περιβάλλοντος μάθησης που θα ακολουθήσετε για την υλοποίηση

Να λάβετε υπόψη τα παρακάτω:

- ✓ Μαθητές: 5
- ✓ Διάρκεια: τετραμηνιαίος σχεδιασμός (σχεδιασμός, κατασκευή, παρουσίαση εκθέματος): περίπου 10 δίωρες συναντήσεις
- ✓ Έκταση: 3-5 σελίδες
- ✓ Γραμματοσειρά: Callibri, 12, διάστιχο 1,5.

Τίτλος Εκθέματος	
Διερευνητικό Διδακτικό Μοντέλο	Διδακτική Μέθοδος Φάσεις του Διδακτικού Μοντέλου
Μοντέλα και Μοντελοποίηση	Περιγραφή Στόχος και σκοπός του μοντέλου. Στάδια μοντελοποίησης.
Γραμματισμός	Αποτελέσματα Μάθησης Επιστημονικός, Τεχνολογικός, Συνδυασμός και αιτιολόγηση, Δηλωτική, Διαδικαστική, Επιστημολογική γνώση (Έννοιες, Φαινόμενα, Διαδικασίες, Αντικείμενο, Σύστημα, δεξιότητες, κ.λπ.)