

**Όψεις των μοντέλων και της
μοντελοποίησης στη διδασκαλία και
μάθηση των Φυσικών Επιστημών:
διερεύνηση αντιλήψεων
μελλοντικών εκπαιδευτικών για τα
μοντέλα στις Φυσικές Επιστήμες**

Δήμητρα Καπουσίζη



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Παιδαγωγική Σχολή Φλώρινας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών:

Επιστήμες της Αγωγής

Κατεύθυνση: Θετικές Επιστήμες και Νέες Τεχνολογίες

2012

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά την επίκουρη καθηγήτρια Άννα Σπύρτου, ως επιβλέπουσα της διπλωματικής μου εργασίας. Ήταν μια πραγματικά σπουδαία συνεργασία, με εποικοδομητικές συζητήσεις και ενδιαφέρουσες ερευνητικές αναζητήσεις. Η απαιτητική αλλά και γεμάτη ενδιαφέρον καθοδήγησή της αποτέλεσε τον πιο καθοριστικό παράγοντα της επιτυχούς ολοκλήρωσης της παρούσας εργασίας.

Θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επίκουρο καθηγητή Ευριπίδη Χατζηκρανιώτη και τον καθηγητή Πέτρο Καριώτογλου, μέλη της τριμελούς επιτροπής, για τον χρόνο που μου αφιέρωσαν, όποτε παρουσιαζόταν η ανάγκη, καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές τους. Ευχαριστώ, ακόμη, τον Τάσο Ζουπίδη, υποψήφιο διδάκτορα του Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, για τη βοήθειά του και τις ουσιαστικές παρατηρήσεις του, κυρίως κατά τη διάρκεια της βιβλιογραφικής επισκόπησης.

Ευχαριστώ επίσης την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους και την υπομονή που επέδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, νιώθω ότι χρωστώ ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους μου. Η υποστήριξη και παρακίνησή τους σε όλο το διάστημα της προσπάθειάς μου, μού δημιούργησαν την ανάγκη να τους ανταμείψω με την ολοκλήρωση της εργασίας μου. Τους ευχαριστώ που αποτέλεσαν μία ακόμη πηγή έμπνευσης και θάρρους.

Περιεχόμενα	1
Εισαγωγή	3
Κεφάλαιο 1^ο: Μοντέλα και μοντελοποίηση σε περιβάλλοντα διδασκαλίας-μάθησης των Φυσικών Επιστημών	5
1.1 Όψεις των μοντέλων	8
1.2 Τα επιστημονικά μοντέλα	30
1.3 Τα νοητικά μοντέλα	35
1.4 Σύνδεση μεταξύ επιστημονικών και νοητικών μοντέλων	40
1.5 Η μοντελοποίηση στη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ	43
Κεφάλαιο 2^ο: Βιβλιογραφική επισκόπηση για τις αντιλήψεις μαθητών και εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις ΦΕ	49
2.1 Οι αντιλήψεις μαθητών για τα μοντέλα και την μοντελοποίηση στη διδασκαλία και μάθηση ΦΕ	51
2.2 Οι αντιλήψεις μελλοντικών και εν ενεργεία εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης	53
2.3 Επίπεδα αντίληψης σχετικά με τα μοντέλα στην παρούσα έρευνα	66
Κεφάλαιο 3^ο: Ερευνητική μεθοδολογία	70
3.1 Η αναγκαιότητα της έρευνας	71
3.2 Σκοπός της έρευνας και ερευνητικά ερωτήματα	74
3.3 Το είδος της έρευνας – ερευνητική μεθοδολογία	76
3.3.1 Επιλογή ερευνητικής μεθόδου	76
3.3.2 Ανάπτυξη ερευνητικού εργαλείου	78
3.3.3 Πιλοτική εφαρμογή – το δείγμα της πιλοτικής εφαρμογής	83
3.3.4 Τροποποίηση ερευνητικού εργαλείου	84
3.4 Η κύρια έρευνα	87
3.4.1 Το δείγμα	87
3.4.2 Μέθοδος συλλογής και ανάλυσης δεδομένων	88

3.5 Εγκυρότητα και αξιοπιστία της έρευνας	93
Κεφάλαιο 4^ο: Αποτελέσματα της έρευνας	95
4.1.1 Κατηγορίες των αντιλήψεων των φοιτητών για τη φύση των μοντέλων	95
4.1.2 Αποτελέσματα για την φύση των μοντέλων	97
4.1.3 Συμπεράσματα σχετικά με τις αντιλήψεις για τη φύση των μοντέλων	104
4.2.1 Κατηγορίες των αντιλήψεων των φοιτητών για τα χαρακτηριστικά των μοντέλων	106
4.2.2 Αποτελέσματα για τα χαρακτηριστικά των μοντέλων	107
4.2.3 Συμπεράσματα σχετικά με τις αντιλήψεις για τα χαρακτηριστικά των μοντέλων	112
4.3.1 Κατηγορίες των αντιλήψεων των φοιτητών για τις λειτουργίες των μοντέλων	113
4.3.2. Αποτελέσματα για τις λειτουργίες των μοντέλων	115
4.3.3 Συμπεράσματα σχετικά με τις αντιλήψεις για τις λειτουργίες των μοντέλων	122
4.4.1 Κατηγορίες των αντιλήψεων των φοιτητών για τη μορφή των μοντέλων	124
4.4.2 Αποτελέσματα για τη μορφή των μοντέλων	126
4.4.3 Συμπεράσματα σχετικά με τις αντιλήψεις για τη μορφή των μοντέλων	137
4.5 Ομαδοποίηση κατηγοριών και ταξινόμηση αντιλήψεων	139
Κεφάλαιο 5^ο: Συμπεράσματα και προτάσεις για το μέλλον	141
5.1 Συμπεράσματα βιβλιογραφικής επισκόπησης	141
5.2 Συμπεράσματα της έρευνας	144
5.3 Περιορισμοί της έρευνας – προτάσεις για το μέλλον	147
Παράρτημα	149
Βιβλιογραφία	193

Εισαγωγή

Ως μοντέλο στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) νοείται η οποιαδήποτε, αρχικά νοητική και μετέπειτα εξωτερικευμένη, αναπαράσταση που δημιουργεί ο άνθρωπος προκειμένου να αντιληφθεί την φυσική πραγματικότητα γύρω του (Gilbert & Osborne, 1980). Ένα μοντέλο μπορεί να είναι μια θεωρητική κατασκευή και να αποτελεί σύμπλεγμα θεωρητικών αρχών και νόμων (όπως για παράδειγμα το πλανητικό ατομικό μοντέλο του Rutherford ή το ατομικό μοντέλο του Bohr) αλλά μπορεί και να εξωτερικευτεί και να οπτικοποιήσει την συμπεριφορά ενός συστήματος. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω εικόνων, χαρτών, αντικειμένων, πρωτοπλασμάτων, δυναμικών αναπαραστάσεων ηλεκτρονικών υπολογιστών, προγραμμάτων προσομοίωσης και άλλων μέσων. Με αυτό τον τρόπο τα μοντέλα προσφέρουν μια οπτικοποίηση της πραγματικότητας και μπορούν να συνεισφέρουν στην ουσιαστική κατανόηση ενός φαινομένου ή γεγονότος.

Όσον αφορά τη διδασκαλία οποιασδήποτε έννοιας, τα μοντέλα μπορούν να μεταδίδουν στον εκπαιδευόμενο μία εκδοχή της επιστημονικής γνώσης μνημόντας τον στην επιστημονική θεώρηση του κόσμου. Η μελέτη των φαινομένων δεν στηρίζεται σε καμία περίπτωση στην απλή παρατήρησή τους αλλά στην επιστημονική τους ερμηνεία, η οποία γίνεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο με τη χρήση μοντέλων (Πετρίδου, 2008). Με αυτό τον τρόπο ενισχύεται η εποικοδόμηση νέων γνώσεων και η κατανόηση της επιστημονικής μεθοδολογίας μέσω διαδικασιών μοντελοποίησης. Η διπλή έλικα του DNA, το μοντέλο του ηλιακού συστήματος, το μοντέλο της σωματιδιακής φύσης του φωτός, το μοντέλο του περιστρεφόμενου διανύσματος στην κυκλική κίνηση καθώς και το υδραυλικό ανάλογο του ηλεκτρικού ρεύματος είναι παραδείγματα μοντέλων που χρησιμοποιούνται στις ΦΕ για να καταστήσουν κατανοητά φαινόμενα και έννοιες που είναι δύσκολο να εξηγηθούν και να μελετηθούν θεωρητικά. Ωστόσο φαίνεται ότι η αναγνώριση των μοντέλων και των ιδιοτήτων τους από τους εκπαιδευτικούς είναι κρίσιμο θέμα το οποίο απασχολεί τη διεθνή επιστημονική κοινότητα στον τομέα της διδακτικής. Οι εκπαιδευτικοί είναι αυτοί που καλούνται να εφαρμόσουν διαδικασίες μοντελοποίησης μέσα στην τάξη.

Στην παρούσα εργασία γίνεται αρχικά μια προσπάθεια αποσαφήνισης του όρου του μοντέλου όπως συναντάται στη διεθνή βιβλιογραφία και στη συνέχεια διαχωρίζονται οι όροι ‘νοητικό’ και ‘επιστημονικό’ μοντέλο. Έπειτα μελετάται η μοντελοποίηση ως μέσο προσέγγισης της επιστημονικής γνώσης και ως εργαλείο ανάπτυξης μεταγνωστικών δεξιοτήτων. Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται βιβλιογραφική επισκόπηση των

ερευνών που έχουν σχέση με τις αντιλήψεις μαθητών και μελλοντικών ή και εν ενεργεία εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις ΦΕ. Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας περιγράφεται η ερευνητική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα έρευνα, δηλαδή: η ανάπτυξη του ερευνητικού εργαλείου, ο στόχος της έρευνας, το δείγμα και η πιλοτική εφαρμογή με σκοπό τον έλεγχο του ερευνητικού εργαλείου της ημιδομημένης συνέντευξης που χρησιμοποιήθηκε και τέλος παρουσιάζεται το ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε. Στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας παρατίθενται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του ερευνητικού εργαλείου ενώ στο τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την έρευνά και τις προτάσεις για τις μελλοντικές έρευνες σε αυτό τον τομέα καθώς και το σχεδιασμό προγραμμάτων επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών.

Κεφάλαιο 1^ο: Τα μοντέλα και η μοντελοποίηση σε περιβάλλοντα διδασκαλίας-μάθησης των Φυσικών Επιστημών

Εισαγωγή

Όσον αφορά στην καθημερινή χρήση των μοντέλων στη σύγχρονη εποχή, ο όρος ‘μοντέλο’ χρησιμοποιείται για να περιγράψει μία μεγάλη ποικιλία αντικειμένων. Όπως περιγράφουν ο Treagust και οι συνεργάτες του (2002): «Ο ορισμός του μοντέλου είναι (1) ένα πρότυπο ή ένα παράδειγμα για αντιγραφή ή σύγκριση, (2) μία αναπαράσταση, συνήθως σε μικρή κλίμακα, (3) μία εικόνα σε πηλό ή κερί» (Macquarie Essential Dictionary, 2000:508, στο Treagust, et al., 2002, σελ. 365). Παρόμοιες ερμηνείες δίνονται και από το ηλεκτρονικό λεξικό Dictionary.com (2010), όπου ο όρος ‘μοντέλο’ ως ουσιαστικό αναφέρεται σε¹: (1) ένα πρότυπο ή παράδειγμα μίμησης ή σύγκρισης, (2) μία αναπαράσταση, γενικά ως μινιατούρα, ώστε να δείξει την κατασκευή ή εμφάνιση ενός αντικειμένου, (3) μια εικόνα σε πηλό ή κερί, (4) ένα μοτίβο ή ένας τρόπος προκειμένου να κατασκευαστεί κάτι, (5) μία τυπική μορφή ενός αντικειμένου, (6) μία απλοποιημένη αναπαράσταση ενός συστήματος ή φαινομένου, όπως στις ΦΕ ή στην επιστήμη των Οικονομικών, που χρησιμοποιείται για να περιγράψει το σύστημα ή να εξηγήσει το φαινόμενο συχνά με μαθηματικό τρόπο.

Τα μοντέλα και ο ρόλος τους στις ΦΕ είναι ένα ζήτημα το οποίο απασχολεί την επιστημονική κοινότητα εδώ και αρκετές δεκαετίες (Giere, 1999). Τα τελευταία χρόνια η έρευνα στο πεδίο των ΦΕ και της διδακτικής τους έχει αναδείξει πολλές όψεις των μοντέλων. Συγκεκριμένα, στις ΦΕ ο όρος “μοντέλο” συνδέεται με πολλές πτυχές της φυσικής πραγματικότητας. Τέτοιες είναι: “μια ιδέα, ένα αντικείμενο, ένα γεγονός, ένα σύστημα ή μία διαδικασία” (Gilbert & Boulter, 1998a, Treagust et al., 2002). Πιο αναλυτικά, όπως περιγράφουν οι Kinnear & Martin (1992, σελ. 10, στο Harrison, 2001, σελ. 401) στο βιβλίο της Βιολογίας που έχουν συγγράψει:

“Ένα μοντέλο είναι μια απλοποιημένη εικόνα της αναπαράστασης ενός πολύπλοκου αντικειμένου ή διαδικασίας. Τα μοντέλα μπορούν να μας βοηθήσουν να καταλάβουμε πώς είναι δομημένο ένα αντικείμενο ή πώς

¹ Εδώ παραθέτονται μόνο οι ορισμοί της λέξης ‘μοντέλο’ που μπορούν να ενταχθούν στο πλαίσιο της κατανόησης των μοντέλων στις ΦΕ και παραλείπονται ορισμοί που αφορούν, για παράδειγμα, το μοντέλο ως επάγγελμα ή ως αντικείμενο προς μίμηση από έναν καλλιτέχνη, και άλλα.

εξελίσσεται μια διαδικασία. Ένα καλό μοντέλο επίσης μας βοηθάει να κάνουμε προβλέψεις σχετικά με το πώς μπορεί να συμπεριφερθεί ένα αντικείμενο. Ένα μοντέλο, παρόλα αυτά, δεν είναι το αληθινό αντικείμενο και τα αποδεκτά μοντέλα μπορούν να αλλάζουν καθώς υπάρχουν νέες πληροφορίες διαθέσιμες.”

Τα μοντέλα είναι ιδιαίτερα σημαντικά στις ΦΕ γιατί πολλά πραγματικά αντικείμενα, συστήματα, διαδικασίες ή φαινόμενα δεν μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα από τις αισθήσεις κι αυτό είτε γιατί είναι πολύ μικρά ή πολύ μεγάλα, είτε γιατί είναι πολύπλοκα και χρειάζεται μια βαθμιαία, τμηματική ανάλυσή τους (Hallun, 2006, 2007). Σε πρώτο στάδιο ξεκινούν ως νοητές κατασκευές που μας βοηθούν να σχηματίσουμε στο μυαλό μας μια εικόνα για πράγματα που δεν μπορούμε να δούμε και μας επιτρέπουν να διατυπώσουμε προβλέψεις σχετικά με αθέατες πλευρές της φύσης, όπως το ατομικό μοντέλο (Hewitt, 2005)².

Στην διδασκαλία τα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσα για την απόκτηση της γνώσης που θέλουμε να παρέχουμε στους μαθητές (διδασκτικά μοντέλα) (Gilbert et al., 2003, Justi & Gilbert, 2002, Robtain et al., 2006, Portides, 2007). Λειτουργούν ως δομικές μονάδες γνώσης και χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν παρατηρούμενα μοτίβα (*patterns*) στα υπό μελέτη φυσικά φαινόμενα (Justi & Gilbert, 2002). Τα μοντέλα θεωρούνται αποτελεσματικές διδακτικές και μαθησιακές στρατηγικές, όπως οι αναλογίες και οι μεταφορές (Harrison, 2001). Η χρήση των μοντέλων είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όταν τα φαινόμενα και οι έννοιες που θέλουμε να μελετήσουμε είναι είτε αφηρημένα (όπως η έννοια του μαγνητικού πεδίου), είτε μη παρατηρήσιμα (όπως τα άτομα ή τα μόρια), είτε δεν μπορούν να εξηγηθούν αλλιώς παρά μόνο με τη χρήση αναλογιών (όπως η διάθλαση του φωτός) (Harrison, 2001, Matthews, 2007). Δύο βασικές ιδιότητες των μοντέλων στην διδασκαλία είναι η «προφητική» τους φύση και η δυνατότητα να παρέχουν την εικόνα του τι συμβαίνει σε αυτή καθαυτή τη φύση του φαινομένου. Είναι δηλαδή εργαλεία πρόβλεψης και συσχέτισης της επιστημονικής θεωρίας με την πραγματικότητα, αν και οι πραγματικές τους δυνατότητες δεν χρησιμοποιούνται ολοκληρωμένα στην τάξη (Treagust et al., 2002).

² Σε αυτό το σημείο είναι καλό να αναφέρουμε την επισήμανση του Hewitt (2005) πως κατά την τελειοποίηση του μοντέλου του ατόμου, ο Niels Bohr ανακοίνωσε ότι το μοντέλο που παρομοιάζει το άτομο με το ηλιοκεντρικό σύστημα δεν πρέπει να λαμβάνεται κατά γράμμα. Παρόλα αυτά η εικόνα του ατόμου ως ηλιακού συστήματος σε μικρογραφία επικράτησε και χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα σε σχολικά εγχειρίδια ακόμη κι αν η επιστημονική θεωρία που πλαισιώνει τα ατομικά φαινόμενα έχει τροποποιηθεί. Σε αυτό το σημείο ο Hewitt αναφέρει πως «...ως μοντέλο, δεν είναι κακό – για έναν αρχάριο. Όπως και τα περισσότερα πρώιμα μοντέλα, αποτέλεσε ένα βήμα προς την πληρέστερη κατανόηση της δομής του ατόμου και προς την ανάπτυξη ακριβέστερων μοντέλων. Ωστόσο, όπως και οποιοδήποτε άλλο μοντέλο, θα πρέπει να θεωρηθεί απλώς ως συμβολική αναπαράσταση του πραγματικού ατόμου και όχι ως φυσική του εικόνα» (2005, σελ. 211).

Η χρησιμοποίηση των μοντέλων και η ανάπτυξη τεχνικών μοντελοποίησης των ΦΕ , *'model-based view of science'*, 'MBV' (Koronen, 2007), παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση της γνώσης. Αυτό ισχύει διότι οι ίδιες οι ΦΕ είναι ένα σύνολο μοντέλων: οι ΦΕ μπορούν να θεωρηθούν ως ένα περίπλοκο σύστημα μοντέλων που σχετίζονται μεταξύ τους, εμπεριέχουν, αναπαριστούν και αλληλεπιδρούν με τις θεωρητικές αρχές που πλαισιώνουν την επιστήμη (Hallun, 2006, Gilbert, 1991, Justi & Gilbert, 2002, Vosniadou, 2001, Grandy, 2003).

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται οι όψεις των μοντέλων όπως συναντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία και αφορούν τη διδακτική των ΦΕ. Τονίζονται επίσης τα βασικά χαρακτηριστικά των επιστημονικών και των νοητικών μοντέλων καθώς και η σημασία της μοντελοποίησης στις ΦΕ.

1.1 Όψεις των μοντέλων

Υπάρχουν διάφορες κατηγοριοποιήσεις των μοντέλων, είτε σε συνάρτηση με τη μορφή τους, είτε σε σχέση με το πώς αυτά γίνονται αντιληπτά, λειτουργούν ή χρησιμοποιούνται. Παρατηρείται μάλιστα ότι πολλοί συγγραφείς που ασχολούνται με τη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ τείνουν να αναπτύσσουν τις δικές τους ερμηνείες για τα μοντέλα ανεξάρτητα από το θεωρητικό φιλοσοφικό πλαίσιο στο οποίο ένα μοντέλο μπορεί να υπάγεται (Koronen, 2007). Η παλαιότερη κατηγοριοποίηση των μοντέλων, όπως προκύπτει από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας, φαίνεται να αποδίδεται στον Black (1962, στο Gilbert & Osborne, 1980, στο Ingham & Gilbert, 1991, κ.ά.) ο οποίος κατηγοριοποιεί τα μοντέλα σε:

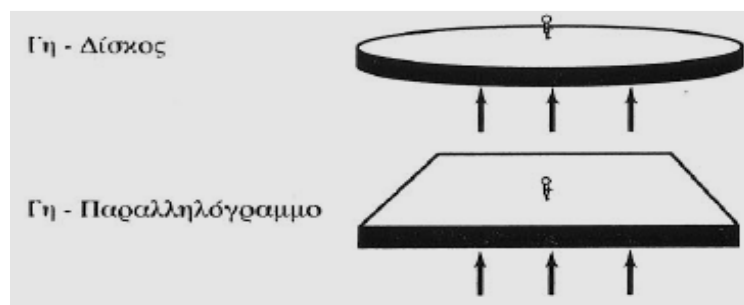
- Μοντέλα υπό κλίμακα, τα οποία είναι ομοιώματα αντικειμένων, συστημάτων ή διαδικασιών και διατηρούν σχετικές αναλογίες (όπως είναι οι μακέτες κτιρίων).
- Αναλογικά μοντέλα, τα οποία αναπαριστούν όσο το δυνατόν πιο πιστά ένα υλικό αντικείμενο, σύστημα ή διαδικασία με τρόπο που να είναι εμφανής μια αναλογική σχέση (όπως ένα σύστημα με μπάλες και ράβδους για την αναπαράσταση κρυσταλλικής δομής στερεών σωμάτων)
- Μαθηματικά μοντέλα, τα οποία είναι στην ουσία μαθηματικές εξισώσεις και συμβολικοί τύποι (όπως η εξίσωση που περιγράφει την κίνηση ενός σώματος)
- Θεωρητικά μοντέλα, τα οποία αποτελούνται από θεωρητικές αρχές, κανόνες και υποθετικές αναλογίες (όπως θεωρείται η παραδοχή ότι 'το μαγνητικό πεδίο ενεργεί σαν να αποτελείται από δυναμικές γραμμές που ενώνουν τον βόρειο με τον νότιο πόλο).
- Αρχέτυπα (*archetype*) μοντέλα, τα οποία είναι και τα πιο αφηρημένα και αποτελούν ένα συστηματικό σύνολο ιδεών μέσω των οποίων περιγράφεται ένα φαινόμενο, σύστημα ή έννοια (όπως το μοντέλο της ατομικής θεωρίας).

Στρέφοντας το ενδιαφέρον σε όσο το δυνατόν πιο πρόσφατες έρευνες, παρατηρείται ότι υπάρχει μεγαλύτερο εύρος κατηγοριών και μάλιστα με πιο συγκεκριμένα κριτήρια. Σε αυτό το σημείο θεωρούμε σημαντικό να αναφερθούν οι όψεις των μοντέλων, όπως αυτά κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τη φύση τους, την μορφή τους, τις λειτουργίες τους, τον τρόπο αναπαράστασής τους και την παρουσία τους στα σχολικά εγχειρίδια.

Κατηγοριοποίηση ως προς τη φύση των μοντέλων

Σύμφωνα με τους Gilbert et al., (2000) τα μοντέλα κατηγοριοποιούνται ως προς τη φύση τους σε: νοητικά, εκφρασμένα, συναίνεσης, επιστημονικά, ιστορικά, αναλυτικών προγραμμάτων, υβριδικά μοντέλα, μοντέλα που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία (για τα οποία σε αυτή την εργασία θα χρησιμοποιείται ο όρος διδακτικά μοντέλα) και παιδαγωγικά μοντέλα. Πιο αναλυτικά:

- Νοητικά μοντέλα³ (*mental models*), είναι οι ιδιαίτερες προσωπικές γνωστικές αναπαραστάσεις (βλ. ενότητα 1.1.2). Μια σχηματική αναπαράσταση ενός νοητικού μοντέλου είναι το μοντέλο της Γης ως δίσκος ή παραλληλόγραμμο, όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα 1 και αφορά νοητικά μοντέλα που έχουν οικοδομήσει παιδιά δημοτικού σχολείου για το σχήμα της γης (Vosniadou & Brewer, 1992):

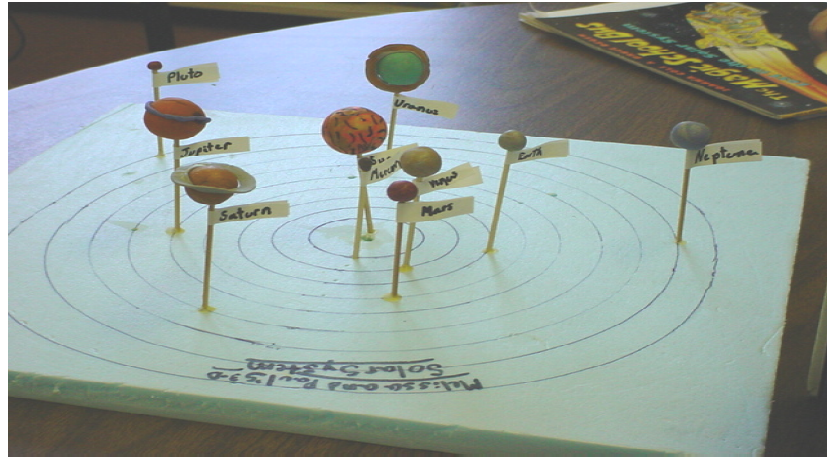


Εικόνα 1. Αρχικά νοητικά μοντέλα της Γης, παιδιών δημοτικού.⁴

- Εκφρασμένο μοντέλο (*expressed model*), είναι ένα νοητικό μοντέλο που κοινοποιείται από ένα άτομο είτε προφορικά, είτε γραπτά. Εκφρασμένα μοντέλα είναι και τα παραπάνω μοντέλα, εφόσον έχουν δημοσιοποιηθεί (στην περίπτωση της παραπάνω μελέτης τα συγκεκριμένα μοντέλα παρουσιάστηκαν απτά, με κατασκευές από πλαστελίνη από τους μαθητές). Αντίστοιχη παρουσίαση εκφρασμένου μοντέλου είναι το μοντέλο του πλανητικού συστήματος, όπως το κατασκεύασαν παιδιά δημοτικού στα πλαίσια μιας διδασκαλίας για το πλανητικό σύστημα και παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα 2:

³ Τα νοητικά μοντέλα έχουν πολύ σημαντικό ρόλο στη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ και για αυτό το λόγο η σημασία τους καθώς και τα χαρακτηριστικά τους αναλύονται εκτενέστερα σε επόμενη ενότητα της εργασίας.

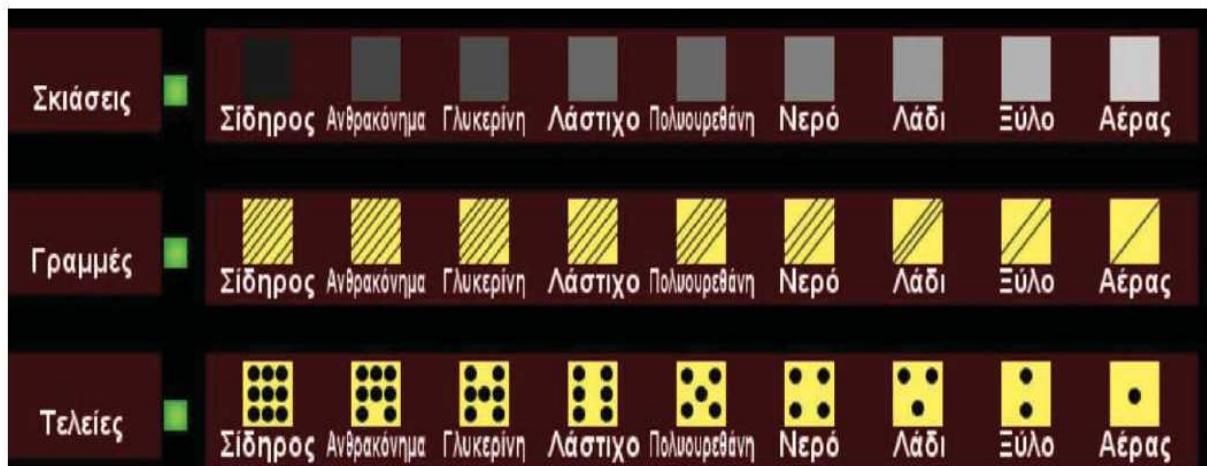
⁴ Πηγή: Vosniadou, 2001.



Εικόνα 2: Πλανητικό μοντέλο με πλαστελίνες και οδοντογλυφίδες⁵

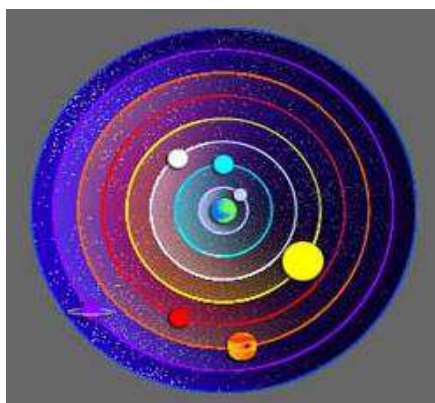
- Τα μοντέλα συναίνεσης (*consensus models*), είναι τα εκφρασμένα μοντέλα τα οποία έχουν γίνει κατόπιν συζήτησης κοινώς αποδεκτά από μία ομάδα η συγκεκριμένη κοινότητα. Εδώ σημειώνεται ότι κατά τους Gilbert et al. (2000) ένα μοντέλο συναίνεσης όταν γίνεται αποδεκτό από επιστήμονες, μετά από επίσημη πειραματική αξιολόγησή του καλείται επιστημονικό μοντέλο (βλ. ενότητα 1.1.1) Μοντέλο συναίνεσης είναι τα μοντέλα της παρακάτω εικόνας 3 με τα οποία μπορεί να περιγραφεί η έννοια της πυκνότητας στα υλικά, αναλόγως με την ένταση της σκίασης στα τετράγωνα ή την ποσότητα των γραμμών ή των κουκίδων που περιέχει κάθε τετράγωνο. Το τελευταίο μοντέλο στην παρακάτω εικόνα είναι το λεγόμενο “μοντέλο του συνωστισμένου πλήθους” που χρησιμοποιείται από τους Καριώτογλου et al. (2010) στα πλαίσια του προγράμματος ‘Materials Science Project’. Παρουσιάζεται ως μοντέλο συναίνεσης γιατί είναι αποδεκτό και χρησιμοποιείται από μια επιστημονική κοινότητα μετά από δημοσίευσή και έγκρισή του. Το συγκεκριμένο μοντέλο άρχισε να αναγνωρίζεται και να χρησιμοποιείται μετά από αρκετές παλαιότερες έρευνες (Havu-Nuutinen, 2005, Smith & Unger, 1997, Snir et al., 1993).

⁵ Πηγή: <http://www.keystone.fi.edu/visits/nikidonato.shtml>

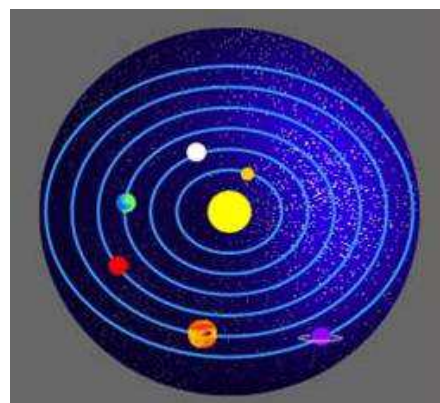


Εικόνα 3: Μοντέλα συναίνεσης για την έννοια της πυκνότητας⁶

- Ιστορικά μοντέλα (*historical models*), είναι τα μοντέλα συναίνεσης, τα οποία μέσα σε συγκεκριμένο ιστορικό πλαίσιο, χρησιμοποιήθηκαν για ερευνητικούς σκοπούς ως επιστημονικά μοντέλα και αργότερα για διδακτικούς σκοπούς (ακόμη και αν δεν είχαν πια επιστημονική εγκυρότητα). Δείγματα ιστορικών μοντέλων είναι το γεωκεντρικό μοντέλο του Πτολεμαίου, το ηλιοκεντρικό σύστημα του Κέπλερ (εικόνες 4 και 5 αντίστοιχα) καθώς και τα ατομικά μοντέλα των Thomson και Rutherford (εικόνες 6 και 7 αντίστοιχα). Αυτά αποτέλεσαν επιστημονικά μοντέλα κατά την μελέτη και διατύπωση των αντίστοιχων θεωριών αλλά τώρα χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία κυρίως για να παρουσιάσουν την ιστορική εξέλιξη της επιστήμης και του επιστημονικού τρόπου σκέψης.



Εικόνα 4: Γεωκεντρικό σύστημα – μοντέλο Πτολεμαίου⁷

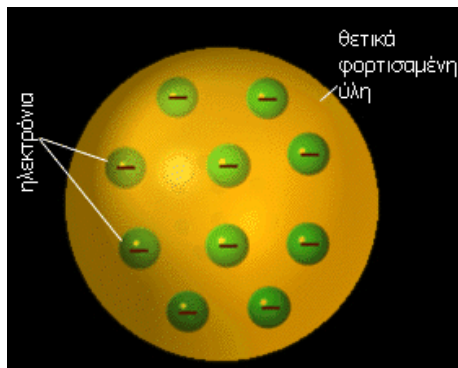


Εικόνα 5: Ηλιοκεντρικό σύστημα – μοντέλο Κέπλερ⁸

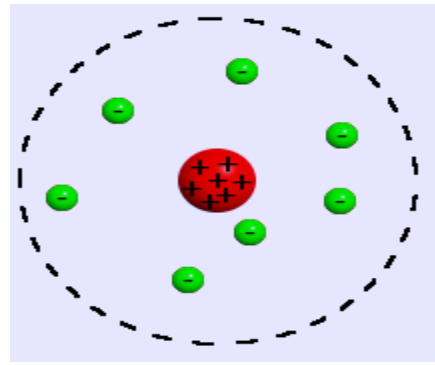
⁶ Πηγή: Η πυκνότητα των υλικών σε φαινόμενα πλεύσης/βύθισης: Πειραματικές διαδικασίες και Μοντελοποίηση. Βιβλιάριο εκπαιδευτικού. 2010.

⁷ Πηγή: <http://www.pbs.org/wnet/hawking/universes/html/ptole.html>

⁸ Πηγή: http://www.pbs.org/wnet/hawking/universes/html/univ_kepler.html

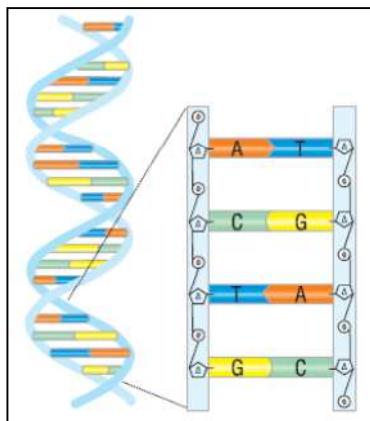


Εικόνα 6: Μοντέλο Thomson (1904)⁹

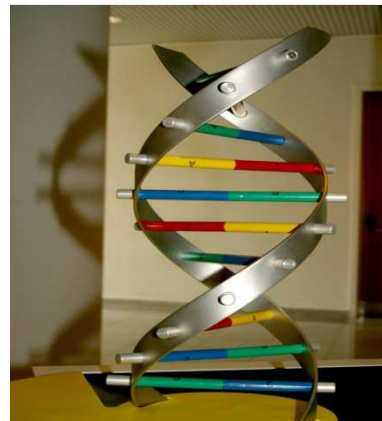


Εικόνα 7: Μοντέλο Rutherford (1911)¹⁰

- Τα μοντέλα αναλυτικών προγραμμάτων (*curricular models*), είναι τα ιστορικά ή επιστημονικά μοντέλα που έχουν απλοποιηθεί και περιλαμβάνονται σε ένα επίσημο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών. Μοντέλα αναλυτικού προγράμματος θεωρούνται απλοποιημένα επιστημονικά μοντέλα, όπως αυτά χρησιμοποιούνται και διδάσκονται σε σχολεία, με χαρακτηριστικό παράδειγμα το μοντέλο της διπλής έλικας του DNA. Αυτό μπορεί να παρουσιάζεται είτε σχηματικά, μέσω εικόνων σε σχολικά εγχειρίδια (εικόνα 8), είτε μέσω μιας τρισδιάστατης διάταξης – κατασκευής (εικόνα 9):



Εικόνα 8: Σχηματική αναπαράσταση της διπλής έλικας του DNA¹¹



Εικόνα 9: Διάταξη που αναπαριστά τρισδιάστατα την διπλή έλικα του DNA¹².

- Τα διδακτικά μοντέλα (*teaching models*), είναι εκδοχές των μοντέλων συναίνεσης, των ιστορικών μοντέλων και των μοντέλων των αναλυτικών προγραμμάτων που

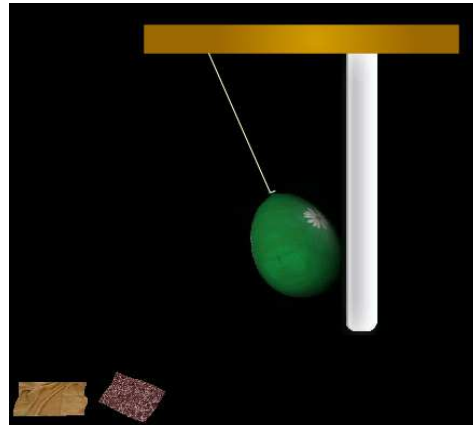
⁹ Πηγή: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/593128/Thomson-atomic-model>

¹⁰ Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/Rutherford_model

¹¹ Πηγή: Σχολικό βιβλίο Βιολογίας Γ' Γυμνασίου, σελ. 99.

¹² Πηγή: <http://www.eugenfound.edu.gr/frontoffice/popup.asp?cpage=cdog&oid=152>

έχουν αναπτυχθεί είτε από τους διδάσκοντες είτε από τους ίδιους τους μαθητές. Όπως αναφέρουν οι Καριώτογλου et al. (2010), τα μοντέλα αυτά αναπτύσσονται ειδικά για να διευκολύνουν τους μαθητές να κατανοήσουν τα μοντέλα συναίνεσης και να υποστηρίξουν την εξέλιξη των νοητικών μοντέλων σε συγκεκριμένες επιστημονικές περιοχές. Δείγμα διδακτικού μοντέλου μπορεί να θεωρηθεί το προσομοιωμένο μοντέλο αναπαράστασης της φόρτισης υλικών (εικόνα 10).



Εικόνα 10: Προσομοιωμένο διδακτικό μοντέλο της ηλεκτρικής έλξης φορτισμένου μπαλονιού σε γυάλινη φορτισμένη ράβδο¹³.

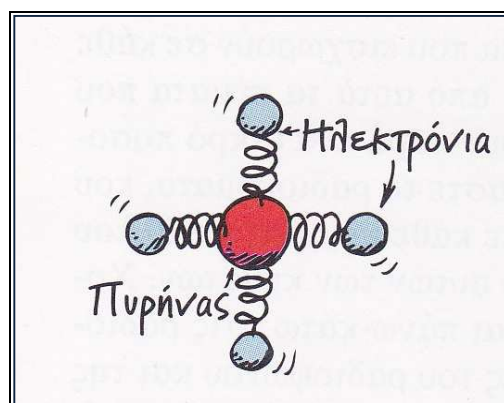
- Τα υβριδικά μοντέλα (*hybrid models*), συναντώνται σε διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης – διδασκαλίας. Είναι μια σύνθεση επιστημονικών μοντέλων, των ιστορικών μοντέλων και των μοντέλων των αναλυτικών προγραμμάτων και χρησιμοποιούνται για τους σκοπούς του αναλυτικού προγράμματος και της διδασκαλίας. Υβριδικό μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί και το παραπάνω μοντέλο του ηλιοκεντρικού συστήματος της εικόνας 5, εφόσον είναι επιστημονικό ιστορικό μοντέλο που απλοποιείται και αξιοποιείται από το αναλυτικό πρόγραμμα και χρησιμοποιείται στη διδασκαλία.
- Τα παιδαγωγικά μοντέλα, *models of pedagogy*, είναι αυτά που χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς κατά τον σχεδιασμό, την πρακτική διαχείριση της γνώσης και τον αναστοχασμό σχετικά με τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην τάξη και αφορούν την φύση των ΦΕ καθώς και τη φύση της διδασκαλίας – μάθησής τους.

¹³ Πηγή: Πετρίδου, 2008, σελ. 77.

Παρόμοια κατηγοριοποίηση ως προς τη φύση των μοντέλων δίνεται κι από την Ornek (2008) η οποία τα κατηγοριοποιεί γενικότερα σε: νοητικά μοντέλα, εννοιολογικά μοντέλα ή αλλιώς διδακτικά μοντέλα και επιστημονικά μοντέλα (*physics models*) των ΦΕ:

- Τα νοητικά μοντέλα είναι οι προσωπικές νοερές αναπαραστάσεις που δημιουργεί ένας άνθρωπος για μία κατάσταση, φαινόμενο ή έννοια, προκειμένου να την κατανοήσει και να την εξηγήσει.
- Τα εννοιολογικά ή διδακτικά μοντέλα αφορούν σε εξωτερικές αναπαραστάσεις που δημιουργούνται από τους εκπαιδευτικούς ή τους επιστήμονες με σκοπό να γίνει κατανοητή μία κατάσταση, ένα φαινόμενο ή μία έννοια και μπορούν να περιλαμβάνουν μαθηματικά μοντέλα (δηλαδή μαθηματικούς τύπους και εκφράσεις), μοντέλα από ηλεκτρονικό υπολογιστή (προσομοιώσεις, δυναμικές δισδιάστατες ή τρισδιάστατες αναπαραστάσεις) ή φυσικά μοντέλα (δηλαδή πραγματικές κατασκευές από απτά υλικά).

Σε αυτό το σημείο παρατηρείται πως ως εννοιολογικό μοντέλο μπορεί να ορισθεί και το μοντέλο του συνωστισμένου πλήθους για την έννοια της πυκνότητας (βλ. εικ. 3) ή το μοντέλο των ελατηρίων (όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 11). Εδώ παρουσιάζεται η σύνδεση των ηλεκτρονίων του ατόμου με τον πυρήνα με ελατήρια, προκειμένου να γίνει κατανοητή η συμπεριφορά τους κατά την διέλευση φωτός.

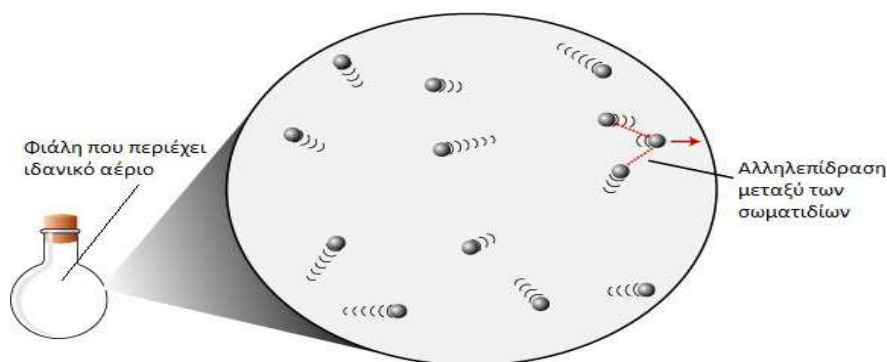


Εικόνα 11. Μοντέλο ελατηρίων¹⁴

- Τα μοντέλα των ΦΕ είναι απλοποιημένες και εξιδανικευμένες αναπαραστάσεις μιας κατάστασης, ενός φαινομένου ή μίας έννοιας, και μπορούν να περιλαμβάνουν εννοιολογικά μοντέλα, μέσω των οποίων γίνεται δυνατή η παρουσίαση της γνώσης.

¹⁴ Πηγή: Hewitt, 2005.

Σύμφωνα με αυτή την κατηγοριοποίηση, μοντέλο ΦΕ θεωρείται το μοντέλο των ιδανικών αερίων, το οποίο χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για να μελετήσουν κατά προσέγγιση τις ιδιότητες και τη συμπεριφορά αερίων. Σύμφωνα με αυτό, κάθε αέριο αποτελείται από μικρά σωματίδια που συμπεριφέρονται σαν μπάλες οι οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με ελαστικές συγκρούσεις (όπως φαίνεται στην εικόνα 12).



Εικόνα 12: Μοντέλο αερίων¹⁵

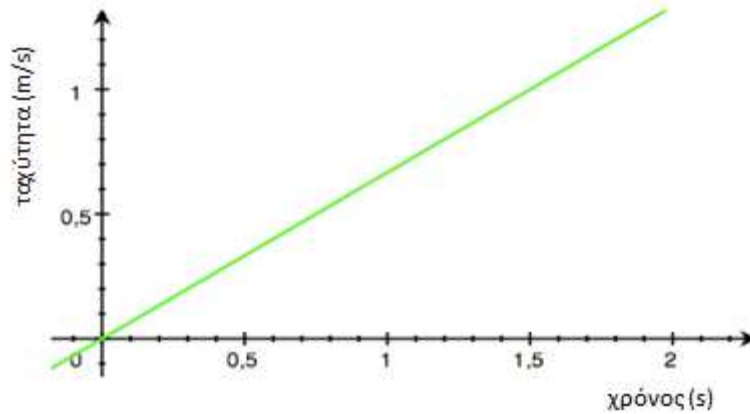
Κατηγοριοποίηση ως προς τη μορφή των μοντέλων

Πέρα από αυτόν τον ουσιαστικό διαχωρισμό των μοντέλων ως προς τη φύση τους, υπάρχουν περαιτέρω κατηγορίες μοντέλων ως προς τις μορφές τους. Κατά τον Gilbert (1991) τα μοντέλα κατηγοριοποιούνται ως προς την μορφή τους, δηλαδή ως προς τον τρόπο που γίνονται αντιληπτά, σε:

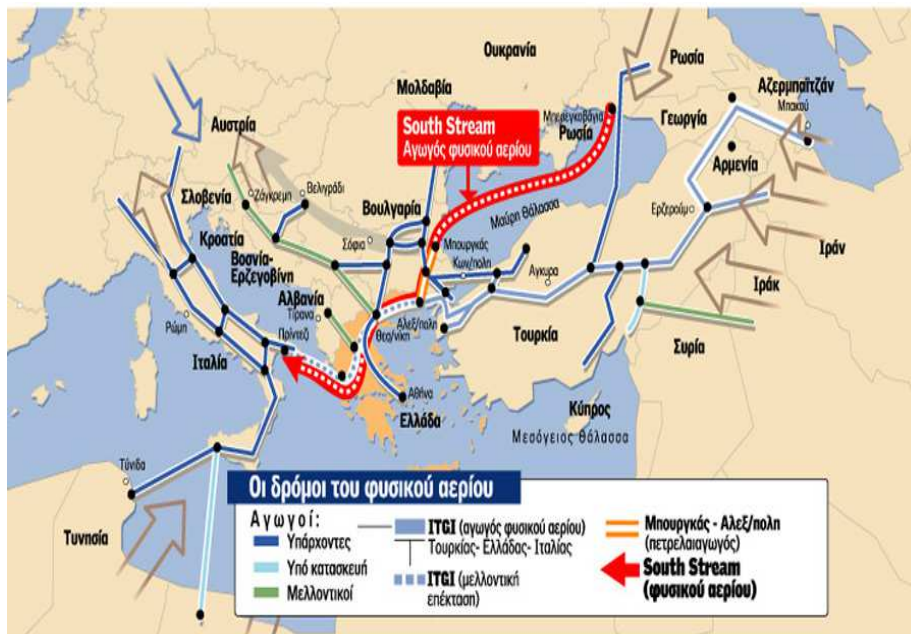
- Μοντέλα ως βάσεις δεδομένων, που περιέχουν πίνακες δεδομένων, διαγράμματα, εικόνες, γραφήματα. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν δηλαδή οι γραφικές αναπαραστάσεις, οι πίνακες αριθμητικών δεδομένων¹⁶, τα ραβδογράμματα, οι χάρτες και άλλα. Στις παρακάτω εικόνες 12 και 13 παρουσιάζεται η γραφική παράσταση ταχύτητας χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση ενός στερεού σώματος, καθώς και ένας ενεργειακός χάρτης:

¹⁵ Πηγή: http://preparatorychemistry.com/Bishop_Real_Gases.htm

¹⁶ Σε αυτό το σημείο γίνεται αντιληπτό πως μοντέλο δεν θεωρείται ένας πίνακας που περιλαμβάνει ασυσχέτιστα μεταξύ τους δεδομένα, αλλά ένας πίνακας του οποίου τα δεδομένα εμφανίζουν μια σχέση εξάρτησης και μπορούν να στελεχώσουν μια θεωρία γύρω από μία έννοια.



Εικόνα 13: Γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση¹⁷.



Εικόνα 14: Ενεργειακός χάρτης του ρωσο-ιταλικού project South Stream για την ανατολική Ευρώπη, 2008¹⁸.

- Μοντέλα που είναι ακριβείς αναπαραστάσεις, όπως ακριβή ή υπό κλίμακα αντίγραφα, δείγματα και άλλα. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα μοντέλα που αναπαριστούν ένα σύστημα ή αντικείμενο, όπως η μινιατούρα ενός πλοιαρίου (εικόνα 15).

¹⁷ Πηγή: <http://el.wikipedia.org/wiki>.

¹⁸ Πηγή: <http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=12336&subid=2&pubid=1721091#>



Εικόνα 15: Μινιατούρα πλοίου¹⁹

- Μοντέλα ως αναλογίες, μοντέλα δηλαδή με συγκεκριμένες αντιστοιχίες ως προς ένα πραγματικό σύστημα. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται μεταφορικά ως προς το σύστημα που αναπαριστούν, όπως η χρησιμοποίηση μιας μπάλας του μπάσκετ και μιας μπάλας του πινγκ-πονγκ για τη σύγκριση του μεγέθους του ήλιου με αυτό της γης, ή μια κατασκευή όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 16:



Εικόνα 16: Πλανητικό σύστημα με σφαίρες για την αναλογία του μεγέθους των πλανητών του ηλιακού συστήματος²⁰

- Μοντέλα - προσομοιώσεις, όπως είναι τα παιχνίδια προσομοιώσεων σε υπολογιστές, οι τεχνητές αναπαραστάσεις φαινομένων, τα παιχνίδια ρόλων και άλλα. Ενα λογισμικό προσομοίωσης πτήσης, η κατασκευή σε ένα εργαστήριο ενός μικρού ανεμοστρόβιλου ή η αναπαράσταση του ηλιακού συστήματος ή του ατόμου, με τους

¹⁹ Πηγή: http://unityandform.blogspot.com/2010_09_01_archive.html

²⁰ Πηγή: <http://flyingsinger.blogspot.com/2010/06/not-in-my-back-yard.html>

ίδιους τους μαθητές να έχουν τον ρόλο των πλανητών ή των ηλεκτρονίων, είναι παραδείγματα τέτοιων μοντέλων (εικόνες 17, 18 και 19 αντίστοιχα).



Εικόνα 17: Εξομοιωτής πτήσης σε ηλεκτρονικό υπολογιστή²¹



Εικόνα 18: Τεχνητή αναπαράσταση ανεμοστρόβιλου²²



Εικόνα 19: Παιχνίδι ρόλων με μαθητές²³

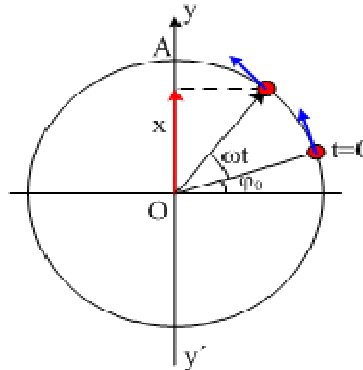
- Μοντέλα ως διαδικαστικές αναπαραστάσεις, όπως είναι ένα σύστημα νόμων ή κανόνων, με κατευθύνσεις, σχήματα, μήτρες και άλλα. Σε αυτή την κατηγορία είναι τα μοντέλα που αναπαριστούν μια δυναμική διαδικασία ενός συστήματος ή που περιγράφουν την δυναμική συσχέτιση των μεταβλητών ενός συστήματος. Έτσι, το

²¹ Πηγή: <http://tutsugi.blogspot.com/2010/07/enjoy-flying-with-flight-simulator.html>

²² Πηγή: <http://www.stevespanglerscience.com/experiment/00000056>

²³ Πηγή: <http://www.brightonavenueprimary.org/classes/nurture-groups/>

περιστρεφόμενο διάνυσμα που αναπαριστά την περιοδική κίνηση, διέπεται από ορισμένους κανόνες και εκφράζει τη συσχέτιση διαφορών μεταβλητών αποτελεί τέτοιο μοντέλο (εικόνα 20).

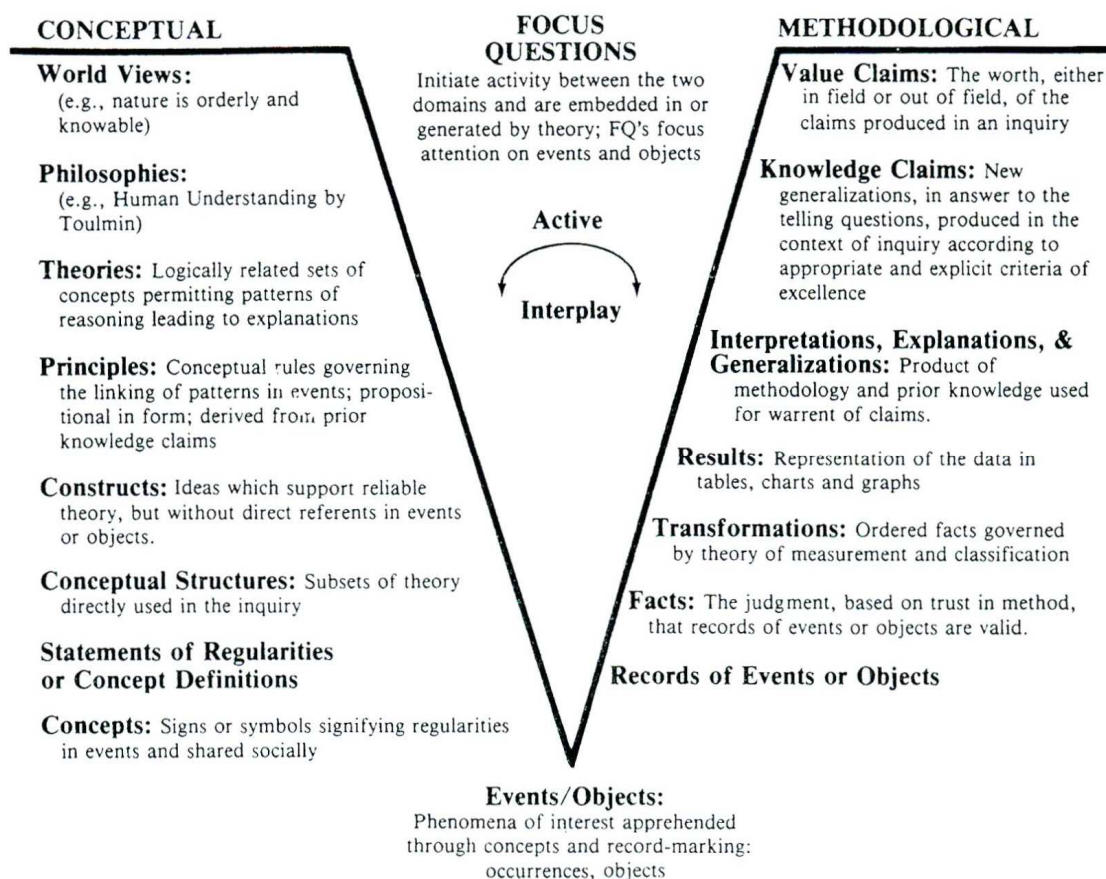


Εικόνα 20: Στρεφόμενο διάνυσμα που περιγράφει απλή αρμονική ταλάντωση με αρχική φάση ϕ_0 ²⁴

- Μοντέλα ως νοητικές, θεωρητικές αναπαραστάσεις, που μπορεί να περιλαμβάνουν προφορικές ή γραπτές οδηγίες, μαθηματικούς τύπους, προβλέψεις και υποθέσεις, εννοιολογικούς χάρτες, διαγράμματα “Vee”²⁵ και άλλα. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται τα μοντέλα που αποτελούν ένα σύνολο ενεργειών, όπως η συγκεκριμένη μεθοδολογία που πρέπει να ακολουθήσει κάποιος για την επίλυση ενός συγκεκριμένου τύπου προβλημάτων στις ΦΕ. Τέτοιου είδους μοντέλου είναι το διάγραμμα Vee που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 21:

²⁴ Πηγή: <http://dmargaris2.blogspot.com/2008/08/blog-post.html>

²⁵ Το διάγραμμα Vee δημιουργήθηκε από τον καθηγητή Βιολογίας του Πανεπιστημίου του Cornell, D. B. Gowin για να μπορούν οι μαθητές του να αποκτήσουν μια συγκεκριμένη ροή κατά τη διάρκεια μιας πειραματικής διαδικασίας και να αναπτύξουν μια δομημένη σειρά ενεργειών ώστε να μπορούν να συσχετίσουν τις ενέργειές τους με την πορεία της πειραματικής διαδικασίας και με τις έννοιες που μελετούν. Το συγκεκριμένο διάγραμμα κατέληξε να χρησιμοποιείται γενικά ως ένα δομημένο μοντέλο του τρόπου με τον οποίο πρέπει να διερευνούνται προβλήματα στα μαθηματικά και στις Φυσικές Επιστήμες (Thiessen, R., 1993, Afamasaga-Fuata'i, K., 2007)



Εικόνα 21: Διάγραμμα Vee²⁶.

Κατηγοριοποίηση ως προς τη λειτουργία των μοντέλων

Οι Carpenter & Romberg (2004, στο Πετρίδου, 2008) κατηγοριοποιούν τα μοντέλα ανάλογα με τη λειτουργία τους σε²⁷:

- Μοντέλα απεικόνισης: Είναι τα μοντέλα που διατηρούν κάποια φυσικά χαρακτηριστικά του συστήματος που μελετάται, αλλά εκ των πραγμάτων δεν λειτουργούν όπως το φυσικό σύστημα, παρ' όλο που μοιάζουν και κατασκευάστηκαν περίπου όπως αυτό. Δείγμα αυτής της κατηγορίας των μοντέλων είναι η υδρόγειος σφαίρα (εικόνα 22) ή μια μακέτα ενός εργοστασίου.

²⁶ Πηγή: Afamasaga-Fuata'i, (2007).

²⁷ Οι όροι που χρησιμοποιούνται στην βιβλιογραφία είναι αντίστοιχα 'models that "look like", models that "function like", descriptive models και explanatory ή casual models (στο Πετρίδου, 2008).



Εικόνα 22: Υδρόγειος σφαίρα²⁸

- Μοντέλα λειτουργίας: Θεωρούνται τα μοντέλα που αναπαριστούν δυναμικά την λειτουργία ενός αντικειμένου, μπορούν δηλαδή να τεθούν σε κίνηση για να περιγράψουν πλήρως την συμπεριφορά ενός αντικειμένου. Μοντέλο λειτουργίας είναι το μοντέλο ενός κινητήρα με σκοπό να μελετηθεί η λειτουργία του ξεχωριστά από το υπόλοιπο σύστημα (εικόνα 23).



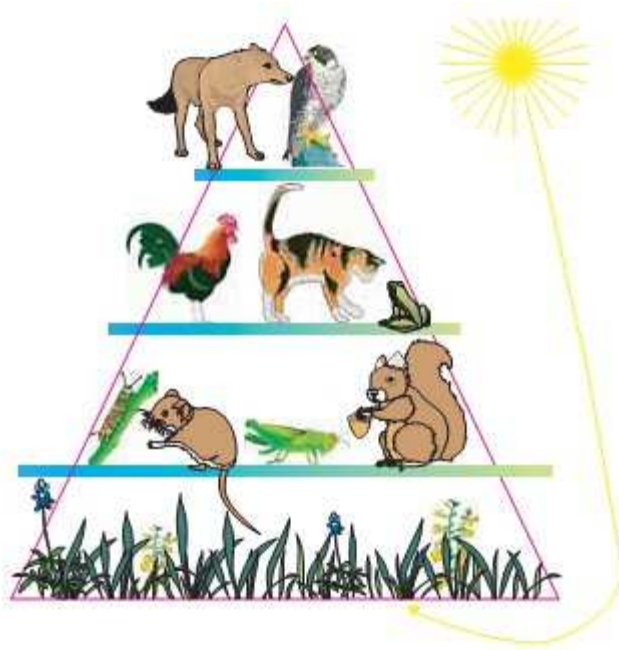
Εικόνα 23: Μοντέλο κινητήρα μηχανής²⁹

- Περιγραφικά μοντέλα: Είναι τα μοντέλα που αναπαριστούν τα χαρακτηριστικά ενός φαινομένου ή συστήματος με συγκεκριμένο τρόπο, όπως μια γραφική παράσταση, ένας πίνακας ή ακόμη και μία μαθηματική σχέση, και μπορούν να αναπαραστήσουν τη σχέση αλληλεξάρτησης μεταβλητών του υπό μελέτη φαινομένου. Η απεικόνιση της

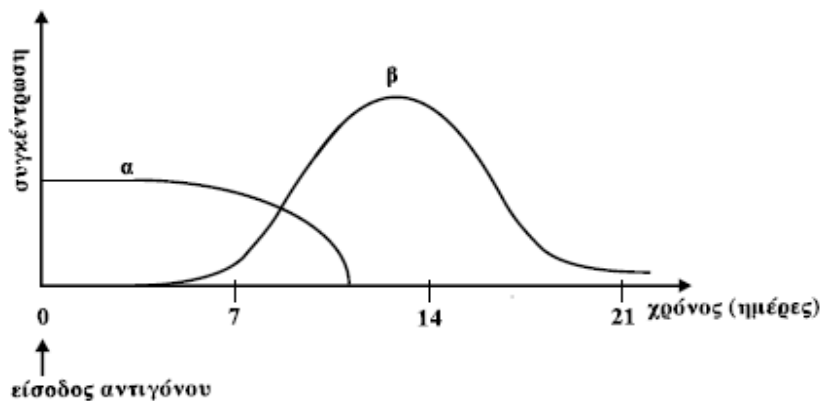
²⁸ Πηγή: <http://en.wikipedia.org/wiki/Globe>

²⁹ Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/File:BMW_S65_Engine_Model.JPG

σχέσης εξάρτησης του πληθυσμού των καταναλωτών πρώτης, δεύτερης και τρίτης τάξης ενός οικοσυστήματος με τον πληθυσμό των παραγωγών του οικοσυστήματος, κάτι που μπορεί να γίνει με μία γραφική παράσταση ή με ένα γράφημα – πυραμίδα, είναι ένα περιγραφικό μοντέλο (εικόνα 24). Επίσης είναι δυνατόν να παρουσιαστεί η γραφική παράσταση της μεταβολής της συγκέντρωσης αντιγόνων και αντισωμάτων μετά την είσοδο αντιγόνου στον ανθρώπινο οργανισμό (εικόνα 25).



Εικόνα 24: Πυραμίδα σχέσης παραγωγών καταναλωτών σε ένα οικοσύστημα.³⁰



Εικόνα 25: Γραφική παράσταση μεταβολής συγκέντρωσης αντιγόνων (καμπύλη – α) και αντισωμάτων (καμπύλη – β) μετά την είσοδο αντιγόνου στον ανθρώπινο οργανισμό.³¹

³⁰ Πηγή: <http://digitalschool.minedu.gov.gr>

³¹ Πηγή: Πανελλήνιες εξετάσεις βιολογίας γενικής παιδείας γ' λυκείου, 2011, θέμα 4°.

- Επεξηγηματικά μοντέλα: Είναι τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την μελέτη και κατανόηση του ίδιου του μηχανισμού με τον οποίο λαμβάνει χώρα ένα φαινόμενο ή λειτουργεί ένα σύστημα και επιπλέον έχουν προβλεπτική ισχύ. Επεξηγηματικό μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί ο λεκτικός κανόνας για την ερμηνεία και πρόβλεψη του φαινομένου πλεύσης – βύθισης σε σχέση με την πυκνότητα ενός σώματος (εικόνα 26)

“Όταν η πυκνότητα ενός αντικειμένου (ομογενούς ή σύνθετου) είναι περισσότερη από την πυκνότητα ενός υγρού το αντικείμενο βουλιάζει. Όταν η πυκνότητα ενός αντικειμένου (ομογενούς ή σύνθετου) είναι λιγότερη από την πυκνότητα ενός υγρού το αντικείμενο επιπλέει”

Εικόνα 26: Λεκτικός κανόνας ερμηνείας και πρόβλεψης φαινομένων πλεύσης – βύθισης.³²

Ταξινόμηση των λειτουργιών των μοντέλων κάνουν και οι Van Driel & Verloop (1999) οι οποίοι χαρακτηρίζουν τα μοντέλα ως:

- Περιγραφικά: Όπως ένα ηλιοκεντρικό μοντέλο που περιγράφει τις τροχιές των πλανητών του ηλιακού μας συστήματος,
- Επεξηγηματικά: Το μοντέλο της Νευτώνειας μηχανικής για την βαρύτητα που εξηγεί αυτές τις κινήσεις και τροχιές των πλανητών
- Προβλεπτικά: Όπως η πρόβλεψη της ύπαρξης του πλανήτη Ποσειδώνα³³ το 1846 από τους Le Verier και Adams, με βάση την έννοια της βαρύτητας, σύμφωνα με τη Νευτώνεια μηχανική. Η παρατήρηση έγινε έπειτα από τον αστρονόμο Galle σε απόσταση μικρότερη από μία μοίρα από τη θέση που προέβλεψε ο Le Verier.

Σε αυτό το σημείο επισημαίνεται πως τα μοντέλα δεν έχουν είτε τη μία λειτουργία είτε την άλλη, με αποτέλεσμα η παραπάνω κατηγοριοποίηση να πρόκειται στην ουσία για ταξινόμηση και απαρίθμηση των λειτουργιών των μοντέλων. Ένα μοντέλο δηλαδή δεν χαρακτηρίζεται είτε

³² Πηγή: Καριώτογλου et al. 2010.

³³ Οι Van Driel και Verloop (1999) αναφέρουν λανθασμένα πως οι Adams και Le Verier προέβλεψαν την ύπαρξη του πλανήτη Ουρανού καθώς οι συγκεκριμένοι επιστήμονες ανακάλυψαν τον Ποσειδώνα. Ο πλανήτης Ουρανός ανακαλύφθηκε το 1781 από τον Βρετανό αστρονόμο Ουίλιαμ Χέρσελ.

από την λειτουργία της περιγραφής είτε της πρόβλεψης, αλλά μπορεί να χαρακτηρίζεται από όλες αυτές τις λειτουργίες.

Κατηγοριοποίηση ως προς τον τρόπο αναπαράστασης ενός μοντέλου

Όσον αφορά την εκπαίδευση στις ΦΕ υπάρχει σύμφωνα με τους Gilbert et al. (2000), Gilbert (2005) και Boulter & Buckley (2000)³⁴, μια επιπλέον κατηγοριοποίηση των μοντέλων ως προς το πώς αυτά αναπαριστώνται. Κάθε μοντέλο μπορεί να αναπαρασταθεί με τους εξής τρόπους:

- Ο πραγματικός (ή απτός) τρόπος (*concrete mode*), αφορά τα τρισδιάστατα μοντέλα που είναι κατασκευασμένα από ανθεκτικά, σταθερά υλικά, όπως μια γύψινη κατασκευή για την παρουσίαση του τμήματος ενός γεωλογικού στρώματος,
- Ο προφορικός τρόπος (*verbal mode*), που δηλώνει την περιγραφή οντοτήτων και των μεταξύ τους σχέσεων σε μία αναπαράσταση, είτε με την περιγραφή της φύσης των υλικών από τα οποία αποτελείται ένα πραγματικό μοντέλο ή με τη λεκτική περιγραφή των μεταφορών και των αναλογιών στις οποίες βασίζεται ένα μοντέλο. Η προφορική αναπαράσταση του μοντέλου του ηλιακού συστήματος με αναφορά στους νόμους που διέπουν την κίνηση των πλανητών εκφράζει αυτόν τον τρόπο.
- Ο μαθηματικός τρόπος (*mathematical mode*), που περιλαμβάνει μαθηματικές εκφράσεις και εξισώσεις, όπως η καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων.
- Ο οπτικός τρόπος (*visual mode*), που αναφέρεται στην αναπαράσταση ενός μοντέλου με τη χρήση γραφημάτων, διαγραμμάτων και κινούμενων παραστάσεων, όπως είναι η δισδιάστατη εικονογραφημένη απεικόνιση της δομής ενός ατόμου.
- Ο συμβολικός τρόπος (*symbolic mode*), που περιλαμβάνει τον οπτικό, τον προφορικό και τον μαθηματικό τρόπο αναπαράστασης.
- Η χρήση χειρονομιών (*gesture mode*), που αφορά ένα τρόπο αναπαράστασης ενός μοντέλου με τη χρήση κινήσεων μερών του σώματος. Ο νόμος του δεξιού χεριού που χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει την κατεύθυνση του διανύσματος της

³⁴ Οι Boulter & Buckley (2000) ακολουθούν την κατηγοριοποίηση των Gilbert et al. (2000) αναπτύσσοντας κι άλλες κατηγορίες που συνδέουν διαφορετικούς τρόπους αναπαράστασης μοντέλων μεταξύ τους. Δημιουργούν έτσι κατηγορίες με σύνθετες ονομασίες, όπως ‘μικτός προφορικός’ (*verbal mixed*), ‘μικτός απτός τρόπος’ (*concrete mixed*) και άλλα.

γωνιακής ταχύτητας κατά την περιστροφή ενός στερεού σώματος είναι απόδειξη αυτού του τρόπου αναπαράστασης.

Τα μοντέλα στα σχολικά εγχειρίδια και την εκπαίδευση

Στα σχολικά εγχειρίδια των ΦΕ φαίνεται να υπάρχουν όλες αυτές οι διάφορες όψεις των μοντέλων. Μία τυπική κατάταξη των μοντέλων, όπως αυτά εμφανίζονται σε σχολικά εγχειρίδια έγινε από τους Harrison & Treagust³⁵ (1998, στο Harrison, 2001) και αφορά:

- Υπό κλίμακα μοντέλα, όπως κτίρια, φυτά και άλλα.
- Παιδαγωγικά – αναλογικά μοντέλα, τα οποία είναι αναλογικά ως προς έναν στόχο, αλλά και ‘παιδαγωγικά’ γιατί χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία για να διδαχθούν αφηρημένες έννοιες, όπως τα άτομα και μόρια.
- Εικονικά και συμβολικά μοντέλα, όπως ο μοριακός τύπος μιας χημικής ένωσης (μοντέλα με τη μορφή τύπων, συμβόλων και εξισώσεων).
- Μαθηματικά μοντέλα, όπως η σχέση $k=PV$, που αναπαριστούν φυσικές ιδιότητες και διαδικασίες και μπορούν να παρασταθούν γραφικά περιγράφοντας συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών.
- Θεωρητικά μοντέλα, όπως οι δυναμικές γραμμές ηλεκτρομαγνητικού πεδίου δυνάμεων. Αυτά είναι στην ουσία ανθρώπινες κατασκευές - εννοιολογικές αναπαραστάσεις που περιγράφουν αφηρημένες έννοιες.
- Χάρτες, διαγράμματα και πίνακες, όπως ο περιοδικός πίνακας, οι μετεωρολογικοί χάρτες, σχεδιασμένα ηλεκτρικά κυκλώματα και άλλα.
- Μοντέλα που περιγράφουν νοητές διαδικασίες, όπως η διαδικασία της οξείδωσης, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διδασκαλία ενός φαινομένου που αφορά διαδικασία.
- Προσομοιώσεις και κινούμενες αναπαραστάσεις, όπως προσομοίωση πτήσης, το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη και άλλα.

Πιο συγκεκριμένα, οι Harrison και Treagust (2000, 2001) χρησιμοποιούν τον όρο *αναλογικά μοντέλα (analogical model)* περιλαμβάνοντας όλες τις συγκεκριμένες ή αφηρημένες αναπαραστάσεις (ή τον συνδυασμό αυτών των δύο) επιστημονικών εννοιών και θεωριών, που

³⁵ Στο άρθρο του Harrison (2001) παρουσιάζεται μια σχηματική κατάταξη αυτών των όψεων των μοντέλων όπως συναντούνται στα σχολικά εγχειρίδια. Το διάγραμμα παρατίθεται στο παράρτημα της εργασίας μας.

χρησιμοποιούνται από τα συγγράμματα, τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές. Οι ερευνητές ωστόσο, χρησιμοποιούν τον όρο ‘αναλογικό μοντέλο’ για να διαχωρίσουν την έννοια του μοντέλου, ως αναπαράσταση μιας οντότητας, από τον γενικό όρο ‘μοντέλο’ που μπορεί να αφορά τον τρόπο ή τη μεθοδολογία μιας σειράς βημάτων – ενεργειών. Κατηγοριοποιούν τα αναλογικά μοντέλα³⁶ σε επιστημονικά και διδακτικά μοντέλα τα οποία μπορούν να είναι:

- Μοντέλα υπό κλίμακα (*scale models*).
- Παιδαγωγικά αναλογικά μοντέλα (*pedagogy analogical models*), τα οποία περιλαμβάνουν και μοντέλα υπό κλίμακα και χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία. Τα παιδαγωγικά μοντέλα διακρίνονται σε:
 - └ Εικονικά και συμβολικά (*iconic, symbolic*) μοντέλα
 - └ Μαθηματικά (*mathematical*) μοντέλα ή/και
 - └ Θεωρητικά (*theoretical*) μοντέλα

Τα μοντέλα αυτά μπορούν να έχουν πολλές μορφές. Δηλαδή να είναι:

- Χάρτες, διαγράμματα και πίνακες
- Εννοιολογικά, διαδικαστικά μοντέλα, που αναπαριστούν έννοιες και διαδικασίες αντί για ‘αντικείμενα’.
- Προσομοιώσεις.

Επιπλέον, διαχωρίζουν τα προσωπικά μοντέλα, με τα οποία αναπαριστώνται η πραγματικότητα, οι θεωρίες και οι διαδικασίες, σε:

- Νοητικά μοντέλα
- Συνθετικά μοντέλα (*synthetic models*), που αποτελούν νοητικά μοντέλα των μαθητών στα οποία έχουν εισαχθεί στοιχεία επιστημονικών μοντέλων.

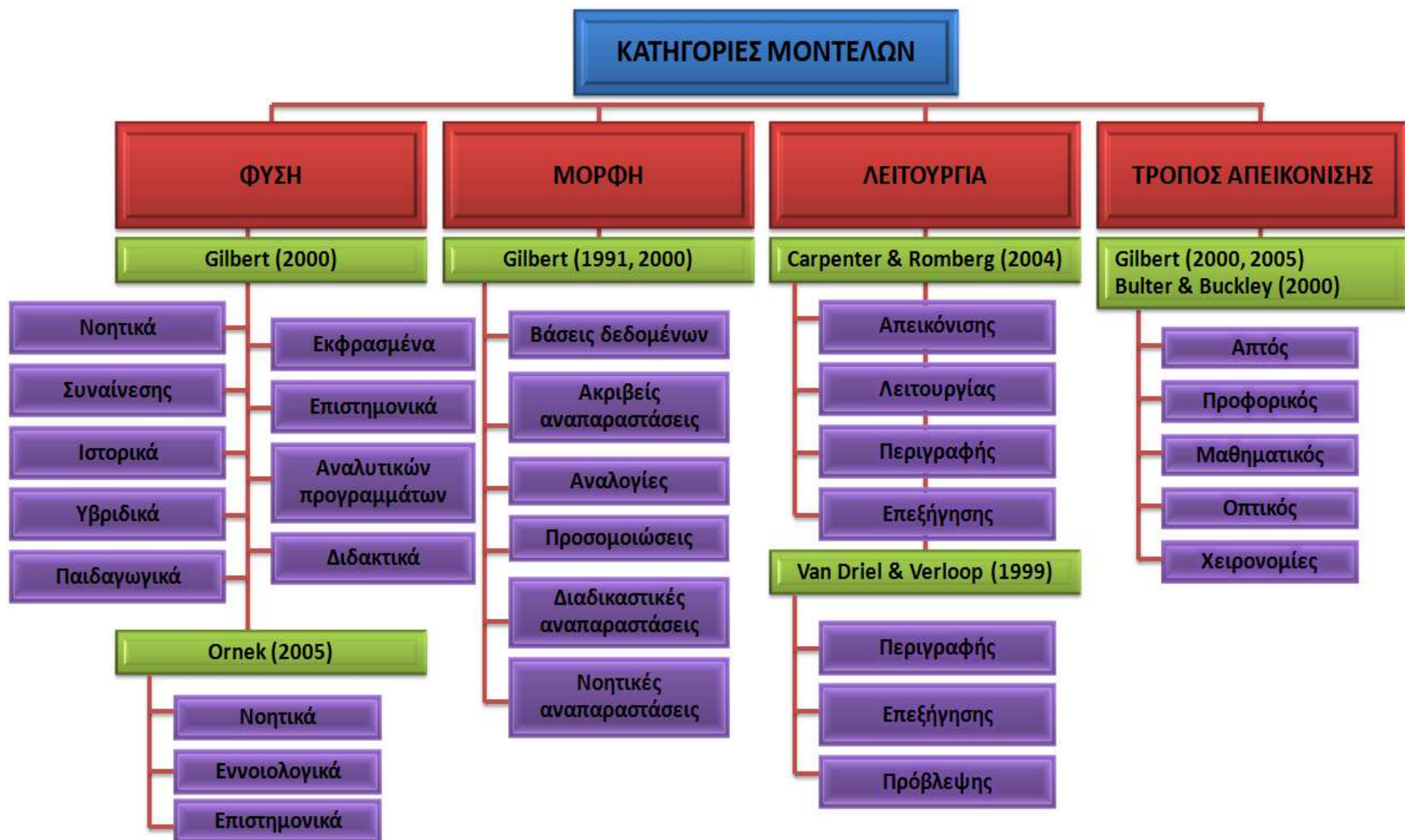
Όσον αφορά τα μοντέλα στην εκπαίδευση, υπάρχουν βασικές διαφορές μεταξύ της έννοιας του μοντέλου, όπως εκφράζεται και συναντάται στις ΦΕ και στην καθημερινή ζωή. Σύμφωνα με την έρευνα των Saari & Viiri (2003), η οποία αναδεικνύει τις αντιλήψεις μαθητών σχετικά με τα ‘καθημερινά’ μοντέλα και τα μοντέλα των ΦΕ, παραθέτουμε τις εξής:

³⁶ Η κατηγοριοποίηση των μοντέλων κατά Harrison & Treagust (2000, 2001) καθώς και η συσχέτιση μεταξύ διαφορετικών μοντέλων παρουσιάζεται από τους συγγραφείς με ένα διάγραμμα, το οποίο παρατίθεται στο παράρτημα της εργασίας.

- Τα μοντέλα στις ΦΕ μπορούν να αναπαριστούν ένα αντικείμενο – στόχο το οποίο μπορεί να είναι γνωστό ή άγνωστο, ενώ στην καθημερινή ζωή ένα μοντέλο είναι το ίδιο το αντικείμενο ή μία πράξη.
- Ο ρόλος ενός μοντέλου στην τάξη είναι να αναπαριστά έναν στόχο και να βοηθά στην αντίληψή του, ενώ ο ρόλος του στην καθημερινότητα είναι απλά να αντιγράφει ένα αντικείμενο.
- Το μοντέλο στις ΦΕ δίνει την δυνατότητα να συζητηθεί η δομή και οι ιδιότητες του προς μελέτη αντικειμένου, ενώ στην καθημερινή ζωή η καταλληλότητα ενός μοντέλου εξαρτάται από το ποιος το κατασκευάζει και πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο πιστό στην πραγματικότητα.
- Στις ΦΕ τα μοντέλα μπορούν να αξιολογηθούν και να αλλάξουν για να ανταποκρίνονται όσο το δυνατόν πιο πολύ στην πραγματικότητα, ενώ στην καθημερινότητα ένα μοντέλο μπορεί να αλλάξει αν περιέχει λάθη ή εάν ο κατασκευαστής του επιθυμεί να το αλλάξει.

Ολοκληρώνοντας την παραπάνω επισκόπηση της βιβλιογραφίας που αφορά τις όψεις των μοντέλων γίνεται αντιληπτό ότι τα μοντέλα είναι πολύπλευρα εργαλεία προσέγγισης της επιστημονικής γνώσης. Επίσης διακρίνεται ότι ένα μοντέλο μπορεί να ανήκει σε περισσότερες από μία κατηγορίες και να εμφανίζεται με διαφορετικές μορφές ακριβώς όπως μία έννοια μπορεί να αναπαρίσταται από διαφορετικά μοντέλα, με διαφορετικούς τρόπους. Έτσι, ένα μοντέλο μπορεί να είναι ταυτόχρονα: παιδαγωγικό, αναλογικό, μοντέλο υπό κλίμακα αλλά και συμβολικό, διαδικαστικό, συνθετικό μοντέλο (Harrison, 2000), ιστορικό, επιστημονικό, μοντέλο αναλυτικού προγράμματος (Gilbert, 2000) και επιπλέον να αναπαρίσταται με απτό, οπτικό ή μαθηματικό τρόπο (Gilbert, 2000, 2005, Bulter & Buckley, 2000).

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται συμπερασματικά μια ταξινόμηση των πιο βασικών κατηγοριών των μοντέλων όπως προέκυψαν από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας, με το παρακάτω *διάγραμμα των κατηγοριών των μοντέλων*. Το διάγραμμα περιλαμβάνει τις κατηγορίες της φύσης των μοντέλων, της μορφής τους, των λειτουργιών τους καθώς και του τρόπου αναπαράστασής τους.



Διάγραμμα 1: Κατηγορίες μοντέλων.

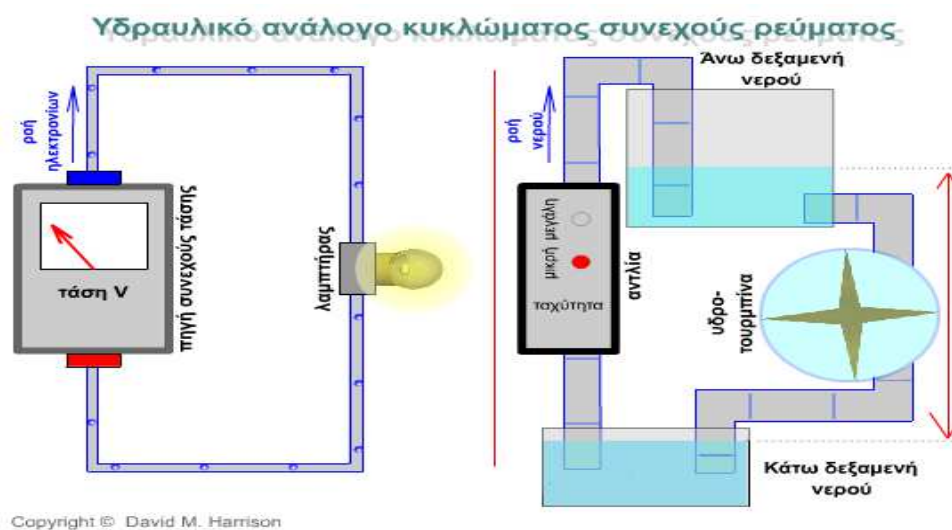
Γεγονός παραμένει πως τα μοντέλα, όσο πολύπλοκα ή απλά κι αν είναι στη δομή τους ή στον τρόπο με τον οποίο αναπαριστώνται, μπορούν να προσφέρουν μέσω της οπτικοποίησης ενός συστήματος ή φαινομένου, έναν ασφαλή τρόπο μελέτης, κατανόησης και ερμηνείας του. Μάλιστα, όπως αναφέρουν οι Schwarz & White (2005) και Hallun (2006), ζητούμενο δεν είναι μόνο να κατανοούν οι μαθητές το εκάστοτε φαινόμενο, αλλά να μαθαίνουν για τη φύση και τη λειτουργία των μοντέλων με σκοπό να μπορούν να λαμβάνουν μέρος σε διαδικασίες δημιουργίας, χρησιμοποίησης και αξιολόγησης μοντέλων για το φυσικό κόσμο. Με δεδομένο ότι η έρευνα στην διδακτική των ΦΕ αποδεικνύει πως τα νοητικά μοντέλα είναι πολύ σημαντικά για την κατανόηση των επιστημονικών μοντέλων και την προσέγγιση της επιστημονικής γνώσης (Gobert & Buckley, 2000, Vosniadou, 2001, Gilbert, 2005, Hallun, 2006, κ.ά.), η μελέτη επικεντρώνεται στα επιστημονικά μοντέλα ή μοντέλα ΦΕ, καθώς και στα νοητικά μοντέλα.

1.2 Τα επιστημονικά μοντέλα

Η επιστημονική μέθοδος για την μελέτη ενός φαινομένου περιλαμβάνει αρχικά την παρατήρηση, έπειτα την αναγνώριση μοτίβων στα παρατηρούμενα δεδομένα και τέλος την ανάπτυξη και αξιολόγηση των εξηγήσεων και συμπερασμάτων που προκύπτουν για τη συμπεριφορά αυτών των μοτίβων. Η ανάπτυξη και αξιολόγηση τέτοιων συμπερασμάτων οδηγούν στην κατασκευή ενός επιστημονικού μοντέλου (Crawford & Cullin 2003, Koronen 2007). Στην διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετοί ορισμοί και αναλύσεις του όρου ‘επιστημονικά μοντέλα’. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ως επιστημονικό μοντέλο, κατά τους Gilbert et al. (2000) εννοείται η αναπαράσταση μιας ιδέας, ενός αντικειμένου, ενός γεγονότος, μιας διαδικασίας ή ενός συστήματος. Θεωρείται μάλιστα ως ερευνητικό εργαλείο καθώς χρησιμοποιείται για να μελετηθεί ένα φαινόμενο ή ένα φυσικό σύστημα που δεν μπορεί να παρατηρηθεί άμεσα ή σε βάθος χρόνου. Πρόκειται για ένα σύνολο απλοποιημένων αναπαραστάσεων, κανόνων και λογικών δομών που καθιστούν ορατά τα κεντρικά χαρακτηριστικά ενός φαινομένου ή συστήματος και επιτρέπουν τη δημιουργία προβλέψεων και εξηγήσεων για τη συμπεριφορά του (Harrison και Treagust 1999, Schwarz et al., 2009, Schwarz & White, 2005). Συμπληρωματικά, κατά τους Schwarz et al. (2009), επιστημονικό μοντέλο θεωρείται μία αναπαράσταση που αποσπά και απλοποιεί ένα σύστημα και εστιάζει σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του. Σκοπό έχει να εξηγήσει ή να προβλέψει κάποια επιστημονικά φαινόμενα, περιλαμβάνοντας στοιχεία – μεταβλητές, σχέσεις εξάρτησης μεταξύ τους, διαδικασίες και κανόνες.

Τα επιστημονικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για τη μελέτη, την εξαγωγή υποθέσεων και προβλέψεων καθώς και την επιβεβαίωση ή ακόμη και τη διαμόρφωση θεωριών. Δημιουργούνται από τις εφαρμογές των επιστημονικών θεωριών στα φυσικά συστήματα και πολλές φορές η εκάστοτε θεωρία που δημιούργησε το μοντέλο είτε επαληθεύεται είτε επηρεάζεται από αυτό (Constantinou, 1999). Παραδείγματος χάρη, το μοντέλο του αιθέρα που οποίο χρησιμοποιήθηκε για την ερμηνεία της διάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, όπως το φως. Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα η επιστημονική κοινότητα θεωρούσε αναγκαία την ύπαρξη ενός υλικού μέσου με σκοπό να εξηγήσει τη δυνατότητα διάδοσης του φωτός. Οι επιστήμονες δεν παραδέχονταν τότε πως τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να διαδίδονται στο κενό. Με το πείραμα των Michelson και Moreley αποδείχτηκε ότι το παραπάνω μοντέλο δεν ευσταθεί διότι δε συμφωνεί με τα πειραματικά δεδομένα με αποτέλεσμα να κρίνεται αναγκαία η αναδιαμόρφωση της υπάρχουσας θεωρίας. Επίσης τα μοντέλα περιλαμβάνουν και μη ορατές

συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών αυτών, που δεν ήταν δυνατόν να παρατηρηθούν εμπειρικά (Nola, 2004). Αυτό γίνεται αντιληπτό ληφθεί υπό όψιν το μοντέλο του υδραυλικού αναλόγου του ηλεκτρικού ρεύματος. Με την παρατήρηση αυτού, γίνεται κατανοητή η ροή των ηλεκτρονίων σε ένα απλό κύκλωμα, καθώς και ο ρόλος των στοιχείων του κυκλώματος (εικόνα 27). Στο πλαίσιο της θεωρίας των ηλεκτρικών κυκλωμάτων η πηγή παρέχει την απαραίτητη ενέργεια στα ελεύθερα ηλεκτρόνια ενός αγωγού ώστε να μετακινηθούν προσανατολισμένα. Έτσι ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα και φωτοβολεί ο λαμπτήρας που συνδέεται στο κύκλωμα. Ωστόσο η συγκεκριμένη θεωρία προέκυψε λόγω των αποτελεσμάτων του φαινομένου (λαμπτήρας που φωτοβολεί) και όχι της παρατήρησης της μετακίνησης των ηλεκτρονίων.



Εικόνα 27: Σχεδιαστικό μοντέλο ηλεκτρικού κυκλώματος (αριστερά) και υδραυλικού αναλόγου (δεξιά)³⁷.

Παρ' όλα αυτά ένα μοντέλο μπορεί να κρίνεται χρήσιμο ακόμη κι αν είναι εσφαλμένο ή βασίζεται σε μία επιστημονική θεωρία μη επαρκώς οριοθετημένη και επιβεβαιωμένη. Αυτό συνέβη για παράδειγμα με το μοντέλο θερμότητας που επικρατούσε κατά το 18^ο αιώνα. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό ο James Watt κατασκεύασε μια λειτουργική ατμομηχανή, άσχετα αν αποδείχθηκε αργότερα ότι το συγκεκριμένο μοντέλο της θερμότητας, ως ροής ύλης από ένα σώμα σε ένα άλλο, ήταν λανθασμένο (Hewitt, 2005).

³⁷ Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί πως η σχεδίαση ενός ηλεκτρικού κυκλώματος με αυτά τα στοιχεία, που φαίνονται στο αριστερό μέρος της εικόνας, αποτελεί από μόνη της ένα εικονικό μοντέλο της ροής των ηλεκτρονίων σε ένα κύκλωμα, διαδικασία η οποία δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμη. Το υδραυλικό ανάλογο είναι το αντίστοιχο μοντέλο που χρησιμοποιείται για την περιγραφή του φαινομένου. Πηγή: http://users.sch.gr/ekoltsakis/nt/harrison/harrisonswf/WaterAnalogy_gr.html (η συγκεκριμένη ιστοσελίδα περιέχει προσομοιώσεις φυσικής με αρχεία flash (κινούμενες αναπαραστάσεις).

Μια άλλη προσέγγιση των επιστημονικών μοντέλων είναι αυτή που ορίζει τα επιστημονικά μοντέλα όχι ως αναπαραστάσεις, αλλά ως θεωρητικά συστήματα εννοιών. Σύμφωνα με τον Hallun (2006)³⁸ ένα επιστημονικό μοντέλο είναι ένα εννοιολογικό σύστημα σχεδιασμένο μέσα στο πλαίσιο μιας συγκεκριμένης θεωρίας, η οποία βασίζεται σε ένα συγκεκριμένο *πρότυπο ή μοτίβο* (pattern) του πραγματικού κόσμου. Σκοπός του είναι να αναπαριστά αξιόπιστα το υπό διερεύνηση πρότυπο και να εξυπηρετεί συγκεκριμένες λειτουργίες αντί αυτού. Ένα μοντέλο μπορεί να εξυπηρετεί δύο τύπους λειτουργιών:

- Τη διερευνητική λειτουργία: δηλαδή χρησιμοποιείται για την περιγραφή ενός φαινομένου, την επεξήγησή του, την αναθεώρηση της θεωρίας στα πλαίσια της οποίας κατασκευάζεται καθώς και για την πρόβλεψη νέων φαινομένων ή παραμέτρων που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν, και
- Την εφευρετική λειτουργία: δηλαδή να χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ή την τροποποίηση των υπαρχόντων φυσικών παραμέτρων που παράγουν, περιορίζουν ή καθορίζουν ένα φαινόμενο, αλλά και για την εφαρμογή πάνω σε νέα φυσικά συστήματα και φαινόμενα. Ως προς αυτή την 'εφευρετική' λειτουργία, είναι χρήσιμο να προστεθεί η άποψη ότι τα μοντέλα μπορούν να λειτουργήσουν αναλογικά, ως βάση για την ανακάλυψη καινούριων χαρακτηριστικών και μεταβλητών που δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμα στον φυσικό κόσμο αλλά και για την εφεύρεση καινούριων εφαρμογών που προσεγγίζουν συγκριτικά περισσότερο ένα φαινόμενο (Aduriz-Bravo 2005, Hallun, 2006, Silva, 2007).

Το επιστημονικό μοντέλο κατασκευάζεται, αναπτύσσεται και αξιολογείται συνεχώς μέσα στο πλαίσιο της θεωρίας στην οποία ανήκει και φυσικά σε συνάρτηση με την φυσική πραγματικότητα την οποία καλείται να αναπαραστήσει. Επίσης είναι δυνατόν να υπάρχουν δύο επιστημονικά μοντέλα που να μπορούν να αναπαραστήσουν το ίδιο φαινόμενο χωρίς να εμπλέκονται μεταξύ τους, αν και τότε μπορεί τα μοντέλα αυτά να μην ανήκουν στην ίδια επιστημονική θεωρία. Κλασικό παράδειγμα μπορεί να θεωρηθεί η εφαρμογή των νόμων του Νεύτωνα για την εξήγηση φαινομένων μηχανικής στον μακρόκοσμο αλλά η τροποποίηση, πιο συγκεκριμένα ο μετασχηματισμός τους, όταν πρόκειται να μελετηθεί μηχανικά ένα σύστημα με πλαίσιο αναφοράς τον μικρόκοσμο.

³⁸ Ο Hallun (2006) παραθέτει έναν πίνακα με ορισμούς μοντέλων, πίνακας που παρατίθεται στο παράρτημα της εργασίας.

Ως θεωρητική οντότητα, ένα επιστημονικό μοντέλο είναι κατά τον Portides (2007) ένας τρόπος σύνδεσης της θεωρίας με το πείραμα και χαρακτηρίζεται από δύο στοιχεία: την εξιδανίκευση και ταυτόχρονα την κατά προσέγγιση αναπαράσταση του συστήματος που περιγράφει. Ως ‘εξιδανίκευση’ εννοείται η αφαιρετική λειτουργία με την οποία επιλέγεται το πλαίσιο όπου λειτουργεί ένα μοντέλο (κατ’ επέκταση, στην περίπτωση του απλού εκκρεμούς η μαθηματική ανάλυση δεν περιλαμβάνει μεταβλητές όπως οι διαστάσεις του υλικού σημείου που εκτελεί ταλάντωση ή η αντίσταση του αέρα ή η ταλάντωση με μεγάλες γωνίες εκτροπής). Η αφαιρετική αυτή λειτουργία δεν οδηγεί στην ακριβή αναπαράσταση του φαινομένου που παρατηρείται αλλά στην κατά προσέγγιση μίμησή του.

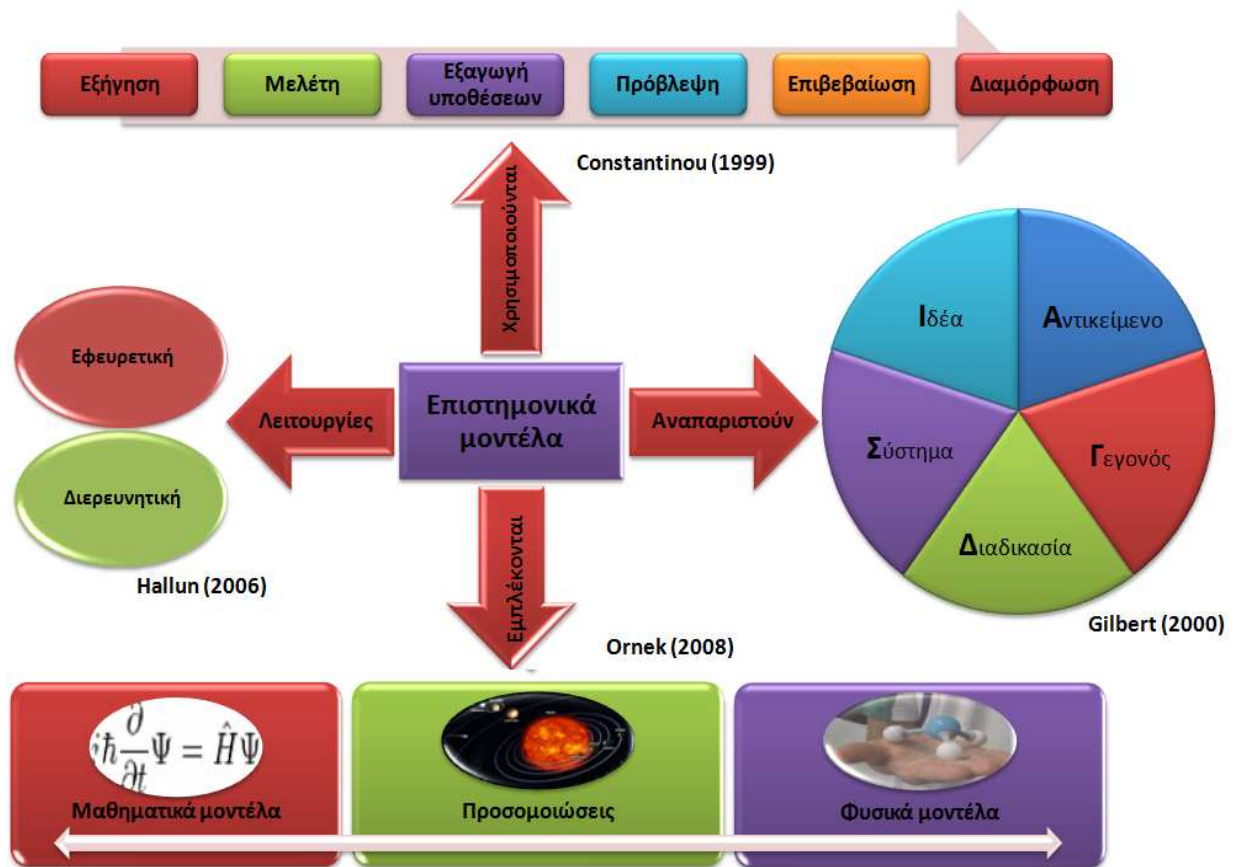
Στα επιστημονικά μοντέλα μπορούν να εμπλακούν και μαθηματικά μοντέλα, μοντέλα κατασκευασμένα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και φυσικά μοντέλα (Ornek, 2008). Τα μαθηματικά μοντέλα είναι στη ουσία η προσεγγιστική περιγραφή ενός συστήματος με τη χρήση μαθηματικών τύπων, εξισώσεων, συμβόλων, σχέσεων και κανόνων. Τα μοντέλα που δημιουργούνται και αναπαριστώνται μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών αφορούν κυρίως προγράμματα μέσω των οποίων προσομοιώνεται η συμπεριφορά ενός συστήματος. Όπως περιγράφει η Ornek (2008), τα μοντέλα σε υπολογιστές δημιουργούνται με βάση ένα μαθηματικό μοντέλο και μπορούν να δώσουν αναλυτικές λύσεις σε προβλήματα αναπαριστώντας σχηματικά τις εκάστοτε μεταβολές που μπορούν να γίνουν στις μεταβλητές του συστήματος, γεγονός που επιτρέπει την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του. Τα φυσικά μοντέλα είναι τα μοντέλα που κατασκευάζονται από πραγματικά υλικά με στόχο να γίνουν περισσότερο κατανοητά τα φυσικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων – μεταβλητών που απαρτίζουν ένα σύστημα και η συσχέτιση μεταξύ τους.

Όσον αφορά την ορθότητα και απλότητα ενός επιστημονικού μοντέλου είναι χρήσιμο να διατυπωθεί πως, κατά τους Hawking & Mlodinow (2010), ένα μοντέλο είναι ‘καλό’, όταν:

- είναι κομψό,
- περιέχει ελάχιστες αυθαίρετες ή ρυθμίσιμες παραμέτρους,
- συμφωνεί με όλες τις τρέχουσες παρατηρήσεις και τις εξηγεί,
- κάνει λεπτομερείς προβλέψεις σχετικά με μελλοντικές παρατηρήσεις, οι οποίες μπορούν να καταρρίψουν ή να διαψεύσουν το μοντέλο, αν τυχόν δεν πραγματοποιηθούν.

Οι συγγραφείς του βιβλίου παρατηρούν επίσης ότι τα παραπάνω κριτήρια είναι υποκειμενικά. Η κομψότητα για παράδειγμα δεν είναι κάτι αντικειμενικό και μετρήσιμο. Πρέπει ωστόσο να χαρακτηρίζει κάθε μοντέλο γιατί οι νόμοι της φύσης θα πρέπει να συμπυκνώνουν με οικονομικό τρόπο έναν αριθμό ιδιαίτερων περιπτώσεων σε έναν απλό τύπο.

Καταλήγουμε λοιπόν στο παρακάτω διάγραμμα 2 που αφορά τα επιστημονικά μοντέλα και περιλαμβάνει τη χρησιμότητά τους, το τι αναπαριστούν, το τι περιλαμβάνουν ως σύνθετα οικοδομήματα και τις λειτουργίες τους:



Διάγραμμα 2: Τα επιστημονικά μοντέλα και οι πτυχές τους.

1.3 Νοητικά μοντέλα

Τα νοητικά μοντέλα είναι οι νοητικές κατασκευές και αναπαραστάσεις, συμπλέγματα ιδεών και εννοιών, που δημιουργούν οι μαθητές με σκοπό να κατανοήσουν και να εξηγήσουν τα φαινόμενα που παρατηρούν και τις έννοιες που τα περιγράφουν (Vosniadou, 2001, Gilbert, 2005, Silva, 2007). Κατά τον Gilbert (2005) ένα νοητικό μοντέλο είναι μία προσωπική αναπαράσταση, δημιουργημένη από ένα μεμονωμένο άτομο ή από ένα μέλος ενός συνόλου ατόμων. Σύμφωνα με αυτή την άποψη, όλοι οι μαθητές πρέπει να έχουν ένα νοητικό μοντέλο για το τι είναι 'άτομο' στην περίπτωση της Χημείας, τι είναι 'δύναμη' στην περίπτωση της Φυσικής, τι είναι 'γονίδιο', στην περίπτωση της Βιολογίας ή τι είναι 'τεκτονική πλάκα' στην περίπτωση της Γεωλογίας.

Το κυριότερο χαρακτηριστικό των νοητικών αναπαραστάσεων είναι ότι συνήθως είναι ακριβώς ανάλογες ως προς το τι αναπαριστάται (Vosniadou, 2001). Μπορούν να θεωρηθούν δηλαδή ως μία νοητική απεικόνιση που αντιστοιχεί στην εικόνα που παρουσιάζει εξωτερικά (στην εμφάνιση δηλαδή) ένα φυσικό σύστημα, όπως γίνεται αντιληπτό. Επίσης, αναγνωρίζονται ταυτόχρονα και τα βασικά χαρακτηριστικά του και οι σχέσεις μεταξύ τους. Από αυτή την πλευρά, όπως αναφέρουν οι Chiou & Anderson (2009), ένα νοητικό μοντέλο δεν είναι μόνο μια συλλογή εικόνων και δεδομένων που έχουν συλλεχθεί και μνημονευθεί και αφορούν ένα σύστημα, αλλά ένα σύνολο δεδομένων και στοιχείων που περιλαμβάνει συσχετίσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών του συστήματος, περιορισμούς ως προς τις δυνατότητες αυτών των χαρακτηριστικών και αλληλεπιδράσεις μεταξύ του συστήματος και του φυσικού κόσμου (Clement, 2008, Chiou & Anderson, 2009, Vosniadou, 2001).

Ο σχηματισμός νοητικών μοντέλων είναι βασικό χαρακτηριστικό του ανθρώπινου γνωστικού συστήματος. Σύμφωνα με τους Vosniadou (2001) και Gilbert (2002) τα νοητικά μοντέλα που οικοδομούν οι μαθητές αλλά και οι ενήλικες είναι σημαντικά για την ανάπτυξη των εννοιών και την εννοιολογική αλλαγή. Επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως διαμεσολαβητικοί μηχανισμοί για την αναθεώρηση και αναδόμηση της προϋπάρχουσας γνώσης και την οικοδόμηση νέων θεωριών. Πρόκειται για μια νοερή αναπαράσταση που θα εφεύρει ακαριαία ο μαθητής για να αντιμετωπίσει την νέα γνώση που του παρουσιάζεται (Vosniadou, 2001, Rapp, 2005). Αυτή η αναπαράσταση με τη μορφή νοητικού μοντέλου συνήθως οικοδομείται επί τόπου και με τέτοιο τρόπο ώστε να ανταπεξέλθει ο μαθητής άμεσα και επιτυχώς σε διάφορες καταστάσεις, όπως η επίλυση ενός προβλήματος ή η απάντηση ενός ερωτήματος που έχει τεθεί.

Σύμφωνα με τους Franco & Colinvaux (2000) τα νοητικά μοντέλα έχουν τα εξής βασικά χαρακτηριστικά:

- είναι παραγωγικά: επιτρέπουν την αφομοίωση αλλά και την δημιουργία νέων πληροφοριών και με τη χρήση τους γίνονται προβλέψεις και εξάγονται συμπεράσματα
- εμπεριέχουν υπονοούμενη γνώση: ένα νοητικό μοντέλο δεν είναι πάντα πλήρως και συνειδητά διαμορφωμένο αλλά περιέχει ασημάτιστη γνώση που αρχίζει να διαμορφώνεται όταν το άτομο καλείται να την εξωτερικεύσει δίνοντας κάποια εξήγηση με τη χρήση του υπάρχοντος νοητικού μοντέλου³⁹
- είναι πλασματικά: δεν αποτελούν ακριβή αναπαραγωγή του φαινομένου που αναπαριστούν αλλά μια απλοποιημένη έκφρασή του, καθώς περιέχουν εκείνα μόνο τα χαρακτηριστικά που έχει αντιληφθεί το άτομο
- προκύπτουν αναγκαστικά από την εκάστοτε αντίληψη του φυσικού κόσμου: κάθε άνθρωπος έχει διαφορετική αντίληψη για το γύρω του φυσικό κόσμο με αποτέλεσμα να δημιουργούνται διαφορετικά νοητικά μοντέλα, με βάση προσωπικές αντιλήψεις και παρανοήσεις για τον φυσικό κόσμο.

Συγκεκριμένα η Vosniadou (2001) αναφέρει ότι τα νοητικά μοντέλα, όσον αφορά την παραγωγή τους από το ανθρώπινο γνωστικό σύστημα, μπορούν να έχουν διάφορες λειτουργίες. Οι τρεις πιο σημαντικές λειτουργίες είναι α) ως μέσα για τον σχηματισμό εξηγήσεων, β) ως διαμεσολαβητές στην απόκτηση νέων πληροφοριών και την ερμηνεία τους και γ) ως εργαλεία που επιτρέπουν τον πειραματισμό και την αναθεώρηση μιας υπάρχουσας θεωρίας. Πιο αναλυτικά:

α) Τα νοητικά μοντέλα χρησιμοποιούνται συνήθως σε περιπτώσεις που η απάντηση σε ένα ερώτημα δεν μπορεί να σχηματιστεί από προηγούμενες αποθηκευμένες γνώσεις. Με αυτό τον τρόπο βοηθούν τους ανθρώπους να ανασύρουν πληροφορίες από τις υπάρχουσες, μη ταξινομημένες σε μια συγκεκριμένη θεωρία γνώσεις τους, ώστε να μπορούν να απαντήσουν σε ερωτήσεις, να επιλύσουν προβλήματα και άλλα.

β) Με την χρήση νοητικών μοντέλων γίνεται ευκολότερη η ερμηνεία νέων πληροφοριών. Η δημιουργία ενός νοητικού μοντέλου οριοθετείται από τις προηγούμενες πεποιθήσεις και προϋποθέσεις που έχει ο μαθητής. Ταυτόχρονα, όμως, μετά την διαμόρφωση του το νοητικό

³⁹ Αυτό το χαρακτηριστικό συμφωνεί με την παρατήρηση των Vosniadou (2001) και Rapp (2005) ότι τα νοητικά μοντέλα δημιουργούνται ακαριαία.

μοντέλο περιορίζει τον τρόπο με τον οποίο ερμηνεύονται οι νέες πληροφορίες που δέχεται ο μαθητής. Λειτουργεί διαμορφωτικά πάνω στη νέα γνώση, η οποία εξηγείται πλέον με βάση το μοντέλο που έχει αναπτυχθεί. Τα νοητικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται ως διαμεσολαβητές στην ερμηνεία και την απόκτηση νέων πληροφοριών είναι συνήθως μοντέλα που έχει διαμορφώσει ο μαθητής με βάση τις υπάρχουσες γνώσεις και αντιλήψεις του και με αυτά προσπαθεί να ερμηνεύσει τις νέες πληροφορίες.

γ) Τα νοητικά μοντέλα μπορούν να συμβάλλουν στον πειραματισμό και την αναθεώρηση θεωριών. Η διαδικασία της εισαγωγής νέων πληροφοριών είναι πολύ συχνά μια παραγωγική διαδικασία. Μέσα από αυτή, εάν οι νέες πληροφορίες που αντιλαμβάνεται ο μαθητής δεν συμφωνούν με το νοητικό μοντέλο που έχει αναπτύξει τότε το μοντέλο αλλάζει και προσαρμόζεται ώστε να μπορεί να ενσωματώσει τις νέες πληροφορίες και να μπορεί να επεξηγήσει αποτελεσματικά τα νέα δεδομένα.

Με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση σε σχέση με τις λειτουργίες των νοητικών μοντέλων, διαμορφώνεται ο παρακάτω πίνακας 1:

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά και λειτουργίες νοητικών μοντέλων.

Νοητικά μοντέλα			
Χαρακτηριστικά			
<small>Franco & Colivaux (2000)</small>			
Παραγωγικά	Εμπεριέχουν υπονοούμενη γνώση	Πλασματικά	Υποκειμενικές αναπαραστάσεις
Λειτουργίες			
<small>Vosniadou (2001)</small>			
Σχηματισμός εξηγήσεων	Διαμεσολαβητές απόκτησης πληροφοριών και ερμηνείας τους	Εργαλεία πειραματισμού και αναθεώρησης	

Το πρώτο βήμα κατασκευής μιας νοητικής αναπαράστασης είναι ο αυθόρμητος σχηματισμός μιας απλής αναλογικής αναπαράστασης, στοιχείο που αποτελεί τη βάση για την

ανάπτυξη ενός πλήρως δομημένου νοητικού μοντέλου. Ωστόσο, η καθοδηγούμενη νοητική οικοδόμηση αναπαραστάσεων προσεγγίζει τον επιστημονικό τρόπο σκέψης. Αυτό γίνεται εφικτό μέσα από κανόνες που αναπαριστούν τις σχέσεις εξάρτησης μεταξύ των μεταβλητών – χαρακτηριστικών ενός φαινομένου, αλλά και πρακτικούς κανόνες που ορίζουν αυτή καθεαυτή τη συμπεριφορά του νοητικού μοντέλου. Αυτοί οι κανόνες έχουν προκύψει από την εμπειρία του εκπαιδευόμενου στην κατασκευή, εφαρμογή και αξιολόγηση νοητικών μοντέλων που έχει ήδη δημιουργήσει (Chiou & Anderson, 2009). Ως παράδειγμα μπορεί να παρατεθεί η διαδικασία ανάπτυξης ενός νοητικού μοντέλου από έναν φοιτητή της έρευνας των Chiou & Anderson (2009) που κλήθηκε να απαντήσει σε ερωτήσεις σχετικά με τη μεταφορά θερμότητας. Ο φοιτητής ανέφερε πως για να εξηγήσει την μετάδοση θερμότητας μεταξύ υλικών μπορεί να φανταστεί την θερμότητα ως μικροσκοπικά σωματίδια τα οποία κινούνται άτακτα, αλλά ακολουθούν τους επιστημονικούς νόμους καθώς μεταφέρονται από ένα θερμό σώμα σε ένα ψυχρό. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι ο φοιτητής ήξερε πως τα σωματίδια αυτά είναι φανταστικά αλλά χρησιμοποίησε τον όρο ‘σωματίδια θερμότητας’ μόνο για να μπορέσει να εκφράσει το νοητικό μοντέλο που είχε στο μυαλό του. Παρόλα αυτά ήταν σαφείς οι κανόνες που διέπουν το φαινόμενο της μετάδοσης της θερμότητας, όπως: αν ένα τμήμα ενός υλικού ή ένα υλικό περιέχει περισσότερα ‘σωματίδια’ θερμότητας έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία. Αλλά και αντιστρόφως, αν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο τμήματα ενός σώματος ή δύο σωμάτων τα ‘σωματίδια’ της θερμότητας μεταφέρονται από το θερμό μέρος στο ψυχρό και αν ένα τμήμα υποδεχτεί ‘σωματίδια’ θερμότητας από ένα άλλο τμήμα ή άλλο υλικό η θερμοκρασία του ανεβαίνει.

Ως προς την ανάπτυξη νοητικών μοντέλων, υπάρχουν δύο προσεγγίσεις που βρίσκονται σε αντιπαράθεση όσον αφορά το ποιο ακριβώς είναι οι μηχανισμοί με τους οποίους ένα άτομο δημιουργεί και μπορεί να διαχειριστεί ένα νοητικό μοντέλο (Chiou & Anderson, 2009):

- Η μία προσέγγιση είναι ότι οι αντιλήψεις που σχηματίζουν οι άνθρωποι για ένα συγκεκριμένο τομέα, έννοια ή γεγονός, αναπτύσσονται μέσα σε ένα κοινό υποτυπώδες θεωρητικό πλαίσιο. Έτσι, απαιτείται η αλλαγή σε αυτό το θεωρητικό πλαίσιο ώστε να υποστεί αλλαγές ένα μοντέλο, να τροποποιηθεί και να προσεγγίσει την επιστημονική γνώση. (Wiser & Carey, 1983, στο Chiou & Anderson, 2009, Vosniadou & Brewer, 1992). Αυτή η τοποθέτηση προσεγγίζει τη γνώση που δομεί ένας άνθρωπος ως ένα

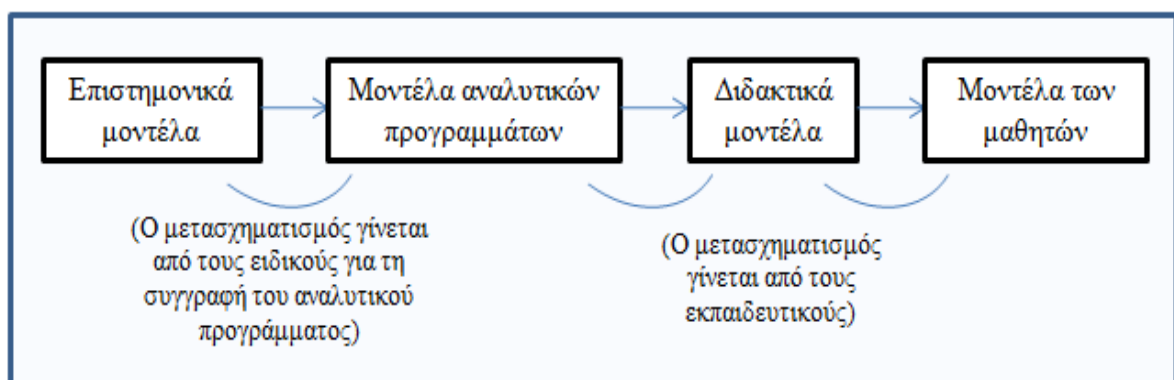
συστηματικά δομημένο σύνολο ιδεών, οι οποίες δημιουργούν μια υποκειμενική θεωρία.

- Η άλλη προσέγγιση είναι ότι οι αντιλήψεις που σχηματίζουν οι άνθρωποι κατασκευάζονται διαμέσου των προσωπικών, πρωταρχικών εμπειριών που έχει ο κάθε άνθρωπος, με την επαφή του με κάποιο φαινόμενο ή κατάσταση, κι έτσι η εννοιολογική αλλαγή και η ανάπτυξη ενός νοητικού μοντέλου μπορεί να συμβεί με την βαθμιαία αναδιοργάνωση των ήδη υπάρχοντων αντιλήψεων (diSessa, 1993). Αυτή η τοποθέτηση προσεγγίζει τη γνώση που δομεί ένας άνθρωπος ως αποσπασματικά τμήματα ιδεών που δεν έχουν τη συστηματικότητα μιας επιστημονικής θεωρίας. Υποστηρίζεται δηλαδή ότι η οικοδόμηση της γνώσης προέρχεται από την άμεση επαφή των ανθρώπων με τα φαινόμενα της καθημερινής του ζωής και δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι ο άνθρωπος 'πλάθει' στο μυαλό του μια 'θεωρία'.

Στα πλαίσια της κονστρουκτουβιστικής προσέγγισης της γνώσης, η μάθηση θεωρείται μία ενεργός διαδικασία που απαιτεί την προσωπική οικοδόμηση εννοιών. Για αυτό το λόγο, τα μοντέλα είναι χρήσιμα εργαλεία επειδή χρησιμοποιούνται ώστε να γίνει κατανοητή η αφηρημένη, δύσκολη, μη παρατηρήσιμη επιστημονική έννοια (Treagust & Harrison 1999, Yager 1991, στο Treagust et al., 2002). Η επαφή και η εμπειρία που αποκτούν οι εκπαιδευόμενοι με τα επιστημονικά μοντέλα, τους βοηθάει να αναπτύξουν τα δικά τους νοητικά μοντέλα των επιστημονικών εννοιών. Από την άλλη πλευρά, τα επιστημονικά μοντέλα, όταν χρησιμοποιούνται επιφανειακά και χωρίς επαρκή γνώση του ρόλου και των ιδιοτήτων τους, φαίνεται να εμποδίζουν την εις βάθος κατανόηση (Cosgrove and Schaverien 1997, στο Treagust et al., 2002). Αυτό είναι γεγονός που παραπέμπει στην συσχέτιση των επιστημονικών μοντέλων με τα νοητικά μοντέλα, σύνδεση που μελετάται στην παρακάτω υποενότητα της εργασίας.

1.4 Σύνδεση επιστημονικών και νοητικών μοντέλων.

Ένα νοητικό μοντέλο αναπαριστά μια όψη της πραγματικότητας, όπως αυτή γίνεται αντιληπτή. Ένα επιστημονικό μοντέλο δημιουργείται όταν ένας επιστήμονας δημιουργήσει ένα νοητικό μοντέλο για ένα φαινόμενο ή μια έννοια. Αυτό γίνεται με διάφορους τρόπους: α) με την άμεση παρατήρηση πειραματικών εφαρμογών και συνδυάζοντας αναλογίες, προηγούμενη εμπειρία και καλή γνώση της θεωρίας, β) με την απόπειρα δημιουργίας μιας αναλογίας ή ενός μαθηματικού μοντέλου που να στηρίζει τη θεωρία, και γ) με το να συνδυάζει τις εικονικές, προφορικές, διαγραμματικές και συμβολικές αναπαραστάσεις άλλων επιστημόνων. Όσον αφορά τη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ στόχος είναι η ταύτιση ή έστω η βαθμιαία σύγκλιση των νοητικών μοντέλων που έχουν ήδη οι μαθητές ως προς το αντίστοιχο επιστημονικό μοντέλο (Gilbert & Osborne, 1980). Αυτή η ταύτιση ή η σύγκλιση των νοητικών μοντέλων των μαθητών με τα επιστημονικά μοντέλα δεν στοχεύει στην απόκτηση από την πλευρά των μαθητών ενός καθαρά επιστημονικού τρόπου σκέψης. Αυτό δεν είναι ούτε εφικτό, ούτε θεμιτό (Hallun 2006). Τα επιστημονικά μοντέλα είναι αυτά που τροποποιούνται ώστε να μπορούν να γίνουν αντιληπτά από τους μαθητές, χωρίς να χάνεται η εγκυρότητά τους (Glibert, 2005). Αυτό επιτυγχάνεται απλοποιώντας τα επιστημονικά μοντέλα και μετατρέποντάς τα σε 'μοντέλα αναλυτικών προγραμμάτων' (*curricular models*)⁴⁰ (βλ. ενότητα 1.1). Έπειτα μεταποιούνται σε 'διδασκτικά μοντέλα', τα οποία καλούνται οι εκπαιδευτικοί να χρησιμοποιήσουν στην τάξη με σκοπό να δημιουργήσουν τελικά οι μαθητές τα δικά τους μοντέλα (Gilbert, Osborne & Fensham. 1982, Gilbert & Boulter, 1998a). Μία σχηματική αναπαράσταση αυτής της διαδικασίας, όπως γίνεται αντιληπτή, παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα 3:



Διάγραμμα 3: Η μετατροπή των επιστημονικών μοντέλων μέσω διδακτικών μετασχηματισμών σε μοντέλα που καλούνται να αναπτύξουν οι μαθητές.

⁴⁰ Όπως είναι κατανοητό, τα μοντέλα αναλυτικών προγραμμάτων είναι στην ουσία τα ίδια τα επιστημονικά μοντέλα όπως συναντώνται σε επίσημα έγγραφα που αφορούν την διδαχθείσα ύλη.

Σε αντίθεση με τα νοητικά μοντέλα που είναι νοητικά κατασκευάσματα και η ισχύς τους, τουλάχιστον στο αρχικό τους στάδιο, είναι υποκειμενική και περιορισμένη, τα επιστημονικά μοντέλα είναι ο τρόπος με τον οποίο όλοι οι επιστήμονες συμφωνούν για την απόδοση μιας έννοιας, μιας ιδέας ή μιας θεωρίας. Το πώς ακριβώς συνδέονται τα επιστημονικά μοντέλα με τα νοητικά είναι ένα ερώτημα που σχετίζεται με το πώς οι επιστημονικές αντιλήψεις διαχωρίζονται από τις κοινές αντιλήψεις των ανθρώπων στην καθημερινή τους ζωή. Κατά τον Hallun (2006), δεν υπάρχουν μόνο επιστημολογικές διαφορές κατά την προσέγγιση ενός φαινομένου από έναν επιστήμονα και από ένα μη καταρτισμένο ανάλογα άνθρωπο. Η κυριότερη διαφορά είναι η μεθοδολογία με την οποία θα γίνει αυτή η προσέγγιση για να διερευνηθούν τα υπό μελέτη φαινόμενα. Στην καθημερινή ζωή οι άνθρωποι αναπτύσσουν και εφαρμόζουν καθαρά εμπειρική γνώση ακολουθώντας άτυπους κανόνες. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την επιστημονική προσέγγιση διερεύνησης ενός φαινομένου, που γίνεται με συστηματικό τρόπο ακολουθώντας συγκεκριμένους κανόνες. Ωστόσο, οι επιστήμονες βασίζονται και στα δύο είδη μοντέλων. Παρ' όλα αυτά, τα νοητικά μοντέλα πάντα προηγούνται οντολογικά των υπόλοιπων και μάλιστα ένα μοντέλο είναι συνήθως η υλοποίηση κάποιων νοητικών μοντέλων. Αυτό συμβαίνει γιατί τα νοητικά μοντέλα συλλαμβάνονται πρώτα και αποτελούν *προσχέδια* για την αναπαράσταση της νοητικής κατασκευής (Hallun, 2006).

Οι Gobert & Buckley (2000) αναφέρουν πως η μάθηση είναι στην ουσία η κατασκευή νοητικών μοντέλων για τα φαινόμενα που μελετώνται, ενώ η διδασκαλία με βάση τα μοντέλα είναι η παράθεση πληροφοριών και τεχνικών διδασκαλίας με σκοπό να αναπτύξουν οι μαθητές νοητικά μοντέλα που θα προσεγγίζουν την επιστημονική γνώση. Στόχος της διδασκαλίας είναι η ταύτιση ή έστω η βαθμιαία σύγκλιση των νοητικών μοντέλων που έχουν ήδη οι μαθητές προς τα επιστημονικά μοντέλα. Αυτά έχουν κατάλληλα διαμορφωθεί μέσω διαφόρων διδακτικών μετασχηματισμών για την περιγραφή μιας έννοιας, ενός συστήματος ή ενός φαινομένου.

Η επιστήμη μπορεί να οριστεί ως μία συνεχής διαδικασία κατασκευής νοητικών μοντέλων με καθολική και προβλεπτική ισχύ. Αυτός ο ορισμός κατά τον Gilbert (1991, 2000) εσωκλείει και τις διαδικασίες της επιστημονικής σκέψης αλλά και τα προϊόντα της (θεωρία και συμπεράσματα) και επιπλέον προσδιορίζει την κατασκευή μοντέλων ως μία διαδικασία ανάπτυξης ανώτερων δεξιοτήτων επεξεργασίας με στόχο την κατάκτηση της επιστημονικής γνώσης. Συμπεραίνουμε, επομένως, ότι στη διδασκαλία των ΦΕ δεν αρκεί η αναγνώριση των νοητικών μοντέλων των μαθητών. Στη διδασκαλία πρέπει να συμπεριλαμβάνεται και η μάθηση

για τα μοντέλα (η φύση τους, ο ρόλος τους, οι λειτουργίες τους και άλλα) και να αναπτύσσονται τεχνικές μοντελοποίησης, ώστε να καθίσταται δυνατή η διαμόρφωση των νοητικών μοντέλων των μαθητών με γνώμονα την σύγκλιση με τα επιστημονικά μοντέλα. Η σημασία της μοντελοποίησης και οι δεξιότητες που μπορούν να αναπτύξουν οι μαθητές, μελετώνται στην επόμενη ενότητα.

1.5 Η μοντελοποίηση στη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ

Ως μοντελοποίηση εννοείται η διαδικασία κατασκευής ή/και χρήσης ενός μοντέλου, είτε νοητικού, είτε επιστημονικού. Συγκεκριμένα, στη διδακτική των ΦΕ η μοντελοποίηση είναι μια διαδικασία με την οποία καλούνται οι μαθητές να χρησιμοποιήσουν μοντέλα, να αναπτύξουν τα ήδη υπάρχοντα νοητικά τους μοντέλα ή να δημιουργήσουν καινούρια ώστε να δομήσουν μια θεωρία μέσα από την οποία εξηγείται ένα φαινόμενο ή μία έννοια. Η μοντελοποίηση στις ΦΕ, μέχρι τις τελευταίες δεκαετίες αφορούσε κυρίως την μάθηση ενός ιστορικού ή διδακτικού μοντέλου με σκοπό την κατανόηση μιας θεωρίας (Saari & Viiri, 2003). Τα τελευταία χρόνια όμως το ενδιαφέρον έχει μετατοπιστεί στην ανάγκη ανάπτυξης δεξιοτήτων μοντελοποίησης από τους ίδιους τους μαθητές, με τρόπους που αναλύονται σε αυτή την ενότητα (Justi & Van Driel, 2003).

Ειδικότερα μοντελοποίηση εννοείται η διαδικασία κατά την οποία επιτυγχάνεται η μάθηση ή η κατασκευή μοντέλων, η χρήση τους για πειραματισμό και πρόβλεψη, η αναθεώρηση και αναπροσαρμογή τους ώστε να προσαρμόζονται σε νέους στόχους και η παραγωγή νέων μοντέλων (Justi & Gilbert, 2002). Σε αυτό το σημείο πρέπει να προσθέσουμε πως δεν αρκεί η χρησιμοποίηση “έτοιμων” μοντέλων από τους μαθητές για να αναπτύξουν έναν επιστημονικό τρόπο σκέψης. Απαιτείται η συμμετοχή τους στην κατασκευή μοντέλων ώστε να φτάσουν σε ένα στάδιο μεταγνώσης σε σχέση με τα μοντέλα (*metamodelling knowledge*), να αναγνωρίσουν δηλαδή τη φύση τους, το ρόλο τους, τη χρησιμότητά τους, τις δυνατότητές τους και να μπορούν τελικά να τα αξιολογήσουν και να τα διαχειριστούν κατάλληλα (Schwarz et al., 2009).

Η ανάπτυξη γενικών δεξιοτήτων μοντελοποίησης προσφέρει το κατάλληλο πεδίο δημιουργίας και κατασκευής της γνώσης με πλήρη κατανόηση του αντικειμένου. Καθιστά αυτές τις δεξιότητες ευέλικτες ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν σε διαφορετικές καταστάσεις και μάλιστα χωρίς να απαιτείται η συνήθης γραμμική συσχέτιση που ακολουθείται περισσότερο κατά την διδασκαλία των εννοιών των ΦΕ. Όπως περιγράφει και ο Gilbert (1991) οι μαθητές πρέπει, χρησιμοποιώντας τα μοντέλα, να κατανοήσουν ότι η γνώση ως ανθρώπινο κατασκεύασμα είναι τεχνητή και άρα κατάλληλα διαχειρίσιμη, αναπτύσσοντας τον επιστημονικό τρόπο σκέψης μέσω διαδικασιών μοντελοποίησης. Εφόσον οι ΦΕ μπορούν να οριστούν ως μία διαδικασία μοντελοποίησης τότε γίνεται αντιληπτό πως πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στην κατανόηση του ρόλου των μοντέλων και στην εκμάθηση τεχνικών μοντελοποίησης. Οι μαθητές θα πρέπει: α) να αναγνωρίζουν πως το μοντέλο που θα

δημιουργήσουν θα έχει έναν συγκεκριμένο σκοπό, β) να τους έχει δοθεί μια αρχική εικόνα του τι καλούνται να δημιουργήσουν, γ) να είναι σε θέση να αξιολογήσουν το μοντέλο όσον αφορά το πόσο επιτυγχάνει το σκοπό του και δ) να μπορούν να το επανεξετάσουν και να κάνουν τις απαραίτητες διαρθρωτικές αλλαγές (Penner et al., 1997).

Πιο αναλυτικά, αυτές οι γνώσεις που καλούνται οι μαθητές να αναπτύξουν μέσα από την διαδικασία της μοντελοποίησης είναι (Schwarz et al., 2009):

➤ Όσον αφορά στη φύση των μοντέλων, η αναγνώριση ότι:

- Τα μοντέλα μπορούν να αναπαραστήσουν μη ορατές διαδικασίες και χαρακτηριστικά
- Κάποια μοντέλα μπορούν να υπερέχουν έναντι άλλων αναλόγως του φαινομένου
- Τα μοντέλα είναι αναπαραστάσεις που έχουν και κάποια όρια ως προς αυτό που καλούνται να αναπαραστήσουν
- Τα μοντέλα μπορούν να αλλάξουν καθώς γίνεται καλύτερη η κατανόηση ως προς κάποια φαινόμενα
- Υπάρχουν πολλοί τύποι μοντέλων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν

➤ Όσον αφορά στον σκοπό των μοντέλων, η αναγνώριση ότι:

- Τα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ερμηνεύσουν, να εξηγήσουν και να προβλέψουν φαινόμενα
- Τα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναπτύξουν νέα γνώση με το να προβλέπουν νέες όψεις ενός φαινομένου
- Τα μοντέλα είναι εργαλεία με τα οποία μπορεί να μεταβιβαστεί η κατανόηση ή η γνώση
- Τα μοντέλα είναι εργαλεία για την οικοδόμηση της γνώσης

➤ Όσον αφορά την αξιολόγηση των μοντέλων, η αναγνώριση ότι:

- Τα μοντέλα πρέπει να στηρίζονται σε στοιχεία
- Τα μοντέλα πρέπει να περιλαμβάνουν μόνο ότι σχετίζεται με το σκοπό τους.

Η καθοδηγούμενη κατασκευή μοντέλων σε έναν επιστημονικό τομέα, όπως η κινηματική στερεού σώματος, η οπτική κ.ά., μπορεί να αποτελέσει τη βάση ώστε οι μαθητές να μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις δεξιότητες για να δημιουργήσουν τα δικά τους μοντέλα, να βελτιώσουν τα ήδη υπάρχοντα με την εμπειρία και την εξάσκηση (Gobert & Buckley, 2000, Schwarz & White, 2005). Ο σκοπός της μοντελοποίησης στην εκπαίδευση των ΦΕ είναι να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν σταθερές μεθοδολογικές προσεγγίσεις και κανόνες που θα τους επιτρέψουν να αναπτύξουν εμπειρική γνώση, η οποία να μπορεί να χαρακτηριστεί ως αντικειμενική, έγκυρη και να προσεγγίζει το επιστημονικό πρότυπο. Ειδικότερα, στόχος είναι να αναπτύξουν οι μαθητές τα δικά τους μοντέλα στηριζόμενοι σε δεδομένα του πραγματικού κόσμου και στη συνέχεια να εξερευνούν τις δυνατότητες εφαρμογής και αναδιαμόρφωσης των μοντέλων (Schwarz & White, 2005)⁴¹.

Η εκμάθηση κατασκευής ενός μοντέλου είναι μία διαδικασία που έχει συνεχή αποτελέσματα (Gilbert, 2000, 2005, Ornek, 2008). Συμπληρωματικά, οι δεξιότητες που αποκτούνται με την ανάπτυξη ενός μοντέλου δίνουν την δυνατότητα πιο ευέλικτης και αποτελεσματικής προσέγγισης στη διαχείριση εργαλείων και κανόνων μοντελοποίησης. Η διαδικασία αυτή μπορεί να παρέχει τη βασική δομή μάθησης που έχει κέντρο το μαθητή, η οποία βασίζεται στην ανάπτυξη διερευνητικών δεξιοτήτων και είναι αποτελεσματική για την εις βάθος κατανόηση της επιστημονικής γνώσης. Κατά τις διαδικασίες μοντελοποίησης ο μαθητής ενισχύεται στο να μεταβεί από αυτές τις ασαφείς αντιστοιχίσεις, στις επιστημονικές μεθόδους εξαγωγής συμπερασμάτων για τα φαινόμενα που μελετά αλλά και να εξελίξει την ήδη υπάρχουσα γνώση προσεγγίζοντας την επιστημονική.

Η κατασκευή των μοντέλων πραγματοποιείται από μία σειρά δραστηριοτήτων διερεύνησης και διαδικασιών επίλυσης προβλήματος, που αφορούν τον πραγματικό κόσμο, όπως γίνεται αντιληπτός εμπειρικά, παράλληλα με την επιστημονική θεωρία μέσα από την οποία εξετάζεται ένα φαινόμενο. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν διάφορες όψεις της μοντελοποίησης και των διαδικασιών της. Από την επισκόπησή της προέκυψε συμπερασματικά ότι μοντελοποίηση είναι το σύνολο των ενεργειών και των δραστηριοτήτων με τις οποίες α) καθορίζονται τα χαρακτηριστικά και τα δεδομένα του συστήματος, του φαινομένου ή της θεωρίας και σύμφωνα με αυτά δημιουργείται ένα μοντέλο, β) αξιολογούνται τα κριτήρια της ακρίβειας και σταθερότητας του μοντέλου αυτού και γ) τροποποιείται το

⁴¹ Για παράδειγμα οι Schwarz & White (2005), ανέπτυξαν δραστηριότητες μοντελοποίησης της κινηματικής στερεού σώματος σε ηλεκτρονικό υπολογιστή με στόχο να μπορούν οι μαθητές να κατανοήσουν τη φύση των μοντέλων, τη φύση της διαδικασίας της μοντελοποίησης, την αξιολόγηση των μοντέλων και την χρησιμότητα της μοντελοποίησης.

μοντέλο ώστε να μπορεί να περιγράψει, να εξηγήσει και να προβλέπει καινούριες σχετικές έννοιες και εμπειρικά δεδομένα (Schwarz & White, 2005). Σύμφωνα με τον Constantinou (1999), η διαδικασία της μοντελοποίησης:

- προσφέρει στους μαθητές την δυνατότητα πρόβλεψης, κάτι που θεωρείται πως έχει μεγάλη παιδαγωγική σημασία στις φυσικές επιστήμες,
- τους ενθαρρύνει να χρησιμοποιήσουν τις δεξιότητές τους αναπτύσσοντας λογικές υποθέσεις και στρατηγικές επίλυσης προβλήματος,
- τους δείχνει τη σύνδεση μεταξύ των δικών τους υποθέσεων ή αντιλήψεων με την πραγματική συμπεριφορά ενός συστήματος και το πώς μπορούν να εφαρμόσουν την γνώση αυτή σε μία νέα κατάσταση,
- αποτελεί τον καλύτερο τρόπο ανατροφοδότησης και εμπέδωσης της γνώσης με την ανάγκη για διαρκή σύγκριση και αναθεώρηση και
- μέσα από μία σειρά επαληθεύσεων του μοντέλου σε διαφορετικά συστήματα επιτυγχάνεται η εξαγωγή γενικότερων νόμων και θεωριών που διέπουν κάθε μεμονωμένο σύστημα.

Όπως γίνεται αντιληπτό, η διαφορά μεταξύ της εποικοδομητικής προσέγγισης των μοντέλων και γενικότερα της μοντελοποίησης και της διερευνητικής προσέγγισης είναι ότι στην πρώτη περίπτωση η κατασκευή ενός μοντέλου γίνεται με βάση το ήδη υπάρχον νοητικό μοντέλο των μαθητών ενώ στην δεύτερη προσέγγιση (ή και συμπληρωματικά), με διερευνητικές μεθόδους γίνεται δυνατή η ανάπτυξη, η εφαρμογή και η αξιολόγησή τους. Σε αυτό το σημείο πρέπει να διαχωριστεί η μοντελοποίηση σε εποικοδομητικά και σε διερευνητικά περιβάλλοντα. Όπως φαίνεται από την μελέτη των Mellar & Bliss (1994), υπάρχουν δύο κατηγορίες δραστηριοτήτων μάθησης με μοντέλα, οι διερευνητικές (exploratory learning activities) και οι εκφραστικές (expressive learning activities):

- Διερευνητικές δραστηριότητες μάθησης: είναι οι δραστηριότητες με τις οποίες ο μαθητής εξερευνά τις ιδέες και έννοιες που σχετίζονται με ένα θέμα που παρουσιάζει ένας εκπαιδευτικός ή ένας ειδικός. Σε αυτές θεωρείται δεδομένο πως ο μαθητής μπορεί να έχει διαφορετικές ιδέες από αυτές που του παρουσιάζονται. Σε αυτή τη κατηγορία εντάσσονται οι διδασκαλίες με μοντέλα που δίνονται έτοιμα στον μαθητή, όπως διάφορες προσομοιώσεις. Η σημασία τέτοιων δραστηριοτήτων έγκειται στην σύγκριση των απόψεων του μαθητή με τις δεδομένες ιδέες και στην αναγνώριση της καινούριας ιδέας.

- Εκφραστικές δραστηριότητες μάθησης: είναι οι δραστηριότητες με τις οποίες ο μαθητής μπορεί να εκφράσει τις δικές του ιδέες. Θεωρείται ότι οποιαδήποτε δραστηριότητα περιλαμβάνει την εξωτερίκευση και αναθεώρηση των ήδη υπάρχοντων ιδεών των μαθητών ανήκει σε εποικοδομητικό περιβάλλον. Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται οι διδασκαλίες με μοντέλα (τα οποία κατασκευάζει ο ίδιος ο μαθητής), με εργαλεία (όπως κατασκευές ή υπολογιστικά προγράμματα), που καθιστούν ικανό το μαθητή να εξωτερικεύσει κάποιες πτυχές των ιδεών του. Η σημασία τέτοιων δραστηριοτήτων έγκειται στο ότι ο μαθητής μπορεί να διαχειριστεί τις ήδη υπάρχουσες ιδέες του, να τις μετατρέψει σε μοντέλο και να πειραματιστεί με αυτό επανελέγχοντας ή τροποποιώντας τις.

Είναι εμφανές ότι τα μοντέλα κατέχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην οικοδόμηση της γνώσης διότι αποτελούν κύριο ερευνητικό εργαλείο των ΦΕ και η κατανόησή τους οδηγεί σε εμπάθυνση της γνώσης αλλά και της επιστημονικής μεθοδολογίας (Gilbert & Boulter, 1998). Για την στήριξη και την ενίσχυση είτε των εποικοδομητικών είτε των διερευνητικών μαθητοκεντρικών προσεγγίσεων απαιτούνται συμμετοχικές διαδικασίες μοντελοποίησης καθώς μέσα από τις διαδικασίες αυτές ο μαθητευόμενος, αλληλεπιδρά με τις έννοιες και τα φαινόμενα προκειμένου να κατακτήσει τη νέα γνώση και συγκρίνει τις αρχικές του ιδέες με τις νέες. Όπως χαρακτηριστικά παραθέτουν οι Treagust et al. (2002, σελ. 364): «η μοντελοποίηση είναι μια ενστικτώδης συμπεριφορά και ο επεξηγηματικός ρόλος που χαρακτηρίζει τα μοντέλα είναι ο πιο χρήσιμος για την εκμάθηση της επιστήμης».

Στην παρούσα ενότητα, παρουσιάστηκε η μοντελοποίηση στη διδακτική των ΦΕ ως τη διαδικασία με την οποία ο μαθητής δημιουργεί, αναπτύσσει και ελέγχει ένα μοντέλο και έγινε περιγραφή δύο προτάσεων μοντελοποίησης. Με βάση την επισκόπηση της βιβλιογραφίας γίνεται αντιληπτό ότι με τις διαδικασίες μοντελοποίησης ο μαθητής μπορεί να προσεγγίσει την επιστημονική γνώση με δύο τρόπους: α) αποκτώντας γνώση για τα μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης και β) αναπτύσσοντας βασικές δεξιότητες που θα του επιτρέπουν να προσεγγίσει και άλλα επιστημονικά θέματα και τομείς. Ήδη τα σύγχρονα αναλυτικά προγράμματα προτείνουν τη χρήση διδακτικών μεθόδων που να διευκολύνουν και να ενισχύουν την ανάπτυξη δεξιοτήτων μοντελοποίησης. Στη συνέχεια παρουσιάζεται πίνακας στον οποίο παρατίθενται συγκριτικά οι γνώσεις που καλείται να αποκομίσει ο μαθητής συμμετέχοντας σε δραστηριότητες μοντελοποίησης και οι δεξιότητες που καλείται να αναπτύξει μέσα από αυτές

Πίνακας 2: Γνώσεις και δεξιότητες δραστηριοτήτων μοντελοποίησης.

<p>Γνώσεις για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση (Schwarz et al., 2009).</p>	<p>Δεξιότητες που αποκτούνται με συμμετοχή σε διαδικασίες μοντελοποίησης (Schwarz et al., 2009, Hallun, 2006, Schwarz & White, 2005, Gobert & Buckley, 2000, Constantinou, 1999, Gilbert St. 1991)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Τα μοντέλα μπορούν να αναπαραστήσουν μη ορατές διαδικασίες και χαρακτηριστικά • Κάποια μοντέλα μπορούν να υπερέχουν έναντι άλλων, αναλόγως του φαινομένου • Τα μοντέλα είναι αναπαραστάσεις που έχουν και κάποια όρια ως προς αυτό που καλούνται να αναπαραστήσουν • Τα μοντέλα μπορούν να αλλάξουν καθώς γίνεται καλύτερη η κατανόηση ως προς κάποια φαινόμενα • Υπάρχουν πολλοί τύποι μοντέλων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν • Τα μοντέλα είναι εργαλεία για την οικοδόμηση της γνώσης • Τα μοντέλα είναι εργαλεία με τα οποία μπορεί να μεταβιβαστεί η κατανόηση ή η γνώση • Τα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναπτύξουν νέα γνώση με το να προβλέπουν νέες 'τάσεις' ενός φαινομένου • Τα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ερμηνεύσουν, να εξηγήσουν και να προβλέψουν φαινόμενα • Τα μοντέλα πρέπει να στηρίζονται σε στοιχεία • Τα μοντέλα πρέπει να περιλαμβάνουν μόνο ότι σχετίζεται με το σκοπό τους. 	<ul style="list-style-type: none"> • Να αναπτύξουν σταθερές μεθοδολογικές προσεγγίσεις και κανόνες • Να αναπτύξουν εμπειρική γνώση που να μπορεί να χαρακτηριστεί ως αντικειμενική, έγκυρη και να προσεγγίζει το επιστημονικό πρότυπο • Να αναπτύσσουν τα δικά τους μοντέλα στηριζόμενοι σε δεδομένα του πραγματικού κόσμου και στη συνέχεια.. • Να εξερευνούν τις δυνατότητες εφαρμογής και αναδιαμόρφωσης των μοντέλων • Να κατανοήσουν το μοντέλο ως οντότητα και την μοντελοποίηση ως μία διαδικασία που βελτιώνεται και τελειοποιείται προοδευτικά • Να αποκτήσουν αυτοπεποίθηση • Να δρουν ανεξάρτητοι και να μη βασίζονται στην καθοδήγηση του εκπαιδευτικού • Να μπορούν να παρουσιάζουν και να υποστηρίζουν επιστημονικά τις απόψεις τους • Να κατανοήσουν ότι η γνώση ως ανθρώπινο κατασκεύασμα είναι τεχνητή και άρα κατάλληλα διαχειρίσιμη αναπτύσσοντας τον επιστημονικό τρόπο σκέψης μέσω διαδικασιών μοντελοποίησης

Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική επισκόπηση για τις αντιλήψεις μαθητών και μελλοντικών / εν ενεργεία εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις ΦΕ

Εισαγωγή

Η σημασία των μοντέλων στις ΦΕ είναι αναγνωρισμένη από την επιστημονική κοινότητα, ωστόσο υπάρχουν πρακτικές δυσκολίες σχετικά με τη χρήση μοντέλων: διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει σύνδεση της γνώσης που αναπαριστά ένα μοντέλο με το ίδιο το μοντέλο και ότι οι μαθητές αδυνατούν να εφαρμόσουν ένα μοντέλο σε διαφορετικές καταστάσεις ή να συνδυάσουν δύο μοντέλα (για παράδειγμα ένα μοντέλο αναλογίας με ένα μαθηματικό ή συμβολικό μοντέλο) που αφορούν μία έννοια (Gilbert & Osborne, 1980). Προκύπτουν λοιπόν πολύ σημαντικά ερωτήματα που αφορούν στην εφαρμογή των μοντέλων και της μοντελοποίησης κατά τη διδασκαλία, όπως:

- τι αντιλήψεις έχουν ήδη σχηματίσει οι μαθητές για την επιστήμη και τα μοντέλα και κυρίως κατά πόσο αυτή η γνώση για τα μοντέλα μπορεί να θεωρηθεί ως υπόβαθρο για την κατάκτηση και οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης (Treagust et al., 2002, Gilbert, 1991);
- μπορούν μαθητές και εκπαιδευτικοί να αναγνωρίσουν την σημασία των μοντέλων και της μοντελοποίησης κατά τη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ (Treagust et al., 2002);

Απαντήσεις σε τέτοιου είδους ερευνητικά ερωτήματα παρέχουν αρκετές έρευνες που συναντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία και αφορούν τις αντιλήψεις που έχουν σχηματίσει μαθητές αλλά και εκπαιδευτικοί για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις ΦΕ. Στη συνέχεια, καθώς περιγράφονται έρευνες με αυτό το αντικείμενο, για λόγους συντομίας θα χρησιμοποιείται ο όρος «γνώσεις σχετικά με τα μοντέλα» και θα εννοείται όλο το εύρος των κατηγοριών των αντιλήψεων που ανιχνεύθηκαν από τους ερευνητές σχετικά με τα μοντέλα.

Παρά την γενική αποδοχή των μοντέλων ως προς την ισχύ και τη χρησιμότητά τους, δεν υπάρχει συμφωνία στην επιστημονική κοινότητα σχετικά με το τι είναι ακριβώς 'επιστημονικά μοντέλα' και μοντελοποίηση. Οι διαφορετικές ερμηνείες που αποδίδονται στον όρο 'μοντέλο' από τον κάθε ερευνητή, αλλά και κατά επέκταση από το εκπαιδευτικό αλλά και

από το μαθητευόμενο, προκαλούν παρανοήσεις αλλά και σύγχυση ως προς τις ιδιότητες, την ισχύ τους, τον ρόλο και τη φύση τους.

Πολλοί ερευνητές παρατηρούν πως, παρά τη σημασία των μοντέλων και των τεχνικών μοντελοποίησης στην ανάπτυξη επιστημονικού τρόπου σκέψης, οι μαθητές δεν έχουν την απαιτούμενη εμπειρία με τεχνικές μοντελοποίησης ώστε να μπορούν να αναγνωρίσουν πλήρως τη φύση, το ρόλο και τις δυνατότητες ενός μοντέλου. Οι χάρτες, τα απτά μοντέλα – κατασκευές, τα μοντέλα υπό κλίμακα, τα πρωτοπλάσματα, και όλα τα μοντέλα με τα οποία έρχονται σε επαφή οι μαθητές στην καθημερινή τους ζωή, είτε στην σχολική αίθουσα είτε εκτός αυτής, είναι μοντέλα που αφορούν κυρίως μία απλή αναπαράσταση της δομής ενός συστήματος ή φαινομένου ή των σχέσεων μεταξύ μεταβλητών (Penner et al., 1997).

Όσον αφορά τις γνώσεις των εκπαιδευτικών για τα μοντέλα, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε το κατά πόσο οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί που καλούνται να εφαρμόσουν στην πράξη διαδικασίες και τεχνικές μοντελοποίησης έχουν το απαραίτητο υπόβαθρο γνώσης σχετικά με τα μοντέλα. Σημαντικό ερευνητικό ερώτημα είναι επίσης το κατά πόσο οι εκπαιδευτικοί έχουν αντίστοιχες εμπειρίες κατά τη φοίτησή τους ή αν έχουν διδαχθεί το πώς να αναπαράγουν διαδικασίες μοντελοποίησης ώστε να τις χρησιμοποιήσουν κατά τη διδασκαλία (Treagust et al., 2002).

Στη συνέχεια του κεφαλαίου παρουσιάζονται τρεις ενότητες. Η πρώτη ενότητα περιλαμβάνει τις έρευνες που έχουν διεξαχθεί τα τελευταία χρόνια για την διερεύνηση της γνώσης των μαθητών σχετικά με τα μοντέλα. Η δεύτερη ενότητα περιλαμβάνει αντίστοιχες έρευνες που έχουν διεξαχθεί με μελλοντικούς και εν ενεργεία εκπαιδευτικούς. Τέλος, στην τελευταία ενότητα του κεφαλαίου παρατίθενται τα επίπεδα γνώσης σχετικά με το μοντέλα που συναντώνται στις αντίστοιχες έρευνες.

2.1 Οι αντιλήψεις των μαθητών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις ΦΕ

Στο σύνολο των ερευνών σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για τα μοντέλα, διακρίνουμε δύο ειδών έρευνες. Αυτές που έχουν στόχο την ανάδειξη των αντιλήψεων των μαθητών σε σχέση με τα μοντέλα (Grosslight et al., 1991, Ingham & Gilbert 1991, Harrison & Treagust 2000, de Jong & van Driel, 2001, Treagust et al. 2002, Πετρίδου, 2008) και τις έρευνες που έχουν στόχο μια διδακτική παρέμβαση με τη χρήση μοντέλων με σκοπό την αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων. Σε αυτή την ενότητα ενδιαφέρει να παρατεθούν τα ευρήματα του πρώτου είδους των ερευνών, διότι ενδιαφέρει κυρίως η γνώση των μαθητών για τα μοντέλα.

Η έρευνα των Grosslight et al. (1991) αποτέλεσε βασικό θεωρητικό υπόβαθρο και σημείο αναφοράς για αρκετές επόμενες έρευνες. Στην έρευνα συμμετείχαν 55 μαθητές (33 μετρίας απόδοσης μαθητές και 22 άριστοι μαθητές) καθώς και 4 ενήλικες. Οι ερευνητές, με τη μέθοδο της συνέντευξης, προσπάθησαν να ανιχνεύσουν αντιλήψεις μαθητών για τη φύση των μοντέλων και συγκεκριμένα για τα είδη των μοντέλων, τον σκοπό της χρήσης τους, την δημιουργία τους, την δυνατότητα αλλαγής τους και την πολλαπλότητά τους. Οι ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στη συνέντευξη ήταν

- Τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο; Υπάρχουν διαφορετικά είδη μοντέλων; Πως θα περιέγραφε τι είναι μοντέλο σε κάποιον που δεν ξέρει;
- Γιατί υπάρχουν τα μοντέλα; Ποιος είναι ο σκοπός των μοντέλων; Τι μπορείς να κάνεις με ένα μοντέλο; Μπορείς να το χρησιμοποιήσεις στις ΦΕ;
- Όταν φτιάχνεις ένα μοντέλο τι πρέπει να σκέφτεσαι ή να έχεις στο μυαλό σου;
- Πόσο κοντά πρέπει να είναι το μοντέλο στην πραγματικότητα; Πως γνωρίζεις τι πρέπει να περιλαμβάνει;
- Θα μπορούσε ένας επιστήμονας να αλλάξει ένα μοντέλο;
- Θα μπορούσε ένας επιστήμονας να έχει παραπάνω από ένα μοντέλο για το ίδιο πράγμα;

Τα αποτελέσματα της έρευνας ανέδειξαν τρία βασικά επίπεδα γνώσης σχετικά με τα μοντέλα, επίπεδα που αναλύονται συγκριτικά με άλλες έρευνες στο τέλος της ενότητας. Σε αυτό το σημείο θα τονιστεί πως τα αποτελέσματα της έρευνας, όσον αφορά τους μαθητές, ήταν ότι

επικρατεί η αντίληψη πως τα μοντέλα είναι αντικείμενα – αντίγραφα ενός συστήματος καθώς υπήρχε περιορισμένη κατανόηση πως ένα μοντέλο μπορεί να αναπαριστά μια αφηρημένη έννοια.

Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξε και η έρευνα των Treagust et al. (2002), η οποία εστίαζε στα εξής θέματα: α) αν μπορούν οι μαθητές να αναγνωρίσουν τα μοντέλα ως πολλαπλές αναπαραστάσεις, β) αν θεωρούν πως τα μοντέλα είναι ακριβή αντίγραφα, γ) αν αναγνωρίζονται τα μοντέλα ως εργαλεία επεξήγησης, δ) αν μπορούν να αναγνωρίσουν γιατί χρησιμοποιούνται και ε) αν μπορούν να αντιληφθούν τη δυναμική φύση των μοντέλων. Το δείγμα της έρευνας ήταν 228 μαθητές λυκείου, με κατεύθυνση ΦΕ, ηλικίας 13 έως 15 ετών. Αντικείμενο της έρευνας ήταν οι πεποιθήσεις των μαθητών για τον ρόλο των μοντέλων στις ΦΕ και η συλλογή των δεδομένων έγινε με ένα ανοιχτού τύπου ερωτηματολόγιο, το οποίο περιλάμβανε ερωτήσεις από παλαιότερη έρευνα των ερευνητών καθώς και από την έρευνα των Grosslight et al. (1991) που αναφέρθηκε παραπάνω. Οι μαθητές δεν είχαν διδαχθεί σχετικά με τα μοντέλα και το ρόλο τους στις ΦΕ. Ωστόσο τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι περισσότεροι μαθητές αναγνωρίζουν την ανάγκη πολλαπλών μοντέλων, αν και ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητών φαίνεται να πιστεύει πως μοντέλο είναι ένα ακριβές αντίγραφο και 'πρέπει να είναι κοντά στην πραγματικότητα'. Η δεύτερη αντίληψη των μαθητών που παρατηρήθηκε ωστόσο κατά την έρευνα των Treagust et al. (2002) είναι ότι τα μοντέλα μπορεί να μην μοιάζουν με το αντικείμενο που αναπαριστούν αλλά μπορεί να δίνουν πληροφορίες για το πώς λειτουργεί. Οι περισσότεροι μαθητές δείχνουν να εκτιμούν την επεξηγηματική πτυχή των μοντέλων, με την πλειοψηφία να χρησιμοποιεί δηλώσεις όπως «τα μοντέλα χρησιμοποιούνται για την οπτική ή τη φυσική απεικόνιση κάποιου αντικείμενου» και ότι «πολλά μοντέλα δείχνουν διαφορετικές πλευρές και σχήματα ενός αντικείμενου» και «το μοντέλο δείχνει τι κάνει το πραγματικό αντικείμενο και πως μοιάζει» (Treagust et al., 2002, σελ. 364). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές δεν έχουν μάθει να χρησιμοποιούν τα μοντέλα ως επιστημονικά εργαλεία ή ως μέσα πρόβλεψης και συμβολικής αναπαράστασης. Μπορούν όμως να αντιληφθούν ότι ένα μοντέλο δεν είναι κάτι στατικό και σταθερό, μπορεί να τροποποιείται δηλαδή και να αλλάζει. Ενδεικτικά αναφέρεται πως οι απαντήσεις των σπουδαστών ήταν «ένα μοντέλο μπορεί να αλλάξει όταν υπάρξουν καινούρια ευρήματα» και «ένα μοντέλο μπορεί να αλλάξει όταν καινούριες θεωρίες ή καινούρια στοιχεία αποδείξουν ότι δεν ισχύει». Φαίνεται λοιπόν πως πολλοί μαθητές αναγνωρίζουν αυτή τη δυναμική ευέλικτη φύση των επιστημονικών μοντέλων και αυτό ενισχύει την κατανόηση της φύσης των μοντέλων και κατ' επέκταση της επιστήμης.

Όσον αφορά την χρήση των μοντέλων, σε σχετικό αποτέλεσμα κατέληξαν και οι Penner et al. (1997), οι οποίοι παρατήρησαν πως, κατά την άποψη των μαθητών, τα μοντέλα χρησιμοποιούνται περισσότερο ως παραδείγματα κι όχι ως εργαλεία. Κατά την διαδικασία μοντελοποίησης που εισήγαγαν σε δύο τάξεις μαθητών (συνολικά 48 μαθητών) για την κατασκευή ενός μοντέλου του ανθρώπινου αγκώνα, παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές είχαν την τάση να συγκρίνουν φυσικά χαρακτηριστικά του μοντέλου σε σχέση με το σύστημα που αναπαριστά. Αντιμετωπίζουν έτσι το μοντέλο ως κάτι που δείχνει κάτι, παρόλη την εμφανή διαφορά στο μέγεθος του υπό κλίμακα μοντέλου (Penner et al., 1997).

Οι Harrison και Treagust 1996, μελέτησαν τα νοητικά μοντέλα 48 μαθητών λυκείου σχετικά με τα άτομα και τα μόρια. Οι ερευνητές πραγματοποίησαν μια σειρά συνεντεύξεων ώστε να αναδείξουν τα νοητικά μοντέλα των μαθητών. Παρατήρησαν ότι οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονταν και δεν ερμήνευαν με τον ίδιο τρόπο τις λέξεις που προσπαθούσαν να μεταδώσουν οι εκπαιδευτικοί (όπως ‘ηλεκτρονιακό νέφος’ και ‘ηλεκτρονιακό κέλυφος’) για την περιγραφή των ατόμων και των μορίων. Τα αποτελέσματα της έρευνας συμφωνούσαν με τα αποτελέσματα της έρευνας των Grosslight et al., (1991), καθώς οι περισσότεροι μαθητές είχαν την τάση να δέχονται τα μοντέλα ως αντικείμενα ή ως αναπαραστάσεις πραγματικών αντικειμένων και όχι ως αναπαραστάσεις αφηρημένων εννοιών.

Από την επισκόπηση των ερευνών αυτών μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι παρόλο που υπάρχουν παρανοήσεις ως προς τον όρο ‘μοντέλο’ και δεν γίνεται εμφανής διάκριση των μορφών των μοντέλων, αναγνωρίζεται η ουσιαστική συνεισφορά τους ως πολλαπλές δυναμικές αναπαραστάσεις και ως ευέλικτα περιγραφικά εργαλεία. Οι μαθητές δηλαδή τείνουν να αναγνωρίζουν ένα μοντέλο ως αντικείμενο ή ένα ομοίωμα που πρέπει να μοιάζει με το σύστημα που αναπαριστά, γεγονός που καθιστά τη γνώση τους περιορισμένη. Μπορούν, ωστόσο, να αναγνωρίζουν ότι τα μοντέλα μπορεί να είναι ευέλικτα και πολλαπλά. Για να αποκτήσουν ευχέρεια οι μαθητές στη χρήση μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης πρέπει να διδάσκονται από νωρίς το ρόλο και τη χρησιμότητά τους (Saari & Viiri, 2003). Οι ερευνητές επίσης προτείνουν αντιμετώπιση των αντιλήψεων των μαθητών για τη φύση των μοντέλων, με την ενεργό συμμετοχή τους σε διδασκαλίες βασισμένες σε μοντέλα και δραστηριότητες μοντελοποίησης. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούν να σκέφτονται μεταγνωστικά στη χρήση των μοντέλων και να ενθαρρύνονται να χρησιμοποιούν μοντέλα ως εργαλεία με προβλεπτική ισχύ.

2.2 Οι αντιλήψεις μελλοντικών και εν ενεργεία εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και την μοντελοποίηση στις ΦΕ

Όσον αφορά τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις ΦΕ, υπάρχουν αρκετές έρευνες που αναδεικνύουν το γεγονός ότι οι εκπαιδευτικοί έχουν προβλήματα να διδάξουν για τα μοντέλα ή να εφαρμόσουν διαδικασίες μοντελοποίησης μέσα στην τάξη (Grosslight et. al 1991, Ingham & Gilbert 1991, Van Driel & Verloop 1999, Harrison, 2001, Henze et al., 2007) και γενικά έχουν περιορισμένες γνώσεις σχετικά με αυτό το αντικείμενο. Οι κυριότερες δυσκολίες αντιμετωπίζονται στην αναγνώριση και την εφαρμογή όχι μόνο της ερμηνευτικής λειτουργίας των μοντέλων αλλά κυρίως στην αναγνώριση της προβλεπτικής τους λειτουργίας (Treagust et. al, 2002, Cullin & Crawford 2003, 2005, De Jong, Van Driel, Verloop, 2005). Οι εκπαιδευτικοί δεν αναγνωρίζουν επαρκώς την φύση και τις λειτουργίες των μοντέλων. Μάλιστα τονίζουν πως υπάρχουν δυσκολίες αποσαφήνισης του όρου ‘μοντέλο’, όπως χρησιμοποιείται από τα αναλυτικά προγράμματα τα οποία καλούνται να φέρουν εις πέρας κατά τη διδασκαλία των ΦΕ (Justi & Van Driel, 2005). Οι ερευνητές προσθέτουν επίσης πως η γνώση των εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση περιορίζεται σε οπτικοποιημένα και συγκεκριμένα (πραγματικά) μοντέλα.

Όπως περιγράφουν οι Henze et al. (2007), η γνώση που έχει ένας εκπαιδευτικός καθορίζει το κατά πόσο μπορεί να ανταπεξέλθει σε εκπαιδευτικές καινοτομίες, όπως είναι η συνειδητή χρήση μοντέλων και τεχνικών μοντελοποίησης μέσα στην τάξη. Είναι όμως πολύ λίγες οι έρευνες που έχουν αναδείξει το επιστημονικό περιεχόμενο και τη δομή αυτής της απαιτούμενης γνώσης. Οι εκπαιδευτικοί μαθαίνουν αποθηκεύοντας γνώσεις μέσω νοητικών αναπαραστάσεων. Όταν ολοκληρώνονται και συνδυάζονται, αποτελούν γνωστικά συστήματα ή δομές (νοητικά μοντέλα) που έχουν ρόλο στην αφομοίωση και επεξεργασία νέων πληροφοριών.

Ειδικά στην διδασκαλία των ΦΕ η χρήση των μοντέλων είναι αναπόσπαστο κομμάτι της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Όμως για να χρησιμοποιούνται τα μοντέλα ως εργαλεία με προβλεπτική ισχύ πρέπει να υπάρχει και ο κατάλληλος ‘επιστημονικός’ τρόπος σκέψης ώστε να γίνεται η σωστή διαχείρισή τους και να αξιοποιούνται πλήρως οι δυνατότητές τους. Αυτό είναι, από ό,τι φαίνεται, ο σημαντικότερος λόγος για τον οποίον δεν είναι εύκολο από τους εκπαιδευτικούς να αναπτύξουν διαδικασίες μοντελοποίησης με τον καταλληλότερο τρόπο ή να αναγνωρίσουν πλήρως και να μπορούν να μεταδώσουν στους μαθητές όλα τα χαρακτηριστικά των μοντέλων. Ενδεικτικά αναφέρουμε την παρατήρηση των Justi & Gilbert (2002) ότι για να

μπορέσουν οι μαθητές να εμπλακούν σε μία εκπαιδευτική διαδικασία χρησιμοποιώντας μοντέλα είναι απαραίτητο να γνωρίζουν για αυτά οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί ώστε να μπορούν να εφαρμόσουν διδασκαλίες βασισμένες στα μοντέλα και στις διαδικασίες μοντελοποίησης. Απαραίτητη προϋπόθεση κατά τους ερευνητές είναι οι εκπαιδευτικοί: α) να έχουν τις κατάλληλες γνώσεις και να αναγνωρίζουν τη φύση του μοντέλου, β) να έχουν εμπειρία στο φαινόμενο που αναπαρίσταται και των μεταβλητών που το αφορούν, γ) να γνωρίζουν τους λόγους ύπαρξης του μοντέλου και γιατί πρέπει να διδαχθεί και να ενταχθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία, δ) να έχουν κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας των αναλογιών μεταξύ των μοντέλων και του πραγματικού κόσμου ή των μοντέλων μεταξύ τους, ε) να έχουν γνώσεις για την πηγή από την οποία προήλθε το μοντέλο που κατασκευάστηκε για εκπαιδευτικούς λόγους και στ) να μπορούν τελικά να αξιοποιήσουν πλήρως ένα μοντέλο και τις δυνατότητές του. Ένας από τους λόγους που φαίνεται να μην ικανοποιείται αυτή η βασική προϋπόθεση είναι η απειρία των εκπαιδευτικών σε ότι αφορά τα μοντέλα και τις τεχνικές μοντελοποίησης (Harrison, 2001, Henze et al, 2007). Μόλις πρόσφατα άρχισαν οι εκπαιδευτικοί να χρησιμοποιούν μοντέλα και τεχνικές μοντελοποίησης κατά την διδασκαλία των ΦΕ (Windschitl et al., 2008).

Πιο συγκεκριμένα, στην έρευνα των Grosslight et al. (1991), εκτός από τις αντιλήψεις μαθητών (βλ. ενότητα 2.1), διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις 4 ενηλίκων, οι οποίοι στην έρευνα αναφέρονται ως ‘ειδικοί’: ένας καθηγητής ΦΕ, που συχνά χρησιμοποιεί μοντέλα στη διδασκαλία, ένας διευθυντής μουσείου ΦΕ, ένας καθηγητής μηχανικής και εκπαίδευσης κι ένας ερευνητής με κύριο ενδιαφέρον τις αναπαραστάσεις. Οι αντιλήψεις των συμμετεχόντων διερευνήθηκαν με συνεντεύξεις που περιείχαν ερωτήσεις του τύπου “τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς την λέξη μοντέλο;”, “υπάρχουν διαφορετικά είδη μοντέλων;”, “γιατί χρησιμοποιούνται τα μοντέλα;” κ.ά. Παρατηρήθηκε πως οι απαντήσεις των ειδικών ήταν πιο εκτενείς, για αυτό οι ερευνητές μπορούσαν να κάνουν περισσότερες βοηθητικές ερωτήσεις. Σε γενικές γραμμές τα αποτελέσματα συνέκλιναν με των μαθητών. Οι απαντήσεις των ειδικών ήταν μακροσκελείς και περιλάμβαναν περισσότερα παραδείγματα. Έτσι, οι ειδικοί ήταν σε θέση να αναπτύξουν δύο κατηγορίες μοντέλων: τα φυσικά – τεχνητά μοντέλα και τα αφηρημένα μοντέλα, όπως οι εξισώσεις και νοητικές αναπαραστάσεις. Όσον αφορά τον σκοπό του μοντέλου μπορούσαν να αντιληφθούν τη σημασία των μοντέλων ως βοηθητικά, επεξηγηματικά εργαλεία και μάλιστα συμπλήρωσαν ότι η κατανόηση επιτυγχάνεται με την εφαρμογή και την αξιολόγηση ενός μοντέλου στην πραγματικότητα. Επίσης, μπορούσαν να αναγνωρίσουν τη σημασία ύπαρξης διαφορετικών μοντέλων για την εξήγηση ενός φαινομένου

με διαφορετικές προσεγγίσεις, καθώς και την δυνατότητα αλλαγής ενός μοντέλου. Οι ερευνητές

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η έρευνα του Gilbert St. (1991) κατά την οποία μελετήθηκαν οι αντιλήψεις φοιτητών γενικής εκπαίδευσης ενός δημόσιου πανεπιστημίου. Το δείγμα της έρευνας ήταν 687 σπουδαστές⁴² που διένυαν το πρώτο έτος σπουδών στις ΦΕ. Τα εργαλεία της έρευνας ήταν μια σειρά ερωτήσεων που οι φοιτητές καλούνταν να απαντήσουν γραπτώς. Το πρώτο σκέλος της έρευνας είχε ως θέμα την φύση της επιστημονικής γνώσης και έρευνας ενώ το δεύτερο αφορούσε την φύση των μοντέλων και την μοντελοποίηση. Οι γραπτές ερωτήσεις (12 συνολικά στον αριθμό) μοιράστηκαν στους φοιτητές, έτσι ώστε κάθε φοιτητής να απαντήσει σε μία ερώτηση, αρχικά δηλώνοντας κατά πόσο συμφωνεί με τον ισχυρισμό-ερώτηση κι στη συνέχεια αιτιολογώντας την απάντησή του. Τα αποτελέσματα όσον αφορά την φύση των μοντέλων και την μοντελοποίηση έδειξαν ότι υπάρχει σχετική έλλειψη ευρύτερης λογικής για τα μοντέλα και τη φύση τους.

Ο Harrison (2001) διερεύνησε τις αντιλήψεις 10 καθηγητών ΦΕ σχετικά με τα μοντέλα και συγκεκριμένα το βαθμό κατανόησης των αναλογικών μοντέλων που εφαρμόζουν οι ίδιοι στην διδασκαλία μέσω των σχολικών βιβλίων. Οι ερωτήσεις της συγκεκριμένης έρευνας σχετίζονταν κυρίως με το τι σκέφτονται οι καθηγητές για τα μοντέλα που χρησιμοποιούν για να αναπαραστήσουν φυσικά αντικείμενα και διαδικασίες και τι ομοιότητες υπάρχουν μεταξύ των μοντέλων που απεικονίζονται στα σχολικά βιβλία και στα μοντέλα που χρησιμοποιούν οι καθηγητές στην πράξη. Η έρευνα περιλάμβανε 7 ερωτήσεις ανοιχτού τύπου κι ένα ερωτηματολόγιο και εφαρμόστηκε σε εν ενεργεία καθηγητές που είχαν εμπειρία στη διδασκαλία ΦΕ. Κατά την διάρκεια των συνεντεύξεων παρουσιάστηκε στους καθηγητές μια σειρά αναλογικών μοντέλων και τους ζητήθηκε να απαντήσουν στους τέσσερεις ισχυρισμούς που έθεσε ο Gilbert (1993, στο Harrison, 2001) σχετικά με τα μοντέλα στις ΦΕ α) Ότι τα μοντέλα είναι τα κύρια προϊόντα των ΦΕ, β) Ότι η μοντελοποίηση είναι μέρος της επιστημονικής μεθόδου, γ) Ότι τα μοντέλα είναι σημαντικά μαθησιακά εργαλεία στην εκπαίδευση των ΦΕ και δ) Ότι τα μοντέλα είναι σημαντικά διδακτικά εργαλεία στην εκπαίδευση των ΦΕ. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι όλοι οι συμμετέχοντες παραδέχθηκαν την σημασία των μοντέλων ως εργαλεία στις ΦΕ, αναγνώριζαν τους περιορισμούς των αναλογικών μοντέλων και είχαν μία ευρεία και δημιουργική αντίληψη για τη

⁴² Δεν είναι δυνατόν να γνωρίζουμε πόσοι από αυτούς εκδήλωσαν ενδιαφέρον συγκεκριμένα για την εκπαίδευση των ΦΕ ή είχαν πρόθεση να ακολουθήσουν σχετικό επάγγελμα (αν και κάποιοι από τους φοιτητές είχαν την πρόθεση να ακολουθήσουν ακαδημαϊκή καριέρα).

μοντελοποίηση (αν και μόνο 3 από τους 10 συμμετέχοντες είχαν αντιλήψεις που προσέγγιζαν τις αντιλήψεις των ειδικών).

Οι Justi & Gilbert (2002) διερεύνησαν τις αντιλήψεις 39 μελλοντικών αλλά και ενεργεία εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση και κυρίως για το κατά πόσο μπορούν να προσδιορίσουν με ποιες γνώσεις και δεξιότητες αναπτύσσεται ένα επιστημονικό μοντέλο. Η έρευνα περιλάμβανε ημιδομημένες συνεντεύξεις με ερωτήσεις που αφορούσαν τη χρήση των μοντέλων στη διδασκαλία των ΦΕ, την δυνατότητα ορισμού, χρήσης και δημιουργίας μοντέλων από τους μαθητές, τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα μοντέλο, κ.ά. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι οι συμμετέχοντες στην έρευνά τους μπορούσαν να ξεχωρίσουν την έννοια των μοντέλων στην εκμάθηση επιστημονικών ιδεών αλλά δεν μπορούσαν να διακρίνουν την σημασία των μοντέλων στην μάθηση για την επιστήμη. Οι εκπαιδευτικοί δηλαδή θα χρησιμοποιούσαν περισσότερο τα μοντέλα με στόχο να μάθουν οι μαθητές την επιστημονική γνώση που περικλείει το μοντέλο, κι όχι για να τους διδάξουν για τα μοντέλα ως εργαλεία της επιστήμης. Σημαντικό εγχείρημα της έρευνας αυτής θεωρείται η διερεύνηση αντιλήψεων που αφορούν τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα μοντέλο, όπως για παράδειγμα το να είναι ακριβές ως προς την πραγματικότητα που αναπαριστά.

Οι Van Driel & Verloop (2002) διερεύνησαν με την χρήση ερωτηματολογίου 74 δασκάλους με διδακτική εμπειρία σχετικά με τον τρόπο που χρησιμοποιούν τα μοντέλα στην διδασκαλία εφόσον καλούνται να εφαρμόσουν νέο πρόγραμμα σπουδών. Τα εργαλεία της έρευνας ήταν αρχικά ημιδομημένες συνεντεύξεις με τους καθηγητές, ώστε να αναδειχθούν οι αντιλήψεις τους για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση κατά τη διδασκαλία και στη συνέχεια ερωτηματολόγιο. Η έρευνα έδειξε πως υπάρχουν κυρίως δύο τρόποι με τους οποίους χρησιμοποιούνται τα μοντέλα μέσα στην τάξη από τους εκπαιδευτικούς. Ο πρώτος είναι η χρήση των μοντέλων καθαρά ως επεξηγηματικά εργαλεία, ενώ ο δεύτερος αφορούσε την χρήση διαφόρων μοντέλων με επίκεντρο την σύγκριση αυτών με το υπό μελέτη φαινόμενο. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη κατηγορία καθηγητών προτιμούσε να χρησιμοποιεί δασκαλοκεντρικές διδακτικές δραστηριότητες, εστιάζοντας στο περιεχόμενο των μοντέλων κι όχι στην σχεδίαση και την ανάπτυξη μοντέλων. Η δεύτερη κατηγορία όμως περιλάμβανε έναν μικρότερο αριθμό καθηγητών οι οποίοι συζητούσαν τη φύση των μοντέλων και της μοντελοποίησης με τους μαθητές τους.

Οι De Jong et al. (2005) διερεύνησαν το κατά πόσο 12 μελλοντικοί καθηγητές, με μεταπτυχιακό στη Χημεία, μπορούσαν να αναπτύξουν μεταγνωστικές δεξιότητες σε σχέση με

τα μοντέλα και την παιδαγωγική γνώση περιεχομένου πάνω στα μοντέλα και το κατά πόσο μπορούν να χρησιμοποιήσουν τεχνικές μοντελοποίησης κατά το σχεδιασμό της διδασκαλίας. Η έρευνα αφορούσε την μελέτη της επίγνωσης εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και την εξέλιξή τους σε διαδικασίες μοντελοποίησης. Οι μελλοντικοί καθηγητές έλαβαν μέρος σε ένα μετεκπαιδευτικό πρόγραμμα για τη διδασκαλία της Χημείας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση διάρκειας 10 εβδομάδων. Αρχικά οι ερευνητές κάλεσαν τους καθηγητές να συμπληρώσουν δύο ερωτηματολόγια σχετικά με τη SMK (Subject Matter Knowledge) και την PCK (Pedagogical Content Knowledge ή Παιδαγωγική Γνώση περιεχομένου) και στη συνέχεια να συζητήσουν τις απαντήσεις τους. Στη συνέχεια οι μελλοντικοί καθηγητές κλήθηκαν να αναπτύξουν στρατηγικές διδασκαλίας βασιζόμενοι σε άρθρα που διάβασαν για τα μοντέλα και τις διάφορες μορφές τους. Οι καθηγητές ήταν σε θέση να εφαρμόσουν αυτές τις τεχνικές και στρατηγικές που πρότειναν σε μια σειρά 3 έως 6 μαθημάτων κατά την πρακτική τους εξάσκηση. Στην τελική φάση του προγράμματος κάθε καθηγητής έγραψε μια έκθεση και όλες οι εκθέσεις και τα συμπεράσματα συζητήθηκαν στην τελική συνάντηση. Τα εργαλεία της έρευνας ήταν ερωτηματολόγια πριν και μετά τη σειρά μαθημάτων καθώς και βιντεοσκόπηση κατά τη διάρκεια αυτών. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν εκθέσεις των καθηγητών μέσα από τις οποίες εκφράζονταν οι αντιλήψεις τους. Η πρόοδος των καθηγητών ήταν πολύ μικρή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί μπορούσαν να εντάξουν μοντέλα στη διδασκαλία ως σχηματικές αναπαραστάσεις. Δεν φάνηκε όμως να μπορούν να κατανοήσουν την προβλεπτική ικανότητα των μοντέλων. Οι ερευνητές κατέληξαν ότι οι εκπαιδευτικοί εστιάζουν περισσότερο στην περιγραφική λειτουργία των μοντέλων χρησιμοποιώντας άλλες πιο ασφαλείς διδακτικές τεχνικές.

Οι Cullin & Crawford (2003, 2004) παρατηρούν πως ενώ οι εκπαιδευτικοί μπορούν να κατανοήσουν τα μοντέλα ως επεξηγηματικά εργαλεία δεν είναι σε θέση να τα χρησιμοποιήσουν προβλεπτικά ή ως εργαλεία επαλήθευσης και ελέγχου ιδεών. Η έρευνα των συγκεκριμένων ερευνητών είχε ως δείγμα 16 μελλοντικούς δασκάλους και αντικείμενο το να τους υποστηρίξουν στην κατανόηση και χρησιμοποίηση επιστημονικών μοντέλων στη διδασκαλία καθώς και την αλλαγή των αντιλήψεών τους για τα μοντέλα, καθώς δούλευαν με αυτά μέσω του λογισμικού Model-it⁴³. Από τους 16 συμμετέχοντες, 6 θα επέλεγαν ως κατεύθυνση την βιολογία, 4 τη φυσική, 3 την γεωλογία και 1 τη χημεία. Στους μελλοντικούς

⁴³ Το Model-it είναι ένα μαθητο-κεντρικό λογισμικό μοντελοποίησης που αναπτύχθηκε από το University of Michigan's Center for Highly Interactive Computing in Education, για την δημιουργία δυναμικών, ποιοτικών μοντέλων. Σχεδιάστηκε για να μπορούν οι εκπαιδευόμενοι κυρίως σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, να σχεδιάζουν μοντέλα φυσικών φαινομένων και να τρέχουν προσομοιώσεις για να εξακριβώσουν και να αναλύσουν τα αποτελέσματά τους.

δασκάλους εφαρμόστηκε μια σειρά μαθημάτων σχετικά με τη μάθηση και διδασκαλία ΦΕ. Οι μελλοντικοί δάσκαλοι είχαν επιλέξει να εγγραφούν σε θεωρητικά μαθήματα αλλά και σε μια σειρά μαθημάτων πρακτικής εξάσκησης σε τάξεις ΦΕ. Οι δάσκαλοι κλήθηκαν να χρησιμοποιήσουν το λογισμικό μοντελοποίησης Model-it ως προς τον σχεδιασμό μοντέλων και έπειτα να αναπτύξουν το πώς θα μπορούσαν να εντάξουν τους μελλοντικούς τους μαθητές σε διαδικασίες μοντελοποίησης. Τα εργαλεία της έρευνας για τη συλλογή των δεδομένων ήταν ερωτηματολόγια, πριν και μετά τη δραστηριότητα της μοντελοποίησης, βιντεοσκοπήσεις και ηχογραφήσεις, και ημιδομημένες συνεντεύξεις συγκεκριμένων ατόμων του δείγματος για την αιτιολόγηση και αποσαφήνιση απαντήσεων που έδωσαν στα ερωτηματολόγια καθώς και σχετικά με την εμπειρία μοντελοποίησης που είχαν. Όσον αφορά τα ερωτηματολόγια και την ημιδομημένη συνέντευξη, τα ερωτήματα που τέθηκαν από τους ερευνητές αφορούσαν 5 άξονες γνώσης σχετικά με τα μοντέλα: τον ορισμό του όρου 'επιστημονικό μοντέλο', το σκοπό χρησιμοποίησής του, το κατά πόσο πρέπει να αναπαριστά πιστά την πραγματικότητα και τη δυναμική φύση των μοντέλων και την πολλαπλότητά τους. Σε αυτά τα ερωτήματα των συνεντεύξεων που προέκυψαν από παλαιότερη έρευνα των Grosslight et al. (1991), οι ερευνητές πρόσθεσαν δύο ερωτήματα με τα οποία ρωτούσαν τους μελλοντικούς δασκάλους εάν η διδασκαλία για τα μοντέλα είναι σημαντική για τον τομέα των ΦΕ που έχουν επιλέξει και εάν έχουν την πρόθεση να διδάξουν τους μαθητές τους στο μέλλον για τα μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης. Οι ερευνητές παρατηρούν πως, ενώ οι εκπαιδευτικοί μπορούν να κατανοήσουν τα μοντέλα ως επεξηγηματικά εργαλεία, δεν είναι σε θέση να τα χρησιμοποιήσουν προβλεπτικά ή ως εργαλεία επαλήθευσης και ελέγχου ιδεών (ίδια αποτελέσματα με την έρευνα των de Jong et al. 2005). Οι περισσότεροι μελλοντικοί δάσκαλοι κατανοούσαν την χρήση των μοντέλων ως εργαλεία, είτε οπτικά είτε ως απτές αναπαραστάσεις, αλλά υπήρξε ελάχιστη αναφορά στον βασικό ρόλο των μοντέλων στην ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης. Επίσης σημαντική παρατήρηση κατά την μελέτη των αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης έρευνας ήταν ότι οι συμμετέχοντες διέκριναν τους εαυτούς τους και από τους ειδικούς (επιστήμονες) αλλά και από τους μαθητές κατά την χρήση μοντέλων για διδακτικούς λόγους. Βασικό συμπέρασμα που προέκυψε από αυτή την έρευνα ήταν ότι παρ' όλο που οι εκπαιδευτικοί δεν ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν πλήρως τις λειτουργίες των μοντέλων, η στάση τους κατά τη διάρκεια χρήσης μοντέλων, άλλαξε θετικά.

Οι Justi και van Driel (2005) μελέτησαν την εξέλιξη των αντιλήψεων για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις ΦΕ μέσω μιας σειράς μαθημάτων αλλά και ενός project μοντελοποίησης που κλήθηκαν να εφαρμόσουν 5 εκπαιδευτικοί. Όλοι οι καθηγητές είχαν

μεταπτυχιακό στη χημεία η την φυσική και οι περισσότεροι είχαν κάποια μικρή διδακτική εμπειρία. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν γραπτό ερωτηματολόγιο για να διερευνήσουν τις αρχικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών και έπειτα διενεργήθηκαν συνεντεύξεις για να διευκρινιστούν κάποιες απαντήσεις τους. Στη συνέχεια έλαβαν μέρος σε 4 τρίωρες συναντήσεις σε μία περίοδο 6 εβδομάδων. Σε αυτές τις συναντήσεις συμμετείχαν σε μαθησιακές δραστηριότητες που εστίαζαν στο ρόλο και τα χαρακτηριστικά των μοντέλων και της μοντελοποίησης στις ΦΕ ενώ τα δεδομένα συλλέχθηκαν από τα ερωτηματολόγια, τις συνεντεύξεις, γραπτές σημειώσεις των εκπαιδευτικών κατά τις συναντήσεις, τις βιντεοσκοπήσεις, πρακτικά, των συζητήσεων μεταξύ των εκπαιδευτικών κ.α. Η μελέτη αυτή ανέδειξε το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια τριβής των εκπαιδευτικών με τα μοντέλα και την δραστηριότητα μοντελοποίησης αναπτύχθηκαν κυρίως: η γνώση περιεχομένου (*content knowledge*), η γνώση του αναλυτικού προγράμματος (*curricular knowledge*) και η παιδαγωγική γνώση περιεχομένου (*PCK*). Στο άρθρο των Justi & van Driel ωστόσο, αναλύεται διεξοδικά η περίπτωση μόνο μιας χημικού, ώστε να είναι δυνατή κατά τους ερευνητές η ανάδειξη της βελτίωσης της προσωπικής πρακτικής γνώσης της εκπαιδευτικού. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι παρά την επαφή της εκπαιδευτικού με τα μοντέλα λόγω σπουδών χημείας, δεν ήταν σε θέση να ορίσει πλήρως και να χαρακτηρίσει ένα μοντέλο και μάλιστα μπορούσε μόνο να αποδώσει μερικώς χαρακτήρα οπτικοποίησης και επεξήγησης. Παρόλα αυτά υπήρξε θετική βελτίωση στις αντιλήψεις της για την χρήση των μοντέλων κατά τη διάρκεια του προγράμματος. Κυρίως κατά την συζήτηση που είχε για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση με τους μαθητές της και μάλιστα υπήρξε μεγάλη πρόοδος σχετικά με την αντιλήψεις της για τη σημασία της μοντελοποίησης και το κατά πόσο επιδρά θετικά στους μαθητές.

Συμπληρωματικά μπορούμε να παραθέσουμε τα αποτελέσματα της έρευνας των Shen & Confrey (2007). Η συγκεκριμένη έρευνα είχε ως δείγμα αρχικά 14 εν ενεργεία καθηγητές με διδακτική εμπειρία που συμμετείχαν σε εκπαιδευτικό πρόγραμμα σχετικά με το ηλιακό σύστημα. Στη σειρά των μαθημάτων χρησιμοποιήθηκαν μία κατασκευή για την επεξήγηση της κίνησης του ήλιου και ο χάρτης του ηλιοκεντρικού συστήματος. Τα δεδομένα της έρευνας συλλέχθηκαν από βιντεοσκοπήσεις, συζητήσεις, σημειώσεις καθηγητών και συνεντεύξεις. Στο άρθρο των Shen & Confrey (2007) αναλύεται η περίπτωση μιας εκπαιδευτικού σχετικά με το κατά πόσο μπορεί να αλλάξει η αντίληψή της για τα μοντέλα και την μοντελοποίηση καθ' όλη τη διάρκεια ενασχόλησής της με αυτά. Αρχικά και ενώ ήταν δυνατή η χρήση μοντέλων μόνο ως περιγραφικά και επεξηγηματικά εργαλεία, κυρίως με τη μορφή πινάκων δεδομένων και διαγραμμάτων, παρατηρήθηκε πως όσο ανέπτυσσε μεταγνωστικές δεξιότητες σε σχέση με τα

μοντέλα, τη φύση τους, το ρόλο τους και την χρησιμότητά τους, ήταν στη συνέχεια σε θέση να μετατρέψει ένα ήδη υπάρχον διδιάστατο μοντέλο σε τρισδιάστατο και στη συνέχεια να κατασκευάσει ένα δικό της φυσικό μοντέλο με απτά υλικά για την καλύτερη κατανόηση και περιγραφή ενός φαινομένου. Η χρήση λοιπόν των μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης παρατηρείται πως είναι κάτι που μπορεί να εξελιχθεί όσο οι εκπαιδευτικοί εξοικειώνονται με τα μοντέλα. Είναι δηλαδή μια εποικοδομητική διαδικασία, όπου κι εδώ, η νέα γνώση αναδομεί την υπάρχουσα.

Οι Henze et al. (2007) μελέτησαν την παιδαγωγική γνώση περιεχομένου (PCK) εννέα εκπαιδευτικών κατά την διδασκαλία μοντέλων που αφορούσαν το ηλιακό σύστημα. Η έρευνα είχε ως ερευνητικά εργαλεία αρχικά μία ημιδομημένη συνέντευξη με την οποία διερευνήθηκαν η GPK (General Pedagogical Knowledge) και η PCK των εκπαιδευτικών που έλαβαν μέρος στην έρευνα και έπειτα ένα ερωτηματολόγιο για την διερεύνηση της SMK σχετικά με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις ΦΕ. Οι καθηγητές του δείγματος δίδασκαν σε σχολεία τα οποία συμμετείχαν σε προγράμματα, όπου οι μαθητές έπρεπε (για παράδειγμα) να αναπτύξουν μοντέλα ηλιακού συστήματος για την εξήγηση της εναλλαγής εποχών καθώς και διδάσκονταν και ιστορικά μοντέλα, όπως το γεωκεντρικό σύστημα του Πτολεμαίου και το ηλιοκεντρικό μοντέλο του Κοπέρνικου. Οι καθηγητές, που είχαν όλοι διδακτική εμπειρία συμμετείχαν σε εργαστήρια και σεμινάρια σχετικά με τις νέες διδακτικές τεχνικές και τη νέα ύλη. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι σε αυτή την έρευνα τα ερωτήματα της ημιδομημένης συνέντευξης εστίαζαν ξεχωριστά στην PCK των εκπαιδευτικών σχετικά με την μάθηση με μοντέλα και δραστηριότητες μοντελοποίησης. Το ερωτηματολόγιο είχε μία κλίμακα τεσσάρων δυνατών απαντήσεων από 'ποτέ' έως 'πάντα' και περιείχε ισχυρισμούς όπως ότι ένα μοντέλο είναι μια απλοποιημένη αναπαραγωγή της πραγματικότητας, ένα μοντέλο αποσκοπεί να εξηγήσει ένα φαινόμενο, ένα μοντέλο απεικονίζει τις ιδέες των επιστημόνων, κ.α. Οι ερευνητές διαπίστωσαν δύο τρόπους προσέγγισης των εκπαιδευτικών σχετικά με τη χρήση μοντέλων κατά τη διδασκαλία:

- Την προσέγγιση κατά την οποία χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες εκπαιδευτικές τεχνικές από τον εκπαιδευτικό με στόχο να διδαχθεί το περιεχόμενο των μοντέλων, δηλαδή το φαινόμενο που αναπαριστά (συμπεριφοριστική και γνωστική προσέγγιση, *'behaviourist and cognitive perspectives'*)
- Την προσέγγιση κατά την οποία χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες εκπαιδευτικές τεχνικές σε συνδυασμό με την κατανόηση των μαθητών αλλά και τους τρόπους

ανάδειξης των ιδεών των μαθητών, με σκοπό να διδαχθεί μεν το περιεχόμενο των μοντέλων αλλά να είναι εφικτή και η παραγωγή μοντέλων από τους μαθητές (γνωστική και εποικοδομητική προσέγγιση, *'cognitive and constructivist perspectives on teaching and learning'*).

Τα συμπεράσματα αυτής της έρευνας δεν μπορούν να γενικευθούν σε όλο το σύνολο των εκπαιδευτικών και να προκύψουν με βεβαιότητα μόνο αυτοί οι δύο τύποι γνώσης των εκπαιδευτικών για τα μοντέλα. Μπορούν, όμως, να αναδείξουν την έλλειψη που υπάρχει σε επίπεδο γνώσης και συστηματικής αξιοποίησης των μοντέλων στη διδασκαλία.

Στην έρευνα των Borghi et al. (2007) συμμετείχαν 30 μελλοντικοί εκπαιδευτικοί που φοιτούσαν σε τμήμα διδακτικής μαθηματικών και φυσικής. Η έρευνα στην ουσία ήταν μια διδακτική σειρά για την διδασκαλία ενός μικροσκοπικού μοντέλου που χρησιμοποιείται για την ερμηνεία ηλεκτροστατικών φαινομένων με τη σύνδεση στατικού ηλεκτρισμού και ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Κατ' επέκταση διερευνήθηκαν τα μοντέλα που χρησιμοποιούν οι καθηγητές για να εξηγήσουν φαινόμενα στατικού ηλεκτρισμού. Αρχικά οι συμμετέχοντες διεξήγαγαν απλά πειράματα με φορτισμένα αντικείμενα και κλήθηκαν να αναπτύξουν τις παρατηρήσεις τους. Αυτό που ήταν εμφανές από τις απαντήσεις των καθηγητών ήταν ότι υπήρχε δυσκολία στο να ερμηνεύσουν ηλεκτροστατικά φαινόμενα μέσα από το πλαίσιο της δομής της ύλης των αντικειμένων αλλά και στο να κατανοήσουν και ιδιότητες ηλεκτρικού ρεύματος και κυκλωμάτων. Στη συνέχεια της έρευνας κλήθηκαν να κατασκευάσουν μικροσκοπικά μοντέλα με το να ζωγραφίσουν μοντέλα που θα μπορούσαν να ερμηνεύσουν τα παρατηρούμενα φαινόμενα. Τα πρώτα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι καθηγητές δεν μπορούσαν να κατανοήσουν φαινόμενα στατικού ηλεκτρισμού και να προτείνουν μοντέλα για να εξηγήσουν απλά φαινόμενα. Μπόρεσαν, ωστόσο, να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα με τη χρήση προσομοιωμένων μοντέλων.

Στην έρευνα των Windschitl & Thompson (2006) μελετήθηκαν οι αντιλήψεις 21 μελλοντικών δασκάλων που συμμετείχαν σε δραστηριότητες κατανόησης του επιστημονικού ρόλου των μοντέλων, της θεωρίας και του διαλόγου στην επιστημονική διερεύνηση. Οι μελλοντικοί δάσκαλοι παρακολουθούσαν ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών σε ένα δημόσιο πανεπιστήμιο ενώ είχαν ήδη πτυχίο ΦΕ και αποφοίτησαν με μεταπτυχιακό δίπλωμα στη διδασκαλία. Κατά τη διάρκεια της έρευνας οι μελλοντικοί δάσκαλοι συμμετείχαν σε δραστηριότητες διερεύνησης φαινομένων και συλλογής πληροφοριών και δεδομένων καθώς

και σε στρατηγικές διδασκαλίας. Τα εργαλεία της έρευνας ήταν ένα αρχικό ερωτηματολόγιο που αναδείκνυε τις αντιλήψεις των συμμετεχόντων σχετικά με:

- τη φύση των επιστημονικών μοντέλων, με ερωτήσεις όπως: “τι είδους αντικείμενα κάνουν μοντέλα οι επιστήμονες;” και “ποια είναι η σχέση μεταξύ ενός μοντέλου και της πραγματικότητας;”,
- την λειτουργία των επιστημονικών μοντέλων, με ερωτήσεις όπως: “ποιος είναι ο λόγος ύπαρξης ενός επιστημονικού μοντέλου;” και “μπορεί ένας επιστήμονας να αλλάξει ένα μοντέλο; Γιατί ναι ή γιατί όχι;”
- την χρήση των μοντέλων στη διδασκαλία, με ερωτήσεις όπως: “είναι σημαντική η διδασκαλία των μοντέλων στο πεδίο ΦΕ που διδάσκεις; Γιατί ή γιατί όχι;”

Τα υπόλοιπα δεδομένα της έρευνας προέκυψαν από τις σημειώσεις των συμμετεχόντων κατά τη διάρκεια του προγράμματος, τα πρακτικά συζητήσεων, τις βιντεοσκοπήσεις, ένα ερωτηματολόγιο στο τέλος του προγράμματος που αφορούσε και πάλι τις αντιλήψεις των συμμετεχόντων για τη φύση των μοντέλων, το ρόλο τους στις ΦΕ και τη χρησιμότητά τους στη διδασκαλία ΦΕ, ένα σχέδιο μαθήματος που ανέπτυξαν οι μελλοντικοί δάσκαλοι και θα το δίδασκαν από το επόμενο έτος και ανεπίσημες συζητήσεις των συμμετεχόντων σχετικά με την επιστημονική διερεύνηση εντός και εκτός πλαισίων του προγράμματος. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι αρχικά δεν μπορούσαν να αποδώσουν πλήρως την φύση και τη λειτουργία των μοντέλων και ότι αντιμετώπισαν δυσκολία στην ανάπτυξη μοντέλων για την περιγραφή, εξήγηση και πρόβλεψη φαινομένων. Ενθαρρυντικά ήταν τα αποτελέσματα μετά το τελευταίο ερωτηματολόγιο που ανέδειξε ότι άλλαξαν οι αντιλήψεις τους για τα μοντέλα.

Δυστυχώς, στην Ελλάδα η αντίστοιχη βιβλιογραφία περιορίζεται σε μη ικανοποιητικό αριθμό ερευνών και άρθρων σχετικά με τα μοντέλα, οι οποίες εστιάζουν κυρίως σε μαθησιακά αποτελέσματα με τη χρήση μοντέλων μέσω διδακτικών παρεμβάσεων. Ενδεικτικό παράδειγμα τέτοιων ερευνών είναι αυτή της Σταυρίδου (1995), η οποία επιχειρεί να διερευνήσει τις αντιλήψεις 58 φοιτητών του Παιδαγωγικού τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας σχετικά με τη δομή της ύλης. Επίσης προσπαθεί να εντάξει στο πλαίσιο της διδασκαλίας του μαθήματος των ΦΕ διδακτικές παρεμβάσεις μοντελοποίησης με συγκεκριμένα μοντέλα της δομής της ύλης. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί πως η έρευνα και η διδακτική παρέμβαση της Σταυρίδου δεν αφορούσε την ανάδειξη των αντιλήψεων φοιτητών σχετικά με τα μοντέλα, αλλά τη διδακτική παρέμβαση με μεθόδους μοντελοποίησης,

ώστε να ενισχύσει την άποψη ότι η κατάλληλη διδακτική αξιοποίηση επιστημονικών μοντέλων και διαδικασιών μοντελοποίησης μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στη βελτίωση της μάθησης και της κατανόησης εννοιών και φαινομένων των ΦΕ (Σταυρίδου, 1995)⁴⁴.

Η Στεφανή (2007) διενέργησε έρευνα με δείγμα 19 φοιτητές Χημείας χρησιμοποιώντας το εργαλείο της ημιδομημένης συνέντευξης προκειμένου να διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο οι φοιτητές οικοδομούν βασικές έννοιες της κβαντικής χημείας καθώς και διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους οι ίδιοι οι φοιτητές χειρίζονταν τα μοντέλα τους. Η έρευνα ανέδειξε τρεις κατηγορίες απόψεων σε σχέση με τα μοντέλα που συμφωνούν με την διεθνή βιβλιογραφία. Οι απόψεις αυτές είναι ότι α) ένα μοντέλο είναι αντίγραφο πραγματικών οντοτήτων, β) δεν αποδίδονται απευθείας αντιστοιχίσεις μεταξύ των μοντέλων και των φυσικών οντοτήτων που αναπαριστούν, και γ) τα μοντέλα είναι επινοήσεις και κατασκευές των επιστημόνων. Ως συμπέρασμα της έρευνας παρατίθεται ότι οι φοιτητές συναντούν δυσκολία στο να απορρίψουν ένα απλό επεξηγηματικό μοντέλο έναντι κάποιου πιο σύνθετου. Αυτό συμβαίνει διότι τα απλά μοντέλα είναι πολλαπλά κατοχυρωμένα στο μυαλό των φοιτητών λόγω της επεξηγηματικής τους ισχύος και επιπλέον διότι συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία.

Η Πετρίδου (2008) κατά τη διάρκεια της διδακτορικής της διατριβής μελέτησε αρχικά τις αντιλήψεις 75 φοιτητών, μελλοντικών δασκάλων που είχαν παρακολουθήσει κάποια μαθήματα ΦΕ, για την έννοια του μοντέλου. Το ερευνητικό εργαλείο ήταν ένα μέρος του ερωτηματολογίου που ανέπτυξαν οι Grosslight et al. (1991) στο οποίο έγινε αναφορά παραπάνω και αφορά στη φύση των μοντέλων, το σκοπό τους και τη δυναμική τους. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι περισσότεροι φοιτητές δεν αναγνωρίζουν πλήρως την φύση αλλά και τη λειτουργία του μοντέλου, αν και φαίνεται να αναγνωρίζουν πως ένα μοντέλο μπορεί να αλλάξει. Στην έρευνα της Πετρίδου, που αφορούσε την ανάπτυξη προσομοιωμένων μοντέλων στη διδασκαλία των ΦΕ και συγκεκριμένα στην περιοχή του στατικού ηλεκτρισμού, κύριο μέρος αποτελούσε μια εποικοδομητική διδακτική ακολουθία με δείγμα 16 φοιτητές μελλοντικούς δασκάλους (που είχαν επιλέξει το μάθημα της Διδακτικής ΦΕ και δεν ήταν μέλη της πρώτης έρευνας με ερωτηματολόγια). Η έρευνα αφορούσε τη χρήση προσομοιωμένων μοντέλων με σκοπό όχι μόνο την κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου του συγκεκριμένου τομέα αλλά και των μοντέλων ως επεξηγηματικά αλλά και προβλεπτικά εργαλεία. Τα

⁴⁴ Παρόμοιες έρευνες στην Ελλάδα έχουν ως στόχο την βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων με τη χρήση μοντέλων και προσανατολίζονται κυρίως στην εκμάθηση ενός γνωστικού αντικειμένου κι όχι στη διερεύνηση των αντιλήψεων για τα μοντέλα, γεγονός που δεν αφορά την παρούσα φάση της εργασίας.

αποτελέσματα που προέκυψαν από γραπτές απαντήσεις και συζητήσεις των φοιτητών για τα μοντέλα και το στατικό ηλεκτρισμό καθώς και από την συμπλήρωση φύλλων εργασίας. Αναδεικνύουν ότι πριν τη διδακτική σειρά περισσότεροι συμμετέχοντες είχαν μια πιο περιορισμένη γνώση και αντίληψη για τα μοντέλα, ενώ στη συνέχεια οι αντιλήψεις τους άλλαξαν με αποτέλεσμα να αναγνωρίζονται περισσότερα χαρακτηριστικά και λειτουργίες των μοντέλων, όπως για παράδειγμα η δυναμική τους φύση ή η προβλεπτική τους λειτουργία.

Στη συνέχεια της εργασίας αναπτύσσονται ταξινομήσεις των αντιλήψεων για τα μοντέλα, όπως προέκυψαν από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας. Σκοπός είναι να παρατηρηθούν και να συγκριθούν πιο εύκολα οι αντιλήψεις που ανέδειξαν όλες αυτές οι έρευνες.

2.3 Επίπεδα αντιλήψεων για τα μοντέλα

Κατά τη βιβλιογραφική επισκόπηση απαντώνται ποσοτικές και ποιοτικές έρευνες, των οποίων τα αποτελέσματα και συμπεράσματα αφορούν τις αντιλήψεις των μαθητών και εκπαιδευτικών για τα μοντέλα (βλ. ενότητα 2.1 και 2.2). Έτσι στην έρευνα του Gilbert (1991) η έρευνα σχετιζόταν με τις καταφατικές ή αρνητικές απαντήσεις που έδιναν οι φοιτητές σε κάποιες δοθείσες προτάσεις (*statements*). Εκτός όμως από την εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων σχετικά με το εάν μαθητές και εκπαιδευτικοί έχουν ικανοποιητική γνώση σχετικά με τα μοντέλα ή το αν αυτή η γνώση μπορεί να βελτιωθεί, πολλοί ερευνητές ομαδοποιούν τις αντιλήψεις που συνάντησαν κατά την έρευνά τους, σε επίπεδα γνώσης, ώστε τα αποτελέσματά τους να είναι πιο εύκολα συγκρίσιμα. Ενδεικτικά παρατίθενται τα αποτελέσματα ταξινόμησης αντιλήψεων όπως προέκυψαν από ποιοτικές κυρίως έρευνες, όπως αυτές των Grosslight (1991), Cullin & Crawford (2003, 2005), κ.ά.

Η έρευνα των Grosslight et al. (1991) αναδεικνύει τρία γενικά επίπεδα γνώσης των αντιλήψεων για τα μοντέλα:

- Επίπεδο 1: Τα μοντέλα θεωρούνται είτε αντικείμενα – παιχνίδια, είτε αντίγραφα της πραγματικότητας. Προσφέρονται ως αντίγραφα ενός αντικειμένου ή μιας πράξης. Δεν αναγνωρίζουν ποιες μεταβλητές μπαίνουν σε ένα μοντέλο και γιατί ένα μοντέλο κατασκευάζεται όπως κατασκευάζεται.
- Επίπεδο 2: Υπάρχουν συγκεκριμένοι λόγοι σύμφωνα με τους οποίους κατασκευάζεται ένα μοντέλο. Στην κατασκευή ενός μοντέλου υπερτερούν οι ιδέες του κατασκευαστή του μοντέλου, ο οποίος κάνει επιλογές σχετικά με το πώς θα κατασκευάσει ένα μοντέλο. Τα μοντέλα δεν χρειάζεται να αναπαριστούν πραγματικά αντικείμενα, αν και εστιάζουν στην πραγματικότητα που αυτό αναπαριστά και δεν αναφέρονται σε αφηρημένες ιδέες. Ο έλεγχος των μοντέλων έγκειται στο εάν αυτό λειτουργεί σωστά ή όχι στον έλεγχο της ιδέας που αναπαριστά.
- Επίπεδο 3: Τα μοντέλα κατασκευάζονται για να αναπτύξουν και να ελέγξουν ιδέες κι όχι να χρησιμοποιηθούν ως αντίγραφα. Ο κατασκευαστής του μοντέλου έχει ενεργό ρόλο στην κατασκευή του και στην επιλογή του καταλληλότερου σχετικά με τον σκοπό του μοντέλου. Τα μοντέλα είναι διαχειρίσιμα και μπορούν να υποβληθούν σε ελέγχους. Επίσης προσφέρουν πληροφορίες για έναν στόχο μέσω μιας κυκλικής επικοινωνιακής διαδικασίας.

Ως προς αυτά τα επίπεδα γνώσης σχετικά με τα μοντέλα, οι Justi & Gilbert (2002), τονίζουν πως δεν είναι επαρκής αυτή η κατηγοριοποίηση, εφόσον παρατήρησαν στην έρευνά τους πως οι εκπαιδευτικοί δεν μπορούν να ενταχθούν με ακρίβεια στα παραπάνω επίπεδα. Αυτό συνέβη επειδή αρκετοί εκπαιδευτικοί είτε εμφάνιζαν συχνά μικτό προφίλ αντιλήψεων (δηλαδή αντιλήψεις που δεν ανήκαν σε ένα μόνο επίπεδο γνώσης) είτε ανήκαν σε ένα ενδιάμεσο επίπεδο μεταξύ των προκαθορισμένων. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Cullin & Crawford (2003, 2004) οι οποίοι ανέδειξαν 4 επίπεδα γνώσης για τα μοντέλα. Τα επίπεδα αυτά είναι (Cullin & Crawford, 2005, στο Πετρίδου, 2008):

- Επίπεδο 1 (περιορισμένης γνώσης): Τα μοντέλα χρησιμοποιούνται για εκπαιδευτικούς σκοπούς και ως παράδειγμα εξήγησης. Δεν μπορούν να αλλάξουν και τα διαφορετικά μοντέλα προκύπτουν λόγω διαφορετικών τρόπων μάθησης, διαφορετικών βαθμίδων εκπαίδευσης και διαφορετικού κοινού.
- Επίπεδο 2 (προ – επιστημονικό): Τα μοντέλα χρησιμοποιούνται ως παραδείγματα για τον σχηματισμό εξηγήσεων. Γίνεται λόγος για τον κατασκευαστή του μοντέλου και τις ιδέες του. Ένα μοντέλο αλλάζει όταν αλλάζει η θεωρία που αναπαριστά, κυρίως δηλαδή όταν γίνονται νέες ανακαλύψεις. Τα διαφορετικά μοντέλα προέρχονται από διαφορετικές ιδέες ή αντιλήψεις των ερευνητών καθώς και από διαφορετική προσέγγιση στο ίδιο φαινόμενο / αντικείμενο – στόχο. Η επικύρωσή τους γίνεται από την επιστημονική κοινότητα.
- Επίπεδο 3 (αναδυόμενο – επιστημονικό): Το μοντέλο χρησιμοποιείται εντός ενός τομέα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγχει τη συμπεριφορά ενός φαινομένου (κυρίως για ενδεχόμενα καταστρεπτικά αποτελέσματα). Αυτό πρέπει να συμπεριφέρεται όπως ο στόχος που αναπαριστά. Αυτό αποτελεί και το κριτήριο για την αλλαγή ενός μοντέλου: η ορθή του συμπεριφορά. Τα πολλαπλά μοντέλα αφορούν διαφορετικές επιστημονικές προσεγγίσεις για το ίδιο φαινόμενο.
- Επίπεδο 4 (επιστημονικό): Τα μοντέλα είναι ερευνητικά εργαλεία για φαινόμενα που δεν μπορούν να παρατηρηθούν ευθέως. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έλεγχο υποθέσεων. Ο σχεδιασμός των μοντέλων είναι μια κυκλική διαδικασία εφαρμογής και ελέγχου και ένα μοντέλο αλλάζει όταν δεν επιβεβαιώνει τα εμπειρικά δεδομένα κατά την εφαρμογή του. Ο έλεγχός τους γίνεται με τη σύγκριση αυτών με τις παρατηρήσεις

του πραγματικού κόσμου. Η πολλαπλότητα των μοντέλων έγκειται στις διαφορετικές υποθέσεις που κάνουν οι ερευνητές για ένα στόχο.

Οι Windschitl & Thomson (2006) κατηγοριοποίησαν τις αντιλήψεις των μελλοντικών δασκάλων της έρευνάς τους στα παρακάτω επίπεδα, σχετικά με το κατά πόσο συγκλίνουν με τις απόψεις των ειδικών για τα μοντέλα:

- Επίπεδο 1: Τα μοντέλα είναι εικονογραφημένα ή φυσικά αντίγραφα πραγματικών αντικειμένων που δεν είναι εύκολο να παρατηρηθούν αλλιώς. Χρησιμοποιούνται για να απλοποιήσουν, οπτικοποιήσουν και γενικά να “δείξουν” κάτι μη άμεσα παρατηρήσιμο.
- Επίπεδο 2: Τα μοντέλα μπορεί να είναι αναπαραστάσεις όχι μόνο αντικειμένων αλλά και παρατηρήσιμων διαδικασιών ή συστημάτων. Χρησιμοποιούνται για την κατανόηση ενός αντικειμένου, μιας διαδικασίας, ενός συστήματος.
- Επίπεδο 3: Τα μοντέλα είναι συστήματα και εννοιολογικές κατασκευές οι οποίες περιλαμβάνουν και θεωρητικές οντότητες ή διαδικασίες. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προβλεφθούν φαινόμενα ή ως βάση για προβληματισμό σχετικά με τη συμπεριφορά θεωρητικών συστημάτων. Είναι εργαλεία ανάπτυξης επιστημονικής σκέψης.

Η Στεφανή (2007) αναδεικνύει τρία κύρια επίπεδα απόψεων σε σχέση με την έννοια του μοντέλου:

- Επίπεδο 1: Τα μοντέλα είναι αντίγραφα πραγματικών οντοτήτων.
- Επίπεδο 2: Τα μοντέλα δεν αντιστοιχίζονται απαραίτητα με φυσικές οντότητες αλλά αποδίδουν μακροσκοπικά χαρακτηριστικά. Είναι κατασκευασμένα από επιστήμονες.
- Επίπεδο 3: Τα μοντέλα είναι επινοήσεις και κατασκευές των επιστημόνων και διαθέτουν ιδιότητες που είτε προβλέπονται είτε επαληθεύονται από το πείραμα.

Η Πετρίδου (2008) ταξινομεί τις αντιλήψεις των φοιτητών του δείγματός της σε 3 επίπεδα, συνδυάζοντας τα αντίστοιχα επίπεδα γνώσης των Grosslight et al. (1991), Windschitl & Thomson (2006) και Cullin & Crowford (2005). Ως προς αυτά τα επίπεδα, η Πετρίδου

(2008) συνέθεσε το παρακάτω πλαίσιο (πίνακας 3) για την ταξινόμηση αντιλήψεων για τα μοντέλα:

Πίνακας 3: Ταξινόμηση αντιλήψεων για τα μοντέλα, Πετρίδου (2008).

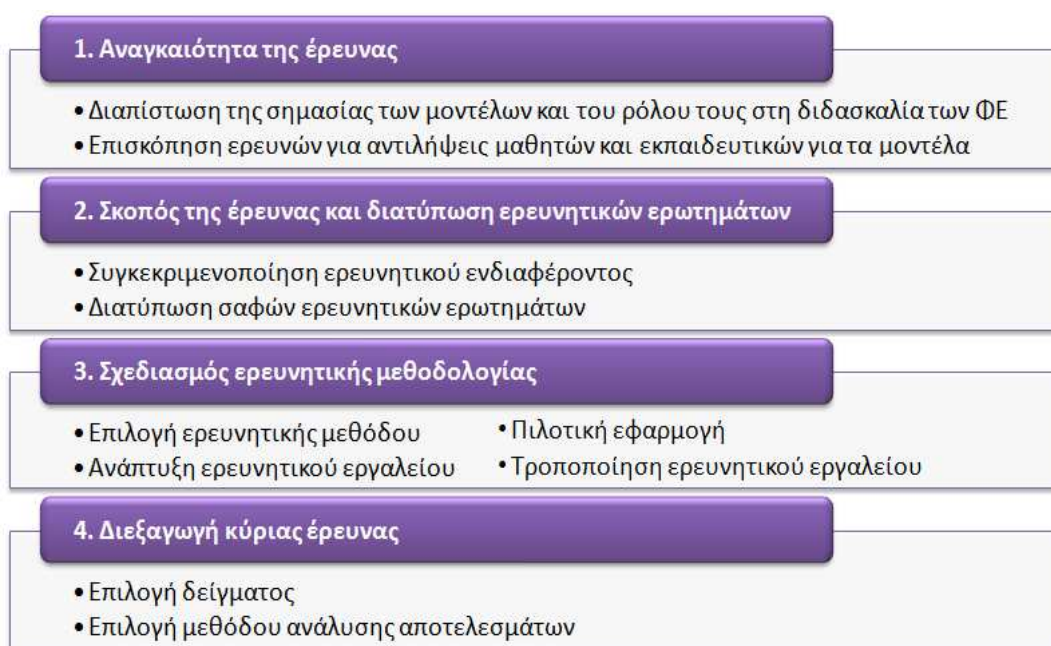
	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3
ΦΥΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	Θεωρούν ότι το μοντέλο είναι πιστή αναπαράσταση αντικειμένων ή ότι είναι τα βήματα ενός ερευνητή ή μία μέθοδος διδασκαλίας ή ένα πρότυπο μιας διαδικασίας	Θεωρούν ότι το μοντέλο είναι αναπαράσταση ενός φαινομένου, μιας διαδικασίας, ενός συστήματος ή ότι είναι ένα εργαλείο για την κατανόηση φαινομένων	Θεωρούν ότι το μοντέλο είναι αναπαράσταση ενός αντικειμένου, ενός φαινομένου, μιας διαδικασίας, ενός συστήματος ή ιδεών και θεωριών. Αντιμετωπίζουν το μοντέλο ως ερευνητικό εργαλείο για τον έλεγχο υποθέσεων και ιδεών
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	Θεωρούν ότι το μοντέλο χρησιμοποιείται για να απλουστεύσει, να παρουσιάσει, να διευκρινίσει το θέμα που μελετάται ή χρησιμοποιείται για να ταξινομηθούν τα φαινόμενα ή χρησιμοποιείται ως πρότυπο ερευνητικό θέμα	Θεωρούν ότι το μοντέλο χρησιμοποιείται για την εξήγηση ενός φαινομένου, για διδακτικούς λόγους προκειμένου ο δάσκαλος να εξηγήσει κάτι στους μαθητές του	Θεωρούν ότι το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για εξήγηση όσο και για πρόβλεψη, για την απόκτηση πληροφοριών που δεν είναι απευθείας ορατά σε ένα φαινόμενο. Αντιμετωπίζουν το μοντέλο ως κίνητρο σκέψης και διατύπωσης υποθέσεων και ως βοήθημα για την οικοδόμηση επιστημονικής γνώσης.
ΑΛΛΑΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	Θεωρούν ότι το μοντέλο δεν αλλάζει.	Θεωρούν ότι ένα μοντέλο μπορεί να αλλάξει όταν δεν συμπεριφέρεται σύμφωνα με τους σκοπούς του κατασκευαστή του.	Θεωρούν ότι το μοντέλο είναι προσωρινό στη φύση και αλλάζει όταν η συμπεριφορά του δεν συμφωνεί με την παρατήρηση του φαινομένου ή του συστήματος του πραγματικού κόσμου. Θεωρούν ότι ένας επιστήμονας αλλάζει το μοντέλο προκειμένου να τον βοηθήσει να προχωρήσει την έρευνά του.

Στη συνέχεια της εργασίας παρουσιάζονται οι λόγοι που οδήγησαν στην διεξαγωγή έρευνας για της αντιλήψεις μελλοντικών εκπαιδευτικών για τα μοντέλα. Ακολουθεί το κεφάλαιο στο οποίο αναδεικνύεται η αναγκαιότητα της έρευνας σε αυτό τον τομέα και αναπτύσσεται η ερευνητική μεθοδολογία.

Κεφάλαιο 3: Ερευνητική μεθοδολογία

Εισαγωγή

Η βιβλιογραφία που σχετίζεται με την μεθοδολογία έρευνας στις κοινωνικές επιστήμες καταδεικνύει διάφορα ζητήματα σχεδιασμού μιας ερευνητικής εργασίας, όπως: την επιλογή της γενικής ερευνητικής περιοχής και των στόχων της έρευνας, τη συγκεκριμενοποίηση του ερευνητικού προβλήματος και τη διατύπωση των ερευνητικών ερωτήσεων, την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου, κ.ά. (Ιωσηφίδης, 2008, Cohen, Manion & Morrison, 2000, 2007, 2011, Denscombe, 2007, Flick, 2006, Mertens, 2005). Οι βασικότερες ενέργειες που προτείνουν οι ερευνητές ως προς το σχεδιασμό και την υλοποίηση της έρευνας εντάσσονται σε τέσσερα γενικά σύνολα και περιλαμβάνουν ενέργειες που υποστηρίζουν την αναγκαιότητα της έρευνας, την διατύπωση των ερευνητικών ερωτημάτων, τον σχεδιασμό της ερευνητικής μεθοδολογίας και την διεξαγωγή της κύριας έρευνας. Οι ενέργειες αυτές για την παρούσα εργασία οργανώνονται στο παρακάτω διάγραμμα 4:



Διάγραμμα 4: Στάδια έρευνας στην παρούσα εργασία.

Στις ενότητες που ακολουθούν αναλύονται αυτές οι ενέργειες που οδήγησαν στην διεξαγωγή της έρευνας.

3.1 Η αναγκαιότητα της έρευνας

Κατά τον Hodson (1992, 1993) οι στόχοι της εκπαίδευσης των ΦΕ συνοψίζονται στις εξής προτάσεις: Να μάθουν οι μαθητές

- την επιστήμη, (*learn science*): να αποκτήσουν και να κατανοήσουν δηλαδή οι μαθητές επιστημονική γνώση (για παράδειγμα τις έννοιες, τα μοντέλα και τις θεωρίες)
- για την επιστήμη, (*learn about science*): να κατανοήσουν σημαντικά στοιχεία της φύσης αλλά και της μεθοδολογίας της επιστήμης και να αναγνωρίσουν την σύνδεση μεταξύ της επιστήμης και της κοινωνίας
- να κάνουν επιστήμη, (*learn to do science*): να μπορούν να συμμετέχουν σε διερευνητικές διεργασίες και διαδικασίες επίλυσης - προβλήματος.

Οι Justi & Van Driel (2005) μετασχηματίζουν τους σκοπούς αυτούς (πίνακας 4) σύμφωνα με μία μοντελοκεντρική προσέγγιση ως εξής:

- το να μάθουν οι μαθητές την επιστήμη σημαίνει να κατανοήσουν σημαντικά επιστημονικά και ιστορικά μοντέλα και να γνωρίζουν το εύρος αλλά και τους περιορισμούς τους,
- το να μάθουν οι μαθητές για την επιστήμη σημαίνει να γνωρίζουν για τη φύση των μοντέλων και να κατανοούν το ρόλο τους,
- το να μάθουν οι μαθητές να κάνουν επιστήμη σημαίνει να έχουν την δυνατότητα και τις ευκαιρίες να δημιουργήσουν, να εκφράσουν και να ελέγξουν τα δικά τους μοντέλα.

Πίνακας 4: Μετασχηματισμός στόχων της εκπαίδευσης στις ΦΕ

Στόχοι της εκπαίδευσης στις ΦΕ. (Hodson, 1992,1993)	Μοντελοκεντρική προσέγγιση των στόχων της εκπαίδευσης στις ΦΕ (Justi & Van Driel, 2005)
Να μαθαίνουν επιστήμη (learning science)	Να μαθαίνουν επιστημονικά μοντέλα (learning models)
Να μαθαίνουν για την επιστήμη (learning about science)	Να γνωρίζουν για τη φύση των μοντέλων και το ρόλο τους (learning about models)
Να “κάνουν” επιστήμη (doing science)	Να δημιουργούν, να εκφράζουν και να ελέγχουν τα δικά τους μοντέλα (doing models)

Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι πρέπει οι μαθητές να είναι σε θέση να αναπτύξουν τα νοητικά τους μοντέλα, να τα αναδομήσουν ή να κατασκευάσουν καινούρια μοντέλα, μέσα από τεχνικές μοντελοποίησης. Αυτό είναι εφικτό όταν οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί μπορούν να ενθαρρύνουν τους μαθητές να συμμετέχουν σε τέτοιες διαδικασίες. Η αξιοποίηση των μοντέλων κατά την εκπαιδευτική διαδικασία από τους εκπαιδευτικούς, όμως, απαιτεί την πλήρη κατανόηση του ρόλου των μοντέλων, της φύσης τους και των δυνατοτήτων τους πρωτίστως από τους ίδιους (Justi & Gilbert, 2002, Justi & Van Driel, 2005, Gilbert, 2000, Gilbert, 2005, Harrison, 2001, Henze, 2007, Windschilt et al, 2008). Οι εκπαιδευτικοί, λοιπόν, θα πρέπει να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν μοντέλα και τεχνικές μοντελοποίησης στην διδασκαλία των ΦΕ. Ωστόσο οι πρόσφατες έρευνες ανέδειξαν την περιορισμένη γνώση εν ενεργεία εκπαιδευτικών σε σχέση με τις πλήρεις δυνατότητες των μοντέλων και των τεχνικών μοντελοποίησης (Cullin & Crawford 2003, Grosslight et. al 1991, Harrison, 2001, Henze et al., 2007, Ingham & Gilbert 1991, Justi & Gilbert, 2005, Treagust et. al 2002, Van Driel & De Jong, 2001, Van Driel & Verloop, 1999, 2002).

Όσον αφορά την ελληνική εκπαιδευτική έρευνα, υπάρχουν ελάχιστες έρευνες που αφορούν τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τα μοντέλα (βλ. ενότητα 2.2). Ωστόσο, όπως επισημαίνεται στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (ΔΕΠΠΣ) Φυσικής και Χημείας (σελ. 524)⁴⁵: “ο εκπαιδευτικός πρέπει να αξιοποιήσει σύγχρονα ευρήματα της γνωστικής ψυχολογίας και της εκπαιδευτικής έρευνας και με τη χρήση κατάλληλων δραστηριοτήτων:

- να βοηθήσει τον μαθητή να διακρίνει την ανεπάρκεια των απόψεών του για την ερμηνεία των φαινομένων,
- να τον οδηγήσει στην **οικοδόμηση και χρήση επιστημονικών προτύπων «μοντέλων» προκειμένου να περιγράψει, να ερμηνεύσει και να προβλέψει** ορισμένα φυσικά ή χημικά φαινόμενα και διαδικασίες.

Η επισκόπηση των στόχων του τρέχοντος ΔΕΠΠΣ, αναδεικνύει την ανάγκη κατανόησης και εφαρμογής μοντέλων καθώς και την κατασκευή νοητικών μοντέλων με σκοπό να ερμηνεύσουν οι μαθητές ένα φαινόμενο. Η προσέγγιση των παραπάνω στόχων αναμφισβήτητα διευκολύνεται από τη χρήση των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση. Τα νέα παιδαγωγικά εργαλεία (εκπαιδευτικό λογισμικό, διαδίκτυο, συστήματα συγχρονικής λήψης

⁴⁵ <http://digitalschool.minedu.gov.gr/> (τα έντονα γράμματα είναι σημείωση της ερευνήτριας)

και απεικόνισης των μετρήσεων) πολλαπλασιάζουν τις δυνατότητες των μαθητών να συγκεντρώνουν, αναλύουν, οπτικοποιούν, **μοντελοποιούν** και κοινοποιούν δεδομένα ώστε οι μαθητές, με την ενεργό συμμετοχή τους, να κατανοούν βασικές αρχές και νόμους της Φυσικής και της Χημείας.

Διαπιστώνουμε επίσης ότι τα νέα προγράμματα σπουδών που προτείνονται, και τώρα βρίσκονται στην πιλοτική τους χρονιά, εισάγουν την διδασκαλία των μοντέλων από την Πρωτοβάθμια κιόλας εκπαίδευση. Στο Πρόγραμμα Σπουδών ΦΕ Δημοτικού για το «Νέο Σχολείο» διευκρινίζεται πως *το σκεπτικό*⁴⁶ του αναλυτικού προγράμματος της διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ στο Δημοτικό σχολείο στοχεύει στην ανάπτυξη γνώσης με βασική επιδίωξη: α) το να κατανοήσουν οι μαθητές **θεμελιώδεις έννοιες, νόμους και μοντέλα των ΦΕ και της Τεχνολογίας** και β) να αποκτήσουν την ικανότητα κατανόησης εννοιών – κλειδιά, νόμων και μοντέλων και της σύνδεσης μιας έννοιας με ένα ευρύτερο σύνολο εννοιών και φαινομένων. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα προτείνει μαθησιακές δραστηριότητες βασισμένες στη **“διερεύνηση στηριγμένη στα μοντέλα”**, όπως για παράδειγμα **“να συζητούν για το ρόλο και τη φύση των μοντέλων της πυκνότητας”** (σελ. 76)⁴⁷.

Το ΔΕΠΠΣ και το νέο Πρόγραμμα Σπουδών των ΦΕ περιλαμβάνουν προτάσεις τις οποίες ο εκπαιδευτικός καλείται να κατανοήσει και να εφαρμόσει. Ωστόσο κρίνεται απαραίτητο να υπάρχει εκπαιδευτική έρευνα που να επιβεβαιώνει και να υποστηρίζει την ικανότητα αναγνώρισης και χρησιμοποίησης μοντέλων στη διδασκαλία από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς. Για αυτούς τους λόγους, στην παρούσα έρευνα εξετάζονται οι αντιλήψεις που έχουν εν δυνάμει εκπαιδευτικοί για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις ΦΕ. Το δείγμα περιλαμβάνει φοιτητές του τμήματος Φυσικής και των Παιδαγωγικών Τμημάτων Δημοτικής Εκπαίδευσης και Νηπιαγωγών. Ως δείγμα της έρευνας δηλαδή, επιλέχθηκαν φοιτητές και των τριών αυτών τμημάτων. Αυτό συνέβη διότι οι εκπαιδευτικοί αυτών των σχολών θα κληθούν να εφαρμόσουν μοντέλα και τεχνικές μοντελοποίησης στη διδασκαλία στις ΦΕ σε όλο το φάσμα της υποχρεωτικής εκπαίδευσης.

⁴⁶ <http://digitalschool.minedu.gov.gr> σελ.8

⁴⁷ <http://digitalschool.minedu.gov.gr>

3.2 Σκοπός της έρευνας και ερευνητικά ερωτήματα

Ο σκοπός της έρευνας είναι να διευκρινιστούν ποιες αντιλήψεις έχουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί για τα μοντέλα και να συγκριθούν τα αποτελέσματα με τη διεθνή αλλά και την ελληνική βιβλιογραφία. Η γνώση για τα μοντέλα, όπως συναντάται στη διεθνή βιβλιογραφία (βλ. κεφάλαιο 2), περιλαμβάνει την αναγνώριση της φύσης τους, των λειτουργιών τους, του ρόλου τους, των μορφών τους, της πολλαπλότητάς τους και της δυνατότητας αλλαγής τους κ.ά. Σε επίπεδο, βέβαια, μεταπτυχιακής εργασίας θεωρήθηκε πως δεν είναι δυνατό να διερευνηθούν όλες οι πτυχές της γνώσης για τα μοντέλα. Σε αυτό το σημείο, λοιπόν, οριοθετούμε τα ερευνητικά ερωτήματα που θέτουμε και συγκεκριμενοποιούμε το ερευνητικό πρόβλημα (Ιωσηφίδης, 2008).

Τα ερευνητικά ερωτήματα περιστρέφονται γύρω από 4 βασικούς άξονες γνώσης για τα μοντέλα, οι οποίοι είναι συνέπεια της βιβλιογραφικής επισκόπησης (βλ. κεφάλαιο 1 και 2). Οι άξονες αυτοί είναι οι εξής:

- Άξονας 1^{ος}: Τα μοντέλα δεν είναι απαραίτητα ακριβή ή υπό κλίμακα αντίγραφα ενός συστήματος στόχου, αλλά αναπαραστάσεις του και μάλιστα μπορούν να αναπαριστούν αφηρημένες έννοιες ή διαδικασίες κι όχι απαραίτητα φυσικά συστήματα (άξονας που σχετίζεται με τη φύση των μοντέλων).
- Άξονας 2^{ος}: Τα χαρακτηριστικά των μοντέλων μπορεί να προσεγγίζονται με διδακτικά καθώς και με επιστημονικά κριτήρια (άξονας που σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά των μοντέλων).
- Άξονας 3^{ος}: Τα μοντέλα χρησιμεύουν ως εργαλεία για την ερμηνεία και πρόβλεψη ενός φαινομένου και όχι μόνο για την περιγραφή και επεξήγησή του (άξονας που σχετίζεται με τη λειτουργία των μοντέλων και τη χρήση τους).
- Άξονας 4^{ος}: Τα μοντέλα μπορεί να εμφανίζονται με ποικιλία τρόπων και μορφών, όπως απτές αναπαραστάσεις, προσομοιώσεις, τύποι, μαθηματικές εξισώσεις, λεκτικοί περιγραφικοί κανόνες και άλλα (άξονας που αφορά στην ταξινόμηση των μοντέλων σύμφωνα με τη μορφή που αυτά γίνονται αντιληπτά⁴⁸).

⁴⁸ (Gilbert, 2000, Bulter & Buckley, 2000, βλ. ενότητα 1.1).

Οι άξονες αυτοί αφορούν μια κλιμακούμενη γνώση για τα μοντέλα. Το αρχικό ερευνητικό ερώτημα που προκύπτει, δηλαδή, είναι εάν αναγνωρίζουν οι φοιτητές τι είναι ένα μοντέλο. Έπειτα εάν αναγνωρίζονται τα χαρακτηριστικά και οι λειτουργίες του, στη συνέχεια το πώς αναπαρίσταται και τι μορφή μπορεί να έχει και τέλος εάν θεωρούν πως είναι δυνατή η χρήση πολλαπλών μοντέλων. Άρα κατευθυνόμαστε από ένα πρωταρχικό – βασικό επίπεδο γνώσης για τα μοντέλα, σε πιο γενικά – σύνθετα επίπεδα, που αφορούν τις λειτουργίες και τη χρήση των μοντέλων⁴⁹. Συγκεκριμένα, τα ερευνητικά ερωτήματα είναι τα εξής:

1. Τί νοήματα αποδίδονται από τους φοιτητές στον όρο ‘μοντέλο’; (άξονας 1^{ος}: φύση των μοντέλων).
2. Τί χαρακτηριστικά αποδίδουν οι φοιτητές στα μοντέλα; (άξονας 2^{ος}: χαρακτηριστικά των μοντέλων).
3. Ποιος νομίζουν οι φοιτητές ότι είναι ο ρόλος των μοντέλων στη διδασκαλία των ΦΕ; (άξονας 3^{ος}: λειτουργίες των μοντέλων).
4. Ποιες μορφές αναπαραστάσεων αναγνωρίζουν οι φοιτητές ως μοντέλα; (άξονας 4^{ος}: τρόπος αναπαράστασης μοντέλων – μορφές μοντέλων).

⁴⁹ Αυτό γίνεται λαμβάνοντας υπ’ όψιν ότι αυτοί οι άξονες γύρω από τους οποίους περιστρέφονται τα ερευνητικά ερωτήματα περιπλέκονται: κανένας άξονας δεν είναι αυτόνομος αλλά σχετίζεται με τους υπόλοιπους. Για παράδειγμα δεν μπορεί να δοθεί μονοσήμαντη απάντηση για το εάν ένα μοντέλο είναι ένα αντικείμενο ή οτιδήποτε άλλο χωρίς να εμπλακεί η μορφή του μοντέλου σύμφωνα με την οποία γίνεται αντιληπτό (άξονες 1 και 4).

3.3 Ερευνητική μεθοδολογία

Για να απαντηθούν αυτά τα ερευνητικά ερωτήματα, διενεργείται μια έρευνα μικρού μεγέθους δείγματος χρησιμοποιώντας το εργαλείο της ημιδομημένης συνέντευξης σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς. Στις παρακάτω υποενότητες παρουσιάζονται οι λόγοι επιλογής της ημιδομημένης συνέντευξης ως ερευνητικής μεθόδου, η πιλοτική εφαρμογή και η τροποποίηση του ερευνητικού εργαλείου.

3.3.1. Επιλογή ερευνητικής μεθόδου συλλογής δεδομένων

Ο βασικός σκοπός της έρευνας είναι διερευνητικός: γίνεται προσπάθεια, δηλαδή να αποκτηθεί κάποια αίσθηση του τι συμβαίνει σχετικά με τις αντιλήψεις που έχουν οι φοιτητές για τα μοντέλα, με βάση συγκεκριμένα ερευνητικά ερωτήματα. Μέσω αυτής της προσέγγισης, σκοπός είναι να περιγραφθούν, να αναλυθούν, να κατανοηθούν και να ερμηνευθούν τα νοήματα που αποδίδουν οι φοιτητές με τις απαντήσεις τους. Αυτό καθιστά την έρευνα ποιοτική. Το εργαλείο που επιλέχθηκε για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των φοιτητών είναι η ημι-δομημένη συνέντευξη (Flick, 2006, Ιωσηφίδης, 2008, Mertens, 2005, Patton, 2002). Η συνέντευξη υποστηρίζεται ότι εξυπηρετεί τρεις στόχους ως ερευνητικό εργαλείο:

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως το κύριο μέσο συλλογής πληροφοριών που έχουν άμεση σχέση με τα αντικείμενα της έρευνας.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελεγχθούν κάποιες υποθέσεις ή να υποδειχθούν νέες.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους στη διεξαγωγή μιας έρευνας, δηλαδή να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση μη αναμενόμενων αποτελεσμάτων ή για την βαθύτερη εξέταση των κινήτρων των ερωτηθέντων και για τους λόγους που απάντησαν όπως απάντησαν (Kernlinger 1970, στο Cohen et al., 1994, 2000).

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της συνέντευξης είναι ότι επιτρέπει να διερευνηθούν εις βάθος στάσεις και αντιλήψεις και να κατανοηθούν αυτές οι στάσεις και αντιλήψεις των ερωτηθέντων ώστε να δοθούν πιο ποιοτικές ερμηνείες στα αποτελέσματα (Ιωσηφίδης, 2008, Cohen et al., 2011, Denscombe, 2007). Συγκεκριμένα υποστηρίζεται ότι: “Ο σκοπός της συνέντευξης είναι να μας επιτρέψει να εισχωρήσουμε στην αντίληψη ενός ανθρώπου. Η

ποιοτική συνέντευξη ξεκινάει με την υπόθεση ότι η αντίληψη ενός ανθρώπου περιέχει κάποιο νόημα, μπορούμε να την μάθουμε και μπορεί να εκφραστεί. Διενεργούμε συνεντεύξεις για να μάθουμε τι βρίσκεται μέσα στο μυαλό ενός ανθρώπου, να συλλέξουμε τις ιδέες του” (Patton, 2002, σελ. 341). Η χρήση της μεθόδου της συνέντευξης, όπως περιγράφει ο Ιωσηφίδης (2008) ενδείκνυται στην περίπτωση της παρούσας έρευνας διότι α) εστιάζει στα υποκειμενικά νοήματα που αποδίδουν οι ερωτώμενοι σε σχέση με το αντικείμενο (τα μοντέλα στη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ) και β) μπορεί να αποτελέσει τη βάση για να διεξαχθούν στο μέλλον έρευνες ποσοτικού χαρακτήρα.

Υποστηρίζεται πως στην ποιοτική κοινωνική έρευνα χρησιμοποιούνται κυρίως οι ημιδομημένες (καθώς και οι μη δομημένες συνεντεύξεις) καθώς επιτρέπουν τη συλλογή δεδομένων σε βάθος (Ιωσηφίδης, 2008, Cohen et al., 2011). Η ημιδομημένη συνέντευξη πρακτικά εξυπηρετεί επειδή είναι εργαλείο διαθέσιμο για έλεγχο και αξιολόγηση (Patton, 2002). Συμπεραίνουμε, επομένως, ότι με τη συνέντευξη ως μέθοδο συλλογής δεδομένων, συλλέγονται όσο το δυνατόν περισσότερα δεδομένα που αφορούν τις απόψεις, τις στάσεις και τις αντιλήψεις των υποκειμένων του δείγματος και ταυτόχρονα καθίσταται το ερευνητικό εργαλείο διαθέσιμο να κριθεί, να αξιολογηθεί και να βελτιωθεί.

Με την ημι-δομημένη συνέντευξη σε αυτή την έρευνα χρησιμοποιείται ένα σύνολο προκαθορισμένων ανοιχτών ερωτήσεων (Ιωσηφίδης, 2007, Flick, 2006, Patton, 2002). Οι ερωτήσεις χαρακτηρίζονται ως ερωτήσεις γνώμης (Ιωσηφίδης, 2008, Patton, 2002). Επιπλέον, χρησιμοποιούνται κάποιες βοηθητικές ερωτήσεις με σκοπό να καταστεί *σαφής* (explicit) η υπονοούμενη (implicit) γνώση των ερωτώμενων (Flick, 2006). Διατηρείται ωστόσο μια ευελιξία ως προς την σειρά των ερωτήσεων, ως προς την χρήση βοηθητικών ερωτημάτων και ακόμη και ως προς την τροποποίηση του περιεχομένου των ερωτήσεων με στόχο την καλύτερη ανάλυση των νοημάτων που αποδίδουν τα υποκείμενα της έρευνας με τις απαντήσεις τους (Ιωσηφίδης, 2008). Οι ερωτήσεις, δηλαδή, δε γίνονται όλες με την ίδια σειρά σε όλους τους φοιτητές του δείγματος και επιπλέον γίνεται αποδεκτό ότι ο ίδιος ο ερωτώμενος μπορεί να δώσει απαντήσεις που εμπλέκουν και άλλο ερευνητικό ερώτημα. Ωστόσο, οι ερωτήσεις που χρησιμοποιούνται είναι ταξινομημένες σε μια λογική σειρά ξεκινώντας από τις γενικού τύπου και προχωρώντας σε πιο συγκεκριμένες (Mertens, 2005). Οι ερωτήσεις της συνέντευξης παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.

3.3.2 Ανάπτυξη του ερευνητικού εργαλείου της ημιδομημένης συνέντευξης

Για την ανάπτυξη του ερευνητικού εργαλείου της ημιδομημένης συνέντευξης χρησιμοποιήθηκαν ανοιχτές ερωτήσεις που αφορούν τα μοντέλα. Η ανάπτυξη του ερευνητικού εργαλείου υλοποιήθηκε σε τρεις φάσεις: αρχικά έγινε μελέτη των εργαλείων των σχετικών ερευνών (βλ. ενότητα 2.2), που αφορούν τις αντιλήψεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών για τα μοντέλα. Έπειτα έγινε μια σύνοψη των ερευνητικών ερωτημάτων που έχουν τεθεί σε παρόμοιες έρευνες, με αποτέλεσμα τη διατύπωση αυτών. Τέλος, επιλέχθηκαν και όπου χρειάστηκε τροποποιήθηκαν ερωτήσεις συνεντεύξεων και ερωματολογίων της βιβλιογραφίας, ώστε να καλυφθούν τα ερευνητικά ερωτήματα. Πιο αναλυτικά:

Φάση 1^η: Επισκόπηση σχετικών ερευνών: Οι έρευνες που αφορούν τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τα μοντέλα παρουσιάστηκαν στην ενότητα 2.2, του 2^{ου} κεφαλαίου.

Φάση 2^η: Διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων: Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας οδήγησε στη διατύπωση των ερευνητικών ερωτημάτων (βλ. ενότητα 3.2) σχετικά με τη φύση, τα χαρακτηριστικά, τις λειτουργίες, τις μορφές και την πολλαπλότητα των μοντέλων. Τα ερωτήματα αυτά, δεν καλύπτουν φυσικά όλο το εύρος των ερευνών σχετικά με τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τα μοντέλα, αλλά είναι μια επιλογή ερωτημάτων που θεωρήθηκαν αρκετά σημαντικά για μια πρώτη διερευνητική προσέγγιση στις αντιλήψεις των φοιτητών στην χώρα μας.

Φάση 3^η: Επιλογή και τροποποίηση ερωτημάτων ερευνών βιβλιογραφίας: Τα ερωτήματα της ημιδομημένης συνέντευξης που χρησιμοποιήθηκαν αποσκοπούν στην ανίχνευση αντιλήψεων των φοιτητών. Είναι συνδυασμός ερωτημάτων που εφαρμόστηκαν σε παλαιότερες έρευνες, όπως αυτές των Grosslight et al. (1991), Cullin & Crawford (2003), Justi & van Driel (2005), van Driel & Verloop (2002)⁵⁰, κ.α. Συγκεκριμένα, όπως είδαμε στο κεφάλαιο 2, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν ερωτήματα όπως “Τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο;” και “Νομίζεις πως οι επιστήμονες θα χρησιμοποιούσαν ποτέ παραπάνω από ένα μοντέλα για το ίδιο πράγμα;” (Grosslight et al., 1991). Επιπλέον, κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης

⁵⁰ Κατά την επισκόπηση της βιβλιογραφίας παρατηρήθηκε ότι η έρευνα των Grosslight et al. (1991) αποτελεί σημαντικό σταθμό της έρευνας σχετικά με τις αντιλήψεις για τα μοντέλα, καθώς όλες σχεδόν οι μεταγενέστερες έρευνες υιοθετούν τα περισσότερα ερευνητικά ερωτήματα και βασίζονται πάνω σε αυτά που έχουν θέσει οι συγκεκριμένοι ερευνητές. Υπάρχουν ελάχιστες εξαιρέσεις τροποποιημένων ερευνητικών εργαλείων, όπως στην έρευνα των Cullin & Crawford (2003) οι οποίοι χρησιμοποίησαν τα ερωτήματα των Grosslight et al (1991) αλλά προσέθεσαν και τρία δικά τους ερωτήματα..

αποφασίσαμε να παρουσιάσουμε μοντέλα στους φοιτητές, για να μπορούμε να διερευνήσουμε καλύτερα και να ελέγξουμε τη συνέπεια των απαντήσεων των φοιτητών σε σχέση με τη μορφή των μοντέλων. Οι ερωτήσεις της ημιδομημένης συνέντευξης είναι οι εξής⁵¹:

Ερώτηση 1 (1^{ος} άξονας):

Ερώτηση 1 (1^{ος} άξονας):

“Τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο στις Φυσικές Επιστήμες;”

Αυτή η ερώτηση είναι η κύρια ερώτηση που θα καθορίσει σε ποιο επίπεδο κατανόησης βρίσκεται ο φοιτητής σχετικά με τη φύση των μοντέλων. Αποσκοπεί επίσης στο να αναδειχθούν οι απόψεις των φοιτητών σχετικά με το τί είναι ένα μοντέλο στις ΦΕ. Σε αυτή την ερώτηση χρησιμοποιήθηκαν οι εξής βοηθητικές ερωτήσεις: 1α: “Δώσε μου ένα – δύο παραδείγματα.” 1β: “Γιατί αυτό που περιέγραψες είναι μοντέλο;⁵²”.

Ερώτηση 2 (2^{ος} άξονας):

“Τι χαρακτηριστικά νομίζεις ότι πρέπει να έχει ένα μοντέλο στις ΦΕ;”

Αυτή η ερώτηση γίνεται για να διερευνηθούν τα χαρακτηριστικά που αποδίδουν οι φοιτητές στα μοντέλα των ΦΕ. Σε αυτή την ερώτηση χρησιμοποιήθηκαν απλές βοηθητικές ερωτήσεις του τύπου: “Τι εννοείς; Δώσε μου ένα παράδειγμα.”

Ερώτηση 3 (3^{ος} άξονας):

“Για ποιο λόγο χρησιμοποιούν τα μοντέλα στις ΦΕ;”

Αυτή η ερώτηση γίνεται για να διευκρινιστούν οι λειτουργίες που αποδίδουν οι φοιτητές στα μοντέλα στις ΦΕ. Σκοπός είναι να καταγραφούν οι όροι που χρησιμοποιούν οι φοιτητές για να

⁵¹ Μετά την απάντηση του φοιτητή, για να αναπτύξουν λεπτομερέστερα την αντίληψή τους όπου χρειάζεται, χρησιμοποιούνται και κάποιες βοηθητικές ερωτήσεις. Ο λόγος που καταγράφονται εδώ κάποιες από αυτές είναι για να κατανοήσει ο αναγνώστης τον βασικό άξονα της προσέγγισης των φοιτητών.

⁵² Με αυτή τη βοηθητική ερώτηση γίνεται η σύνδεση με την επόμενη ερώτηση της συνέντευξης.

ορίσουν ένα μοντέλο ή αν χρησιμοποιούν τους όρους ‘απεικόνιση’, ‘επεξήγηση’, ‘περιγραφή’, ‘λειτουργία’, ‘πρόβλεψη’ για να χαρακτηρίσουν τη λειτουργία ενός μοντέλου. Σε αυτή την ερώτηση χρησιμοποιήθηκαν βοηθητικές ερωτήσεις του τύπου: “Δώσε μου ένα παράδειγμα (από την εμπειρία σου ως μαθητής/φοιτητής)”.


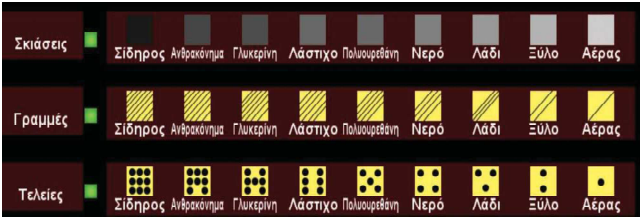
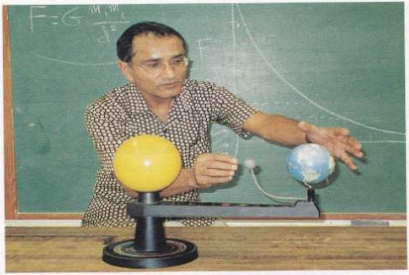

Ερώτηση 4 (3^{ος} και 4^{ος} άξονας):

“Εδώ βλέπεις μία εικόνα και μία πρόταση / μία εικόνα κι έναν τύπο / δύο εικόνες. Ποια από αυτά νομίζεις ότι είναι μοντέλα; Νομίζεις πως τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές;”

Σε αυτή την ερώτηση προστέθηκαν οι εξής βοηθητικές ερωτήσεις: 4α: “Νομίζεις ότι έχουν διαφορές;” 4β: “Πώς νομίζεις ότι θα μπορούσαμε να τα/το χρησιμοποιήσουμε στη διδασκαλία;” 4γ: “Θα μπορούσαμε κάποια από αυτά να τα χρησιμοποιήσουμε για να προβλέψουμε κάποιο φαινόμενο;”

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζονται στους φοιτητές ορισμένα μοντέλα (βλέπε πίνακα 5) που αφορούν την έννοια της πυκνότητας, φαινόμενα πλεύσης και βύθισης καθώς και το φαινόμενο της μέρας / νύχτας. Ο παρακάτω πίνακας 5 παρουσιάζει στην πρώτη στήλη τα μοντέλα που παρουσιάστηκαν στους φοιτητές, στη δεύτερη στήλη την ονομασία με την οποία θα χρησιμοποιούνται στη συνέχεια της εργασίας, στην τρίτη στήλη τον τρόπο αναπαράστασής τους, ενώ στην τέταρτη στήλη περιγράφεται η λειτουργία τους. Στη συνέχεια της ενότητας περιγράφονται τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν.

Πίνακας 5: Μοντέλα διαφορετικών μορφών

Φαινόμενα πλεύσης / βύθισης	Μοντέλο	Τρόπος αναπαράστασης
	Λογισμικό	Οπτικός, δυναμικός
<p>“Όταν η πυκνότητα ενός αντικειμένου (ομογενούς ή σύνθετου) είναι περισσότερη από την πυκνότητα ενός υγρού το αντικείμενο βουλιάζει. Όταν η πυκνότητα ενός αντικειμένου (ομογενούς ή σύνθετου) είναι λιγότερη από την πυκνότητα ενός υγρού το αντικείμενο επιπλέει”</p>	Λεκτικός κανόνας	Λεκτικός, κανόνας
Έννοια της πυκνότητας	Μοντέλο	Τρόπος αναπαράστασης
	Πίνακας πυκνότητας	Οπτικός, στατικός
$\rho = m/V$	Συμβολικός τύπος	Συμβολικός
Φαινόμενο της ημέρας – νύχτας	Μοντέλο	Τρόπος αναπαράστασης
	Απτό Ηλιοκεντρικό σύστημα	Δυναμικός, απτός
	Σκίτσο ηλιοκεντρικού συστήματος	Στατικός, εικόνα

- Λογισμικό: Το πρώτο μοντέλο που παρουσιάζεται είναι μία εικόνα από εκπαιδευτικό λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την διδασκαλία των φαινομένων πλεύσης / βύθισης, με προσομοίωση την βύθιση του κρουαζιερόπλοιου Sea Diamond το οποίο βυθίστηκε στη Σαντορίνη (Απρίλιος του 2007). Η εικόνα υπάρχει στον οδηγό του εκπαιδευτικού για την πυκνότητα των υλικών σε φαινόμενα πλεύσης / βύθισης: πειραματικές διαδικασίες και μοντελοποίηση (Καριώτογλου et al. 2010, σελ. 21). Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι οπτικό, γιατί ο χρήστης δεν έχει τη δυνατότητα να πιάσει τα αντικείμενα με τα οποία αναπαριστάται το φαινόμενο. Είναι, όμως, δυναμικό γιατί κινείται και είναι διαδραστικό: μπορεί δηλαδή ο χρήστης να παρακολουθήσει τα αποτελέσματα των ενεργειών του.
- Λεκτικός κανόνας: Οι προτάσεις αυτές αποτελούν ένα λεκτικό μοντέλο το οποίο αφορά σε φαινόμενα πλεύσης και βύθισης με βάση την έννοια της πυκνότητας.
- Πίνακας πυκνότητας: Ο πίνακας αυτός στην ουσία περιλαμβάνει τρία μοντέλα: την αναπαράσταση της πυκνότητας των υλικών με διαφορετικά χρώματα, με περισσότερες ή λιγότερες γραμμές και με τελείες. Η τελευταία σειρά του πίνακα αποτελεί το μοντέλο του ‘συνωστισμένου πλήθους’ (Καριώτογλου et al. 2010, σελ. 22, Havu-Nuutinen, 2005, Smith & Unger, 1997, Snir et al., 1993, Zoupidis et al., 2010). Είτε ως μεμονωμένα μοντέλα, είτε ως ενιαίο σύνολο αναπαραστάσεων είναι ένας οπτικός τρόπος αναπαράστασης με στατικό χαρακτήρα.
- Συμβολικός τύπος: Αυτό το συμβολικό μοντέλο είναι η σχέση που περιγράφει το μέγεθος της πυκνότητας, σε σχέση με τη μάζα και τον όγκο ενός υλικού, σε επίπεδο πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.
- Από ηλιοκεντρικό σύστημα: Το μοντέλο ηλιοκεντρικού συστήματος ήλιου – γης – σελήνης⁵³ (Hewitt, 2005, σελ.155) είναι μια απτή, δυναμική κατασκευή, με την οποία μπορεί να μελετηθεί η κίνηση της Γης γύρω από τον εαυτό της και τον Ήλιο.
- Σκίτσο ηλιοκεντρικού συστήματος: Η εικόνα - σκίτσο του ηλιοκεντρικού συστήματος (Καριώτογλου et al. 2010, σελ 23) είναι ένας στατικός τρόπος απεικόνισης του συστήματος Ήλιος – Γη – Σελήνη.

⁵³ Η εικόνα του συγκεκριμένου δυναμικού μοντέλου αναπαριστά ένα μοντέλο του ηλίου, της σελήνης και της γης με το οποίο ο καθηγητής που το χρησιμοποιεί εξηγεί το φαινόμενο της παλίρροιας. Συγκεκριμένα, η λεζάντα της εικόνας που χρησιμοποιήθηκε αναφέρεται στην εξήγηση των παλίρροιών συζυγιών και των παλίρροιών τετραγωνισμών, φαινόμενα των οποίων η ανάλυση δεν υπόκειται στο πλαίσιο της εργασίας

Ο σκοπός της παρουσίασης μοντέλων είναι να αναδειχθούν οι αντιλήψεις των φοιτητών σχετικά με το κατά πόσο μπορούν να αναγνωρίσουν μία αναπαράσταση ως μοντέλο. Επιπλέον, γίνεται προσπάθεια να διαπιστωθούν οι αντιλήψεις που έχουν σχετικά με τα χαρακτηριστικά των μοντέλων (εντοπίζοντας ομοιότητες και διαφορές μεταξύ των μοντέλων) με αυτόν τον τρόπο ενισχύονται, εάν κριθεί απαραίτητο, οι απαντήσεις που αφορούν την πρώτη ερώτηση. Επίσης, επιδιώκεται να διευκρινιστεί κατά πόσο θα αντιληφθούν ότι τα μοντέλα μπορούν να έχουν και διαφορετική λειτουργία εκτός από την οπτική αναπαράσταση ενός αντικειμένου (άποψη που κυριαρχεί στη βιβλιογραφία) και αν θα διακρίνουν ότι ένα μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ερμηνεία αλλά και για πρόβλεψη.

3.3.3 Πιλοτική εφαρμογή – Το δείγμα

Για να ελεγχθεί η λειτουργικότητα καθώς και την εγκυρότητα του εργαλείου, διεξήχθη πιλοτική εφαρμογή σε τρεις φοιτητές, έναν από κάθε τμήμα: μία φοιτήτρια του Τμήματος Νηπιαγωγών, μία φοιτήτρια του τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης (της Παιδαγωγικής Σχολής Φλώρινας) και έναν φοιτητή του τμήματος Φυσικής (του Α.Π.Θ.). Οι δύο φοιτήτριες ήταν 3^ο έτος και είχαν παρακολουθήσει κατά την φοίτησή τους μάθημα ΦΕ. Κατά την διάρκεια των συνεντεύξεων χρησιμοποιήθηκε μαγνητόφωνο με το οποίο καταγράφηκε η συνομιλία με τους φοιτητές και στη συνέχεια απομαγνητοφωνήθηκαν οι συζητήσεις. Οι φοιτητές της πιλοτικής εφαρμογής κωδικοποιήθηκαν σύμφωνα με τη σχολή στην οποία ανήκαν: ΦΥΣ. (για τον φοιτητή του Φυσικού), ΔΑΣΚ. (για την φοιτήτρια της Δημοτικής εκπαίδευσης) και ΝΗΠ. (για την φοιτήτρια των Νηπιαγωγών). Οι απαντήσεις των φοιτητών σε αυτή την πρώτη πιλοτική εφαρμογή του ερευνητικού μας εργαλείου, διατίθενται στο παράρτημα της εργασίας. Η ανάλυση των απομαγνητοφωνημένων συζητήσεων έγινε ανεξάρτητα από δύο ερευνήτριες. Ακολουθούσε συζήτηση για τη διασταύρωση των αποτελεσμάτων έως ότου να επέλθει συμφωνία.

3.3.4 Τροποποίηση ερευνητικού εργαλείου

Κατά τη διάρκεια της πιλοτικής εφαρμογής και κατά τη μελέτη των απαντήσεων των φοιτητών δημιουργήθηκε η ανάγκη να αναδιαμορφωθούν ορισμένες ερωτήσεις έτσι ώστε να είναι πιο σαφείς και κατανοητές από τους συμμετέχοντες. Σε αυτή την υποενότητα παρατίθενται και τεκμηριώνονται οι αλλαγές που έγιναν στην ερώτηση 4.

Διαπιστώθηκε ότι τα δύο πρώτα μοντέλα (βίντεο από λογισμικό και λεκτικός κανόνας), που χρησιμοποιήθηκαν για την διερεύνηση του κατά πόσο ένα μοντέλο μπορεί να είναι μια οπτική απεικόνιση ή ένας λεκτικός κανόνας, αντιμετωπίστηκαν ως ενιαία από τους φοιτητές κατά τη συνέντευξη (ερώτηση 4). Δηλαδή, φάνηκε ότι οι απαντήσεις των φοιτητών επηρεάστηκαν από την ταυτόχρονη επίδειξη δύο αναπαραστάσεων. Ενδεικτικά παρατίθενται τα παρακάτω αποσπάσματα⁵⁴:

Απόσπασμα από την συνέντευξη με τη φοιτήτρια του τμήματος των Νηπιαγωγών:

Ερευνήτρια: *“Ωραία, λες ότι αυτά τα δύο, η εικόνα και οι δύο προτάσεις κάτω, είναι μοντέλα, και αυτό γιατί και τα δύο σχετίζονται με την ίδια έννοια, την πυκνότητα;”*

Νηπ.: *Ναι.*

Ερευνήτρια: *Την πυκνότητα εσύ που τη βλέπεις στον κανόνα;*

Νηπ.: *Εάν ήταν μόνη της δεν θα καταλάβαινα ότι λέει για την πυκνότητα.*

Ερευνήτρια: *Ενώ τώρα τι καταλαβαίνεις; Γιατί λέει για την πυκνότητα;*

Νηπ.: *Λέει για το πότε βουλιάζει ένα αντικείμενο και πότε δεν βουλιάζει..*

Ερευνήτρια: *Το σχετίζεις με την από κάτω φράση;*

Νηπ.: *Ναι.*

Ερευνήτρια: *Δηλαδή τα βλέπεις ενιαία;*

Νηπιαγ.: *Ναι.*

Απόσπασμα από την συνέντευξη με τον φοιτητή του τμήματος των Φυσικών:

⁵⁴ Η έντονη γραφή χρησιμοποιείται εδώ από την ερευνήτρια έτσι ώστε να διευκολυνθεί η ανάγνωση των πιο σημαντικών φράσεων των συγκεκριμένων αποσπασμάτων της συνέντευξης.

Ερευνήτρια: “Είναι αυτές οι αναπαραστάσεις μοντέλα; Ποια από τις δύο νομίζεις ότι είναι μοντέλο, ή θα μπορούσες να χαρακτηρίσεις ως μοντέλο; Σύμφωνα με αυτά που έχεις εσύ στο μυαλό σου;

Φυσ: Με βάση το πώς όρισα το “μοντέλο”, μοντέλο θα οριζόταν όλη η εικόνα, και τα δύο πλοία καθώς είναι κάτι που θα μας βοηθήσει να καταλάβουμε σε πρώτη φάση αν θα βουλιάξει ή όχι το πλοίο και σε δεύτερη φάση ποιοι είναι οι νόμοι, οι κανόνες που διέπουν.. μεγέθη όπως η πυκνότητα, η μάζα, ο όγκος και άλλα. Ουσιαστικά για να καταλάβουμε αυτά τα πράγματα χρησιμοποιούμε ως μοντέλο όλη αυτή την εικόνα, τα δύο πλοία και αυτή την κατάσταση γενικά ώστε να κατανοήσουμε αυτές τις έννοιες.

Ερευνήτρια: Το δεύτερο πλαίσιο; Ο λεκτικός κανόνας δηλαδή;

Φυσ: Δεν είναι κάποιο μοντέλο, είναι... κάποιο γεγονός, fact... θα είναι.. **μια βοήθεια, μια extra βοήθεια, το οποίο θα σε κάνει να καταλάβεις καλύτερα το μοντέλο, που είναι η πάνω εικόνα, ώστε να πετύχει το σκοπό της που είναι να κατανοήσουν αυτοί που την βλέπουνε και ασχολούνται ή διαβάζουνε το συγκεκριμένο άρθρο, τι θα γίνει με το πλοίο και κατά επέκταση τι γίνεται με τη σχέση πυκνότητας, μάζας και άλλα.**”

Με βάση τα παραπάνω επιλέχθηκε να παρουσιαστεί ξεχωριστά το κάθε μοντέλο για την ερώτηση 4.

Επιπλέον λόγος για την τροποποίηση της ερώτησης 4 στάθηκε η ανάγκη ερμηνείας της εικόνας που δόθηκε στους φοιτητές και που αφορά το φαινόμενο της πλεύσης και της βύθισης του πλοίου. Παρατηρήθηκε ότι έπρεπε να εξηγηθεί πλήρως το φαινόμενο καθώς και η διαδικασία ανέλκυσης και να γίνει κατανοητό ότι η εικόνα προέρχεται από λογισμικό. Συγκεκριμένα, χρειάστηκαν το λιγότερο 3 λεπτά συζήτησης για την αποσαφήνιση της εικόνας και του φαινομένου που αναπαριστά. Για να είναι, λοιπόν, πιο παραστατική η απεικόνιση των μοντέλων σε συντομότερο χρονικό διάστημα, αποφασίστηκε η παρουσίαση του σχετικού λογισμικού (Material Science) στους φοιτητές σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ανάλογη διαπίστωση έγινε και στην περίπτωση του μοντέλου του ηλιοκεντρικού συστήματος. Για να είναι πιο σαφής ο δυναμικός και απτός τρόπος αναπαράστασης του συγκεκριμένου μοντέλου, χρησιμοποιήθηκε τρισδιάστατη συσκευή που αναπαριστά με απτό και δυναμικό τρόπο το σύστημα ήλιος – γη – σελήνη.

Επιπλέον, κρίθηκε αναγκαίο η βασική ερώτηση να γίνεται πριν δοθούν στους φοιτητές οι αναπαραστάσεις ώστε να διαπιστωθεί η αρχική τους αντίληψη για τις μορφές απεικόνισης μοντέλων, πριν δουν μοντέλα με διάφορες μορφές (βίντεο από λογισμικό, απτό μοντέλο,

λεκτικός κανόνας, τύπος, σκίτσο και άλλα). Επειδή και οι τρεις φοιτητές απάντησαν ότι τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές, κρίθηκε εύλογο να τους απευθύνεται πρώτα η ερώτηση και έπειτα, για να επιβεβαιώνονται ή να ενισχύονται τα δεδομένα, να τους παρουσιάζονται διάφορες μορφές μοντέλων.

Τέλος, θεωρήθηκε πως με το να απευθύνεται η βοηθητική ερώτηση 4γ, σχετικά με την προβλεπτική λειτουργία των μοντέλων, επηρεάζονται οι φοιτητές να απαντήσουν αναφορικά με τα μοντέλα που τους παρουσιάστηκαν. Ενδεικτικά αναφέρεται η απάντηση:

Ερευνήτρια: *“Θα μπορούσαμε κάποιο μοντέλο να το χρησιμοποιήσουμε για να προβλέψουμε ένα φαινόμενο;*

Δασκ.: *Για να προβλέψουμε ένα φαινόμενο; ...*

Ερευνήτρια: *Για παράδειγμα στην περίπτωση αυτή, για να προβλέψουμε αν θα πλεύσει η θα βυθιστεί το καράβι ή οτιδήποτε άλλο.*

Φοιτ.: *Καλά προφανώς η εικόνα η πρώτη είναι πιο εύκολο, για να αντιληφθείς.*

Ερευνήτρια: *Πως το φαντάζεσαι;*

Φοιτ.: *Επειδή διεγείρει πιο πολύ τη φαντασία η πρώτη εικόνα μπορεί και ο μαθητής ενδεχομένως να το έχει στο μυαλό του ως εικόνα οπότε να σκεφτεί πιο εύκολα αν το πλοίο θα έρθει στα ίσια του και να σκεφτεί τι μπορεί να γίνει.*

Ερευνήτρια: *Με το δεύτερο;*

Φοιτ.: *Να προβλέψει; Σίγουρα, και με το δεύτερο τρόπο. Απλά όταν το κάνει εικόνα και στη φαντασία του πιο εύκολα μπορεί να τα φανταστεί οπότε να καταλάβει που μπορεί να καταλήξει, τι μπορεί να γίνει.*

Για αυτό το λόγο κρίθηκε απαραίτητο να αφαιρεθεί η βοηθητική ερώτηση 4γ για να μην καθοδηγούνται οι φοιτητές σε θετική απάντηση και να διαπιστωθεί εάν μόνοι τους θα αναφέρουν τη λέξη «πρόβλεψη» ως λειτουργία των μοντέλων στις ΦΕ. Η ερώτηση 4 επομένως γίνεται:

“Νομίζεις πως τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές;”

Η παρουσίαση των αναπαραστάσεων ακολουθείται από την ερώτηση: “Αυτή η αναπαράσταση νομίζεις πως είναι μοντέλο; Γιατί;”

Ακολούθησε η εφαρμογή της κύριας έρευνας.

3.4 Η κύρια έρευνα

Η διεξαγωγή της κύριας έρευνας περιλαμβάνει τα εξής στάδια: Επιλογή του δείγματος, εφαρμογή του ερευνητικού εργαλείου και επιλογή της μεθόδου συλλογής και ανάλυσης αποτελεσμάτων, στάδια που περιγράφονται αναλυτικά στις παρακάτω υποενότητες.

3.4.1 Το δείγμα

Το δείγμα της κύριας έρευνας αποτελείται από 15 φοιτητές. Είναι γενικά αποδεκτό ότι το μέγεθος του δείγματος δεν επιτρέπει ποσοτικές γενικεύσεις αποτελεσμάτων. Ωστόσο, η γενίκευση των αποτελεσμάτων δεν αποτελεί στόχο με την έννοια της αντιπροσωπευτικότητας (Ιωσηφίδης, 2008). Μπορούν, όμως, να εξαχθούν συμπεράσματα τα οποία να μπορούν να γενικευτούν ώστε να διαμορφωθεί μια εικόνα για τις αντιλήψεις των φοιτητών, όχι για να εξαχθούν ποσοτικά συμπεράσματα που θα αφορούν το σύνολο του πληθυσμού. Για να καλυφθεί το ευρύ φάσμα στο οποίο διδάσκονται οι ΦΕ επιστήμες στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, επιλέχθηκαν 5 φοιτητές από κάθε τμήμα, Νηπιαγωγών, Δημοτικής Εκπαίδευσης και Φυσικών⁵⁵. Σε αυτή την ποιοτική έρευνα το ενδιαφέρον στράφηκε σε μεμονωμένες περιπτώσεις με αποτέλεσμα οι γενικεύσεις να χαρακτηρίζονται αναλυτικές.

Η δειγματοληψία αυτή χαρακτηρίζεται σκόπιμη (Ιωσηφίδης, 2008), καθώς επιλέχθηκαν συμμετέχοντες για τους οποίους είναι γνωστό ότι πληρούν ορισμένα κριτήρια. Το κριτήριο επιλογής των φοιτητών ήταν:

- για τους φοιτητές του τμήματος Νηπιαγωγών και Δασκάλων: να έχουν παρακολουθήσει μάθημα ΦΕ ώστε να έχουν συζητήσει έννοιες, φαινόμενα και μοντέλα ΦΕ.

Συμπληρωματικά, η δειγματοληψία χαρακτηρίζεται και ως 'σκόπιμη στρωματοποιημένη δειγματοληψία' καθώς περιλαμβάνει άτομα από συγκεκριμένες ομάδες πληθυσμού με επιπλέον κριτήρια (Mertens, 2005). Επίσης χαρακτηρίζεται και ως 'βολική δειγματοληψία' (Mertens, 2005, Patton, 2002) διότι πέρα αυτών των κριτηρίων, η επιλογή των ατόμων που συμμετείχαν στην έρευνα βασίστηκε τελικά στο γεγονός ότι τα συγκεκριμένα άτομα ήταν άμεσα διαθέσιμα.

⁵⁵ Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν 4 φοιτητές του τμήματος Νηπιαγωγών της Παιδαγωγικής Σχολής του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, 1 φοιτήτρια του τμήματος Νηπιαγωγών της Παιδαγωγικής Σχολής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.) 5 φοιτητές του τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης της Παιδαγωγικής Σχολής του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας και 5 φοιτητές του τμήματος Φυσικής, της Σχολής Θετικών Επιστημών του Α.Π.Θ.

Για την εφαρμογή της κύριας έρευνας αρχικά προσεγγίσθηκαν φοιτητές των παραπάνω τμημάτων που πληρούσαν τα κριτήρια του δείγματος⁵⁶. Μετά από μία πρώτη συνάντηση, κατά τη διάρκεια της οποίας λήφθηκαν τα προσωπικά στοιχεία του κάθε φοιτητή, ορίστηκε ημερομηνία και τόπος της δεύτερης συνάντησης κατά την οποία διεξήχθη η συνέντευξη. Ο τόπος της συνέντευξης ήταν είτε οι κενές αίθουσες διδασκαλίας είτε ακόμη χώρος υποδοχής σε εστίες, όπου διέμενε ο φοιτητής. Η διάρκεια της συνέντευξης προέκυψε περίπου 10-20 λεπτά. Όλες οι συνεντεύξεις ηχογραφήθηκαν και στη συνέχεια απομαγνητοφωνήθηκαν. Η κωδικοποίηση των υποκειμένων του δείγματος έγινε με βάση την ιδιότητά τους (φοιτητές = Φ), την σχολή στην οποία φοιτούν (δημοτικής εκπαίδευσης = Δ, νηπιαγωγών = Ν και φυσικών = Φ) και τον αριθμό σειράς συνέντευξης ανά σχολή φοίτησης. Για παράδειγμα ο κωδικός ΦΦ3 αναφέρεται σε φοιτητή του τμήματος Φυσικής, στην υπ' αριθμό 3 συνέντευξη.

3.4.2 Μέθοδος ανάλυσης αποτελεσμάτων

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε λαμβάνοντας υπό όψη το γεγονός ότι υπάρχουν κάποιες βασικές κατευθυντήριες γραμμές όσον αφορά τα συμπεράσματα για τις αντιλήψεις των φοιτητών από τη διεθνή βιβλιογραφία (βλ. ενότητα 2.1, 2.2) (Ιωσηφίδης, 2008). Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για αυτή την επεξεργασία ήταν η ανάλυση περιεχομένου. Η ανάλυση του περιεχομένου στην παρούσα έρευνα επιχειρεί να εστιάσει στις ιδέες και στα νοήματα που εκφράζουν τα άτομα με τις απαντήσεις τους. Συγκεκριμένα η μέθοδος που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει τρεις φάσεις: την αναγνώριση μιας ενότητας ανάλυσης, την απόδοση μονάδων καταχώρησης (MK) στις ενότητες ανάλυσης και την αναγνώριση κατηγορίας των MK (με κωδικοποίηση που αντιστοιχεί σε μια λέξη – κλειδί του νοήματος που αποδίδει ο φοιτητής με την απάντησή του) και η καταμέτρηση των MK και η ομαδοποίηση τους σε κατηγορίες. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αποσαφηνισθεί ότι, από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας, ήταν γενικότερα γνωστό ότι θα χρησιμοποιούνταν συγκεκριμένες λέξεις κλειδιά, όπως οι λέξεις 'ομοίωμα', 'αντικείμενο', 'μέθοδος' κ.ά, με αποτέλεσμα να υπάρχει ένας σχετικός προσανατολισμός γύρω από αυτές τις λέξεις – κλειδιά. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων

⁵⁶ Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι στο δείγμα συμμετείχε και μία πτυχιούχος φιλόλογος η οποία, μετά από κατατακτήριες εξετάσεις, φοιτά στο τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Ο λόγος για τη διατύπωση αυτή είναι ότι, όπως φάνηκε από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων (βλ. κεφάλαιο 4) η συγκεκριμένη φοιτήτρια (ΦΔ5) έδινε πιο εκτενείς και τεκμηριωμένες απαντήσεις, με σαφή νοήματα. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στην παρακολούθηση της προηγούμενης σχολής φοίτησης και στην ωριμότητα που ανέπτυξε.

έγινε, δηλαδή, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ήδη υπάρχουσες αναφορές στις αντιλήψεις των φοιτητών, από έρευνες, όπως αυτή των Grosslight et al. (1991), Gilbert (1991), Treagust et al. (2002), κ.ά. (βλ. ενότητα 2.2). Πιο αναλυτικά:

Η ενότητα ανάλυσης

Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων κρίθηκε απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί ως ενότητα ανάλυσης των απαντήσεων μία φράση με αυτοτελές εννοιολογικό περιεχόμενο, δηλαδή οποιοδήποτε φραστικό σύνολο με ολοκληρωμένο νόημα (Ιωσηφίδης, 2008, Patton, 2002). Οι ενότητες ανάλυσης στην παρούσα έρευνα έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Είναι ενιαία φραστικά σύνολα με νόημα.
- Μπορούν να περιέχουν παραπάνω από μία προτάσεις, οι οποίες συνδέονται εννοιολογικά ή αλληλοσυμπληρώνονται νοηματικά. Όταν περιλαμβάνουν παραπάνω από μία μονάδα καταχώρησης λαμβάνουν την αντίστοιχη αριθμηση.
- Περιέχουν λέξεις – κλειδιά για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το νόημα που αποδίδει ο φοιτητής, οι οποίες παρατίθενται στην ανάλυση των κατηγοριών των απαντήσεων παρακάτω.
- Δεν αφορούν φράσεις στις οποίες ο φοιτητής εκφράζεται προσπαθώντας να σκεφτεί την απάντησή του ή απαντάει μονολεκτικά σε ερώτηση της ερευνήτριας.

Η μονάδα καταχώρησης

Κάθε ενότητα ανάλυσης μπορεί περιλαμβάνει μία ή περισσότερες μονάδες καταχώρησης (MK). Σύμφωνα με το μοντέλο της θεμελιωμένης θεωρίας, η κωδικοποίηση των MK έγινε με βάση μία ανοιχτή κωδικοποίηση (Ιωσηφίδης, 2008, Cohen et al., 2007, Mertens, 2005), λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο του νοήματος της απάντησης του φοιτητή και αποδίδοντας ως κωδικούς των MK τις αντίστοιχες λέξεις – κλειδιά των νοημάτων της απάντησης των φοιτητών. Κατ' επέκταση, μία ενότητα ανάλυσης είναι η φράση: *“Είναι ας πούμε ένα αντικείμενο, αν μπορώ να το χαρακτηρίσω έτσι, το οποίο δείχνει σε μικρογραφία ένα φυσικό φαινόμενο”*, η οποία περιλαμβάνει δύο MK και κωδικοποιείται αναλόγως ως: MK –

ANT, διότι η απάντηση περιστρέφεται γύρω από την λέξη – κλειδί: “αντικείμενο” και ως MK – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ, διότι το δεύτερο νόημα που αποδίδεται στην απάντηση αφορά τη λειτουργία των μοντέλων (άξονας 3^{ος}) με τη λέξη – κλειδί “δείχνει”⁵⁷. Οι MK απαριθμούν στην ουσία τα νοήματα που εντοπίζονται στην ενότητα ανάλυσης με σκοπό να ποσοτικοποιηθούν τα αποτελέσματα, να μπορούν να ενταχθούν στις κατηγορίες και να μπορεί να γίνει περαιτέρω σύγκριση. Παρά την ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων η έρευνα είναι ποιοτική και για αυτό το λόγο όλες οι MK ταξινομούνται σε συγκεκριμένες κατηγορίες, ανεξάρτητα της συχνότητας εμφάνισής τους. Οι MK έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Δεν καταμετρούνται εκ νέου όταν ο φοιτητής επαναλαμβάνει την ίδια φράση.
- Όταν αφορούν διαφορετικό άξονα γνώσης για τα μοντέλα, καταμετρώνται στον αντίστοιχο πίνακα που αφορά τον συγκεκριμένο άξονα.
- Δεν αφορούν φράσεις στις οποίες ο φοιτητής εκφράζεται με ασάφειες προσπαθώντας να σκεφτεί την απάντησή του ή απαντάει μονολεκτικά σε ερώτηση της ερευνήτριας.
- Απορρέουν από όλα τα επεισόδια της συνέντευξης και αφορούν στο σύνολο των απαντήσεων των φοιτητών. Δηλαδή, όταν ένας φοιτητής σε επόμενη ερώτηση απαντήσει με τρόπο που να παραπέμπει σε κατηγορία που εξάγεται από προηγούμενη ερώτηση, η αντίστοιχη MK καταμετράται στην αντίστοιχη κατηγορία.

Σύμφωνα με τη θεμελιωμένη θεωρία, η ανάλυση του περιεχομένου των απαντήσεων έλαβε πολλαπλές εφαρμογές ώστε να επανελέγχονται και να διασταυρώνονται συνεχώς τα αναδυόμενα νοήματα και οι MK που αντιπροσωπεύουν (Ιωσηφίδης, 2008, Cohen et al., 2007, 2011, Denscombe, 2007, Flick, 2006, Mertens, 2005, Patton, 2002

Καταμέτρηση MK και ομαδοποίηση σε κατηγορίες



Η φάση της καταγραφής και καταμέτρησης των MK ανέδειξε κατηγορίες MK με κοινό νόημα. Μετρήθηκαν πόσες MK με κοινό νόημα εμφανίζονται συνολικά και

⁵⁷ Η ανάλυση των κατηγοριών γίνεται στο επόμενο κεφάλαιο της εργασίας. Σε κάθε κατηγορία αναλύονται οι λέξεις – κλειδιά που περιλαμβάνονται, καθώς και οι σχετικές απαντήσεις.

απαριθμήθηκαν οι ΜΚ που εμφανίζονται. Αυτές οι κατηγορίες ονομάστηκαν σύμφωνα με τη λέξη – κλειδί που αντιπροσωπεύουν. Ο παρακάτω πίνακας 6 δείχνει τα βήματα της επεξεργασίας των δεδομένων. Στην πρώτη στήλη παρουσιάζεται το σχετικό σχεδιάγραμμα με τα βήματα που ακολουθήθηκαν, ενώ στη δεύτερη στήλη τίθεται ένα παράδειγμα.

Στη συνέχεια της εργασίας παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων. Στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά οι κατηγορίες των απαντήσεων στις οποίες ταξινομήθηκαν οι ΜΚ των απαντήσεων των φοιτητών, για κάθε άξονα ξεχωριστά, καθώς και οι πίνακες και τα διαγράμματα των αποτελεσμάτων της καταμέτρησης ΜΚ.

Πίνακας 6: Βήματα επεξεργασίας δεδομένων:

Βήματα επεξεργασίας δεδομένων:	Παράδειγμα:
<p>1. Αναγνώριση μιας ενότητας ανάλυσης</p> 	<p>Ερευνήτρια: Τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο στις ΦΕ.</p> <p>ΦΝ1: [Κάτι, πώς να το πω.. είτε με την έννοια ότι έχω κάτι, κάποια κατασκευή, είτε κάτι που θέλω να απεικονίσω μέσω ενός σκίτσου, όπως ένα πλοίο.. το μοντέλο του πλοίου μπορεί να είναι είτε μία κατασκευή, είτε ο χάρτης που δείχνει τα δωμάτια κι αυτά.] → Ενότητα ανάλυσης 1</p> <p>Ερευνήτρια: Κάποιο άλλο παράδειγμα;</p> <p>ΦΝ1: Πάνω στα μοντέλα;</p> <p>Ερευνήτρια: Ναι, είπες για παράδειγμα το πλοίο, είτε ένας χάρτης που δείχνει τα δωμάτια, κάποιο άλλο παράδειγμα στις ΦΕ;</p> <p>ΦΝ1: [Το μοντέλο του ατόμου. Με τα πρωτόνια, τα ηλεκτρόνια.. κι άλλα πρότυπα στη φυσική.] → Ενότητα ανάλυσης 2</p> <p style="text-align: center;">Αυτή η απάντηση αποτελείται από δύο ενότητες ανάλυσης</p>
<p>2. Απόδοση μονάδων καταχώρησης (ΜΚ)</p> 	<p>Ενότητα ανάλυσης 1: [ΜΚ1: Κάτι, πώς να το πω.. είτε με την έννοια ότι έχω κάτι, κάποια <u>κατασκευή</u>] → Αντικείμενο, [ΜΚ2,3: είτε κάτι που θέλω να <u>απεικονίσω μέσω ενός σκίτσου</u> όπως ένα πλοίο.. Το μοντέλο του πλοίου μπορεί να είναι είτε μία <u>κατασκευή</u>, είτε ο <u>χάρτης που δείχνει τα δωμάτια κι αυτά</u>.*] → Αναπαράσταση, Περιγραφή</p> <p>Ενότητα ανάλυσης 2: [ΜΚ4: Το μοντέλο του ατόμου. Με τα πρωτόνια, τα ηλεκτρόνια.. κι άλλα <u>πρότυπα στη φυσική</u>.] → Σύστημα</p> <p style="text-align: center;">Σε αυτή την απάντηση αποδίδουμε τις παραπάνω μονάδες καταχώρησης (ΜΚ)</p> <p><small>*Στην τελευταία πρόταση του φοιτητή δεν αποδίδονται εκ νέου ΜΚ διότι είναι επανάληψη του ίδιου νοήματος.</small></p>
<p>3. Καταμέτρηση και ταξινόμηση ΜΚ</p>	<p>Άρα ο φοιτητής (από το σύνολο των μονάδων καταχώρησης που καταμετρώνται στις απαντήσεις του) εμφανίζει:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Για τον 1^ο άξονα (φύση μοντέλων): 1 ΜΚ στην κατηγορία του ‘Αντικεμένου’, 1 ΜΚ στην κατηγορία της ‘Αναπαράστασης’ και 1 ΜΚ στην κατηγορία του ‘Συστήματος’. • Για τον 3^ο άξονα (λειτουργίες μοντέλων): 1 ΜΚ στην κατηγορία της ‘Περιγραφής’.

3.5 Εγκυρότητα και αξιοπιστία της έρευνας

Η ποιοτική έρευνα αξιολογείται ως έγκυρη όταν αντιστοιχίζονται σε μεγάλο βαθμό οι ερευνητικοί στόχοι με τα αποτελέσματα της ερευνητικής διαδικασίας και ως αξιόπιστη όταν τα αποτελέσματα αυτά έχουν ακρίβεια, συνοχή και διαχρονική σταθερότητα (Ιωσηφίδης, 2008, Cohen et al., 2000, 2007, 2011, Denscombe, 2007, Flick 2006, Mertens, 2005, Patton 2002). Όπως περιγράφουν οι Cohen et al., (2007, 2011) υπάρχουν διαφορετικοί τύποι εγκυρότητας και διαφορετικά είδη αξιοπιστίας, ζήτημα το οποίο δεν αναλύεται στα πλαίσια αυτής της εργασίας. Σε αυτήν την ενότητα θα αναλυθούν οι ενέργειες που ακολουθήθηκαν ώστε να διασφαλισθεί η έρευνα ως έγκυρη και όσο το δυνατόν περισσότερο αξιόπιστη.

Για να ενισχυθεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία της έρευνας, υιοθετήθηκαν τρόπους και πρακτικές που αφορούν κυρίως:

α) Την επικύρωση από τους συμμετέχοντες (Ιωσηφίδης, 2008) ή τον *έλεγχο μελών* (Mertens, 2005): Κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, όταν υπήρχε ασάφεια για το νόημα που αποδίδουν οι φοιτητές με τις απαντήσεις τους, η επιβεβαίωση γινόταν με επανάληψη ή θέτοντας περισσότερες βοηθητικές ερωτήσεις ώστε να αντικατοπτρίζεται με ακρίβεια το νόημα που αποδίδουν.

β) Την αρχή της διάψευσης και τη συνεχή σύγκριση: λαμβάνοντας υπ' όψιν τις κατηγορίες που αναδείχθηκαν από τη βιβλιογραφία και τα δεδομένα από το ερευνητικό πεδίο, δεν αποκλείστηκαν απαντήσεις που 'δεν ταίριαζαν' ή δεν εντάσσονταν σε κάποια κατηγορία (Ιωσηφίδης, 2008). Αναδιατυπώθηκαν οι ερμηνείες με στόχο την καλύτερη αντιστοίχησή τους με το εμπειρικό υλικό ενώ με συνεχή σύγκριση των δεδομένων (Cohen et al., 2000, 2007).

γ) Την περιεκτική επεξεργασία των δεδομένων και την ανάλυση εξαιρετικών περιπτώσεων: Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των δεδομένων συμπεριλήφθηκε το σύνολο των ποιοτικών δεδομένων (Flick, 2006, Patton 2002). Επιπλέον, μελετήθηκαν διεξοδικά οι απαντήσεις καθενός ατόμου, δηλαδή αναλύθηκαν, θεωρώντας πως είναι μια εξαιρετική περίπτωση (case study) (Ιωσηφίδης, 2008).

δ) Τον έλεγχο από άλλους ερευνητές: Ο έλεγχος από άλλους ερευνητές ή η *ανατροφοδότηση από συναδέλφους* (Mertens, 2005) αφορά τον έλεγχο των μεθόδων συλλογής των δεδομένων καθώς και την ορθή ανάλυση και επεξεργασία τους. Η επεξεργασία των δεδομένων ελεγχόταν

σε κάθε βήμα από δεύτερη ερευνήτρια. Στόχος ήταν ο έλεγχος των μεθόδων συλλογής των δεδομένων αλλά και η ορθή ανάλυση και επεξεργασία τους (Ιωσηφίδης, 2008, Patton, 2002).

Όσον αφορά τα ηθικά και δεοντολογικά ζητήματα της έρευνας τηρήθηκε η αρχή της εμπιστευτικότητας και ανωνυμίας των συμμετεχόντων καθώς και στην απόλυτη συναίνεσή τους για την διεξαγωγή της έρευνας.

Κεφάλαιο 4

Σε αυτό το κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

4.1.1 Κατηγορίες των αντιλήψεων των φοιτητών για τη φύση των μοντέλων

Άξονας 1^{ος}: Ερώτηση «Τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο;»

Όσον αφορά τον 1^ο άξονα σχετικά με τις αντιλήψεις των φοιτητών για τη φύση των μοντέλων, προέκυψαν οι ακόλουθες 4 κατηγορίες:

Κατηγορία του αντικειμένου (ANT)

Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται οι ΜΚ των απαντήσεων των φοιτητών που ορίζουν το μοντέλο ως αντικείμενο ή ομοίωμα, δηλαδή μια χειροπιαστή κατασκευή. Κριτήριο για την ταξινόμηση των ΜΚ σε αυτή την κατηγορία στάθηκε η αναφορά στις λέξεις – κλειδιά «αντικείμενο», «ομοίωμα», «απτό», «κατασκευή» ή η περιγραφή ενός αντικειμένου, όπως το σκαρί ενός πλοίου ή ένα τρένο.

Κατηγορία της αναπαράστασης (ΑΝΑΠ)

Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται οι ΜΚ των απαντήσεων των φοιτητών που περιέχουν τις λέξεις - κλειδιά: «αναπαράσταση», «τύπος», «απεικόνιση», «σκίτσο», «εικόνα», καθώς και η αναφορά ή περιγραφή οποιουδήποτε λεκτικού κανόνα ή μαθηματικού τύπου. Οι παραπάνω όροι ομαδοποιήθηκαν και ταξινομήθηκαν σε αυτή την κατηγορία διότι, με βάση τη βιβλιογραφία, ως “μοντέλο” ορίζεται οποιαδήποτε αναπαράσταση που αφορά έννοια, σύστημα ή φαινόμενο των ΦΕ (βλ. ενότητα 1.2). Επομένως, η όποια αναφορά σε αυτούς τους όρους αναδεικνύει διαφορετικό είδος ΜΚ σε σύγκριση με την προηγούμενη κατηγορία, αυτή του αντικειμένου. Επιπλέον σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται απαντήσεις οι οποίες αφορούν και νοητικές αναπαραστάσεις, δηλαδή αναφέρονται σε νοητικά μοντέλα. Ένα

παράδειγμα είναι η απάντηση της ΦΝ5 η οποία αναφέρεται “στην ιδέα που έχουμε στο μυαλό μας για ένα πράγμα”.

Κατηγορία του συστήματος (ΣΤΜ)

Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται οι ΜΚ που αφορούν τις λέξεις – κλειδιά: «σύστημα», «πρότυπο», δηλαδή οι μονάδες που αφορούν την περιγραφή ενός μοντέλου ως ένα σύστημα σωμάτων, το οποίο διέπεται από νόμους, συγκεκριμένους κανόνες και σχέσεις αλληλεπίδρασης. Ένα παράδειγμα τέτοιας μονάδας καταχώρησης είναι η αναφορά σε πρότυπα, όπως είναι το άτομο του Bohr. Οι ΜΚ που αναδείκνυαν το μοντέλο ως σύστημα αντικειμένων καταμετρήθηκαν σε αυτή την κατηγορία, διότι ήταν σαφές από το σύνολο της απάντησης, ότι η φράση ‘σύστημα αντικειμένων’ ακολουθούταν από τις αλληλεπιδράσεις των αντικειμένων. Έτσι η αναφορά σε μία πειραματική διάταξη ή σε ένα πρότυπο ορίζεται ως μονάδα καταχώρησης στην κατηγορία του συστήματος, όπως οι απαντήσεις “*Το μοντέλο του ατόμου. Με τα πρωτόνια, τα ηλεκτρόνια.. κι άλλα πρότυπα στη φυσική*” ή “*Σύστημα εννοώ ένα σύνολο αλληλεπιδρώντων στοιχείων ή αντικειμένων... Δηλαδή για παράδειγμα, εάν επιλέγαμε ένα σύστημα, δύο μπάλες να χτυπάνε μεταξύ τους...*”.

Κατηγορία της διδακτικής μεθόδου (ΔΜΘ)

Σε αυτή την κατηγορία περιέχονται οι απαντήσεις των φοιτητών, σύμφωνα με τις οποίες το μοντέλο έχει το νόημα της μεθόδου διδασκαλίας. Οι φοιτητές, δηλαδή, αναφέρονται στον τρόπο με τον οποίο θα διδάξουν, στη μέθοδο διδασκαλίας, στο πλάνο που ακολουθεί ο δάσκαλος, στις παιδαγωγικές θεωρίες, στις διδακτικές πρακτικές, στις τεχνικές διδασκαλίας κ.ά. Κατά συνέπεια οι απαντήσεις “*Μπορεί να εννοείς ένα διδακτικό μοντέλο, το μοντέλο της Μοντεσσοριανής αγωγής*” ή “*Μοντέλο πιστεύω πως είναι η μέθοδος που ακολουθεί ο δάσκαλος, κάτι τέτοιο... ο τρόπος δηλαδή που θα απευθύνεται στους μαθητές*” ταξινομούνται ως ΜΚ στην κατηγορία της διδακτικής μεθόδου.

4.1.2 Αποτελέσματα για τη φύση των μοντέλων

Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται τα υποκείμενα του δείγματος με τους κωδικούς τους. Συγκεκριμένα, οι φοιτητές του τμήματος Δημοτικής συμβολίζονται με ΦΔ, οι φοιτητές του τμήματος Νηπιαγωγών με ΦΝ και οι φοιτητές του τμήματος Φυσικής με ΦΦ. Στην πρώτη στήλη του πίνακα παρουσιάζονται οι 4 κατηγορίες: κατηγορία του αντικειμένου (ΑΝΤ), της αναπαράστασης (ΑΝΑΠ), του συστήματος (ΣΤΜ) και της διδακτικής μεθόδου (ΔΜΘ). Επιπλέον στον πίνακα 7 αθροίζονται οι ΜΚ ανά τμήμα φοίτησης καθώς και ανά κατηγορία (6^η στήλη: ανά ομάδα φοιτητών). Η συγκεκριμένη ανάλυση αποσκοπεί στη μελέτη των ομοιοτήτων και διαφορών, όσον αφορά τις κατηγορίες των αντιλήψεων, των τριών ομάδων φοιτητών.

Από την καταμέτρηση των ΜΚ που ταξινομούνται στον πίνακα 7 και απεικονίζονται στο διάγραμμα 5, υπάρχουν συνολικά 57 ΜΚ. Οι περισσότερες εντοπίζονται στην κατηγορία του «αντικειμένου» (22 ΜΚ, 38,6%) ακολουθούν οι κατηγορίες της «αναπαράστασης» (16 ΜΚ, 28,1%) και της «διδακτικής μεθόδου» (11ΜΚ, 19,3%), ενώ τις λιγότερες ΜΚ παρουσιάζει η κατηγορία του «συστήματος» (8 ΜΚ, 14%). Η συχνότητα εμφάνισης της κάθε κατηγορίας δεν αποτελεί το μοναδικό δείκτη για να εξαχθούν συμπεράσματα ως προς το ποια κατηγορία κυριαρχεί στις αντιλήψεις των φοιτητών. Αυτό σημαίνει ότι επικρατούσα κατηγορία δε θεωρείται αυτή στην οποία ταξινομούνται οι περισσότερες μονάδες καταχώρησης, αλλά αυτή στην οποία ταξινομούνται οι περισσότεροι φοιτητές, κατόπιν καταμέτρησης τους. Η ταξινόμηση των φοιτητών σε κάθε κατηγορία παρουσιάζεται στο διάγραμμα 6. Παρατίθενται αντιπροσωπευτικές απαντήσεις για κάθε κατηγορία.

Κατηγορία ΑΝΤ:

ΦΔ1: *“Είναι ας πούμε ένα αντικείμενο, αν μπορώ να το χαρακτηρίσω έτσι, το οποίο δείχνει σε μικρογραφία ένα φυσικό φαινόμενο.”*

ΦΔ2: *“Με την λέξη μοντέλο... κάτι σε τρισδιάστατο αντικείμενο...”*

ΦΝ4: *“μοντέλο.. ένα ομοίωμα, πώς να το πω, ομοίωμα από κάτι, από οτιδήποτε”*

Κατηγορία ΑΝΑΠ

ΦΝ5: *“Μου έρχεται στο μυαλό κάτι σαν περίγραμμα και γενικά την ιδέα που έχουμε στο μυαλό μας για ένα πράγμα.”*

Κατηγορία: ΣΤΜ

ΦΔ4: *“Σύστημα εννοώ ένα σύνολο αλληλεπιδρώντων στοιχείων ή αντικειμένων... Δηλαδή για παράδειγμα, εάν επιλέγαμε ένα σύστημα, δύο μπάλες να χτυπάνε μεταξύ τους, κι αναλόγως το πως θέσαμε... πως θα ήταν το σύστημα, αν υπάρχει τριβή, πως θα είναι το δάπεδο, αναλόγως, ή παίρναμε μόνο τις συγκρούσεις μεταξύ τους.”*

ΦΦ5: *“Ένα πρότυπο σύστημα, στο οποίο μελετάς φυσικά φαινόμενα.”*

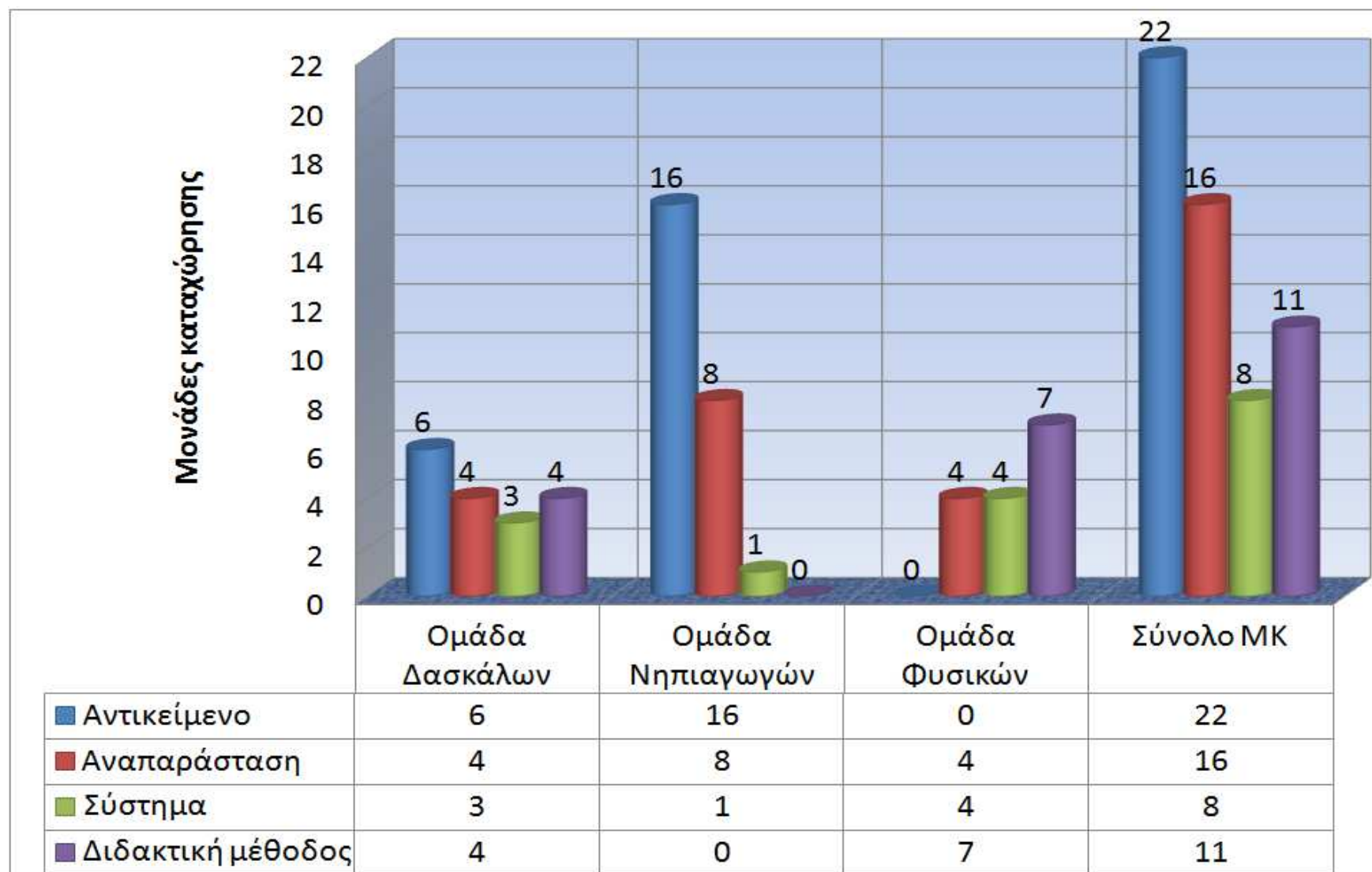
Κατηγορία: ΔΜΘ

ΦΔ3: *“Μοντέλο πιστεύω πως είναι η μέθοδος που ακολουθεί ο δάσκαλος, κάτι τέτοιο.. ο τρόπος δηλαδή που θα απευθύνεται στους μαθητές, με πειράματα.. κάπως έτσι.”*

ΦΦ2: *“Μοντέλο στην πράξη είναι να ρωτάμε τους μαθητές τη γνώμη τους και να γίνεται το μάθημα έτσι περισσότερο. Ένα άλλο μοντέλο είναι να λέει ο καθηγητής τη θεωρία και ό,τι καταλάβουν οι μαθητές.”*

Πίνακας 7: Μονάδες καταχώρησης 1^{ου} άξονα (φύση των μοντέλων)

Άξονας 1 ^{ος}	Τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο στις ΦΕ;																			
Ομάδες	Ομάδα δασκάλων						Ομάδα νηπιαγωγών						Ομάδα φυσικών							
Κατηγορίες	ΦΔ1	ΦΔ2	ΦΔ3	ΦΔ4	ΦΔ5	Σ	ΦΝ1	ΦΝ2	ΦΝ3	ΦΝ4	ΦΝ5	Σ	ΦΦ1	ΦΦ2	ΦΦ3	ΦΦ4	ΦΦ5	Σ	Σύνολο	
Αντικείμενο	2	3			1	6	1	6	5	4		16							-	22
Αναπαράσταση					4	4	1	2	2		3	8	2		1	1			4	16
Σύστημα				3		3	1					1	1		1	1	1		4	8
Διδακτική μέθοδος			3		1	4						-	2	3	1	1			7	11
Σύνολο ΜΚ ανά ομάδα φοιτητών						17						25							15	57



Διάγραμμα 5: Αποτελέσματα ταξινόμησης MK για τη φύση των μοντέλων.

Η κατηγορία του «αντικειμένου» έχει την υψηλότερη συχνότητα στην ομάδα των νηπιαγωγών (16ΜΚ, 72,7% επί του συνόλου των ΜΚ της κατηγορίας) ενώ δεν εμφανίζεται καθόλου στην ομάδα των φυσικών. Οι κατηγορίες της ‘αναπαράστασης’ και του «συστήματος» συναντώνται από μια μόνο φορά στις ομάδες των δασκάλων (ΦΔ5-ΑΝΑΠ και ΦΔ4-ΣΤΜ) και των νηπιαγωγών (ΦΝ1-ΣΤΜ). Ενδιαφέρον εύρημα θεωρείται η παρουσία της κατηγορίας της ‘διδασκτικής μεθόδου’ στην ομάδα των φυσικών (σε 4 από τα 5 άτομα), ενώ αντίθετα στην ομάδα των δασκάλων είναι περιορισμένη (σε 2 από τα 5 άτομα). Τέλος, η συγκεκριμένη κατηγορία δεν παρουσιάζεται στην ομάδα των νηπιαγωγών.

Από το σύνολο των 15 ατόμων του δείγματος, διαφαίνεται ότι οι ΜΚ 8 ατόμων ανήκουν μόνο σε μια κατηγορία (ΦΔ1, ΦΔ2, ΦΔ3, ΦΔ4, ΦΝ4, ΦΝ5, ΦΦ2, ΦΦ5), δηλαδή φαίνεται ότι οι φοιτητές έχουν μια μονοδιάστατη θεώρηση για τη φύση των μοντέλων (διάγραμμα 5). Για παράδειγμα, η ΦΔ1 αντιλαμβάνεται ότι τα μοντέλα είναι αντικείμενα, η ΦΝ5 ότι είναι αναπαραστάσεις και ο ΦΦ2 ότι σχετίζονται με τη διδακτική μέθοδο:

ΦΔ1: *“Είναι ας πούμε ένα αντικείμενο, αν μπορώ να το χαρακτηρίσω έτσι, το οποίο δείχνει σε μικρογραφία ένα φυσικό φαινόμενο”*

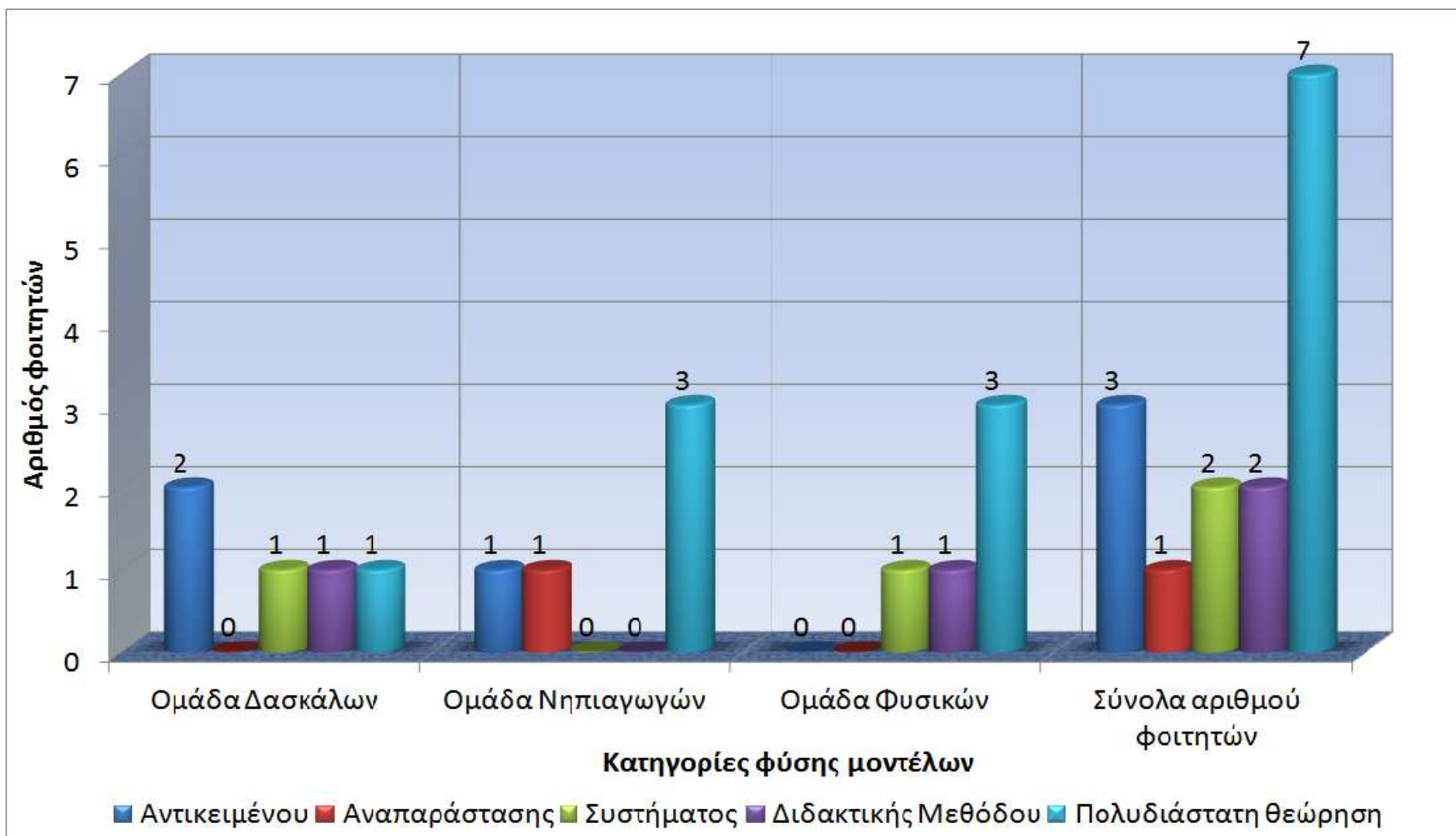
ΦΔ3: *“Μοντέλο πιστεύω πως είναι η μέθοδος που ακολουθεί ο δάσκαλος, κάτι τέτοιο.. ο τρόπος δηλαδή που θα απευθύνεται στους μαθητές, με πειράματα.. κάπως έτσι.”*

Τα υπόλοιπα 7 άτομα του δείγματος δίνουν απαντήσεις στις οποίες αναγνωρίζονται παραπάνω από μια κατηγορία ΜΚ (ΦΔ5, ΦΝ1, ΦΝ2, ΦΝ3, ΦΦ1, ΦΦ3, ΦΦ4). Φαίνεται, δηλαδή, ότι έχουν μια πολυδιάστατη θεώρηση για τη φύση των μοντέλων. Για παράδειγμα, η ΦΔ5 αντιλαμβάνεται ότι ένα μοντέλο μπορεί να είναι αναπαράσταση, αντικείμενο και διδακτική μέθοδος:

ΦΔ5: *“Αναπαράσταση μου έρχεται στο μυαλό. Το να ψάξω να βρω τον πιο αντιπροσωπευτικό, χωρίς αυτό να σημαίνει ‘σωστό’, τύπο που μπορεί να εξηγήει ένα φαινόμενο.” / “Θέλουμε να διδάξουμε την πλεύση – βύθιση και δείχνουμε στα παιδιά το σκαρί του πλοίου, αυτό είναι ένα μοντέλο” / “υπάρχει στη διδακτική το μοντέλο του εποικοδομητισμού”.*

Δεν υπάρχει άτομο που να εκφράζει και τις 4 κατηγορίες αντιλήψεων. Ωστόσο διακρίνονται 5 περιπτώσεις όπου η πολυδιάστατη θεώρηση για τη φύση των μοντέλων εκτείνεται σε 3 κατηγορίες (ΦΔ5, ΦΝ1, ΦΦ1, ΦΦ3, ΦΦ4). Από αυτούς ξεχωρίζουν 2 περιπτώσεις στις οποίες

ο αριθμός των ΜΚ είναι σχετικά μεγαλύτερος από τους υπόλοιπους (ΦΔ5-6ΜΚ και ΦΦ1-5ΜΚ), δηλαδή δίνουν περισσότερα παραδείγματα και αναφορές σε σχέση με τους υπόλοιπους.



Διάγραμμα 6: Αποτελέσματα ταξινόμησης αριθμού φοιτητών ανά κατηγορία

4.1.3 Συμπεράσματα σχετικά με τις αντιλήψεις για τη φύση των μοντέλων

Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.1.2 οδηγούν στα εξής συμπεράσματα:

1. Αναγνωρίστηκαν 4 κατηγορίες αντιλήψεων για τη φύση των μοντέλων. Ακόμη διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν άτομα που παρουσιάζουν μόνο μια κατηγορία στις απαντήσεις τους (μονοδιάστατη θεώρηση) και άτομα που οι απαντήσεις τους περιλαμβάνουν πάνω από μια κατηγορία (πολυδιάστατη θεώρηση).
2. Η ομάδα των δασκάλων φαίνεται να εμφανίζει ομοιόμορφα ταξινομημένες ΜΚ σε όλες τις κατηγορίες (διάγραμμα 5 ή πίνακας 6). Αυτό συμβαίνει διότι το πρόγραμμα σπουδών τους περιλαμβάνει μαθήματα στα οποία προσεγγίζονται όλες αυτές οι όψεις των μοντέλων (αντικείμενα, αναπαραστάσεις, συστήματα και μεθόδους διδασκαλίας). Η ομάδα των δασκάλων περιλαμβάνει 4 άτομα τα οποία έχουν μονοδιάστατη θεώρηση για τα μοντέλα και μόνο μία φοιτήτρια έχει πολυδιάστατη θεώρηση. Δίνουν συγκεκριμένες απαντήσεις και είναι απόλυτοι πάνω σε αυτές. Δεν δείχνουν να δίνουν πολλές ερμηνείες για τη λέξη μοντέλο. Ακόμη, παρατηρείται ότι στην ομάδα αυτή μόνο δύο φοιτήτριες δίνουν απαντήσεις σχετικές με την κατηγορία της διδακτικής μεθόδου. Αυτό το εύρημα ήταν μη αναμενόμενο διότι στο πρόγραμμα σπουδών του τμήματος που φοιτούν περιλαμβάνει θεματικές σχετικές με τα διδακτικά μοντέλα/διδακτικές μεθόδους. Ιδιαίτερη περίπτωση θεωρείται ότι είναι ο ΦΔ4, του οποίου οι αναφορές ανήκουν στην κατηγορία του συστήματος, δηλαδή σε μια κατηγορία σύνθετη ως προς τη θεώρηση της φύσης των μοντέλων (το μοντέλο είναι σύστημα αλληλεπιδρώντων σωμάτων, ένα σύστημα μελέτης ενός φαινομένου κ.λπ.). Αυτό θεωρείται πως οφείλεται στην τεχνολογική κατεύθυνση που παρακολούθησε κατά τις σπουδές του στο λύκειο. Είναι, λοιπόν, ιδιαίτερη περίπτωση διότι εμφανίζει μονοδιάστατη αντίληψη για τη φύση των μοντέλων και εξάγεται το συμπέρασμα ότι έχει επαρκείς γνώσεις στο αντικείμενο των ΦΕ.
3. Το γεγονός ότι η κατηγορία του αντικειμένου παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό στις απαντήσεις των φοιτητών της ομάδας των νηπιαγωγών, ερμηνεύεται ως αποτέλεσμα του προγράμματος σπουδών που παρακολουθούν, το οποίο αφορά θεμελιώδεις έννοιες ΦΕ σε συγκεκριμένο βάθος ανάλυσης και κατανόησης. Αυτό είναι ευνόητο εφόσον θα κληθούν να διδάξουν έννοιες ΦΕ σε πολύ μικρές ηλικίες, όπου τα μοντέλα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν απλά και απτά. Αυτό που προκάλεσε έκπληξη, και σε αυτή την ομάδα, ήταν η ανυπαρξία αναφορών που εντάσσονται στην κατηγορία της διδακτικής μεθόδου. Ιδιαίτερη

περίπτωση φαίνεται να είναι η ΦN5 η οποία εκφράζει την αντίληψη πως τα μοντέλα είναι αναπαραστάσεις. Από την συνέχεια της συζήτησης με την συγκεκριμένη φοιτήτρια, γίνεται σαφές πως εννοεί νοητές αναπαραστάσεις. Χαρακτηρίζεται ιδιαίτερη περίπτωση διότι μόνο αυτή εκφράζει την αντίληψη περί νοητικών μοντέλων, αντίληψη στην οποία είναι συνεπής καθ' όλη τη διάρκεια της συνέντευξης.

4. Η ομάδα των φυσικών εμφανίζει τις μισές περίπου MK στην κατηγορία της διδακτικής μεθόδου. Αυτό συμπεραίνουμε ότι συνέβη επειδή τα άτομα αυτής της ομάδας έχουν ήδη εκφράσει την προτίμησή τους στην εκπαίδευση ως μελλοντική απασχόληση, καθώς έχουν επιλέξει τα αντίστοιχα μαθήματα διδακτικής κατά την φοίτησή τους. Επομένως το αντικείμενο των μαθημάτων που παρακολούθησαν δημιούργησε αυτές τις αντιλήψεις διευρύνοντας τις γνώσεις των φοιτητών. Επιπλέον δεν υπάρχει καμία αναφορά στα μοντέλα ως αντικείμενα. Αυτό συμβαίνει επειδή οι φοιτητές ανήκουν σε επιστημονικό κλάδο που αφορά τη μελέτη σύνθετων επιστημονικών θεωριών, με αποτέλεσμα να πρέπει να κατανοήσουν αφηρημένες έννοιες και πολύπλοκα συστήματα, τα οποία δεν αναπαρίστανται απτά.
5. Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι οι αντιλήψεις των φοιτητών για τη φύση των μοντέλων φαίνεται να έχει σχέση με το αντικείμενο των σπουδών τους. Ωστόσο περαιτέρω έρευνα φαίνεται ότι χρειάζεται να γίνει για να επιβεβαιωθεί σε ποιο βαθμό εκτείνεται αυτή η συσχέτιση.

4.2.1. Κατηγορίες των αντιλήψεων των φοιτητών για τα χαρακτηριστικά των μοντέλων

Άξονας 2^{ος}: Ερώτηση: «Τι χαρακτηριστικά έχουν τα μοντέλα;»

Όσον αφορά τον 2^ο άξονα που αφορά τα χαρακτηριστικά των μοντέλων, η επεξεργασία των δεδομένων ανέδειξε τις εξής λέξεις – κλειδιά: εποπτικό, απλό, σαφές, οικείο, κοινά αποδεκτό, επιστημονικά έγκυρο, ρεαλιστικό, γενικεύσιμο, κ.ά. Επειδή η εξέταση συγκεκριμενοποιείται στο κατά πόσο τα χαρακτηριστικά που αποδίδουν οι φοιτητές σε ένα μοντέλο αποδίδονται σε μία διδακτική θεώρηση για τα μοντέλα ή σε μια θεώρηση προσανατολισμένη στην ‘επιστημονική’ εγκυρότητα των μοντέλων, ομαδοποιήθηκαν αυτές τις λέξεις – κλειδιά σε δύο κατηγορίες: των ‘διδασκτικών χαρακτηριστικών’ και των ‘επιστημονικών χαρακτηριστικών’:

Κατηγορία των διδασκτικών χαρακτηριστικών (ΔΙΑΧ)

Σε αυτή την κατηγορία ταξινομήθηκαν οι ΜΚ καταχώρησης των απαντήσεων των φοιτητών οι οποίοι αποδίδουν διδασκτικά χαρακτηριστικά στα μοντέλα, με κύριο σκοπό τους την κατανόηση. Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται απαντήσεις με τις οποίες ο φοιτητής αποδίδει χαρακτηριστικά όπως ‘απλό’, ‘ευκολονόητο’, ‘οικείο’, ‘εποπτικό’ κ.ά., απαντήσεις δηλαδή που αναδεικνύουν μια διδακτική θεώρηση που έχουν οι φοιτητές.

Κατηγορία των επιστημονικών χαρακτηριστικών (ΕΠΧ)

Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται οι ΜΚ που αποδίδονται σε απαντήσεις που αφορούν μια ‘επιστημονική’ θεώρηση που φαίνεται να έχουν οι φοιτητές για τα μοντέλα. Απαντήσεις όπως “να είναι επιστημονικά έγκυρο”, “να είναι κοινά αποδεκτό”, “να μπορεί να γενικεύεται και σε άλλου είδους καταστάσεις” ή “να είναι τεκμηριωμένο” εντάσσονται ως ΜΚ σε αυτή την κατηγορία. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να επισημανθεί κατά την απόδοση νόημα στις απαντήσεις των φοιτητών δημιουργήθηκε έντονος προβληματισμός ως προς τις λέξεις που χρησιμοποιούν και το τι νόημα αποδίδουν οι ίδιοι οι φοιτητές σε αυτές τις λέξεις. Κατά συνέπεια, υπάρχει διαφορά στην απλότητα ενός μοντέλου για διδασκτικούς λόγους εύκολης κατανόησης με την απλότητα και σαφήνεια που πρέπει να έχει ένα επιστημονικό μοντέλο λόγω κομψότητας και οικονομίας. Επομένως, θεωρήθηκε αδύνατο να κριθεί σε ποια κατηγορία ταξινομείται η αντίστοιχη ΜΚ αποκλειστικά από την αναφορά μιας λέξης. Η ομαδοποίηση και

ταξινόμηση των ΜΚ σε αυτές τις κατηγορίες έγινε με βάση το σύνολο της απάντησης του φοιτητή, και με κριτήριο το νόημα που αποδίδει ο φοιτητής, σύμφωνα με τα παραδείγματα που δίνει.

4.2.2. Αποτελέσματα για τα χαρακτηριστικά των μοντέλων

Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται τα υποκείμενα του δείγματος με τους κωδικούς τους και παρουσιάζονται ως στήλες οι κατηγορίες των χαρακτηριστικών που αποδίδουν οι φοιτητές στα μοντέλα: διδακτικά χαρακτηριστικά (ΔΙΔΧ) και επιστημονικά χαρακτηριστικά (ΕΠΧ). Στην καταμέτρηση των ΜΚ, που ταξινομούνται στον πίνακα 8 και απεικονίζονται στο διάγραμμα 7, υπάρχουν συνολικά 37 ΜΚ. Οι περισσότερες (22 ΜΚ, 59,5%) ταξινομούνται στην κατηγορία των ‘διδασκτικών χαρακτηριστικών’, ενώ οι υπόλοιπες ανήκουν στην κατηγορία των επιστημονικών χαρακτηριστικών (15ΜΚ, 40,5%).

Παρατίθενται ενδεικτικές απαντήσεις για κάθε κατηγορία:

Κατηγορία ΔΙΔΧ:

ΦΔ3: *“Θα πρέπει να είναι κατανοητό στους μαθητές, να μην είναι περίπλοκο.”*

ΦΝ2: *“Να είναι στην καθημερινότητά μας, για να μπορούμε να το καταλαβαίνουμε ευκολότερα.”*

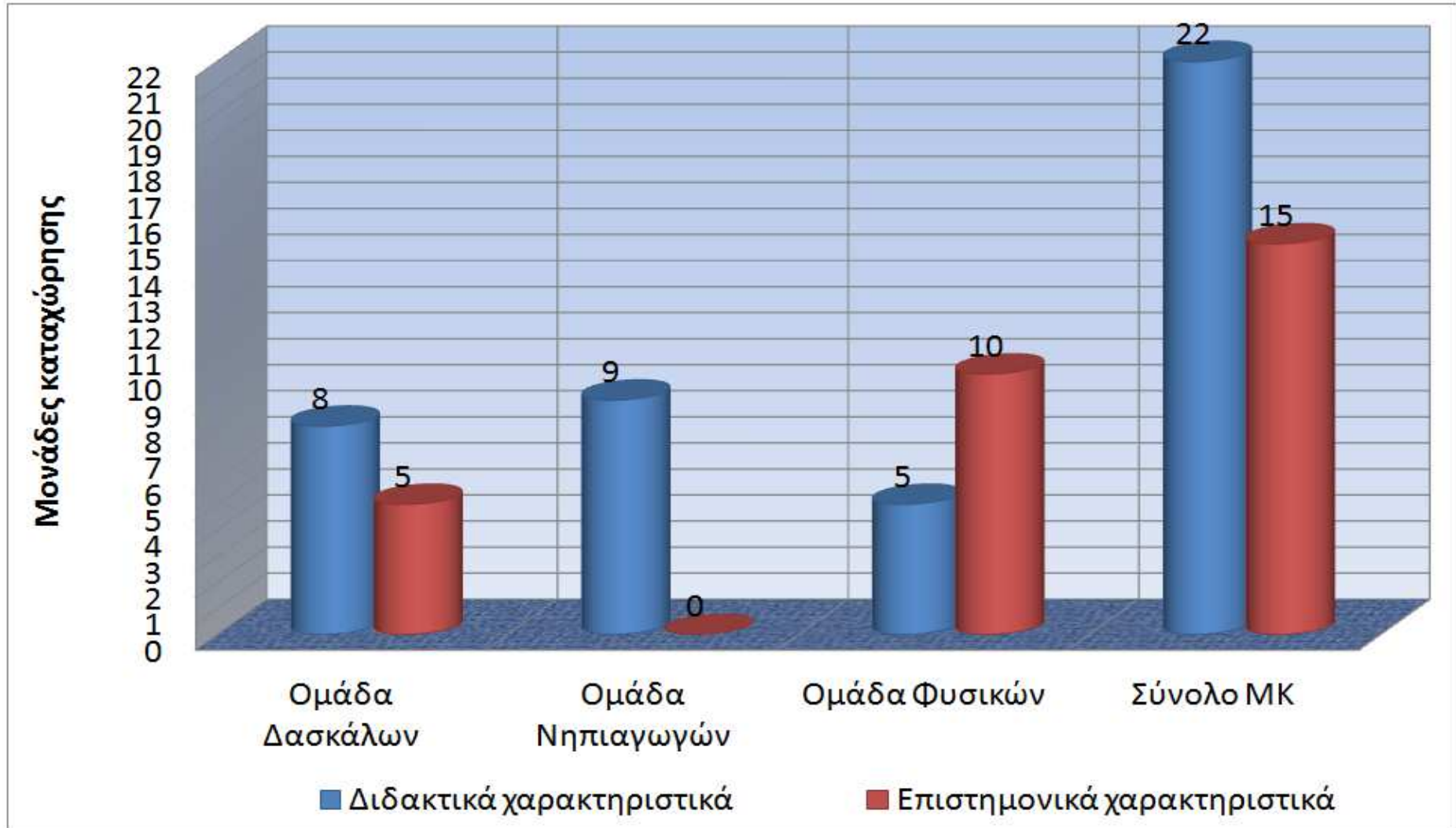
Κατηγορία ΕΠΧ:

ΦΔ5: *“Πρέπει να έχει το επιστημονικό υπόβαθρο. Αλλιώς είναι αυθαίρετες και υποκειμενικές κατασκευές. Τουλάχιστον για την γνώση της φυσικής δεν θα πω ότι είναι αντικειμενική και δεν ανατρέπεται, φυσικά και μπορεί να ανατραπεί γιατί αλλιώς δεν εξελίσσεται η επιστήμη, αλλά θα πρέπει να γενικεύεται σε καταστάσεις..”*

ΦΦ4: *“να βασίζεται σε αρχές και ιδέες της φυσικής..”*

Πίνακας 8: Μονάδες ταξινόμησης 2^ο άξονας: Τα χαρακτηριστικά των μοντέλων.

Άξονας 2 ^ο	Τι χαρακτηριστικά έχει ένα μοντέλο;																			
Ομάδες	Ομάδα δασκάλων						Ομάδα νηπιαγωγών						Ομάδα φυσικών							
Κατηγορίες	ΦΔ1	ΦΔ2	ΦΔ3	ΦΔ4	ΦΔ5	Σ	ΦΝ1	ΦΝ2	ΦΝ3	ΦΝ4	ΦΝ5	Σ	ΦΦ1	ΦΦ2	ΦΦ3	ΦΦ4	ΦΦ5	Σ	Σύνολο	
ΔΙΑΧ	2	2	3	1		8	1	3	1	3	1	9	2		1		2	5	22	
ΕΠΧ	1			1	3	5						0	2	3	1	3	1	10	15	
Σύνολα ΜΚ ανά ομάδα φοιτητών						13						9						15	37	



Διάγραμμα 7: Αποτελέσματα ταξινόμησης MK για τα χαρακτηριστικά των μοντέλων

Η κατηγορία των ‘διδασκτικών χαρακτηριστικών’ έχει την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης επί του συνόλου του δείγματος και συναντάται σε όλες τις ομάδες. Η κατηγορία των ‘επιστημονικών χαρακτηριστικών’ συναντάται στις ομάδες των δασκάλων (5 ΜΚ, 33,3% επί του συνόλου των ΜΚ της ομάδας) και των φυσικών (15 ΜΚ, 66,7% επί του συνόλου ΜΚ της κατηγορίας) ενώ δεν εμφανίζεται καθόλου στην ομάδα των νηπιαγωγών.

Από το σύνολο των 15 ατόμων του δείγματος διαπιστώνεται ότι 10 άτομα εμφανίζουν μονοδιάστατη θεώρηση για τα χαρακτηριστικά των μοντέλων (ΦΔ2, ΦΔ3, ΦΔ5, ΦΝ1, ΦΝ2, ΦΝ3, ΦΝ4, ΦΝ5, ΦΦ2, ΦΦ4) και μάλιστα 7 άτομα από αυτά παρουσιάζουν μόνο την διδακτική θεώρηση. Για παράδειγμα, η ΦΔ3 αναφέρεται αποκλειστικά σε διδακτικά χαρακτηριστικά των μοντέλων, ενώ η ΦΔ5 σε επιστημονικά:

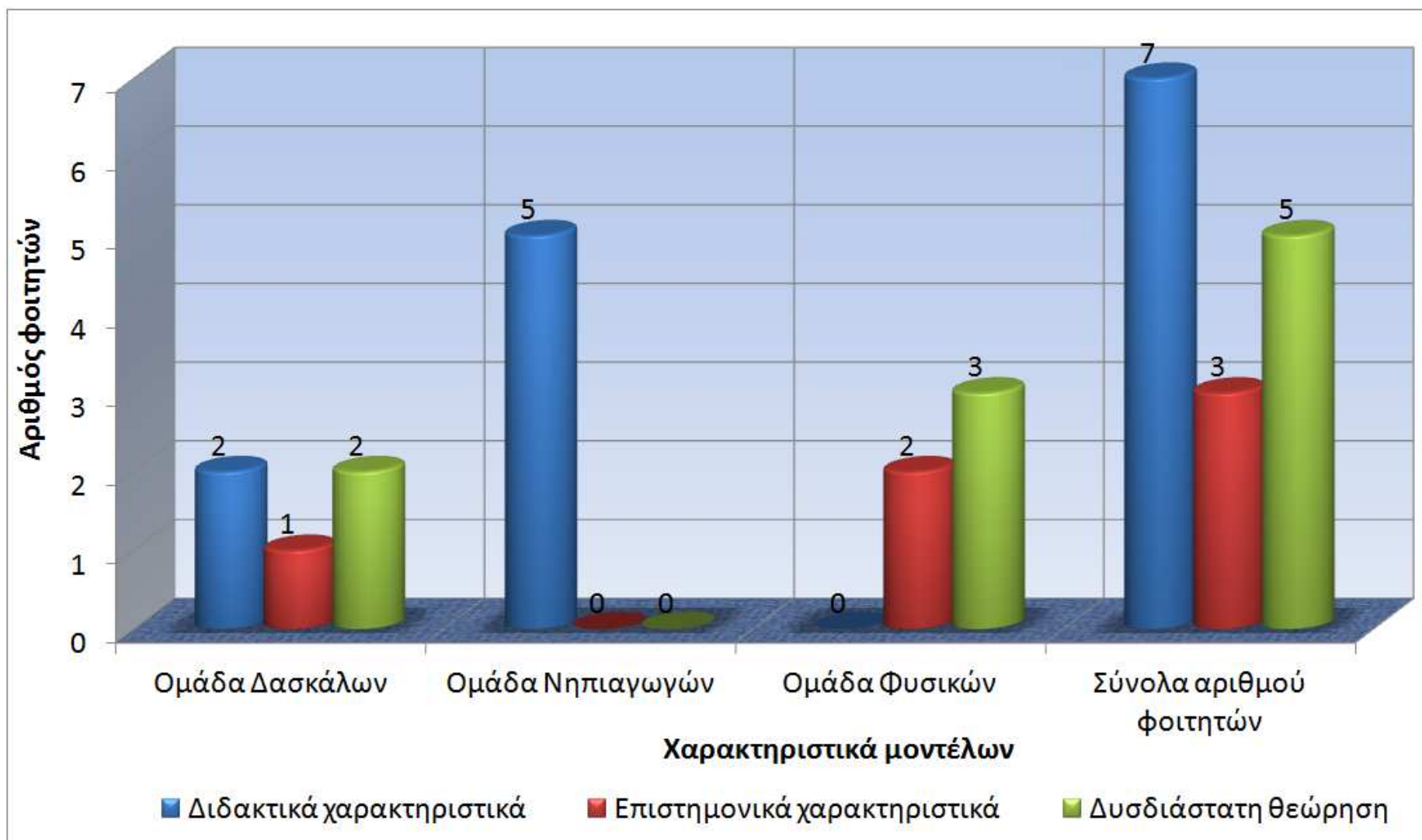
ΦΔ3: *“Θα πρέπει να είναι κατανοητό στους μαθητές, να μην είναι περίπλοκο, να έχει σαφήνεια”.*

ΦΔ5: *“Η επιστημονικότητα, με την έννοια ότι πρέπει να είναι αποδεκτό από τους επιστήμονες. Όταν μιλάμε για ένα μοντέλο φυσικής θα πρέπει οι φυσικοί να έχουν συμφωνήσει ότι το τάδε μοντέλο μας εξυπηρετεί για αυτό το λόγο”*

Τα 5 άτομα δίνουν απαντήσεις οι οποίες εντάσσονται σε δύο κατηγορίες (ΦΔ1, ΦΔ4, ΦΦ1, ΦΦ3, ΦΦ5). Φαίνεται, δηλαδή, ότι έχουν μια δυσδιάστατη θεώρηση για τα χαρακτηριστικά των μοντέλων. Παραθέτουμε ενδεικτική απάντηση του ΦΦ3:

ΦΦ3: *“Εξαρτάται πού θέλεις να το χρησιμοποιήσεις το μοντέλο. Αν έχει παραχθεί από επιστημονική έρευνα, η οποία αναφέρεται σε επίπεδο επιστημόνων, τότε πρέπει να έχει απλά την επιστημονική δεοντολογία, δηλαδή, πιστεύω, ότι η ίδια η επιστήμη έχει πρότυπα για το πώς φτιάχνεις ένα μοντέλο, να φτιάξεις τα αξιώματά σου, τις υποθέσεις σου, τα συμπεράσματά σου, πού δουλεύει και πού όχι.” “Τώρα, αν είναι ένα μοντέλο διδακτικό που απευθύνεται σε μαθητές θα πρέπει να είναι πιο απλοποιημένο, με λιγότερες περίπλοκες έννοιες, γενικά για το επίπεδο του μαθητή. Ένα μοντέλο που απευθύνεται σε παιδιά γυμνασίου δεν μπορεί προφανώς να είναι ίδιο με ένα μοντέλο, που απευθύνεται σε παιδιά λυκείου ή σε φοιτητές πανεπιστημίου.”*

Τα αποτελέσματα ταξινόμησης των φοιτητών ανά κατηγορία παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα 8.



Διάγραμμα 8: Αποτελέσματα ταξινόμησης αριθμού φοιτητών ανά κατηγορία

4.2.3 Συμπεράσματα σχετικά με τις αντιλήψεις για τα χαρακτηριστικά των μοντέλων

Η επεξεργασία των δεδομένων για τα χαρακτηριστικά των μοντέλων οδήγησε στα εξής συμπεράσματα:

1. Από την ανάλυση των δεδομένων αναγνωρίστηκαν δύο κατηγορίες αντιλήψεων για τα χαρακτηριστικά των μοντέλων. Διαπιστώθηκε πως υπάρχουν άτομα που εμφανίζουν μόνο μία κατηγορία στις απαντήσεις τους και άτομα των οποίων οι απαντήσεις μπορούν να ταξινομηθούν και στις δύο κατηγορίες.
2. Η ομάδα των δασκάλων εμφανίζει περισσότερες MK στην κατηγορία των διδακτικών χαρακτηριστικών. Ωστόσο υπάρχουν άτομα που παρουσιάζουν δυσδιάστατη θεώρηση. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στην ομάδα των δασκάλων υπάρχουν άτομα που μπορούν να αναγνωρίσουν και επιστημονικά χαρακτηριστικά των μοντέλων. Τις περισσότερες MK σε αυτή την κατηγορία τις δίνει η φοιτήτρια ΦΔ5 η οποία φαίνεται να παρουσιάζει αμιγώς επιστημονική θεώρηση σχετικά με τα χαρακτηριστικά των μοντέλων.
3. Η ομάδα των νηπιαγωγών δεν εμφανίζει καμία MK στην κατηγορία των επιστημονικών χαρακτηριστικών κάτι που αποδόθηκε στο γεγονός ότι στο επίπεδο που μελετώνται οι ΦΕ στα Τμήματα των Νηπιαγωγών δεν υπάρχει μεγάλη εμβάθυνση στο γνωστικό αντικείμενο των ΦΕ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απουσία απόδοσης επιστημονικών χαρακτηριστικών σε ένα μοντέλο, όπως η κοινή αποδοχή ή η ‘επιστημονική’ εγκυρότητα. Σε αυτή την ομάδα αποδίδονται οι λιγότερες MK. Υπάρχει, δηλαδή, το μικρότερο εύρος απαντήσεων, γεγονός που σημαίνει ότι δεν μπορεί να γίνει μια εις βάθος συζήτηση για τα χαρακτηριστικά των μοντέλων.
4. Η ομάδα των φυσικών εμφανίζει τις περισσότερες MK στην κατηγορία των ‘επιστημονικών χαρακτηριστικών’. Αυτό θεωρούμε πως συμβαίνει διότι (όπως φάνηκε ήδη από την συζήτηση για τα αποτελέσματα του 1^{ου} άξονα που αφορούν τη φύση των μοντέλων) οι φυσικοί κατά την διάρκεια της φοίτησής τους έρχονται σε επαφή με μοντέλα που δεν είναι οικεία ή ‘απλά’ και περιλαμβάνουν πιο σύνθετες και αφηρημένες έννοιες, ακόμη και πλέγματα εννοιών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια πιο ‘προσανατολισμένη στην επιστήμη’ θεώρηση για τα μοντέλα, όπου ακόμη και εάν πρέπει να είναι ‘απλά’, πρέπει να είναι επιστημονικά σαφή και καθορισμένα. Επίσης, 3 από τα 5 άτομα έχουν δυσδιάστατη θεώρηση ως προς τα χαρακτηριστικά των μοντέλων. Το γεγονός αυτό ερμηνεύεται ως αποτέλεσμα της διδακτικής κατεύθυνσης που έχουν επιλέξει οι συμμετέχοντες και δείχνει

ότι υπάρχει δυνατότητα αναγνώρισης και απόδοσης διδακτικών χαρακτηριστικών στα μοντέλα.

4.3.1 Κατηγορίες των αντιλήψεων των φοιτητών για τις λειτουργίες των μοντέλων

Άξονας 3^{ος}: Ερώτηση «Γιατί χρησιμοποιούνται τα μοντέλα στις ΦΕ;»

Η ταξινόμηση των ΜΚ για αυτό τον άξονα έγινε σε δύο φάσεις. Αρχικά έγινε προσπάθεια αναζήτησης αντιστοιχίας στα νοήματα των απαντήσεων των φοιτητών με τις λειτουργίες των μοντέλων που προέρχονται από την βιβλιογραφική επισκόπηση (απεικόνιση, περιγραφή, εξήγηση, ερμηνεία, πρόβλεψη) (βλ. ενότητα 1.1, Carpenter & Romberg, 2004, Van Driel & Verloop, 1999) Έπειτα ελέγχθηκε εάν υπάρχει αντιστοιχία αυτών των λέξεων με παραπλήσιες που μπορεί να χρησιμοποιούν οι φοιτητές ή αν υπάρχουν καινούρια νοήματα. Προκύπτουν, λοιπόν οι ακόλουθες 4 κατηγορίες:

Κατηγορία ‘Περιγραφή’ (ΠΕΡ)

Σε αυτή την κατηγορία ταξινομούνται οι ΜΚ των απαντήσεων στις οποίες αναφέρεται το μοντέλο ως εργαλείο επίδειξης για την κατανόηση ενός φαινομένου. Περιλαμβάνονται δηλαδή απαντήσεις που περιλαμβάνουν τις λέξεις – κλειδιά “για να μας δείξει / να δείξουμε”, “να κατανοήσουμε / καταλάβουμε” ένα σύστημα, μία έννοια ή ένα φαινόμενο. Δηλαδή, εάν ένας φοιτητής απαντάει πως τα μοντέλα χρησιμοποιούνται για ‘να δείξουμε κάτι’ στα παιδιά, ή ‘για να καταλάβουμε κάτι (βλέποντάς το)’, η αντίστοιχη ΜΚ καταχωρείται σε αυτή την κατηγορία. Επίσης, εδώ ταξινομούνται ως ΜΚ και τα σαφή νοήματα που διακρίνονται καθ’ όλη την διάρκεια της συνέντευξης του φοιτητή, και αφορούν τις συγκεκριμένες λέξεις – κλειδιά. Σύμφωνα με τα παραπάνω, εάν ένας φοιτητής κατά τη διάρκεια της δεύτερης ερώτησης (άξονας 4^{ος} – μορφές μοντέλων) απαντάει πως η συγκεκριμένη μορφή αναπαράστασης που του δίνεται “είναι (ή δεν είναι) μοντέλο”, γιατί “μας βοηθάει (ή δεν μας βοηθάει) να καταλάβουμε”, στην απάντηση αποδίδεται και μία ΜΚ που αφορά αυτή την κατηγορία της κατανόησης.

Κατηγορία ‘Ερμηνεία’ (EPM)⁵⁸

Σε αυτή την κατηγορία ταξινομούνται οι ΜΚ οι οποίες αποδίδονται σε απαντήσεις φοιτητών που αφορούν την εξήγηση μιας έννοιας ή ενός φαινομένου. Μέσα από αυτές τις απαντήσεις είναι διακριτή η αντίληψη πως τα μοντέλα χρησιμοποιούνται για να εξηγηθεί ένα φαινόμενο. Κατά συνέπεια, εφόσον δύναται να ‘δούμε’ ένα σύστημα, και να ‘περιγράψουμε’ τι συμβαίνει, μπορούμε να εξηγήσουμε και να ερμηνεύσουμε τη συμπεριφορά ενός αντικειμένου ή ενός φαινομένου, χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο.

Κατηγορία ‘Επίλυση προβλήματος’ (ΠΡΒΛ)

Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται οι ΜΚ των απαντήσεων που αναδεικνύουν την αντίληψη πως τα μοντέλα χρησιμοποιούνται για τη μελέτη ενός συστήματος ή φαινομένου, ή ως εργαλεία επίλυσης ενός προβλήματος. Ανιχνεύτηκε η αντίληψη δηλαδή ότι με τα μοντέλα “μελετάμε” ένα φυσικό φαινόμενο, τι συμβαίνει, γιατί συμβαίνει και τι συμπεράσματα προκύπτουν, χωρίς να χρειάζεται να μελετήσουμε το ίδιο το φαινόμενο σε πραγματικό χρόνο ή πραγματικές διαστάσεις, με σκοπό να λύσουμε ένα πρόβλημα. Αυτή η κατηγορία, ενώ φαινομενικά μοιάζει να ταυτίζεται με τις προηγούμενες, διότι και πάλι ο σκοπός τους μοντέλου είναι η κατανόηση ή η εξήγηση ενός φαινομένου, στην ουσία διαφέρει γιατί περιλαμβάνει νοήματα τα οποία αναδεικνύουν μια πιο δυναμική φύση της χρήσης των μοντέλων. Για παράδειγμα, στην πρώτη κατηγορία οι φοιτητές εκφράζουν κοινώς την αντίληψη ότι ‘βλέπουμε το μοντέλο’ και κατανοούμε το φαινόμενο και στην δεύτερη κατηγορία, το μοντέλο χρησιμοποιείται για να εξηγήσουμε ένα φαινόμενο. Σε αυτή την κατηγορία μπορούμε να επεξεργαστούμε το μοντέλο (κι όχι απαραίτητα τα απτά μοντέλα) και να μελετήσουμε τη συμπεριφορά του ίδιου του μοντέλου για να κατανοήσουμε ή να εξάγουμε συμπεράσματα.

Κατηγορία ‘Πρόβλεψης’ (ΠΡΟ)

Σε αυτή την κατηγορία ταξινομούνται οι ΜΚ στις οποίες φαίνεται καθαρά πως μία από τις λειτουργίες των μοντέλων είναι η πρόβλεψη μιας κατάστασης. Λέξεις – κλειδιά για την καταχώρηση των αντίστοιχων ΜΚ σε αυτή την κατηγορία αποτέλεσαν οι φράσεις: “για να δούμε τι θα γίνει αν”, “τι θα συμβεί αν”. Συγκεκριμένα, σε αυτή την κατηγορία καταχωρήθηκε

⁵⁸ Όπως φαίνεται από την ανάλυση των κατηγοριών παρακάτω, ομαδοποιήθηκαν οι αντιλήψεις των φοιτητών που αφορούν είτε την επεξηγηματική, είτε την ερμηνευτική λειτουργία των μοντέλων σε μία κατηγορία. Αυτό έγινε διότι δεν ήταν δυνατόν να προσδιοριστεί ακριβώς από την απάντηση του φοιτητή, εάν στο μυαλό του γίνεται διαχωρισμός αυτών των δύο λειτουργιών.

μονάδα που αφορούσε το συλλογισμό φοιτητή, ο οποίος από μόνος του περιέγραψε μια υποθετική κατάσταση χρησιμοποιώντας ένα από τα μοντέλα του ερευνητικού εργαλείου προβλεπτικά. Ειδικότερα, ο φοιτητής της ομάδας των νηπιαγωγών που παρουσίασε ΜΚ σε αυτή την κατηγορία δεν χρησιμοποίησε καν τη λέξη ‘πρόβλεψη’ αλλά ακούσια ανέπτυξε έναν συλλογισμό ο οποίος εντάσσεται σε αυτή την κατηγορία.

4.3.2 Αποτελέσματα για τις λειτουργίες των μοντέλων

Όσον αφορά τις κατηγορίες απαντήσεων που προήλθαν από τους φοιτητές στην ερώτηση “γιατί χρησιμοποιούμε μοντέλα στις ΦΕ”, η ταξινόμηση των ΜΚ παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 9. Η πρώτη στήλη του πίνακα περιλαμβάνει τις κατηγορίες των ΜΚ που αναδείχθηκαν μέσα από την επεξεργασία των δεδομένων: της περιγραφής (ΠΕΡ), της ερμηνείας (ΕΡΜ), της επίλυσης προβλήματος (ΠΡΒΛ) και της πρόβλεψης (ΠΡΟ). Οι στήλες περιλαμβάνουν τις αντίστοιχες ΜΚ των φοιτητών ανά κατηγορία.

Από την καταμέτρηση των ΜΚ που ταξινομούνται στον πίνακα 9 και απεικονίζονται στο διάγραμμα 9 παρατηρείται ότι υπάρχουν συνολικά 71 ΜΚ. Οι περισσότερες ΜΚ εντοπίζονται στην κατηγορία της περιγραφής (43 ΜΚ, περίπου το 60,6%). Επιπλέον φαίνεται από τον πίνακα ότι υπάρχουν 12 ΜΚ (16,9%) στην κατηγορία της ‘ερμηνείας’ και 12 ΜΚ (16,9%) στην κατηγορία της ‘επίλυσης προβλήματος’. Υπάρχουν επίσης 4 ΜΚ (5,6%) οι οποίες ταξινομούνται στην κατηγορία της ‘πρόβλεψης’.

Δίνονται ενδεικτικές απαντήσεις για κάθε κατηγορία⁵⁹:

Κατηγορία ΠΕΡ:

ΦΔ2: *“Το χρησιμοποιούμε σαν παράδειγμα, για να κατανοήσουν τα παιδιά τις έννοιες της φυσικής”*

ΦΔ3 (αναφερόμενη στο λογισμικό): *“..βοηθάει τα παιδιά να το κατανοήσουν περισσότερο.”*

⁵⁹ Σε αυτό το σημείο τονίζεται ότι έχει αποδοθεί ΜΚ καθ’ όλη τη διάρκεια της συνέντευξης του κάθε ατόμου. Αποτέλεσμα ήταν κάποιες από τις απαντήσεις που παρουσιάζονται να μην είναι οι άμεσες απαντήσεις που έδωσαν οι φοιτητές όταν τους τέθηκε η ερώτηση αλλά να είναι νοήματα που εντοπίζονται στη συνέχεια της συνέντευξης.

ΦΝ1 (αναφερόμενος στο σκίτσο του ηλιοκεντρικού): “..Μπορούμε να το θεωρήσουμε μοντέλο γιατί είναι κατανοητό. Βλέπουμε την τροχιά, δείχνει.”

ΦΝ4: “Τα μοντέλα από όποια οπτική και να το δούμε είναι τελείως για την κατανόηση των παιδιών.”

ΦΦ2 (αναφερόμενος στον πίνακα της πυκνότητας): “Γιατί είναι ένας τρόπος για να δείχνεις τους μαθητές για να αναγνωρίζουνε τα υλικά με σχήματα.”.

ΦΦ4: “...είναι ένα μέσο εποπτικό για να καταλάβουμε τι συμβαίνει.”

Κατηγορία ΕΡΜ:

ΦΔ5: “...Το να ψάξω να βρω τον πιο αντιπροσωπευτικό, χωρίς αυτό να σημαίνει «σωστό», τύπο που μπορεί να εξηγήει ένα φαινόμενο”

ΦΦ1: “...ένας τρόπος εξήγησης των φαινομένων της φύσης.”

Κατηγορία ΠΡΒΛ:

ΦΦ3: “Για να απλοποιήσεις κατά μία έννοια το φυσικό κόσμο. Επειδή ο φυσικός κόσμος παραείναι πολύπλοκος και δεν μπορείς να καταλάβεις όλες τις μεταβλητές που υπάρχουν, μερικές από αυτές, τις πιο σημαντικές, κατά την άποψη του κατασκευαστή του μοντέλου είναι αυτά που θα βάλεις στο μοντέλο, ώστε να βγάλεις ένα αποτέλεσμα, το οποίο θα προσομοιώνει ή θα προσεγγίζει την πραγματικότητα”

ΦΝ2: “αν θέλουμε να μελετήσουμε την επιτάχυνση, θα χρησιμοποιήσουμε κάποιο τρένο το οποίο κάποια στιγμή επιταχύνει.”

Κατηγορία ΠΡΟ:

ΦΔ5: “Η να προβλέψω... έτσι δεν λειτουργούν στην μετεωρολογία για παράδειγμα;”

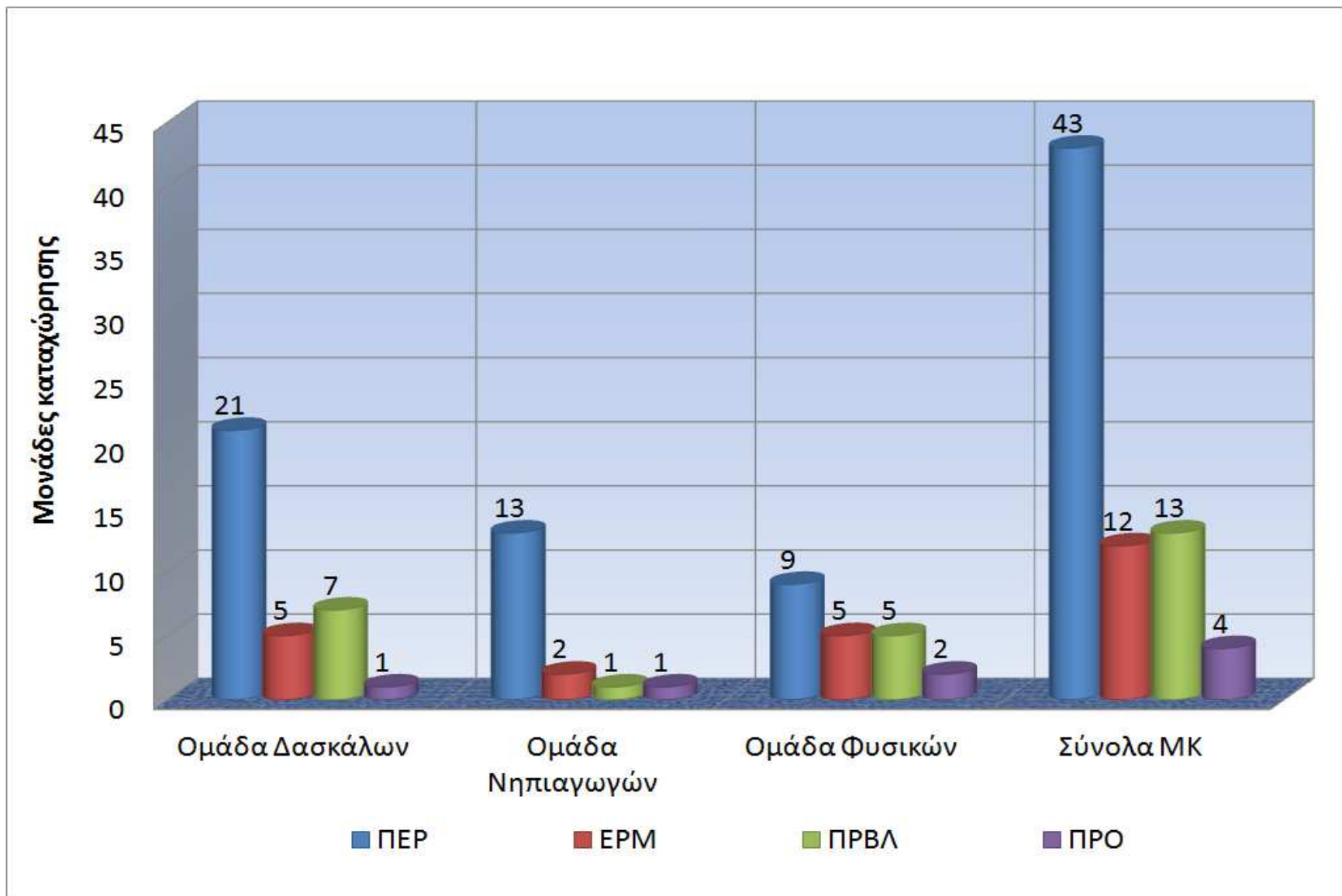
ΦΝ1: *“Δηλαδή το ένα αντικείμενο, ο σίδηρος, έχει 6 τελείες, το νερό έχει 4, ποιο βυθίζεται;”*⁶⁰

ΦΦ3: *“Παραδείγματος χάρη, ένα μετεωρολογικό μοντέλο του βάζεις δεδομένα και σου λέει τι κατά πάσα πιθανότητα θα συμβεί”*

⁶⁰ Σε αυτή την απάντηση ο φοιτητής δεν αναφέρει την λέξη πρόβλεψη. Ωστόσο η διαδικασία που περιγράφει είναι ένα υποθετικό διδακτικό επεισόδιο το οποίο δημιουργεί αυθόρμητα ο φοιτητής με σκοπό να σχολιάσει τη λειτουργία του μοντέλου του συνωστισμένου πλήθους, αποδίδοντας την ιδιότητα της πρόβλεψης στο συγκεκριμένο μοντέλο.

Πίνακας 9: Μονάδες καταχώρησης 3^{ου} άξονα: Οι λειτουργίες των μοντέλων.

Άξονας 3 ^{ος}	Γιατί χρησιμοποιούνται τα μοντέλα στις ΦΕ;																			
Ομάδες	Ομάδα δασκάλων						Ομάδα νηπιαγωγών						Ομάδα φυσικών							
Κατηγορίες	ΦΔ1	ΦΔ2	ΦΔ3	ΦΔ4	ΦΔ5	Σ	ΦΝ1	ΦΝ2	ΦΝ3	ΦΝ4	ΦΝ5	Σ	ΦΦ1	ΦΦ2	ΦΦ3	ΦΦ4	ΦΦ5	Σ	Σύνολο	
Περιγραφή	7	5	4	3	2	21	3	3	2	3	2	13	2	1	2	2	2	9	43	
Ερμηνεία				1	4	5		1		1		2	3		2			5	12	
Επίλυση προβλήματος		1		4	1	6		1				1			2		3	5	12	
Πρόβλεψη					1	1	1					1			2			2	4	
Σύνολα ΜΚ ανά ομάδα φοιτητών						33						17						21	71	



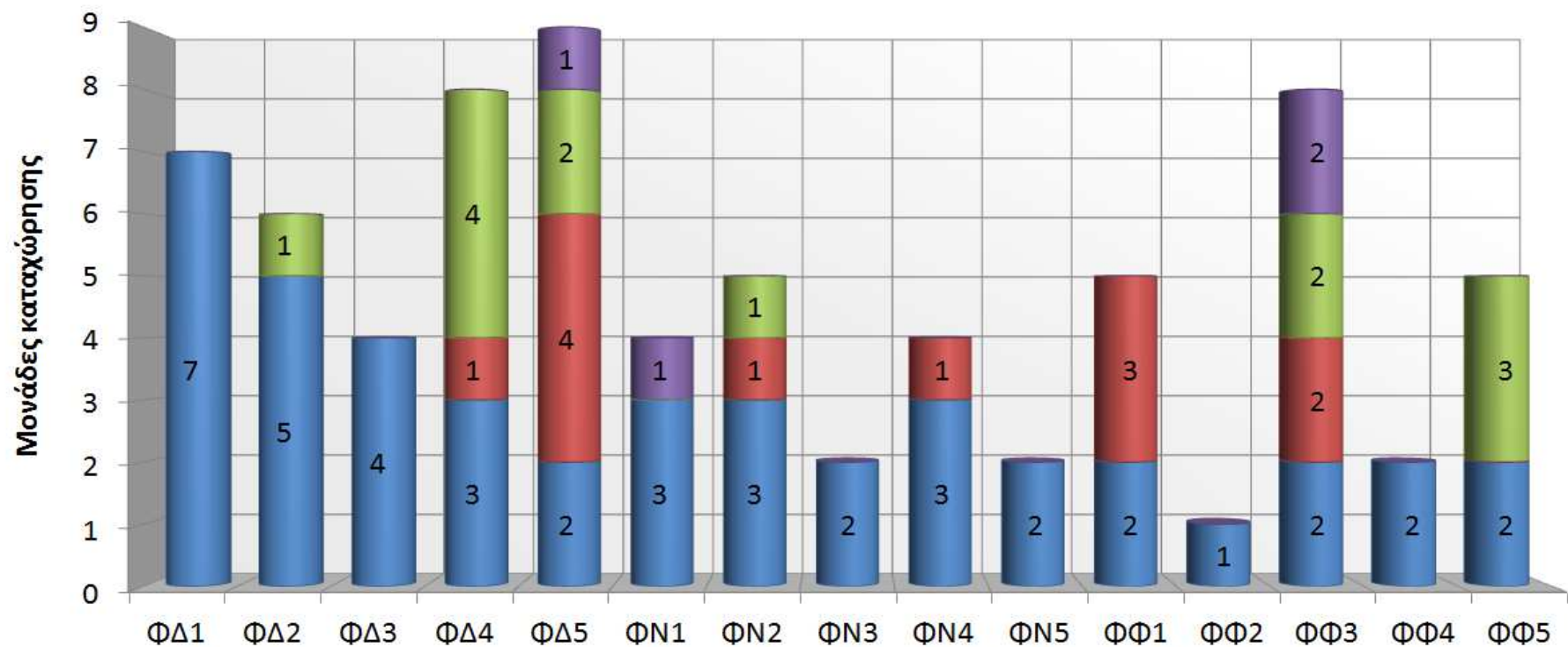
Διάγραμμα 9: Αποτελέσματα ταξινόμησης ΜΚ για τη λειτουργία των μοντέλων ανά ομάδα φοιτητών.

Η κατηγορία της «περιγραφής» έχει την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης καθώς όλοι οι φοιτητές εμφανίζουν MK στην κατηγορία αυτή, ανεξαρτήτως ομάδας. Οι κατηγορίες της «ερμηνείας», της «επίλυσης προβλήματος» συναντώνται σε όλες τις ομάδες με μικρότερη συχνότητα εμφάνισης, ενώ η κατηγορία της «πρόβλεψης» εμφανίζεται από μία φορά σε κάθε ομάδα.

Από το σύνολο των ατόμων του δείγματος παρατηρείται ότι 6 φοιτητές (2 άτομα από κάθε ομάδα) ανήκουν σε μία μόνο κατηγορία, εμφανίζοντας μονοδιάστατη θεώρηση για τις λειτουργίες των μοντέλων (ΦΔ1, ΦΔ3, ΦΝ3, ΦΝ5, ΦΦ2, ΦΦ4) (διάγραμμα 10, οι διαφορετικές κατηγορίες στις οποίες ταξινομούνται οι απαντήσεις των φοιτητών απεικονίζονται με διαφορετικό χρώμα στην ίδια στήλη). Και οι 6 ανήκουν στην κατηγορία της «περιγραφής». Ενδιαφέρον εύρημα θεωρείται η παρουσία της κατηγορίας «πρόβλεψη» στη φοιτήτρια ΦΔ5 και στον φοιτητή ΦΝ1 αλλά και η περιορισμένη παρουσία της ίδιας κατηγορίας στην ομάδα των φυσικών (1 άτομο από τα 5). Η αναγνώριση της λειτουργίας της πρόβλεψης προϋποθέτει ένα επίπεδο ευρείας κατανόησης για τα μοντέλα και τις λειτουργίες τους, επίπεδο που δεν παρουσιάζεται από την πλειονότητα των συμμετεχόντων παρόμοιων ερευνών (βλ. κεφάλαιο 2, De Jong et al. 2005, Gilbert, 1991, Grosslight et al., 1991).

Επιπλέον διαπιστώνουμε ότι 8 φοιτητές εμφανίζουν περισσότερες από μία κατηγορίες, παρουσιάζουν δηλαδή μια πολυδιάστατη θεώρηση για τις λειτουργίες των μοντέλων. Ειδικότερα 2 άτομα (1 από την ομάδα των δασκάλων και 1 από την ομάδα των φυσικών) παρουσιάζουν MK σε όλες τις κατηγορίες, αναγνωρίζοντας όλες τις λειτουργίες των μοντέλων όπως συναντώνται στη βιβλιογραφία. Για παράδειγμα, δίνονται οι απαντήσεις του ΦΦ3:

ΦΦ3: *“Για να απλοποιήσεις κατά μία έννοια το φυσικό κόσμο. Επειδή ο φυσικός κόσμος παραείναι πολύπλοκος και δεν μπορείς να καταλάβεις όλες τις μεταβλητές που υπάρχουν, μερικές από αυτές, τις πιο σημαντικές, κατά την άποψη του κατασκευαστή του μοντέλου, είναι αυτά που θα βάλεις στο μοντέλο, ώστε να βγάλεις ένα αποτέλεσμα, το οποίο θα προσομοιώνει ή θα προσεγγίζει την πραγματικότητα.” / “... κάνει κάποιος ένα μοντέλο το οποίο περιγράφει ένα φυσικό φαινόμενο, αν συμβεί αυτό τότε το αποτέλεσμα θα είναι εκείνο. Δηλαδή αν βάλεις στο μοντέλο μεταβλητές θα σου βγάλει ένα αποτέλεσμα, κάτι σαν πρόγραμμα δηλαδή.” / “Παραδείγματος χάρη ένα μετεωρολογικό μοντέλο, του βάζεις δεδομένα και σου λέει τι κατά πάσα πιθανότητα θα συμβεί.”*



	ΦΔ1	ΦΔ2	ΦΔ3	ΦΔ4	ΦΔ5	ΦΝ1	ΦΝ2	ΦΝ3	ΦΝ4	ΦΝ5	ΦΦ1	ΦΦ2	ΦΦ3	ΦΦ4	ΦΦ5
ΠΡΟ	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
ΠΡΒΛ	0	1	0	4	2	0	1	0	0	0	0	0	2	0	3
ΕΡΜ	0	0	0	1	4	0	1	0	1	0	3	0	2	0	0
ΠΕΡ	7	5	4	3	2	3	3	2	3	2	2	1	2	2	2

Φοιτητές δείγματος

Διάγραμμα 10: Αποτελέσματα ταξινόμησης MK για τις λειτουργίες των μοντέλων ανά φοιτητή.

4.3.3 Συμπεράσματα σχετικά με τις αντιλήψεις για τις λειτουργίες των μοντέλων

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της ενότητας 4.3.2 προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

1. Αναγνωρίστηκαν 4 κατηγορίες αντιλήψεων για τις λειτουργίες των μοντέλων. Όλοι οι φοιτητές του δείγματος αναγνωρίζουν πως τα μοντέλα χρησιμοποιούνται ως περιγραφικά εργαλεία για την επίδειξη ενός φαινομένου με σκοπό την κατανόησή του. Επιπλέον διαπιστώθηκε πως υπάρχουν άτομα τα οποία παρουσιάζουν μονοδιάστατη θεώρηση για τις λειτουργίες των μοντέλων και άτομα τα οποία αναγνωρίζουν παραπάνω από μία λειτουργίες. Επίσης φαίνεται πως ελάχιστοι φοιτητές μπορούν να αντιληφθούν ότι τα μοντέλα χρησιμοποιούνται προβλεπτικά. Αυτό το συμπέρασμα συμφωνεί με την βιβλιογραφία (βλ. ενότητα 2.1) σύμφωνα με την οποία ελάχιστος αριθμός φοιτητών έχει την αντίληψη ότι τα μοντέλα χρησιμοποιούνται για πρόβλεψη και έλεγχο (Grosslight et al., 1991).
2. Ενδιαφέρον εύρημα θεωρήθηκε η παρουσία περισσότερων MK αλλά και αριθμού φοιτητών στην κατηγορία της «επίλυσης προβλήματος» στην ομάδα των δασκάλων. Αυτό μάλλον συμβαίνει διότι τα άτομα σε αυτή την ομάδα ενδεχομένως να θεωρούν ότι η όλη μελέτη φυσικών εννοιών στα πλαίσια των ΦΕ είναι μία διαδικασία επίλυσης προβλήματος. Ιδιαίτερη περίπτωση είναι αυτή του ΦΔ4, ο οποίος εμφανίζει τις περισσότερες MK σε αυτή την κατηγορία. Αυτό εξηγείται διότι ο ίδιος έχει ορίσει τα μοντέλα ως συστήματα σωμάτων και εννοιών, γεγονός που απαιτεί την μελέτη και την επίλυση προβλήματος για να κατανοηθεί.
3. Στην ομάδα των νηπιαγωγών παρατηρούνται πολύ λίγες MK συγκριτικά με τις υπόλοιπες ομάδες σε σχέση με τις λειτουργίες των μοντέλων. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τις ολιγάριθμες MK που εμφάνισαν στην προηγούμενη ερώτηση που αφορούσε τα χαρακτηριστικά των μοντέλων, ενισχύει το συμπέρασμα ότι η συζήτηση περί μοντέλων είναι σε πολύ πρώιμο στάδιο σε αυτή την ομάδα. Έτσι εξήχθη το συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει το απαραίτητο γνωστικό υπόβαθρο σχετικά με τα χαρακτηριστικά των μοντέλων και τις λειτουργίες τους. Ιδιαίτερη περίπτωση φαίνεται να είναι ο φοιτητής ΦΝ1, ο οποίος εμφανίζει απάντηση στην κατηγορία της πρόβλεψης, γεγονός το οποίο ενδέχεται να σχετίζεται με την κατεύθυνση σπουδών που ακολουθούσε στο λύκειο.

4. Δύο άτομα της ομάδας των φυσικών έχουν μονοδιάστατη αντίληψη για τις λειτουργίες των μοντέλων καθώς περιορίζονται σε απαντήσεις που αφορούν την περιγραφική λειτουργία. Αυτό είναι σημαντικό εύρημα διότι θα ήταν αναμενόμενο, λόγω χρήσης σύνθετων και αφηρημένων μοντέλων κατά τη φοίτησή τους, να μπορούν να αναγνωρίσουν πιο σύνθετες λειτουργίες μοντέλων.

Φαίνεται (βλ. διάγραμμα 10) ότι ενώ 3 φοιτητές αναγνωρίζουν την προβλεπτική λειτουργία των μοντέλων, μόνο 2 από αυτούς έχουν μια μάλλον πολυδιάστατη αντίληψη για τις λειτουργίες των μοντέλων που να προσεγγίζει την επιστημονική, και αυτό γιατί εμφανίζουν MK και στις 4 κατηγορίες.

4.4.1 Κατηγορίες των αντιλήψεων των φοιτητών για τις μορφές των μοντέλων

Άξονας 4^{ος}: Ερώτηση «μπορούν τα μοντέλα να έχουν διαφορετικές μορφές;»

Όσον αφορά την μορφή με την οποία γίνονται αντιληπτά τα μοντέλα, ήδη από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της πρώτης ερώτησης, έχουν εξαχθεί κατηγορίες που αφορούν τα μοντέλα ως: αντικείμενα (ομοίωμα), αναπαραστάσεις (εικόνα, σκίτσο, τύπος κ.ά.), συστήματα (πρότυπο), μεθόδους. Στη συνέχεια της έρευνας, το ενδιαφέρον θα στραφεί στη μορφή με την οποία γίνονται αντιληπτά τα μοντέλα από τους φοιτητές. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων σε αυτό το σημείο έγινε σε δύο φάσεις. Αρχικά αναδείχθηκαν κατηγορίες ως προς τις απαντήσεις των φοιτητών στην ερώτηση “εάν τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές”. Στη συνέχεια καταμετρήθηκαν οι θετικές, αρνητικές ή επιφυλακτικές απαντήσεις των φοιτητών, σε σχέση με το εάν είναι μοντέλο μια δοθείσα αναπαράσταση που τους παρουσιάσαμε. Όσον αφορά τον 4^ο άξονα σχετικά με τη μορφή των μοντέλων, προέκυψαν οι ακόλουθες 2 κατηγορίες:

Κατηγορία της ‘αναγνώρισης μιας ποικιλίας μορφών’ (ΑΠΜ)

Σε αυτή την κατηγορία ταξινομούνται οι ΜΚ, οι οποίες αφορούν απαντήσεις μέσα από τις οποίες αναδεικνύεται η αναγνώριση των πολλαπλών μορφών των μοντέλων, όπως αναπαραστάσεις αφηρημένων εννοιών με λογισμικά, απτά μοντέλα, εικόνες, σκίτσα, πίνακες και συμβολικοί τύποι.

Κατηγορία ‘ασάφειας απαντήσεων’ (ΑΑΠ)

Σε αυτή την κατηγορία ταξινομούνται οι ΜΚ που αποδίδονται σε ασαφείς απαντήσεις, αόριστα νοήματα καθώς και σε καμία απάντηση. Σε αυτή την κατηγορία ταξινομούνται επίσης και οι ΜΚ οι οποίες αφορούν απαντήσεις που δεν συμπληρώνονται με συγκεκριμένα παραδείγματα. Δηλαδή, εάν ένας φοιτητής απαντάει μεν καταφατικά στην ερώτηση αλλά παρουσιάζει αδυναμία στο να δώσει κάποιο παράδειγμα ή σκέφτεται για μεγάλο διάστημα χωρίς να δίνει απάντηση, η ΜΚ ταξινομείται σε αυτή την κατηγορία.

Όσον αφορά τις αναπαραστάσεις που δόθηκαν στους φοιτητές, οι απαντήσεις τους είναι εύλογα είτε καταφατικές, είτε αρνητικές, είτε με ενδοιασμούς. Προκύπτουν δηλαδή οι ακόλουθες κατηγορίες:

Κατηγορία καταφατικής απάντησης (ΚΑΤ)

Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται οι ΜΚ που εμπεριέχουν κατηγορηματικά καταφατική απάντηση για το αν η αναπαράσταση που βλέπουν οι φοιτητές είναι μοντέλο.

Κατηγορία αρνητικής απάντησης (ΑΡΝ)

Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται οι ΜΚ που εμπεριέχουν κατηγορηματικά αρνητική απάντηση για το αν η αναπαράσταση που βλέπουν οι φοιτητές είναι μοντέλο.

Κατηγορία των προϋποθέσεων (ΠΡΘ)

Σε αυτή την κατηγορία ταξινομούνται οι ΜΚ που αφορούν απαντήσεις που έδινε ο φοιτητής όταν δεν ήταν σίγουρος για το εάν η αναπαράσταση που βλέπει είναι μοντέλο ή όχι. Επίσης, όταν ένας φοιτητής απαντούσε πως η εκάστοτε αναπαράσταση μπορεί να είναι μοντέλο με κάποιες προϋποθέσεις ή περιορισμούς, ταξινομείται η αντίστοιχη ΜΚ σε αυτή την κατηγορία. Οι προϋποθέσεις ή περιορισμοί που αναφέρθηκαν είναι, για παράδειγμα, το ότι η συγκεκριμένη αναπαράσταση μπορεί να είναι μέρος ενός μοντέλου, να πρέπει να την εξηγήθει και μετά να δημιουργηθεί ένα μοντέλο με βάση αυτήν, ή ότι μια αναπαράσταση μπορεί να αποτελεί μοντέλο για κάποιον που έχει την αντίστοιχη γνώση κι όχι για κάποιον που το βλέπει για πρώτη φορά. Έτσι, οι παρακάτω απαντήσεις που αφορούν τον συμβολικό τύπο της πυκνότητας, ταξινομούνται ως ΜΚ – προϋποθέσεων:

ΦΔ1: *“Όχι 100%, δεν είμαι σίγουρη για αυτό, αλλά κάποιος μπορεί να το θεωρήσει μοντέλο. ... κάποιος που θέλει να μη βασίζεται σε αυθαίρετα γεγονότα, να έχει κάποιο κανόνα, να έχει κάποια βάση”.*

ΦΔ2: *“Εγώ νομίζω ότι απλώς δεν είναι τόσο χρήσιμο αυτό. Για παιδιά του δημοτικού αναφέρομαι τώρα.*

Ερευνήτρια: *Θα μπορούσε δηλαδή να είναι μοντέλο για άλλα παιδιά;*

ΦΔ2: *Ναι, μεγαλύτερης ηλικίας.”*

4.4.2 Αποτελέσματα για τις μορφές των μοντέλων

Η ταξινόμηση των ΜΚ στις απαντήσεις της πρώτης φάσης της ερώτησης για τις μορφές των μοντέλων παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 10α. Η πρώτη στήλη του πίνακα περιλαμβάνει τις κατηγορίες των ΜΚ που αναδείχθηκαν μέσα από την επεξεργασία των δεδομένων: κατηγορία της ασάφειας απαντήσεων (ΑΑΠ) και κατηγορία της αναγνώρισης μιας ποικιλίας μορφών (ΑΠΜ).

Από την καταμέτρηση των ΜΚ που ταξινομούνται στον πίνακα 10α και απεικονίζονται στο διάγραμμα 11α, φαίνεται ότι υπάρχουν συνολικά 21 ΜΚ. Σχεδόν οι μισές ΜΚ εντοπίζονται στην κατηγορία της ‘ασάφειας απαντήσεων’ (11 ΜΚ, 52,4%) ενώ οι υπόλοιπες ταξινομούνται στην κατηγορία της ‘αναγνώρισης ποικιλίας μορφών’ (10 ΜΚ, 47,8%). Υπήρχαν 2 φοιτητές οι οποίοι δεν απάντησαν. Οι φοιτητές αυτοί θεώρησαν πως μοντέλο είναι η διδακτική μέθοδος (βλ πίνακα 7, ενότητα 4.1.2). Αυτοί τέθηκαν σε αυτήν την κατηγορία, ενώ η έρευνα προχώρησε στην επόμενη φάση της ερώτησης.

Παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικές απαντήσεις για κάθε κατηγορία:

Κατηγορία ΑΠΜ:

ΦΔ5: “Ναι. Αυτό που σου είπα για την πυκνότητα είναι διαφορετικές μορφές, δεν είναι το ίδιο. Μοντελάρουν το ίδιο πράγμα, την πυκνότητα, άλλα με διαφορετικό τρόπο.” (η φοιτήτρια είχε αναφέρει: “*Το μοντέλο της πυκνότητας. Αν θέλω να διδάξω στο δημοτικό πυκνότητα, προφανώς και δεν θα αναφέρω τύπους $d=m/V$, θα αναφέρω τα κυβάρια είτε με αρίθμηση δηλαδή 1,2,3,4,5... το 9 αντιπροσωπεύει πολύ μεγάλη πυκνότητα και το 1 πολύ μικρότερη πυκνότητα. Ένα μοντέλο, οι αριθμοί πάνω στο ζάρι, δεύτερο μοντέλο το ζάρι το ίδιο, οι βουλίτσες, γραμμούλες ή και με το χρώμα. Όσο πιο ανοιχτό το χρώμα τόσο μικρότερη πυκνότητα, όσο πιο σκούρο το χρώμα τόσο πιο μεγάλη.*”).

ΦΝ1: “*Όπως μέσα από λογισμικά, το οποίο θα είναι πιο κοντά σε αυτόν που θα το δει και θα καταλάβει, τα άλλα μπορεί να είναι σαν σκίτσα, ή σαν κατασκευή*”

ΦΦ1: “*Μοντέλο θα ήταν ένα ηλιοκεντρικό σύστημα, μοντέλο θα ήταν και η προσομοίωση σε έναν υπολογιστή.*”

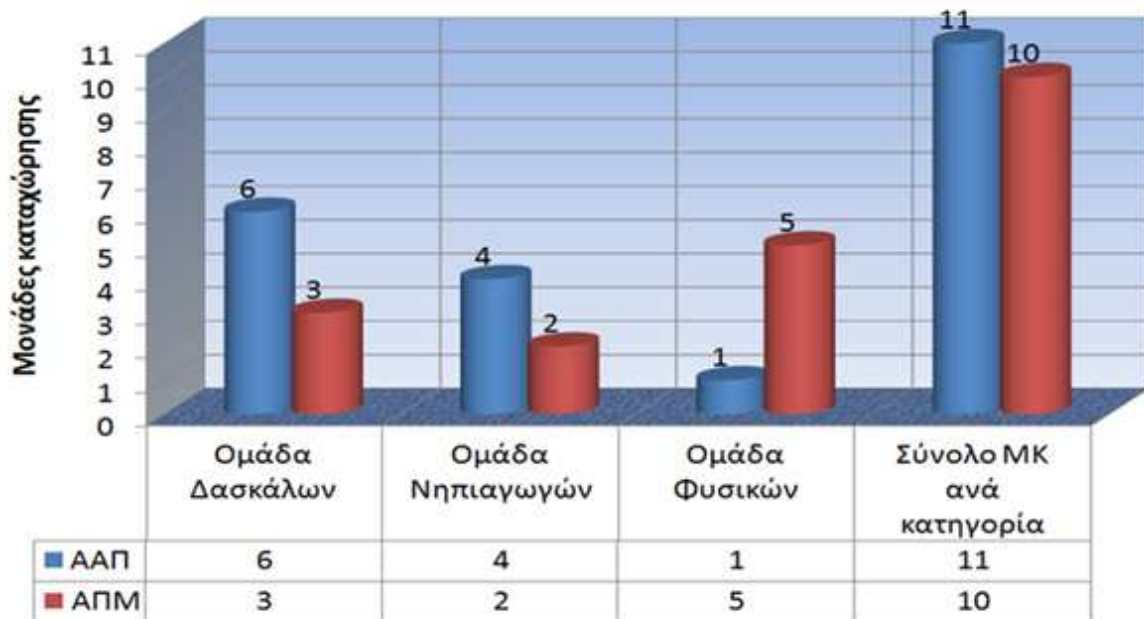
Κατηγορία ΑΑΠ:

ΦΔ2: *“Ναι.. εξαρτάται από αυτά που θέλουν να δείξουν;” / “Ίσως σε διαφορετικό σχήμα;”*

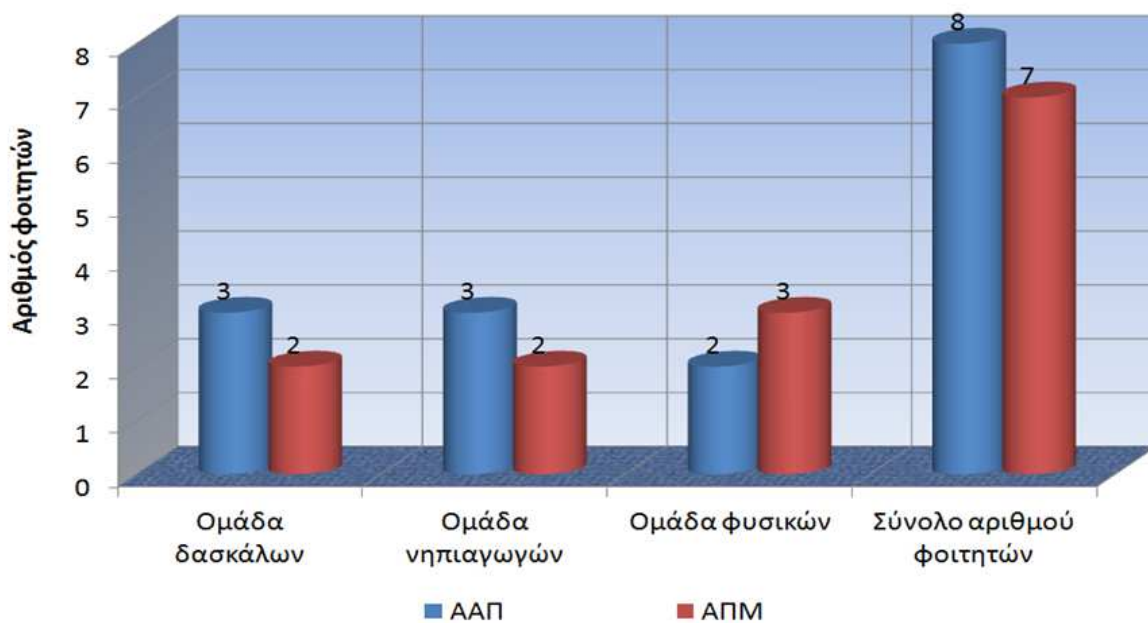
ΦΦ4: *“Τώρα δεν μου έρχεται κάτι συγκεκριμένο στο μυαλό, αλλά φαντάζομαι πως ναι.”*

Πίνακας 10α: Μονάδες καταχώρησης 4^{ου} άξονα: Η αναγνώριση πολλών μορφών μοντέλων.

Άξονας 4 ^{ος}	Μπορούν τα μοντέλα να έχουν διαφορετικές μορφές;																			
Ομάδες	Ομάδα δασκάλων						Ομάδα νηπιαγωγών						Ομάδα φυσικών							
Κατηγορίες	ΦΔ1	ΦΔ2	ΦΔ3	ΦΔ4	ΦΔ5	Σ	ΦΝ1	ΦΝ2	ΦΝ3	ΦΝ4	ΦΝ5	Σ	ΦΦ1	ΦΦ2	ΦΦ3	ΦΦ4	ΦΦ5	Σ	Σύνολο	
Άσαφείς απαντήσεις	4	2	-			6			2	1	1	4		-		1		1	11	
Ποικιλία μορφών				2	1	3	1	1				2	1		3		1	5	10	
Σύνολα ΜΚ ανά ομάδα φοιτητών						9						6						6	21	



Διάγραμμα 11α: Αποτελέσματα ταξινόμησης ΜΚ για τη ποικιλία μορφών των μοντέλων ανά κατηγορία



Διάγραμμα 11β: Αποτελέσματα αριθμού φοιτητών⁶¹ ανά κατηγορία

⁶¹ Σε αυτό το διάγραμμα λαμβάνονται υπό όψη 2 φοιτητές που δεν έδωσαν απάντηση οι οποίοι ταξινομήθηκαν στην κατηγορία των ασαφών απαντήσεων.

Η κατηγορία των ‘ασαφών απαντήσεων’ εμφανίζεται με ελάχιστα μεγαλύτερη συχνότητα στην ομάδα των δασκάλων από ότι στην ομάδα των νηπιαγωγών (6 ΜΚ, 66,7% επί του συνόλου των ΜΚ της ομάδας των δασκάλων και 4 ΜΚ αντίστοιχα, 66,7% επί του συνόλου των ΜΚ της ομάδας των νηπιαγωγών). Η κατηγορία των ασαφών απαντήσεων συναντάται μόνο μία φορά στην ομάδα των φυσικών (διάγραμμα 11α).

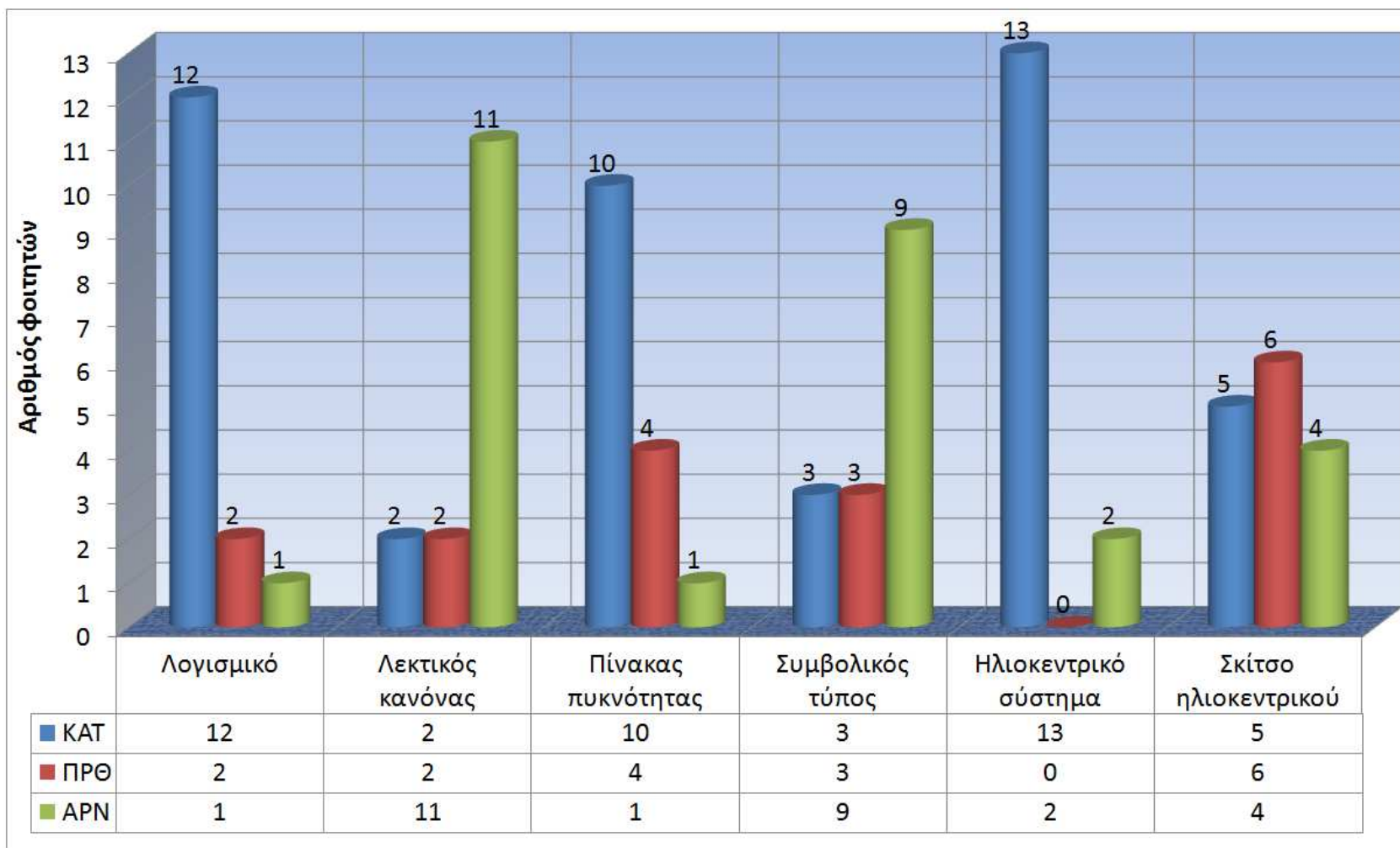
Από το σύνολο των 15 ατόμων του δείγματος, τα 6 άτομα (ΦΔ1, ΦΔ2, ΦΝ3, ΦΝ4, ΦΝ5 και ΦΦ4) εμφανίζουν ‘ασαφείς απαντήσεις’, ενώ 7 άτομα (ΦΔ4, ΦΔ5, ΦΝ1, ΦΝ2, ΦΦ1, ΦΦ3, ΦΦ5) αναγνωρίζουν ‘ποικιλία μορφών’ των μοντέλων. Τα δύο άτομα που δεν εμφανίζουν απαντήσεις εντάσσονται στην κατηγορία των ‘ασαφών απαντήσεων’ (διάγραμμα 11β).

Όσον αφορά τη δεύτερη φάση της ερώτησης σχετικά με τις μορφές των μοντέλων που παρουσιάστηκαν στους φοιτητές, η καταμέτρηση των απαντήσεων των φοιτητών εμφανίζεται στον παρακάτω πίνακα 10β και απεικονίζεται στο διάγραμμα 12. Στην πρώτη στήλη, εμφανίζεται ο κωδικός του κάθε φοιτητή. Στις επόμενες στήλες καταγράφεται, με μία μονάδα καταχώρησης ανά γραμμή, η απάντηση του φοιτητή στην αντίστοιχη υποστήλη (ΚΑΤ, ΑΡΝ, ΠΡΘ) για την κάθε αναπαράσταση.

Από την καταμέτρηση των ΜΚ ανά αναπαράσταση, γίνεται αντιληπτό ότι το λογισμικό θεωρείται μοντέλο από τους 12 από τους 15 φοιτητές (80%). Ο λεκτικός κανόνας δεν αποτελεί μοντέλο για 11 άτομα (73.3%) ενώ ο συμβολικός τύπος δεν αποτελεί μοντέλο για 9 άτομα (60%). Ο πίνακας της πυκνότητας αποτελεί μοντέλο για τα 10 από τα 15 άτομα (66,7%) ενώ φαίνεται να κυριαρχεί η αντίληψη πως μοντέλο είναι το ηλιοκεντρικό σύστημα, καθώς το αποδέχονται οι 13 από τους 15 φοιτητές (86,7%). Το σκίτσο του ηλιοκεντρικού συστήματος παρουσιάζεται ως το πιο αμφιλεγόμενο μοντέλο γιατί οι απαντήσεις μοιράζονται σχεδόν στις τρεις κατηγορίες (είχε αποδοχή 33,3%). Αυτό πρέπει να είναι σημαντικό εύρημα διότι έρχεται σε αντίθεση με το γεγονός ότι οι περισσότεροι από τους φοιτητές, που έδωσαν απάντηση η οποία ταξινομείται στην κατηγορία ΠΡΘ ή ΑΡΝ, είναι φοιτητές που στις ερωτήσεις του πρώτου άξονα, ή ακόμη και στην πρώτη ερώτηση αυτού του 2^{ου} άξονα, έδωσαν παραδείγματα μοντέλων ως σκίτσα.

Πίνακας 10β: Απόδοση θετικής ή αρνητικής απάντησης στην ερώτηση εάν η αναπαράσταση είναι μοντέλο.

Θεωρείται μοντέλο;	Λογισμικό			Λεκτικός κανόνας			Πίνακας πυκνότητας			Συμβολικός τύπος			Ηλιοκεντρικό σύστημα			Σκίτσο ηλιακ. συστήματος		
	ΚΑΤ	ΠΡΘ	ΑΡΝ	ΚΑΤ	ΠΡΘ	ΑΡΝ	ΚΑΤ	ΠΡΘ	ΑΡΝ	ΚΑΤ	ΠΡΘ	ΑΡΝ	ΚΑΤ	ΠΡΘ	ΑΡΝ	ΚΑΤ	ΠΡΘ	ΑΡΝ
ΦΔ1	1				1			1			1		1			1		
ΦΔ2	1					1	1				1		1				1	
ΦΔ3	1					1		1				1	1				1	
ΦΔ4	1			1			1			1			1			1		
ΦΔ5	1			1			1			1			1			1		
ΦΝ1	1					1	1					1	1			1		
ΦΝ2	1					1	1					1	1				1	
ΦΝ3	1					1		1				1	1				1	
ΦΝ4		1				1		1				1	1				1	
ΦΝ5	1					1			1			1			1		1	
ΦΦ1	1					1	1				1		1			1		
ΦΦ2			1			1	1					1	1					1
ΦΦ3	1					1	1					1	1					1
ΦΦ4	1					1	1					1			1			1
ΦΦ5		1			1		1			1			1					1
Αποτελέσματα	12	2	1	2	2	11	10	4	1	3	3	9	13	-	2	5	6	4



Διάγραμμα 12: Αποτελέσματα ταξινόμησης ΜΚ για την αποδοχή μοντέλων

Με σκοπό την καλύτερη σύγκριση των αποτελεσμάτων μας, δημιουργήσαμε τον πίνακα 10γ στον οποίο παρουσιάζονται οι ΜΚ που αφορούν μόνο τις καταφατικές απαντήσεις των φοιτητών. Επιπλέον στην τελευταία γραμμή, υπάρχει συγκέντρωση των ΜΚ που αφορούν θετική απάντηση του κάθε φοιτητή.

Από την κατανομή των ΜΚ στον παρακάτω πίνακα 10γ και το διάγραμμα 13, φαίνεται ότι τα άτομα της ομάδας των δασκάλων εμφανίζουν γενικά περισσότερες θετικές απαντήσεις (20 ΜΚ). Επίσης διακρίνεται ότι ο λεκτικός κανόνας είναι μοντέλο μόνο για δύο άτομα, και τα δύο από την ομάδα των δασκάλων. Τα δύο αυτά άτομα αναγνωρίζουν κάθε αναπαράσταση ως μοντέλο. Τα άτομα της ομάδας των νηπιαγωγών δίνουν τις λιγότερες θετικές απαντήσεις (10 ΜΚ). Δεν υπάρχει άτομο της ομάδας αυτής που να αναγνωρίζει ως μοντέλο το λεκτικό κανόνα και τον συμβολικό τύπο. Ενδεικτικά αναφέρεται η περίπτωση του ΦΝ3, ο οποίος για τον λεκτικό κανόνα απαντά:

ΦΝ3: *“Ο ορισμός της θεωρίας.. όχι, για μένα είναι θεωρία.”*

Στην ομάδα των φυσικών υπάρχουν 14 ΜΚ που αντιστοιχούν σε θετικές απαντήσεις. Ενδιαφέρον εύρημα είναι το γεγονός ότι το λογισμικό δε θεωρείται μοντέλο από όλους τους φοιτητές της ομάδας των φυσικών (μόνο από 3 από τα 5 άτομα) αλλά όλοι οι φοιτητές αναγνωρίζουν ως μοντέλο τον πίνακα της πυκνότητας. Για παράδειγμα, η απάντηση της ΦΦ4 ήταν:

ΦΦ4: *“Το μοντέλο είναι αυτό που λέμε το ηλιακό σύστημα. Αυτό που μου δείχνεις είναι μια πειραματική διάταξη που δείχνει αυτό το μοντέλο. Το μοντέλο είναι όλο.. το μοντέλο είναι δηλαδή οι έννοιες. Και πως συνδέονται μεταξύ τους...”*

Ερευνήτρια: *Κι αυτό είναι η απεικόνισή του;*

ΦΦ4.: *Ναι! Στηρίζεται στο μοντέλο που είπαμε. Τώρα αυτό το μοντέλο το πλανητικό, μπορείς να το κάνεις με οτιδήποτε, με πορτοκάλια, με διάφορους τρόπους για να καταλήξεις στο ίδιο μοντέλο.*

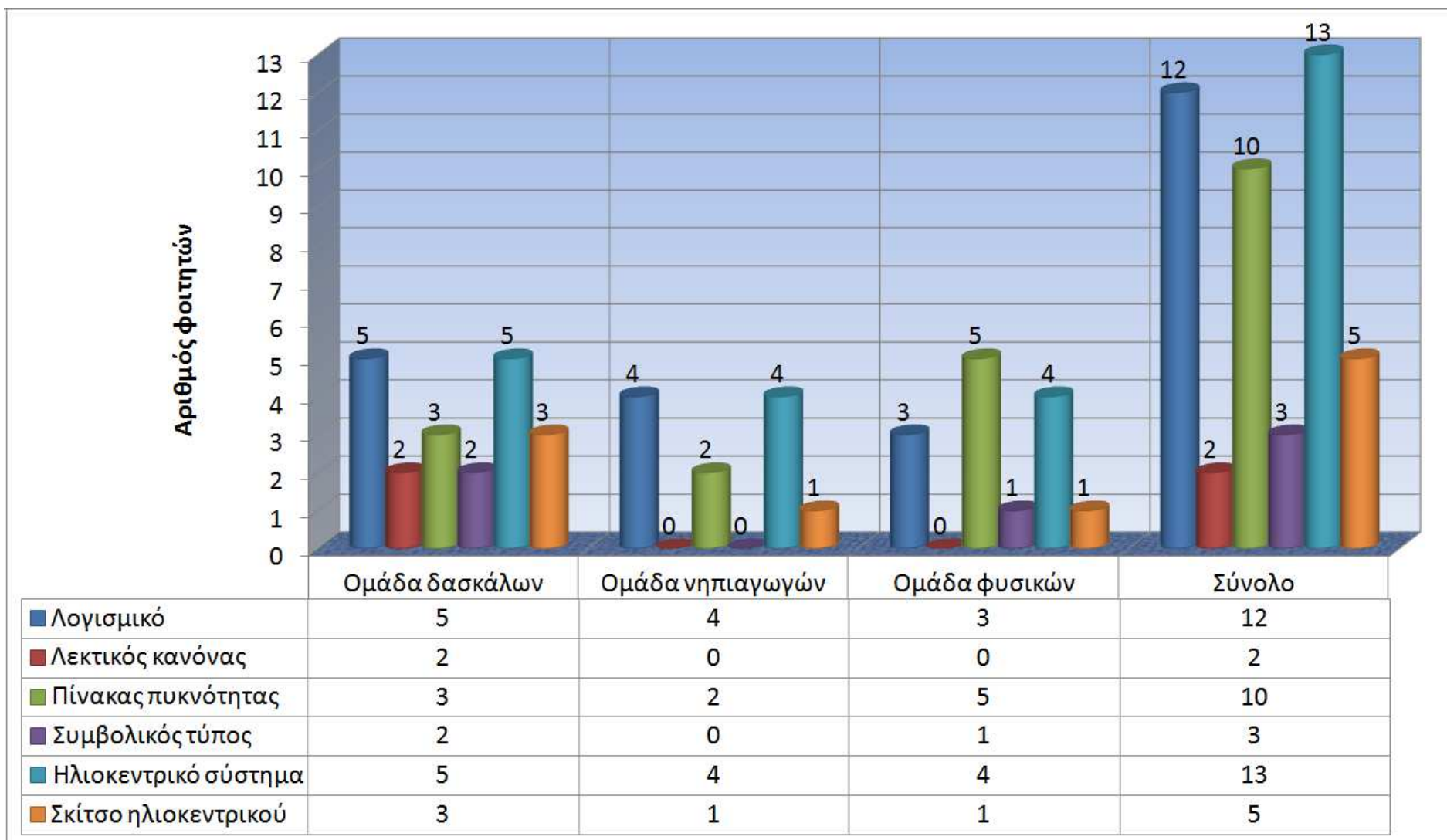
Ερευνήτρια: *Δηλαδή αυτό δεν είναι μοντέλο; Το σύστημα το οποίο αναπαριστά είναι μοντέλο, αυτό λες;.*

ΦΦ4: *Ναι, ναι, αυτό!”*

Επιπλέον προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι ο λεκτικός κανόνας και ο συμβολικός τύπος δεν θεωρούνται μοντέλα από τους περισσότερους φοιτητές της ομάδας των φυσικών (εκτός από την ΦΦ5 που θεωρεί πως ο συμβολικός τύπος είναι μοντέλο επειδή “*περιέχει λόγο μεγεθών*”).

Πίνακας 10γ: Μονάδες καταχώρησης 4^{ου} άξονα: Μορφές με τις οποίες γίνονται αντιληπτά τα μοντέλα.

Άξονας 4 ^{ος}	Ομαδοποίηση καταφατικών απαντήσεων για το ποια από τις αναπαραστάσεις είναι μοντέλο ανά φοιτητή και ομάδα.																		
Ομάδες	Ομάδα Δασκάλων						Ομάδα Νηπιαγωγών						Ομάδα Φυσικών						Σ
Φοιτητές	ΦΔ1	ΦΔ2	ΦΔ3	ΦΔ4	ΦΔ5	Σ	ΦΝ1	ΦΝ2	ΦΝ3	ΦΝ4	ΦΝ5	Σ	ΦΦ1	ΦΦ2	ΦΦ3	ΦΦ4	ΦΦ5	Σ	
Λογισμικό	1	1	1	1	1	5	1	1	1		1	4	1		1	1		3	12
Λεκτικός κανόνας				1	1	2						0						0	2
Πίνακας πυκνότητας		1		1	1	3	1	1				2	1	1	1	1	1	5	10
Συμβολικός τύπος				1	1	2						0					1	1	3
Ηλιοκεντρικό σύστημα	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1		4	1	1	1		1	4	13
Σκίτσο ηλιοκεντρικού	1			1	1	3	1					1	1					1	5
Σύνολα ΜΚ	3	3	2	6	6	20	4	3	2	1	1	10	4	2	3	2	3	14	44



Διάγραμμα 13: Αποτελέσματα ταξινόμησης αριθμού καταφατικών απαντήσεων ανά ομάδα

4.4.3 Συμπεράσματα σχετικά με τις αντιλήψεις για τις μορφές των μοντέλων

Η επεξεργασία και την ανάλυση των αποτελεσμάτων που παρουσιάσαμε στην ενότητα 4.4.2 οδήγησε στα εξής συμπεράσματα:

1. Διαμορφώθηκαν σε δύο αρχικές κατηγορίες ως προς τις απαντήσεις των φοιτητών. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει ασαφείς απαντήσεις, ενώ η δεύτερη κατηγορία αντιστοιχεί στην αναγνώριση μιας ποικιλίας μορφών των μοντέλων.
2. Η παρουσίαση των μοντέλων στους φοιτητές οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το λογισμικό, ο πίνακας της πυκνότητας και το ηλιοκεντρικό σύστημα, θεωρούνται μοντέλα για τους περισσότερους φοιτητές. Ιδιαίτερες περιπτώσεις θεωρούνται οι ΦΝ5 και ΦΦ4 που δηλώνουν πως το ηλιοκεντρικό σύστημα δεν είναι μοντέλο, αλλά το μοντέλο είναι αυτό που αναπαρίσταται μέσω της κατασκευής μαζί με τους νόμους και τις αρχές που διέπουν το σύστημα και την θεώρηση που έχει ο καθένας για αυτό.
3. Η ομάδα των δασκάλων δεν εμφανίζει κατηγορηματικά αρνητικές απαντήσεις για την πλειονότητα των μοντέλων (εκτός από την περίπτωση του λεκτικού κανόνα και του συμβολικού τύπου), γεγονός που σημαίνει ότι θέτουν κάποιες προϋποθέσεις τις οποίες πρέπει να πληρεί μία αναπαράσταση για να είναι μοντέλο. Οι προϋποθέσεις αυτές αφορούν: α) το κοινό στο οποίο απευθύνεται η αναπαράσταση, β) την κατάλληλη και προσεκτική περιγραφή της καθώς και γ) τη σύνδεση της αναπαράστασης με ένα σύνολο ενεργειών, όπως η παρουσίαση ενός πειράματος και στη συνέχεια η παρουσίασή της. Ο λεκτικός κανόνας και ο συμβολικός τύπος ενδέχεται να μην αποτελούν μοντέλα για τους περισσότερους φοιτητές της ομάδας, για το λόγο του ότι το επίπεδο διδασκαλίας των ΦΕ στην αντίστοιχη βαθμίδα εκπαίδευσης δεν απαιτεί την χρήση τέτοιων αναπαραστάσεων.
4. Κανένας φοιτητής από την ομάδα των νηπιαγωγών δεν εκφράζει την αντίληψη πως ο λεκτικός κανόνας ή ο συμβολικός τύπος είναι μοντέλα, ενώ μόλις ένας φοιτητής θεωρεί πως το σκίτσο είναι μοντέλο. Αυτό το συμπέρασμα ερμηνεύεται από το επίπεδο κατανόησης και εμπέδησης που έχουν οι φοιτητές της ομάδας των νηπιαγωγών στις ΦΕ αλλά και από την κατεύθυνση που παρακολουθούσαν στο λύκειο (σχεδόν όλοι οι φοιτητές της ομάδας, εκτός από τον ΦΝ1 προέρχονται από θεωρητική κατεύθυνση).
5. Στην ομάδα των φυσικών μόνο 3 από τους 5 θεωρούν πως το λογισμικό είναι μοντέλο. Αυτό συμβαίνει γιατί δεν είναι σίγουροι πως είναι πλήρως κατανοητό και επεξηγηματικό, εφόσον δεν πληρεί κάποια επιστημονικά κριτήρια, όπως το να εμφανίζονται οι δυνάμεις που προκαλούν την κίνηση, ώστε να είναι τεκμηριωμένο και 'πιο κοντά στη φυσική'. Ροκαλεί

έκπληξη το γεγονός ότι οι τρεις αναπαραστάσεις της πυκνότητας θεωρούνται μοντέλο από όλους τους φοιτητές της ομάδας. Αυτό θεωρήθηκε ενδιαφέρον εύρημα σε συνδυασμό με τις λίγες καταφατικές απαντήσεις που ταξινομήθηκαν στις υπόλοιπες αναπαραστάσεις. Σε αυτό τον πίνακα οι φοιτητές αναγνώρισαν μια σχηματική αναπαράσταση που προκάλεσε λογικούς συνειρμούς, αντίληψη που τείνει να προσεγγίσει την επιστημονική θεώρηση της φύσης των μοντέλων, όπως συναντάται στη βιβλιογραφία. Το σκίτσο του ηλιοκεντρικού και ο συμβολικός κανόνας θεωρούνται μοντέλα μόνο από έναν φοιτητή (ειδικά το σκίτσο έλαβε 4 κατηγορηματικά αρνητικές απαντήσεις). Οι αρνητικές απαντήσεις αφορούσαν το γεγονός ότι από μόνη της η εικόνα δεν δίνει καμία πληροφορία και ότι είναι στατική. Υποτέθηκε, λοιπόν, ότι αυτό συνέβη επειδή αφενός μεν η εικόνα υπολείπεται 'επιστημονικών χαρακτηριστικών', όπως η αναλογία των μεγεθών και των αποστάσεων, και αφετέρου στην σειρά παρουσίασής της αμέσως μετά την επίδειξη του ηλιοκεντρικού συστήματος. Η αναπαράσταση δηλαδή του ίδιου συστήματος με έναν από και δυναμικό τρόπο ενδεχομένως να υπερίσχυσε ως μοντέλο στην αντίληψη των φοιτητών.

6. Οι αναπαραστάσεις που θεωρούν ως μοντέλα οι φοιτητές πρέπει να πληρούν κριτήρια όπως η κατανόηση ή η εποπτεία που προσφέρουν, καθώς και η ακρίβεια και σαφήνεια με την οποία αναπαριστούν το στόχο. Αυτά τα κριτήρια συνδέονται άμεσα με τα χαρακτηριστικά που αποδίδουν οι φοιτητές στα μοντέλα. Αποδείχτηκε, δηλαδή, ότι εάν ένας φοιτητής θεωρούσε πως τα μοντέλα πρέπει να είναι σαφή και επιστημονικά έγκυρα, τότε αποδεχόταν μια αναπαράσταση ως μοντέλο (εάν πληρούσε αυτά τα κριτήρια).

4.5 Επίπεδα αντίληψης σχετικά με τα μοντέλα στην παρούσα έρευνα

Οι αντιλήψεις των φοιτητών του δείγματος, όπως προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων, μπορούν να ομαδοποιηθούν και να ταξινομηθούν σε επίπεδα γνώσης (Grosslight et al., 1991 κ.α.) σχετικά με τα μοντέλα, γύρω από τους τέσσερεις βασικούς άξονες γνώσης: φύση, χαρακτηριστικά, λειτουργίες, μορφές. Για να είναι τα αποτελέσματα συγκρίσιμα⁶² δημιουργήθηκε ο πίνακας 11, στον οποίο ταξινομούνται οι αντιλήψεις των φοιτητών σε τρία επίπεδα γνώσης, με κριτήριο το κατά πόσο οι απόψεις τους συμπίπτουν με τις επιστημονικές. Στο επίπεδο 1, ομαδοποιούνται οι απαντήσεις των φοιτητών οι οποίες είτε ήταν ασαφείς, είτε αποκλίνουν κατά πολύ από τις επιστημονικές αντιλήψεις για τα μοντέλα (για παράδειγμα η αντίληψη πως τα μοντέλα είναι αντικείμενα είναι η κεντρική αντίληψη του επιπέδου 1). Στο δεύτερο επίπεδο (επίπεδο 2) ομαδοποιήθηκαν οι αντιλήψεις που παρουσιάζουν μια πιο ανεπτυγμένη γνώση για τα μοντέλα σχετικά με το πρώτο επίπεδο και αποκλίνουν λιγότερο από τις επιστημονικές (παραδείγματος χάρη, στο επίπεδο 2 δεν υπάρχουν τα μοντέλα ως αντικείμενα αλλά ως αναπαραστάσεις). Στο επίπεδο 3 ομαδοποιούνται οι αντιλήψεις που συμπίπτουν περισσότερο με τις επιστημονικές και εμφανίζουν μια πιο σύνθετη θεώρηση των μοντέλων (για παράδειγμα, στο επίπεδο 3 η κεντρική αντίληψη είναι ότι τα μοντέλα είναι εργαλεία για την επίλυση προβλημάτων, την ερμηνεία φαινομένων και εννοιών καθώς και εργαλεία πρόβλεψης).

Εξήχθη, λοιπόν, το συμπέρασμα ότι οι φοιτητές του δείγματός αυτού εμφάνισαν τα εξής επίπεδα αντιλήψεων:

⁶² Όσον αφορά τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με τη βιβλιογραφία, ειδικά για τον άξονα που αφορά τα χαρακτηριστικά των μοντέλων, παρατηρείται ότι παρ'όλο που οι ερευνητές θέτουν ερωτήματα σχετικά με το τι χαρακτηριστικά πρέπει να έχει ένα μοντέλο, δεν ομαδοποιούν τις αντιλήψεις αυτές σε επίπεδα γνώσης. Στην παρούσα έρευνα ωστόσο θεωρείται κρίσιμο να παρουσιαστεί αυτή η ομαδοποίηση αντιλήψεων για δύο λόγους: α) για να βοηθήσει στην καλύτερη εποπτεία σχετικά με το τι διαφορετικές αντιλήψεις υπάρχουν σχετικά με τα χαρακτηριστικά των μοντέλων, και β) διότι φάνηκε από το συνδυασμό των απαντήσεων των φοιτητών ότι κρίνουν μια αναπαράσταση ως μοντέλο με βάση αυτά ακριβώς τα χαρακτηριστικά. Οι φοιτητές, δηλαδή φάνηκε να έχουν στο μυαλό τους κάποια κριτήρια (χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν τα μοντέλα) και με βάση αυτά αποδεχόντουσαν μια αναπαράσταση ως μοντέλο. Εάν δεν κάλυπτε αυτά τα κριτήρια, τότε η αναπαράσταση δεν ήταν μοντέλο (βλ. ενότητα 4.2.2.).

Πίνακας 11: Αντιλήψεις φοιτητών για τα μοντέλα στην παρούσα έρευνα

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 αναπαραστάσεις ενός φαινομένου ή ενός συστήματος, να είναι οι ιδέες που έχουμε για κάτι και δεν είναι απαραίτητα απτές κατασκευές.	Τα μοντέλα είναι εργαλεία για την επίλυση προβλημάτων, τη μελέτη συστημάτων και παρέχουν τη δυνατότητα τροποποίησης 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 επιπλέον '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 επιπλέον 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 απτές, δυναμικές αναπαραστάσεις, πίνακες και σκίτσα 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.

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα, περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για το μέλλον

5.1 Συμπεράσματα βιβλιογραφικής επισκόπησης

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας έγιναν προσπάθειες προσέγγισης του ορισμού των μοντέλων, όπως διατυπώθηκε κατά την επισκόπηση της βιβλιογραφίας. Υπάρχουν, λοιπόν, πάρα πολλές παραπλήσιες ερμηνείες που δίνουν οι ερευνητές στον όρο μοντέλο. Κυρίαρχο ρόλο φαίνεται να έχει η λέξη ‘αναπαράσταση’ μιας έννοιας, ιδέας, φαινομένου ή αντικειμένου, ορισμός που αποδίδεται στον Gilbert (1991, 2000, 2005). Επίσης, όλοι οι ερευνητές που έχουν ως αντικείμενο μελέτης τα μοντέλα και της λειτουργίες τους βασίζονται ή αναπτύσσουν αυτόν τον ορισμό (βλ. κεφ. 1).

Αναφορικά με τις όψεις των μοντέλων, στο τι μοντέλα δηλαδή εμφανίζονται στις ΦΕ, διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν διάφορες κατηγοριοποιήσεις και μάλιστα με σαφή κριτήρια όπως: η φύση των μοντέλων (τι είναι τα μοντέλα ως οντότητες), η μορφή των μοντέλων (με ποιο τρόπο τα μοντέλα αναπαριστούν τις έννοιες/φαινόμενα/ιδέες/θεωρίες), οι λειτουργίες των μοντέλων (για ποιο λόγο χρησιμοποιούνται τα μοντέλα) και ο τρόπος αναπαράστασής τους (με ποιο τρόπο αναπαρίστανται τα μοντέλα ώστε να γίνονται αντιληπτά από τις ανθρώπινες αισθήσεις). Ως προς αυτές τις βασικές πτυχές των όψεων των μοντέλων επιτεύχθηκε η ταξινόμηση των κατηγοριών των μοντέλων, με αποτέλεσμα τη δημιουργία του διαγράμματος 1 (βλ. ενότητα 1.1., σελ. 28).

Η συνέχεια της εργασίας αφορήσε περισσότερο δύο όψεις των μοντέλων: τα επιστημονικά μοντέλα και τα νοητικά μοντέλα. Ειδικότερα, για τα επιστημονικά μοντέλα διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν δύο προσεγγίσεις. Η μία προσέγγιση είναι αυτή που καταδεικνύει τα επιστημονικά μοντέλα ως τις αναπαραστάσεις που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για ένα φαινόμενο, ένα σύστημα ή μία έννοια. Η δεύτερη προσέγγιση είναι αυτή που καταδεικνύει τα μοντέλα ως πιο αφηρημένες θεωρητικές οντότητες οι οποίες ερμηνεύουν ένα φαινόμενο, ένα σύστημα ή μία έννοια και μπορούν να αναπαρασταθούν ποικιλοτρόπως. Οι πτυχές των επιστημονικών μοντέλων παρουσιάστηκαν στο διάγραμμα 2 (βλ. ενότητα 1.2, σελ. 34).

Τα νοητικά μοντέλα είναι οι προσωπικές νοητές αναπαραστάσεις που σχηματίζουν οι άνθρωποι προκειμένου να κατανοήσουν και να εξηγήσουν τα φαινόμενα που παρατηρούν και τις έννοιες που τα περιγράφουν. Τα νοητικά μοντέλα μπορούν να συγκροτούν ολόκληρες

θεωρίες γνωστικού περιεχομένου ή να αποτελούν αποσπασματικά τμήματα ιδεών. Γίνεται γενικά αντιληπτό ότι τα νοητικά μοντέλα είναι το αρχικό στάδιο ερμηνείας και διαχείρισης της επιστημονικής γνώσης και σε αυτά στηρίζονται τα επιστημονικά μοντέλα. Ένα επιστημονικό μοντέλο δημιουργείται όταν ένας επιστήμονας δημιουργήσει ένα νοητικό μοντέλο για ένα φαινόμενο ή μία έννοια και αυτό γίνει αποδεκτό, κατόπιν συναίνεσης, από την επιστημονική κοινότητα. Καταλήγουμε, λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι αυτές οι δύο όψεις των μοντέλων είναι οι ακραίες, διότι σε επίπεδο προσέγγισης της επιστημονικής γνώσης, στόχος της διδασκαλίας είναι η βαθμιαία σύγκλιση των νοητικών μοντέλων των μαθητών στα επιστημονικά μοντέλα.

Η σύγκλιση των νοητικών μοντέλων των μαθητών με την επιστημονική γνώση γίνεται με τη διαδικασία της μοντελοποίησης. Ως μοντελοποίηση ορίζεται η μάθηση ή η κατασκευή των μοντέλων, η χρήση τους για πειραματισμό και πρόβλεψη, η εφαρμογή και αναπροσαρμογή τους καθώς και η παραγωγή νέων μοντέλων από τους μαθητές. Η μοντελοποίηση φαίνεται να είναι ένα πεδίο στο οποίο συνυπάρχουν η διερευνητική προσέγγιση στη μάθηση με την εποικοδομητική προσέγγιση. Κατά τη μοντελοποίηση ο μαθητής μπορεί να υπόκειται σε διερευνητικές δραστηριότητες, εξερευνώντας ιδέες και έννοιες. Καλούνται διερευνητικές, διότι θεωρείται δεδομένο πως ο μαθητής μπορεί να έχει διαφορετικές ιδέες από αυτές που του παρουσιάζονται αλλά χρησιμοποιεί έτοιμα μοντέλα (για παράδειγμα κατασκευές ή προσομοιώσεις). Η εποικοδομητική προσέγγιση κατά την μοντελοποίηση έγκειται στο ότι ο μαθητής μπορεί να εκφράσει και να διαχειριστεί τις δικές του ιδέες, νοητικά μοντέλα, και να πειραματιστεί ελέγχοντάς τες και τροποποιώντας τες. Παρατηρήθηκε ότι η μοντελοποίηση έχει διπλή χρησιμότητα: α) οι μαθητές μπορούν να μάθουν για τα μοντέλα, να αποκτήσουν δηλαδή γνώσεις για αυτά και β) να αναπτύξουν δεξιότητες. Μία καταγραφή των γνώσεων για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση και των δεξιοτήτων που μπορούν να αναπτύξουν οι μαθητές με την μοντελοποίηση παρουσιάστηκε στον πίνακα 2 (βλ. ενότητα 1.5, σελ. 49).

Όσον αφορά το τι αντιλήψεις υπάρχουν για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση, έχουν γίνει αρκετές έρευνες στο εξωτερικό που εστιάζουν είτε στην διερεύνηση των αντιλήψεων μαθητών και εκπαιδευτικών, είτε στην εφαρμογή δραστηριοτήτων μοντελοποίησης με σκοπό τη βελτιστοποίηση μαθησιακών αποτελεσμάτων. Οι έρευνες έχουν δείξει ότι, ως ένα σημείο, οι μαθητές και οι καθηγητές κατανοούν τη σημασία των μοντέλων στις ΦΕ, αν και το μεγαλύτερο ποσοστό σε όλες τις έρευνες εμφανίζει την αντίληψη πως το μοντέλο είναι ένα αντικείμενο ή ομοίωμα ενός πραγματικού αντικειμένου. Επιπλέον, στις περισσότερες έρευνες οι

συμμετέχοντες δεν αναγνώριζαν πλήρως τις λειτουργίες των μοντέλων, ούτε και τις δυνατότητές τους.

Κατά την επισκόπηση των ερευνών για τις αντιλήψεις μελλοντικών και εν ενεργεία εκπαιδευτικών για τα μοντέλα, παρατηρήθηκε ότι οι περισσότεροι ερευνητές ταξινομούν τις αντιλήψεις που συναντούν σε τρία επίπεδα γνώσης (όπως οι Grosslight et al, 1991, Windschitl & Thomson, 2006, Πετρίδου, 2008, Στεφανή, 2007) ή τέσσερα επίπεδα γνώσης (όπως οι Crawford & Cullin, 2005) (βλ. ενότητα 2.3). Κριτήριο αυτής της ταξινόμησης ήταν το κατά πόσο αυτές οι αντιλήψεις που εξέφραζαν τα άτομα των δειγμάτων απέκλιναν από τις επιστημονικές απόψεις για τα μοντέλα. Όλοι οι ερευνητές, ωστόσο, παρατηρούν κάποιες περιπτώσεις ατόμων των οποίων οι αντιλήψεις είτε δεν εντάσσονται στις ήδη υπάρχουσες κατηγορίες είτε περιλαμβάνουν στοιχεία σύμφωνα με τα οποία κατατάσσονται σε παραπάνω από μία κατηγορίες.

Όσον αφορά τις έρευνες κατά τις οποίες γινόταν διδακτική παρέμβαση με μοντέλα, τα μαθησιακά αποτελέσματα δεν ήταν μόνο ικανοποιητικά ως προς το γνωστικό αντικείμενο: σχεδόν όλοι οι συμμετέχοντες φαινόταν να κατανοούν καλύτερα το εκάστοτε γνωστικό αντικείμενο. Ικανοποιητικό αποτέλεσμα επιπλέον θεωρείται ότι με την συμμετοχή σε διαδικασίες μοντελοποίησης οι εκπαιδευτικοί αναπτύσσουν ευρύτερη αντίληψη σχετικά με τα μοντέλα, τη φύση και τις λειτουργίες τους. Παρατηρήθηκε, δηλαδή, μια μετατόπιση των αντιλήψεων των συμμετεχόντων από ένα επίπεδο σε άλλο, το οποίο συγκλίνει περισσότερο με τις επιστημονικές απόψεις για τα μοντέλα. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι η εκμάθηση μοντέλων και η ένταξη μαθητών αλλά και εκπαιδευτικών σε διαδικασίες μοντελοποίησης μπορεί να τους οδηγήσει σε καλύτερη κατανόηση της φύσης και των λειτουργιών των μοντέλων και κατ' επέκταση των ΦΕ.

5.2 Συμπεράσματα της έρευνας

Το δείγμα αποτελούνταν από πέντε φοιτητές της σχολής Δημοτικής Εκπαίδευσης (ομάδα δασκάλων), πέντε φοιτητές της σχολής Νηπιαγωγών (ομάδα νηπιαγωγών) και πέντε φοιτητές της σχολής Φυσικού (ομάδα φυσικών). Μέθοδος συλλογής των δεδομένων ήταν η ημιδομημένη συνέντευξη. Το ερευνητικό εργαλείο και οι ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν αναλύονται στο κεφάλαιο 3. Στόχος ήταν η διερεύνηση των αντιλήψεων των φοιτητών σχετικά με τα μοντέλα γύρω από 4 άξονες γνώσης (βλ. κεφάλαιο 3). Στο κεφάλαιο 4 και συγκεκριμένα στις ενότητες 4.1.3., 4.2.3., 4.3.3. και 4.4.3., παρουσιάστηκαν τα συμπεράσματα που προκύπτουν για κάθε άξονα γνώσης ξεχωριστά. Τα γενικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την έρευνά είναι τα εξής:

1. Ένας παράγοντας που φάνηκε να επηρεάζει τις αντιλήψεις των φοιτητών για τα μοντέλα είναι η χρήση των μοντέλων από τους ίδιους κατά την μαθητική τους εμπειρία. Όπως προκύπτει από τις απαντήσεις τους, οι φοιτητές πολύ συχνά έδιναν παραδείγματα μοντέλων που έχουν διδαχθεί στο παρελθόν προσπαθώντας να ανακαλέσουν ό,τι είχαν διδαχθεί στο σχολείο. Φαίνεται, δηλαδή, ότι οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των φοιτητών κατέχουν πολύ σημαντικό ρόλο στη συζήτηση που έγινε μαζί τους για τα μοντέλα.

2. Επιπλέον παράγοντας που επηρεάζει τις αντιλήψεις και γενικά την ευχέρεια με την οποία μιλάνε οι φοιτητές για τα μοντέλα είναι η κατεύθυνση που ακολουθούσαν στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Οι φοιτητές ΦΔ4, ΦΝ1, και όλοι οι φοιτητές της ομάδας των φυσικών, προέρχονταν από τεχνολογική/θετική κατεύθυνση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μπορούν να παρουσιάσουν περισσότερα παραδείγματα μοντέλων ΦΕ και να εμφανίζουν αντιλήψεις που συγκλίνουν περισσότερο με τις επιστημονικές, σχετικά με τους άλλους συμμετέχοντες της έρευνας. Ιδιαίτερη περίπτωση στην ομάδα των δασκάλων ήταν η περίπτωση της ΦΔ5, η οποία είναι απόφοιτος φιλοσοφικής σχολής και φοιτήτρια του τμήματος δημοτικής εκπαίδευσης μετά από κατατακτήριες εξετάσεις. Η συγκεκριμένη φοιτήτρια είχε εμφανώς διαφορετική αντίληψη από τους υπόλοιπους κάτι που φάνηκε από τις εκτενείς και δομημένες απαντήσεις της.

3. Το αντικείμενο σπουδών επηρεάζει τη στάση των φοιτητών κατά τη συζήτηση θεμάτων που αφορούν τις ΦΕ. Αυτό φαίνεται από τα επιμέρους συμπεράσματα για κάθε άξονα γνώσης σχετικά με τα μοντέλα (βλ. κεφ. 4, ενότητες 4.1.3, 4.2.3, 4.3.3, 4.4.3). Παρατηρήθηκε, δηλαδή, ότι υπάρχει μια διαβάθμιση στην προσέγγιση που έχουν οι φοιτητές για τα μοντέλα η οποία σχετίζεται με τη σχολή φοίτησης. Η ομάδα των νηπιαγωγών, της οποίας το αντικείμενο

σπουδών έχει την μικρότερη εμβάθυνση στις ΦΕ, εμφανίζει συχνά μονοδιάστατες αντιλήψεις διδακτικού χαρακτήρα για τα μοντέλα: “*Τα μοντέλα είναι αντικείμενα*”, “*χρησιμοποιούνται καθαρά για την κατανόηση των μαθητών*”, οι συμβολικοί τύποι και οι λεκτικοί κανόνες ανήκουν “*στη θεωρία*”. Η ομάδα των δασκάλων παρουσιάζει γενικά μια πολυδιάστατη προσέγγιση με αντιλήψεις που φαίνεται να συνδυάζουν την διδακτική προσέγγιση και την “*επιστημονικότητα*” των μοντέλων στις ΦΕ. Η ομάδα των φυσικών φαίνεται να έχει μια πιο ‘προσανατολισμένη στην επιστήμη’ προσέγγιση των μοντέλων, ειδικότερα όσον αφορά τα χαρακτηριστικά τους.

Τα επίπεδα αντιλήψεων που προέκυψαν κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται στον πίνακα 11 (βλ. ενότητα 4.5).

4. Όσον αφορά την ομαδοποίηση των αντιλήψεων, διατυπώθηκαν τρία γενικά επίπεδα γνώσης για τα μοντέλα. Αυτή η παρατήρηση συμφωνεί με τους Grosslight et al. (1991), καθώς και με τους Crawford & Cullin (2003, 2004), οι οποίοι θεωρούν πως αυτή η ομαδοποίηση των αντιλήψεων δεν επαρκεί, διότι και στο δείγμα που χρησιμοποιήθηκε για την εργασία υπήρχαν άτομα που παρουσίαζαν πολυδιάστατη θεώρηση. Οι αντιλήψεις τους εντάσσονται σε παραπάνω από μία κατηγορίες ή/και φαίνεται να βρίσκονται μεταξύ δύο επιπέδων γνώσης. Οι περισσότεροι φοιτητές, ωστόσο, εμφανίζουν αντιλήψεις επιπέδου 1 και 2 και μόλις τρεις φοιτητές εμφανίζουν σε κάποιες απαντήσεις τους αντιλήψεις επιπέδου 3. Συγκεκριμένα, όσον αφορά τις μορφές των μοντέλων ως προς τον τρόπο που αναπαρίστανται, όλοι ή σχεδόν όλοι οι φοιτητές αποδέχονται ως μοντέλα τις απτές δυναμικές αναπαραστάσεις και τα λογισμικά. Αυτό επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα και συμπεράσματά σχετικά με την ομαδοποίηση των αντιλήψεων των φοιτητών για τη φύση των μοντέλων.

Ως προς τα ερευνητικά ερωτήματα, διατυπώνονται με σαφήνεια οι εξής απαντήσεις:

1. Τι νοήματα αποδίδονται στον όρο ‘μοντέλο’; Είναι τα μοντέλα απλά αντικείμενα; (άξονας 1^{ος}: φύση των μοντέλων).

- ✓ Περίπου οι μισοί φοιτητές του δείγματος (46,7%) εμφανίζουν πολυδιάστατη θεώρηση για τα μοντέλα, αναγνωρίζουν δηλαδή τα μοντέλα ως απτά αντικείμενα αλλά και ως αναπαραστάσεις φαινομένων και εννοιών με πιο αφηρημένο χαρακτήρα.

2. Τι χαρακτηριστικά αποδίδουν οι φοιτητές στα μοντέλα; (άξονας 2^{ος}: χαρακτηριστικά των μοντέλων).

- ✓ Περίπου οι μισοί φοιτητές του δείγματος (46,7%) αποδίδουν διδακτικά χαρακτηριστικά στα μοντέλα. Υπάρχει ένα ποσοστό φοιτητών (20%) που αποδίδουν μόνο ‘επιστημονικά’ χαρακτηριστικά στα μοντέλα και περιπτώσεις που συνδυάζουν διδακτικά και ‘επιστημονικά’ χαρακτηριστικά (33,3%).

3. Ποιος νομίζουν οι φοιτητές ότι είναι ο ρόλος των μοντέλων; (άξονας 3^{ος}: λειτουργίες των μοντέλων).

- ✓ Σημαντικό ποσοστό φοιτητών (40%) αντιλαμβάνεται μόνο την περιγραφική λειτουργία των μοντέλων και τα αναγνωρίζει ως εργαλεία κατανόησης. Οι υπόλοιποι φοιτητές (60%) αναγνωρίζουν είτε την επεξηγηματική τους λειτουργία είτε την σημασία τους στη μελέτη ενός συστήματος και την επίλυση προβλημάτων. Μόλις 3 φοιτητές αναφέρονται στην προβλεπτική τους λειτουργία. Αυτό το συμπέρασμα συμφωνεί με τη βιβλιογραφία (Crawford & Cullin, 2003, 2004, Grosslight et al., 1991, Gilbert & Boulter, 2000, Justi & Gilbert, 2002, κ.ά, βλ. ενότητα 2.2.)

4. Ποιες μορφές αναπαραστάσεων αναγνωρίζουν οι φοιτητές ως μοντέλα; (άξονας 4^{ος}: τρόπος αναπαράστασης μοντέλων – μορφές μοντέλων).

- ✓ Οι περισσότεροι φοιτητές του δείγματος αποδέχονται ότι ένα μοντέλο μπορεί να εμφανίζεται ως απτό αντικείμενο, ως δυναμική αναπαράσταση σε υπολογιστή ή ως πίνακας μεγεθών. Οι υπόλοιποι τρόποι αναπαράστασης ενός μοντέλου πρέπει να πληρούν κάποιες προϋποθέσεις ώστε να χαρακτηριστούν ως μοντέλα. Οι πιο βασικές προϋποθέσεις είναι: α) η προσαρμογή τους στο κοινό στο οποίο απευθύνονται, β) η σαφήνεια με την οποία αναπαριστούν την επιστημονική θεωρία, και γ) το κατά πόσο περιλαμβάνουν όλες τις απαραίτητες μεταβλητές ώστε να αποδίδεται πιο ορθά το φαινόμενο που αναπαριστούν. Μόλις το 13,3% αναγνωρίζει όλες τις αναπαραστάσεις ως μοντέλα.

5.3 Περιορισμοί της έρευνας – Προτάσεις για το μέλλον

Η παρούσα εργασία είχε στόχο την μελέτη των όψεων των μοντέλων στη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ. Το πρώτο μέρος της, η επισκόπηση της βιβλιογραφίας, ανέδειξε τις διαφορετικές ερμηνείες καθώς και τις λειτουργίες που αποδίδουν οι ερευνητές στα μοντέλα. Η αποσαφήνιση του όρου ‘μοντέλο’ προκάλεσε σοβαρούς προβληματισμούς διότι πολλοί ερευνητές απέδιδαν με διαφορετικούς όρους παρόμοιες λειτουργίες. Ωστόσο, θεωρείται σαφής η ανάλυση για τις διάφορες όψεις των μοντέλων σε κατηγορίες ως προς τη φύση, τη μορφή, τις λειτουργίες τους και τρόπο αναπαράστασής τους.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας, η έρευνα που διενεργήθηκε, αποτέλεσε μια προσπάθεια διερεύνησης και ανάδειξης αντιλήψεων φοιτητών από σχολές τριών διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων. Τα ερωτήματα που τέθηκαν αφορούσαν τη φύση των μοντέλων, τα χαρακτηριστικά τους, τις λειτουργίες τους και τον τρόπο αναπαράστασής τους (μορφή μοντέλων). Σε αυτό το σημείο, επίσης, πρέπει να διευκρινιστεί ότι δεν διερευνήθηκαν ζητήματα όπως τα όρια των μοντέλων ή η δυνατότητα αλλαγής τους, διότι θα απαιτούσε χρήση μοντέλων από τους ίδιους τους συμμετέχοντες. Θα έπρεπε να ενταχθούν δηλαδή σε δραστηριότητες μοντελοποίησης και κατόπιν να γίνει μελέτη των αντιλήψεων που θα είχαν σχηματίσει για τα μοντέλα διαμέσου αυτών των δραστηριοτήτων - ενέργειες που θα ήταν εκτός πλαισίου της μεταπτυχιακής εργασίας.

Πέρα από τις εμφανείς δυσκολίες που παρουσιάζουν οι ποιοτικές έρευνες ως προς τη διεξαγωγή τους (εύρεση ατόμων δείγματος, επιλογή κατάλληλου ερευνητικού εργαλείου, ορθή συλλογή και επεξεργασία δεδομένων κ.τ.λ.) παρατηρήθηκε ότι ήταν ιδιαίτερα επίπονη διαδικασία η επεξεργασία των ποιοτικών δεδομένων. Η απόδοση νοημάτων στις απαντήσεις των φοιτητών αποτελούσε μόνιμο θέμα προβληματισμού και διαρκούς αξιολόγησης και ελέγχου. Θεωρείται, ωστόσο, σχετικά επιτυχής η προσέγγιση του σκοπού της έρευνας ως προς τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μελλοντικών εκπαιδευτικών και ότι διατυπώθηκαν συμπεράσματα που αντικατοπτρίζουν με αμεσότητα τα επίπεδα των αντιλήψεων των φοιτητών για τα μοντέλα.

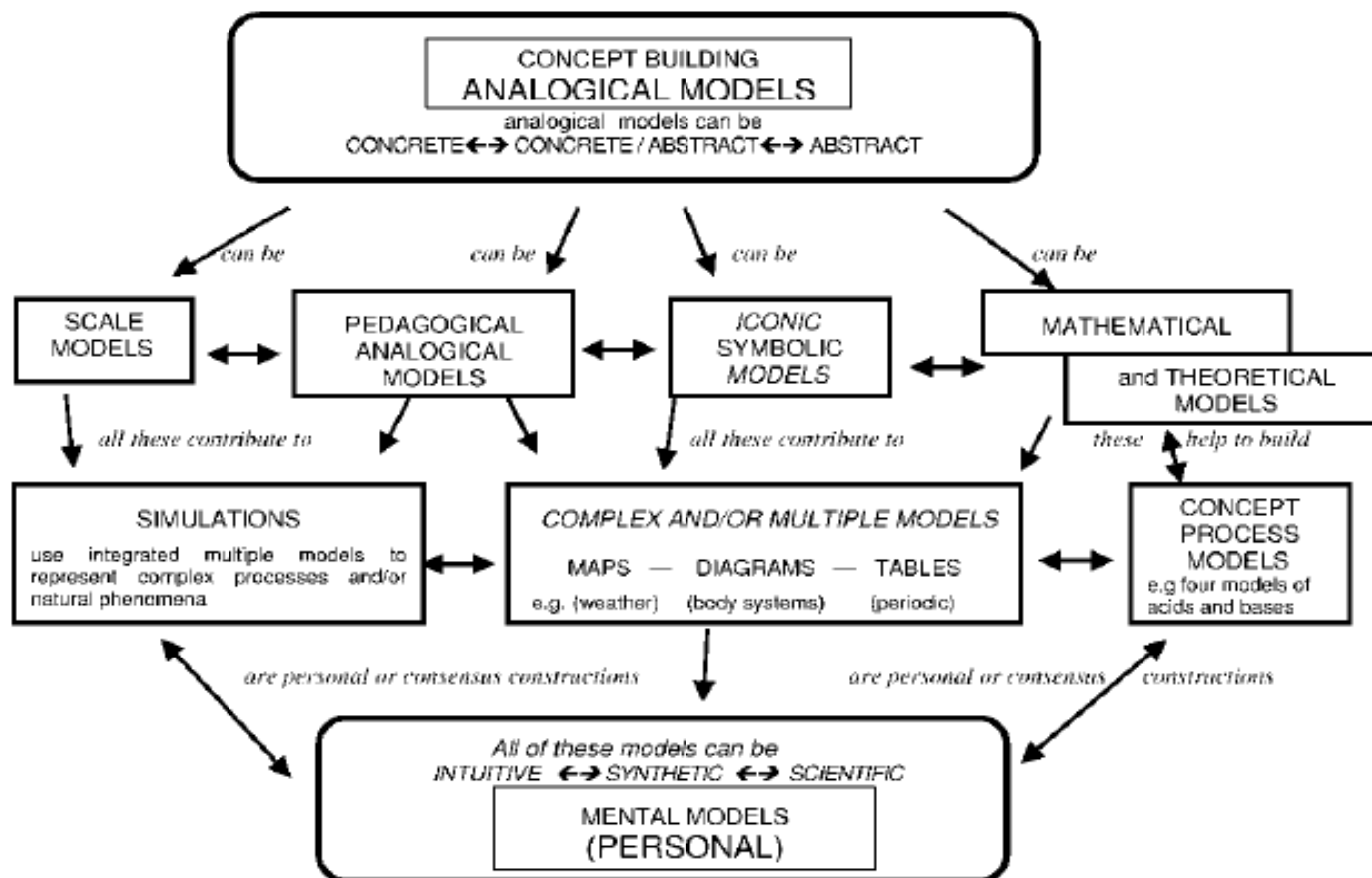
Γίνεται, φυσικά, αντιληπτό ότι τα συμπεράσματά δεν μπορούν να γενικευτούν στο σύνολο των φοιτητών των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων της χώρας. Για αυτό το λόγο, προτείνεται να επεκταθεί η έρευνά αυτή σε έρευνα ποσοτικού χαρακτήρα, σε μεγαλύτερο δείγμα, ενδεχομένως με τη χρήση ερωτηματολογίου. Για παράδειγμα, το συγκεκριμένο

εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε μπορεί να αποτελέσει οδηγό για ένα ερωτηματολόγιο που θα εξετάζει μεγαλύτερο δείγμα πληθυσμού. Μία άλλη επέκταση της έρευνας θα μπορούσε να είναι η διερεύνηση περισσότερων αξόνων γνώσης για τα μοντέλα, όπως της πολλαπλότητας των μοντέλων (πολλά μοντέλα για το ίδιο πράγμα), της δυνατότητας αλλαγής των μοντέλων κ.ά., άξονες που δεν ήταν δυνατόν να διερευνηθούν σε αυτή την έρευνα.

Η έρευνα αυτή σχετίζεται άμεσα με τα νέα προγράμματα σπουδών και την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών. Η χρήση των μοντέλων από τους μαθητές και η ένταξή τους σε δραστηριότητες μοντελοποίησης είναι πλέον απαραίτητες. Όταν σχεδιάζεται, επομένως, η ένταξη και χρήση των μοντέλων στη διδασκαλία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όχι μόνο οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών για τις έννοιες και τα φαινόμενα που μελετώνται, αλλά και η αντίληψη που έχουν για τα ίδια τα μοντέλα, τη φύση τους, τις λειτουργίες του και τις δυνατότητές τους. Αυτό καθιστά αναγκαίο οι εκπαιδευτικοί να είναι σε θέση να διδάξουν τα μοντέλα στις ΦΕ και άρα να είναι σε θέση να γνωρίζουν για τα μοντέλα και τις λειτουργίες τους. Τα ευρήματα της έρευνας, όπως και άλλων ερευνών (βλ. κεφάλαιο 2), καταδεικνύουν την ανάγκη για μεθόδευση της διδασκαλίας των μοντέλων στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Ειδικά, σε σχολές και τμήματα που φοιτούν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί. Αυτοί που θα κληθούν να εφαρμόσουν διαδικασίες μοντελοποίησης στην πράξη. Όπως παρουσιάστηκε στην ενότητα 5.2., οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των φοιτητών του δείγματος και η σχολή φοίτησης επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο οι φοιτητές προσεγγίζουν τα μοντέλα. Είναι αναγκαίος, λοιπόν, ο σχεδιασμός κατάλληλων προγραμμάτων σπουδών και η εισαγωγή μαθημάτων ΦΕ με μια μοντελοκεντρική προσέγγιση, λαμβάνοντας υπόψη τη διαφορετικότητα με την οποία αντιλαμβάνονται οι φοιτητές της κάθε σχολής τα μοντέλα, και εν γένει τις ΦΕ, όπως περιγράφει ο Wiechert (2003) η πρόκληση στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση είναι η διδασκαλία της “τέχνης της μοντελοποίησης” (*art of modeling*) με αποτελεσματικό τρόπο.

Παράρτημα:

Α. Τυπική κατάταξη μοντέλων στην εκπαίδευση. Πηγή: Figure 3: The model typology used to analyze textbook models, Harrison, 2001, σελ 417).



Β. Ορισμοί σχετικά με τα μοντέλα (στο Hallun, 2006) Πηγή: Hallun, A. B., (2006), Modelling Theory in Science Education. Science & Technology Education Library, vol.24, σελ.23

Models are for the most part caricatures of reality, but if they are good, then, like good caricatures, they portray, though perhaps in distorted manner, some of the features of the real world... The main role of models is not so much to explain or to predict – though ultimately these are the main functions of science – as to polarize thinking and to pose sharp questions.

Mark Kac, 1969 (in Pollak, 1994)

Men do tend to employ familiar systems of relations as models in terms of which initially strange domains of experience are intellectually assimilated.

Nagel, 1979

A mental model is a knowledge structure that incorporates both declarative knowledge (e.g., device models) and procedural knowledge (e.g., procedures for determining distributions of voltages within a circuit), and a control structure that determines how the procedural and declarative knowledge are used in solving problems (e.g., mentally simulating the behavior of a circuit).

White & Frederiksen, 1990

A model is a surrogate object, a mental and/or conceptual representation of a real thing.

Andaloro, Donzelli, & Sperandeo-Mineo, 1991

A theoretical model of an object or phenomenon is a set of rules or laws that accurately represents that object or phenomenon in the mind of an observer.

Swetz & Harzler, NCTM, 1991

The term mental model refers to knowledge structures utilized in the solving of problems. Mental models are causal and thus may be functionally defined in the sense that they allow a problem solver to engage in description, explanation, and prediction. Mental models may also be defined in a structural sense as consisting of objects, states that those objects exist in, and processes that are responsible for those objects' changing states.

Hafner & Stewart, 1995

A scientific model is a set of ideas that describe a natural process. A scientific model (constructed of objects and the processes in which they participate) so conceived can be mentally "run", given certain constraints, to explain or predict natural phenomena.

Passmore & Stewart, 2002

A model is a representation, usually visual but sometimes mathematical, used to aid in the description or understanding of a scientific phenomenon, theory, empirical law, physical entity, organism, or part of an organism.

NSTA, 1995

A model represents a physical structure or process by having surrogate objects with relations and/or functions that are in correspondence with it.

Nersessian, 1995

Models are tentative schemes or structures that correspond to real objects, events, or classes of events, and that have explanatory power. Models help scientists and engineers understand how things work.

NRC, 1996

A model is a representation of structure in a physical system and/or its properties.

Hestenes, 1997

Models are mappings of functional correspondences between the structures of different domains of our knowledge... Pattern recognition also is a form of modelling.

Glas, 2002

Γ. Συνεντεύξεις κύριας έρευνας (Συμπεριλαμβάνεται η ανάλυση σε ενότητες και η απόδοση ΜΚ στα νοήματα των απαντήσεων των φοιτητών).

Αριθμός συνέντευξης: 1
Τόπος: Φλώρινα
Διάρκεια: 22 λεπτά
Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο
Φοιτήτρια: ΦΔ1
Σχολή: Δημοτικής εκπαίδευσης
Έτος φοίτησης: 3^ο
Κατεύθυνση Λυκείου: Θεωρητική

Φύση των μοντέλων

Ερευνήτρια: Λοιπόν, η πρώτη ερώτηση που έχω να σου κάνω είναι **τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς την λέξη μοντέλο στις φυσικές επιστήμες.**

ΦΔ1.: Μοντέλο.... [MK1, 2: Είναι ας πούμε ένα αντικείμενο, αν μπορώ να το χαρακτηρίσω έτσι, το οποίο δείχνει σε μικρογραφία ένα φυσικό φαινόμενο] → Αντικείμενο. το φαινόμενο εντάξει είναι λίγο δύσκολο να το δείξεις αλλά...] → Περιγραφή

Ερευνήτρια: Κάποιο παράδειγμα που σου έρχεται στο μυαλό;

ΦΔ1.: [MK3 ... ναι... με τους μαγνήτες; Και ο ηλιακός θερμοσίφοντας θεωρείται, τον οποίο τον έχουμε φτιάξει εμείς] → Αντικείμενο.

Ερευνήτρια: Μάλιστα, άρα μια κατασκευή γενικά..

ΦΔ1.: [MK4: Ναι η οποία μας δείχνει κάποιο φυσικό φαινόμενο.] → Περιγραφή

Ερευνήτρια: Ωραία... μπορεί να μας δείχνει κάτι άλλο;

ΦΔ1.: Ναι... δεν μου έρχεται κάτι άλλο στο μυαλό η αλήθεια είναι.

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: Ναι εντάξει, μπορείς να σκεφτείς **τι χαρακτηριστικά πρέπει να έχει ένα μοντέλο;** **ΦΔ1.:** [MK5: Να' ναι κοινά αποδεκτό] → ΕΠΧ [MK6: να βασίζεται στις έννοιες της φυσικής, στα όσα έχουν διδαχτεί τα παιδιά] → ΔΙΔΧ και [MK7: να μην μπορεί κάποιος να το αμφισβητήσει] → ΕΠΧ ουσιαστικά το ίδιο πράγμα λέω.

Ερευνήτρια: Όχι, εντάξει, πραγματικά έτσι θα έπρεπε να είναι.

ΦΔ1.: Και [MK8,9: να μπορούν να το κατανοούν, δηλαδή όταν λέμε στα παιδιά η γη κινείται γύρω από τον ήλιο, δεν μπορούν να το καταλάβουν αν δεν τους το δείξουμε, και εμείς δεν μπορούσαμε να το καταλάβουμε μέχρι που φτάσαμε κάποια συγκεκριμένη ηλικία και είδαμε κάποια πράγματα.] → Περιγραφή, ΔΙΔΧ

Ερευνήτρια: Είπες για τα παιδιά, θεωρείς ότι τα μοντέλα χρησιμοποιούνται για τα παιδιά;

ΦΔ1.: [MK10: Όχι μόνο για τα παιδιά. Γιατί.. μέχρι και σε μεγάλη ηλικία έχουμε κάποιες απόψεις τις οποίες δύσκολα της ανατρέπουμε και ένα μοντέλο βοηθάει σ' αυτό. Γιατί θέλοντας και μη η εικόνα έχει μεγάλη δύναμη, είναι διαφορετικό να σου πει κάποιος ότι είσαι άσπρος και είναι διαφορετικό να το δεις εσύ ο ίδιος.] → Περιγραφή.

Λειτουργία μοντέλων

Ερευνήτρια: Μάλιστα, κατάλαβα. Και για ποιο λόγο νομίζεις ότι χρησιμοποιούνται στις φυσικές επιστήμες;

ΦΔ1.: [MK11: Γιατί η φυσική είναι μια δύσκολη επιστήμη... γεννιόμαστε, έχουμε κάποιες συγκεκριμένες αντιλήψεις οι οποίες δύσκολα αλλάζουν, οπότε πρέπει να βασιστούμε κάπου για να τις αλλάξουμε αυτές. Και είναι ο μοναδικός τρόπος...] → Περιγραφή

Ερευνήτρια: Και για ποιους λόγους θα χρησιμοποιούσαμε ένα μοντέλο στην διδασκαλία συγκεκριμένα;

ΦΔ1.: [MK12: Για αυτό που είπα, για τις προϋπάρχουσες γνώσεις των παιδιών, γιατί εντάξει μπορεί εμείς να τους πούμε κάτι συγκεκριμένο από την θεωρία, να τους δείξουμε και πειράματα, αλλά τα παιδιά μπορούν να το καταλάβουν εκείνη την στιγμή, όταν εμείς πάμε και τους ρωτήσουμε διαφορετικά απ' ότι τους το είχαμε διδάξει, θα υπερισχύσει η προηγούμενη γνώση που είχαν και η άποψη, ενώ με το μοντέλο λίγο θα μπουν στην διαδικασία να την αμφισβητήσουν (την προηγούμενη γνώση) και σιγά – σιγά να την αλλάξουνε.] → Περιγραφή

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: Νομίζεις ότι τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές; Μπορείς να σκεφτείς παραδείγματα μοντέλων, που να έχουν διαφορετικές μορφές.

ΦΔ1.: [MK13: Τα ηλεκτρονικά εργαστήρια ας πούμε; ..σίγουρα ο καθένας αντιλαμβάνεται με διαφορετικό τρόπο τη φυσική..., και ο καθένας που δημιουργεί ένα μοντέλο ή κάποιο εργαστήριο, δίνει βάση σε κάτι συγκεκριμένο, δεν μπορούμε όλοι να βασιστούμε στο ίδιο πράγμα, μπορεί η κεντρική ιδέα να είναι ίδια, αλλά να θεωρεί ότι πρέπει να αρχίσουμε από κάτι άλλο για να καταλάβουν τα παιδιά.] → Ασαφής.

Ερευνήτρια: Νομίζω εννοείς αν κατάλαβα καλά, ότι το βασικό φαινόμενο που περιγράφεται μπορεί να είναι το ίδιο..

ΦΔ1.: [MK14:..Απλά η οπτική γωνία από την οποία θα την προσεγγίσουν και θα προσπαθήσουν να την περάσουν στα παιδιά να είναι διαφορετική.] → Ασαφής

Ερευνήτρια: Έχεις κάποιο παράδειγμα για αυτό για να καταλάβω λίγο καλύτερα;

ΦΔ1.: Παράδειγμα....

Ερευνήτρια: Ναι ότι σου 'ρχεται, η κάτι που θα χρησιμοποιούσες εσύ, έτσι όπως μου το θέτεις διαφορετικά ας πούμε.

ΦΔ1.: Ο ηλεκτρισμός.. [MK15: Κάποιοι ξεκινάνε από διαφορετική βάση, άλλοι από τα φορτία, άλλοι από τα σωματίδια, αλλά ο καθένας πιστεύει ότι πρέπει να ξεκινήσει με κάτι συγκεκριμένο, αλλά αυτό στα παιδιά μπορεί να είναι πιο δύσκολο και να πρέπει να ξεκινήσουμε από κάτι πιο γενικό για να φτάσουμε στο ειδικό ή το αντίστροφο.] → Ασαφής

Ερευνήτρια: Ως μοντέλο όμως η διαφορά που είναι σε αυτό που λες;

ΦΔ1.: [MK16: Στο ότι ο ένας μπορεί να βασιστεί στα σωματίδια και ο άλλος στην ίδια την ενέργεια.] → Ασαφής

Ερευνήτρια: Και να φτιάξει άλλο μοντέλο;

ΦΔ1.: Ναι.

Επεισόδιο 2

Ερευνήτρια: Ωραία, τώρα. Θα σου δείξω ένα λογισμικό.

ΦΔ1.: Το έχω δει αυτό. Το Sea Diamond το έχω δει και το έχω κάνει.

Ερευνήτρια: Το πλοίο που έχεις δει και που ξέρεις, που..

ΦΔ1.: που βυθίζεται ή ανεβαίνει πάνω.

Ερευνήτρια: Ναι, που γεμίζουν νερό τα αμπάρια του. Αυτό το βίντεο έτσι όπως είναι, όπως αναπαριστά την πλευση και τη βύθιση, το θεωρείς μοντέλο;

ΦΔ1.: [MK16: Ναι, γιατί και πριν ανέφερα ότι και τα εικονικά εργαστήρια είναι κάποιο μοντέλο.] → [Λογισμικό, ΝΑΙ](#)

Ερευνήτρια: Ωραία.

ΦΔ1.: [MK17: Έτσι το έχω εγώ στο μυαλό μου, μοντέλο δηλαδή, γιατί μπορεί να μας βοηθήσει περαιτέρω στην κατανόηση της γνώσης. Και έχει κάποια οπτική αναπαράσταση.] → [Περιγραφή](#).

Ερευνήτρια: Πολύ ωραία. Αυτό όμως δεν είναι αντικείμενο, είναι μια βιντεοσκόπηση.

ΦΔ1.: Ναι, αντικείμενο το είπα μέσα σε εισαγωγικά.

Ερευνήτρια: Κατάλαβα. Ωραία. Μετά έχουμε αυτό, αυτό είναι ένας λεκτικός κανόνας. Αν θέλεις μπορείς να τον διαβάσεις.

ΦΔ1.: Ναι.

Ερευνήτρια: Άσχετα με το προηγούμενο, αυτό θεωρείς ότι είναι ένα μοντέλο έτσι όπως το βλέπεις.

ΦΔ1.: [MK18: Μπορεί να θεωρηθεί, γιατί όπως και η εικόνα, όπως το να βλέπουμε ένα αντικείμενο, μία αναπαράσταση, βγάζει έναν κανόνα, ούτως ή άλλως, ή βασίζεται σε έναν κανόνα. Οπότε η βάση του δεν μπορεί να θεωρηθεί ένα μοντέλο;

Ερευνήτρια: Δεν ξέρω, αυτό μελετάμε. Θεωρείς πως είναι μοντέλο;

ΦΔ1.: Όχι 100%, δεν είμαι σίγουρη για αυτό, αλλά κάποιος μπορεί να το θεωρήσει μοντέλο.

Ερευνήτρια: Ποιος; Τι θα έπρεπε να είναι αυτός δηλαδή για να το θεωρήσει αυτό μοντέλο;

ΦΔ1.: Δεν ξέρω, κάποιος που θέλει να μη βασίζεται σε αυθαίρετα γεγονότα, να έχει κάποιο κανόνα, να έχει κάποια βάση, ενώ στο προηγούμενο που είδαμε, κάποιος μπορεί να το αντιληφθεί διαφορετικά γιατί βυθίζεται το πλοίο.. Γιατί η εικόνα έχει και πολλές ερμηνείες.] → [Λεκτικός κανόνας, ΙΣΩΣ](#)

Ερευνήτρια: Εντάξει. Αυτό το έχεις ξαναδεί; (Τον πίνακα με τα μοντέλα αναπαράστασης της πυκνότητας υλικών)

ΦΔ1.: Ναι.

Ερευνήτρια: Αυτό το πίνακα, έτσι όπως αναπαριστά τα διάφορα σώματα, τα αναπαριστά ως προς την πυκνότητά τους, δηλαδή με τις σκιάσεις, το πιο σκούρο είναι το πιο πυκνό σε σχέση με τα υπόλοιπα, με τις γραμμές πάλι σε σχέση με τα υπόλοιπα, με τις τελείες κτλ.

ΦΔ1.: Ναι.

Ερευνήτρια: Αυτές οι αναπαραστάσεις είναι μοντέλα;

ΦΔ1.: [MK19: Είναι κι αυτό μια αναπαράσταση, κι αυτό μας παρέχει γνώσεις και καλύτερη κατανόηση των πραγμάτων κι εφόσον και τον κανόνα θεωρήσαμε ως μοντέλο.. και δεν είναι μια συγκεκριμένη έννοια, εντάξει, κι αυτό θα μπορούσε.] → [Πίνακας, ΙΣΩΣ](#),

Ερευνήτρια: Εδώ είναι ένας απλός τύπος, ο τύπος της πυκνότητας, είναι μοντέλο;

ΦΔ1.: [MK20: Αυτό είναι το θέμα μου, ότι εφόσον δεχτήκαμε όλα τα προηγούμενα με βάση ότι παρέχουν γνώση και βοηθάνε στην κατανόηση, αν και εντάξει, εμένα αυτό δεν με βοηθάει τόσο πολύ στην κατανόηση, εντάξει.. είναι κάτι που βοηθάει στο να έχουνε όλοι οι άνθρωποι την ίδια γνώση, γιατί οι συγκεκριμένοι τύποι είναι αποδεκτοί από όλους, είναι όπως τα μαθηματικά, που ένα κι ένα κάνουν δύο, και αυτό ισχύει σε όλους τους λαούς.

Ερευνήτρια: Σαν αναπαράσταση όμως; Το θεωρείς κι αυτό μοντέλο;

ΦΔ1.: Εμένα δεν θα με βοηθούσε όμως. Μπορούμε να το θεωρήσουμε ως μοντέλο μόνο από αυτό, ότι μπορεί να παρέχει κι αυτό μια γνώση, βοηθάει για να υπολογίσουμε κάποια πράγματα αλλά ως παιδί για να κατανοήσω, δεν θα με βοηθούσε.] → [Συμβολικός, ΙΣΩΣ](#)

Ερευνήτρια: Αυτό είναι μοντέλο; (Το ηλιοκεντρικό σύστημα).

ΦΔ1.: Ωραιότατα. Η σελήνη πολύ μικρή είναι!

Ερευνήτρια: Ο ήλιος, η γη, η σελήνη.. Γενικά όλο το σύστημα μπορεί να κινείται.

ΦΔ1.: Αυτό (η τρύπα στην σφαίρα που απεικονίζει τον ήλιο) για να βγάλει φως είναι έτσι;

Ερευνήτρια: Μπορείς να το σκεφτείς κι αυτό, ναι.

ΦΔ1.: Κι εδώ πέρα είναι οι άλλοι πλανήτες;

Ερευνήτρια: Ναι. Δείχνει κάποια στοιχεία.

ΦΔ1.: Τι απόσταση έχουν απ' τον ήλιο;

Ερευνήτρια: Βασικά όχι. Είναι σε σχέση με τον ήλιο, το ποιος πλανήτης βρίσκεται πιο κοντά και κατά κάποιο τρόπο συγκριτικά και με το μέγεθος. Κατά κάποιο τρόπο.

ΦΔ1.: Καλά, δεν συγκρίνεται το μέγεθος. Κι αυτό εδώ πέρα είναι μοίρες;

Ερευνήτρια: Ναι, αυτοί εδώ είναι οι μήνες που σχετίζονται με τις μοίρες της κίνησης της γης γύρω από τον ήλιο.

ΦΔ1.: Ναι.

Ερευνήτρια: Δηλαδή μπορεί να κινηθεί αυτό γύρω από τον ήλιο, και βλέπεις μπορεί να κινηθεί και η σελήνη γύρω από τη γη, η γη γύρω από τον εαυτό της κτλ.

ΦΔ1.: Ναι, ναι. Πολύ ωραίο. Είναι έξυπνη κατασκευή.

Ερευνήτρια: Αυτή τη θεωρείς μοντέλο;

ΦΔ1.: [\[MK21\]](#) Τη θεωρώ.

Ερευνήτρια: Τι νομίζεις ότι αναπαριστά;

ΦΔ1.: Το ηλιακό.. Όχι.. Το ηλιακό σύστημα με βάση τη γη και τη σελήνη, την περιφορά της γης γύρω από τον ήλιο, την περιφορά της γης γύρω από τον εαυτό της και μετά της σελήνης γύρω από τη γη. Αλλά αυτό το θεωρώ μοντέλο, γιατί καταρχάς έχει εικόνα, που είπαμε ότι έχει μεγάλη δύναμη, και είναι κάτι το οποίο το παιδί μπορεί να το πιάσει. Γιατί όπως κινείται αυτό, κινείται κι αυτό. Μας έλεγαν ότι “η γη κινείται” κι εμείς δεν το καταλαβαίναμε, εμείς γιατί δεν κινούμαστε εφόσον η γη κινείται; Και βλέπουμε τη σφαιρικότητά της, που άλλα παιδιά νομίζουν ότι είναι επίπεδη και τα σχετικά..

Ερευνήτρια: Γενικά αυτό το ονομάζεις μοντέλο;

ΦΔ1.: Ήτανε βασικά αυτό που είχα αρχικά στο μυαλό μου ως μοντέλο.]→ [Ηλιοκεντρικό, ΝΑΙ](#)

Ερευνήτρια: Εδώ έχουμε ένα σκίτσο. Πάλι βλέπουμε τον ήλιο, τη γη και τη σελήνη, αλλά είναι μια απλή εικόνα που υπάρχει σε ένα κάποιο βιβλίο. Αυτό το θεωρείς μοντέλο;

ΦΔ1.: [\[MK27\]](#) Σαφώς. Γιατί πριν να έχουμε όλα αυτά, η φωτογραφία ήταν η μόνη πηγή, την οποία δεν μπορείς να την αμφισβητήσεις.

Ερευνήτρια: Δεν είναι φωτογραφία, είναι ένα σκίτσο, που υπάρχει σε κάποιο βιβλίο φυσικής για να αναπαραστήσει αυτά τα σώματα.

ΦΔ1.: Είναι, απλά δεν έχει τόση δύναμη όσο αυτό το μοντέλο που μόλις είδαμε.]→ [Σκίτσο, ΝΑΙ](#)

Αριθμός συνέντευξης: 2

Τόπος: Φλώρινα

Διάρκεια: 16 λεπτά

Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο

Φοιτήτρια: ΦΔ2

Σχολή: Δημοτικής εκπαίδευσης

Έτος φοίτησης: 3^ο

Κατεύθυνση Λυκείου: Θεωρητική

Φύση μοντέλων

Ερευνήτρια: Θα ήθελα να ξεκινήσουμε τη συζήτηση με τη λέξη μοντέλο: **μπορείς να μου εξηγήσεις τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς την λέξη μοντέλο στις φυσικές επιστήμες;**
ΦΔ2: [MK1: Με την λέξη μοντέλο κάτι σε τρισδιάστατο αντικείμενο] → **Αντικείμενο** έρχεται στο μυαλό μου, που [MK2: το χρησιμοποιούμε για παραδείγματα για να κατανοήσουν τα παιδιά τις έννοιες της φυσικής] → **Περιγραφή**

Ερευνήτρια: Ωραία, μπορείς να θυμηθείς κάποιο παράδειγμα;

ΦΔ2: [MK3: Την τριγωνική πυραμίδα που χρησιμοποιούν για τα μαθηματικά; σαν αντικείμενα τρισδιάστατα...] → **Αντικείμενο** Ναι, τώρα δεν μου έρχεται κάτι άλλο.

Ερευνήτρια: Μάλιστα. Γιατί αυτό που ανέφερες είναι μοντέλο;

ΦΔ2: [MK4: Ότι μπορεί να πάρει διάφορες αναπαραστάσεις, δηλαδή να, πώς να το πούμε να.. Να λύσουμε διάφορα πράγματα με βάση αυτό, να πάρουμε αυτό σαν παράδειγμα και να το χρησιμοποιήσουμε και να το αναπτύξουμε.] → **Επίλυση προβλήματος**

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: Ωραία, κατάλαβα.. **τι χαρακτηριστικά νομίζεις ότι πρέπει να έχει ένα μοντέλο για να το χρησιμοποιήσουμε στις φυσικές επιστήμες;**

ΦΔ2:

Ερευνήτρια: Δηλαδή μπορεί οποιοδήποτε μοντέλο να κάνει την δουλειά του;

ΦΔ2: Σίγουρα θα υπάρχουν κάποια κύρια βασικά χαρακτηριστικά.. τώρα δεν ξέρω τι..

Ερευνήτρια: Καλά, μπορούμε να δούμε στην συνέχεια.. ή να βγούμε μέσα από τις απαντήσεις που θα δώσεις στις άλλες τις ερωτήσεις αναλόγως.

ΦΔ2:

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: **Τώρα, νομίζεις πως τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές;**

ΦΔ2: [MK5, 6: Ε.. ναι.. εξαρτάται από αυτά που θέλουν να δείξουν;] → **Ασαφής, Περιγραφή**

Ερευνήτρια: Ωραία, όπως παραδείγματα αν έχεις καθόλου; Σε τι μπορείς να φαντάζεσαι όταν σου λέω σε διαφορετικές μορφές, τι σου έρχεται εσένα στο μυαλό;

ΦΔ2: [MK7: Ίσως σε διαφορετικό σχήμα;] → **Ασαφής**

Επεισόδιο 2

Ερευνήτρια: Ωραία. Θα μπορούσε. **Τώρα θα σου δείξω σαν παράδειγμα, ένα λογισμικό.**

ΦΔ2: Ναι.

Ερευνήτρια: Λογικά θα το ξέρεις, πες μου κιόλας αν φαίνεται καλά, είναι από το..

ΦΔ2: ..από το Sea Diamond.

Ερευνήτρια: Κάνοντας κλικ στα αμπάρια γεμίζουν νερό και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την βύθιση του πλοίου, ξανακάνοντας κλικ, αδειάζουν, με την βοηθητική βαρκούλα που ρουφάει νερό και βάζει αέρα, αυτό το χρησιμοποιούμε για να δείξουμε στους μαθητές, το φαινόμενο της πλευσης και της βύθισης. Αυτό είναι μια..

ΦΔ2: ..αναπαράσταση.

Ερευνήτρια: Η αναπαράσταση αυτή νομίζεις ότι είναι μοντέλο;

ΦΔ2: [MK8: Ε.. ναι. Μπορεί να είναι.. αναπαριστά ένα φαινόμενο.. ναι.] → **Λογισμικό, ΝΑΙ**

Ερευνήτρια: Τώρα έχουμε έναν λεκτικό κανόνα.. μπορείς να το διαβάσεις φυσικά..

ΦΔ2: Να το διαβάσω δυνατά;

Ερευνήτρια: Δεν υπάρχει λόγος, και από μέσα σου αν θέλεις.

ΦΔ2: Ναι.

Ερευνήτρια: Είναι ένα σύνολο από λέξεις που σχηματίζουν ένα κανόνα.

ΦΔ2: Ναι.

Ερευνήτρια: Αυτό το ορίζεις ως μοντέλο; Θα έλεγες ότι είναι ένα μοντέλο;

ΦΔ2: [MK9, 10: Μοντέλο... Νομίζω ότι το μοντέλο το χρησιμοποιούμε πιο πολύ για την καλύτερη κατανόηση και σχετίζεται με εικόνα, όχι τόσο με λέξεις... Μπορεί και να είναι, αλλά... Όχι. Εγώ όχι θα χρησιμοποιούσα πρώτα ένα μοντέλο εικόνας.] → **Λεκτικός κανόνας, ΟΧΙ. Περιγραφή**

Ερευνήτρια: Ωραία. Έχουμε τώρα αυτόν τον πίνακα..

ΦΔ2: Ναι..

Ερευνήτρια: Σε αυτόν τον πίνακα έχουμε τα διάφορα σώματα, τα διάφορα υλικά..

ΦΔ2: ..με την πυκνότητα...;

Ερευνήτρια: Μπράβο, όπου αναπαριστάται η πυκνότητά τους..

ΦΔ2: ..με διαφορετικούς τρόπους..

Ερευνήτρια: Μπράβο, πολύ ωραία... με σκιά, με γραμμές και με τελίτσες.

ΦΔ2: Ωραία.

Ερευνήτρια: Αναπαριστάται λοιπόν η έννοια..

ΦΔ2: ..της πυκνότητας

Ερευνήτρια: ..της πυκνότητας, αυτός ο πίνακας, σαν πίνακας..

ΦΔ2: Ναι

Ερευνήτρια: Τον ορίζεις ως μοντέλο;

ΦΔ2: [MK11: Ναι.

Ερευνήτρια: Ωραία, γιατί;

ΦΔ2: Γιατί.. μου δείχνει το σχήμα και καταλαβαίνω πιο έχει μεγαλύτερη πυκνότητα και πιο μικρότερη.. Ενώ αν ήταν γραμμένο, ας πούμε ότι ο σίδηρος έχει μεγαλύτερη πυκνότητα.. νομίζω ότι θα ήταν δυσκολότερο για τα παιδιά. ...Το θυμάσαι και πιο εύκολα, σαν εικόνα, οπτικά.] → **Πίνακας, ΝΑΙ.**

Ερευνήτρια: Ναι το κατάλαβα, να έχει και την οπτική, μάλιστα. Μετά είναι αυτός ο τύπος, ο τύπος της πυκνότητας.

ΦΔ2: [MK12: Ναι.. με τίποτα.

Ερευνήτρια: Τι είπες; Με τίποτα; Δεν είναι μοντέλο. Δεν θα τον ορίζεις ως μοντέλο;

ΦΔ2: Εγώ νομίζω ότι απλώς δεν είναι τόσο χρήσιμο, αυτό. Για παιδιά του δημοτικού αναφέρομαι τώρα.

Ερευνήτρια: Θα μπορούσε δηλαδή να είναι μοντέλο για άλλα παιδιά;

ΦΔ2: Ναι, μεγαλύτερης ηλικίας.

Ερευνήτρια: Και γιατί να είναι μοντέλο αυτό και όχι ο λεκτικός κανόνας ας πούμε;

ΦΔ2: Αυτό είναι πιο σύντομο, και αυτά που λέει στον λεκτικό κανόνα, πολύ σύντομα γράφεται και έτσι υπολογίζει. Είναι πιο περιεκτικό.] → **Τύπος, ΞΩΣ**

Ερευνήτρια: Έχουμε αυτή την διάταξη. Αυτός είναι ο ήλιος, αυτή είναι η γη και αυτή είναι η σελήνη.

ΦΔ2: Ναι.

Ερευνήτρια: Αυτό είναι μια αναπαράσταση του ηλιοκεντρικού συστήματος, ότι ο ήλιος είναι στο κέντρο και η γη μπορεί να κινείται γύρω από τον ήλιο, γύρω από τον εαυτό της και η σελήνη γύρω από την γη. Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΔ2: [MK13: ..Ναι, γιατί εγώ [MK14, 15, 16: το έχω συνδέσει έτσι με αντικείμενα.. την έννοια του μοντέλου περισσότερο και νομίζω ότι είναι πιο κατανοητό όταν τα παιδιά βλέπουν χειροπιαστά αντικείμενα, δηλαδή μπορούν να τα πιάσουν..] → **Αντικείμενο, Περιγραφή, ΔΙΔΧ**

Ερευνήτρια: Μάλιστα, αν θέλεις μπορείς να το περιεργαστείς, ότι θέλεις. Λοιπόν, και τώρα αυτό είναι ένα μοντέλο και τι χαρακτηριστικά του αποδίδεις για παράδειγμα;

ΦΔ2: [MK17: Ότι είναι αντικείμενο κι ότι μπορώ να δω στην πραγματικότητα πως λειτουργεί... Και έτσι να καταλάβω πως λειτουργεί.. και το σύμπαν..] → Περιγραφή] → Ηλιοκεντρικό, ΝΑΙ

Ερευνήτρια: Μάλιστα, εδώ έχουμε μια εικόνα, ένα σκίτσο από ένα βιβλίο σχολικό, και απεικονίζει πάλι τον ήλιο την σελήνη και την γη σε ένα σκίτσο, μια ζωγραφιά, αυτό το ονομάζεις μοντέλο;

ΦΔ2: [MK18:..Είναι αναπαράσταση.. αλλά είναι μια εικονική αναπαράσταση οπότε θα μπορούσε να θεωρηθεί μοντέλο, απλώς νομίζω ότι δεν θα ήταν τόσο κατανοητό στους μαθητές.

Ερευνήτρια: Όταν λες κατανοητό από την άποψη ότι; δεν καταλαβαίνω ακριβώς..

ΦΔ2: ..Δεν θα καταλαβαίνουν δηλαδή την κίνηση γιατί δεν θα βλέπουν να κινείται..

Ερευνήτρια: ..κατάλαβα.

ΦΔ2: ..βλέπουν μόνο σαν εικόνα.. Είναι στατικό, γι' αυτό.

Ερευνήτρια: Ναι κατάλαβα. Δεν καταλαβαίνουν την κίνηση..

ΦΔ2: Δεν μπορούν να το επεξεργαστούν αυτοί.

Ερευνήτρια: Με την κατάλληλη εξήγηση από τον δάσκαλο, νομίζεις πως θα μπορούσε να είναι πιο κατανοητό..;

ΦΔ2: Νομίζω ότι, όσο και να εξηγείς κάτι, ότι επειδή μιλάμε για πράγματα τα οποία δεν μπορούν να κάνουν στην καθημερινότητα τους, δεν μπορούν να το καταλάβουν, πρέπει να το πιάσουν, όσο γίνεται δηλαδή.] → Σκίτσο, ΙΣΩΣ

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: Να επανέρθουμε λίγο σε μια προηγούμενη ερώτηση, **τι χαρακτηριστικά νομίζεις ότι πρέπει να έχει ένα μοντέλο;** Γιατί κατά την διάρκεια της συνάντησης αναφερθήκαμε σε πολλά, αλλά ήταν λίγο ανεπαίσθητα.

ΦΔ2: [MK19: Ναι.. τα χαρακτηριστικά; Θα πρέπει βασικά να είναι αντικείμενα, λέω πάλι εγώ.. Αυτό και ότι... να είναι πιο κατανοητά. Αυτό τώρα, δεν καταλαβαίνω τι άλλο εννοείς δηλαδή...] → ΔΙΑΧ

Αριθμός συνέντευξης: 3

Τόπος: Φλώρινα

Διάρκεια: 18 λεπτά

Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο

Φοιτήτρια: ΦΔ3

Σχολή: Δημοτικής εκπαίδευσης

Έτος φοίτησης: 3^ο

Κατεύθυνση Λυκείου: Θεωρητική

Φύση μοντέλων

Ερευνήτρια: Κατάλαβα, ωραία. Σ' αυτήν την συζήτηση θα ήθελα να σε ρωτήσω τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς την λέξη μοντέλο στις φυσικές επιστήμες;

ΦΔ3: Ότι πιστεύω έτσι;

Ερευνήτρια: Ότι πιστεύεις εσύ..

ΦΔ3: [MK1: Μοντέλο πιστεύω πως είναι η μέθοδος που ακολουθεί ο δάσκαλος, κάτι τέτοιο.. ο τρόπος δηλαδή που θα απευθύνεται στους μαθητές, με πειράματα.. κάπως έτσι.] → Μέθοδος

Ερευνήτρια: Θα ήθελες να μου δώσεις κανένα παράδειγμα;

ΦΔ3: Ναι, ότι.. ίσως λέω, ίσως [MK2: παλιότερα ο δάσκαλος ο ίδιος έδινε τη γνώση στους μαθητές, ενώ τώρα χρησιμοποιεί τα πειράματα, ίσως να είναι αυτό το μοντέλο. Η μέθοδος.] → Μέθοδος

Ερευνήτρια: Κατάλαβα, τώρα στις φυσικές επιστήμες, γενικά για να μπορούμε να περιγράψουμε κάτι ένα φαινόμενο ή μια έννοια.. μπορείς να συσχετίσεις τη λέξη μοντέλο με αυτό;

ΦΔ3: Το μοντέλο για την περιγραφή; Όχι, [MK3: αυτό μου έρχεται στο μυαλό ότι είναι η μέθοδος.] → Μέθοδος

Ερευνήτρια: Αυτό είναι το πρώτο που σου έρχεται στο μυαλό. Ωραία.

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: Προχωράμε. Θα σου δείξω ένα λογισμικό. Μπορεί ο χρήστης κάνοντας κλικ να τα γεμίσει με νερό, γεμίζοντας τα με νερό βλέπουμε ότι το πλοίο βυθίζεται.

ΦΔ3: Ναι.

Ερευνήτρια: Μπορεί επίσης να ξανακάνει κλικ στα γεμάτα αμπάρια και με αυτή τη βοηθητική βάρκα να ρουφήξει το νερό και να φυσήξει αέρα ας πούμε μέσα ώστε να γίνει η ανέλκυση του πλοίου, να βγει το νερό δηλαδή και να επανέλθει το πλοίο στην επιφάνεια όπως φαίνεται. Κατ' αρχήν φαίνεται καλά έτσι;

ΦΔ3: Ναι.

Ερευνήτρια: Αυτό θεωρείς πως είναι ένα μοντέλο;

ΦΔ3: [MK4: Ναι γιατί είναι για την άνωση, δεν είναι; Θεωρώ ότι είναι μοντέλο.] → Λογισμικό, ΝΑΙ

Ερευνήτρια: Και τι νομίζεις ότι αναπαριστά;

ΦΔ3: Για την άνωση, τη θεωρία για την άνωση.

Ερευνήτρια: Κατάλαβα. Ωραία, τώρα θα σου δείξω αυτό. Αυτό είναι ένας λεκτικός κανόνας, μπορείς να το διαβάσεις φυσικά.. είναι ένα σύνολο λέξεων που βγάζουν ένα νόημα για κάτι. Θα μπορούσε να είναι για οτιδήποτε εντάξει; Αυτός σαν κανόνας νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΔ3: [MK5: Δεν ξέρω. Το μοντέλο μες το μυαλό μου το έχω σαν κάτι.. ότι είναι κάτι πιο πρακτικό, ότι αυτό είναι περισσότερο θεωρητικό, όπου είναι κανόνας, δεν νομίζω ότι ούτε [MK6: βοηθάει τα παιδιά να το κατανοήσουν περισσότερο] → Περιγραφή, ίσα ίσα, ίσως και να τους δυσκολεύει κάπως, ίσως πρώτα να δούνε κάτι πρακτικό και μετά να προχωρήσουν σε αυτόν τον κανόνα.

Ερευνήτρια: Άρα αυτό δεν είναι ένα μοντέλο.

ΦΔ3: Ναι.] → Λεκτικός κανόνας, ΟΧΙ

Ερευνήτρια: Αυτός είναι ένας πίνακας, μια εικόνα δηλαδή που αναπαριστά διάφορα υλικά σε σχέση με τη πυκνότητά τους, με σκιάσεις, με γραμμές ή με τελείες. Όποιο υλικό έχει περισσότερες γραμμές ή τελείες ή είναι πιο σκούρο, έναν από τους τρεις τρόπους ας πούμε, έχει και διαφορετική πυκνότητα ή μεγαλύτερη. Αυτό σαν πίνακας, σαν αναπαράσταση τον ορίζεις σαν μοντέλο; Σύμφωνα με τον ορισμό που έχεις δώσει εσύ έτσι;

ΦΔ3: [MK7: Ναι, ναι. Αυτό θα το έλεγα περισσότερο σαν μοντέλο επειδή έχει τις εικονίτσες, και πάλι μου βγαίνει ότι είναι κάτι σαν πιο πολύ θεωρητικό δηλαδή. Όχι, έχει τις εικονίτσες και θα μπορούσε να είναι σαν μοντέλο, είναι πιο παραστατικό, αυτό.] → Πίνακας, ΊΣΩΣ

Ερευνήτρια: Ωραία, εδώ έχουμε ένα τύπο, ένας συμβολικός τύπος, τα σύμβολα ας πούμε μας δείχνουν την πυκνότητα, πυκνότητα είναι κλπ. Ένας τύπος λοιπόν..

ΦΔ3: Αν θα μπορούσε να είναι μοντέλο;

Ερευνήτρια: Ναι αν θα μπορούσε να είναι μοντέλο;

ΦΔ3: [MK8: Νομίζω πως όχι, γιατί και αυτό μου φαίνεται ότι θα πρέπει να έχει το παιδί γνώσεις για να διατυπώσει τον κανόνα, ότι πρώτα θα έπρεπε να δει τα πινακάκια ή κάτι άλλο και μετά να προχωρήσει στους κανόνες.] → Τύπος, ΟΧΙ

Ερευνήτρια: Αυτός λοιπόν δεν είναι μοντέλο.

ΦΔ3: Ναι.

Ερευνήτρια: Τώρα, Αυτό! Τι είναι αυτό;

ΦΔ3: Αυτό είναι η υδρόγειος.

Ερευνήτρια: Μπράβο.

ΦΔ3: Αυτό όμως δεν ξέρω τι είναι.

Ερευνήτρια: Αυτός είναι ο ήλιος.

ΦΔ3: Α.. και όλο αυτό..

Ερευνήτρια: Εδώ είναι η σελήνη, γυρνάει η γη γύρω από τον εαυτό της, η σελήνη γύρω από τη γη και όλο σύστημα αυτό γύρω από τον ήλιο. Αυτό είναι το ηλιοκεντρικό σύστημα με τον ήλιο στο κέντρο και γύρω η γη και κλπ. Αυτό είναι μια διάταξη με αντικείμενα ας πούμε, αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΔ3: [MK9, 10: Αυτό ναι, θεωρώ ότι είναι μοντέλο, βασικά θεωρώ ότι είναι μοντέλο αυτό και το λογισμικό, μου κάνουν πιο πολύ σαν μοντέλα. Ναι. Γιατί μπορούν και να το πιάσουν, και να το στρέψουν μόνα τους, μπορούν να δουν αν και αυτό στρέφεται, να το πιάσουν όλο, να το ελέγξουν και το κατανοούν και καλύτερα.] → Ηλιοκεντρικό, ΝΑΙ, Περιγραφή

Ερευνήτρια: Ο λεκτικός κανόνας όχι, ο τύπος όχι, ο πίνακας σε τι διαφέρει από αυτά ας πούμε και τον είπες λίγο μοντέλο και όχι πολύ; Προσπαθώ εγώ τώρα να καταλάβω τι εννοούσες..

ΦΔ3: Ναι, ότι αυτά μπορούν να τα πιάσουνε ακόμα και το λογισμικό, μπορούν να παίξουν με το λογισμικό να ακουμπήσουν ένα κουμπί να αλλάξει κάπως, να πειραματιστούν, ενώ ο πίνακας είναι πιο κατανοητός απ' ότι ο κανόνας και είτε γραπτός είτε σαν κανόνας - τύπος, απλά δεν μπορούν να πειραματιστούν με τον πίνακα. Δεν μπορούν να το πάρουν στα χέρια τους...

Ερευνήτρια: Ωραία, η εικόνα είναι μοντέλο;

ΦΔ3: [MK11, 12: ..Η εικόνα... αν είναι μοντέλο, ανήκουν στην ίδια κατηγορία με το ..πινακάκι... απλά εδώ πέρα (ηλιοκεντρικό σύστημα) μπορούν να το περιεργαστούν καλύτερα να το πιάσουν να δουν ότι κινείται, το κατανοούν καλύτερα σε σχέση με μια εικόνα.] → Σκίτσο, ΙΣΩΣ, Περιγραφή

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: Τι χαρακτηριστικά νομίζεις ότι πρέπει να έχει ένα τέτοιο μοντέλο στις φυσικές επιστήμες;

ΦΔ3: [MK16: Θα πρέπει να είναι κατανοητό στους μαθητές, να μην είναι περίπλοκο] → ΔΙΑΧ [MK17: να έχει σαφήνεια] → ΔΙΑΧ, και επίσης ίσως να μην υπάρχει τελικά ένα μοντέλο, ένα πρότυπο. [MK18: Να είναι έτσι όπως το καταλαβαίνει ο κάθε μαθητής] → ΔΙΑΧ, να υπάρχουν πολλές αναπαραστάσεις για το κάθε τι.

Λειτουργία μοντέλων

Ερευνήτρια: Και για ποιο λόγο θεωρείς πως χρησιμοποιούν μοντέλα στις φυσικές επιστήμες;

ΦΔ3: [MK19: Για ποιο λόγο..; Για να είναι πιο πρακτικό, για να το καταλαβαίνουν καλύτερα οι μαθητές, να μην είναι τόσο θεωρητικό ή κάπως έτσι.] → Περιγραφή

Αριθμός συνέντευξης: 4
Τόπος: Φλώρινα
Διάρκεια: 22 λεπτά
Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο
Φοιτητής: ΦΔ4
Σχολή: Δημοτικής εκπαίδευσης
Έτος φοίτησης: 3^ο
Κατεύθυνση Λυκείου: Τεχνολογική

Φύση μοντέλων

Ερευνήτρια: Ωραία. Πες μου Γιάννη, **τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο στις ΦΕ;**

ΦΔ4: [MK1: Μου έρχεται καταρχήν η έννοια του συστήματος, που είναι κάτι λανθασμένο.]→ **Σύστημα**

Ερευνήτρια: Σου έρχεται η έννοια του;

ΦΔ4: Συστήματος.

Ερευνήτρια: Του συστήματος. Τι εννοείς σύστημα;

ΦΔ4: [MK2: Σύστημα εννοώ ένα σύνολο αλληλεπιδρώντων στοιχείων ή αντικειμένων... Δηλαδή για παράδειγμα, εάν επιλέγαμε ένα σύστημα, δύο μπάλες να χτυπάνε μεταξύ τους, κι αναλόγως πως θέσαμε... πως θα ήταν το σύστημα, αν υπάρχει τριβή, πως θα είναι το δάπεδο, αναλόγως, ή παίρναμε μόνο τις συγκρούσεις μεταξύ τους.]→ **Σύστημα**

Ερευνήτρια: Και γιατί αυτό το σύστημα το λες μοντέλο;

ΦΔ4: Ίσως λανθασμένα... Ίσως δεν μπορώ να θυμηθώ την έννοια του μοντέλου. Μου κάνει κάπως γενικό για να απαντήσω.

Ερευνήτρια: Μπορείς να μου δώσεις ένα άλλο παράδειγμα;

ΦΔ4: Μοντέλο.. [MK3: Πάλι ένα κύβο για παράδειγμα, και μια λεκάνη με νερό.]→**Σύστημα**
[MK4: Για να δοκιμάσουμε ένα μοντέλο βύθισης, ένα μοντέλο πλεύσης ίσως;]→ **Επίλυση προβλήματος**

Ερευνήτρια: Ωραία. Θα μπορούσε ένα μοντέλο να έχει άλλα χαρακτηριστικά;

ΦΔ4: Δεν ξέρω...

Λειτουργία μοντέλων

Ερευνήτρια: Ωραία, μπορεί να σου έρθει παρακάτω. **Για ποιο λόγο νομίζεις πως χρησιμοποιούμε μοντέλα στις ΦΕ;**

ΦΔ4: ...για ποιο λόγο μπορούμε να χρησιμοποιούμε τα μοντέλα.. Λοιπόν.. [MK5: Το μοντέλο είναι κατά κάποιο τρόπο ένα εξιδανικευμένο περιβάλλον ίσως, έτσι όπως το έχω στο μυαλό μου, με την έννοια ότι σε ένα φυσικό περιβάλλον μπορούν να υπεισέρχονται διάφοροι παράγοντες]→ **Επίλυση προβλήματος** [MK6, 7: ενώ στο μοντέλο ή σύστημα όπως το λέω, επιλέγεις εσύ ποιοι παράγοντες θα συμπεριληφθούν στο όλο πείραμα ή στην διαδικασία που θα περιγράψεις στα παιδιά και μελετάς τις μεταβλητές που θέλεις.] → **Περιγραφή, Επίλυση προβλήματος**

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: Ωραία. Άλλη ερώτηση. **Νομίζεις πως τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές;**

ΦΔ4: [MK8: Διαφορετικές μορφές.. Διαφορετική μορφή θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ένα μοντέλο το οποίο, στο ένα θα μπορούσες να μελετάς την πλευση, στο άλλο τις δυνάμεις, στο άλλο τη θερμοκρασία, είναι μια διαφοροποίηση.. Δεν ξέρω πως το εννοείς ‘διαφορετικό’;] → **Ποικιλία μορφών.**

Ερευνήτρια: Διαφορετικό ως προς τον τρόπο που το βλέπει κάποιος. Δηλαδή, μπορεί να μην το βλέπει σαν παράδειγμα με μπάλες, μπροστά του, να το πιάνει, αλλά..

ΦΔ4: Πιθανόν να μπορεί.. δεν ξέρω το κατά πόσο είναι σωστό το μοντέλο ως ‘σύστημα’, για αυτό κολλάω σε κάθε ερώτηση.. [MK9: Ένα μοντέλο θα μπορούσε να είναι και με αυτοκίνητα. Θα μπορούσες να συζητήσεις για μια κρούση αυτοκινήτων, άπτεται όλων των θεμάτων στη φυσική, είναι ένα εξιδανικευμένο σύστημα όπως σου είπα, στο οποίο μπορείς να βάλεις ή να αποκρύψεις οτιδήποτε. Δηλαδή μπορείς να βάλεις δύο ανθρώπους να χτυπάνε μαζί και να μη λάβεις υπόψη τα βάρη τους, να πάρεις υπόψη μόνο τις μάζες πχ.] → **Ποικιλία μορφών.**

Επεισόδιο 2

Ερευνήτρια: **Θα σου δείξω τώρα κάποια αναπαράσταση.** Αυτή είναι ένα λογισμικό.

ΦΔ4: Ναι, το ξέρω. Που αδειάζεις τις δεξαμενές και γίνεται..

Ερευνήτρια: Ακριβώς. Το ξέρεις το λογισμικό. Αυτό σαν λογισμικό, όπως το παρουσιάζεις σε κάποιον μαθητή, ή παρουσιάζεται σε έναν χρήστη, νομίζεις πως είναι ένα μοντέλο;

ΦΔ4: [MK10: Είναι ένα μοντέλο. Έχει σαν θέμα του... αναπαριστά την πλευση και τη βύθιση, αφού όταν αδειάζεις τις δεξαμενές τις γεμίζεις με αέρα, όταν τις γεμίζεις βυθίζεται. Είναι εξιδανικευμένο, για παράδειγμα δεν ελέγχουμε αν έχει κύμα η θάλασσα, τον αέρα, είναι εξιδανικευμένο, ελέγχουμε το βάρος, όχι το βάρος, τη μάζα, μεταβαλλόμενη από εμάς, και την πυκνότητα σε σχέση με τον αέρα, κάτι τέτοιο.] → **Λογισμικό, ΝΑΙ**

Ερευνήτρια: Τώρα θα σου δείξω αυτό τον λεκτικό κανόνα. Δεν εξετάζουμε το γνωστικό περιεχόμενο, αλλά μπορούμε να το δούμε σαν μοντέλο;

ΦΔ4: Είναι κάπου στην τύχη η απάντησή μου εφόσον δεν έχω ξεκάθαρη άποψη για το τι είναι μοντέλο.. Πιθανόν να είναι μοντέλο..

Ερευνήτρια: Δεν υπάρχει σωστή απάντηση. Τι νομίζεις εσύ, αν είναι μοντέλο ή όχι, όταν το βλέπεις.

ΦΔ4: [MK11, 12: Είναι ένας ορισμός, αναφέρεται σε αυτό που τον ενδιαφέρει, δηλαδή δίνει κατά κάποιο τρόπο τις συνθήκες στις οποίες βουλιάζει ένα αντικείμενο και τις συνθήκες στις οποίες επιπλέει, χωρίς να παίρνει υπόψη του κάποιους άλλους παράγοντες. Δηλαδή αναφέρεται μόνο στην πυκνότητα του αντικειμένου και του υγρού και στην αναλογία τους ώστε να επιπλέει ή όχι. Ε, τώρα αν είναι μοντέλο ή όχι.. Είναι ένα μοντέλο, λεκτικό.] → **Λεκτικός κανόνας, ΝΑΙ, Ερμηνεία**

Ερευνήτρια: Έχουμε κι έναν πίνακα εδώ, περιλαμβάνει διάφορα υλικά ως προς την πυκνότητά τους, συγκριτικά με τα υπόλοιπα, με σκιάσεις, με γραμμές και με τελείες. Σαν πίνακας είναι μια εικόνα που αναπαριστά κάτι. Αυτός ο πίνακας νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΔ4: [MK13, 14: Δεν ξέρω αν υπάρχει ο όρος εικονικό μοντέλο; Θα μπορούσε να είναι μοντέλο, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την εύκολη κατανόηση του όρου της πυκνότητας.. Τώρα θα σου πω πάλι το ίδιο, ότι εστιάζει εκεί που θέλει, πυκνότητα κτλ. και απλά την αναπαριστά με διάφορους τρόπους.] → **Πίνακας, ΝΑΙ, Περιγραφή**

Ερευνήτρια: Πως το είπες; Εικονικό μοντέλο;

ΦΔ4: Με τη μορφή εικόνας.. εικονικό.

Ερευνήτρια: Τώρα έχουμε αυτό τον τύπο..

ΦΔ4: [MK15: Συμβολικό μοντέλο;

Ερευνήτρια: Μάλιστα. Αυτός είναι ένας συμβολικός τύπος, με τα σύμβολα των μεγεθών που σχετίζονται μεταξύ τους για να μας δώσουν την πυκνότητα. Αυτόν τον τύπο τον ορίζεις ως μοντέλο;

ΦΔ4: Πάλι τα κλασικά χαρακτηριστικά που θα πω πριν, ασχολείται με αυτά που θέλει, μάζα, όγκο και πυκνότητα. Δείχνει τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζεις με αυτά τα στοιχεία την πυκνότητα, χωρίς να παίρνει υπόψη του κάποιους άλλους παράγοντες, ίσως δεν τον ενδιαφέρει. [MK16: Ναι, θα μπορούσε να είναι ένα μοντέλο, πρακτικού υπολογισμού της πυκνότητας. Επιστημονικού, αριθμητικού, ποσοτικού.. όπως θες πες το.] → Τύπος, ΝΑΙ,]→Επίλυση προβλήματος

Ερευνήτρια: Αυτή είναι μια διάταξη όπως βλέπεις, αποτελείται από μια μπάλα που αναπαριστά τον ήλιο, τη γη και τη σελήνη. Τα αντικείμενα μπορούν να έχουν μια κίνηση, όπως για παράδειγμα η γη γύρω από τον εαυτό της, η σελήνη γύρω από τη γη και η γη γύρω από τον ήλιο που είναι το κέντρο του ηλιοκεντρικού συστήματος. Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΔ4: [MK17, 18: Λοιπόν, αν είναι μοντέλο.. Το ότι είναι μοντέλο είναι.. Και μάλιστα και χωρίς να το πεις μοντέλο φυσικής. Είναι μία αναπαράσταση ενός μέρους του ηλιακού συστήματος. Αλλά τι μπορείς να μελετήσεις πάνω σε αυτό; Εφόσον έχει τις μοίρες.. Ίσως την περιστροφή της γης, σε συνδυασμό με της σελήνης. Άρα να τον ενδιαφέρει να δείξει συγκεκριμένα πράγματα.

Ερευνήτρια: Είναι πάντως μοντέλο;

ΦΔ4: Ναι.] → Ηλιοκεντρικό, ΝΑΙ, Επίλυση προβλήματος

Ερευνήτρια: Αυτό είναι ένα σκίτσο του ηλιοκεντρικού συστήματος. Αναπαριστά πάλι τον ήλιο, την γη και τη σελήνη, σαν εικόνα. Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΔ4: [MK19: Σαν εικόνα χωρίς περιγραφή ίσως να μην ήταν. Δηλαδή ένα παιδί αν το παρατηρήσει χωρίς να γνωρίζει καν.. μπορεί να έχει ακόμη την εντύπωση ότι η γη είναι επίπεδη.. μια απλή εικόνα μπορεί να μην είναι μοντέλο. Μια συγκεκριμένη περιγραφή μπορεί να την καταστήσει μοντέλο θέτοντας κάποιες συνθήκες.. Βασικά και όλα τα προηγούμενα χωρίς την περιγραφή είναι δύσκολο να αποτελέσουν μοντέλο. Ίσως με το Sea Diamond, με τον πειραματισμό το παιδί να το καταλάβαινε, αλλά πράγματα που δεν μπορεί να πειραματιστεί το παιδί ίσως να μην μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μοντέλα γιατί ίσως να μην είναι εμφανές το τι περιγράφουνε. Ο ορισμός, ο τύπος.. αν δεν ξέρει καν τι είναι το p και το V.. Χωρίς περιγραφή δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί.]→ Σκίτσο, ΝΑΙ,

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: Ωραία. Είπαμε πολλά, είδαμε πολλά, ας επιστρέψουμε σε μια προηγούμενη ερώτηση. **Τι χαρακτηριστικά νομίζεις ότι πρέπει να έχει ένα μοντέλο;**

ΦΔ4: [MK20: Να άπτεται των εμπειριών του ατόμου στο οποίο θα το παρουσιάσουμε.] → ΔΙΑΧ [MK21: να καλύπτει η περιγραφή του μοντέλου και η χρήση του τις όποιες πιθανότητες παρανόησης, να μην αφήνει περιθώρια παρανόησης..] → ΕΠΧ τι άλλο.. κατάλληλο με τις εμπειρίες των μαθητών.. δεν ξέρω, αυτά τα βασικά στοιχεία θα σκεφτόμουν εγώ.. δεν ξέρω στην πορεία..

Αριθμός συνέντευξης: 5

Τόπος: Φλώρινα

Διάρκεια: 24 λεπτά

Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο

Φοιτήτρια: ΦΔ5

Σχολή: Δημοτικής εκπαίδευσης

Έτος φοίτησης: 3^ο

Κατεύθυνση Λυκείου: Θεωρητική

Φύση μοντέλων

Ερευνήτρια: Τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς την λέξη μοντέλο στις ΦΕ;

ΦΔ5: [MK1, 2: Αναπαράσταση μου έρχεται στο μυαλό. Το να ψάξω να βρω τον πιο αντιπροσωπευτικό, χωρίς αυτό να σημαίνει 'σωστό', τύπο που μπορεί να εξηγήει ένα φαινόμενο.] → **Αναπαράσταση, Ερμηνεία**

Ερευνήτρια: Είπες τύπο;

ΦΔ5: [MK3: Τύπο όχι φυσικό ή μαθηματικό τύπο.. Την πιο αντιπροσωπευτική αναπαράσταση προκειμένου να εξηγήσω ένα φαινόμενο.] → **Αναπαράσταση**

Ερευνήτρια: Δώσε μου ένα παράδειγμα.

ΦΔ5: [MK4,5: Θέλουμε να διδάξουμε την πλευση-βύθιση και δείχνουμε στα παιδιά το σκαρί του πλοίου, αυτό είναι ένα μοντέλο.] → **Περιγραφή, Αντικείμενο**

Ερευνήτρια: Και γιατί αυτό που μου περιέγραψες είναι μοντέλο, δηλαδή τι χαρακτηριστικά έχει και το καθιστούν μοντέλο;

ΦΔ5: [MK6: Έχει τα τυπικά χαρακτηριστικά που έχουν όλα τα πλοία, αυτό το σχήμα που έχουν όλα τα πλοία είναι αντιπροσωπευτικό, είναι η βάση πάνω στην οποία γίνονται τα υπόλοιπα.] → **Αναπαράσταση**

Ερευνήτρια: Έχεις κάποιο άλλο μοντέλο κατά νου;

ΦΔ5: [MK7: Το μοντέλο της πυκνότητας. Αν θέλω να διδάξω στο δημοτικό πυκνότητα, προφανώς και δεν θα αναφέρω τύπους $d=m/V$, θα αναφέρω τα κυβάκια είτε με αρίθμηση δηλαδή 1,2,3,4,5... το 9 αντιπροσωπεύει πολύ μεγάλη πυκνότητα και το 1 πολύ μικρότερη πυκνότητα. Ένα μοντέλο, οι αριθμοί πάνω στο ζάρι, δεύτερο μοντέλο το ζάρι το ίδιο, οι βουλίτσες, γραμμούλες ή και με το χρώμα. Όσο πιο ανοιχτό το χρώμα τόσο μικρότερη πυκνότητα, όσο πιο σκούρο το χρώμα τόσο πιο μεγάλη.] → **Αναπαράσταση**

Ερευνήτρια: Ωραία, έχει να συμπληρώσεις κάτι ακόμη;

ΦΔ5: [MK8: Φαντάζομαι... γιατί άμα σκεφτώ ότι υπάρχει στη διδακτική το μοντέλο του εποικοδομητισμού, είναι λεκτική διατύπωση, του μοντέλου.] → **Μέθοδος**

Λειτουργίες μοντέλων

Ερευνήτρια: Για ποιους λόγους πιστεύεις ότι θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε ένα μοντέλο;

ΦΔ5: [MK9: Γιατί εξυπηρετεί το πρόβλημα που προσπαθείς να λύσεις, βοηθούν στην επίλυση του προβλήματος. Όταν μοντελάρεις ένα πρόβλημα έχεις τον σκελετό στο μυαλό σου και βάσει του μοντέλου νομίζω ότι είναι πιο εύκολη και η επίλυση του. Να μπορώ αυτό το μοντέλο να το μεταβιβάσω σε μια άλλη προβληματική κατάσταση και να με διευκολύνει στην επίλυσή της.] → **Επίλυση προβλήματος [MK10:** Και να προβλέψω! Έτσι δεν λειτουργούν στη μετεωρολογία για παράδειγμα; Ναι.] → **Πρόβλεψη**

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: Και νομίζεις ότι μπορούν να υπάρχουν διαφορετικές μορφές με τις οποίες συναντάμε ένα μοντέλο;

ΦΔ5: [MK11: Ναι. Αυτό που σου είπα για την πυκνότητα είναι διαφορετικές μορφές, δεν είναι το ίδιο. Μοντελάρουν το ίδιο πράγμα, την πυκνότητα, άλλα με διαφορετικό τρόπο.] → [Ποικιλία μορφών](#)

Επεισόδιο 2

Ερευνήτρια: Τώρα θα σου δείξω κάτι. Είναι ένα λογισμικό για την μελέτη της πλευσης-βύθισης, του sea diamond. Η ερώτησή μου είναι η έξης: Αυτό το ονομάζεις μοντέλο;

ΦΔ5: [MK12, 13: Ναι. Διότι μπορεί αργότερα ο χρήστης να θέλει να βυθίσει κάτι άλλο, οπότε έχει στο μυαλό του το μοντέλο αυτό. Ότι το πλοίο βυθίζεται γιατί παίρνει νερό ή το πλοίο δεν βυθίζεται γιατί έχει πολύ αέρα, η πυκνότητα του είναι πιο μικρή από το νερό και επιπλέει.] → [Λογισμικό, ΝΑΙ, Ερμηνεία](#)

Ερευνήτρια: Τώρα έχω να δυο δείξω αυτόν το λεκτικό κανόνα για την πλευση βύθιση.

ΦΔ5: Είναι η πλευση βύθιση σε κανόνες. Ένας φυσικός νομός.

Ερευνήτρια: Ακριβώς. Ένας λεκτικός κανόνας. Αυτό το ονομάζεις μοντέλο;

ΦΔ5: [MK14: Ναι είναι μοντέλο. Αναπαριστά την πράξη λεκτικά. Όταν έχω το σκαρί του πλοίου και προσπαθώ να το βουλιάξω ή όταν λέω στα παιδιά “Πάρτε το πλοίο είναι βυθισμένο, προσπαθήστε να το ανεκλύσετε.” Δουλεύει σαν μοντέλο. Το απτό μοντέλο ήταν εκείνο, τα παιδιά το έκαναν διερευνητικά. Εδώ τους δίνεις το μοντέλο το λεκτικό, τον φυσικό νόμο που ισχύει άρα υπάρχει το μοντέλο στο μυαλό τους. Η αναπαράσταση είναι λεκτική.] → [Λεκτικός κανόνας, ΝΑΙ,](#)

Ερευνήτρια: Τώρα αυτό που περιέγραψες και εσύ με τις σκιάσεις, τις γραμμές και τις τελείες, δες το σαν πίνακα που μπορεί να υπάρχει σε κάποια αφίσα ή κάποια εικόνα μέσα στην τάξη. Αυτός ο πίνακας μπορεί να είναι ένα μοντέλο;

ΦΔ5: [MK15 16: Ναι. Η κάθε στήλη ξεχωριστά μπορεί να είναι από ένα μοντέλο. Δηλαδή και έτσι μπορεί να καταλάβω την πυκνότητα. Καταλαβαίνω ότι το ανθρακόνημα έχει πολύ μεγάλη πυκνότητα ή ότι ο σίδηρος έχει την μεγαλύτερη πυκνότητα και ο αέρας έχει την μικρότερη. Και κατά στήλη το καταλαβαίνω, ότι κάθε στήλη είναι μοντέλο από μόνη της, και όλος ο πίνακας μαζί -και αυτό είναι ένα μοντέλο πυκνότητας- και οι γραμμές και οι τελίτσες.] → [Πίνακας, ΝΑΙ, Περιγραφή](#)

Ερευνήτρια: Να σου δείξω τώρα τον τύπο της πυκνότητας. $\rho = m/V$ συμβολικά. Αυτός είναι ένα μοντέλο;

ΦΔ5: [MK17, 18: Ναι είναι τύπος, είναι μοντέλο. Πιο μαθηματικοποιημένο, πιο φυσικοποιημένο. Αυτό το λεκτικό που μου έδειξες πριν.. Αν μου έδειχνες τον τύπο και μου έλεγες να τον ερμηνεύσω, θα χρησιμοποιούσα αυτό.] → [Τύπος, ΝΑΙ, Ερμηνεία](#)

Ερευνήτρια: Ας ξεπεράσουμε την πλευση και την βύθιση. Αυτό είναι μια συσκευή, μια διάταξη η οποία αναπαριστά τον ήλιο, την γη και την σελήνη. Σε αυτή την διάταξη μπορείς να αναπαραστήσεις την κίνηση της γης γύρω από τον ήλιο, γύρω από τον εαυτό της ταυτόχρονα και της σελήνης γύρω από την γη. Αυτό έτσι όπως το βλέπεις είναι μοντέλο;

ΦΔ5: [MK19, 20: Ναι. Όλα τα βλέπω ως μοντέλα όπως βλέπεις. Πιστεύω ότι οτιδήποτε μπορεί το πολύ αφηρημένο να το κάνεις συγκεκριμένο αλλά όχι αυθαίρετα εγώ, να τα κατασκευάσω εγώ, να έχουν αντιστοιχία προς την πραγματικότητα, να με βοηθήσουν δηλαδή να το καταλάβω να έχουν γενική ισχύ για πολλά φαινόμενα, είναι μοντέλο. Δηλαδή αυτό τώρα μπορείς να μου το περιγράψεις, ότι ο Ήλιος βρίσκεται εδώ, η σελήνη βρίσκεται εδώ, η γη βρίσκεται εδώ, προσπαθώ να το κάνω κάπως στο μυαλό μου. Από τη στιγμή όμως που τη βλέπω μπροστά μου την αναπαράσταση και μπορείς να μου εξηγήσεις το φαινόμενο, ναι είναι μοντελοποίηση.] → [Ηλιοκεντρικό, ΝΑΙ, Ερμηνεία](#)

Ερευνήτρια: Αυτό που θα φτιάξεις εσύ στο μυαλό σου αν εγώ στο περιγράψω, θα είναι μοντέλο;

ΦΔ5: Δεν θα είναι μοντέλο γιατί δεν μπορεί να επεκταθεί και στην επίλυση άλλων καταστάσεων γιατί μπαίνει και ο υποκειμενικός παράγοντας, είναι πολύ υποκειμενική η κατασκευή, το μοντέλο υποθέτω ότι πρέπει να πληρεί κάποιες προϋποθέσεις και να γενικεύεται σε καταστάσεις, για αυτό φαντάζομαι ότι δεν είναι μοντέλο.

Ερευνήτρια: [MK21: Αυτό είναι ένα σκίτσο από ένα βιβλίο φυσικής. Ο Ήλιος, η γη και η σελήνη αναπαριστά πάλι το ηλιοκεντρικό σύστημα. Αυτό είναι μοντέλο;

ΦΔ5: Για μένα είναι πιο σύνθετο μοντέλο.

Ερευνήτρια: Πιο σύνθετο από ποια άποψη;

ΦΔ5: Πιο πολύπλοκο. Εντάξει το καταλαβαίνω ότι είναι η διάταξη του ήλιου, της σελήνης και της γης αλλά το προηγούμενο μοντέλο με εξυπηρετεί πιο πολύ. Αλλά θεωρώ ότι είναι μοντέλο, ότι αντιπροσωπεύει την πραγματική, αν υπάρχει, διάταξη, ότι κάπως έτσι πρέπει να είναι. Διότι ενδεχομένως θα έχουν παρατηρήσει ότι είναι έτσι, γιατί είναι εικόνα που κυκλοφορεί πάρα πολύ, άρα για να κυκλοφορεί πάρα πολύ πρέπει να έχει κάποια ισχύ.] → Σκίτσο, ΝΑΙ

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: Τι χαρακτηριστικά νομίζεις ότι πρέπει να έχει ένα μοντέλο;

ΦΔ5: [MK22: Πρέπει να έχει το επιστημονικό υπόβαθρο. Αλλιώς είναι αυθαίρετες και υποκειμενικές κατασκευές. Τουλάχιστον για την γνώση της φυσικής δεν θα πω ότι είναι αντικειμενική και δεν ανατρέπεται, φυσικά και μπορεί να ανατραπεί γιατί αλλιώς δεν εξελίσσεται η επιστήμη, αλλά θα πρέπει να γενικεύεται σε καταστάσεις.. Ο τύπος $d = m/V$ για να ισχύει σημαίνει ότι έχει δοκιμαστεί και πάντα έχει εγκυρότητα και πάντα δίνει το “σωστό”, το πιο ορθό αποτέλεσμα, άρα η εγκυρότητα είναι το ένα χαρακτηριστικό.] → ΕΠΧ [MK23: Το δεύτερο είναι η γενίκευση, να μπορεί να εξυπηρετεί και άλλα φαινόμενα. Για παράδειγμα από τον τύπο $d = m/V$ που προφανώς έχει επιστημονικό υπόβαθρο, δεν βγάλω μόνο το d βγάλω και το V . Δηλαδή με εξυπηρετεί και σε άλλου είδους σχέσεις.] → ΕΠΧ

Ερευνήτρια: Έχεις να προσθέσεις κάτι άλλο σε σχέση με τα χαρακτηριστικά;

ΦΔ5: [MK27: Σου είπα ήδη εγκυρότητα, επιστημονικότητα με την έννοια ότι πρέπει να είναι αποδεκτό από τους επιστήμονες. Όταν μιλάμε για ένα μοντέλο φυσικής θα πρέπει οι φυσικοί να έχουν συμφωνήσει ότι το τάδε μοντέλο μας εξυπηρετεί για αυτό το λόγο.] → ΕΠΧ Η επιστημονικότητα σε πολύ ανώτερο επίπεδο. Η γενίκευση όπως σου είπα, η μετατροπή του ενδεχομένως σε κάποια άλλη αναπαράσταση.

Ερευνήτρια: Όπως αυτό με τις σκιάσεις;

ΦΔ5: Ναι. Ακόμη, η γενίκευση νομίζω είναι από τα πιο μεγάλα χαρακτηριστικά ενός μοντέλου. Αν μπορώ αυτό το μοντέλο να το μεταβιβάσω σε μια άλλη προβληματική κατάσταση και να με διευκολύνει στην επίλυσή της.

Αριθμός συνέντευξης: 6

Τόπος: Φλώρινα

Διάρκεια: 14 λεπτά

Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο

Φοιτητής: ΦΝ1

Σχολή: Νηπιαγωγών

Έτος φοίτησης: 4^ο

Κατεύθυνση Λυκείου: Τεχνολογική

Φύση μοντέλων

Ερευνήτρια: Εγώ αυτό που θέλω να σε ρωτήσω βασικά, είναι το **τι έχεις κατά νου, τι νομίζεις, τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο στις ΦΕ.**

ΦΝ1: [MK1: Κάτι, πώς να το πω.. είτε με την έννοια ότι έχω κάτι, κάποια κατασκευή]→ Αντικείμενο, [MK2: είτε [MK3: κάτι που θέλω να απεικονίσω μέσω ενός σκίτσου]→ Αναπαράσταση όπως ένα πλοίο.. το μοντέλο του πλοίου μπορεί να είναι είτε μία κατασκευή, είτε ο χάρτης που δείχνει τα δωμάτια κι αυτά.] → Περιγραφή

Ερευνήτρια: Κάποιο άλλο παράδειγμα;

ΦΝ1: Πάνω στα μοντέλα;

Ερευνήτρια: Ναι, είπες για παράδειγμα το πλοίο, είτε ένας χάρτης που δείχνει τα δωμάτια, κάποιο άλλο παράδειγμα στις ΦΕ;

ΦΝ1: [MK4: Το μοντέλο του ατόμου. Με τα πρωτόνια, τα ηλεκτρόνια.. κι άλλα πρότυπα στη φυσική.]→ Σύστημα

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: **Τι χαρακτηριστικά πιστεύεις ότι πρέπει να έχουν τα μοντέλα στις ΦΕ;**

ΦΝ1: [MK5: Να είναι κατανοητά, απλά δηλαδή για να είναι κατανοητά. Να έχουν κάποια σχήματα, να μπορεί και ο πιο απλός νους να καταλάβει κάποια πράγματα.]→ ΔΙΑΧ

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: Πιστεύεις ότι τα μοντέλα μπορούν να έχουν πολλές μορφές;

ΦΝ1: Ναι.

Ερευνήτρια: Όπως;

ΦΝ1: [MK6: Όπως μέσα από λογισμικά, το οποίο θα είναι πιο κοντά σε αυτόν που θα το δει και θα καταλάβει, τα άλλα μπορεί να είναι σαν σκίτσα, ή σαν κατασκευή.] → Ποικιλία μορφών

Επεισόδιο 2

Ερευνήτρια: Ωραία. Καλά για αυτό μπορεί να σου έρθουν και ιδέες κατά τη διάρκεια της συζήτησης.. Τώρα, θα σου δείξω ένα λογισμικό.

ΦΝ1: Το Sea Diamond!

Ερευνήτρια: Αυτό το θεωρείς μοντέλο;

ΦΝ1: [MK7, 8: Ναι, γιατί το παιδί μπορεί να καταλάβει.. αναπαράσταση είναι, πως βυθίζεται κάτι. Και το παιδί ανάλογα μπορεί να καταλάβει πως αν βυθίσουμε από τη μία πλευρά μπορεί να βυθιστεί.. απλά θα μπορεί να το περιεργαστεί. Θεωρητικά μέσα από το λογισμικό μπορείς να το βιώσεις το μοντέλο.]→ Λογισμικό, ΝΑΙ, Περιγραφή

Ερευνήτρια: Να σε ρωτήσω τώρα για αυτόν εδώ τον λεκτικό κανόνα. Μπορείς να τον διαβάσεις αν θέλεις.

ΦΝ1: Ναι.

Ερευνήτρια: Αυτός ο κανόνας έτσι όπως είναι νομίζεις ότι είναι μοντέλο; Θα τον όριζες ως μοντέλο;

ΦΝ1: [MK9: Μπορεί να αναπαρασταθεί ως μοντέλο. Λεκτικά δεν.. μοντέλο μου πάει πιο πολύ σαν σκίτσο, σαν κατασκευή, σαν λογισμικό, παρά σαν κανόνας. Εκτός αν.. σαν αξίωμα. Ότι το δέχεσαι, είναι αποδεδειγμένο, το δέχεσαι.

Ερευνήτρια: Δεν το λες μοντέλο δηλαδή.

ΦΝ1: Όχι.] → Λεκτικός, ΟΧΙ.

Ερευνήτρια: Πάμε παρακάτω..

ΦΝ1: Αυτό ναι, με τις τελίτσες.

Ερευνήτρια: Αυτό με τις τελίτσες.

ΦΝ1: [MK10: Αυτό είναι μοντέλο.

Ερευνήτρια: Συγκεκριμένα με τις τελίτσες ή όλο το πλάνο εδώ πέρα, όλη η εικόνα;

ΦΝ1: Τα άλλα είναι λίγο δυσνόητα, αυτό με τις τελίτσες είναι πλήρες κατανοητό ακόμη κι από νήπια, ακόμη και από παιδιά. Με το πάνω μπορεί να διαφέρει λίγο το χρώμα, μπορεί να μην καταλαβαίνει ο άλλος τη διαφορά..

Ερευνήτρια: Μάλιστα.

ΦΝ1: Παραμένει μοντέλο, αλλά όχι τόσο κατανοητό όσο τα υπόλοιπα.

Ερευνήτρια: Αυτό τι πιστεύεις ότι αναπαριστά;

ΦΝ1: Την πυκνότητα.

Ερευνήτρια: Σαν έννοια;

ΦΝ1: Ναι. Σαν φαινόμενο, όπως ήταν το προηγούμενο που ήταν η πλεύση και η βύθιση και ήταν φαινόμενο. Πάλι μπορεί να γίνει και για πλεύση – βύθιση αυτό. [MK 11: Δηλαδή το ένα αντικείμενο, ο σίδηρος, έχει 6 τελείες, το νερό έχει 4, πιο βυθίζεται;] → Πρόβλεψη] → Πίνακας, ΝΑΙ

Ερευνήτρια: Σίγουρα. Ωραία. Εδώ;

ΦΝ1: Κανόνας.

Ερευνήτρια: Αυτός είναι ο τύπος της πυκνότητας. Συμβολικός καθαρά.

ΦΝ1: [MK12: Είπα, προς αξίωμα το πάω εγώ, παρά σαν μοντέλο.] → Τύπος, ΟΧΙ

Ερευνήτρια: Είναι μία αναπαράσταση ωστόσο;

ΦΝ1: Ναι, βοηθάει πάλι να καταλάβουμε, εξαρτάται όμως και για ποιες ηλικίες μιλάμε. Αν μιλάμε για μικρά παιδιά, αυτό δεν είναι καθόλου κατανοητό. Όσο μεγαλώνει, μπορεί να το καταλάβει, να το βιώσει, να παίξει μαζί του, και ανάλογα να το καταλάβει περισσότερο. Τώρα μιλάω προς νηπιαγωγείο πιο πολύ, για το νηπιαγωγείο αυτό είναι ακατανόητο.

Ερευνήτρια: Αυτό εδώ;

ΦΝ1: [MK13: Είναι μοντέλο.

Ερευνήτρια: Το ηλιοκεντρικό.

ΦΝ1: Ναι, βεβαίως!] → Ηλιοκεντρικό, ΝΑΙ

Ερευνήτρια: Κατάλαβα. Το αφήνω στην άκρη.. Και εδώ πέρα είναι το αντίστοιχο σκίτσο από το ηλιοκεντρικό σύστημα.

ΦΝ1: Ναι, ναι, αναπαράσταση είναι.

Ερευνήτρια: Αυτό είναι μοντέλο;

ΦΝ1: [MK14: Δεν θα το έλεγα. Κατά μία έννοια μπορείς να το θεωρήσεις, αλλά όταν έχεις το ηλιοκεντρικό που είναι πιο βιωματικό..

Ερευνήτρια: Μπορείς να το δεις ανεξάρτητα από το ηλιοκεντρικό σαν συσκευή.

ΦΝ1: [MK15: Ναι, θεωρείται μοντέλο. Μπορούμε να το θεωρήσουμε μοντέλο γιατί είναι κατανοητό. Βλέπουμε την τροχιά, μας δείχνει.] → Σκίτσο, ΝΑΙ, Περιγραφή

Αριθμός συνέντευξης: 7

Τόπος: Θεσσαλονίκη

Διάρκεια: 17 λεπτά
Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο
Φοιτήτρια: ΦΝ2
Σχολή: Νηπιαγωγών
Έτος φοίτησης: 2^ο
Κατεύθυνση Λυκείου: Θεωρητική

Φύση μοντέλων

Ερευνήτρια: Να ξεκινήσουμε τη συζήτησή μας με την ερώτηση **τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο στις ΦΕ;**

ΦΝ2: [MK1: Μάλλον κάποιο παράδειγμα, όταν θέλουμε να αναπαραστήσουμε κάποιο φυσικό φαινόμενο.] → **Αναπαράσταση**

Ερευνήτρια: Ωραία, έχεις κάποιο παράδειγμα στο μυαλό σου;

ΦΝ2: [MK2, 3: Ναι, ίσως για παράδειγμα αν θέλουμε να μελετήσουμε την επιτάχυνση, θα χρησιμοποιήσουμε κάποιο τρένο το οποίο κάποια στιγμή επιταχύνει.] → **Αντικείμενο, Επίλυση προβλήματος**

Ερευνήτρια: Ωραίο παράδειγμα, αυτό όμως πως μπορούμε να το αναπαραστήσουμε, τι εννοείς;

ΦΝ2: [MK4: Με κάποιο σχήμα] → **Αναπαράσταση** ή [MK5: με κάποιο αντικείμενο.] → **Αντικείμενο**

Ερευνήτρια: Κάποιο άλλο παράδειγμα;

ΦΝ2: Κάποιο άλλο; Ρεαλιστικότερο να είναι; Πραγματικότερο;

Ερευνήτρια: Ότι θέλεις.

ΦΝ2: [MK6: Ίσως κάποια μακέτα; Μάλλον κάτι τέτοιο, το οποίο θα μπορεί να λειτουργήσει, να κινείται..] → **Αντικείμενο**

Ερευνήτρια: Να είναι δηλαδή..;

ΦΝ2: [MK7: Χειροπιαστό! Να έχει κάποια βάση κι από κει και πέρα να μπορεί και να κινείται.] → **Αντικείμενο**

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: **Τι χαρακτηριστικά νομίζεις πως πρέπει να έχει ένα μοντέλο για να μπορούμε να το χρησιμοποιούμε στις ΦΕ;**

ΦΝ2: [MK8: Να είναι στην καθημερινότητά μας, για να μπορούμε να το καταλαβαίνουμε ευκολότερα.] → **ΔΙΔΧ** Ας πούμε εγώ ήμουν θεωρητική κατεύθυνση, και γενικότερα με τη φυσική δεν τα πήγαινα πολύ καλά, γιατί μου φαινόταν πολύ δύσκολο να αντιληφθώ μια έννοια, όταν δεν μπορώ καλά – καλά να τη σχηματίσω στο μυαλό μου. Ήθελα ίσως οπτικά να αναπαρασταθεί πρώτα σε μένα, για να μπορέσω κι εγώ να το αντιληφθώ πλήρως. [MK9, 10: Έτσι λοιπόν νομίζω ότι πρέπει να είναι απτό, κάτι που θα το έχουμε δει, καθημερινό, και κάτι το οποίο έχουμε ιδέα το πώς λειτουργεί. Δηλαδή να μην είναι κάτι το οποίο θα το βλέπω πρώτη φορά στη ζωή μου και θα πρέπει να το φανταστώ κιόλας.] → **Αντικείμενο, ΔΙΔΧ**

Λειτουργία μοντέλων

Ερευνήτρια: **Και για ποιους λόγους πιστεύεις ότι θα το χρησιμοποιούσαμε;**

ΦΝ2: [MK11: Για να γίνει ευκολότερη η κατανόησή του από τα παιδιά, για να μπορέσουν τα παιδιά όχι απλά να το καταλάβουν εκείνη τη στιγμή αλλά να το θυμούνται και όταν πάνε σπίτι

τους. Να μη χρειαστεί να το ξαναδιαβάσουνε, αλλά να έχουν ας πούμε ένα παράδειγμα και να πούνε “α, αυτό είναι, οπότε οδηγούμαι εκεί”. Κάπως έτσι.] → [Κατανόηση](#)

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: **Νομίζεις πως τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές;**

ΦΝ2: [MK12: Δηλαδή να χρησιμοποιηθεί ένα βίντεο, είτε μια εικόνα, είτε ένα αντικείμενο; Ναι, θα μπορούσαμε...] → [Ποικιλία μορφών](#)

Επεισόδιο 2

Ερευνήτρια: **Τώρα θα σου δείξω** ένα λογισμικό. Είναι ένα καράβι και μπορεί ο χρήστης να κάνει ‘κλικ’ στα αμπάρια του πλοίου για να τα γεμίσει με νερό, με αποτέλεσμα το πλοίο..

ΦΝ2: ..να βουλιάξει.

Ερευνήτρια: Ακριβώς. Και μπορεί ξανακάνοντας ‘κλικ’, να χρησιμοποιήσει μια βοηθητική βαρκούλα ώστε να αδειάσει το νερό με αποτέλεσμα να γίνει η ανέλκυση του πλοίου. Αυτό είναι από ένα λογισμικό, όπου ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει με το πλοίο και να παρατηρήσει αυτό το φαινόμενο.

ΦΝ2: Ναι.

Ερευνήτρια: Καταρχήν, αυτό που βλέπουμε θεωρείς πως είναι μοντέλο;

ΦΝ2: [MK13, 14, 15: Ναι, είναι ένα καλό παράδειγμα κιόλας. Είναι αυτό ακριβώς που είπα. Μπορούν όλοι να καταλάβουνε ότι το πλοίο βουλιάζει. Και αυτό που θέλει να εξηγήσει, την άνωση και τη βύθιση.] → [Λογισμικό, ΝΑΙ, Περιγραφή, Ερμηνεία](#)

Ερευνήτρια: Την πλεύση και τη βύθιση.

ΦΝ2: Ναι.

Ερευνήτρια: Έχεις υπόψη σου κάποιες άλλες μορφές που θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε;

ΦΝ2: Ε κοίτα, στο συγκεκριμένο παράδειγμα με την άνωση και την πλεύση, [MK16: θα μπορούσαμε ίσως να χρησιμοποιήσουμε μια λεκάνη με νερό, να βάλουμε ίσως ένα κομμάτι ξύλο και πάνω μια βαριά πέτρα για να βυθιστεί. Και μετά να βγάλουμε την πέτρα να δούμε ότι θα ανέβει προς τα πάνω.] → [Αντικείμενο](#)

Ερευνήτρια: Ωραία, σε τι διαφέρει αυτό που ανέφερες με αυτό που είναι βίντεο;

ΦΝ2: Νομίζω ότι σε μία τάξη δεν είναι τόσο εύχρηστο το να το δείξεις μέσω του πειράματος που σου είπα εγώ. Ενώ αν χρησιμοποιήσεις ένα projector το βίντεο θα μπορέσεις να το δείξεις σε όλη την τάξη και όλοι να το παρακολουθούν καλύτερα, ενώ αν χρειαστεί να κάνεις το πείραμα που σου είπα εγώ, θα χρειαστεί να πας σε κάθε παιδί ξεχωριστά ή τουλάχιστον ανά δυάδες.

Ερευνήτρια: Δεν μπορεί να είναι μαζικό δηλαδή;

ΦΝ2: Ακριβώς, θα χρειαστεί και περισσότερο χρόνο.

Ερευνήτρια: Ωραία, να σε ρωτήσω τώρα.. Έχουμε αυτόν εδώ τον λεκτικό κανόνα. Μπορείς να τον διαβάσεις.

ΦΝ2: Ναι.

Ερευνήτρια: Αυτό το λεκτικό κανόνα, μπορείς να τον ορίσεις μοντέλο;

ΦΝ2: [MK17: Εγώ αυτό θα το έλεγα θεωρία. Δύσκολα θα το έλεγα μοντέλο. Το μοντέλο θα το ήθελα πιο χειροπιαστό. Ένα παράδειγμα της θεωρίας. Δηλαδή εγώ αντιλαμβάνομαι αυτή τη στιγμή την έννοια, την θεωρία, τι λέει αυτό το κομμάτι, γιατί πολύ απλά ίσως να ξέρω την έννοια που θέλεις να μου μεταφέρεις, αλλά νομίζω αν μου το έλεγες, το κράταγα στο μυαλό μου και έβλεπα μετά και το βίντεο, θα καταλάβαινα σίγουρα αν δεν είχα ιδέα. Θεωρώ για μένα

ότι είναι δύσκολο το να μπορέσω να αντιληφθώ κάτι μόνο διαβάζοντάς το. Δηλαδή θα πρέπει να φέρω εγώ στο μυαλό μου κάποιο παράδειγμα.. θα κάτσω και να πω “η πυκνότητα τι κάνει; Όταν είναι περισσότερη, όταν είναι λιγότερη..” Δηλαδή θα προσπαθήσω να βρω ήδη ένα παράδειγμα, ένα μοντέλο στο μυαλό μου.] → **Λεκτικός, ΟΧΙ**,

Ερευνήτρια: Είναι θεωρία επομένως, δεν είναι μοντέλο.

ΦΝ2: Ναι.

Ερευνήτρια: Ενώ αυτός ο πίνακας; Αυτός ο πίνακας ταξινομεί διάφορα υλικά. Είτε με σκιάσεις, είτε με γραμμές, είτε με τελείες, μας δείχνει για κάποια υλικά την πυκνότητά τους. Αυτός ο πίνακας είναι ένα μοντέλο;

ΦΝ2: [MK18, 19: Είναι ένα μοντέλο, για να μας δείξει την πυκνότητα του κάθε υλικού. Ναι, αυτό ναι. Και είναι και πολύ καλό, γιατί δεν χρειάζεται να μετρήσω, μπορώ να δω με το μάτι και να καταλάβω ποιο έχει μεγαλύτερη πυκνότητα, ποιο έχει μικρότερη.. Είναι ένα καλό μοντέλο.] → **Πίνακας, ΝΑΙ**, **Περιγραφή**

Ερευνήτρια: Εδώ έχουμε ένα τύπο. Ένα συμβολικό τύπο. Εντάξει αυτός, αν θυμάσαι, είναι ο τύπος της πυκνότητας, αλλά δεν μας νοιάζει, σαν τύπος από μόνος του θεωρείς πως είναι ένα μοντέλο;

ΦΝ2: [MK20: Εγώ αυτό τον τύπο, να σου πω σαν τι τον έχω μέσα στο μυαλό μου.. Σαν τον τύπο για την επίλυση μιας άσκησης.

Ερευνήτρια: Υπολογιστικά;

ΦΝ2: Ναι. Σαν μοντέλο όχι. Ή για το πώς θα βρεθεί η πυκνότητα, σαν μοντέλο όχι. Δεν θα με βοηθήσει για να καταλάβω για την έννοια της πυκνότητας.] → **Τύπος, ΟΧΙ**

Ερευνήτρια: Αυτό (η διάταξη) είναι μοντέλο;

ΦΝ2: Είναι! Αλλά τι ακριβώς θέλουμε να αναπαραστήσουμε;

Ερευνήτρια: Φαντάσου εσύ..!

ΦΝ2: Είναι κάποια έννοια που την ξέρω;

Ερευνήτρια: Λοιπόν. εδώ έχουμε τον ήλιο, την γη και τη σελήνη. Είναι μια διάταξη που αναπαριστά..

ΦΝ2: ..την περιστροφή της γης;

Ερευνήτρια: Θα μπορούσε, ακριβώς! Αυτό είναι ένα φαινόμενο λοιπόν που ανέφερες, ότι περιστρέφεται η γη. Μπορεί η διάταξη να κινείται και να μας δείχνει την περιστροφή της γης

ΦΝ2: ..γύρω από τον εαυτό της..

Ερευνήτρια: ..την περιστροφή της γης γύρω..

ΦΝ2: ..από τον ήλιο.. και το φεγγάρι γύρω από τη γη.

Ερευνήτρια: Θα μπορούσε να αναπαριστά πολλά πράγματα! Η ερώτηση είναι η ίδια. Αυτό είναι ένα μοντέλο;

ΦΝ2: [MK21: Είναι.

Ερευνήτρια: Γιατί αυτό είναι μοντέλο για σένα;

ΦΝ2: γιατί..

Ερευνήτρια: ..τι χαρακτηριστικά το κάνουν μοντέλο;

ΦΝ2: [MK22: Έχω αντίληψη οπτική αλλά μπορώ και να αγγίξω τη γη, τη σελήνη και τον ήλιο, μόλις μου πεις ότι η γη γυρίζει καθώς το κάνεις αυτό και δω ότι γυρίζει μπορώ να αντιληφθώ και μέρα και νύχτα] → **ΔΙΑΧ**, ας πούμε πλησιάζει εδώ προς τον ήλιο, εδώ προφανώς θα είναι μέρα, ενώ αντίστοιχα εδώ που έχει οπτική επαφή με το φεγγάρι θα είναι νύχτα.

Ερευνήτρια: Το φαινόμενο της μέρας και της νύχτας λοιπόν, κι άλλο φαινόμενο...

ΦΝ2: Ναι! Ε, νομίζω ότι μπορώ να είμαι σίγουρος τώρα με αυτό εδώ, νομίζω ότι είναι πολύ καλό.] → **Ηλιοκεντρικό, ΝΑΙ**

Ερευνήτρια: Για να σου δείξω μια εικόνα που υπάρχει σε κάποιο βιβλίο, που πάλι αναπαριστά τον ήλιο, τη γη και τη σελήνη.

ΦΝ2: Έκλειψη είναι αυτό;

Ερευνήτρια: Όχι απαραίτητα, δεν εξετάζουμε ποιο φαινόμενο θα μπορούσε να αναπαριστά, σαν αναπαράσταση. Αυτή την εικόνα την ονομάζεις μοντέλο;

ΦΝ2: [MK23: Αν ήξερα ακριβώς το φαινόμενο που θα ήθελε να εξηγήσει η εικόνα θα μπορούσα να σου δώσω μια απάντηση. Έτσι.. βλέπω τον ήλιο, τη σελήνη και τη γη, αλλά σίγουρα δεν είναι όπως η διάταξη. Σίγουρα θα μου δώσει μια ιδέα, την οποία όμως θα πρέπει να την αναλύσω περαιτέρω.. η εικόνα δείχνει κάτι στατικό, αυτή τη στιγμή, δηλαδή αν δεν μου πεις ότι η γη θα κάνει τον κύκλο και ότι θα μπει μπροστά ο ήλιος και πίσω θα είναι η σελήνη θα πρέπει να το επεξεργαστώ, δεν θα μπορέσει η εικόνα να μου το δώσει. Ίσως είναι ένα στάδιο του φαινομένου. Αν πάλι εξηγείται το φαινόμενο με αυτή την εικόνα, τότε θα ήταν πλήρες σαν μοντέλο.

Ερευνήτρια: Λες δηλαδή ότι σαν μοντέλο, για να ήταν ολοκληρωμένο πρέπει να έχει και μια εξήγηση;

ΦΝ2: Ναι.. Ε, όχι ακριβώς.. Ε, ποιο φαινόμενο εξετάζει εδώ; Εξετάζει κάποιο συγκεκριμένο;

Ερευνήτρια: Όχι, κάποιο συγκεκριμένο. Θα μπορούσαμε να εξετάζουμε εδώ το γεγονός ότι ο ήλιος είναι στο κέντρο και η γη κινείται γύρω – γύρω.

ΦΝ2: Έτσι, για κάτι τόσο απλό, μπορεί να αποτελέσει μοντέλο. Και καλό μοντέλο κιόλας. Δεν χρειάζεται κάτι περαιτέρω. Αν μου έλεγες όμως κάτι πιο σύνθετο ίσως χρειαζόμουν και κάτι πιο χειροπιαστό, ίσως κάτι που να κινούταν.

Ερευνήτρια: Κάτι αντίστοιχο με το λογισμικό κι όχι κάτι στατικό;

ΦΝ2: Ακριβώς!

Ερευνήτρια: Αν σου έλεγα ότι αυτή η εικόνα χρησιμοποιείται σε ένα βιβλίο φυσικής για να δείξει τη θέση των σωμάτων, για να ερμηνεύσουμε το φαινόμενο της παλίρροιας για παράδειγμα. Αυτή η εικόνα τότε θα μπορούσε να είναι μοντέλο;

ΦΝ2: Σε σχέση με την παλίρροια θα μου φαινόταν λίγο κουφό. Γιατί δεν έχω κάποια θάλασσα για να καταλάβω.. οπότε εγώ θα δυσκολευόμουν λίγο να το αντιληφθώ.] → Σκίτσο, ΙΣΩΣ

Αριθμός συνέντευξης: 8

Τόπος: Θεσσαλονίκη

Διάρκεια: 14 λεπτά

Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο

Φοιτήτρια: ΦΝ3

Σχολή: Νηπιαγωγών

Έτος φοίτησης: 2^ο

Κατεύθυνση Λυκείου: Θεωρητική

Φύση μοντέλων

Ερευνήτρια: Εγώ θα ήθελα να σε ρωτήσω **τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο στις ΦΕ;**

ΦΝ3: Μοντέλο; Τι μου έρχεται; Όταν μου λες μοντέλα... [MK1: Σκίτσα] → **Αναπαράσταση, [MK2: αντικείμενα, αυτά....] → Αντικείμενο**

Ερευνήτρια: Κάτι άλλο;

ΦΝ3: Κάτι άλλο; Τίποτα, αυτά. [MK3: Φτιαγμένα σε χαρτί.. τώρα το υλικό τους μπορεί να είναι και πλαστικό.] → **Αντικείμενο**

Ερευνήτρια: Έχεις να μου δώσεις κάποιο παράδειγμα;

ΦΝ3: [MK4: Ναι, ότι μπορεί να αναπαρασταθεί ένα μοντέλο και με ένα σκίτσο, με ένα χαρτί και μολύβι, δεν είναι κάτι δύσκολο πιστεύω.] → **Αναπαράσταση**

Ερευνήτρια: Κατάλαβα.

ΦΝ3: [MK5: Και μετά, η εφαρμογή του.. δηλαδή το πώς θα το φτιάξεις, κι αυτό δεν είναι δύσκολο, με χαρτί ή χαρτόνια.] → **Αντικείμενο**

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: **Τι χαρακτηριστικά νομίζεις ότι πρέπει να έχει ένα μοντέλο στις ΦΕ;**

ΦΝ3: Να είναι.. εξαρτάται με το τι θέμα απασχολεί και τι θέλουμε να ερευνήσουμε. [MK6,7: Να είναι κατατοπιστικό, ώστε αυτός που θα εξεταστεί να δώσει τις απαντήσεις μέσω των ερωτήσεων που θα γίνουνε, άμεσα και εύκολα, να είναι λειτουργικό, να εξυπηρετεί το σκοπό του.. αναλόγως τον χαρακτήρα που θα έχει. Αν θέλουμε να αναπαραστήσουμε το.. τον ηλεκτρισμό για παράδειγμα, το κύκλωμα του ηλεκτρισμού, χρειαζόμαστε τον λαμπτήρα, την μπαταρία μας, τα καλώδια.. τα αμπέρ αν χρειάζεται να μετρήσουμε..] → **ΔΙΔΧ, Αντικείμενο**

Λειτουργία μοντέλων

Ερευνήτρια: **Για ποιους λόγους νομίζεις ότι θα χρησιμοποιούσαμε ένα μοντέλο;**

ΦΝ3: [MK8: Για να βοηθήσει το σκοπό μας. Ο κύριος σκοπός μας στη διδασκαλία είναι.. ως δάσκαλοι αύριο μεθαύριο, να διδάξουμε στα παιδιά, να περάσουμε κάποια μηνύματα..] →

Περιγραφή Κυρίως στην προσχολική εκπαίδευση δεν έχουμε σκοπό να αλλάξουμε ριζικά την άποψη των παιδιών, θέτουμε τις ερωτήσεις, βλέπουμε ποιες θα είναι οι προτεινόμενες τους απαντήσεις, τις εξετάζουμε, περνάμε κάποια μηνύματα, από εκεί και πέρα τα συμπεράσματα είναι δικά τους και μόνοι τους διαμορφώνουν την άποψή τους. Όσο μεγαλώνει η βαθμίδα της εκπαίδευσης, δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια, πλέον το παιδί, από το μυθικά πλασμένο παράδειγμα που θα του δώσουμε, πρέπει να του πούμε την αλήθεια, δηλαδή το πώς είναι κάτι διαμορφωμένο.

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: **Νομίζεις πως τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές;**

ΦΝ3: [MK9: Όταν λες διαφορετικές μορφές;

Ερευνήτρια: ήδη περιέγραψες ότι μπορεί να είναι ένα σκίτσο, κάτι που να το πιάνουμε..

ΦΝ3: Ναι, σίγουρα..] → **Ασαφής**

Ερευνήτρια: Τι άλλο μπορεί να είναι; Άρα είμαστε καταφατικοί στο ότι μπορεί να έχουνε διαφορετικές μορφές.

ΦΝ3: Ναι, σε αυτό είμαστε, προφανώς και είμαστε. [MK10: Γιατί θέλουμε μάλλον την ποικιλομορφία στα μοντέλα, να δώσουμε διάφορα παραδείγματα, αν θέλουμε τα ίδια συμπεράσματα μπορούνε να βγούνε μέσω διαφορετικών μοντέλων. ...] → **Ασαφής**

Επεισόδιο 2

Ερευνήτρια: Σαν παράδειγμα, **θα σου δείξω** ένα λογισμικό. Λοιπόν σε αυτό το λογισμικό, μπορεί ο χρήστης κάνοντας κλικ στα αμπάρια ενός πλοίου να τα γεμίσει με νερό, με αποτέλεσμα το πλοίο να βυθιστεί. Και μπορεί κάνοντας κλικ πάλι στα αμπάρια, να χρησιμοποιήσει μια βοηθητική βάρκα, να ρουφήξει το νερό ώστε να αδειάσουν τα αμπάρια κι

έτσι να γίνει η ανέλκυση του πλοίου. Αυτό είναι ένα λογισμικό. Το βίντεο αυτό δείχνει το τι μπορεί να κάνει ο χρήστης. Αυτή την προσομοίωση μπορείς να την ορίσεις ως μοντέλο;

ΦΝ3: [MK11: Ναι, σίγουρα. Και πιστεύω ότι χρειάζονται τέτοιου είδους τεχνολογίες για να εξυπηρετήσουνε όπως είπα πριν το σκοπό της εκπαίδευσης και της διδασκαλίας και μέσω λογισμικών εφαρμογών αλλάζει και 'εποχή' αν θέλετε η εκπαίδευση και η παιδεία, ο τρόπος διδασκαλίας μάλλον. Και συγνώμη, όχι μόνο στις ΦΕ αλλά και σε πολλά, και σε θέματα γλωσσολογικά και σε θέματα μαθηματικών, αριθμητικής, εξυπηρετούν πιστεύω οι νέες τεχνολογίες.. είναι καινοτόμες για μένα οι ιδέες αυτές και μακάρι να μπουν στο χώρο της παιδείας και θα μπουν είναι η άποψή μου.

Ερευνήτρια: Να σε ρωτήσω κάτι άλλο, αυτό σαν αναπαράσταση τώρα είχε τη μορφή ενός λογισμικού. Το θεωρείς μοντέλο;

ΦΝ3: [MK12: Σαν μοντέλο, για αυτό που θέλουμε να διδάξουμε, να περάσουμε, πιστεύω ότι ίσως να έχει λύση και εφαρμογή, και θα είναι χρήσιμο, αφού περάσουμε τα μηνύματα, αφού διδάξουμε.. Γιατί η κύρια πηγή για να μάθει το παιδί είναι για μένα μέσω του παιχνιδιού..]→**Περιγραφή** Και το παιχνίδι είναι απαραίτητο κι εκεί ανακαλύπτουμε λειτουργίες και τεχνικές που στη θεωρία βασίζονται κι όμως στην πράξη εμφανίζονται.] → **Λογισμικό, ΝΑΙ,**

Ερευνήτρια: Να σου δείξω τώρα έναν λεκτικό κανόνα, μπορείς να τον διαβάσεις αν θέλεις.

ΦΝ3:

Ερευνήτρια: Αυτός είναι ένας λεκτικός κανόνας. Αυτό το λεκτικό κανόνα μπορείς να τον ορίσεις σαν μοντέλο;

ΦΝ3: [MK13: Ο ορισμός της θεωρίας.. όχι, για μένα είναι θεωρία.] → **Λεκτικός κανόνας, ΟΧΙ**

Ερευνήτρια: Θα σου δείξω τώρα ένα πίνακα. Αυτός ο πίνακας αναπαριστά κάποια υλικά τα οποία είτε με σκιάσεις, είτε με γραμμές, είτε με τελίτσες, διαφέρουν ως προς την πυκνότητά τους. Αυτό τον πίνακα, έτσι όπως αναπαριστά αυτά τα υλικά, νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΝ3: [MK14: Είναι αυτό που είπα πριν.. Αν πάρουμε ένα χαρτί κι ένα μολύβι και σχεδιάσουμε κάτι, όπως αυτός ο πίνακας, μπορεί να έχει εφαρμογή αν το κάνουμε πράξη, όπως αν έχουμε ένα αντικείμενο μπροστά μας, το πιάνουμε δηλαδή, αλλά και πάλι εξαρτάται πως τον χρησιμοποιείς αυτό τον πίνακα, μπορείς να κερδίσεις τη θεωρία και να μην εφαρμόσεις τη λειτουργία του. Δηλαδή μπορείς να φτιάξεις έναν πίνακα, ως αντικείμενο να το έχεις και να απορρέει κάτι από αυτό. Τώρα να το παρουσιάσεις έτσι στα παιδιά πιστεύω μόνο στη θεωρία..

Ερευνήτρια: Από μόνο του δεν είναι μοντέλο δηλαδή; Πρέπει να το φτιάξεις;

ΦΝ3: Ναι, εγώ έτσι πιστεύω. Δεν φτάνει μόνο αυτό, μόνο να γράψεις σε χαρτί..] → **Πίνακας, ΙΣΩΣ**

Ερευνήτρια: Πριν είχες αναφέρει νομίζω ότι και το σκίτσο μπορεί να είναι μοντέλο..

ΦΝ3: Ναι αλλά είναι μοντέλο όταν το γράφεις αλλά το δημιουργήσεις κιόλας.

Ερευνήτρια: Μάλιστα. Αυτός τώρα είναι ένας τύπος για την πυκνότητα. Ένας συμβολικός τύπος. Με σύμβολα για την πυκνότητα, τη μάζα και τον όγκο. Σαν τύπος νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΝ3: [MK15: Όχι, δεν νομίζω πως είναι μοντέλο. Τέλος.] → **Τύπος, ΟΧΙ**

Ερευνήτρια: Τώρα έχω να σου δείξω αυτή τη διάταξη.

ΦΝ3: Α, μάλιστα, αυτό πως λέγεται;

Ερευνήτρια: Αυτό είναι μια διάταξη του ηλιοκεντρικού συστήματος.

ΦΝ3: Αυτό έχουμε κι εμείς στο πανεπιστήμιο, στα εργαστήρια.

Ερευνήτρια: Όπως παρατηρείς, εδώ αναπαριστάται ο ήλιος, η γη και η σελήνη. Μπορείς να κινήσεις αυτό το στέλεχος με αποτέλεσμα να κινείται η γη και γύρω από τον ήλιο, και γύρω από τον εαυτό της, και η σελήνη γύρω από τη γη.

ΦΝ3: Ναι, ναι.

Ερευνήτρια: Αυτή τη διάταξη την ορίζεις σαν μοντέλο;

ΦΝ3: [MK16: Ναι, την ορίζω ως μοντέλο.] → **Ηλιοκεντρικό, ΝΑΙ**

Ερευνήτρια: Ωραία. Σε αυτή την εικόνα τώρα, βλέπουμε ένα σκίτσο. Το οποίο αναπαριστά πάλι τον ήλιο, τη γη και τη σελήνη. Αυτή η εικόνα είναι μοντέλο;

ΦΝ3: [MK17: Είναι αυτό ακριβώς που είπα πριν, αυτή την εικόνα άμα την κάνεις όπως είχες τώρα αυτό το σύστημα..

Ερευνήτρια: ..τη διάταξη;

ΦΝ3: ..τη διάταξη, αποτελεί ένα μοντέλο. [MK18: Αλλά οτιδήποτε κι αν κάνεις, για να κάνεις αυτή τη διάταξη του ηλιακού συστήματος, πρώτα πρέπει να ξεκινήσεις από το χαρτί και το μολύβι. Βέβαια πρώτα το έχεις στο μυαλό σου, μετά θα το περάσεις στο χαρτί, και μετά να το κάνεις στην πραγματικότητα, να το κάνεις αντικείμενο, ναι.] → Αντικείμενο] → Σκίτσο, ΙΣΩΣ

Αριθμός συνέντευξης: 9

Τόπος: Θεσσαλονίκη

Διάρκεια: 15 λεπτά

Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο

Φοιτήτρια: ΦΝ4

Σχολή: Νηπιαγωγών

Έτος φοίτησης: 2^ο

Κατεύθυνση Λυκείου: Θεωρητική

Φύση μοντέλων

Ερευνήτρια: Θα ήθελα να σε ρωτήσω τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη **μοντέλο στις ΦΕ.**

ΦΝ4: [MK1: Ε μου έρχεται στο μυαλό... μοντέλο.. ένα ομοίωμα, πώς να το πω, ομοίωμα από κάτι, από οτιδήποτε.] → Αντικείμενο

Ερευνήτρια: Λες για ένα ομοίωμα..

ΦΝ4: [MK2: Ναι, από αυτό που ακούμε, όταν ακούμε για ένα μοντέλο της φυσικής, το ομοίωμα από αυτό που φανταζόμαστε. Δηλαδή να μπορείς να το πιάσεις, το απτό..] → Αντικείμενο

Ερευνήτρια: Το αντικείμενο;

ΦΝ4: Ναι.

Ερευνήτρια: Έχεις κάποιο παράδειγμα;

ΦΝ4: Ωχ..

Ερευνήτρια: Ότι σου έρχεται στο μυαλό..

ΦΝ4: [MK3: Μοντέλο που λέμε τώρα, μου ήρθε στο μυαλό για τον ηλεκτρισμό και την μπαταρία, που φτιάχναμε το κύκλωμα και βλέπαμε πότε είναι ανοιχτό, πότε είναι κλειστό, κάπως έτσι.. το βλέπεις και μπορείς να πεις ότι αυτό είναι ένα μοντέλο] → Αντικείμενο και [MK4, 5: να εξηγήσεις και την ιδέα, αλλά και να το δείξεις.] → Ερμηνεία, Περιγραφή

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: Τι χαρακτηριστικά νομίζεις ότι πρέπει να έχει ένα μοντέλο, για να το πεις **μοντέλο.**

ΦΝ4: Εμ...

Ερευνήτρια: Δηλαδή, ένα οποιοδήποτε ομοίωμα για σένα είναι και μοντέλο;

ΦΝ4: [MK6: Ανάλογα με το ποια θα είναι η θεωρία που θα υποστηρίξει να έχει και τα ανάλογα χαρακτηριστικά που θα παρουσιάσεις στα παιδιά και να καταλήγει στο αποτέλεσμα που λέει κι η θεωρία] → ΔΙΑΧ

Λειτουργία μοντέλων

Ερευνήτρια: Για ποιο λόγο νομίζεις πως χρησιμοποιούμε μοντέλα στη διδασκαλία των ΦΕ;

ΦΝ4: [MK7: Πιστεύω ότι επειδή το έχω ζήσει κιόλας τόσα χρόνια, ξεκινούσαν τη διδασκαλία και μιλούσανε, μιλούσανε και προσωπικά δεν καταλάβαινα πολλά, αλλά όταν μου το έδειχναν με ένα πείραμα, ή έστω με μια θεωρία αλλά να φαίνεται βασικά κάπου, δεν ξέρω το καταλάβαινα καλύτερα. Σου λέει για έναν πόλο έλξης, αλλά να στο δείχνει κιόλας, πιστεύω ότι είναι πολύ απαραίτητο για να κατανοήσεις.] → Περιγραφή

Ερευνήτρια: Για την κατανόηση δηλαδή;

ΦΝ4: Ναι. Εμένα έτσι με έχει βοηθήσει. [MK8: Τα μοντέλα από όποια οπτική και να το δούμε είναι τελείως για την κατανόηση των παιδιών.] → Περιγραφή

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: Νομίζεις ότι τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές;

ΦΝ4: Ε, δεν θα έχουν;

Ερευνήτρια: Καταρχάς ένα ομοίωμα. Διαφορετικές μορφές αναπαράστασης μπορούν να υπάρχουν;

ΦΝ4: [MK9: Ναι, ο καθένας μπορεί να το δείξει όπως αυτός πιστεύει ότι είναι σωστό, αλλά σύμφωνα με τους νόμους και εκεί που θέλει να καταλήξει, το αποτέλεσμα.] → Ασαφής

Επεισόδιο 2

Ερευνήτρια: Λοιπόν, θα σου δείξω τώρα, ένα λογισμικό.

ΦΝ4: Αχ, το ξέρω!

Ερευνήτρια: Φαίνεται καλά; Βλέπουμε ένα καράβι, όπου μπορεί ο χρήστης να κάνει κλικ στα αμπάρια του πλοίου, να γεμίσουνε με νερό με αποτέλεσμα να βυθιστεί το πλοίο. Μετά μπορεί ο χρήστης κάνοντας πάλι κλικ στα αμπάρια να χρησιμοποιήσει μια βοηθητική βαρκούλα για να ρουφήξει το νερό, ώστε να γίνει η ανέλκυση του πλοίου.

ΦΝ4: Ναι, ναι.

Ερευνήτρια: Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΝ4: [MK10: Δεν είμαι τόσο σίγουρη, γιατί δεν είναι κάτι το οποίο έχει πραγματοποιηθεί.. Δεν μπορεί, είναι δύσκολο..] → Λογισμικό, ΙΣΩΣ

Ερευνήτρια: Τώρα έχουμε αυτή τη σελίδα στην οποία γράφεται ένας λεκτικός κανόνας, μπορείς να τον διαβάσεις..

ΦΝ4: Ωχ, αυτά μας φάγανε!

Ερευνήτρια: Είναι ένας λεκτικός κανόνας, λέξεις, προτάσεις κτλ. Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΝ4: [MK11: Εγώ το διαβάζω, αλλά ίσως επειδή έχω κάνει το μάθημα και το κατανοώ. Δεν ξέρω αν το δείξουμε στα παιδιά χωρίς ένα πρακτικό μέρος αν θα το συνειδητοποιήσουνε, γιατί έχω κάνει ένα τέτοιο πείραμα και έπρεπε να δείξουμε ένα κομμάτι από φελιζόλ και ένα κομμάτι από πλαστελίνη, και έπρεπε να τα ρίξουμε σε μία λεκάνη με νερό και μας έλεγε ο

καθηγητής μας ίσως να επιπλεύσει αν τα ρίξουμε σε μία μπανιέρα ή στη θάλασσα, αν είναι δεν μεγαλύτερη η πυκνότητα του αντικειμένου. Δηλαδή πιστεύω ότι θέλει το ομοίωμα.

Ερευνήτρια: Δηλαδή για σένα δεν είναι μοντέλο;

ΦΝ4: Αυτό είναι απλά μία διατύπωση. Είναι το αποτέλεσμα, πρώτα δείχνεις το άλλο και καταλήγεις σε αυτό.] → [Λεκτικός κανόνας, ΟΧΙ](#)

Ερευνήτρια: Λοιπόν, θα σου δείξω τώρα αυτόν τον πίνακα. Αυτός είναι ένας πίνακας που αναπαριστούνται διάφορα υλικά. Εδώ με σκιάσεις, εδώ με γραμμές κι εδώ με τελείες. Κι αναπαριστάται η πυκνότητά τους.

ΦΝ4: Ναι.

Ερευνήτρια: Αυτός ο πίνακας, σαν εικόνα, με αυτά τα υλικά και αυτούς τους τρόπους αναπαράστασης, νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΝ4: ...ε, εντάξει, δεν είναι ότι δεν καταλαβαίνω πολλά από αυτό..

Ερευνήτρια: Βασικά, δεν μας ενδιαφέρει το γνωστικό κομμάτι, το αν ξέρουμε τι είναι πυκνότητα, και τι πυκνότητα έχει ο σίδηρος κτλ. Αν σαν εικόνα θα μπορούσες να το ονομάσεις μοντέλο.

ΦΝ4: [MK12: Μμμ, είμαι και στα δύο. Ίσως σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να αποτελέσει μοντέλο ενώ σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να είναι και τελείως άχρηστο.

Ερευνήτρια: Σε ποιες περιπτώσεις νομίζεις ότι θα μπορούσε να αποτελέσει μοντέλο;

ΦΝ4: Είναι ότι πρώτα πρέπει να δείξουμε σαν πείραμα και μετά να αποτυπώσουμε αυτό τον πίνακα, τότε ίσως να μπορέσει να αποτελέσει μέρος του μοντέλου, όχι το μοντέλο αυτό κάθε αυτό. Μέρος ίσως.

Ερευνήτρια: Μάλιστα.

ΦΝ4: Βασικά αν το έβλεπα έτσι χωρίς να μου εξηγήσουνε ότι λέει για την πυκνότητα, εγώ δεν θα καταλάβαινα τι είναι. Δεν θα καταλάβαινα σε τι αναφέρεται αν δεν μου έλεγαν ότι αυτός ο πίνακας είναι για την πυκνότητα. Επειδή δεν γράφει κάτι.. Γράφει απλά τις σκιάσεις κτλ, και τα υλικά.

Ερευνήτρια: Εδώ σας το λέω εγώ προφορικά, γιατί δεν μας νοιάζει στην ουσία τι αναπαριστά, θα μπορούσε να αναπαριστά οτιδήποτε άλλο, θα μπορούσε να λέει 'τα μόρια που έχει μέσα του το κάθε υλικό', δεν μας νοιάζει αυτό απαραίτητα, το εξετάζουμε σαν αναπαράσταση, αν αυτή η μορφή απεικόνισης μπορεί να είναι μοντέλο, ή μέρος ενός μοντέλου λες εσύ, έτσι;

ΦΝ4: Ναι, μπορεί να είναι μέρος ίσως.] → [Πίνακας, ΙΣΩΣ](#)

Ερευνήτρια: Ωραία, εδώ έχουμε μια εξίσωση, έναν τύπο. Δεν μας νοιάζουν τα σύμβολα, θέλουμε να δούμε αν αυτό μπορούμε να το ορίσουμε ως μοντέλο ή όχι.

ΦΝ4: [MK13: Ποιο μοντέλο; Εγώ δεν καταλαβαίνω τίποτα..! Δεν μου λέει τίποτα!

Ερευνήτρια: Καλά, θα μπορούσε να είναι οποιοσδήποτε άλλος τύπος, δεν μας νοιάζει..

ΦΝ4: ..οποιοσδήποτε να ήταν δεν θα μου έλεγε κάτι!] → [Τύπος, ΟΧΙ](#)

Ερευνήτρια: Λοιπόν, αυτό είναι μια διάταξη όπου έχουμε αυτή τη σφαίρα σαν να είναι ο ήλιος, τη γη και τη σελήνη. Και με αυτή τη διάταξη μπορούμε να αναπαραστήσουμε τον ήλιο, τη γη και τη σελήνη, να μετακινήσουμε τη γη γύρω από τον ήλιο, έτσι μετακινείται και η γη γύρω από τον εαυτό της, αλλά και η σελήνη γύρω από τη γη. Αυτό είναι το ηλιοκεντρικό σύστημα που δείχνει ότι ο ήλιος είναι στο κέντρο και η γη γυρίζει γύρω από τον ήλιο. Αν θέλεις μπορείς να το μετακινήσεις.. Αυτό είναι μοντέλο;

ΦΝ4: [MK14: Αυτό ναι. Αυτό είναι μοντέλο.] → [Ηλιοκεντρικό, ΝΑΙ](#)

Ερευνήτρια: Τώρα θα σου δείξω ένα σκίτσο, μια εικόνα, στην οποία απεικονίζεται πάλι ο ήλιος η γη και η σελήνη, είναι όμως μια εικόνα. Δεν είναι απτή ή ομοίωμα όπως το προηγούμενο.. Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΝ4: [MK15: Είναι κι αυτό μέρος του μοντέλου. Ίσως να μην αποτελεί αυτό τελείως το μοντέλο, αλλά να είναι κι αυτό μέρος του μοντέλου κι ίσως μέσα από εξηγήσεις..] → [Σκίτσο, ΙΣΩΣ](#)

Ερευνήτρια: Όταν λες μέρος του μοντέλου. Τι άλλα μέρη θα μπορούσε να έχει ένα μοντέλο;

ΦΝ4: Αυτό, θα μπορούσε να έχει μια εικόνα μέσα, μετά μια θεωρία, όπως αυτό που δεν κατάλαβα εγώ σκέτο πριν, μπορεί να έχει το αποτέλεσμα που είπαμε και το αντικείμενο, το απτό.

Ερευνήτρια: Ουσιαστικά για σένα μοντέλο είναι όλο αυτό ή μόνο το αντικείμενο που είπες;

ΦΝ4: [MK16: Ουσιαστικά εγώ ξεκινάω ότι για μένα, μοντέλο είναι το αντικείμενο, αλλά δεν είμαι απόλυτη σε αυτό, ότι υπάρχει μόνο αυτό, εντάξει, αν μου το δείξεις τι; Αν δεν μου εξηγήσεις τι είναι.. Το μεγαλύτερο μέρος το έχει το αντικείμενο. Και γύρω γύρω αποτελείται από διαφορετικά πράγματα.] → Αντικείμενο

Ερευνήτρια: Μάλιστα.

ΦΝ4: Σε οποιονδήποτε αν δείξεις ένα αντικείμενο μπορεί να μην καταλάβει τι είναι, σίγουρα θα εξηγήσεις.. θα πεις κάτι σε αυτό το πράγμα. Δεν δείχνεις το αντικείμενο και τελειώσε..

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: Πάνω σε όλες αυτές τις αναπαραστάσεις, τι χαρακτηριστικά εντοπίζεις ότι πρέπει να έχει ένα μοντέλο;

ΦΝ4: [MK18: Νομίζω ότι επειδή δημιουργούνται πολλά ερωτήματα, θα πρέπει να καλύπτονται τα περισσότερα ερωτήματα, δηλαδή να προλαβαίνει τον μαθητή σε μία απορία που τυχόν θα δημιουργηθεί. Δηλαδή η κατασκευή του να είναι σωστή, προσεγμένη.. Να σκέφτεται αρκετές πτυχές του φαινομένου, των ερωτημάτων που μπορεί να δημιουργηθούν.]

→ ΔΙΑΧ [MK19: Να βασίζεται πάνω στις έννοιες και στους κανόνες, σε όλα, αλλά να μπορεί να το εξηγήσει όπως κι αν νομίζει ο μαθητής, υπάρχουν πολλές θεωρίες, απλά να μπορεί να το τεκμηριώσει με αυτό το αντικείμενο που θα μου δείξει και θα μου εξηγήσει τον κανόνα αυτό ή τον ορισμό ή το οτιδήποτε, ένα φαινόμενο.] → ΔΙΑΧ

Αριθμός συνέντευξης: 10

Τόπος: Θεσσαλονίκη

Διάρκεια: 16 λεπτά

Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο

Φοιτήτρια: ΦΝ5

Σχολή: Νηπιαγωγών

Έτος φοίτησης: 2^ο

Κατεύθυνση Λυκείου: Θεωρητική

Φύση μοντέλων

Ερευνήτρια: Θα ήθελα να σε ρωτήσω τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο στις ΦΕ.

ΦΝ5: [MK1: Μου έρχεται στο μυαλό κάτι σαν περίγραμμα και γενικά την ιδέα που έχουμε στο μυαλό μας για ένα πράγμα.] → Αναπαράσταση

Ερευνήτρια: Έχεις κάποιο παράδειγμα;

ΦΝ5: [MK2: Κυρίως από τη σχολή, το λέω γιατί συνέχεια λέγαμε για μοντέλα, μοντέλο του πως έχω στο μυαλό μου την κίνηση της γης, κάπως έτσι. Ότι γυρνάει γύρω από τον ήλιο και γύρω από τον εαυτό της.] → Αναπαράσταση

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: Και τι χαρακτηριστικά νομίζεις ότι πρέπει να έχει ένα μοντέλο;

ΦΝ5: [MK3: Βασικά να μπορείς να τη στηρίζεις.. Τώρα που σκέφτομαι για την ιδέα, κάποιες φορές δεν μπορείς να το υποστηρίξεις, είναι τι σου έχουν πει καθώς μεγαλώνεις, ή και μόνος σου τι έχεις σκεφτεί, με τη φαντασία.] → ΔΙΔΧ

Ερευνήτρια: Ακόμη κι αυτό είναι μοντέλο;

ΦΝ5: Ναι, έτσι νομίζω.

Λειτουργία μοντέλων

Ερευνήτρια: Για ποιο λόγο νομίζεις πως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μοντέλα στις ΦΕ;

ΦΝ5: [MK4: Όπως εννοώ τα μοντέλα πιστεύω ότι είναι σημαντικό να ξέρει ο καθηγητής πριν διδάξει τι μοντέλα έχουν οι μαθητές, τι σκέφτονται, ώστε ανάλογα να αλλάξει κάποιο μοντέλο ή να στηριχτεί σε κάποιο άλλο για να βοηθήσει το παιδί να καταλάβει περισσότερα.] → Περιγραφή

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: Νομίζεις ότι τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές;

ΦΝ5: Εμ...

Ερευνήτρια: Περιέγραψες μία ιδέα.. Διαφορετικές μορφές αναπαράστασης μπορούν να υπάρχουν;

ΦΝ5: [MK5: Ναι.. άπειρες, γιατί ο καθένας το έχει τελείως διαφορετικά στο μυαλό του.]→ Ασαφής

Επεισόδιο 2

Ερευνήτρια: Λοιπόν, θα σου δείξω τώρα, ένα λογισμικό για ένα συγκεκριμένο φαινόμενο. Βλέπουμε ένα καράβι, όπου μπορεί ο χρήστης να κάνει κλικ στα αμπάρια του πλοίου, να γεμίσει με νερό με αποτέλεσμα να βυθιστεί το πλοίο. Μετά μπορεί ο χρήστης κάνοντας πάλι κλικ στα αμπάρια να χρησιμοποιήσει μια βοηθητική βαρκούλα για να ρουφήξει το νερό, ώστε να γίνει η ανέλκυση του πλοίου.

ΦΝ5: Ναι.

Ερευνήτρια: Αυτό είναι μια προσομοίωση κατά κάποιο τρόπο σε υπολογιστή.

ΦΝ5: Γίνεται αυτό στην πραγματικότητα;

Ερευνήτρια: Θα μπορούσε.

ΦΝ5: Να τραβήξει το νερό;

Ερευνήτρια: Θα μπορούσε με δύο σωλήνες, με τον ένα να τραβάει το νερό και με τον άλλο να δίνει αέρα, για να γεμίζει με αέρα το πλοίο.

ΦΝ5: Μάλιστα.

Ερευνήτρια: Αυτό νομίζεις πως είναι ένα μοντέλο;

ΦΝ5: [MK6: Νομίζω ότι είναι, γιατί δίνει και πάλι την βάση, την ιδέα, πάνω στην οποία μπορείς να χτίσεις για να φτιάξεις κάτι από, εννοώ να γίνει στην πραγματικότητα.] Λογισμικό, ΝΑΙ

Ερευνήτρια: Τώρα έχουμε αυτή τη σελίδα στην οποία γράφεται ένας λεκτικός κανόνας, μπορείς να τον διαβάσεις..

ΦΝ5:

Ερευνήτρια: Είναι ένας λεκτικός κανόνας, λέξεις, προτάσεις κτλ. Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΝ5: MK7: Δεν είναι το μοντέλο, είναι το αποτέλεσμα. Δηλαδή δεν υπάρχει περίπτωση να ξεκινούσε κάποιο πείραμα με αυτό, το βρήκανε αφού έκαναν τα πειράματα..

Ερευνήτρια: Είναι η κατάληξη δηλαδή;

ΦΝ5: Ναι, η κατάληξη. Βέβαια, ο πρώτος που το έκανε, βρήκε την κατάληξη και μετά οι άλλοι το χρησιμοποιούν, αλλά και πάλι δεν νομίζω ότι μπορείς να ξεκινήσεις από κάτι τέτοιο. Να πας να εξηγήσεις αυτό για να καταλάβουν τα παιδιά. πρώτα δείχνεις το άλλο και καταλήγεις σε αυτό. Κάνεις την ίδια διαδικασία σαν να είσαι ο ίδιος ο επιστήμονας.] → [Λεκτικός κανόνας, ΟΧΙ](#)

Ερευνήτρια: Λοιπόν, θα σου δείξω τώρα αυτόν τον πίνακα. Αυτός είναι ένας πίνακας που αναπαριστούνται διάφορα υλικά. Εδώ με σκιάσεις, εδώ με γραμμές κι εδώ με τελείες. Κι αναπαριστάται η πυκνότητά τους. Αυτός ο πίνακας, σαν εικόνα, με αυτά τα υλικά και αυτούς τους τρόπους αναπαράστασης, νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΝ5: [MK8: Όχι. Και πάλι μου θυμίζει κάτι σαν το προηγούμενο. Είναι κάτι που το βρήκε κάποιος άλλος και ουσιαστικά το μαθαίνεις απ' έξω, δεν είναι κάτι που το έψαξες από μόνος σου. Δηλαδή το φαντάζομαι αυτό σε ένα μαγαζί που φτιάχνει ξύλο ή σίδηρο, για να ξέρει κάποιος τι γίνεται. Αυτό. Το φαντάζομαι σε ένα βιβλίο φυσικής, να μου λένε, όχι με τη σειρά, αλλά μάθε ποιο είναι το λιγότερο πυκνό, το περισσότερο πυκνό..] → [Πίνακας, ΟΧΙ](#)

Ερευνήτρια: Μάλιστα. Εδώ είναι μια εξίσωση, ένας τύπος. Αυτό μπορούμε να το ορίσουμε ως μοντέλο;

ΦΝ5: [MK9: Αν είπα όχι στα προηγούμενα, αυτό τελείως όχι. Ουσιαστικά θα σου δώσουνε έναν αριθμό τυχαίο... δεν θα βγάλεις κάτι από αυτό!] → [Τύπος, ΟΧΙ](#)

Ερευνήτρια: Λοιπόν, αυτό είναι μια διάταξη όπου έχουμε αυτή τη σφαίρα σαν να είναι ο ήλιος, τη γη και τη σελήνη. Και με αυτή τη διάταξη μπορούμε να αναπαραστήσουμε τον ήλιο, τη γη και τη σελήνη, να μετακινήσουμε τη γη γύρω από τον ήλιο, έτσι μετακινείται και η γη γύρω από τον εαυτό της, αλλά και η σελήνη γύρω από τη γη. Αυτό είναι το ηλιοκεντρικό σύστημα που δείχνει ότι ο ήλιος είναι στο κέντρο και η γη γυρίζει γύρω από τον ήλιο. Αν θέλεις μπορείς να το μετακινήσεις.. Αυτό είναι μοντέλο;

ΦΝ5: [MK10: Εγώ πιστεύω ότι πάνω σε αυτό μπορούν να οριστούν διάφορα μοντέλα.. Και μετά να καταλήξουμε στο ότι αυτό είναι... όχι η σωστή, δεν θέλω να πω η 'σωστή', αλλά.. η κυρίαρχη άποψη για το επιστημονικό μοντέλο, ότι 'έτσι γίνεται στην πραγματικότητα'.

Ερευνήτρια: Αυτό που λες ταιριάζει με την πρώτη σου άποψη.. ότι υπάρχουν πολλές ιδέες, πολλά μοντέλα, απλά αυτό απεικονίζει την κυρίαρχη;

ΦΝ5: Ναι, τη σωστή. Δηλαδή πριν το εμφανίσει ο καθηγητής θα άκουγε τα διάφορα μοντέλα και.. δεν θα τους έλεγε 'αυτό είναι', αλλά έτσι γίνεται στην πραγματικότητα.. γιατί δεν μπορεί να τους το δείξει στον ουρανό..

Ερευνήτρια: Άρα μοντέλα εννοείς αυτό που έχουμε στο μυαλό μας ότι μπορεί να συμβαίνει;

ΦΝ5: Ναι! Μοντέλο είναι αυτό που εξήγησες, ότι αυτός είναι ο ήλιος, η γη γυρνάει γύρω από τον ήλιο και ταυτόχρονα γύρω από τον εαυτό της και η σελήνη γύρω από τη γη.] → [Ηλιοκεντρικό, ΙΣΩΣ!](#)

Ερευνήτρια: Τώρα θα σου δείξω ένα σκίτσο, μια εικόνα, στην οποία απεικονίζεται πάλι ο ήλιος η γη και η σελήνη, είναι όμως μια εικόνα. Δεν είναι απτή ή ομοίωμα όπως το προηγούμενο.. Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΝ5: [MK11: Για μένα ναι, όπως το όρισα και πριν, αρκεί να εξηγήσει πάλι ο καθηγητής και ίσως να χρειαζότανε κι αυτό που έδειξες πριν αρκετά. Πιστεύω θα έπρεπε να δώσει έμφαση στο ότι είμαστε εδώ (δείχνει πάνω από την εικόνα) κι ότι δεν το βλέπουμε έτσι, να μην περιμένει το παιδί να δει όλο αυτό στον ουρανό, να δει αυτό (δείχνει τη σελήνη και τον ήλιο) και να κατανοήσει ότι γυρνάει εδώ μέσα.. Εγώ μιλάω για μικρά παιδιά κυρίως έτσι;] → [Σκίτσο, ΙΣΩΣ](#)

Ερευνήτρια: Δεν υπάρχει πρόβλημα..!

ΦΝ5: [MK12: Βέβαια, το να δείξεις κάτι μπροστά στα μάτια των παιδιών παίζει κυρίαρχο λόγο στο να καταλάβουν..] → Περιγραφή

Ερευνήτρια: Για σένα είναι δηλαδή η “επιστημονική” ιδέα, αν κατάλαβα καλά, το τι έχουμε στο μυαλό μας σαν θεώρηση ενός φαινομένου.

ΦΝ5: Ναι, αυτό για μένα είναι το μοντέλο, δεν σημαίνει ότι είναι το πιο σημαντικό.

Αριθμός συνέντευξης: 11

Τόπος: Θεσσαλονίκη

Διάρκεια: 15 λεπτά

Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο

Φοιτήτρια: ΦΦ1

Σχολή: Φυσικών

Έτος φοίτησης: 5^ο

Κατεύθυνση Λυκείου: Τεχνολογική

Φύση μοντέλων

Ερευνήτρια: Θα ήθελα να σε ρωτήσω τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη ‘μοντέλο’ στις Φυσικές Επιστήμες.

ΦΦ1: Μοντέλο;

Ερευνήτρια: Ναι.

ΦΦ1: Το πρώτο πράγμα; [MK1: Ένας τρόπος διδασκαλίας, μία διαδικασία διδασκαλίας]→Μέθοδος αλλά και [MK2,3: παράλληλα ένας τρόπος εξήγησης των φαινομένων της Φύσης.]→Αναπαράσταση, Ερμηνεία

Ερευνήτρια: Δώσε μου ένα παράδειγμα.

ΦΦ1: [MK4: Ένα παράδειγμα είναι ένα διδακτικό πλάνο, στην πρώτη περίπτωση, την διαδικασία.]→ Μέθοδος [MK5: μοντέλο επίσης θα μπορούσε να είναι και το ηλιοκεντρικό σύστημα. Ότι έχει έννοια εποπτείας στη φύση.]→ Σύστημα

Ερευνήτρια: Το ηλιοκεντρικό γιατί είναι ένα μοντέλο;

ΦΦ1: [MK6, 7, 8: Γιατί εξηγεί τη φύση, την κάνει πιο απτή, για την εποπτεία που είπαμε. Μπορούμε να το δούμε σε κλίμακα, να δούμε ότι ο ήλιος είναι στο κέντρο, ότι σε μία απόσταση είναι η γη.. σε μια φωτογραφία ή σε μία τρισδιάστατη εικόνα.]→ Αναπαράσταση, Ερμηνεία, Περιγραφή

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: Και τι χαρακτηριστικά νομίζεις ότι πρέπει να έχει ένα μοντέλο στις ΦΕ και για ποιο λόγο να το χρησιμοποιούμε;

ΦΦ1: [MK9, 10: Εποπτεία, παίζει το σημαντικότερο ρόλο, έτσι; Να είναι εύκολα κατανοητό, εποπτικό..] → ΔΙΑΧ, ΕΠΧ

Λειτουργία μοντέλων

Ερευνήτρια: Και για ποιο λόγο θα μπορούσαμε να τα χρησιμοποιήσουμε στις ΦΕ;

ΦΦ1: [MK11: Για να κατανοήσουμε καλύτερα τις εμπειρίες, τα φαινόμενα..]→ Περιγραφή

Ερευνήτρια: Και για ποιο λόγο θα μπορούσαμε να το χρησιμοποιήσουμε στη διδασκαλία συγκεκριμένα;

ΦΦ1: [MK12: Για τον ίδιο λόγο, για να μπορέσουμε να αποδώσουμε πιο άμεσα και σε δικά μας μεγέθη τα αντικείμενα που αναλύουμε.] → [Εξήγηση](#)

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: Πάμε στη δεύτερη ερώτηση λοιπόν.. **Νομίζεις πως τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές;**

ΦΦ1: Ναι.

Ερευνήτρια: Όπως; Ποιες θα μπορούσε να είναι αυτές;

ΦΦ1: [MK13: Τώρα στο μυαλό μου έρχονται διαφορετικές έννοιες, όπως είπαμε πριν.. Μοντέλο θα ήταν ένα ηλιοκεντρικό σύστημα, μοντέλο θα ήταν και η προσομοίωση σε έναν υπολογιστή.. Μοντέλο θα ήταν και ένα διδακτικό πλάνο, που θα δείξει στο μαθητή αυτό, θα κάνουμε αυτό το πείραμα, θα κάνουμε αυτή τη θεωρία και θα διδάξω αυτά τα πράγματα. Αυτά αποτελούν μορφές ενός μοντέλου.] → [Ποικιλία μορφών](#)

Επεισόδιο 2

Ερευνήτρια: Ωραία. **Τώρα θα σου δείξω** ένα λογισμικό, στο οποίο μπορεί ο χρήστης γεμίζοντας με νερό τα αμπάρια ενός πλοίου, να το δει να βυθίζεται και μετά ξανακλικάροντας τα αμπάρια που έχουσε γεμίσει, να πάρει η βαρκούλα η βοηθητική, το νερό από τα αμπάρια, να τα φουσκώσει με αέρα, για να ανελκυθεί το πλοίο. Αυτό, νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΦ1: [MK14: Προσομοίωση. Ναι, θεωρώ πως είναι μοντέλο.] → [Λογισμικό, ΝΑΙ](#)

Ερευνήτρια: Έχει καθόλου ακουστά για το λογισμικό αυτό; Αυτής της προσομοίωσης;

ΦΦ1: Για το συγκεκριμένο όχι, αλλά για παρόμοια ναι.

Ερευνήτρια: Λοιπόν, και τι πιστεύεις ότι αναπαριστά;

ΦΦ1: Μας δείχνει τη διαδικασία και τον τρόπο με τον οποίο βυθίζεται το πλοίο αναλόγως με τα αμπάρια που έχουσε γεμίσει με νερό. Και την αντίστοιχη διαδικασία πως και αν θα μπορούσε να επανέρθει στην πρώτη κατάσταση αν αφαιρέσουμε το νερό.

Ερευνήτρια: Εδώ σε αυτή τη σελίδα, βλέπουμε έναν λεκτικό κανόνα. Αν θες μπορείς να τον διαβάσεις.

ΦΦ1: Ναι..

Ερευνήτρια: Αυτός είναι ένας λεκτικός κανόνας. Δυο προτάσεις, λέξεις κτλ. Αυτό νομίζεις ότι είναι ένα μοντέλο;

ΦΦ1: [MK15: Αυτό πρέπει να το σκεφτώ. Δεν θα το έλεγα. Έχει μικρό βαθμό εποπτείας. Σε αυτόν στον οποίο αναφέρεται πρέπει να φανταστεί αρκετά, να κάτσει να το σκεφτεί, να δημιουργήσει ένα μοντέλο στο μυαλό του. Για μένα το μοντέλο θα πρέπει να έχει μεγαλύτερη αμεσότητα, καλύτερο βαθμό εποπτείας, να δει την εικόνα απευθείας.] → [Λεκτικός κανόνας, ΟΧΙ](#)

Ερευνήτρια: Εδώ είναι μία εικόνα, ένας πίνακας, στον οποίο βλέπουμε κάποια υλικά σώματα, τα οποία με σκιάσεις ή με γραμμές στο εσωτερικό ή με τελίτσες αναπαριστούμε την πυκνότητα κάποιων σωμάτων. Αυτό θεωρείς πως, σαν πίνακας, μπορεί να είναι ένα μοντέλο;

ΦΦ1: [MK16: Ναι, θα μπορούσε.

Ερευνήτρια: Έχεις να σχολιάσεις κάτι άλλο πάνω σε αυτό;

ΦΦ1: Όχι κάτι ιδιαίτερο.

Ερευνήτρια: Απλά θα μπορούσε επειδή δείχνει την εικόνα όπως είπες πριν;

ΦΦ1: Ναι, δίνει αυτό που είπα, την εποπτεία, την αναπαράσταση.] → [Πίνακας, ΝΑΙ](#)

Ερευνήτρια: Στην επόμενη σελίδα έχουμε μόνο αυτό τον τύπο. Ένας συμβολικός κανόνας, που και πάλι μας δείχνει την πυκνότητα. Αυτό είναι ένα μοντέλο; Νομίζεις πως είναι ένα μοντέλο;

ΦΦ1: [MK17: Για κάποιον που θα έχει τις γνώσεις και τα μεγέθη στο μυαλό του, ίσως να μπορούσε να είναι. Για κάποιον που το βλέπει πρώτη φορά, όχι.] **Τύπος, ΙΣΩΣ**

Ερευνήτρια: Εδώ τώρα, αυτό είναι μία εικόνα, ένα σκίτσο. Σελήνη, γη, ήλιος. Αυτό είναι ένα μοντέλο;

ΦΦ1: [MK18: Αν και είναι ελλιπές στη φωτογραφία έτσι όπως φαίνεται, είναι ναι. [MK19: Βέβαια όσο πιο.. όσο μεγαλύτερη ακρίβεια έχει, τόσο καλύτερο είναι.] → **ΕΠΧ** Αλλά θα μπορούσε να δώσει μία πρώτη ιδέα.] → **Σκίτσο, ΝΑΙ**

Ερευνήτρια: Ωραία. Τώρα αυτό εδώ. Η διάταξη του ηλιοκεντρικού συστήματος. Λοιπόν, αυτό πως το βλέπεις;

ΦΦ1: [MK20: Ε ναι, η τρισδιάστατη αναπαράσταση της φωτογραφίας, ναι, θα μπορούσε να είναι. Και μάλιστα σε πολύ καλύτερο ποσοστό.

Ερευνήτρια: Αυτό τώρα κανονικά, κινείται, γυρνάει, τα πάντα. Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΦ1: Ναι.] → **Ηλιοκεντρικό, ΝΑΙ**

Ερευνήτρια: Πέρα από αυτές τις προφανείς διαφορές που έχουν ως προς την μορφή τους, εντοπίζεις άλλες διαφορές που μπορεί να έχουν ως αναπαραστάσεις;

ΦΦ1: [MK21: Ναι, στο κοινό το οποίο απευθύνονται είναι διαφορετικό, κάποια προϋποθέτουν ένα γνωστικό υπόβαθρο, άλλα όχι..] → **ΔΙΑΧ**

Αριθμός συνέντευξης: 12

Τόπος: Θεσσαλονίκη

Διάρκεια: 10 λεπτά

Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο

Φοιτήτρια: ΦΦ2

Σχολή: Φυσικών

Έτος φοίτησης: 6^ο

Κατεύθυνση Λυκείου: Τεχνολογική

Φύση μοντέλων

Ερευνήτρια: Μάλιστα. **Θέλω να σε ρωτήσω τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο στις ΦΕ;**

ΦΝ2: Στις ΦΕ;

Ερευνήτρια: Ναι.

ΦΝ2: Μοντέλο διδακτικής εννοιείς;

Ερευνήτρια: Ότι σου έρχεται στο μυαλό.

ΦΝ2: [MK1: Μου έρχεται.. μοντέλα διδασκαλίας κάτι τέτοιο. Αλλά τώρα ακριβώς, δεν ξέρω τι να σου πω, κάτι ποιο συγκεκριμένο. Τα κάναμε και στη Διδακτική 2..] → **Μέθοδος**

Ερευνήτρια: Κάποιο παράδειγμα δεν σου έρχεται στο μυαλό, το τι θα έλεγες εσύ σαν παράδειγμα μοντέλου;

ΦΝ2: Τώρα προσπαθώ ονόματα, αλλά..

Ερευνήτρια: ..ότι μπορείς να φανταστείς εσύ. Α, εννοιείς μοντέλο κάποιας συγκεκριμένης θεωρίας ώστε να το πεις με το όνομά του;

ΦΝ2: Ναι.

Ερευνήτρια: Όχι, δεν είναι απαραίτητο. Μπορείς να πεις στην πράξη πως θα ήταν..

ΦΝ2: [MK2: Μοντέλο στην πράξη είναι να ρωτάμε τους μαθητές τη γνώμη τους και να γίνεται το μάθημα έτσι περισσότερο,] → Μέθοδος [MK3: ένα άλλο μοντέλο είναι να λέει ο καθηγητής τη θεωρία και ότι καταλάβουν οι μαθητές.] → Μέθοδος

Ερευνήτρια: Τώρα κατάλαβα τι εννοείς με τη λέξη μοντέλο, για αυτό ήθελα παράδειγμα.

ΦΝ2: Α, εντάξει.

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: Τώρα, **θα σου δείξω κάποιες αναπαράστασεις**. Για παράδειγμα, ένα λογισμικό. Ο χρήστης μπορεί με ένα κλικ να γεμίζει τα αμπάρια με νερό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη βύθιση του πλοίου. Τώρα εάν ξανακάνεις κλικ στα αμπάρια που έχουν γεμίσει με νερό, έρχεται μια βοηθητική βαρκούλα και ρουφάει το νερό..

ΦΝ2: ..και ανεβαίνει το καράβι.

Ερευνήτρια: Μπράβο, να ανεβαίνει το καράβι. Αυτό τώρα είναι ένα φαινόμενο, μία διαδικασία, που αναπαριστάται με ένα λογισμικό. Αυτό από μόνο του νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΝ2: [MK4: Μοντέλο.. Το θεωρώ περισσότερο σαν παράδειγμα του όταν γεμίζεις κάτι, πως βουλιάζει στο νερό, όχι τόσο σαν μοντέλο.] → Λογισμικό, ΟΧΙ

Ερευνήτρια: Ωραία. Τώρα έχω να σου δείξω αυτή την έκφραση. Μπορείς να τη διαβάσεις αν θέλεις.

ΦΝ2: Ναι.

Ερευνήτρια: Αυτό είναι ένας λεκτικός κανόνας, μας λέει κάτι. Αυτό από μόνο του νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΝ2: [MK5: Όχι, με την άποψη που σου είπα πριν δηλαδή. Είναι απλά ένας κανόνας.] → Λεκτικός κανόνας, ΟΧΙ

Ερευνήτρια: Πολύ ωραία. Τώρα έχω να σου δείξω αυτό τον πίνακα. Αυτός ο πίνακας περιλαμβάνει κάποια υλικά σώματα, τα οποία είτε με σκιάσεις, είτε με γραμμές, είτε με τελείες, αναπαριστούνται διαφορετικά ως προς το πόσο πυκνά είναι, την πυκνότητά τους. Αυτός σαν πίνακας είναι μια αναπαράσταση αυτών των σωμάτων. Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΝ2: [MK6: Αυτό θα μπορούσε να είναι, ναι. [MK7: Γιατί ένας τρόπος για να δείχνεις τους μαθητές για να αναγνωρίζουν τα υλικά με σχήματα.] → Περιγραφή

Ερευνήτρια: Υπάρχει μια σχηματική αναπαράσταση;

ΦΝ2: Της πυκνότητας, ναι.] → Πίνακας, ΝΑΙ

Ερευνήτρια: Ωραία. Αυτός είναι ένας κανόνας. Της πυκνότητας.

ΦΝ2: [MK8: Δεν είναι μοντέλο αυτό, όχι.] Τύπος, ΟΧΙ

Ερευνήτρια: Αυτό εδώ είναι ένα σύστημα, μια διάταξη, που δείχνει τον ήλιο, τη γη και τη σελήνη. Μπορεί να κινείται η σελήνη γύρω από τη γη, κι όλο το σύστημα γύρω από τον ήλιο. Αυτό μπορείς να το πεις μοντέλο;

ΦΝ2: [MK9: Αυτό μπορείς να το πεις ένα μοντέλο, όχι ολόκληρου του ηλιακού συστήματος, ενός τμήματος. Μία αναπαράσταση, του ηλιοκεντρικού. Ναι, μπορείς να το πεις μοντέλο. Όχι με την έννοια που είπα πριν, αλλά μπορείς.] → Ηλιοκεντρικό, ΝΑΙ

Ερευνήτρια: Βλέπουμε λοιπόν κι αυτό, που είναι το ίδιο ηλιοκεντρικό σύστημα, μόνο που είναι σκίτσο, είναι από ένα βιβλίο, μία εικόνα. Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΝ2: [MK10: Αυτό όχι, θα πω όχι.] Σκίτσο, ΟΧΙ

Ερευνήτρια: Όλα αυτά που είδαμε είναι αναπαραστάσεις που έχουνε διαφορετικές μορφές. Το ένα είναι απτό, μπορούμε να το πιάσουμε, να το δούμε, το άλλο ήταν εικόνα, το άλλο ήταν λογισμικό, βίντεο, κτλ. Τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές;

ΦΝ2: Μπορούνε ναί.

Ερευνήτρια: Μπορείς να δώσεις κάποιο παράδειγμα εσύ;

ΦΝ2: Άλλο παράδειγμα, εκτός από αυτά που είπες;

Ερευνήτρια: Ναι.

ΦΝ2: Ε, μπορεί να είναι.. ακουστικό θα έλεγα.. Αλλά όχι, δεν μπορεί να είναι..

Ερευνήτρια: Τι εννοείς;

ΦΝ2: Ε, αντί για λογισμικό ας πούμε.. Να στο πει ο άλλος. Η ηχογραφημένο.. Μετά άλλο.. τώρα σε μεγαλύτερη κλίμακα κάτι παρόμοιο δεν νομίζω ότι έχει διαφορά; Όχι, δεν μου έρχεται κάτι άλλο...

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: Κατάλαβα. **Τι χαρακτηριστικά νομίζεις ότι πρέπει να έχει ένα μοντέλο;**

ΦΝ2: [MK13: Θα πρέπει να μην μπλέκει άλλου είδους φυσική, όπως αυτό που έχει τις ταλαντώσεις, γιατί μετά μπαίνουν κι άλλα πράγματα μέσα..] → EΠX Άλλα χαρακτηριστικά..

[MK14: Τα μεγέθη να είναι αναλογικά, δεν μπορεί το ηλεκτρόνιο να είναι μεγαλύτερο από τον πυρήνα.. Να είναι ακριβές ως προς τα μεγέθη.] → EΠX [MK15: Να είναι όσο πιο γίνεται ρεαλιστικά.] → EΠX Τώρα κάτι συγκεκριμένο δεν ξέρω να σου πω.

Αριθμός συνέντευξης: 13

Τόπος: Θεσσαλονίκη

Διάρκεια: 25 λεπτά

Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο

Φοιτήτρια: ΦΦ3

Σχολή: Φυσικών

Έτος φοίτησης: 8^ο

Κατεύθυνση Λυκείου: Τεχνολογική

Φύση μοντέλων

Ερευνήτρια: Αυτό που θα ήθελα να σε ρωτήσω είναι το τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο στις ΦΕ;

ΦΦ3: [MK1,2,3,4: Μοντέλο.. Κοίτα γενικά μοντέλο, με τη λέξη μοντέλο σου έρχεται στο μυαλό το έργο μιας ομάδας, το οποίο το έχει βάλει σε κανόνες, σε πλαίσια, έχει φτιάξει μια συλλογική εργασία, το οποίο βρίσκει εφαρμογή κάπου αλλού. Για παράδειγμα ένα μοντέλο οικονομικών: φτιάχνω ένα πρόγραμμα για την οικονομία που μετράει πως θα κινηθούν οι μετοχές αν συμβεί το ένα και το άλλο. Κατά μία αντίστοιχη έννοια το ίδιο και στις φυσικές επιστήμες, δηλαδή, κάνει κάποιος ένα μοντέλο το οποίο περιγράφει ένα φυσικό φαινόμενο, αν συμβεί αυτό τότε το αποτέλεσμα θα είναι εκείνο. Δηλαδή αν βάλεις στο μοντέλο μεταβλητές θα σου βγάλει ένα αποτέλεσμα, κάτι σαν πρόγραμμα δηλαδή.] → Σύστημα, Ερμηνεία, Περιγραφή, Πρόβλεψη.

Λειτουργία μοντέλων

Ερευνήτρια: Μάλιστα. Τι χαρακτήρα του αποδίδεις; **Για ποιο λόγο το χρησιμοποιούμε;**

ΦΦ3: [MK5: Για να απλοποιήσεις κατά μία έννοια το φυσικό κόσμο. Επειδή ο φυσικός κόσμος παραείναι πολύπλοκος και δεν μπορείς να καταλάβεις όλες τις μεταβλητές που υπάρχουν, μερικές από αυτές, τις πιο σημαντικές, κατά την άποψη του κατασκευαστή του μοντέλου, είναι αυτά που βάλεις στο μοντέλο, ώστε να βγάλεις ένα αποτέλεσμα, το οποίο θα προσομοιώνει ή θα προσεγγίζει την πραγματικότητα.]→ **Επίλυση προβλήματος**

Ερευνήτρια: Για αυτό το λόγο θα το χρησιμοποιούσαμε στις ΦΕ;

ΦΦ3: [MK6: Ακριβώς. Παραδείγματος χάρη ένα μετεωρολογικό μοντέλο, του βάζεις δεδομένα και σου λέει τι κατά πάσα πιθανότητα θα συμβεί.]→ **Πρόβλεψη**

Ερευνήτρια: Ένα μοντέλο θα μπορούσαμε να το χρησιμοποιήσουμε στη διδασκαλία;

ΦΦ3: Νομίζω ότι γίνεται ήδη.

Ερευνήτρια: Έχεις κάποιο παράδειγμα στο μυαλό σου;

ΦΦ3: Μοντέλο διδασκαλίας;

Ερευνήτρια: Μοντέλο που το χρησιμοποιούμε στη διδασκαλία.

ΦΦ3: Δεν εννοείς διδακτικά μοντέλα;

Ερευνήτρια: Εσύ πως το εννοείς;

ΦΦ3: [MK7: Μπορεί να εννοείς ένα διδακτικό μοντέλο, το μοντέλο της Μοντεσσοριανής αγωγής]→ **Μέθοδος**, [MK8: μπορεί να εννοείς ένα μοντέλο, ένα νόμο φυσικής για παράδειγμα..]→ **Αναπαράσταση**

Ερευνήτρια: Κατάλαβα τι εννοείς. Ας πούμε για τη δεύτερη κατηγορία που ανέφερες, τα μοντέλα φυσικής.

ΦΦ3: [MK9: Ας πούμε υπάρχει το ‘ατομικό μοντέλο του τάδε’, αν εννοείς αυτό για παράδειγμα. Το χρησιμοποιεί νομίζω ο εκπαιδευτικός, βλέπει το ατομικό μοντέλο του Bohr. Δεν είναι η πραγματικότητα, είναι το μοντέλο όπως πιστευόταν ότι ίσχυε την εποχή που υπήρχε. Αλλά διδακτική σημασία έχει, γιατί είναι μία αλληλουχία, δεν μπορείς κατευθείαν να πεις σε έναν μαθητή πως είναι τα πράγματα, είναι καλό να του δείξεις όλη την αλληλουχία της ιστορίας, την ιστορική αναδρομή, τι πιστευόταν παλιά, τι πιστεύτηκε μετά και τι πιστεύεται σήμερα.]→ **Ερμηνεία**

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: **Και τι χαρακτηριστικά νομίζεις ότι πρέπει να έχει ένα μοντέλο;**

ΦΦ3: Χαρακτηριστικά. [MK10: Εξαρτάται που θέλεις να το χρησιμοποιήσεις το μοντέλο. Αν έχει παραχθεί από επιστημονική έρευνα, η οποία αναφέρεται σε επίπεδο επιστημόνων, τότε πρέπει να έχει απλά την επιστημονική δεοντολογία, δηλαδή πιστεύω ότι η ίδια η επιστήμη έχει πρότυπα για το πώς φτιάχνεις ένα μοντέλο, να φτιάξεις τα αξιώματά σου, τις υποθέσεις σου, τα συμπεράσματά σου, που δουλεύει και που όχι.]→ **ΕΠΧ** [MK11: Τώρα, αν είναι ένα μοντέλο διδακτικό που απευθύνεται σε μαθητές θα πρέπει να είναι πιο απλοποιημένο, με λιγότερες περίπλοκες έννοιες, γενικά για το επίπεδο του μαθητή. Ένα μοντέλο που απευθύνεται σε παιδιά γυμνασίου δεν μπορεί προφανώς να είναι ίδιο με ένα μοντέλο, που απευθύνεται σε παιδιά λυκείου ή σε φοιτητές πανεπιστημίου.]→ **ΔΙΔΧ**

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: Πράγματι. **Και νομίζεις πως τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές;** Ανέφερες για παράδειγμα πριν ότι μοντέλο μπορεί να είναι ένα πρόγραμμα, σε έναν υπολογιστή.

ΦΦ3: [MK12: Ναι, φυσικά και έχουν, δεν μπορεί όλα τα μοντέλα να είναι ίδια. Η βασική του αρχή είναι ίδια, είναι η επιστημονική προσέγγιση. Από εκεί και πέρα το πώς θα το προσεγγίσει ο καθένας είναι κάτι διαφορετικό, δηλαδή άλλο μοντέλο θα φτιάξω εγώ, άλλο μοντέλο θα φτιάξεις εσύ για το ίδιο αντικείμενο. Και το οποίο μπορεί να στηρίζεται σε διαφορετικές πεποιθήσεις που έχουμε, βλέπε ο Νεύτωνας και ο Χόιχενς για την σωματιδιακή και κυματική φύση του φωτός, άλλο πίστευε ο ένας κι άλλο πίστευε ο άλλος, φτιάξανε δύο διαφορετικά μοντέλα. Κι ακόμη και να συμφωνούμε στο ίδιο θέμα, πάλι μπορεί να είναι διαφορετικές οι προσεγγίσεις. Αλλά η επιστημονική προσέγγιση νομίζω είναι ένα εργαλείο που το χρησιμοποιούνε όλοι. Και υπάρχει κι άλλο παράδειγμα: Κυματική μηχανική. Μπορείς να την περιγράψεις και με Νευτώνεια μηχανική αλλά και με αναλυτική μηχανική. Το θέμα είναι ότι σε μερικά πράγματα η μία είναι ευκολότερη και γρηγορότερη και η άλλη γίνεται πολύπλοκη και το αντίστροφο για άλλα θέματα. Δηλαδή έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της κάθε μία από αυτές. Τώρα αντικειμενικά, ποια είναι η απόλυτη πραγματικότητα, ναι, προφανώς η Νευτώνεια μηχανική δεν είναι η πραγματικότητα, όπως την έχει περιγράψει ο Νεύτωνας, αλλά αυτό δεν αναιρεί την χρησιμότητά της. Οπότε η απάντηση είναι.. εξαρτάται από το πώς θες να τη χρησιμοποιήσεις.] → [Ποικιλία μορφών](#)

Ερευνήτρια: Ωραία, αυτό σημαίνει ότι κάποιες οι θεωρίες **αναπαριστούνται διαφορετικά ή τα μοντέλα;**

ΦΦ3: [MK13:.. νομίζω ότι μου το πηγαίνεις στο μοντέλα για εκπαιδευτική χρήση, δηλαδή αν το βάλεις στον υπολογιστή, δηλαδή κάτι σαν διαδραστική εκπαίδευση, να έρχεται σε επαφή ο μαθητής με το μοντέλο, κάπως έτσι. Εκεί μάλλον έχει και μεγαλύτερη διδακτική αξία. Δηλαδή το χαρτί και ο υπολογιστής είναι δύο διαφορετικοί τρόποι. Ο υπολογιστής σου δίνει αυτή τη διαδραστικότητα την οποία δεν σου τη δίνει το χαρτί. Δηλαδή ένα φύλλο εργασίας αν το φτιάξεις απλά σε χαρτί ή αν είναι ένα χαρτί το οποίο συνδυάζεται και με έναν υπολογιστή, υποθέτω ότι στον υπολογιστή έχεις πολλά περισσότερα πλεονεκτήματα, πετυχαίνεις περισσότερους διδακτικούς στόχους και εν γένει θεωρείται καλύτερη προσέγγιση ενός θέματος.] → [Ποικιλία μορφών](#)

Επεισόδιο 2

Ερευνήτρια: Λοιπόν, θα σου δείξω τώρα αυτό το λογισμικό, το οποίο μπορούν να το χρησιμοποιήσουν μαθητές, για το Sea Diamond. Μπορεί ο χρήστης κάνοντας κλικ στα αμπάρια του πλοίου, να γεμίσουν με νερό και να παρατηρήσει ότι το πλοίο βυθίζεται. Αντίστοιχα μπορεί να ξανακάνει κλικ στα αμπάρια που είναι γεμάτα με νερό, με αποτέλεσμα την ανέλκυση του πλοίου. Αυτό νομίζεις πως είναι ένα μοντέλο;

ΦΦ3: [MK14: Είναι μοντέλο. Είναι διαδραστικό μοντέλο πάνω στην άνωση, πλεύση, βύθιση και τα σχετικά. Τώρα ως προς την αποτελεσματικότητά του δεν ξέρω.. έχει μετά να σου βγάλει και δυνάμεις κτλ;

Ερευνήτρια: Θα μπορούσε να έχει. Μπορεί να μην έχει αυτό το συγκεκριμένο, αλλά θα μπορούσε να έχει.

ΦΦ3: Προσεγγίζει την πραγματικότητα; Τότε είναι μοντέλο.] → [Λογισμικό, ΝΑΙ](#)

Ερευνήτρια: Σαν χαρακτηριστικό πρέπει να προσεγγίζει την πραγματικότητα;

ΦΦ3: Ε, ναι, προφανώς. Τώρα άμα προσθέτεις νερό και βλέπεις ότι ανεβαίνεις το καράβι..

Ερευνήτρια: Δεν έχει νόημα η φυσική του;

ΦΦ3: Ε, ναι.

Ερευνήτρια: Τώρα έχουμε αυτόν τον λεκτικό κανόνα, μπορείς να τον διαβάσεις.

ΦΦ3:

Ερευνήτρια: Αυτό είναι ένας λεκτικός κανόνας. Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΦ3: [MK15: Εννοιολογικά δεν ξέρω να σου απαντήσω αν ένα θεώρημα, ή η λέξη νόμος, ή η λέξη κανόνας, αν σχετίζονται μεταξύ τους.. Απλά εννοιολογικά δεν ξέρω που να το

τοποθετήσω. Τώρα μοντέλο.. Όχι, δε νομίζω ότι είναι μοντέλο αυτό το πράγμα.] [Λεκτικός κανόνας, OXI](#)

Ερευνήτρια: Εδώ έχουμε έναν πίνακα, όπου αναπαριστώνται διάφορα υλικά σώματα, με σκιάσεις, γραμμές ή τελείες, ως προς την πυκνότητά τους. Αυτός τον πίνακα νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΦ3: [\[MK16:](#) Ναι. Αυτό ναι. Είναι μοντέλο, διότι αυτό σε βάζει στη διαδικασία να συγκρίνεις δύο πράγματα, να σκεφτείς και με λογικά επιχειρήματα να καταλήξεις σε ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα, κάτι που δεν το έκανε η πρόταση που έδειξες πριν, ο κανόνας. Ο κανόνας ήταν απλά κανόνας, η τον δέχεσαι ή δεν τον δέχεσαι. Ενώ αυτό έχει λογικούς συνειρμούς, λογικά βήματα. Δηλαδή βλέπεις, ο σίδηρος έχει πολλές γραμμούλες, το άλλο έχει λιγότερες. Είναι ένα μοντέλο σε χαρτί, είναι στατικό, αλλά είναι μοντέλο.] → [Πίνακας, ΝΑΙ](#)

Ερευνήτρια: Τώρα έχουμε τον νόμο της πυκνότητας. Ή θα μπορούσαμε να έχουμε οποιοδήποτε άλλο τύπο, έτσι; Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΦ3: [\[MK17:](#) Κι εδώ θα σου απαντήσω πάλι με τον ίδιο τρόπο που σου απάντησα στον κανόνα. Όχι, δεν είναι μοντέλο, με την έννοια ότι είναι ένας κανόνας, ένας νόμος; Μια εξίσωση. Μοντέλο να είναι μία εξίσωση; Νομίζω όχι.] → [Τύπος, OXI](#)

Ερευνήτρια: Τώρα έχουμε είναι μία αναπαράσταση, μια διάταξη με τον ήλιο, τη γη και τη σελήνη που αναπαριστά το ηλιοκεντρικό σύστημα. Έχουμε τη γη που κινείται γύρω από τον εαυτό της και γύρω από τον ήλιο και ταυτόχρονα κι η σελήνη κτλ. Αυτό είναι μοντέλο;

Φοιτ.: [\[MK18:](#) Ναι βέβαια. Και νομίζω το καλύτερο από αυτά που μου έχεις δείξει μέχρι τώρα.

Ερευνήτρια: Γιατί; Καταρχήν γιατί είναι μοντέλο;

ΦΦ3: Α, ναι. [\[MK19,20:](#) Γιατί είναι ένα εργαλείο το οποίο επί της ουσίας σου δείχνει τι είναι και πως είναι το ηλιοκεντρικό σύστημα, σου δείχνει όλη τη σειρά των πλανητών και τα σχετικά και ουσιαστικά είναι η μετάφραση των γνώσεων ότι η γη περιφέρεται γύρω από τον ήλιο, η σελήνη γύρω από τη γη σε μία υλική αναπαράσταση. Δηλαδή ουσιαστικά επιβεβαιώνει τις γνώσεις που έχει κάποιος για το ηλιοκεντρικό σύστημα. Εμπράκτως αυτό το πράγμα είναι μοντέλο, καλύτερο δεν ξέρω πως θα μπορούσε να γίνει.] → [Περιγραφή, Επίλυση προβλήματος](#)

Ερευνήτρια: Και τώρα γιατί είναι καλύτερο από τα άλλα; Από εκείνα που σου έδειξα;

ΦΦ3: Ε, εντάξει. Καταρχήν είναι διαδραστικό. Έρχομαι εγώ, παίζω, γυρνάει η γη, το κουνάω. Επί τις ουσίας είναι διαδραστικό. Δεύτερο, δίνει πληροφορίες για τη σειρά των πλανητών, ενδεχομένως να μπορούσε να υπάρξει και μία σχετικότητα στα μεγέθη των πλανητών σε σχέση με τον ήλιο και τις αποστάσεις.. Κάπως έτσι. Αναπαριστά πολλές πληροφορίες, με τρισδιάστατο τρόπο και μπλέκει τα πάντα. Είναι κάτι το οποίο δεν μπορούσες να το κάνεις στο χαρτί. Ενδεχομένως να μπορούσες να το κάνεις στον υπολογιστή, με ένα μοντέλο, αλλά εκεί χάνεις τις τρεις διαστάσεις, ενώ αυτό σου προσφέρει και τη διαδραστικότητα, από την άποψη την απτή. Το άλλο είναι εικόνα. Πάλι μπορείς ενδεχομένως να την χειριστείς, αλλά αυτό είναι νομίζω καλύτερα.] → [Ηλιοκεντρικό, ΝΑΙ](#)

Ερευνήτρια: Τώρα έχουμε αυτό το σκίτσο του ηλιοκεντρικού συστήματος. Πάλι ήλιος, γη, σελήνη. Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΦ3: [\[MK21:](#) Όχι, νομίζω ότι είναι απλά μια ζωγραφιά, η οποία δεν σου δίνει καμία πληροφορία πλην ενός σώματος μεγάλου και ενός άλλου. Τώρα, πως γυρίζει η γη γύρω από τον ήλιο, πως γυρίζει η σελήνη, άμα δεν μπεις στη διαδικασία ο εκπαιδευτικός να τα εξηγήσει όλα αυτά δύσκολο. Ενώ το άλλο αν το δώσεις, ενδεχομένως να βγάλει κάποια συμπεράσματα κάποιος και μόνος του. Ενώ αυτό τώρα θέλει όλη τη δουλειά να την κάνει ο δάσκαλος. Κι είναι παραπλανητικό ως προς το μέγεθος, εδώ φαίνεται ο ήλιος να έχει σχεδόν το ίδιο μέγεθος με τη γη, που είναι κι αυτή το ίδιο μέγεθος με τη σελήνη.] → [Σκίτσο, OXI](#)

Αριθμός συνέντευξης: 14
Τόπος: Θεσσαλονίκη
Διάρκεια: 14 λεπτά
Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο
Φοιτήτρια: ΦΦ4
Σχολή: Φυσικών
Έτος φοίτησης: 6^ο
Κατεύθυνση Λυκείου: Τεχνολογική

Φύση μοντέλων

Ερευνήτρια: Πολύ ωραία. Το αντικείμενο αυτής της συνέντευξης είναι να σε ρωτήσω τι νομίζεις, **τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο στις ΦΕ;**

ΦΦ4: [MK1: Μια θεωρητική φυσική αναπαράσταση;]→ **Αναπαράσταση**

Ερευνήτρια: Ωραία. Ένα παράδειγμα σου έρχεται στο μυαλό;

ΦΦ4: Μοντέλο της φυσικής; Τώρα δε μιλάμε για διδακτικά μοντέλα, μιλάμε γενικά για μοντέλα στη φυσική;

Ερευνήτρια: Όταν λες διδακτικό μοντέλο τι εννοείς;

ΦΦ4: [MK2: Ένα μοντέλο φυσικής μπορεί να είναι το άτομο του Bohr ας πούμε]→ **Σύστημα** ενώ [MK3: διδακτικό μοντέλο τον τρόπο διδασκαλίας.]→ **Μέθοδος**

Ερευνήτρια: Κατάλαβα. Ας πούμε για το μοντέλο στις ΦΕ. Γιατί αυτό που ανέφερες λες πως είναι μοντέλο;

ΦΦ4: [MK4: Γιατί δεν είναι 100% η πραγματικότητα όπως συμβαίνει στη φύση, είναι ένα μοντέλο που έχουμε φτιάξει για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε το φαινόμενο, ότι δεν είναι 100% η πραγματικότητα, αλλά προσεγγίζει την πραγματικότητα και είναι ένα μέσο εποπτικό για να καταλάβουμε τι συμβαίνει.]→ **Περιγραφή**

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: **Και τι χαρακτηριστικά νομίζεις ότι πρέπει να έχει ένα μοντέλο στις ΦΕ;**

ΦΦ4: [MK5: Αυτό πρώτα, να είναι εποπτικό] → **ΕΠΧ**, [MK6: να προσεγγίζει την πραγματικότητα] → **ΕΠΧ**, [MK7: να βασίζεται σε αρχές και ιδέες της φυσικής και αυτό..]→ **ΕΠΧ**

Λειτουργία μοντέλων

Ερευνήτρια: **Και για ποιο λόγο πιστεύεις ότι το χρησιμοποιούμε στις ΦΕ;**

ΦΦ4: Πάλι το ίδιο. [MK8, 9: Για καλύτερη εποπτεία και καλύτερη κατανόηση. Δεν μπορείς ας πούμε να μιλήσεις σε έναν μαθητή για κυματοσυναρτήσεις, δεν θα καταλάβει, οπότε πρέπει να καταφύγεις σε κάποια άλλη μέθοδο να του εξηγήσεις αυτά τα πράγματα, οπότε χρησιμοποιείς μοντέλο, με λιγότερη φυσική μέσα.]→ **Περιγραφή**

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: **Νομίζεις πως τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές;**

ΦΦ4: Το ίδιο μοντέλο να έχει διαφορετικές μορφές;

Ερευνήτρια: Ναι. Ή το ένα μοντέλο να έχει μία μορφή, το άλλο μοντέλο να είναι αλλιώς..

ΦΦ4: [MK10: Τώρα δεν μου έρχεται κάτι συγκεκριμένο στο μυαλό, αλλά φαντάζομαι πως ναι.] → [Περιορισμένη](#)

Επεισόδιο 2

Ερευνήτρια: Τώρα θα σου δείξω κάποιες αναπαραστάσεις, οι οποίες αφορούν κάποια φαινόμενα ή κάποιες έννοιες. Όπως αυτή εδώ, που είναι ένα λογισμικό, όπου μπορεί ο χρήστης να κάνει κλικ στα αμπάρια του πλοίου να το γεμίσει με νερό με αποτέλεσμα τη βύθιση του πλοίου και ξανακάνοντας κλικ στα αμπάρια να χρησιμοποιήσει μια βοηθητική βαρκούλα, η οποία με ένα σωλήνα ρουφάει το νερό και με έναν άλλο γεμίζει τα αμπάρια με αέρα, με αποτέλεσμα να γίνει η ανέλκυση του πλοίου. Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΦ4: [MK11: Νομίζω ναι.] [Λογισμικό, ΝΑΙ](#)

Ερευνήτρια: Ωραία. Τώρα έχουμε αυτό το λεκτικό κανόνα. Μπορείς να τον διαβάσεις να θες.

ΦΦ4: Βασικά δεν μου αρέσει το “περισσότερη” και το “λιγότερη”.. Το να είναι πυκνότερο.. Η πυκνότητα δεν είναι μια ποσότητα που θα έχω περισσότερη και μικρότερη..

Ερευνήτρια: Καλά εντάξει, ας μην το εξετάσουμε το γνωστικό.. Απλά αν μπορείς αυτόν τον κανόνα να τον ορίσεις ως μοντέλο;

ΦΦ4: [MK12: Α. Μπορεί να στηριχθεί ένα μοντέλο πάνω σε αυτό. Ότι τα παιδιά θα ξέρουν, συγκρίνεις τις πυκνότητες οπότε καταλήγεις στο τι θα συμβεί στο τέλος, θα βουλιάξει ή θα επιπλεύσει. Νομίζω ότι μπορούν να στηρίξουν ένα μοντέλο, να δημιουργήσουν ένα μοντέλο πάνω σε αυτό, όχι ότι η πρόταση είναι μοντέλο.] → [Λεκτικός κανόνας, ΟΧΙ](#)

Ερευνήτρια: Κατάλαβα. Έχουμε αυτόν τον πίνακα, που περιλαμβάνει κάποια υλικά, όπου με σκιάσεις, με γραμμές ή με τελείες αναπαριστάται η πυκνότητα του κάθε υλικού σε σχέση με τα υπόλοιπα. Ο σίδηρος ας πούμε έχει περισσότερες τελείες από τη γλυκερίνη ή από τα υπόλοιπα, που σημαίνει ότι είναι πιο πυκνός.. Αυτός σαν πίνακας θα έλεγες ότι είναι ένα μοντέλο;

ΦΦ4: [MK13: Αν είναι μοντέλο.. Νομίζω είναι μοντέλο.

Ερευνήτρια: Πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μοντέλο;

ΦΦ4: Για παράδειγμα αυτό με τις τελείες, μπορείς να πεις ότι αντιπροσωπεύουν τα μόρια ή τα άτομα οπότε βλέπω ότι σε ένα σώμα με συγκεκριμένο όγκο όταν έχει πιο πολλά άτομα έχει μεγαλύτερη πυκνότητα. Καταλήγεις σε ένα μοντέλο, έχεις έναν συλλογισμό. Το ίδιο και στα άλλα.] → [Πίνακας, ΝΑΙ,](#)

Ερευνήτρια: Κατάλαβα. Εδώ έχουμε τον τύπο της πυκνότητας.

ΦΦ4: [MK14: Δεν είναι μοντέλο.] → [Τύπος, ΟΧΙ](#)

Ερευνήτρια: Εδώ έχουμε την διάταξη, ο ήλιος, η γη, η σελήνη. Μπορεί να κινείται η γη γύρω από τον εαυτό της, η σελήνη γύρω από τη γη, όλο το σύστημα γύρω από τον ήλιο κτλ. Αυτό είναι μοντέλο;

ΦΦ4: [MK15: Λοιπόν, τώρα έχω ένα θέμα. Το μοντέλο είναι αυτό που λέμε το ηλιακό σύστημα. Αυτό που μου δείχνεις είναι μια πειραματική διάταξη που δείχνει αυτό το μοντέλο. Το μοντέλο είναι όλο..

Ερευνήτρια: Α, το μοντέλο είναι δηλαδή οι έννοιες; Και πως συνδέονται μεταξύ τους;

ΦΦ4: Ναι, οι έννοιες.

Ερευνήτρια: Κι αυτό είναι η απεικόνισή του;

ΦΦ4: Ναι! Στηρίζεται στο μοντέλο που είπαμε.

Ερευνήτρια: Μάλιστα.

ΦΦ4: Τώρα αυτό το μοντέλο το πλανητικό, μπορείς να το κάνεις με οτιδήποτε, με πορτοκάλια, με διάφορους τρόπους για να καταλήξεις στο ίδιο μοντέλο.

Ερευνήτρια: Δηλαδή αυτό δεν είναι μοντέλο; Το σύστημα το οποίο αναπαριστά είναι μοντέλο, αυτό λες; Αυτό κατάλαβα.

ΦΦ4: Ναι, ναι, αυτό.] → [Ηλιοκεντρικό, ΟΧΙ](#)

Ερευνήτρια: Τώρα έχουμε ένα σκίτσο, του ίδιου συστήματος, ήλιος, γη, σελήνη. Αυτό θεωρείς πως είναι μοντέλο;

ΦΦ4: [MK16: Το ίδιο με πριν. Είναι απλά άλλος τρόπος για να το δείξεις. Εδώ είχες μια πειραματική διάταξη, εδώ μια φωτογραφία που δείχνει το μοντέλο.

Ερευνήτρια: Ότι ακόμα κι αυτό είναι η αναπαράσταση ενός μοντέλου που έχουμε, όχι το ίδιο να είναι μοντέλο;

ΦΦ4: Ναι!] → Σκίτσο, ΟΧΙ

Αριθμός συνέντευξης: 15

Τόπος: Θεσσαλονίκη

Διάρκεια: 10 λεπτά

Τρόπος καταγραφής: Μαγνητόφωνο

Φοιτήτρια: ΦΦ5

Σχολή: Φυσικών

Έτος φοίτησης: 8^ο

Κατεύθυνση Λυκείου: Τεχνολογική

Φύση μοντέλων

Ερευνήτρια: Λοιπόν, αυτό που θα ήθελα να σε ρωτήσω είναι **τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τη λέξη μοντέλο στις ΦΕ.**

ΦΦ5: [MK1,2: Ένα πρότυπο σύστημα, στο οποίο μελετάς φυσικά φαινόμενα.] → **Σύστημα, Επίλυση προβλήματος**

Ερευνήτρια: Ωραία, και αυτό χρησιμοποιείται στις ΦΕ;

ΦΦ5: Όχι μόνο μοντέλα στις ΦΕ, γενικά.

Ερευνήτρια: Γενικά;

ΦΦ5: [MK3: Σαν μοντέλο θα υπάρχει ένας φορμαλισμός σε όλες τις επιστήμες για τα αντικείμενα που μελετούν.] → **Επίλυση προβλήματος**

Λειτουργία μοντέλων

Ερευνήτρια: **Τι στόχο έχει δηλαδή να χρησιμοποιούμε ένα τέτοιο μοντέλο; Τι σκοπό ασ πούμε ότι εξυπηρετεί; Τι νομίζεις;**

ΦΦ5: [MK4, 5: Μια μικρογραφία ενός γενικότερου συνόλου για πιο εύκολη κατανόηση μάλλον και επεξεργασία.] → **Περιγραφή, Επίλυση προβλήματος**

Ερευνήτρια: Και όσον αφορά στην διδασκαλία; Μοντέλα στην διδασκαλία;

ΦΦ5: [MK6: Απαραίτητο γενικά και δεν μπορώ να σκεφτώ διδασκαλία χωρίς μοντέλο.] → **Περιγραφή**

Μορφές μοντέλων

Επεισόδιο 1

Ερευνήτρια: Κατάλαβα. **Νομίζεις ότι τα μοντέλα μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές;**

ΦΦ5: Ναι, φυσικά.

Ερευνήτρια: Είδαμε ήδη κιόλας.. Μπορείς να σκεφτείς κι άλλες; Κάποιο άλλο παράδειγμα μοντέλου; Από την εμπειρία σου σαν μαθήτρια ή σαν φοιτήτρια;

ΦΦ5: [MK7: Ε, μπορώ να σκεφτώ.. όχι σαν μαθήτρια ή φοιτήτρια.. με το internet πλέον, διάφορες εργαστηριακές προσομοιώσεις που έχει, με σώματα σαν θεατρικό παιχνίδι, με παιχνίδια, με καρτούν, τέτοια μοντέλα..]→ [Ποικιλία μορφών](#)

Επεισόδιο 2

Ερευνήτρια: Ωραία, **τόρα θα σου δείξω** ένα μοντέλο όπως αυτό εδώ, δεν ξέρω αν φαίνεται πολύ καλά, είναι ένα πλοίο που δείχνει

ΦΦ5: Που βυθίζεται;

Ερευνήτρια: Μπράβο ναι, είναι από ένα λογισμικό, είναι ένα βίντεο που έχει παρθεί από ένα λογισμικό, μπορεί ο χρήστης κάνοντας κλικ στα αμπάρια του πλοίου να τα γεμίσει με νερό και έτσι να δει τη βύθιση του πλοίου, και μπορεί αντίστοιχα να κάνει κλικ στο ήδη γεμισμένο με νερό αμπάρια να χρησιμοποιήσει τη βοηθητική βαρκούλα να αφαιρέσει το νερό και να δει πως γίνεται η ανέλκυση πλέον. Πλεύση και βύθιση. Αυτό τώρα που είναι ένα βίντεο από λογισμικό, είναι μια προσομοίωση, νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΦ5: [MK8: Πολύ πολύ γενικό και απλό, δηλαδή θα έπρεπε να έχει δυνάμεις.. ξέρω εγώ ίσως, να φαίνονται σχηματικά.

Ερευνήτρια: Κατάλαβα, τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα εννοείς; Για να είναι πιο επιστημονικό;

ΦΦ5: Για να καταλαβαίνεις γιατί ανεβαίνει ας πούμε, ποια δύναμη το τραβάει για να ανέβει.]
→ [Λογισμικό, ΙΣΩΣ](#)

Ερευνήτρια: Κατάλαβα, ωραία. Αυτός είναι ένας λεκτικός κανόνας, μπορείς να τον διαβάσεις αν θέλεις..

ΦΦ5: Δυνατά;

Ερευνήτρια: Όπως θέλεις.

ΦΦ5: Ναι.

Ερευνήτρια: Αυτό έτσι όπως είναι σαν λεκτικός κανόνας νομίζεις πως είναι ένα μοντέλο;

ΦΦ5: [MK9: Όχι.

Ερευνήτρια: Όχι. Γιατί όχι;

ΦΦ5: Όχι, γιατί δεν μου κολλάει το “περισσότερη” και “λιγότερη”..

Ερευνήτρια: Καλά, αν δεν κοιτάμε το γνωστικό;

ΦΦ5: Ναι, τότε είναι ένα μοντέλο, πολύ γενικό βέβαια.

Ερευνήτρια: Δηλαδή πρέπει να είναι και ακριβώς;

ΦΦ5: Οι εκφράσεις ναι στη φυσική πρέπει να είναι πολύ στάνταρ.

Ερευνήτρια: Να δένει με την φυσική δηλαδή;

ΦΦ5: Ναι.

Ερευνήτρια: Ωραία, αλλιώς θα ήταν μοντέλο ας πούμε.

ΦΦ5: Ναι, βασικά δεν καταλαβαίνεις τι ακριβώς είναι η πυκνότητα τώρα, ‘περισσότερη’ και ‘λιγότερη’.

Ερευνήτρια: Καλά αυτό εδώ πέρα δεν έχει τον στόχο να εξηγήσει την πυκνότητα, μόνο..

ΦΦ5: ..την συμπεριφορά.

Ερευνήτρια: ..την συμπεριφορά, ακριβώς. Οπότε είναι μοντέλο αν είναι πιο ακριβές οι λέξεις, πιο ακριβείς;

ΦΦ5: Ναι. Πάντως καταλαβαίνεις αυτό που θέλει να πει.] → [Λεκτικός κανόνας, ΙΣΩΣ](#)

Ερευνήτρια: Ναι. Και εδώ υπάρχει ένας πίνακας που είναι διάφορα σώματα και με σκιάσεις, με γραμμές ή με τελείες, αναπαριστάται η πυκνότητα του κάθε σώματος σε σχέση με τα υπόλοιπα βέβαια, εννοείται, σαν αναπαράσταση. Αυτό νομίζεις πως είναι ένα μοντέλο;

ΦΦ5: [MK10: Ναι, και αυτό είναι το καλύτερο, οι τελείες.

Ερευνήτρια: Γιατί αυτό θεωρείς πως είναι καλύτερο;

ΦΦ5: Γιατί είναι πιο μετρήσιμο, πιο εύκολο.

Ερευνήτρια: Κατάλαβα, πιο εύκολο να το κατανοήσεις και ποσοτικά δηλαδή;

ΦΦ5: Ναι. Ας πούμε τα χρώματα εντάξει παίζει ψιλό υποκειμενικό, με τις γραμμές λίγο χάνεσαι, αλλά όλα είναι μοντέλα.] Πίνακας, ΝΑΙ

Ερευνήτρια: Μάλιστα, ωραία, εδώ είναι ο τύπος της πυκνότητας καθαρά συμβολικός, αυτός νομίζεις πως είναι ένα μοντέλο;

ΦΦ5: [MK11: Ναι.

Ερευνήτρια: Ωραία, γιατί είναι αυτό μοντέλο;

ΦΦ5: Γιατί..

Ερευνήτρια: ..πως το σκέφτεσαι; Το είπες με πολύ σιγουριά γι' αυτό ρωτάω.

ΦΦ5: Έχει πολύ βασικά στοιχεία ξέρω 'γω και δεν ξέρω αν ισχύει πάντα αλλά είναι ένας λόγος ας πούμε γι' αυτό νομίζω ότι είναι μοντέλο γιατί πάει με λόγο. Αυτό. Δεν ξέρω..] → Τύπος, ΝΑΙ

Ερευνήτρια: Καταλαβαίνω τι λες. Λοιπόν, ωραία, τώρα έχουμε αυτό.

ΦΦ5: Ναι.

Ερευνήτρια: Αυτό είναι μια διάταξη που αναπαριστά τον ήλιο, τη γη και τη σελήνη. Αυτή η διάταξη τώρα μπορεί να γυρίζει, βλέπουμε την κίνηση της γης γύρω από τον εαυτό της, την κίνηση της σελήνης γύρω από τη γη, όλο το σύστημα γύρω από τον ήλιο κλπ. Αυτό νομίζεις πως είναι μοντέλο;

ΦΦ5: [MK12: Ναι.

Ερευνήτρια: Γιατί;

ΦΦ5: Γιατί είναι ξεκάθαρο το τι συμβαίνει και πιάνει όλα αυτά που θα ήθελες να μελετήσεις, σε γενικές γραμμές βέβαια. Και είναι και εποπτικό ας πούμε, διαδραστικό μάλλον.] Ηλιοκεντρικό, ΝΑΙ

Ερευνήτρια: Μάλιστα. Ωραία. Και έχουμε και αυτό το σκίτσο, που είναι πάλι αναπαράσταση ήλιος, γη, σελήνη. Είναι μια εικόνα από κάποιο βιβλίο, από οποιοδήποτε θα μπορούσε να είναι, αυτό νομίζεις πως είναι ένα μοντέλο σαν εικόνα;

ΦΦ5: [MK13: Όχι, είναι στατικό πολύ.] → Σκίτσο, ΟΧΙ

Χαρακτηριστικά μοντέλων

Ερευνήτρια: Ποια νομίζεις ότι πρέπει να είναι τα χαρακτηριστικά ενός μοντέλου;

ΦΦ5: [MK16: Να καλύπτει όλες τις παραμέτρους και να τις αποσαφηνίζει, το ρόλο τους.]→

ΕΠΙΧ [MK17: Να είναι ευκολονόητο, ευνόητο.. Να περιέχει πράγματα της καθημερινότητας, απλούς όρους και ξέρω εγώ απλή ανάλυση γενικά.. δεν..] → ΔΙΑΧ [MK18: Και να είναι εποπτικό.] → ΔΙΑΧ

Βιβλιογραφία

- Ράπτης, Α., Κόμης, Β, (2002). Η υπολογιστική μοντελοποίηση στη διδασκαλία και τη μάθηση των θετικών επιστημών. Πανελλήνιο Συνέδριο του ΠΤΔΕ του Παν/μίου Κρήτης Μάιος (2002) με θέμα. «Διδακτική της Φυσικής και υπολογιστές». Πρακτικά Συνεδρίου.
- Ράπτης, Α., Ράπτη, Α, (2002). *Μάθηση και Διδασκαλία στην Κοινωνία της Πληροφορίας, Ολική Προσέγγιση*. Αθήνα.
- Aduriz-Bravo, A., Izquierdo-Aymerich, M., (2005). Utilizing the 3P-model to Characterize the Discipline of Didactics of Science. *Science & Education*. 14, 29-41.
- Afamasaga-Fuata'i, K., (2007). Vee Diagrams as a Problem Solving Tool: Promoting Critical Thinking and Synthesis of Concepts and Applications in Mathematics. Λήφθηκε 13 Φεβρουαρίου 2010, από: <http://www.aare.edu.au/07pap/afa07202.pdf>
- Anher, A., Arca, M., Sanmarti, N. (2007). Modeling as a Teaching Learning Process for Understanding Materials: A Case Study in Primary Education. *Science Education*. 91(3), 398-418.
- Barnea, N. (2000). Teaching and learning about chemistry and modelling with a computer-managed modelling system. In J. K. Gilbert & C. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education*, 307-324. Dordrecht: Kluwer.
- Barnea, N., & Dori, Y. (1999). High-school chemistry students' performance and gender differences in a computerized molecular learning environment. *Journal of Science Education and Technology*, 8 (4), 257-271.
- Bhushan, N., & Rosenfeld, S., (1995). Metaphorical models in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 72, 578-582.
- Borghi, L., DeAmbrosis, A., Marcheretti, P. (2007). Microscopic models for bridging electrostatics and currents. *Physics Education*. 42(2), 146-155

Boulter, J. C., Buckley, C. B., (2000). *Constructing a Typology of Models for Science Education*, In J. K. Gilbert & C. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education*, 41 – 57. Dordrecht: Kluwer.

Carpenter, P. T., Romberg, A. T. (2004). *Powerful Practices in Mathematics & Science. Research – Based Practices for Teaching and Learning.*

Coll, R. K., France, B. (2005). The role of models/and analogies in science education implications from research. *International Journal in Science Education*. 27(2), 183-198.

Collins, A., Gentner, D. (1987) How people construct mental models. In D. Holland and N. Quinn (eds), *Cultural Models in Language and Thought* (New York: University of Cambridge), 243–265.

Chiou, G., Anderson, R. O., (2009), A Study of Undergraduate Physics Students' Understanding of Heat Conduction Based on Mental Model Theory and an Ontology – Process Analysis. *Science Education*. 94, 825-854.

Clement, J. J., (2008), Model Based Learning and Instruction in Science. *Model Based Learning and Instruction in Science*. p. 1-11, Clement, J. J., Rea- Ramirez, M. A., (Eds.), Springer Science, USA.

Cohen, L., Manion, L. (1994). *Research Methods in Education*. London, Routledge.

Cohen, L., Manion, L. (2000). *Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας*. μετ: Μητσοπούλου Χρ., Αθήνα, Μεταίχμιο,2000.

Cohen, L., Manion, L., Morrison, K., (2000). *Research Methods in Education*. New York: Routledge.

Cohen, L., Manion, L., Morrison, K., (2007). *Research Methods in Education*. New York: Routledge.

Cohen, L., Manion, L., Morrison, K., (2011). *Research Methods in Education*. New York: Routledge.

- Constantinou, C. P., (1999). The COCOA Microworld as an Environment for Modelling Physical Phenomena. *International Journal of Continuing Education and Life-Long Learning*. 9(2), 201-213.
- Cosgrove, M., Schaverien, L., (1997). Models of science education. In *Exploring Model and Modelling in Science and Technology Education* (Reading, UK: The University of Reading), 20–34.
- Crawford, B. A., Cullin, M. J., (2004). Supporting Prospective Teachers' Conceptions of Modelling in Science. *International Journal of Science Education*, 26, 1379-1401.
- Cullin, M. J., Crawford, B. A. (2003). Using technology to support prospective science teachers in learning and teaching about scientific models. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 2/4, 409 - 426.
- Cullin, M., Crawford, B. (2005). Dynamic Assessments of Preservice Teachers' Knowledge of Models and Modelling. *Research and the Quality of Science Education*. 309 – 323. Boeshma K. et al. (Eds.), Springer. Netherlands
- 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.
- De Jong, O., Van Driel, J. H. (2001). *Developing pre-service teachers' content knowledge and PCK of models and modelling*. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching Annual Meeting, St. Louis, MO.
- De Jong, O., Van Driel, J. H., Verloop, N. (2005). Preservice Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Using Particle Models in Teaching Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*. 42(8) , 947-964.
- Denscombe, M., (2007). *The Good Research Guide – for small-scale social research projects*. New York: Open University Press.
- Develaki, M., (2007). The Model-Based View of Scientific Theories and the Structuring of School Science Programmes. *Science & Education*. 16, 725-749.

diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2 – 3), 105 – 225.

diSessa, A. A. (2002). Why “conceptual ecology” is a good idea. In M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. pp. 29 – 60. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer.

diSessa, A. A. (2008). A bird’s-eye view of the “pieces” vs. “coherence” controversy. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change*. pp. 35 – 60. New York: Routledge.

Dori, J. Y., Sasson, I., (2008). Chemical Understanding and Graphing Skills in an Honors Case-Based Computerized Chemistry Laboratory Environment: The Value of Bidirectional Visual and Textual Representations. *Journal of Research in Science Teaching*. 45(2), 219-250.

Downes, S. M., (2009). Models, Pictures and Unified Accounts of Representation: Lessons from aesthetics for philosophy of science. *Perspectives on Science*. 17(4), 417-428.

Drechsler, M., Schmidt, H-J. (2005). Upper Secondary School Students’ Understanding of Models Used in Chemistry to Define Acids and Bases. *Science Education International*. 16(1), 39-53.

Duit, R. and Glynn, S. (1996). Mental modelling. In G. Welford, J. Osborne and P. Scott (eds), *Research in Science Education in Europe: Current Issues and Themes* (London: The Falmer Press), 166–176.

Ekstrom, R.B., French, J.W., Harman, H.H., and Dermen, D. (1976). Manual for Factor Referenced Cognitive Tests. Princeton, NJ: Educational Testing Service.

Franco, C. & Colinvaux, D. (2000). Grasping mental models. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education*. pp. 93-118. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Flick, U. (2006). An introduction to qualitative research. Third Edition, London, Thousand Oaks: Sage, 2006.

Forbus, K. (2010). Qualitative Modelling. John Wiley & Sons (Eds.) *Cognitive Science*., USA..

Giere, R., (2004). How Models Are Used to Represent Reality. *Philosophy of Science*. 71(5), 742-752.

Giere, R., (2002). Models as Parts of Distributed Cognitive Systems. In eds. L. Magnani & N. Nersessian (Eds.), *Model Based Reasoning: Science, Technology, Values*, pp. 227-41, Kluwer, 2002.

Giere, R., (1999). Using Models to Represent Reality. In L. Magnani, N. J. Nersessian, & P. Thagard (Eds.), *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*. pp. 41-57. New York: Kluwer/Plenum, 1999.

Gilbert, J. K., (2008). Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. In Gilbert, J. K., Reiner, M., Nakhlen, M., (2008) (Eds.) *Visualization: Theory and Practice In Science Education*. p. 3-24.

Gilbert, J. K., (2005). Visualization: A Metacognitive Skill In Science and Science Education. In Gilbert J. K. (Ed.). *Visualization in Science Education*, 9-28. Springer.

Gilbert, J. K., (2005). *Visualization in Science Education*. Springer. Netherlands.

Gilbert, J. K., Justi, R., & Aksela, M. (2003). The visualization of models: A metacognitive competence in the learning of chemistry. Paper presented at the Fourth Annual Meeting of the European Science Education Research Association, Noordwijkerhout, The Netherlands.

Gilbert, K. J., Boulter, J. C., Eds. (2000) *Developing Models in Science Education*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.

Gilbert, J. K., Boulter, J. C. Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. Gilbert & C. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education*, 3 – 17. Dordrecht: Kluwer.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J. (1998) Learning science through models and modelling. In B. J. Fraser and K. G. Tobin (eds), *International Handbook of Science Education* (53–66). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. Retrieved from:

<http://www.google.gr/books?id=Mnd5qDBHcEQC&printsec=frontcover&hl=el#v=onepage&q&f=false>

- Gilbert, J. K., Boulter, C. and Rutherford, M. (1998a). Models in explanations, Part 1: Horses for courses?. *International Journal of Science Education*, 20(1), 83–97.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. and Rutherford, M. (1998b). Models in explanations, Part 2: Whose voice? Whose ears?. *International Journal of Science Education*, 20(2), 187–203.
- Gilbert, J. K. (1993). *Models and Modelling in Science Education*. Hatfield: The Association for Science Education.
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., Fensham, P. J., (1982). Children's Science and its Consequences for Teaching. *Science Education*. 66(4), 623–633.
- Gilbert, St. W. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 73-79.
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J. (1980) The use of Models in Science and Science Teaching. *European Journal of Science Education*. 2(1), 3-13.
- Grandy, E. R., (2003). What Are Models and Why Do We Need Them? *Science & Education*. 12. 773-777. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Gobert, D. J., Buckley, C. B. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*. 22(9), 891-894.
- Gobert, D. J. (2005). Leveraging Technology and Cognitive Theory on Visualization to Promote Students' Science. In Gilbert J. K. (2005), *Visualization in Science Education*, 73-90. Springer.
- Gobert, D. J., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B. B., Levy, T. S., Wilensky, U. (2010). Examining the Relationship Between Students' Understanding of the Nature of Models and Conceptual Learning in Biology, Physics, and Chemistry. *International Journal of Science Education*, 33(5), 653-684.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.

Gutierrez, R., Pinto, R. (2005). Teachers Conceptions of Scientific Model. Results From a Preliminary Study. In R. Pinto and D. Couso (Eds), *Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science*, pp. 866-868. Barcelona, Spain.

Halloun, I. A., (2006). *Modelling Theory in Science Education*, Springer, Dordrecht, Netherlands

Hallun, I. A., (2007). Mediated Modelling in Science Education. *Science & Education*. 16, 653-697.

Harrison, A. G., (2001). How Do Teachers and Textbook Writers Model Scientific Ideas for Students. *Research in Science Education*. 31, 401-435.

Harrison, A.G. (2001, March). *Models and PCK: Their relevance for practicing and pre-service teachers*. Paper presented at the annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching, St. Louis, MO.

Harrison, A. G., Treagust, D. F. (2001). Conceptual Change Using Multiple Interpretive perspectives: Two Case Studies in Secondary School Chemistry. *International Science*, 29, 45-85.

Harrison, A.G., Treagust, D.F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011–1026.

Harrison, A.G., Treagust, D.F. (2000). Learning About Atoms, Molecules, and Chemical Bonds: A Case Study of Multiple-Model Use in Grade 11 Chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-81.

Harrison, A. G., Treagust, D. F. (1998). Modelling in science lessons: Are there better ways to learn with models? *School Science and Mathematics*, 98(8), 420-430.

Hawking, St., Mlodinow, L. (2010). *The Grand Design*. New answers to the Ultimate questions of life. Σεπτέμβριος 2010, Bantam Books, Πρώτη ελληνική έκδοση, Το μεγάλο σχέδιο, νέες απαντήσεις στα έσχατα ερωτήματα της ζωής. Οκτώβριος 2010. Μετ. Κώστας Σίμος. Εκδόσεις κάτοπτρο.

Havu-Nuutinen, S., (2005). Examining young children's conceptual change process in floating and sinking from a social constructivist perspective. *International Journal of Science*. 27(3), 259-279. Taylor & Francis Group Ltd.

Henze, I., Van Driel, H. J., Verloop, N., (2007), Science Teacher's Knowledge about Teaching Models and Modelling in the Context of a New Syllabus and Public Understanding of Science, *Science Education*, 37, 99-122.

Hewitt, G. P., (2005). Οι Έννοιες της Φυσικής. Μετ. Σηφάκη Ε., Παπαδόγγονας Γ., Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.

Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: An exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14, 541-562.

Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: toward a more critical approach of practical work in school science. *Studies in Science Education*, (22), 85-142.

Hou, J. L., Pai, S. T., (2009). A Spatial Knowledge sharing platform. Using the Visualization Approach. *International Journal of Production Research*, 47(1), 25-50.

Ingham, A. I., & Gilbert, J. K., (1991). The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *International Journal of Science Education*, 13(2), 203-215.

Ιωσηφίδης, Θ., (2008). Ποιοτικές Μέθοδοι Έρευνας στις Κοινωνικές Επιστήμες. Αθήνα: Κριτική.

Jones, M. G, Taylor, A. R., Broadwell, B., (2009), Concepts of Scale Held by Student With Visual Impairment. *Journal of Research in Science Teaching*. 46(5), 506-519.

Justi, S. R. (2009). Learning How to Model in Science Classroom: Key Teacher's Role in Supporting the Development of Students' Modelling Skills. *Educación Química*. 20 (1), 32-40.

Justi, S. R., & Gilbert, K. J. (2005). Investigating Teachers' Ideas About Models And Modelling – Some Issues of Authenticity. In K. Boersma et. al. (Eds.), *Research and the Quality of Science Education*, Springer, 325-335.

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.

Justi, S. R., & Gilbert, K. J. (2002). Modelling, teachers' view on the nature of modelling, and implications for the education of modelers. *International Journal of Science Education*. 24(4), 369-387.

Justi, S. R., & Gilbert, K. J. (2001). Teachers' views on models and modelling in science education. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching, St. Louis, MI.

Justi, R., Van Driel, J., (2005). A Case Study of a Beginning Chemistry Teacher's Knowledge about Models and Modelling. *Research in Science Education*. 35, 197-219.

Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α., Πνευματικός, Δ., Κασκάλης, Θ., Μαλανδράκης, Γ., Ζουπίδης, Α., Κολλίνη, Κ., Μπλούχου, Σ., Πολατίδου, Θ., Σουλτάνης, Κ., Τριανταφυλλίδου, Ρ., & Αρβανιτάκης, Ι., (2010). *Η πυκνότητα των υλικών σε φαινόμενα πλεύσης / βύθισης: πειραματικές διαδικασίες και μοντελοποίηση, Βιβλίο εκπαιδευτικού*. Λευκωσία: Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Πανεπιστήμιο Κύπρου, ISBN 978-9963-689-69-9 (επίσης στα αγγλικά με ISBN 978-9963-689-71-2).

Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α., Πνευματικός, Δ., Κασκάλης, Θ., Μαλανδράκης, Γ., Ζουπίδης, Α., Κολλίνη, Κ., Μπλούχου, Σ., Πολατίδου, Θ., Σουλτάνης, Κ., Τριανταφυλλίδου, Ρ., & Αρβανιτάκης, Ι., (2010). *Η πυκνότητα των υλικών σε φαινόμενα πλεύσης / βύθισης: πειραματικές διαδικασίες και μοντελοποίηση, Διδακτικό υλικό*. Λευκωσία: Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Πανεπιστήμιο Κύπρου, ISBN 978-9963-689-68-2 (επίσης στα αγγλικά με ISBN 978-9963-689-70-5)

Kernlinger, F. N., (1970). *Foundations of Behavioral Research*. Holt, Rinehart & Winston (Eds.), New York.

Kinnear, J., & Martin, M. (1992). *Nature of biology: Book one*. Milton, Queensland: The Jacaranda Press.

Koponen, I. T., (2007). Models and Modelling in Physics Education: A Critical Re-analysis of Philosophical Underpinnings and Suggestions for Revisions. *Science & Education*. 16, 751-773.

Matthews, M. R., (2007). Models in Science and in Science Education: An Introduction. *Science & Education*. 16, 647-652.

Mellar, H., and Bliss, J. (1994). Introduction: Modelling and Education. In Mellar, H.,

Bliss, J., Boohan, R., Ogborn, J., Tompsett, C. (eds), *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. (London: The Falmer Press), 1-7. Retrieved January 15, 2011, from:

http://books.google.gr/books?id=y_dWt3OJd3QC&pg=PA1&lpg=PA1&dq=Mellar+Bliss+Modelling+and+Education&source=bl&ots=HbaVNOOrS6e&sig=CD3loOa8wveOMMd3zSoz6Cb3V0s&hl=el&sa=X&ei=5rEST-3yF6eD4gSarOzuAw&ved=0CCkQ6AEwAA#v=onepage&q&f=true

Mertens, D. (2005). Έρευνα και αξιολόγηση στην εκπαίδευση και την ψυχολογία. Μετ. Κυρανάκης, Στ., Μαυράκη, Μ., Μπιθαρά, Π., Εκδ. Μεταίχμιο.

Morgan, M. S. & Morrison, M., (Eds.) (1999). *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Science*, Cambridge University Press, Cambridge.

Newberry, M. (2002). Pupils' understanding of diagrams in science: Progression from key stage 3 (11–14 years) and across key stage 4 (14–16 years). Fareham, Hants: Cams Hill School.

Nola, R., (2004). Pendula, Models, Constructivism and Reality. *Science & Education*. 13, 349--377.

Ornek, F., (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. *International Journal of Environmental & Science Education*. 3(2), 35-45.

Πετρίδου, Ε., (2008). Ανάπτυξη, εφαρμογή και διερεύνηση προσομοιωμένων μοντέλων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Διδακτορική Διατριβή.

Patton, M. Q., (2002). *Qualitative Evaluation and Research methods*. California: Sage Publications.

- Penner, D. E., Giles, N. D., Lehrer, R., Schauble, L., (1997). Building Functional Models: Designing an Elbow. *Journal of Research in Science Teaching*. 34(2), 125-143.
- Petridou, E., Psillos, D., Hatzikraniotis, E., Viiri, J., (2009). Design and Development of a Microscopic Model for Polarization. *Physics Education*. 44(6), 589-598.
- Portides, D. P., (2007). The Relation between Idealisation and Approximation in Scientific Model Construction. *Science & Education*, 16, 699-724.
- Pozzer, L. L., & Roth, W.-M. (2003). Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1089–1114.
- Robtain, Y., Marbach-Ad, G, Stavy, R., (2006), Effect of Bead and Illustrations Models on High School Students' Achievement in Molecular Genetics, *Journal of Research in Science Teaching*, 43(5), 500-529.
- Reisberg, D. (1997). *Cognition*. New York: Norton.
- Rapp, N. D., (2005) Mental Models: Theoretical Issues for Visualizations in Science Education. In Gilbert J. K. (2005), *Visualization in Science Education*, 44-60. Springer.
- Rapp, D. N., Kurby, C. A., (2008). The 'Ins' and 'Outs' of Learning: Internal Representations and External Visualizations. In Gilbert, J. K., Reiner, M., Nakhlen, M., (2008) (Eds.) *Visualization: Theory and Practice In Science Education*. p. 29-52.
- Saari, H., & Viiri, J., (2003). A research-based teaching sequence for teaching the concept of modelling to seventh-grade students. *International Journal of Science*, 25(11), 1333-1352.
- Schwarz, Ch. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., Krajcik, J., (2009), Developing Learning Progression for Scientific Modelling: Making Scientific Modelling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Education*. 46(6), 632-654.
- Schwarz, Ch. V., White, B. Y, (2005). Metamodelling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modelling. *Cognition And Instruction*. 23(2), 165-205.
- Shen, J., Confrey, J., (2007), From Conceptual Change to Transformative Modelling: A Case Study of an Elementary Teacher in Learning Astronomy. *Science Education*. 91, 948-966.

Silva, C. C., (2007). The Role of Models and Analogies in the Electromagnetic Theory: A Historical Case Study. *Science & Education*. 16, 835-848.

Smith, C., Unger, Ch., (1997). What's in Dots-Per-Box? Conceptual Bootstrapping With Stripped-Down Visual Analogs. *The Journal of the Learning Sciences*. 6(2). 143-181. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Snir, J., Smith, C., Grosslight, L., (1993). Conceptually Enhanced Simulations: A Computer Tool for Science Teaching. *Journal of Science Education and Technology*. 2(2), Plenum Publishing Corporation.

Σταυρίδου, Ε. (1995). Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και διαδικασίες μάθησης. Εκδόσεις Σαββάλα.

Taber, K. S., (2008). Towards a Curricular Model of the Nature of Science. *Science & Education*. 17, 179-218.

Tiberghien, A. (1994). Modelling as a basis for analysing teaching – learning situations. *Learning and Instruction*, 4, 71–87.

Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Thapelo M. L., (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357 – 368.

Treagust, D. F., & Harrison, A. G., (1999). The genesis of effective scientific explanations for the classroom. In J. Loughran (ed.), *Researching Teaching: Methodologies and Practices for Understanding Pedagogy* (London: Falmer Press), 28–43.

Thiessen, R., (1993, May/June). The Vee Diagram: A Guide for Problem Solving. *Aims Newsletter*. Λήφθηκε 10 Ιανουαρίου 2010, από: <http://www.aimsedu.org/puzzle/arrrec/vee.pdf>.

Tufte, E. R. (2001). *The visual display of quantitative information* (2 nd ed.). Cheshire, CT: Graphics Press.

Tversky, B. (2005). Prolegomenon to Scientific Visualizations. In Gilbert J. K. (2005), *Visualization in Science Education*, 29-42. Springer.

Valanidis, N., Angeli, C. (2008). Learning and Teaching about Scientific Models With a Computer-Modeling Tool. *Computer in Human Behavior*, 24(2), 220-233.

Van Der Valk, T., Van Driel, J. H., & De Vos, W. (2007). Common Characteristics of Models in Present-day Scientific Practice. *Research in Science Education*, 37, 469-488.

Van Driel, J. H., Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.

Van Driel, J. H., Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, 24, 1255-1272.

Vosniadou, S., (2001). Mental models in Conceptual Development. Στο L. Mangani και N. J. Nersessian (Eds.), *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values* (353 – 368). New York: Kluwer Academic Press.

http://www.cs.phs.uoa.gr/el/staff/vosniadou/Mental%20Models%20in%20Conceptual%20Development_en.pdf

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535 – 585.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18(1), 123 – 184.

Walpuski, M. (2010), Modelling Scientific Inquiry For Large Scale Asswssments. In ESERA *Contemporary Science Education Research: Learning and Assessment*. Cakmakci, G., Tasar, M. F., (Eds) 283 – 287.

Wiechert, W. (2003). The Role of Modeling in Computational Science Education. *Future Generation Computer Systems*, 19(8), 1363-1374.

Windschitl, M., Thompson, J. (2006). Trancending Simple Forms of School Science Investigation: The Impact of Preservice Instruction on Teachers' Understandings of Model – Based Inquiry. *American Educational Research Journal*, 43(4), 783-835.

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941–967.

Wiser, M., & Carey, S. (1983). When heat and temperature were one. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental models*. pp. 267 – 297. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Yager, R. E., (1991). The constructivist learning model: towards real reform in science education. *The Science Teacher*, 58(6), 52–57.

Zoupidis, A., Pnematikos, D., Spyrtou, A., Kariotoglou, P., (2010) The gradual approach of the nature and role of models as means to enhance 5th grade students' epistemological awareness. In ESERA *Contemporary Science Education Research: Learning and Assessment*. Cakmakci, G., Tasar, M. F., (Eds) 415-423

http://www.google.gr/search?sourceid=navclient&ie=UTF-8&rlz=1T4TSNA_enGR363GR363&q=dictionary , retrieved in June 14, 2010.