



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ»**

**ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ
«ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ»**

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Αντιλήψεις Εκπαιδευτικών Φ.Ε. ως προς τα
Επιστημονικά Μοντέλα και τη Διδακτική τους
Αξιοποίηση**

**ΒΡΑΓΟΤΕΡΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ
ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ**

ΑΘΗΝΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2016

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Αντιλήψεις Εκπαιδευτικών Φ.Ε. ως προς τα Επιστημονικά Μοντέλα και
τη Διδακτική τους Αξιοποίηση**

ΒΡΑΓΟΤΕΡΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

A.M.: 131214

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΨΥΛΛΟΣ, Καθηγητής ΑΠΘ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ψύλλος Δ., Καθηγητής

.....

Σιγάλας Μ., Καθηγητής

.....

Καλλέρη Μ., Επίκουρη Καθηγήτρια

.....

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ 27/06/2016

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το επιστημονικό μοντέλο είναι μια απλοποιημένη απεικόνιση ή αναπαράσταση που εμπεριέχει τη θεωρία, την ιδέα, ή/και το νόμο που διέπουν το στόχο, ο οποίος μπορεί να είναι ένα σύνθετο αντικείμενο, ένα φαινόμενο, μια διαδικασία ή ένα σύστημα. Με τη βοήθειά του κατανοούμε και μπορούμε να προβλέψουμε πως ένα αντικείμενο λειτουργεί, πως μια διαδικασία λαμβάνει χώρα ή πως ένα φαινόμενο εξελίσσεται.

Τα επιστημονικά μοντέλα αποτελούν ερευνητικά εργαλεία για έλεγχο υποθέσεων. Η χρήση τους στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνών, καθώς συμβάλουν καθοριστικά στην εξέλιξη της γνώσης των μαθητών και των μαθητριών. Τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί (έμπειροι και μελλοντικοί) δεν έχουν σε ικανοποιητικό βαθμό ενημερωμένες αντιλήψεις για τα επιστημονικά μοντέλα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις έμπειρων εκπαιδευτικών Φ.Ε. σχετικά με τις διαστάσεις της φύσης, της λειτουργίας, της πολλαπλότητας και της αλλαγής των επιστημονικών μοντέλων, καθώς και ο τρόπος με τον οποίον τα χρησιμοποιούν στη διδακτική τους πρακτική. Τα ερευνητικά δεδομένα συλλέχτηκαν μέσω ημι-δομημένης συνέντευξης, στην οποία συμμετείχαν οι εκπαιδευτικοί και αναλύθηκαν με βάση ένα πρωτόκολλο ταξινόμησης.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι αντιλήψεις των έμπειρων εκπαιδευτικών Φ.Ε. ως προς τη φύση και τη λειτουργία των επιστημονικών μοντέλων ήταν σε ικανοποιητικό βαθμό κοντά στις επιστημονικά αποδεκτές (sophisticated) σε σχέση με αντίστοιχες έρευνες της διεθνούς βιβλιογραφίας. Η εικόνα για το επίπεδο των αντιλήψεών τους ως προς την πολλαπλότητα και την αλλαγή των επιστημονικών μοντέλων κρίθηκε επίσης ικανοποιητική, μιας και δεν φαίνεται να κατέχουν παϊνε αντιλήψεις για τις διαστάσεις αυτές.

Όσον αφορά τη διδακτική τους αξιοποίηση, δεν παρατηρείται ικανοποιητική συνέπεια ανάμεσα στο «τι πιστεύουν» και στο «τι κάνουν» οι εκπαιδευτικοί.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Επιστημονικά μοντέλα στη διδασκαλία των Φ.Ε.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: επιστημονικό μοντέλο, διαστάσεις μοντέλων, προβλεπτική ικανότητα, αντιλήψεις εκπαιδευτικών

ABSTRACT

Scientific model is a simplified depiction or representation that contains the theory, the concept and/or the law that rules the target, which can be a complex object, a phenomenon, a procedure or a system. It helps us understand and we can predict how an object operates, how a procedure occurs or how a phenomenon takes place.

Scientific models are research tools for hypotheses testing. Their use in science teaching has been a research topic in a lot of studies, as they have a significant contribution in the development of students' knowledge. The results of these studies showed that teachers (experienced and perspective) have limited knowledge on scientific models.

This thesis deals with experienced science teachers' conceptions on the dimensions of the nature, functions, multiplicity and change in scientific models as far as the way teachers use them in their teaching practices. The research data were collected through semi – constructed interviews, in which the teachers participated and were analyzed by a classification protocol.

The results of the study indicated that experienced science teachers' conceptions as to the nature and the functions of the models were sufficiently close to the scientifically accepted (sophisticated) ones compared with the corresponding studies of the literature. The level of their conceptions as to the multiplicity and the change in scientific models was also satisfactory, as their conceptions were not classified as naïve.

Concerning their teaching applications, unsatisfactory consistency observed between “what teachers believe” and “what teachers do”.

SUBJECT AREA: Scientific models in science teaching

KEYWORDS: scientific model, models' dimensions, predictive ability, teachers' conceptions

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
1. Θεωρητικό πλαίσιο των μοντέλων στις Φ.Ε.....	2
1.1. Ορισμός επιστημονικών μοντέλων	2
1.2. Σκοπός και λειτουργία επιστημονικών μοντέλων	3
1.3. Πολλαπλότητα των επιστημονικών μοντέλων.....	6
1.4. Αξιολόγηση και αλλαγή στα επιστημονικά μοντέλα.....	7
2. Βιβλιογραφική επισκόπηση για τις αντιλήψεις εκπαιδευτικών ως προς τα επιστημονικά μοντέλα και τις πρακτικές που χρησιμοποιούν στη σχολική τάξη.....	9
2.1. Απόψεις και πρακτικές συμμετεχόντων εκπαιδευτικών	9
2.2. Ερευνητικά ερωτήματα.....	22
2.3. Σύνοψη και σχολιασμός ευρημάτων βιβλιογραφικής επισκόπησης.....	24
3. Βιβλιογραφική επισκόπηση ερευνητικών εργαλείων και μεθοδολογιών αντίστοιχων ερευνών.....	31
4. Συλλογή και ανάλυση ερευνητικού υλικού	40
4.1. Μεθοδολογία έρευνας.....	40
4.1.1. Ερευνητικά ερωτήματα	40
4.1.2. Συμμετέχοντες και συμμετέχουσες στην έρευνα	41
4.1.3. Ερευνητικά εργαλεία.....	41
4.2. Αποτελέσματα της έρευνας ως προς τις διαστάσεις των επιστημονικών μοντέλων	46
4.2.1. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη φύση του μοντέλου	46
4.2.2. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη λειτουργία του μοντέλου	50
4.2.3. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για την πολλαπλότητα του μοντέλου	52
4.2.4. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για την αλλαγή του μοντέλου	53
4.2.5. Διδακτική αξιοποίηση μοντέλων από τους/τις εκπαιδευτικούς.....	54
4.3. Προφίλ συμμετεχόντων/ουσών εκπαιδευτικών	59
5. Συμπεράσματα – Συζήτηση	63
5.1. Απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα	63
5.2. Προτάσεις και περιορισμοί της έρευνας.....	65
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	67
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	71
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	97

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Διαπανεπιστημιακού Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες (ΔιΧηNET)» υπό την επίβλεψη του Καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Α.Π.Θ. κ. Δημήτρη Ψύλλου.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω εγκάρδια την Καθηγητή κ. Δημήτρη Ψύλλο για την ανάθεση του θέματος, την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, την πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθεια κατά την αναζήτηση και επεξεργασία της σχετικής βιβλιογραφίας, καθώς και τις συμβουλές και τις διορθώσεις κατά τη συγγραφή και την παρουσίαση.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Δρ. Ελένη Πετρίδου για τη στήριξη που μου παρείχε σε όλα τα στάδια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας και κυρίως για τις καίριες παρατηρήσεις της κατά την ανάλυση του ερευνητικού υλικού και για τη βοήθειά της στην ανεύρεση των εκπαιδευτικών που αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς τη συμμετοχή των συμφοιτητών και συμφοιτητριών μου, όπως και των υπολοίπων εκπαιδευτικών που δέχτηκαν να αφιερώσουν το χρόνο τους για την πραγματοποίηση των συνεντεύξεων. Τους/τις ευχαριστώ θερμά.

Από τις ευχαριστίες μου δεν θα μπορούσα να παραλείψω τον Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Φιλοσοφίας και Παιδαγωγικής του Α.Π.Θ. κ. Κυριάκο Μπονίδη για τις πολύ χρήσιμες γνώσεις που απέκτησα κατά την παρακολούθηση των διαλέξεων του μαθήματος «Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας».

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τον συνάδελφο χημικό μηχανικό και φίλο Δημήτρη Ζηκόπουλο, ο οποίος με βοήθησε με την οργάνωση των απομαγνητοφωνήσεων των ηχητικών αρχείων των συνεντεύξεων.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στα άτομα του προσωπικού μου περιβάλλοντος, τα οποία στάθηκαν δίπλα μου και δε σταμάτησαν να με στηρίζουν καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας.

1. Θεωρητικό πλαίσιο των μοντέλων στις Φ.Ε.

Πολλές είναι οι προσπάθειες που έχουν γίνει για να προσδιορισθεί η έννοια του *μοντέλου* στη διδασκαλία των Φ.Ε., λόγω της μεγάλης σημασίας που έχει δοθεί στην εφαρμογή τους στην επιστημονική πρακτική. Ανατρέχοντας όμως στη σχετική βιβλιογραφία, δύσκολα βρίσκει κανείς έναν ακριβή ορισμό για το τι αποτελεί *επιστημονικό μοντέλο*, καθώς οι ερευνητές συνήθως απαριθμούν τις λειτουργίες του, χωρίς να δίνουν έναν ξεκάθαρο ορισμό αυτής της έννοιας (Gutierrez & Pinto, 2005).

1.1. Ορισμός επιστημονικών μοντέλων

Μια γενική διατύπωση είναι αυτή των Gilbert & Boulter (1998), σύμφωνα με τους οποίους «το μοντέλο μπορεί να οριστεί ως η αναπαράσταση μιας ιδέας, ενός αντικειμένου, ενός γεγονότος, μιας διαδικασίας ή ενός συστήματος». Οι χρησιμοποιούμενες αναπαραστάσεις μπορεί να είναι σχήματα, γραφικές παραστάσεις, εξισώσεις, τρισδιάστατες δομές ή λέξεις.

Οι Schwarz & White (2005) ορίζουν το επιστημονικό μοντέλο ως ένα σύνολο αναπαραστάσεων, κανόνων και συλλογιστικών δομών που επιτρέπουν τη δημιουργία ερμηνειών και προβλέψεων από αυτόν που τα χρησιμοποιεί. Επιστημονικό μοντέλο μπορεί να αποτελέσει μια μικρογραφία του ηλιακού συστήματος, προσομοιώσεις φαινομένων που γίνονται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή (H/Y) ή ένας ποσοτικός φυσικός νόμος όπως η εξίσωση $F = ma$. Κατ' αυτήν την έννοια του όρου, τα μοντέλα αποτελούν εργαλεία με τα οποία εκφράζονται επιστημονικές ιδέες και θεωρίες με τρόπο που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επεξήγηση και την πρόβλεψη. Με την ίδια λογική, ένα ομοίωμα αεροπλάνου, μια μαθηματική εξίσωση που περιγράφει συγκεκριμένη κίνηση και τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για το άτομο και τις ιδιότητές του αποτελούν και αυτά παραδείγματα επιστημονικών μοντέλων (Justi & van Driel, 2006).

Οι Lehrer & Schuabale (2003), όπως αναφέρεται από τους Bamberger & Davis (2013) περιγράφουν το μοντέλο ως μια αναπαράσταση, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επιχείρημα για την ερμηνεία του φυσικού κόσμου. Ο ορισμός αυτός αναφέρεται στο μοντέλο ως εργαλείο επεξήγησης και επικοινωνίας, καθώς οποιοσδήποτε μπορεί να κατασκευάσει ένα μοντέλο για να εξηγήσει αυτό που κατάλαβε και να επικοινωνήσει τις ιδέες του με άλλα άτομα.

Σε σύνδεση με τον ορισμό των Lehrer & Schuabale (2003), πολλές έρευνες χρησιμοποιούν τον όρο *επιστημονικό μοντέλο* για να περιγράψουν μια αφηρημένη αναπαράσταση αντικειμένων, συστημάτων ή φαινομένων, στην οποία τονίζονται τα κύρια χαρακτηριστικά τους (Bamberger & Davis, 2013). Μια τέτοια έρευνα είναι αυτή των Crawford & Cullin (2004), στην οποία ο κύριος επιστημολογικός ρόλος των μοντέλων εντοπίζεται στην επεξήγηση και στην ανάπτυξη της κατανόησης των φυσικών φαινομένων. Σύμφωνα με αυτούς, η επιστημονική πρόοδος μπορεί να περιγραφεί ως μια αλληλουχία διεξαγωγής παρατηρήσεων,

αναγνώρισης προτύπων στα δεδομένα και στη συνέχεια ανάπτυξης και αξιολόγησης των ερμηνειών αυτών των προτύπων. Οι ερμηνείες αυτές αποτελούν τα επιστημονικά μοντέλα (Crawford & Cullin, 2004). Επίσης, τα επιστημονικά μοντέλα ορίζονται και ως «οι αναπαραστάσεις που ενσωματώνουν τμήματα επιστημονικών θεωριών» (Schwarz & Gwegwerere, 2007, όπως αναφέρεται στους Oh & Oh, 2011). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το μοντέλου του “Big Bang” στην αστρονομία, το οποίο αναπαριστά ένα σύνολο ιδεών σχετικά με τη δημιουργία του Σύμπαντος.

Στον Πίνακα 1.1 παρατίθενται συνοπτικά οι ορισμοί των σχετικών ερευνών που αφορούν τα επιστημονικά μοντέλα.

Πίνακας 1.1. Ορισμοί επιστημονικού μοντέλου

Έρευνα	Ορισμός επιστημονικού μοντέλου
Gilbert & Boulter (1998)	Το μοντέλο μπορεί να οριστεί ως η αναπαράσταση μιας ιδέας, ενός αντικειμένου, ενός γεγονότος, μιας διαδικασίας ή ενός συστήματος
Schwarz & White (2005)	Ένα σύνολο αναπαραστάσεων, κανόνων και συλλογιστικών δομών που επιτρέπουν τη δημιουργία ερμηνειών και προβλέψεων από αυτόν που τα χρησιμοποιεί
Bamberger & Davis (2013)	Μια αναπαράσταση, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επιχείρημα για την ερμηνεία του φυσικού κόσμου
Crawford & Cullin (2004)	Η επιστημονική πρόοδος μπορεί να περιγραφεί ως μια αλληλουχία διεξαγωγής παρατηρήσεων, αναγνώρισης προτύπων στα δεδομένα και στη συνέχεια ανάπτυξης και αξιολόγησης των ερμηνειών αυτών των προτύπων. Οι ερμηνείες αυτές αποτελούν τα επιστημονικά μοντέλα
Oh & Oh (2011)	Οι αναπαραστάσεις που ενσωματώνουν τμήματα επιστημονικών θεωριών

1.2. Σκοπός και λειτουργία επιστημονικών μοντέλων

Όπως συμπεραίνεται από του παραπάνω ορισμούς, κάθε χρησιμοποιούμενη αναπαράσταση δεν μπορεί αυτόματα να αποτελέσει μοντέλο. Χρειάζεται να εμπεριέχει μια ιδέα ή θεωρία και να διαθέτει επεξηγηματική και προβλεπτική ικανότητα, ειδάλλως αποτελεί μια απλή απεικόνιση. Αυτό που κάνει την αναπαράσταση να θεωρηθεί μοντέλο και όχι απλή απεικόνιση ή προσομοίωση είναι η σύνδεσή της με έναν στόχο και η σχεδιάσή της με βάση κάποιον

συγκεκριμένο σκοπό (van der Valk, van Driel & de Vos, 2007). Σύμφωνα με την Πετρίδου (2008), ο σκοπός είναι αυτός που καθορίζει τη μορφή του μοντέλου, καθώς ανάλογα με το θέμα που πρόκειται να διερευνηθεί κατασκευάζεται το αντίστοιχο μοντέλο, με βάση το οποίο γίνεται ο έλεγχος των υποθέσεών μας για το θέμα αυτό.

Οι Gilbert & Boulter (1998) αποδεχόμενοι τη διάκριση του Nagel (1987) ανάμεσα σε μοντέλο και θεωρία, διατύπωσαν την άποψη ότι «το μοντέλο λειτουργεί ως ο μεσάζων ανάμεσα στις αφηρημένες έννοιες της θεωρίας και τις συγκεκριμένες πράξεις του πειράματος». Αποτελούν τα εργαλεία εκείνα που χρησιμοποιούνται για την ερμηνεία φυσικών φαινομένων και τον έλεγχο υποθέσεων (Πετρίδου, 2008). Λόγω αυτών των ιδιοτήτων τους, τα μοντέλα μπορεί να βοηθήσουν στην πρόβλεψη, στην καθοδήγηση του συλλογισμού, στη σύνοψη των δεδομένων, στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων στη διευκόλυνση της επικοινωνίας και στη διεξαγωγή έρευνας.

Όπως έχει επισημανθεί, τα μοντέλα είναι –γενικά μιλώντας– αναπαραστάσεις απόψεων της πραγματικότητας. Χωρίς την ύπαρξη σκοπού, όμως, για τον οποίον θα σχεδιαστεί μια αναπαράσταση, δεν μπορεί να υπάρξει μοντέλο. Δεν ισχύει δηλαδή απαραίτητα ότι και η κάθε αναπαράσταση μπορεί να αποτελέσει μοντέλο. Για να γίνει πιο κατανοητός ο διαχωρισμός ανάμεσα στην αναπαράσταση και το μοντέλο, σημειώνεται ότι ένα μοντέλο μπορεί να αποτελείται από πολλές και διαφορετικές αναπαραστάσεις, εφόσον αυτές περιγράφουν ή εξηγούν την ίδια ιδέα (Πετρίδου, 2008).

Για να είναι ένα επιστημονικό μοντέλο χρήσιμο και παραγωγικό δεν πρέπει να αποτελεί πιστή αναπαράσταση της πραγματικότητας (van der Valk et al., 2007), αλλά να αποτελεί το στοιχείο που γεφυρώνει την επιστημονική θεωρία με τον κόσμο όπως τον βιώνουμε μέσω των αισθήσεών μας (Gilbert, 2004). Σύμφωνα με τις απόψεις επιστημόνων που έχουν διεξάγει σχετικές έρευνες (Giere, 1999a; Halloun, 2004; van der Valk et al., 2007, όπως αναφέρεται από τους Oh & Oh, 2011), ένα μοντέλο αναπαριστά μόνο τμηματικές και επιλεγμένες λειτουργίες του στόχου του. Το μοντέλο δηλαδή δεν χρειάζεται να αναπαριστά όλα τα στοιχεία του στόχου, καθώς αναπαράσταση δεν σημαίνει πιστή ομοιότητα (Oh & Oh, 2011). Όπως άλλωστε επισημαίνουν και οι van der Valk et al. (2007), «αν ένα μοντέλο ήταν ακριβώς όπως ο στόχος του, δεν θα ήταν μοντέλο, αλλά αντίγραφο». Για αυτό και ο σχεδιαστής ενός επιστημονικού μοντέλου θα πρέπει να εστιάζει σε συγκεκριμένες πλευρές του θέματος, οι οποίες επιλέγονται με βάση το συγκεκριμένο σκοπό, που είναι «να εξηγήσουν κάτι το οποίο δεν είναι γνωστό, με όρους από κάτι που είναι γνωστό». Λογικό είναι λοιπόν η χρήση και η εφαρμογή τους να διέπεται από περιορισμούς (Grosslight, Unger, Jay & Smith, 1991, όπως αναφέρεται στον Σούλιο, 2013).

Επιπλέον, το μοντέλο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο απλοποιημένο, να «έχει υποστεί αφαιρέσεις του πραγματικού κόσμου» (Πετρίδου, 2008) και να έχει σχεδιαστεί με βάση τις διαδικασίες της *εξιδανίκευσης* και της *αφαίρεσης*. Κατά την εξιδανίκευση του στόχου όλα τα χαρακτηριστικά του είναι παρόντα, αλλά δίνεται έμφαση σε ορισμένα από αυτά. Ένα μοντέλο μπορεί επίσης να είναι μια αφαίρεση

γύρω από το στόχο, όπου αναπαρίστανται μόνο μερικές από τις ιδιότητές του (Gilbert, 2008). Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η χρήση ενός χρωματιστού καλωδίου για την αναπαράσταση του αγγειακού συστήματος των ζώων ή το μοντέλο της οπτικής ακτίνας για το φαινόμενο της διάθλασης του φωτός

Η ποικιλία των ρόλων που μπορούν να έχουν τα μοντέλα στις Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.) είναι κάτι ευρέως αναγνωρισμένο. Όπως παρουσιάζονται συγκεντρωτικά από τους Justi & Gilbert (2002), μπορούν να περιγραφούν ως ένα συνεχές λειτουργιών. Στο ένα άκρο υπάρχουν οι πιο ευθείς και ξεκάθαρες λειτουργίες, όπως η αναπαράσταση οντοτήτων από την οπτική της περιγραφής ή/και της απλούστευσης σύνθετων φαινομένων. Άλλες λειτουργίες είναι να κάνουν τις αφηρημένες οντότητες ορατές, να παρέχουν μια βάση για την ερμηνεία πειραματικών δεδομένων και την ανάπτυξη επεξηγήσεων και το να αποτελούν μέσον επικοινωνίας ανάμεσα στους επιστήμονες. Στο άλλο άκρο, συναντά κανείς πιο σύνθετες λειτουργίες, όπως ότι αποτελούν βάση για τη διατύπωση προβλέψεων κι έχουν κεντρικό ρόλο στην ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης.

Τα μοντέλα, λοιπόν, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως *περιγραφικά* (*descriptive*), *επεξηγηματικά* (*explanatory*) και *προβλεπτικά* (*predictive*) (van Driel & Verloop, 1999). Ένα περιγραφικό μοντέλο μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια «θετική αναλογία» ανάμεσα στο μοντέλο και το στόχο. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το ηλιοκεντρικό μοντέλο, το οποίο περιγράφει τις τροχιές των πλανητών στο ηλιακό μας σύστημα. Με την εφαρμογή μιας θεωρίας είναι δυνατό να σχεδιαστεί ένα επεξηγηματικό ή αιτιολογικό μοντέλο. Τα επεξηγηματικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για να γίνει κατανοητός ο μηχανισμός που διέπει ένα σύστημα ή ένα φαινόμενο, ενώ χαρακτηρίζονται και από προβλεπτική λειτουργία (Carpenter & Romberg, 2004, όπως αναφέρεται στον Σούλιος, 2013). Στο προηγούμενο παράδειγμα του ηλιοκεντρικού συστήματος, η έννοια της βαρύτητας, όπως προκύπτει από τη θεωρία του Newton, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό ενός μοντέλου της κίνησης των πλανητών. Έτσι, μέσω της συμπερίληψης μιας θεωρητικής έννοιας σε ένα μοντέλο, δίνεται η δυνατότητα διατύπωσης μιας πρόβλεψης. Για παράδειγμα οι Adams και Le Verier μπόρεσαν να προβλέψουν την ύπαρξη του πλανήτη Ουρανού βασιζόμενοι σε ένα μοντέλο, το οποίο περιείχε την έννοια της βαρύτητας (van Driel & Verloop, 1999).

Σε κάθε περίπτωση, τα μοντέλα παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην επικοινωνία μεταξύ των επιστημόνων, με τη διαδικασία που περιγράφεται από τους van Driel & Verloop (1999): «Το κάθε άτομο μπορεί να δομήσει το δικό του *νοητικό μοντέλο* (*mental model*), το οποίο αποτελεί μια προσωπική αναπαράσταση ενός στόχου. Μέσω του λόγου ή της γραφής ένα νοητικό μοντέλο μπορεί να εκφραστεί από το άτομο που το κατασκεύασε και πλέον να αποτελεί ένα *εκφραζόμενο μοντέλο* (*expressed model*). Μέσω σύγκρισης και αξιολόγησης των προσωπικών τους εκφραζόμενων μοντέλων, οι επιστήμονες ενδέχεται να καταλήξουν σε συμφωνία με την επιστημονική κοινότητα, οπότε τα μοντέλα τους πλέον ονομάζονται *συναινετικά* (*consensus models*)».

Τα συναινετικά μοντέλα, τα οποία βρίσκονται την τρέχουσα χρονική περίοδο σε χρήση από τους επιστήμονες ονομάζονται *επιστημονικά μοντέλα* (*scientific*

models) (Σούλιος, 2013). Τα επιστημονικά μοντέλα που σε ορισμένη χρονική περίοδο χρησιμοποιήθηκαν από τους επιστήμονες και μετά απορρίφθηκαν ή αντικαταστάθηκαν ονομάζονται *ιστορικά μοντέλα (historical models)*. Συνηθίζεται όμως πολλά από τα ιστορικά μοντέλα να εντάσσονται στη διδασκαλία και τη μάθηση των Φ.Ε., για ναδειχθεί η ιστορική και λογική εξέλιξη των μοντέλων. Όταν αποκτούν τέτοια χρήση, τα μοντέλα αυτά χαρακτηρίζονται ως *curricular*. Τέλος, υπάρχουν και τα *εκπαιδευτικά μοντέλα*, τα οποία αποτελούν απλοποιήσεις των εκφραζόμενων μοντέλων και βοηθούν στην κατανόηση ενός αναπαριστάμενου φαινομένου (Πετρίδου, 2008).

1.3. Πολλαπλότητα των επιστημονικών μοντέλων

Με τον όρο *πολλαπλότητα*, ως χαρακτηριστικό των επιστημονικών μοντέλων, περιγράφεται η δυνατότητα κατασκευής διαφορετικών μοντέλων για τον ίδιο στόχο, εστιάζοντας τη μελέτη σε διαφορετικά στοιχεία του (Oh & Oh, 2011; Πετρίδου, 2013). Σύμφωνα, μάλιστα, με τους Gilbert, Boulter & Elmer (2000), όσον αφορά τις Φ.Ε., «μοντέλο αποτελεί μια **μη μοναδική**, μερική αναπαράσταση ενός στόχου» (όπως αναφέρεται από τους Justi & van Driel, 2006). Ο στόχος (ιδέα, αντικείμενο, γεγονός, φαινόμενο ή σύστημα) είναι αυτός που αποτελεί το πραγματικό αντικείμενο της έρευνας.

Όταν ο στόχος που περιγράφεται ή εξηγείται από ένα επιστημονικό μοντέλο είναι ένα φυσικό φαινόμενο, *πολλαπλά μοντέλα* μπορούν να σχεδιαστούν και να είναι αποδεκτά για το ίδιο φαινόμενο (Crawford & Cullin, 2004). Για παράδειγμα, οι φυσικοί ερμηνεύουν το φως τόσο ως κύμα, όσο και ως σωματίδιο. Κάθε μοντέλο που χρησιμοποιείται για κάθε συμπεριφορά του φωτός επεξηγεί το φαινόμενο με διαφορετικό τρόπο.

Οι Oh & Oh (2011) βασιζόμενοι σε σχετικές έρευνες (Halloun, 2004; Grosslight, Unger, Jay & Smith; 1999; Giere, 1999) αναλύουν ορισμένους λόγους για τους οποίους είναι αναγκαίο να υπάρχει πολλαπλότητα στα επιστημονικά μοντέλα. Καταρχάς, από τη στιγμή που ένα επιστημονικό μοντέλο αναπαριστά έναν στόχο με τρόπο που εξαρτάται από το είδος του προβλήματος και την οπτική του σχεδιαστή του μοντέλου, διαφορετικά μοντέλα μπορούν να σχεδιαστούν για να αναπαραστήσουν διαφορετικές οπτικές του ίδιου συστήματος. Επιπλέον, το ίδιο φυσικό αντικείμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την οικοδόμηση διαφορετικών μοντέλων.

Ένας δεύτερος λόγος είναι το γεγονός ότι το επιστημονικό μοντέλο αναπαριστά επιλεγμένες ιδιότητες ενός στόχου. Αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο έχει πάντα περιορισμένες δυνατότητες κι έτσι χρειάζονται πολλαπλά μοντέλα για να παρέχουν μια ολοκληρωμένη ερμηνεία. Τρίτον, είναι λογικό να υπάρχουν δύο ή περισσότερα αντικρουόμενα μοντέλα για τον ίδιο στόχο, καθώς συνήθως υπάρχουν πολλοί τρόποι για να ερμηνευθεί ένα φυσικό φαινόμενο. Το θετικό μάλιστα είναι ότι δύο ή/και περισσότερα διακριτά μοντέλα παρέχουν συμπληρωματικές εξηγήσεις για το φαινόμενο. Όπως αναφέρεται από τους Harrison & Treagust (2010) χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της οξείδωσης

(στόχος), η οποία μπορεί να περιγραφεί από επιστημονικά μοντέλα που αναπαριστούν την προσθήκη οξυγόνου ή την απώλεια υδρογόνου ή την απώλεια ηλεκτρονίων ή την αύξηση του αριθμού οξειδωσης ή από όλα αυτά μαζί.

Η περιγραφή και επεξήγηση πολλών επιστημονικών θεωριών βασίζεται στα πολλαπλά μοντέλα. Όσο πιο αφηρημένο και μη παρατηρήσιμο είναι ένα φυσικό φαινόμενο (π.χ. χημική ισορροπία, αναγωγή) τόσο, πιο πιθανό είναι να γίνει χρήση πολλαπλών μοντέλων για την ερμηνεία του. Αυτό συμβαίνει, διότι κάθε μοντέλο που χρησιμοποιείται περιγράφει λεπτομερώς μόνο ένα τμήμα του στόχου. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ένα μοντέλο από μόνο του δεν μπορεί να περιγράψει και να εξηγήσει το στόχο, διότι αν το έκανε θα αποτελούσε παράδειγμα και όχι επιστημονικό μοντέλο. Τέλος, σε περιπτώσεις όπου πρέπει να χρησιμοποιηθούν μοντέλα για να τονίσουν ή να εξερευνήσουν σημαντικές και δύσκολες πτυχές μιας έννοιας, αυτό επιτυγχάνεται με την υπεραπλούστευση του μοντέλου, δίνοντας έμφαση σε κεντρικές ιδέες. Η μεγάλη χρησιμότητα των πολλαπλών μοντέλων εντοπίζεται στο ότι μια σειρά απλουστευμένων μοντέλων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξηγήσει, μία για κάθε μοντέλο, τις κεντρικές ιδέες (Harrison & Treagust, 2010).

1.4. Αξιολόγηση και αλλαγή στα επιστημονικά μοντέλα

Ιστορικά, οι επιστήμονες εφευρίσκουν συνεχώς καινούρια μοντέλα για να εξηγήσουν φυσικά φαινόμενα. Όπως είναι λογικό να συμβαίνει, τα μοντέλα αυτά *αξιολογούνται* και *αλλάζουν* παράλληλα με τη διαδικασία της εξέλιξης της επιστημονικής γνώσης (Oh & Oh, 2011).

Τα επιστημονικά μοντέλα μπορούν να καθοδηγούν τους επιστήμονες να περιγράφουν σύνθετα φαινόμενα, να αναπαριστούν τις κεντρικές ιδέες ενός συστήματος, να ερευνούν τη δυναμική ενός συστήματος, να παράγουν προβλέψεις για μελλοντικά γεγονότα και να διευκολύνουν την επικοινωνία των ιδεών. Κάθε μια από αυτές τις δραστηριότητες απαιτεί από τους επιστήμονες να λαμβάνουν αποφάσεις για τη βέλτιστη χρήση και την *αξιολόγηση* των μοντέλων (Svoboda & Passmore, 2013; Σούλιος, 2013).

Η αξιολόγηση αυτή γίνεται με βάση τα κριτήρια που θέτει ο επιστήμονας, τα οποία δημιουργήσε ανάλογα με το τι θέλει να μοντελοποιήσει (Πετρίδου, 2008). Συγκεκριμένα, η αξιολόγηση του επιστημονικού μοντέλου πραγματοποιείται σε εμπειρικό και σε εννοιολογικό επίπεδο (Passmore & Steward, 2002, όπως αναφέρεται από τους Oh & Oh, 2011).

Η αξιολόγηση του επιστημονικού μοντέλου σε εμπειρικό επίπεδο γίνεται με βάση την αντιστοιχία που υπάρχει ανάμεσα στο μοντέλο και στο πραγματικό φαινόμενο. Αν αυτό που το μοντέλο αναπαριστά ή προβλέπει είναι συμβατό με τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω της αλληλεπίδρασης με το φυσικό κόσμο, τότε δεχόμαστε ότι το μοντέλο είναι έγκυρο και λειτουργικό. Στην αντίθετη περίπτωση, το μοντέλο χρειάζεται να αλλάξει. Η αλλαγή συνεπάγεται είτε αναθεώρηση του ισχύοντος μοντέλου, είτε επινόηση ενός καινούριου. Το αναθεωρημένο ή εκ νέου σχεδιασμένο μοντέλο δημιουργεί νέες υποθέσεις, οι οποίες ακολουθούνται από

νέες παρατηρήσεις και πειράματα γύρω από το στόχο. Όταν η αξιολόγηση γίνεται σε εννοιολογικό επίπεδο, το μοντέλο εκτιμάται σύμφωνα με το κατά πόσο συμφωνεί με άλλα αντίστοιχα αποδεκτά μοντέλα και γενικότερα με την προϋπάρχουσα γνώση.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονισθεί ότι ενώ ένα επιστημονικό μοντέλο μπορεί να αλλάξει με βάση νέα γνώση ή νέες προοπτικές που προκύπτουν από την εμπειρική ή εννοιολογική αξιολόγηση, δεν χαρακτηρίζεται ποτέ ως “σωστό” ή “λάθος”. Αυτό διότι ένα μοντέλο αντανακλά μόνο μια συγκεκριμένη όψη ενός συστήματος του πραγματικού κόσμου και μάλιστα με μειωμένη ακρίβεια (Bailer – Jone, 2002, όπως αναφέρεται από τους Oh & Oh, 2011).

Ένα τρίτο κριτήριο με βάση το οποίο αξιολογείται ένα επιστημονικό μοντέλο είναι το κατά πόσο δίνει τη δυνατότητα για πρόβλεψη. Συγκεκριμένα, αξιολογείται ο βαθμός συμφωνίας ανάμεσα στην πρόβλεψη και τα δεδομένα που συλλέγονται από τα πειράματα που γίνονται με βάση το μοντέλο (Oreskes, 2002, όπως αναφέρεται από τους Oh & Oh, 2011).

2. Βιβλιογραφική επισκόπηση για τις αντιλήψεις εκπαιδευτικών ως προς τα επιστημονικά μοντέλα και τις πρακτικές που χρησιμοποιούν στη σχολική τάξη

Στο πλαίσιο της διεξαγωγής της παρούσας έρευνας θεωρήθηκε αναγκαίο να πραγματοποιηθεί επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας. Η βιβλιογραφική επισκόπηση έγινε με σκοπό την αποδελτίωση των ερευνητικών ερωτημάτων των σχετικών ερευνών, καθώς και των αντιλήψεων και πρακτικών των εκπαιδευτικών Φ.Ε. που συμμετείχαν σ' αυτές. Στους Πίνακες 2.1, 2.2 και 2.3 παρουσιάζονται τα ευρήματα των αντίστοιχων ερευνών της σχετικής βιβλιογραφίας.

2.1. Απόψεις και πρακτικές συμμετεχόντων εκπαιδευτικών

Σύμφωνα με τους Danusso, Testa & Vicentini (2010), οι καθηγητές Φ.Ε. θα έπρεπε να έχουν γνώσεις σχετικά με το ρόλο των επιστημονικών μοντέλων στη διαδικασία δόμησης και μετάδοσης της επιστημονικής γνώσης και της μοντελοποίησης ως βασικού στοιχείου για την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών. Η λογική αυτή είχε αρχίσει να αναπτύσσεται σε προηγούμενες δεκαετίες, όταν μετά από έρευνες που έγιναν σχετικά με τις αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές ως προς τα επιστημονικά μοντέλα, η έρευνα άρχισε να στρέφεται προς τις αντιλήψεις μελλοντικών και εν ενεργεία καθηγητών Φ.Ε.. Καθώς οι εκπαιδευτικοί είναι αυτοί που καλούνται να εφαρμόσουν διδασκαλίες βασισμένες στα μοντέλα μέσα στην τάξη, οι γνώσεις που έχουν πάνω στα μοντέλα και τη μοντελοποίηση και ο τρόπος με τον οποίον εφαρμόζουν τέτοιου είδους διδασκαλίες επηρεάζουν τις αντιλήψεις των μαθητών για τα μοντέλα και τις επιδόσεις τους σε διαδικασίες μοντελοποίησης (Πετρίδου, 2008; Ζησιού, 2014).

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκαν 14 εμπειρικές έρευνες από τη σχετική βιβλιογραφία, στις οποίες παρουσιάζονται οι αντιλήψεις και οι πρακτικές μελλοντικών και –κυρίως– εν ενεργεία καθηγητών Φ.Ε. δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ως προς τα επιστημονικά μοντέλα και τις εφαρμογές διαδικασιών μοντελοποίησης στη σχολική τάξη. Οι έρευνες αυτές επιλέχθηκαν με κριτήριο τη συνάφεια με την παρούσα έρευνα, όσον αφορά τα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν, το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε, τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και τα ερευνητικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε έρευνα.

Στην έρευνα των van Driel & Verloop (1999), για τη διερεύνηση των γνώσεων των εκπαιδευτικών πάνω στα μοντέλα, χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία του ερωτηματολογίου ανοικτού τύπου και ένα ερωτηματολόγιο τύπου Likert με τέσσερις βαθμίδες.

Αρχικά, το ερωτηματολόγιο ανοικτού τύπου δόθηκε σε 15 καθηγητές Φ.Ε. (φυσικούς, χημικούς και βιολόγους). Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου ανοικτού τύπου αποκάλυψαν ότι υπάρχει μεγάλη απόκλιση στα κριτήρια που

χρησιμοποιούν οι καθηγητές για να χαρακτηρίσουν τα παραδείγματα που τους δόθηκαν ως επιστημονικά μοντέλα ή όχι. Επιπλέον, με βάση το ίδιο ερωτηματολόγιο, οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να δίνουν έμφαση σε διαφορετικές λειτουργίες και χαρακτηριστικά των μοντέλων. Κάποιες μάλιστα από τις λειτουργίες ενός επιστημονικού μοντέλου, όπως η προβλεπτική τους χρήση, σπάνια αναφέρονται από τους εκπαιδευτικούς

Όσον αφορά τα ερωτηματολόγια Likert, δόθηκαν στη συνέχεια σε μία ομάδα 71 εκπαιδευτικών. Από την ανάλυσή τους δεν προέκυψαν στοιχεία που να δείχνουν σημαντική διαφορά στις απόψεις των εκπαιδευτικών σε σχέση με την ειδικευση και την εμπειρία τους. Η μοναδική εξαίρεση όσον αφορά τους καθηγητές Χημείας ήταν ότι συγκρινόμενοι με τους καθηγητές Φυσικής δείχνουν να συναινούν περισσότερο με την αντίληψη ότι η ποιότητα ενός μοντέλου προσδιορίζεται από το βαθμό σύνδεσής του με το στόχο του. Επίσης, θεωρούν ότι η ανάπτυξη ενός μοντέλου είναι μια ευθύγραμμη και ορθολογιστική διαδικασία.

Συνολικά, τα αποτελέσματα της έρευνας των van Driel & Verloop (1999) έδειξαν ότι η πλειοψηφία των καθηγητών Φ.Ε. κατέχει περιορισμένες και πολλές φορές αντιφατικές γνώσεις γύρω από τα μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης στις Φ.Ε..

Στην έρευνα των van Driel & de Jong (2001) συμμετείχαν 12 μελλοντικοί καθηγητές Χημείας, με σκοπό τη διερεύνηση της ανάπτυξης της παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου (Pedagogical Content Knowledge, PCK), σε σχέση με τη χρήση επιστημονικών μοντέλων και διαδικασιών μοντελοποίησης. Τα ερευνητικά δεδομένα συλλέχτηκαν μέσω ερωτηματολογίων, αλλά και δραστηριοτήτων στις ποίες συμμετείχαν οι συμμετέχοντες. Εκτός από τις απόψεις τους για τη θεωρία των μοντέλων και την εφαρμογή τους ως μέσο διδασκαλίας στη σχολική τάξη, διερευνήθηκαν και οι αντιλήψεις τους σχετικά με τη διδασκαλία για τα μοντέλα (about models) και τις διαδικασίες μοντελοποίησης.

Μετά την ανάλυση των δεδομένων που συλλέχτηκαν, έγινε εμφανές ότι η διαφορά στο επίπεδο ανάπτυξης της PCK των μελλοντικών εκπαιδευτικών είχε να κάνει με το που επικέντρωναν την προσοχή τους. Ενώ πολλοί από αυτούς επικεντρώνονταν στα μοντέλα και τη μοντελοποίηση ως κεντρικό στοιχείο της διδασκαλίας της Χημείας, άλλοι ήταν πιο προσηλωμένοι στο περιεχόμενο της ενότητας την οποία είχαν διδάξει.

Οι απαντήσεις που δόθηκαν από τους συμμετέχοντες σχετικά με τις δυσκολίες που συνδέονται με τη μάθηση των μοντέλων και της μοντελοποίησης αναφέρονται σε προβλήματα κατά τη σύνδεση των μοντέλων με την πραγματικότητα και με την αφηρημένη φύση ορισμένων μοντέλων, όπως αυτό του ατόμου.

Στις απαντήσεις που δόθηκαν από τους συμμετέχοντες σε ερωτήσεις σχετικά με διδακτικές δραστηριότητες, οι οποίες αποσκοπούν στην κατανόηση των μοντέλων και της μοντελοποίησης από πλευράς μαθητών προτάθηκαν δραστηριότητες διδασκαλίας με σκοπό να φέρουν τους μαθητές από το χαμηλότερο επίπεδο κατανόησης σε υψηλότερο. Συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικοί αναφέρθηκαν στη χρήση διαφορετικών μοντέλων για την αναπαράσταση του ίδιου στόχου, αλλά

επεξηγώντας διαφορετικές οπτικές του, στην επισήμανση της ιστορικής εξέλιξης του μοντέλου του ατόμου, καθώς και σε δραστηριότητες που περιλαμβάνουν τη δόμηση και ανάλυση μοντέλων από τους ίδιους τους μαθητές. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες πρότειναν να δοθεί έμφαση στη σχέση ανάμεσα σε μοντέλα και πραγματικότητα.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, παρατηρήθηκε αναντιστοιχία ανάμεσα στις απαντήσεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών στα pre-test και post-test. Συγκεκριμένα, σε πολλές περιπτώσεις πρότειναν διδακτικές προσεγγίσεις στις pre-test απαντήσεις τους, τις οποίες δεν εφαρμόζαν κατά τη διάρκεια των μαθημάτων που παρέδιδαν στη σχολική τάξη. Για παράδειγμα, ένας από τους συμμετέχοντες είχε προτείνει την ιστορική εξέλιξη του μοντέλου του ατόμου με σκοπό τη βελτίωση της κατανόησης των μαθητών του για τα μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης. Στην πράξη, ωστόσο, επικεντρώθηκε στη χρήση οπτικοποιήσεων για να εξηγήσει διεργασίες σε μοριακό επίπεδο. Όπως μάλιστα αναφέρεται από τους van Driel & de Jong (2001), οι αναντιστοιχίες ανάμεσα στις προθέσεις και τις ακολουθούμενες στρατηγικές δεν είναι ασυνήθιστη παρατήρηση σε έρευνες πάνω σε αρχάριους καθηγητές.

Στο πλαίσιο της έρευνας του Harrison (2001) για τις απόψεις και τις πρακτικές δέκα έμπειρων εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης χρησιμοποιήθηκαν ημι-δομημένες συνεντεύξεις διάρκειας 35 – 40 λεπτών.

Ακολούθησε η ανάλυση των συνεντεύξεων, ώστε να αναγνωριστούν οι βασικές θεματικές και έννοιες και να κατηγοριοποιηθούν οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στην έρευνα. Η κατηγοριοποίηση έγινε με βάση το πρωτόκολλο ταξινόμησης τριών επιπέδων των Grosslight et al. (1991) (Παράρτημα Ι). Στο Επίπεδο 1 κατατάσσονται οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών που αποκλίνουν από τις αποδεκτές από την επιστημονική κοινότητα, ενώ στο Επίπεδο 3 οι αντιλήψεις που προσεγγίζουν τις επιστημονικές. Και οι δέκα καθηγητές που συμμετείχαν στην έρευνα αποδέχτηκαν τα μοντέλα ως σημαντικά στοιχεία των Φ.Ε.. Ωστόσο, οι μισοί από αυτούς είχαν επιφυλάξεις σχετικά με τη σημασία τους ως προς την εκπαιδευτική διαδικασία. Επιπλέον, μόνο οι μισοί αξιολογήθηκαν ότι ανήκουν στο Επίπεδο 2 ή 3 της κλίμακας των Grosslight, Unger, Jay & Smith (1991).

Όσον αφορά τις πρακτικές των συμμετεχόντων κατά τη διδακτική διαδικασία, τέσσερεις από αυτούς ανέφεραν ότι χρησιμοποιούν τα μοντέλα στην αρχή της διδασκαλίας ενός μαθήματος, διότι πιστεύουν ότι είναι ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος για την επεξήγηση δύσκολων εννοιών. Οι περισσότεροι δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν τα μοντέλα με μεγάλη συχνότητα στη διδασκαλία τους, στοιχείο πολύ θετικό για τους μαθητές τους. Ένα επίσης πολύ ενθαρρυντικό στοιχείο στα δεδομένα που συλλέχτηκαν ήταν ότι οι μισοί από τους καθηγητές συνήθιζαν να εξηγούν στους μαθητές τους ότι το κάθε μοντέλο που χρησιμοποιούν «σπάει» κάπου, καταδεικνύοντας έτσι τα όρια που υπάρχουν στις διαδικασίες μοντελοποίησης. Ως συνολική εικόνα, ο Harrison (2001) αναφέρει ότι η χρήση μοντέλων από τους συμμετέχοντες στην έρευνα καθηγητές ικανοποίησε σχεδόν

όλες τις συστάσεις της σχετικής βιβλιογραφίας για την αποτελεσματική χρήση των μοντέλων.

Η έρευνα των Justi & Gilbert (2002) βασίστηκε σε μια ημι-δομημένη συνέντευξη, οι ερωτήσεις της οποίας πρώτα δοκιμάστηκαν σε πέντε καθηγητές Φ.Ε. δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Το κύριο δείγμα της έρευνας, από τις απαντήσεις του οποίου συλλέχθηκαν τα ερευνητικά δεδομένα, αποτελούνταν συνολικά από 39 καθηγητές Φ.Ε., χωρισμένοι σε τέσσερα επιμέρους δείγματα ανάλογα με τη βαθμίδα στην οποία δίδασκαν (πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση, μελλοντικοί καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καθηγητές πανεπιστημίου).

Όπως φάνηκε από τη συλλογή των δεδομένων των συνεντεύξεων, πολλοί από τους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς δεν είχαν συνειδητοποιήσει τη διαφορά μεταξύ των curricular μοντέλων (ιστορικά μοντέλα που έχουν ενσωματωθεί σε πρόγραμμα μαθημάτων) και εκπαιδευτικών μοντέλων. Η προσέγγιση αυτή δείχνει πως έδιναν έμφαση ταυτόχρονα στο κύριο χαρακτηριστικό ενός curricular μοντέλου, το οποίο είναι η απλούστευση ενός ιστορικού μοντέλου και σε ορισμένες ιδιότητες ενός εκπαιδευτικού μοντέλου. Υπονοήθηκε έτσι ότι για κάποιους εκπαιδευτικούς τα «μοντέλα που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία» ήταν απλουστεύσεις επιστημονικών και ιστορικών μοντέλων, τα οποία παρουσιάζονται με τρόπο που να υποστηρίζεται η κατανόηση τέτοιων μοντέλων από τους μαθητές. Αυτό, ωστόσο, παρουσίασε μια πιο κατανοητή οπτική της μαθησιακής διαδικασίας σε σύγκριση με αυτήν που προκύπτει από τη λογική που παρουσιάζει τα curricular και τα εκπαιδευτικά μοντέλα ως ασύνδετα με τα επιστημονικά και ιστορικά.

Οι ιδέες των συμμετεχόντων ως προς τα χαρακτηριστικά των μοντέλων, τα οποία προσφέρουν σε σημαντικό βαθμό στην εκπαιδευτική διαδικασία των Φ.Ε. επικεντρώθηκαν σε διαφορετικούς στόχους. Για παράδειγμα, ανάμεσα στους καθηγητές που ισχυρίστηκαν στη συνέντευξη ότι ένα μοντέλο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά σε ακριβή αναπαράσταση, ορισμένοι σκέφτηκαν με όρους ομοιότητας με τον πραγματικό κόσμο. Το χαρακτηριστικό των μοντέλων, το οποίο αναφέρθηκε από τους περισσότερους συμμετέχοντες ήταν ότι «τα μοντέλα πρέπει να κάνουν τις ιδέες να είναι προσβάσιμες από τους μαθητές». Όσον αφορά τις λειτουργίες τους, η πλειονοψηφία των συμμετεχόντων φαίνεται να συμφώνησε ότι τα μοντέλα πρέπει να έχουν καλή επεξηγηματική ισχύ και να διευκολύνουν τις απαντήσεις στις ερωτήσεις των μαθητών, ώστε να έχουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη της κατανόησης των επιστημονικών εννοιών.

Από τα δεδομένα των συνεντεύξεων που συλλέχθηκαν, έγινε κατανοητό πως από πλευράς εκπαιδευτικών δεν είναι ξεκάθαρος ο τρόπος με τον οποίον η διδασκαλία και η μάθηση ενός μοντέλου μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές στην κατανόηση της διαδικασίας σχεδιασμού μοντέλων. Αυτές οι ασυνέχειες στις απόψεις των εκπαιδευτικών αποτελούν ενδείξεις για την έλλειψη κατανόησης που έχουν ως προς την ίδια την έννοια του μοντέλου.

Η μετάφραση των απόψεων των συμμετεχόντων στην έρευνα σε εκπαιδευτική πρακτική επηρεάζεται από αυτά που οι ίδιοι πιστεύουν για τις αντιλήψεις των μαθητών ως προς τα μοντέλα και από το πόσο σημαντική θεωρούν την κατασκευή μοντέλων από τους μαθητές. Όπως φάνηκε από τις συνεντεύξεις, οι μισοί από τους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς, είτε δεν γνώριζαν τις απόψεις των μαθητών τους ως προς τα μοντέλα, δεν ενδιαφέρονται δηλαδή για αυτές, είτε δήλωσαν πως οι μαθητές τους δεν κατανοούν τη φύση των μοντέλων, κάτι που σημαίνει ότι δεν έδιναν σημασία στο τι σκέφτονται οι μαθητές τους.

Όσον αφορά τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με της δραστηριότητες μοντελοποίησης από τους ίδιους τους μαθητές, ενδιαφέρον παρουσιάζει η παραδοχή μιας ομάδας συμμετεχόντων (κυρίως καθηγητών πανεπιστημίου) ότι δεν έδιναν τη δυνατότητα στους μαθητές τους να εμπλακούν σε διαδικασίες μοντελοποίησης. Πολλοί από αυτούς δήλωσαν ότι δεν ξέρουν πώς να αντιμετωπίσουν τα νοητικά μοντέλα των μαθητών, τα οποία είναι διαφορετικά από τα επιστημονικά/ιστορικά.

Σχετικά με την αξιολόγηση και αναθεώρηση των μοντέλων από τους εκπαιδευτικούς, λίγοι από τους συμμετέχοντες δήλωσαν ότι βασίζουν τη διδασκαλία τους σε μη τροποποιημένα επιστημονικά και ιστορικά μοντέλα. Οι περισσότεροι φάνηκε να αναγνωρίζουν την ανάγκη σχεδιασμού εξειδικευμένων curricular και εκπαιδευτικών μοντέλων με σκοπό να κάνουν τις επιστημονικές έννοιες πιο κατανοητές από τους μαθητές τους. Ανάμεσα σε αυτούς τους καθηγητές, οι χημικοί έδιναν έμφαση στο «να κάνουν το αόριστο πιο συγκεκριμένο», ως βασικό στοιχείο για την εφαρμογή των διαδικασιών μοντελοποίησης στους μαθητές τους.

Για τη διεξαγωγή της έρευνας των van Driel & Verloop (2002) ακολουθήθηκε παρόμοια μέθοδος με αυτήν της έρευνας των van Driel & Verloop (1999), με τη διαφορά ότι ως οδηγός για το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου τύπου Likert χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο της συνέντευξης και όχι ένα ανοικτού τύπου ερωτηματολόγιο. Επίσης, η έρευνα των van Driel & Verloop (2002) εστιάζει στις πρακτικές των καθηγητών Φ.Ε..

Από τις αναλύσεις των συνεντεύξεων, διακρίνονται δύο πρότυπα των δηλώσεων των συμμετεχόντων καθηγητών. Συγκεκριμένα, μπορούν να διερευνηθούν οι σχέσεις ανάμεσα στη χρήση συγκεκριμένων διδακτικών δραστηριοτήτων που εστιάζουν στα μοντέλα και τη μοντελοποίηση και τις γνώσεις των καθηγητών ως προς τη διαδικασία της μάθησης που βασίζεται στα μοντέλα.

Κατά κοινή ομολογία, στη μία από τις κατηγορίες των εκπαιδευτικών που προέκυψε, φάνηκε ότι οι συμμετέχοντες προτιμούσαν να εφαρμόζουν στρατηγικές που βασίζονται στην εμπειρία που είχαν οι ίδιοι με τους μαθητές. Από την εμπειρία τους προέκυψε ότι οι μαθητές τους είχαν περιορισμένες ικανότητες και αντιμετώπιζαν δυσκολίες στην κατασκευή των δικών τους επιστημονικών μοντέλων. Συνεπώς, οι συμμετέχοντες έτειναν να χρησιμοποιούν ήδη δοκιμασμένες στρατηγικές που αποσκοπούσαν στην καθοδήγηση της ανάπτυξης των γνώσεων των μαθητών τους μέσω μοντέλων με συγκεκριμένο περιεχόμενο.

Ενώ ισχυρίστηκαν ότι παρακινούν τους μαθητές τους να κατασκευάσουν τα δικά τους νοητικά σχήματα για την επεξήγηση των φαινομένων που διδάσκονται, οι ίδιοι παρουσιάζουν και τα δικά τους σχήματα ή αναλογίες για να παρέχουν στους μαθητές τους τις «σωστές απαντήσεις». Προτιμούν δηλαδή να χρησιμοποιούν πιο δασκαλοκεντρικές διδακτικές δραστηριότητες που να εστιάζουν στο περιεχόμενο του μοντέλου, παρά στο σχεδιασμό ή την ανάπτυξή του. Ουσιαστικά, παρέχουν λίγες ή και καθόλου ευκαιρίες στους μαθητές τους να κατασκευάσουν τα δικά τους επιστημονικά μοντέλα ή να αξιολογήσουν τα διάφορα ιστορικά μοντέλα, κάτι που δείχνει ότι δεν έχουν εμπιστοσύνη στις ικανότητες μοντελοποίησης των μαθητών τους.

Οι καθηγητές του άλλου προφίλ, σε αντίθεση με τους προηγούμενους, φαίνεται να συζητούν τη φύση των μοντέλων και της μοντελοποίησης με τους μαθητές τους και να τους ενθαρρύνουν να σχεδιάσουν τα δικά τους μοντέλα για να περιγράψουν ή να εξηγήσουν συγκεκριμένα φαινόμενα. Ακολουθούν δηλαδή εποικοδομητικές μαθητοκεντρικές στρατηγικές, επιδεικνύοντας μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στις απόψεις και ικανότητες των μαθητών τους.

Από τις αναλύσεις των ερωτηματολογίων γίνεται πάλι ξεκάθαρος διαχωρισμός των συμμετεχόντων σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα, αποτελείται από καθηγητές που χρησιμοποιούν σχετικά λίγες δραστηριότητες βασισμένες σε μοντέλα. Αντιθέτως, η δεύτερη ομάδα καθηγητών φαίνεται να χρησιμοποιεί όλους τους δυνατούς τύπου διδακτικών στρατηγικών και μάλιστα πολύ πιο συχνά. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι αυτός ο διαχωρισμός των ομάδων φαίνεται να μην εξαρτάται από την ειδίκευση του καθηγητή (Φυσική, Χημεία ή Βιολογία) ή τη διδακτική τους εμπειρία. Τα αποτελέσματα της εν λόγω έρευνας διαφέρουν από αυτά του Harrison (2001), ο οποίος αναφέρει συσχέτιση ανάμεσα στην ειδίκευση των καθηγητών και στο βαθμό στον οποίο χρησιμοποιούν τα μοντέλα στη σχολική τάξη.

Τέλος, οι αναλύσεις των δεδομένων των ερωτηματολογίων αποκαλύπτουν ότι η χρήση διδακτικών δραστηριοτήτων ελάχιστα συνδέεται με τις γνώσεις των καθηγητών σχετικά με τις απόψεις των μαθητών τους ως προς τα μοντέλα και τις ικανότητες που έχουν στη μοντελοποίηση.

Στην έρευνα των Justi & Gilbert (2003) ακολουθήθηκε η ίδια μέθοδος με αυτήν της έρευνας των Justi & Gilbert (2002). Το κύριο δείγμα της έρευνας, από τις απαντήσεις του οποίου συλλέχτηκαν τα ερευνητικά δεδομένα, αποτελούνταν συνολικά από 39 καθηγητές Φ.Ε. χωρισμένους σε τέσσερα επιμέρους δείγματα ανάλογα με τη βαθμίδα στην οποία δίδασκαν (πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση, μελλοντικοί καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καθηγητές πανεπιστημίου). Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας έδειξε ότι η έννοια του μοντέλου παρουσιάστηκε από τους συμμετέχοντες στην έρευνα καθηγητές ως ένα εργαλείο που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για αναπαράσταση με βάση επτά κατηγορίες (όψεις), οι οποίες είναι η φύση του μοντέλου, η χρήση του, οι οντότητες από τις οποίες αποτελείται, η μοναδικότητά

του το διάστημα του χρόνου στο οποίο χρησιμοποιείται, η προβλεπτική του ικανότητα και η βάση πάνω στην οποία πιστοποιείται η ύπαρξη και η χρήση του.

Σχεδόν όλοι όσοι συμμετείχαν στην έρευνα εξέφρασαν παραπάνω από μία οπτικές σχέσεις με τη φύση του μοντέλου. Η άποψη που διατυπώθηκε από όλους ήταν ότι «το μοντέλο αποτελεί μια αναπαράσταση», ενώ σε ποσοστό 80% δόθηκε η απάντηση ότι «το μοντέλο αποτελεί μια αναπαραγωγή». Αν και σχεδόν όλοι οι συμμετέχοντες αντιλήφθηκαν τη χρήση του μοντέλου ως μια οπτικοποίηση ή επεξήγηση, περίπου οι μισοί από αυτούς είδαν το μοντέλο και ως «ένα πρότυπο που πρέπει να ακολουθείται». Οι εκπαιδευτικοί αιτιολόγησαν αυτήν τους την απάντηση ως αποτέλεσμα της καθημερινής χρήσης της λέξης «μοντέλο» για να περιγράψουν την αναπαράσταση μιας «δανικής» οντότητας. Το επίπεδο των γνώσεων των εκπαιδευτικών σε αυτές τις τρεις κατηγορίες («όψεις») δεν θεωρήθηκε ικανοποιητικό.

Σε σχέση με την κατηγορία των οντοτήτων, απόψεις σύμφωνες με την επιστημονική πρακτική εκφράστηκαν μόνο από το 8% των συμμετεχόντων. Ενώ εκφράστηκαν απόψεις που αναγνώριζαν τα γεγονότα, τις διαδικασίες και τις ιδέες ως οντότητες, η πιο κοινή απάντηση ήταν ότι το μοντέλο παραπέμπει σε «αντικείμενο».

Αναφορικά με τη μοναδικότητα, πολύ μεγάλο ποσοστό (82%) του συνολικού δείγματος δήλωσε ότι «το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι μόνο ένα από τα πολλά διαθέσιμα». Ωστόσο, πολύ λίγοι ισχυρίστηκαν ότι «το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι ένα από τα πολλά στην ιστορική αλληλουχία». Αυτό ίσως οφείλεται, σύμφωνα με τους Justi & Gilbert (2003), στην απουσία ιστορικών θεμάτων κατά τη διδασκαλία των Φ.Ε. σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης.

Σχετικά με τη σταθερότητα ενός μοντέλου ως προς το χρόνο, τα επιχειρήματα που χρησιμοποιήθηκαν από τους εκπαιδευτικούς για το ότι ένα μοντέλο θα έπρεπε να αλλάζει (προβλήματα με τη φύση ή τη χρήση του ή ερμηνευτική ανεπάρκεια) θεωρήθηκαν αλληλοσυνδεδεμένα και επιστημονικά τεκμηριωμένα. Ωστόσο, υπήρξε πολύ μεγάλο ποσοστό (70%) μελλοντικών εκπαιδευτικών και ένα σημαντικό ποσοστό (21%) έμπειρων καθηγητών, οι οποίοι δήλωσαν ότι «ένα μοντέλο δεν μπορεί να αλλάξει».

Η προβλεπτική χρήση των μοντέλων ήταν ένα χαρακτηριστικό που αναγνωρίστηκε από σχεδόν όλους τους συμμετέχοντες σε όλα τα επιμέρους δείγματα. Για το θέμα της πιστοποίησης εξέφρασε άποψη μόνο το 1/3 των συμμετεχόντων, με την πλειοψηφία τους να δηλώνει ότι «το μοντέλο πιστοποιείται από αυτόν που το παρήγαγε».

Η ανάλυση των δεδομένων που έγινε με βάση το αντικείμενο ειδίκευσης των εκπαιδευτικών έδειξε ότι υπάρχει σε κάποιο βαθμό συσχέτιση αυτού με τις απόψεις των εκπαιδευτικών και το επίπεδο κατανόησής τους ως προς τα μοντέλα. Αντίθετα, δεν προέκυψαν στοιχεία που να πιστοποιούν κάποια συσχέτιση με τη βαθμίδα στην οποία διδάσκει ο κάθε εκπαιδευτικός.

Στην έρευνα των Sprout & Eilks (2007) συμμετείχαν 14 έμπειροι καθηγητές Χημείας της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η συνέντευξη πάρθηκε από

μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, οι οποίοι χρησιμοποίησαν έναν προκατασκευασμένο οδηγό συνέντευξης. Διερευνήθηκαν οι απόψεις και η PCK των συμμετεχόντων κατά τη διδασκαλία της σωματιδιακής φύσης της ύλης στο μάθημα της Χημείας, καθώς και οι αντιλήψεις των συμμετεχόντων για τα μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης.

Σύμφωνα με την ανάλυση των δεδομένων που συλλέχτηκαν από τις συνεντεύξεις, πολλοί από τους καθηγητές εξέφρασαν απόψεις ως προς τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση που κατατάσσονται στο Επίπεδο 1 των Grosslight et al. (1991), απέχοντας πολύ από τις επιστημονικές αντιλήψεις. Ανάμεσα στις απόψεις αυτές εντοπίζονται και εκφράσεις της ιδέας ότι τα μοντέλα αποτελούν απλά αντίγραφα της πραγματικότητας και ότι χρησιμοποιούνται απλώς για να απεικονίσουν κάτι που υπάρχει στη φύση σε άλλη κλίμακα μεγέθους. Ωστόσο, δεν αναφέρθηκε από κανέναν από τους συμμετέχοντες ότι αποτελούν μέσα για την προσέγγιση νέων ιδεών και θεωριών.

Οι περισσότεροι από τους καθηγητές χρησιμοποίησαν περιγραφές που αντιστοιχούν στο Επίπεδο 2 των Grosslight et al. (1991), καθώς επικεντρώθηκαν στο ρόλο των ιδεών, της επικοινωνίας, της αξιολόγησης και της πολλαπλότητας κατά την κατασκευή ενός μοντέλου. Η χρήση συμβόλων αναφέρθηκε ελάχιστες φορές στις συνεντεύξεις, κάτι που δείχνει πως οι περισσότεροι καθηγητές θεωρούν ότι δεν αποτελεί μέρος της χρήσης των μοντέλων. Σχεδόν όλοι οι συμμετέχοντες επικεντρώθηκαν στο γεγονός ότι ένα μοντέλο πρέπει να απεικονίζει τις κύριες πλευρές ενός αντικειμένου ή μιας διαδικασίας με σκοπό να προβάλλει μια έννοια της πραγματικότητας.

Οι περισσότεροι από τους συμμετέχοντες καθηγητές δήλωσαν ότι κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας τους δεν δίνουν ειδική βαρύτητα στα μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης και δεν κάνουν καμία ιδιαίτερη ανάλυση σχετικά με τη φύση των μοντέλων. Όπως ανέφεραν οι ίδιοι κατά τη διαδικασία των συνεντεύξεων, δεν δίνουν στους μαθητές τους κάποιον ορισμό για τα επιστημονικά μοντέλα, απλά τα χρησιμοποιούν για να διδάξουν κάποια έννοια ή φαινόμενο.

Στην έρευνα των Drechsler & van Driel (2008) πάρθηκαν συνεντεύξεις από εννέα έμπειρους καθηγητές Χημείας, ώστε να εξερευνηθεί η PCK τους ως προς τη διδασκαλία των οξέων και των βάσεων, συσχετιζόμενη με τη χρήση μοντέλων. Συγκεκριμένα, σκοπός της έρευνας ήταν η εξέταση της χρήσης των μοντέλων που χρησιμοποίησαν οι καθηγητές στο πρόγραμμα σπουδών, το οποίο ακολούθησαν. Αυτά είναι το «αρχαίο» μοντέλο, το μοντέλο του Arrhenius και το μοντέλο του Brønsted.

Οι συμμετέχοντες στην έρευνα καθηγητές συμμετείχαν προηγουμένως σε ένα πρόγραμμα διάρκειας δύο ετών και μετά το τέλος του υποβλήθηκαν σε ημι-δομημένη συνέντευξη, μέσω της οποίας διερευνήθηκε η γνώση των καθηγητών σχετικά με τις δυσκολίες των μαθητών στην κατανόηση των οξέων και των βάσεων, καθώς και η γνώση τους πάνω στις διδακτικές στρατηγικές και

συγκεκριμένα στη χρήση των μοντέλων για τα οξέα και τις βάσεις στην επιστημονική πρακτική.

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων των συνεντεύξεων προσδιορίστηκαν οι ομοιότητες και διαφορές ανάμεσα στις μεθόδους, με τις οποίες οι συμμετέχοντες στην έρευνα καθηγητές διδάσκουν τα οξέα και τις βάσεις κι έτσι σχηματίστηκαν δύο βασικές κατηγορίες.

Οι μέθοδοι πέντε εκ των καθηγητών κατηγοριοποιήθηκαν ως προσανατολισμένες στους μαθητές και στα μοντέλα. Αυτοί οι καθηγητές έδειξαν να ασχολούνται με παραπάνω από έναν τύπο μαθησιακής δυσκολίας κατά τη σχεδίαση των μαθημάτων τους και επικεντρώθηκαν στο να κάνουν τις εξηγήσεις τους ξεκάθαρες. Έτσι κατά τη διδασκαλία τους έδιναν έμφαση στην έννοια του μοντέλου των οξέων και των βάσεων, καθώς όλοι τους συζητούσαν τα δύο ή και τα τρία διαφορετικά μοντέλα μέσα στην τάξη.

Στον αντίποδα, οι υπόλοιποι τέσσερις καθηγητές θεωρήθηκε ότι ακολουθούν δασκαλοκεντρικές μεθόδους και προσανατολίζουν τη διδασκαλία τους στο μικρο- και μακρο-επίπεδο. Οι καθηγητές αυτοί ασχολήθηκαν περισσότερο με τη δική τους διδασκαλία κατά τη σχεδίαση των μαθημάτων τους, ενώ εστίασαν στο να φέρουν το μάθημα σε μορφή που να παρακινεί τους ίδιους να διδάξουν. Επιπλέον, χρησιμοποιούσαν απλούστερες αναπαραστάσεις και δεν εισήγαγαν τα μοντέλα στη διδασκαλία τους. Αντιθέτως, συζητούσαν σχετικά με το θέμα αυτό σε δύο επίπεδα, στο μακροσκοπικό ή φαινομενολογικό και στο μικροσκοπικό ή σωματιδιακό. Οι καθηγητές της κατηγορίας αυτής χρησιμοποίησαν στην τάξη μόνο ένα από τα τρία μοντέλα που προβλέπονται από το πρόγραμμα σπουδών.

Τέλος, από τα αποτελέσματα της έρευνας έγινε εμφανές ότι ενώ οι καθηγητές αναμενόταν να έχουν γνώσεις ως προς τα όρια των διαφορετικών μοντέλων οξέων και βάσεων, ορισμένοι μόνο από αυτούς ανέπτυξαν διδακτικές στρατηγικές για αυτό το θέμα.

Στην έρευνα των Danusso, Testa & Vicentini (2010) συμμετείχαν 400 μελλοντικοί καθηγητές Φ.Ε. από δύο πανεπιστήμια της Ιταλίας, οι οποίοι συμμετείχαν σε ευρύτερο πρόγραμμα τριετούς έρευνας. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των ερωτηματολογίων.

Η ποιοτική ανάλυση των απαντήσεων που δόθηκαν από τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου έδειξε ότι η φύση του επιστημονικού μοντέλου ήταν μέρος του γνωστικού τους υποβάθρου. Επιπλέον, οι λειτουργίες του επιστημονικού μοντέλου φαίνεται πως γίνονται εύκολα αναγνωρίσιμες από τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν σε αυτήν την έρευνα.

Αναλύοντας στατιστικά τις απαντήσεις, προκύπτει ότι μόνο το 1/3 του συνολικού δείγματος κατείχε ολοκληρωμένη γνώση πάνω στα επιστημονικά μοντέλα. Περίπου ο μισός πληθυσμός του δείγματος φάνηκε να έχει ελλιπείς γνώσεις πάνω στα επιστημονικά μοντέλα, ίσως λόγω των μη ξεκάθαρων ορίων ανάμεσα στις απόψεις που επικρατούν στη σχετική βιβλιογραφία. Το 1/10 του δείγματος έδειξε να συγχέει την έννοια του μοντέλου με τη θεωρία ή τη διδακτική

μέθοδο. Ένα μη αμελητέο ποσοστό των μελλοντικών εκπαιδευτικών έδωσε απαντήσεις χωρίς συνοχή μεταξύ τους, κάτι που έδειξε το πολύ χαμηλό επίπεδο κατανόησης των επιστημονικών μοντέλων.

Στη μελέτη της Khan (2011) διερευνάται ο τρόπος με τον οποίον τέσσερις έμπειροι καθηγητές Φ.Ε., οι οποίοι είχαν γνώσεις πάνω στη θεωρία των επιστημονικών μοντέλων, εφάρμοσαν τη βασισμένη σε μοντέλα διδασκαλία (model-based teaching, MBT) σε χρονικό διάστημα ενός έτους. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν και συγκρίθηκαν μεταξύ τους τέσσερις μελέτες περίπτωσης, αντικείμενο των οποίων αποτελούσαν οι πολλαπλοί τρόποι με τους οποίους οι εκπαιδευτικοί διευκολύνουν τη βελτίωση της σχέσης των μαθητών με τα μοντέλα στις Φ.Ε..

Όσον αφορά τις αντιλήψεις τους πάνω στα μοντέλα και τη μοντελοποίηση, όλοι οι συμμετέχοντες περιέγραψαν τη διαδικασία σύνδεσης της διδασκαλίας με τα μοντέλα ως ζωτικής σημασίας για την κατανόηση των Φ.Ε. από πλευράς μαθητών. Σε σχέση με τις πρακτικές που ακολουθούσαν κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, και οι τέσσερις εκπαιδευτικοί της έρευνας ανέφεραν ότι χρησιμοποιούν τα μοντέλα στη διδασκαλία όταν πρόκειται να διδάξουν ιδιαίτερα δύσκολες έννοιες. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων, κανείς από τους εκπαιδευτικούς δεν ανέφερε μια συστηματική προσέγγιση στη βασισμένη σε μοντέλα διδασκαλία.

Όπως προέκυψε από τις παρατηρήσεις των ερευνητών στην τάξη, οι εκπαιδευτικοί προσπαθούσαν να εμπλέξουν τους μαθητές στις διαδικασίες της δημιουργίας και της αξιολόγησης ενός μοντέλου. Σημαντική παρατήρηση αποτέλεσε το γεγονός ότι οι ενέργειες των εκπαιδευτικών που αποσκοπούσαν στην παρότρυνση των μαθητών να κατασκευάσουν ένα μοντέλο γινόντουσαν με διπλάσια συχνότητα απ' ότι οι ενέργειες που αποσκοπούσαν στην παρότρυνση των μαθητών για την αξιολόγησή τους.

Κατά τη διδακτική διαδικασία παρατηρήθηκε ότι οι διδακτικές στρατηγικές που χρησιμοποιήθηκαν αποσκοπούσαν στην ενθάρρυνση των μαθητών για την αξιοποίηση των προηγούμενων γνώσεών τους για την κατασκευή ενός μοντέλου. Μια λιγότερο συχνή στρατηγική ήταν αυτή που ακολουθήθηκε για την αξιολόγηση των μοντέλων των ίδιων των μαθητών και περιελάμβανε την εξέταση της λογικής των μαθητών που οδήγησε στην κατασκευή του μοντέλου και της σταδιακής προσθήκης μεταβλητών στο μοντέλο, ώστε να αυξηθεί η πολυπλοκότητα και η προβλεπτική του ικανότητα. Από τις διδακτικές στρατηγικές που διερευνήθηκαν στο πλαίσιο της έρευνας αυτής, η χρήση αναλογιών ήταν αυτή που εφαρμόστηκε ως επί το πλείστον από τους εκπαιδευτικούς.

Μια τυπική εμπειρία βασιζόμενη σε μοντέλα διδασκαλίας ξεκινούσε με τη δημιουργία ενός μοντέλου ή μέρους αυτού από τους ίδιους τους μαθητές. Ο καθηγητής κατείχε υποστηρικτικό ρόλο, καθώς τους ρωτούσε στην αρχή του μαθήματος ποιες γνώσεις είχαν ήδη σχετικά με τα μοντέλα. Στη συνέχεια δινόταν χρόνος στους μαθητές να οπτικοποιήσουν και προσομοιώσουν οπτικές του μοντέλου αυτού. Οι μαθητές δεν άκουγαν απλά μια εξήγηση από τον καθηγητή για το πώς λειτουργεί το μοντέλο, αλλά ορισμένες φορές παρουσίαζαν τα προσωπικά

τους μοντέλα στην τάξη. Κατά τη διδασκαλία δηλαδή δεν χρησιμοποιούνταν μόνο επεξηγηματικά μοντέλα (exploratory models) που δίνονταν έτοιμα στους μαθητές. Οι ίδιοι παροτρύνονταν να κατασκευάσουν τα δικά τους εκφραστικά μοντέλα (expressive models).

Αίσθηση προκάλεσε η έλλειψη της διαδικασίας επιστροφής των μαθητών στο αρχικό μοντέλο που κατασκεύασαν, ώστε να το τροποποιήσουν και της επανάληψης του κύκλου αξιολόγησης και τροποποίησής τους. Υπήρχε όμως η τάση από τους καθηγητές να ακολουθούν μια ιεραρχική γραμμική οδό από τη δημιουργία του μοντέλου μέχρι την αξιολόγησή του. Έτσι παρατηρήθηκε μικρή συχνότητα στο να γίνονται προβλέψεις βασισμένες στα μοντέλα, όπως και στο να εξωτερικεύουν οι μαθητές τα μοντέλα τους μέσω της παρουσίασης και της χρήσης σχεδίων.

Ο σκοπός του προγράμματος που περιγράφεται στην έρευνα των Harlow, Bianchini, Swanson & Dwyer. (2013) ήταν να εισαγάγει 20 μελλοντικούς εκπαιδευτικούς (11 Φ.Ε.) στη διαδικασία της διδασκαλίας σημαντικών επιστημονικών εννοιών μέσω επιστημονικών μοντέλων. Οι 20 συμμετέχοντες στην έρευνα είχαν την ευκαιρία να εμπλακούν οι ίδιοι στη διαδικασία μοντελοποίησης μέσω της πρότασης των αρχικών τους ερμηνειών για συγκεκριμένα φαινόμενα, της δοκιμής και αναθεώρησής τους και της επικοινωνίας των νοητικών τους μοντέλων με τους συμφοιτητές τους. Επιπλέον, οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί επιχείρησαν να διδάξουν Φ.Ε. μέσω διαδικασιών μοντελοποίησης, εισάγοντας διδακτικές διαδικασίες βασισμένες σε μοντέλα στην πραγματική τάξη.

Μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος, ορισμένοι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί φάνηκε να υποστηρίζουν ότι ο στόχος μιας βασισμένης σε μοντέλα διδασκαλίας είναι να ενθαρρύνει τους μαθητές να αποκτήσουν επιστημονικές απόψεις που προσομοιάζουν αυτές των επιστημόνων. Θεωρούσαν μάλιστα ότι αυτό επιτυγχάνεται μέσω του καθοδηγητικού ρόλου του καθηγητή, ο οποίος προτρέπει τους μαθητές να υποστηρίζουν με επιχειρήματα τις προσωπικές τους απόψεις και όχι απλά λέγοντάς τους κατευθείαν την επιστημονικά αποδεκτή άποψη. Ωστόσο, σύμφωνα με τους συμμετέχοντες, όταν ζητείται από τους μαθητές να κατασκευάσουν τα δικά τους νοητικά μοντέλα για συγκεκριμένο φυσικό φαινόμενο, ο καθηγητής πρέπει να κρίνει τα μοντέλα των μαθητών με βάση το επιστημονικά αποδεκτό μοντέλο. Επιπλέον, οι περισσότεροι συμμετέχοντες διατύπωσαν την άποψη ότι η καθοδήγηση των μαθητών μέσω της διαδικασίας της κατασκευής, αξιολόγησης και αναθεώρησης των μοντέλων είναι λιγότερο αποτελεσματικός από το να τους διδάσκεται απευθείας η επιστημονικά αποδεκτή απάντηση.

Οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί, στην πλειοψηφία τους, διατύπωσαν την άποψη ότι ένα καλό επιστημονικό μοντέλο πρέπει να περιέχει επιστημονικούς όρους, άποψη που προέκυψε από τα γραπτά κείμενα των μεταξύ τους συζητήσεων. Ακόμη, ο μισός πληθυσμός του δείγματος της έρευνας φάνηκε να χαρακτηρίζει ως δύσκολη και απαιτητική τη διδασκαλία Φ.Ε. που βασίζεται σε μοντέλα, καθώς

απαιτείται καλή οργάνωση και κατανόηση των αντιλήψεων των μαθητών, στην περίπτωση που καλούνται να σκεφτούν δημιουργικά.

Ο Aktan (2013) προσπάθησε να καταγράψει και να ερμηνεύσει τις απόψεις επτά μελλοντικών εκπαιδευτικών Φ.Ε. για τα επιστημονικά μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης.

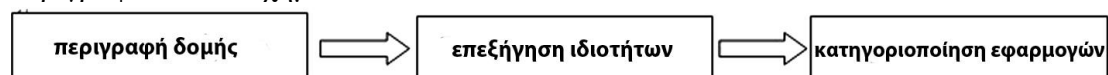
Όσον αφορά τις γενικές γνώσεις των συμμετεχόντων, τα δεδομένα της έρευνας έδειξαν ότι υπάρχουν διακυμάνσεις ανάμεσα στις απόψεις τους για τα επιστημονικά μοντέλα. Οι συμμετέχοντες χρησιμοποιούσαν την έννοια του μοντέλου ως μια αναπαράσταση, μια ιδέα ή μια εικόνα. Κυρίως, όμως, κατανόησαν και χρησιμοποίησαν τη λέξη «μοντέλο» ως παράδειγμα για το πώς λειτουργεί κάτι ή μια αναπαράσταση του πώς θα έπρεπε ή του πώς πραγματικά δείχνει κάτι.

Όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίον οι συμμετέχοντες προσπάθησαν να ορίσουν με σαφήνεια το επιστημονικό μοντέλο, οι απόψεις τους φάνηκαν να είναι επηρεασμένες από τις προσωπικές τους εμπειρίες. Καταγράφηκαν απόψεις που θεωρούσαν το μοντέλο μια αναπαράσταση, ένα παράδειγμα, μια ιδέα, μια διαδικασία, μια έννοια, ένα φαινόμενο, ένα σχέδιο, ένα φυσικό αντικείμενο, έναν τρόπο ανάλυσης σε μια απλοποιημένη εκδοχή του τι συμβαίνει στον πραγματικό κόσμο ή κάτι που αναπαριστά κάτι άλλο.

Σχετικά με το ρόλο των μοντέλων στη διδασκαλία και τις διαδικασίες μοντελοποίησης, οι συμμετέχοντες διατύπωσαν την άποψη ότι η δημιουργία ενός επιστημονικού μοντέλου για διδακτικούς σκοπούς πρέπει να υποστηρίζεται από επιστημονική γνώση και να τροποποιείται σε αντιστοιχία με τις ανάγκες της κάθε περίπτωσης. Τέλος, κατά τη διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών σχετικά με τα χαρακτηριστικών των διδακτικών μοντέλων, αναγνωρίστηκαν τρία κύρια χαρακτηριστικά, τα οποία επισημάνθηκαν ως αναγκαία για να μπορέσει ένα μοντέλο να επιτελέσει το διδακτικό του στόχο: η αισθητική, το επιστημονικό περιεχόμενο και η λειτουργικότητα.

Στη μελέτη των Wang et al. (2014) διερευνήθηκε η εφαρμογή των επιστημονικών μοντέλων 39 καθηγητών Χημείας. Τα δεδομένα συλλέχτηκαν μέσω ερωτηματολογίου, το οποίο συντέθηκε με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία, και αναλύθηκαν ποσοτικά και ποιοτικά.

Τα αποτελέσματα της έρευνας των Wang, Chi, Hu & Cheng (2014) έδειξαν ότι οι περισσότεροι από τους συμμετέχοντες στην έρευνα χρησιμοποιούσαν μοντέλα στη διδασκαλία ακολουθώντας μια συγκεκριμένη διαδικασία, η οποία περιγράφεται στο Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1. Η βασική διαδικασία εφαρμογής μοντέλων στη διδασκαλία (μτφρ. από Wang et al. (2014)).

Σύμφωνα με τις απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο οι καθηγητές, σε πρώτο στάδιο, περιέγραφαν το μοντέλο του γραφίτη στη διδασκαλία, στη συνέχεια ανέφεραν τις κύριες χημικές και φυσικές ιδιότητες του γραφίτη και στο τέλος απεικόνιζαν την εφαρμογή όπως αυτή ορίζεται από τις ιδιότητές της.

Οι περισσότεροι συμμετέχοντες στην έρευνα ακολουθούσαν τα ίδια βασικά βήματα για τη χρήση των μοντέλων στη διδασκαλία, αλλά με διαφορετικούς τρόπους. Ο σχεδιασμός των μοντέλων πολλών εκπαιδευτικών ήταν συνεκτικός και ξεκάθαρος, ενώ ορισμένοι σχεδίαζαν τα επιστημονικά τους μοντέλα χωρίς οργάνωση και χωρίς να ακολουθούν συγκεκριμένη μεθοδολογία. Ένα ακόμα συμπέρασμα της έρευνας ήταν ότι οι καθηγητές Χημείας τείνουν να χρησιμοποιούν επιστημονικά μοντέλα σε επεξηγήσεις καθημερινών φαινομένων. Επιπλέον, φάνηκε πως δίνουν περισσότερη έμφαση στη χρήση μοντέλων για να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν έννοιες, παρά να επεξηγήσουν λεπτομερώς το ρόλο των μοντέλων.

Συγκεντρωτικά, όσον αφορά τη διερεύνηση της εφαρμογής των επιστημονικών μοντέλων από καθηγητές Χημείας συμπεριλαμβανομένης της κατανόησης των ήδη υπαρχόντων, την επιλογή, την κατασκευή και χρήση, εξήχθησαν ορισμένα συμπεράσματα. Πρώτον, τα μοντέλα που σχεδιάστηκαν από τους καθηγητές αντανακλούσαν τα βασικά χαρακτηριστικών των στόχων. Επίσης, οι καθηγητές φάνηκε να προτιμούν εν ενεργεία μοντέλα κατά τη διδασκαλία. Σημαντικό είναι και το ότι δεν συνήθιζαν να λαμβάνουν υπόψη το στάδιο της αξιολόγησης του επιστημονικού μοντέλου. Τα παραπάνω έδειξαν ότι χρειάζεται βελτίωση στις μεθόδους εφαρμογής που χρησιμοποιούν οι καθηγητές Χημείας για να εισάγουν τα μοντέλα στη διδακτική διαδικασία.

Στο πλαίσιο της έρευνας των Torres & Vasconcelos (2015) διερευνήθηκαν οι απόψεις μελλοντικών καθηγητών Φ.Ε. (βιολόγων και γεωλόγων) ως προς τα επιστημονικά μοντέλα και την εφαρμογή τους στη σχολική τάξη. Η έρευνα ήταν ενταγμένη σε ευρύτερο πρόγραμμα που περιελάμβανε την καταγραφή απόψεων των μελλοντικών εκπαιδευτικών στο θέμα της φύσης της Επιστήμης, καθώς μέσω συγκεκριμένου ιστορικού μοντέλου που χρησιμοποιείται στην επιστήμη της Γεωφυσικής.

Από την ανάλυση των απαντήσεων σε ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου, προέκυψαν ορισμένα συμπεράσματα σχετικά με το πώς οι συμμετέχοντες ορίζουν και αντιλαμβάνονται τα επιστημονικά μοντέλα. Όσον αφορά τον ορισμό τους, καταγράφηκαν οι απόψεις ότι το επιστημονικό μοντέλο αποτελεί την αναπαράσταση ενός φαινομένου ή μια αναφορά με την οποία πρέπει να συγκριθεί ένα φαινόμενο. Υπήρξε όμως και η αντίληψη (σε εξίσου μεγάλο ποσοστό με τις υπόλοιπες δύο) ότι ως επιστημονικό μοντέλο ορίζεται ένα σύνολο κανόνων και σχημάτων και ως αποτέλεσμα παρατήρησης της πραγματικότητας.

Όσον αφορά τη διδακτική αξιοποίηση των επιστημονικών μοντέλων, το μεγαλύτερο ποσοστό των συμμετεχόντων συμφώνησε με την άποψη ότι η χρήση των μοντέλων στη διδασκαλία συνεισφέρει σε όλα τα στάδια της εκμάθησης των Φ.Ε.. Υπήρξε όμως και ένα μικρό ποσοστό συμμετεχόντων με την άποψη ότι η

μόνη συνεισφορά των μοντέλων είχε να κάνει με την κατανόηση περίπλοκων φυσικών φαινομένων.

2.2. Ερευνητικά ερωτήματα

Για την αποτύπωση των τάσεων των ερευνών που εξετάστηκαν στην παρούσα βιβλιογραφική επισκόπηση θεωρήθηκε σκόπιμο να παρατεθούν συγκεντρωτικά τα ερευνητικά ερωτήματα των παραπάνω μελετών (Πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1. Ερευνητικά ερωτήματα της βιβλιογραφικής επισκόπησης.

α/α	Έρευνα	Ερευνητικά ερωτήματα
1	van Driel & Verloop (1999)	• Ποιό το γνωστικό επίπεδο έμπειρων καθηγητών Φ.Ε. σχετικά με τα επιστημονικά μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης;
2	van Driel & de Jong (2001)	• Ποιά η ανάπτυξη της ΡCK μελλοντικών εκπαιδευτικών στον τομέα των μοντέλων και της μοντελοποίησης και ποιά η επίδραση ειδικών παραγόντων στην εξέλιξη αυτή;
3	Harrison (2001)	• Πώς σκέφτονται οι καθηγητές σχετικά με τα μοντέλα που χρησιμοποιούν για να αναπαραστήσουν επιστημονικές διεργασίες;
4	Justi & Gilbert (2002)	• Πώς χρησιμοποιούν οι καθηγητές στη θεωρία και στην πράξη τα μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης στις Φ.Ε.;
5	van Driel & Verloop (2002)	• Ποιό το επίπεδο των πρακτικών γνώσεων έμπειρων καθηγητών Φ.Ε. σχετικά με τα επιστημονικά μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης;
6	Justi & Gilbert (2003)	• Ποιό το επίπεδο κατανόησης των καθηγητών Φ.Ε. όταν τους ζητείται να ορίσουν το επιστημονικό μοντέλο;

Πίνακας 2.1. (συνέχεια)

7	Sprotte & Eilks (2007)	• Ποιές οι απόψεις και η PCK έμπειρων καθηγητών Χημείας κατά τη διδασκαλία των βασικών βημάτων για την κατανόηση της σωματιδιακής φύσης της ύλης από τους μαθητές; • Ποιό το επίπεδο κατανόησης των μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης έμπειρων καθηγητών Χημείας;
8	Drechsler & van Driel (2008)	• Ποιό το περιεχόμενο της PCK έμπειρων καθηγητών που χρησιμοποιούν μοντέλα στη διδασκαλία τους;
9	Danusso et al. (2010)	• Ποιό το αρχικό γνωστικό επίπεδο των μελλοντικών καθηγητών Φ.Ε. πάνω στα επιστημονικά μοντέλα;
10	Khan (2011)	• Πώς εφαρμόζουν οι καθηγητές Φ.Ε. βασισμένες σε μοντέλα διδασκαλίες ώστε να ενισχύσουν την κατανόηση των μαθητών τους στη σχολική τάξη; • Ποιές είναι οι βασισμένες σε μοντέλα διδασκαλίες που δεν εισάγονται στην εκπαιδευτική διαδικασία από τους καθηγητές;
11	Harlow et al. (2013)	• Ποιοί παιδαγωγικοί πόροι περιβάλλουν την κατανόηση των μελλοντικών εκπαιδευτικών σχετικά με τη διδασκαλία των Φ.Ε.;
12	Aktan (2013)	• Μπορεί να οριστεί με σαφήνεια ο όρος «επιστημονικό μοντέλο»; • Ποιός ο ρόλος των επιστημονικών μοντέλων στη διδασκαλία των Φ.Ε. των μελλοντικών εκπαιδευτικών;
13	Wang et al. (2014)	• Ποιές οι γνώσεις των καθηγητών Χημείας γύρω από γνωστά μοντέλα; • Πώς επιλέγουν οι καθηγητές το κατάλληλο μοντέλο; • Πώς κατασκευάζουν οι καθηγητές ένα μοντέλο; • Πώς χρησιμοποιούν οι καθηγητές τα μοντέλα στη διδασκαλία;
14	Torres & Vasconcelos (2015)	• Ποιό το επίπεδο των γνώσεων των μελλοντικών καθηγητών Φ.Ε. ως προς τα επιστημονικά μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης;

Όπως παρατηρείται από τον Πίνακα 2.1, δεν υπάρχει κάποια ουσιαστική εξέλιξη ως προς το περιεχόμενο των ερευνητικών ερωτημάτων που τίθενται από τις παλαιότερες έως τις πιο πρόσφατες χρονολογικά εμπειρικές έρευνες που αναλύθηκαν. Ερευνητικά ερωτήματα σχετικά με τις γνώσεις που έχουν οι εκπαιδευτικοί (μελλοντικοί και έμπειροι) για τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά των μοντέλων, καθώς και ο τρόπος με τον οποίον εφαρμόζουν τη βασισμένη σε μοντέλα διδασκαλία τους αποτελεί κοινό τόπο ανάμεσα στις έρευνες της βιβλιογραφίας. Ωστόσο, παρατηρείται ότι στις πιο πρόσφατες χρονολογικά έρευνες τα ερευνητικά ερωτήματα τείνουν να γίνονται πιο συγκεκριμένα και αναλυτικά (Khan, 2011; Harlow et al., 2013; Aktan, 2013; Wang et al., 2014) σε σχέση με τις παλαιότερες.

Όσον αφορά τις πιο σύγχρονες έρευνες (Danusso et al., 2010; Khan, 2011; Harlow et al., 2013; Aktan, 2013; Wang et al., 2014; Torres & Vasconcelos, 2015), παρατηρείται ότι δεν υπάρχουν ερευνητικά ερωτήματα σχετικά με την PCK των εκπαιδευτικών. Παρατηρείται, επίσης, η τάση να διερευνώνται απόψεις και πρακτικές μελλοντικών εκπαιδευτικών Φ.Ε. (Danusso et al., 2010; Harlow et al., 2013; Aktan, 2013; Torres & Vasconcelos, 2015), κάτι που παρατηρείται μόνο σε μία από τις παλαιότερες έρευνες (van Driel & de Jong, 2001).

2.3. Σύνοψη και σχολιασμός ευρημάτων βιβλιογραφικής επισκόπησης

Στους Πίνακες 2.2 και 2.3 παρουσιάζονται συνοπτικά οι απόψεις των εκπαιδευτικών και οι πρακτικές τους κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, αντίστοιχα.

Στις έρευνες της βιβλιογραφίας που αναλύθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας (Πίνακας 2.2) δόθηκε έμφαση στις απόψεις των εκπαιδευτικών (έμπειρων και μελλοντικών) πάνω στη φύση, τους σκοπούς και τη λειτουργία των επιστημονικών μοντέλων.

Όπως παρατηρείται στον Πίνακα 2.2, δεν εξέφρασαν όλοι οι εκπαιδευτικοί μια πλήρως ενημερωμένη άποψη σχετικά με τη φύση του επιστημονικού μοντέλου. Η κυρίαρχη εναλλακτική άποψη που αποτυπώθηκε ήταν ότι ένα μοντέλο αποτελεί μια αναπαράσταση όσο το δυνατόν πιο κοντά στην πραγματικότητα (Justi & Gilbert, 2002; Justi & Gilbert, 2003; Sprotte & Eilks, 2007; Aktan, 2013). Υπήρξαν και εκπαιδευτικοί που θεώρησαν το επιστημονικό μοντέλο ως ένα σύνολο εικόνων και σημάτων, το αποτέλεσμα της παρατήρησης της πραγματικότητας (Torres & Vasconcelos, 2015) ή ένα παράδειγμα, μια αναπαράσταση και ο τρόπος με τον οποίον λειτουργεί ένα σύστημα (Aktan, 2013). Υπήρξαν όμως και εκπαιδευτικοί με δόκιμες απόψεις σχετικά με τη φύση του μοντέλου. Τέτοιες είναι ότι το μοντέλο αποτελεί μια απλουστευμένη αναπαράσταση του πραγματικού κόσμου (van Driel & Verloop, 1999; Danusso et al., 2010), ότι ένα μοντέλο μπορεί να απεικονίζει τις κύριες πλευρές ενός αντικειμένου ή διαδικασίας ώστε να προβάλλει μια έννοια της πραγματικότητας

(Sprotte & Eilks, 2007), καθώς και ότι η ποιότητά του προσδιορίζεται από το βαθμό σύνδεσής του με το στόχο του (van Driel & Verloop, 1999).

Σε σχέση με τη διάσταση της λειτουργίας του επιστημονικού μοντέλου, οι εναλλακτικές αντιλήψεις που αποδελτιώθηκαν ήταν ότι τα μοντέλα δεν έχουν προβλεπτική χρήση, ότι η ανάπτυξή τους είναι μια ευθύγραμμη και ορθολογιστική διαδικασία (van Driel & Verloop, 1999) και ότι χρησιμοποιούνται ως μια οπτικοποίηση ή επεξήγηση (Justi & Gilbert, 2003). Στις δόκιμες απόψεις για τους σκοπούς και τη λειτουργία του μοντέλου αναφέρεται ότι τα μοντέλα πρέπει να χρησιμοποιούνται με σκοπό να φέρουν τους μαθητές από το χαμηλότερο επίπεδο κατανόησης στο υψηλότερο (van Driel & de Jong, 2001) και ότι πρέπει να κάνουν τις ιδέες να είναι προσβάσιμες στους μαθητές (Justi & Gilbert, 2002).

Όσον αφορά την πολλαπλότητα και την αλλαγή των επιστημονικών μοντέλων, οι μόνες απόψεις που διατυπώθηκαν ήταν αυτές της έρευνας των Justi & Gilbert (2003). Και οι δύο συγκαταλέγονται στις αποδεκτές, καθώς οι εκπαιδευτικοί της έρευνας των Justi & Gilbert (2003) θεωρούν ότι το μοντέλο που χρησιμοποιείται για συγκεκριμένη περίπτωση είναι μόνο ένα από τα πολλά διαθέσιμα και ότι ένα μοντέλο θα έπρεπε να αλλάζει.

Στο κομμάτι της αξιοποίησης των μοντέλων στη διδασκαλία των Φ.Ε., επικρατεί η αντίληψη ότι τα μοντέλα κατέχουν πολύ σημαντικό ρόλο στη διαδικασία αυτή. Δεν γίνεται, όμως, ξεκάθαρος από πλευράς συμμετεχόντων ο τρόπος με τον οποίον μπορεί ένα μοντέλο να εισαχθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία αποτελεσματικά.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύθηκαν και οι πρακτικές των εκπαιδευτικών, όπως αυτές παρουσιάζονται στη σχετική βιβλιογραφία (Πίνακας 2.3). Σε γενικές γραμμές, οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί δήλωσαν ότι τα μοντέλα αποτελούν βασικό στοιχείο της διδασκαλίας που ακολουθούν στη σχολική τάξη. Υπήρξαν όμως και περιπτώσεις που η σημασία τους στη διδακτική διαδικασία δεν εκτιμήθηκε όπως θα έπρεπε. Μέσω της βιβλιογραφικής επισκόπησης που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν κυρίως ήδη δοκιμασμένα και εν ενεργεία μοντέλα για να διδάξουν. Αίσθηση προκαλεί το γεγονός ότι σε δύο μόνο έρευνες της βιβλιογραφίας που μελετήθηκαν (Harrison, 2001; van Driel & Verloop, 2002) οι εκπαιδευτικοί δήλωσαν ότι στο μάθημά τους συμπεριλαμβάνουν τη διδασκαλία για τα μοντέλα (about models). Τέλος, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις έρευνες της σχετικής βιβλιογραφίας στο κατά πόσον οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά στις διαδικασίες μοντελοποίησης. Όπως παρατηρείται και από τα στοιχεία του Πίνακα 2.3, περισσότερες είναι οι περιπτώσεις όπου οι εκπαιδευτικοί δεν δίνουν βαρύτητα στην κατασκευή και αξιολόγηση μοντέλων από τους μαθητές.

Πίνακας 2.2. Απόψεις συμμετεχόντων στις έρευνες εκπαιδευτικών για τα επιστημονικά μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης.

Έρευνα	Απόψεις συμμετεχόντων εκπαιδευτικών
van Driel & Verloop (1999)	• Το μοντέλο αποτελεί μια απλουστευμένη αναπαράσταση της πραγματικότητας. • Τα μοντέλα δεν έχουν προβλεπτική χρήση. • Η ποιότητα ενός μοντέλου προσδιορίζεται από το βαθμό σύνδεσής του με το στόχο του. • Η ανάπτυξη ενός μοντέλου είναι μια ευθύγραμμη και ορθολογιστική διαδικασία.
van Driel & de Jong (2001)	• Παρουσιάζονται προβλήματα κατά τη σύνδεση των μοντέλων με την πραγματικότητα και με την αφηρημένη φύση ορισμένων μοντέλων, όπως αυτό του ατόμου. • Τα μοντέλα πρέπει να χρησιμοποιούνται με σκοπό να φέρουν τους μαθητές από το χαμηλότερο επίπεδο κατανόησης σε υψηλότερο.
Harrison (2001)	• Τα μοντέλα αποτελούν σημαντικά στοιχεία των Φ.Ε.. • Η σημασία τους ως προς την εκπαιδευτική διαδικασία αμφισβητείται.
Justi & Gilbert (2002)	• Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία είναι απλουστεύσεις επιστημονικών και ιστορικών μοντέλων. • Ένα μοντέλο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά σε ακριβή αναπαράσταση της πραγματικότητας.
Justi & Gilbert (2003)	• Το μοντέλο αποτελεί μια αναπαραγωγή ενός πραγματικού αντικειμένου. • Το μοντέλο χρησιμοποιείται ως μια οπτικοποίηση ή επεξήγηση. • Το μοντέλο που χρησιμοποιείται για συγκεκριμένη περίπτωση είναι μόνο ένα από τα πολλά διαθέσιμα. • Ένα μοντέλο θα έπρεπε να αλλάζει.

Πίνακας 2.2. (συνέχεια)

Έρευνα	Απόψεις συμμετεχόντων εκπαιδευτικών
Sprotte & Eilks (2007)	• Τα μοντέλα αποτελούν απλά αντίγραφα της πραγματικότητας και χρησιμοποιούνται απλώς για να απεικονίσουν κάτι που υπάρχει στη Φύση σε άλλη κλίμακα μεγέθους. • Ένα μοντέλο πρέπει να απεικονίζει τις κύριες πλευρές ενός αντικειμένου ή μιας διαδικασίας με σκοπό να προβάλει μια έννοια της πραγματικότητας.
Danusso et al. (2010)	• Το επιστημονικό μοντέλο αποτελεί μια απλοποιημένη μαθηματική αναπαράσταση ενός πραγματικού φαινομένου. • Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός επιστημονικού μοντέλου είναι η αναγνώριση των στοιχείων του στόχου και η έμφαση στα βασικά βήματα της εννοιολογικής αλυσίδας (conceptual chain) στη βάση του μοντέλου. • Ένα επιστημονικό μοντέλο πρέπει να είναι ξεκάθαρο και κατανοητό.
Khan (2011)	• Η διαδικασία σύνδεσης της διδασκαλίας με τα μοντέλα είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση των Φ.Ε. από πλευράς μαθητών.
Aktan (2013)	• Ένα παράδειγμα, μια αναπαράσταση, ή ο τρόπος με τον οποίον λειτουργεί κάτι. • Μια απλοποιημένη αναπαράσταση ενός φαινομένου.
Torres & Vasconcelos (2015)	• Η αναπαράσταση ενός φαινομένου ή μια αναφορά, με την οποία πρέπει να συγκριθεί ένα φαινόμενο. • Ένα σύνολο κανόνων και σχημάτων. • Το αποτέλεσμα της παρατήρησης της πραγματικότητας.

Πίνακας 2.3. Πρακτικές των συμμετεχόντων στις έρευνες εκπαιδευτικών σχετικά με τη διδακτική αξιοποίηση των επιστημονικών μοντέλων

Έρευνα	Πρακτικές συμμετεχόντων εκπαιδευτικών
Harrison (2001)	• Χρησιμοποιούν τα μοντέλα στην αρχή της διδασκαλίας ενός μαθήματος, διότι πιστεύουν ότι είναι ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος για την επεξήγηση δύσκολων εννοιών. • Συνηθίζουν να εξηγούν στους μαθητές τους ότι το κάθε μοντέλο που χρησιμοποιούν «σπάει» κάπου, καταδεικνύοντας έτσι τα όρια που υπάρχουν στις διαδικασίες μοντελοποίησης.
Justi & Gilbert (2002)	• Δεν δίνουν σημασία στο τι σκέφτονται οι μαθητές τους. • Δεν δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές τους να εμπλακούν σε διαδικασίες μοντελοποίησης. • Δεν γνωρίζουν πώς να αντιμετωπίσουν τα μοντέλα των μαθητών, τα οποία είναι διαφορετικά από τα επιστημονικά και ιστορικά. • Δίνουν έμφαση στο «να κάνουν το αόριστο πιο συγκεκριμένο», ως βασικό στοιχείο για την εφαρμογή των διαδικασιών μοντελοποίησης στους μαθητές τους.
van Driel & Verloop (2002)	• Προτιμούν να χρησιμοποιούν ήδη δοκιμασμένες στρατηγικές που αποσκοπούν στην καθοδήγηση της ανάπτυξης των γνώσεων των μαθητών τους μέσω μοντέλων με συγκεκριμένο περιεχόμενο. • Παρέχουν λίγες ή και καθόλου ευκαιρίες στους μαθητές τους να κατασκευάσουν τα δικά τους μοντέλα ή να αξιολογήσουν τα διάφορα ιστορικά μοντέλα (Προφίλ 1). • Συζητούν τη φύση των μοντέλων και της μοντελοποίησης με τους μαθητές τους και να τους ενθαρρύνουν να σχεδιάσουν τα δικά τους μοντέλα για να περιγράψουν ή να εξηγήσουν συγκεκριμένα φαινόμενα (Προφίλ 2).

Πίνακας 2.3. (συνέχεια)

Έρευνα	Πρακτικές συμμετεχόντων εκπαιδευτικών
Sprotte & Eilks (2007)	• Δεν δίνουν ειδική βαρύτητα στα μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης και δεν κάνουν καμία ιδιαίτερη ανάλυση σχετικά με τη φύση των μοντέλων. • Δεν δίνουν στους μαθητές τους κάποιον ορισμό για τα επιστημονικά μοντέλα, απλά τα χρησιμοποιούν για να διδάξουν κάποια έννοια ή φαινόμενο.
Drechsler & van Driel (2008)	• Δίνουν έμφαση στην έννοια του μοντέλου των οξέων και των βάσεων, καθώς όλοι τους συζητούσαν τα δύο ή και τα τρία διαφορετικά μοντέλα μέσα στην τάξη (Προφίλ 1). • Χρησιμοποιούν απλούστερες αναπαραστάσεις και δεν εισάγουν τα μοντέλα στη διδασκαλία τους. (Προφίλ 2).
Khan (2011)	• Προσπαθούν να εμπλέξουν τους μαθητές στις διαδικασίες της δημιουργίας και της αξιολόγησης ενός μοντέλου. • Χρησιμοποιούν διδακτικές στρατηγικές που αποσκοπούν στην ενθάρρυνση των μαθητών για την αξιοποίηση των προηγούμενων γνώσεών τους για την κατασκευή ενός μοντέλου.
Harlow et al. (2013)	• Ο στόχος μιας βασισμένης σε μοντέλα διδασκαλίας είναι να ενθαρρύνει τους μαθητές να αποκτήσουν επιστημονικές απόψεις που προσομοιάζουν αυτές των επιστημόνων. • Όταν ζητείται από τους μαθητές να κατασκευάσουν τα δικά τους νοητικά μοντέλα για συγκεκριμένο φυσικό φαινόμενο, ο καθηγητής πρέπει να κρίνει τα μοντέλα των μαθητών με βάση το επιστημονικά αποδεκτό μοντέλο. • Η καθοδήγηση των μαθητών μέσω της διαδικασίας της πρότασης, αξιολόγησης και αναθεώρησης των μοντέλων είναι λιγότερο αποτελεσματικός από το να τους διδάσκεται απευθείας η επιστημονικά αποδεκτή απάντηση.

Πίνακας 2.3. (συνέχεια)

Έρευνα	Πρακτικές συμμετεχόντων εκπαιδευτικών
Aktan (2013)	• Τα επιστημονικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για την κατανόηση και την επεξήγηση εννοιών και διεργασιών. • Ένα μοντέλο, το οποίο χρησιμοποιείται στη διδασκαλία πρέπει να είναι αισθητικά ελκυστικό, να έχει επιστημονικό περιεχόμενο και να είναι λειτουργικό.
Wang et al. (2014)	• Τείνουν να χρησιμοποιούν επιστημονικά μοντέλα σε επεξηγήσεις καθημερινών φαινομένων. • Δίνουν περισσότερη έμφαση στη χρήση μοντέλων για να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν έννοιες, παρά να επεξηγήσουν λεπτομερώς το ρόλο των μοντέλων. • Προτιμούν εν ενεργεία μοντέλα κατά τη διδασκαλία.

3. Βιβλιογραφική επισκόπηση ερευνητικών εργαλείων και μεθοδολογιών αντίστοιχων ερευνών

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας θεωρήθηκε σημαντικό να παρουσιαστεί και η μεθοδολογική ανάλυση των ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων που χρησιμοποιήθηκαν για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων.

Η έρευνα των van Driel & Verloop (1999) πραγματοποιήθηκε σε δύο διακριτά στάδια. Στο στάδιο των ερωτηματολογίων ανοικτού τύπου συμμετείχαν 15 έμπειροι καθηγητές Φ.Ε.. Όλοι τους είχαν περισσότερα από πέντε χρόνια εμπειρίας στη διδασκαλία των μαθημάτων της Φυσικής, της Χημείας και της Βιολογίας. Στο στάδιο των ερωτηματολογίων τύπου Likert συμμετείχαν 71 καθηγητές, εκ των οποίων το 27% είχε γνωστικό υπόβαθρο σχετικό με τη Φυσική, το 37% με τη Χημεία και το 35% με τη Βιολογία. Οι καθηγητές είχαν κατά μέσο όρο οχτώ χρόνια διδακτικής εμπειρίας.

Στην αρχή του προγράμματος οι 15 εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να απαντήσουν, ο καθένας ξεχωριστά στο σπίτι του, σε ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις ανοικτού τύπου (Παράρτημα Ι). Ο σχεδιασμός του ερωτηματολογίου βασίστηκε σε έρευνα των Grosslight et al. (1991) και αποτελούνταν από επτά στοιχεία (items), τα οποία απευθύνονταν σε τέσσερις θεματικές: (1) τύποι αναπαραστάσεων των μοντέλων, (2) σκοποί και λειτουργία των μοντέλων στις επιστήμες, (3) χαρακτηριστικά των επιστημονικών μοντέλων, (4) σχεδιασμός και αναθεώρηση των μοντέλων. Στους συμμετέχοντες δόθηκαν επτά συγκεκριμένα παραδείγματα (αυτοκίνητο παιχνίδι, φωτογραφία ενός σπιτιού, ο νόμος του Ohm, το μόριο του νερού κ.ά.) και τους ζητήθηκε να εκφράσουν την άποψή τους για το αν το κάθε παράδειγμα αποτελεί επιστημονικό μοντέλο ή όχι και γιατί.

Αρχικά, οι γραπτές απαντήσεις του κάθε εκπαιδευτικού αναλύθηκαν με βάση τις τέσσερις θεματικές. Στη συνέχεια, εξετάστηκε στο πλαίσιο κάθε θεματικής αν οι απαντήσεις θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν. Για την κάθε θεματική χρησιμοποιήθηκαν, ως σημείο εκκίνησης, αντίστοιχες των κατηγοριών περιγραφές που υπάρχουν στη σχετική βιβλιογραφία (π.χ. οι όροι «περιγραφή» και «επεξήγηση» για τη θεματική (2)). Συγκρίνοντας τις διατυπώσεις των εκπαιδευτικών με τις βιβλιογραφικές, οι van Driel & Verloop (1999) κατέληξαν σε μια πιο λεπτομερή περιγραφή των κατηγοριών. Μετά την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των εκπαιδευτικών, έγινε απόπειρα για την ταυτοποίηση της ύπαρξης συγκεκριμένων προτύπων στις απαντήσεις αυτές. Αυτό που εξερευνήθηκε ήταν το κατά πόσο οι απαντήσεις των καθηγητών μιας συγκεκριμένης κατηγορίας συσχετίζονται με τις απαντήσεις τους σε άλλες κατηγορίες.

Οι τέσσερις θεματικές του ανοικτού ερωτηματολογίου χρησιμοποιήθηκαν και ως σημείο εκκίνησης για το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου τύπου Likert (Παράρτημα Ι). Οι αναφορές των συμμετεχόντων στα χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες των μοντέλων, κατά τις απαντήσεις των ερωτήσεων, οδήγησαν στη διάκριση τριών θεματικών, οι οποίες αποτέλεσαν τις τρεις κλίμακες (scales) του Likert. Αυτές ήταν η σύνδεση μοντέλων και στόχων, η φυσική παρουσία των μοντέλων και το κοινωνικό πλαίσιο των μοντέλων. Αρχικά, οι ισχυρισμοί των εκπαιδευτικών σχετικά με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση διατυπώθηκαν για την κάθε θεματική (π.χ. «μοντέλο είναι μια απλουστευμένη αναπαραγωγή της πραγματικότητας»). Στη συνέχεια απορρίφθηκαν ορισμένοι και

αναδιατυπώθηκαν σχεδόν όλοι οι υπόλοιποι ισχυρισμοί, με αποτέλεσμα να καταλήξουν σε ερωτηματολόγιο Likert 32 στοιχείων (items). Το ερωτηματολόγιο αυτό δόθηκε σε 71 εκπαιδευτικούς, οι οποίοι κλήθηκαν να σημειώσουν σε τι βαθμό ισχύει ο κάθε ισχυρισμός για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση χρησιμοποιώντας κλίμακα τεσσάρων βαθμίδων: (1) «ποτέ», (2) «κάποιες φορές», (3) «συνήθως» και (4) «πάντα». Σημειώνεται ότι σε αυτό το ερωτηματολόγιο δε συμμετείχαν οι εκπαιδευτικοί που είχαν απαντήσει στα ανοικτού τύπου ερωτηματολόγια. Η ανάλυση των δεδομένων περιελάμβανε πολλές και διαφορετικές στατιστικές διαδικασίες, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν με στόχο την ανάλυση της αξιοπιστίας του ερωτηματολογίου τύπου Likert.

Στην έρευνα των van Driel & de Jong (2001) συμμετείχαν 12 μελλοντικοί καθηγητές Χημείας, με καθόλου ή ελάχιστη εκπαιδευτική εμπειρία, όλοι τους κάτοχοι master στη Χημεία. Κατά τη διάρκεια του προγράμματος σπουδών δύο διαφορετικών πανεπιστημίων (Utrecht University και Leiden University) συλλέχτηκαν, σε συγκεκριμένες στιγμές, πέντε διαφορετικοί τύποι ερευνητικών δεδομένων.

Πριν την έναρξη του προγράμματος σπουδών ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να απαντήσουν γραπτά σε δύο ερωτηματολόγια ανοικτού τύπου (Παράρτημα Ι). Τα ερωτηματολόγια αυτά χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για να διερευνηθεί σε ποιο στάδιο είχαν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί αναπτύξει την PCK και τις αντιλήψεις τους για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση (pre-test). Κατά τη διάρκεια του προγράμματος επιλέχθηκαν δύο αποσπάσματα κειμένων από έρευνες της σχετικής βιβλιογραφίας, με βάση τα οποία τέθηκαν ερωτήσεις στους συμμετέχοντες. Ο δεύτερος τύπος δεδομένος αφορούσε στις γραπτές απαντήσεις των συμμετεχόντων στις ερωτήσεις αυτές (Παράρτημα Ι). Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ανάλυση συγκεκριμένου κεφαλαίου του σχολικού βιβλίου της Χημείας, κατά την οποία οι συμμετέχοντες κράτησαν γραπτές σημειώσεις (τρίτος τύπος δεδομένων). Οι σημειώσεις αυτές περιελάμβαναν τις προσδοκίες των συμμετεχόντων αναφορικά με τις εννοιολογικές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές, τις δυσκολίες που προσδοκούσαν να συναντήσουν οι ίδιοι κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας στην τάξη και αναφορικά με το πως σκόπευαν να τις ξεπεράσουν (Παράρτημα Ι). Ακολούθησε workshop κατά τη διάρκεια του οποίου συζητήθηκαν οι προσδοκίες και οι προσωπικές τους προθέσεις αναφορικά με τη διδασκαλία για τα μοντέλα (about models) στις σχολικές τους τάξεις. Η όλη διαδικασία ηχογραφήθηκε και απομαγνητοφωνήθηκε αυτολεξεί (τέταρτος τύπος δεδομένων). Τέλος, τα δύο ερωτηματολόγια δόθηκαν ξανά στους συμμετέχοντες και μετά τη λήξη του προγράμματος (post-test). Επιπροσθέτως, απάντησαν σε μια σειρά ερωτήσεων με θέμα την επιρροή συγκεκριμένων δραστηριοτήτων στις αντιλήψεις τους σχετικά με τη διδασκαλία τους για τα μοντέλα (about models) και τη μοντελοποίηση (Παράρτημα Ι).

Στην έρευνα του Harrison (2001) εξετάστηκαν οι αντιλήψεις και πρακτικές δέκα καθηγητών Φ.Ε. (βιολόγων, χημικών, φυσικών), με ειδίκευση στη διδασκαλία. Ο μέσος όρος της διδακτικής εμπειρίας των καθηγητών ήταν τα 14 έτη. Χρησιμοποιήθηκε ημι-δομημένη συνέντευξη διάρκειας 35 – 40 λεπτών. Η συνέντευξη οποία αποτελούνταν από τρία διακριτά μέρη. Στο πρώτο περιλαμβάνονταν ερωτήσεις σχετικά με το προφίλ των συμμετεχόντων (ακαδημαϊκά προσόντα, διδακτική εμπειρία, διδακτικά ενδιαφέροντα). Με αυτήν την προσέγγιση εκμαιεύτηκαν αντιλήψεις των συμμετεχόντων σχετικά με τη

φιλοσοφία της επιστήμης και τα επιστημονικά τους ενδιαφέροντα. Ακολουθούσε μια εισαγωγική ερώτηση, στόχος της οποίας ήταν να εκμαιεύσει τις προτιμώμενες επεξηγήσεις, αναλογίες, μεταφορές ή τα μοντέλα, τα οποία οι συμμετέχοντες συνήθιζαν να χρησιμοποιούν. Ο προσανατολισμός της συνέντευξης ήταν να διερευνήσει αν οι συμμετέχοντες καθηγητές καταφεύγουν αυθόρμητα σε αναλογικά μοντέλα, όταν χρειάζεται μια εναλλακτική επεξήγηση. Στο τρίτο μέρος της συνέντευξης παρουσιάστηκαν στους συμμετέχοντες ορισμένα αναλογικά μοντέλα (Παράρτημα Ι) και κλήθηκαν να σχολιάσουν επ' αυτών. Στη συνέχεια, ζητήθηκε από τον κάθε συμμετέχοντα να απαντήσει στους τέσσερις ισχυρισμούς του Gilbert (1993) για τα μοντέλα σύμφωνα με την εξής δήλωση:

«Δίνονται τέσσερις περιγραφές των μοντέλων από τη σχετική βιβλιογραφία: Θεωρείται ότι τα μοντέλα είναι τα κύρια προϊόντα της επιστήμης, η μοντελοποίηση είναι μέρος της επιστημονικής μεθόδου, τα μοντέλα είναι τα κύρια εργαλεία για τη μάθηση των Φ.Ε., τα μοντέλα είναι τα κύρια εργαλεία για τη διδασκαλία των Φ.Ε.. Πώς αντιδράτε σε αυτούς τους ισχυρισμούς για την ισχύ των μοντέλων και της μοντελοποίησης;»

Καταγράφηκαν ενδιαφέρουσες απόψεις από πλευράς συμμετεχόντων και υποβλήθηκαν επιπλέον ερωτήσεις, στις οποίες ζητούνταν αιτιολόγηση ή παραδείγματα. Μέσω της συζήτησης αυτής δόθηκε ευκαιρία να ερευνηθούν οι αντιλήψεις των συμμετεχόντων σχετικά με τη «σταθερότητα» των νοητικών μοντέλων, αν δηλαδή τα συνηθισμένα μοντέλα των σχολικών βιβλίων μπορούν να τροποποιηθούν από τον καθηγητή ή το μαθητή, ώστε να προσαρμοστούν με τις μαθησιακές τους ανάγκες. Τέλος, οι συμμετέχοντες ρωτήθηκαν εάν ενθαρρύνουν τους μαθητές τους να κατασκευάσουν τα δικά τους μοντέλα. Η συνέντευξη καθοδηγήθηκε με τρόπο ώστε να δοθούν αρκετές ευκαιρίες στους συμμετέχοντες να αναφερθούν στις αναλογίες και τα μοντέλα που συνήθιζαν να χρησιμοποιούν.

Όλες οι συνεντεύξεις μεταγράφηκαν αυτολεξεί. Τα αντίγραφα εξετάστηκαν λεπτομερώς ώστε να αναγνωριστούν τα σημεία-κλειδιά και οι έννοιες, ενώ οι απαντήσεις συλλέχτηκαν και ταξινομήθηκαν. Οι κατηγορίες μοντελοποίησης που προέκυψαν περιελάμβαναν τις αναλογίες και τα μοντέλα που χρησιμοποιούσαν οι συμμετέχοντες, το κατά πόσον αυτοί κατασκεύαζαν ή/και τροποποιούσαν μοντέλα, τις αντιλήψεις τους για τα μοντέλα της αμμονίας, αν τα μοντέλα μπορούν να απλοποιηθούν, πού «σπάνε» τα μοντέλα, απαντήσεις στις θέσεις του Gilbert (1993) και απόψεις πάνω στα μαθηματικά, θεωρητικά και πολλαπλά μοντέλα. Τέλος, προτάθηκε ένα επίπεδο μοντελοποίησης για τον κάθε συμμετέχοντα, με βάση τα πρότυπα των Grosslight et al. (1991).

Το δείγμα της έρευνας των Justi & Gilbert (2002) αποτελούνταν συνολικά από 39 καθηγητές Φ.Ε., οι οποίοι ήταν χωρισμένοι σε τέσσερα επιμέρους δείγματα ανάλογα με τη βαθμίδα στην οποία δίδασκαν. Συγκεκριμένα δέκα από την πρωτοβάθμια εκπαίδευση (χημικοί και βιολόγοι), δέκα από τη δευτεροβάθμια (χημικοί, φυσικοί ή βιολόγοι), δέκα μελλοντικοί εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και εννέα καθηγητές πανεπιστημίου με βασικό πτυχίο και διδακτορικό στη Χημεία.

Η έρευνα βασίστηκε σε μια ημι-δομημένη συνέντευξη, τυπικής διάρκειας μίας ώρας, οι ερωτήσεις της οποίας πρώτα δοκιμάστηκαν σε πέντε καθηγητές Φ.Ε. δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Παράρτημα Ι). Στο πρώτο μέρος της συνέντευξης, οι ερωτήσεις ήταν

σχετικές με τις απόψεις εκπαιδευτικών ως προς τη φύση των μοντέλων. Στη συνέχεια, μια δεύτερη ομάδα ερωτήσεων χρησιμοποιήθηκε για να εξετάσει τις γνώσεις τους ως τη φύση της μοντελοποίησης και την εφαρμογή των γνώσεων αυτών στην εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών. Τέλος, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες στην έρευνα να εκφράσουν τις απόψεις τους ως προς τη χρήση των μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης κατά τη διδασκαλία και τη μάθηση των Φ.Ε.. Κάποιες από τις ερωτήσεις της συνέντευξης χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό να εκμαιεύσουν τις γενικές ιδέες των εκπαιδευτικών, ενώ άλλες για να εξετάσουν τον τρόπο με τον οποίο τα μοντέλα χρησιμοποιούνται στις τάξεις που αυτοί διδάσκουν.

Οι ιδέες που διατύπωσαν οι εκπαιδευτικοί στις συνεντεύξεις οργανώθηκαν με τρόπο που να ανιχνεύονται πιθανά προφίλ σε αυτές. Η οργάνωση αυτή έγινε με τη βοήθεια λογισμικού, ώστε η κατηγοριοποίηση να γίνεται πιο σύντομα, αλλά και για να επιτρέπεται ο συνεχής έλεγχος και η αναμόρφωση του συστήματος κατηγοριοποίησης. Έτσι έγινε ακριβής κατηγοριοποίηση των απόψεων των εκπαιδευτικών, υπολογίστηκε η συχνότητα εμφάνισής τους ανά κατηγορία και το ποσοστό των εκπαιδευτικών που εξέφρασαν την κάθε άποψη.

Στο πλαίσιο της έρευνας των van Driel & Verloop (2002) σχεδιάστηκε ημι-δομημένη συνέντευξη, η οποία επικεντρωνόταν στις γνώσεις των εκπαιδευτικών πάνω στη διδασκαλία και τη μάθηση των μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης στις Φ.Ε.. Το δείγμα αποτελούνταν από επτά έμπειρους καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (χημικούς και βιολόγους) με τουλάχιστον δέκα χρόνια διδακτικής εμπειρίας. Ο σχεδιασμός της βασίστηκε στην εργασία των Dufee & Aikenhead (1992) και αποτελούνταν από τρία σετ ερωτήσεων, τα οποία αφορούσαν στο γνωστικό υπόβαθρο των συμμετεχόντων, στις απόψεις τους για τα επιστημονικά μοντέλα και την εφαρμογή τους κατά τη διδασκαλία ενός καινούριου θέματος στη σχολική τάξη (Παράρτημα Ι). Η ημι-δομημένη συνέντευξη είχε διάρκεια 60 έως 85 λεπτά. Όλες οι συνεντεύξεις με τους συμμετέχοντες μαγνητοφωνήθηκαν και μεταγράφηκαν αυτολεξεί.

Κατά την ανάλυσή τους δόθηκε έμφαση στις δηλώσεις των συμμετεχόντων σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση των μοντέλων και της μοντελοποίησης στις Φ.Ε.. Οι δηλώσεις αυτές κατηγοριοποιήθηκαν σύμφωνα με τη χρήση συγκεκριμένων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων από τους συμμετέχοντες και τις αντιλήψεις τους για τις ιδέες και τις ικανότητες των μαθητών τους. Μετά από αυτήν την αρχική κατηγοριοποίηση έγινε προσπάθεια για να αναγνωριστούν συγκεκριμένα προφίλ εντός και ανάμεσα σε αυτές τις κατηγορίες.

Με βάση τις δύο κατηγορίες που δημιουργήθηκαν από την ανάλυση των συνεντεύξεων, σχεδιάστηκε ερωτηματολόγιο τύπου Likert, στο οποίο συμμετείχαν 74 καθηγητές Φ.Ε. με μέσο όρο εμπειρίας τα 17,5 χρόνια. Από αυτούς το 26% ήταν φυσικοί, το 34% βιολόγοι, το 35% χημικοί και το 5% αγνώστου επιστημονικού αντικειμένου. Οι επτά συμμετέχοντες στο στάδιο της συνέντευξης δεν συμμετείχαν στη διαδικασία του ερωτηματολογίου. Αυτό έγινε με στόχο να αποφευχθούν πιθανές επιπτώσεις στην αξιολόγηση, καθώς λόγω των ομοιοτήτων ανάμεσα στα δύο ερευνητικά εργαλεία υπήρχε κίνδυνος να επηρεάζοντουσαν οι απαντήσεις τους από τη συμμετοχή στη συνέντευξη.

Η ανάπτυξη των στοιχείων (items) του ερωτηματολογίου που βασίστηκε στις διδακτικές πρακτικές των συμμετεχόντων σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση. Οι 21 συνολικά ερωτήσεις που προέκυψαν διατυπώθηκαν χρησιμοποιώντας τους όρους και τις φράσεις που ανέφεραν οι συμμετέχοντες. Με παρόμοιο τρόπο έγινε και η ανάπτυξη του δεύτερου μέρους του Likert (εννέα ερωτήσεις), το οποίο είχε να κάνει με τις απόψεις των μαθητών για τα μοντέλα και τις ικανότητες μοντελοποίησης (Παράρτημα Ι).

Το Πρότυπο των συμμετεχόντων στην έρευνα των Justi & Gilbert (2003) ήταν ακριβώς ίδιο με αυτό της έρευνας των Justi & Gilbert (2002). Για τη συλλογή των ερευνητικών δεδομένων σχεδιάστηκε ημι-δομημένη συνέντευξη, οι ερωτήσεις της οποίας δοκιμάστηκαν πρώτα σε πέντε καθηγητές Φ.Ε. δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Παράρτημα Ι). Οι ερωτήσεις βασίστηκαν στην έρευνα των Grosslight et al. (1991). Ωστόσο, οι Justi & Gilbert (2003) δεν ενδιαφέρθηκαν μόνο για το πώς οι εκπαιδευτικοί ορίζουν την έννοια του μοντέλου, αλλά και για το κατά πόσον οι ερμηνείες τους αλλάζουν όταν τις εφαρμόζουν σε επιστημονικά παραδείγματα. Κατά συνέπεια, χρησιμοποιήθηκαν ερωτήσεις τέτοιες ώστε να προκύπτει μια ξεκάθαρη εικόνα για το πώς οι συμμετέχοντες αναπροσαρμόζουν ένα επιστημονικό μοντέλο ώστε να γίνεται κατανοητό.

Πριν από την έναρξη της κάθε συνέντευξης οι συμμετέχοντες ενημερώνονταν ότι σκοπός της ήταν να συζητηθούν ορισμένες από τις απόψεις τους πάνω στα μοντέλα και τη μοντελοποίηση. Επιπλέον, ενθαρρύνονταν να κάνουν σχόλια ή να διατυπώσουν τις δικές τους ερωτήσεις. Τα παραδείγματα (instances) των ερωτήσεων παρουσιάζονταν στους συμμετέχοντες με τρεις τρόπους: ως χειροπιαστά αντικείμενα, ως σχέδια σε κάρτες και ως αναπαραστάσεις. Η σειρά παρουσίασής τους ήταν κάθε φορά διαφορετική. Στόχος της ανάλυσης των κειμένων των συνεντεύξεων ήταν η οργάνωση των ιδεών των συμμετεχόντων. Αυτό έγινε για να αναγνωριστούν πιθανά προφίλ μέσα σε αυτές.

Στην έρευνα των Sprötte & Eilks (2007) συμμετείχαν 14 έμπειροι καθηγητές Χημείας δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Οι περισσότεροι από αυτούς είχαν πάνω από 15 χρόνια διδακτικής εμπειρίας. Στη διαδικασία συλλογής ερευνητικών δεδομένων ενεπλάκησαν 28 μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Χημείας, οι οποίοι χωρίστηκαν σε ζεύγη για να πάρουν συνέντευξη από έναν από τους έμπειρους καθηγητές της έρευνας. Οι συνεντεύξεις ήταν τυποποιημένες με διάρκεια 45 λεπτών.

Στην πρώτη φάση της έρευνας, οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί συγκέντρωσαν και προσπάθησαν να ερμηνεύσουν τις συνεντεύξεις για να ακολουθήσει συζήτηση. Ακολούθησε μια πιο εκτενής ανάλυση σχετικά με την αναπαράσταση περιεχομένου και την παιδαγωγική και επαγγελματική εμπειρία των καθηγητών από πανεπιστημιακούς ερευνητές, με βάση τις ηχογραφήσεις των συνεντεύξεων και τις βασικές αρχές της ποιοτικής ανάλυσης περιεχομένου. Ως αποτέλεσμα της ανάλυσης αυτής δημιουργήθηκε ένα δίκτυο, το οποίο απεικονίζει τις αντιλήψεις των καθηγητών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση, χρησιμοποιώντας το πρότυπο των Grosslight et al. (1991) με τα τρία επίπεδα κατανόησης και τις έξι διαστάσεις.

Εννέα καθηγητές Χημείας με τουλάχιστον δέκα χρόνια διδακτικής εμπειρίας, οι οποίοι συμμετείχαν σε πρόγραμμα εκπαίδευσης αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνας των Drechsler & van Driel (2008).

Για τις ανάγκες της έρευνας αυτής σχεδιάστηκε ημι-δομημένη συνέντευξη με βάση την έρευνα του Kvale (1996), αποτελούμενη από τρεις διακριτές φάσεις: την εισαγωγική – ενημερωτική, την κύρια και την απολογιστική φάση. Η πρώτη και η τρίτη φάση δεν ηχογραφήθηκαν. Στην εισαγωγική – ενημερωτική φάση ο ερευνητής εξηγούσε στους συμμετέχοντες το σκοπό και τη διαδικασία της έρευνας (διάρκεια, μαγνητοφώνηση κλπ). Στη συνέχεια συζήτηση με τους συμμετέχοντες σχετικά με τη σειρά εκπαιδευτικών διαλέξεων, στην οποία αυτοί συμμετείχαν.

Η κύρια φάση της ημι-δομημένης συνέντευξης αποτελούνταν από τέσσερα μέρη. Αρχικά οι συμμετέχοντες ρωτήθηκαν για τον τρόπο με τον οποίον σχεδίαζαν σειρά μαθημάτων για τη διδασκαλία συγκεκριμένης ενότητας. Στη συνέχεια έγινε συζήτηση πάνω στα βιβλία που χρησιμοποιούσαν οι συμμετέχοντες, κατά τη διάρκεια της οποίας κλήθηκαν να σχολιάσουν αποσπάσματα των βιβλίων (Παράρτημα Ι). Το τρίτο μέρος περιελάμβανε συζήτηση πάνω στις δυσκολίες που παρατηρήθηκαν από πλευράς μαθητών κατά τη διδακτική διαδικασία. Οι συμμετέχοντες ρωτήθηκαν αν πίστευαν ότι οι μαθητές τους καταλάβαιναν γιατί χρησιμοποιούνται διαφορετικά μοντέλα και αν οι μαθητές γνώριζαν τις διαφορές ανάμεσα στα χρησιμοποιούμενα μοντέλα. Τέλος, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να περιγράψουν την εξέλιξη του επίπεδου ικανοποίησής τους με τη διδασκαλία της συγκεκριμένης ενότητας. Η τρίτη φάση της συνέντευξης, αυτή του απολογισμού, περιελάμβανε συζήτηση κατά την οποία οι συμμετέχοντες είχαν τη δυνατότητα να σχολιάσουν το περιεχόμενο και τη διαδικασία της συνέντευξης.

Η ανάλυση των ερευνητικών δεδομένων ξεκίνησε με την αυτολεξεί μεταγραφή των συνεντεύξεων και τη σύντομη επισκόπηση των κειμένων. Στη συνέχεια, έγιναν περιλήψεις κατά ερώτηση και κατά συμμετέχοντα, ώστε να αναγνωριστούν οι κύριες κατηγορίες και υποκατηγορίες, η ανάλυση των οποίων οδήγησε στη δημιουργία προτύπων. Οι κατηγορίες και τα προφίλ που προέκυψαν ανάμεσα στους συμμετέχοντες συγκρίθηκαν και αναλύθηκαν.

Στην εργασία των Danusso et al. (2010) γίνεται αναφορά σε μία τριετή έρευνα, η οποία είχε ως στόχο να διερευνήσει το επίπεδο των γνώσεων μελλοντικών καθηγητών φυσικής, μαθηματικών και της επιστήμης του μηχανικού πάνω στα επιστημονικά μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης. Η έρευνα αυτή έγινε στο ευρύτερο πλαίσιο της διερεύνησης της αποτελεσματικότητας μιας διδακτικής παρέμβασης που αποσκοπούσε στη βελτίωση των γνώσεων αυτών. Στην έρευνα συμμετείχαν 400 μελλοντικοί καθηγητές. Το ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε ήταν: «ποιες είναι οι αρχικές γνώσεις των συμμετεχόντων στην έρευνα μελλοντικών καθηγητών σχετικά με τα επιστημονικά μοντέλα».

Για τις ανάγκες της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν συνολικά τέσσερα ερωτηματολόγια (Παράρτημα Ι). Το πρώτο ερωτηματολόγιο (E1) αναπτύχθηκε πρώτη φορά στην εργασία των Pinto & Gutierrez (2005) και αποτελούνταν από τρεις ερωτήσεις ανοικτού τύπου. Πριν την εφαρμογή του εγκρίθηκε από ομάδα έμπειρων καθηγητών Φ.Ε.. Το δεύτερο ερωτηματολόγιο (E2) αποτελούνταν από τέσσερις ερωτήσεις κλειστού τύπου. Οι πιθανές απαντήσεις στην κάθε ερώτηση σχεδιάστηκαν με βάση τις απαντήσεις που συλλέχθηκαν από το διδακτικό πρόγραμμα που προηγήθηκε της έρευνας, στο οποίο συμμετείχαν οι εκπαιδευτικοί. Στο τρίτο ερωτηματολόγιο (E3) ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να σχεδιάσουν δύο μοντέλα που να περιγράφουν φυσικά φαινόμενα, συστήματα ή/και

διεργασίες. Στο τέταρτο ερωτηματολόγιο (E4) διερευνήθηκαν, μέσω τριών ανοικτού τύπου ερωτήσεων, οι απόψεις των συμμετεχόντων σχετικά με το σχεδιασμό μοντέλου περιγραφόμενο από συγκεκριμένες μεταβλητές, την αναγνώριση των συστατικών και λειτουργιών δύο μοντέλων που δίνονταν στους συμμετέχοντες και την αναγνώριση των μεταβλητών και το σχεδιασμό μοντέλου για ένα φυσικό φαινόμενο.

Οι απαντήσεις στα ερωτηματολόγια κατατάχθηκαν με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας. Με βάση το πρώτο ερευνητικό ερώτημα σχηματίστηκαν τρεις κατηγορίες που αφορούν στο γνωστικό επίπεδο των συμμετεχόντων σχετικά με τα επιστημονικά μοντέλα. Για το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα χρησιμοποιήθηκαν τα E2 και E3 ως pre-test και post-test. Η κατηγοριοποίηση έγινε με βάση τις επιλεγμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής του E2 και με βάση την ανάλυση περιεχομένου στις απαντήσεις ανάπτυξης του E3. Με τον τρόπο αυτόν ελέγχθηκε και η σε βάθος χρόνου αποτελεσματικότητα της διδακτικής παρέμβασης. Τέλος, για το τρίτο ερευνητικό ερώτημα έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων των συμμετεχόντων στα pre- και post-test με τη χρήση t-test.

Για τις ανάγκες της έρευνας της Khan (2011), τέσσερις καθηγητές Φ.Ε. μαζί με τις τάξεις τους δέχτηκαν να πάρουν μέρος σε ερευνητικό πρόγραμμα διάρκειας ενός έτους. Οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί ήταν κάτοχοι πτυχίου Φ.Ε. με ειδίκευση στη διδασκαλία των Φ.Ε.. Επιπροσθέτως, είχαν γνώσεις σχετικές με τα επιστημονικά μοντέλα. Η διδακτική τους εμπειρία ήταν από ελάχιστη (ένας χρόνος) έως πολύ μεγάλη (29 χρόνια).

Εξετάστηκαν τέσσερις μελέτες περίπτωσης, μία για κάθε τάξη. Πριν από τη συλλογή των ερευνητικών δεδομένων, οι συμμετέχοντες καθηγητές υποβλήθηκαν σε εισαγωγική συνέντευξη ώστε να γίνει γνωστό το διδακτικό τους υπόβαθρο και οι διδακτικές τους προσεγγίσεις.

Κατά το στάδιο της συλλογής των ερευνητικών δεδομένων καταγράφηκαν οι αλληλεπιδράσεις καθ' όλη τη διάρκεια μιας διδακτικής ενότητας επιλεγμένης από τον καθηγητή. Στη συνέχεια έγινε κωδικοποίηση των παρατηρήσεων αυτών. Επιπλέον, καταγράφηκαν οι απόψεις των μαθητών πριν και μετά το πρόγραμμα, ώστε να εκτιμηθεί η εννοιολογική τους κατανόηση πάνω στα μοντέλα που εντάσσονται στο πρόγραμμα σπουδών.

Η περίοδος των παρατηρήσεων στη σχολική τάξη διήρκησε από πέντε έως οκτώ εβδομάδες. Κατά τη διάρκειά της παρατηρήθηκαν τουλάχιστον τα δύο τρίτα της διδακτικής ενότητας με τις μεθόδους των γραπτών σημειώσεων, της βιντεοσκόπησης και της λήψης φωτογραφιών. Οι παρατηρήσεις κωδικοποιήθηκαν σε κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων (ρουμπρίκα), η οποία συμπληρώθηκε με τις παρατηρήσεις πάνω στις μεθόδους διδασκαλίας των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών ανά ημέρα και ώρα παρατήρησης, τις παρατηρήσιμες ενέργειες καθηγητών και εκπαιδευτικών και τη συχνότητά τους. Οι ενέργειες αυτές συνδέθηκαν με το θεωρητικό πλαίσιο της βασισμένης σε μοντέλα διδασκαλίας σε σχέση με τρεις βασικές διαδικασίες κατασκευής μοντέλων: της δημιουργίας, της αξιολόγησης και της τροποποίησής τους.

Κάθε εκφραστική ή μη λεκτική ενέργεια που παρατηρήθηκε μπορούσε να κωδικοποιηθεί σε αντιστοιχία μόνο με μια από τις τρεις διαδικασίες (δημιουργία, αξιολόγηση, τροποποίηση) σε σχέση με μια στρατηγική που ακολουθούσε ο

εκπαιδευτικός. Οι ερευνητές δεν μπορούσαν να απομονώσουν μια διδακτική στρατηγική και να θεωρήσουν ότι λάμβανε χώρα διδασκαλία βασισμένη σε μοντέλα, απλά επειδή γινόταν η παρατήρηση αυτής. Κύρια προτεραιότητα ήταν να εξακριβώσουν ότι οι μαθητές καλούνται να εμπλακούν σε ασκήσεις που σχετίζονται με διδασκαλία βασισμένη σε μοντέλα. Για κάθε τάξη που παρατηρήθηκε συμπληρώθηκε η αντίστοιχη ρουμπρίκα.

Η βιντεοσκόπηση πραγματοποιήθηκε μέσω ψηφιακής κάμερας, η οποία μαγνητοσκοπούσε διακριτικά τα γεγονότα κατά τη διάρκεια των μαθημάτων και των εργαστηρίων. Οι ερευνητές κρατούσαν επίσης σημειώσεις για τις συζητήσεις ανάμεσα σε καθηγητές και μαθητές και τις συνολικές τους αλληλεπιδράσεις χρησιμοποιώντας μια ανοικτού τύπου αφηγηματική μέθοδο, αλλά κρατώντας και συνοπτικές σημειώσεις για τις αλληλεπιδράσεις. Αμφότερα βίντεο και αλληλεπιδράσεις χρησιμοποιήθηκαν για τη συμπλήρωση της ρουμπρίκας.

Στην έρευνα των Harlow et al. (2013) συμμετείχαν συνολικά 20 μελλοντικοί εκπαιδευτικοί εκ των οποίων οι 11 ανήκαν στο πεδίο των Φ.Ε., κατά τη διάρκεια εκπαιδευτικού προγράμματος.

Για τις ανάγκες της έρευνα συλλέχτηκαν τρεις διαφορετικοί τύποι δεδομένων, ο πρώτος τύπος δεδομένων συλλέχτηκε με βιντεοσκόπηση των συζητήσεων που γινόταν σε μικρές ομάδες μαθητών κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων στη σχολική τάξη. Συνολικά βιντεοσκοπήθηκαν 40 ώρες μαθήματος. Ένας δεύτερος τύπος δεδομένων περιελάμβανε γραπτά κείμενα των συμμετεχόντων, τα οποία προέρχονταν από γραπτές απαντήσεις σε μεταξύ τους online συζητήσεις, τέσσερις ατομικές εργασίες και δύο πλάνα μαθήματος που σχεδίασαν οι ίδιοι για μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Ο τρίτος τύπος δεδομένων συλλέχτηκε με τη μέθοδο της ημι-δομημένης συνέντευξης στο τέλος του προγράμματος, διάρκειας 15 έως 35 λεπτών.

Ακολούθησε η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχτηκαν, η οποία βασίστηκε στην ποιοτική ανάλυση περιεχομένου της έρευνας του Mostryn (1985) και περιελάμβανε τρεις κύκλους. Στον πρώτο κύκλο ανάλυσης οι ερευνητές κατέληξαν σε δύο βασικές κατηγορίες, οι οποίες ήταν οι αντιλήψεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών για τις απόψεις των μαθητών και οι αντιλήψεις τους για τη διδασκαλία των Φ.Ε.. Στο δεύτερο κύκλο ανάλυσης έγινε προσπάθεια σύνθεσης των δεδομένων, τα οποία συνδέθηκαν μεταξύ τους με βάση μια «κεντρική έννοια». Στον τελικό κύκλο ανάλυσης επανεξετάστηκε η κεντρική έννοια και προστέθηκαν τρεις επιπλέον θεματικές.

Επτά μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Φ.Ε. έλαβαν εθελοντικά μέρος στην έρευνα του Aktan (2013). Όλοι τους φοιτούσαν σε πανεπιστήμιο των Η.Π.Α. και για τις ανάγκες της έρευνας έλαβαν μέρος σε εκπαιδευτικά προγράμματα Βιολογίας και Χημείας.

Ως ερευνητικά εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν ένα ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις ανοικτού τύπου και μια ημι-δομημένη συνέντευξη. Ο σχεδιασμός και των δύο βασίστηκε στην έρευνα των Grosslight et al. (1991). Το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από επτά ερωτήσεις ανοικτού τύπου με επιπλέον δύο υπο-ερωτήματα και διαρθρωνόταν σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος σχεδιάστηκε για να συλλεχτούν τα βιογραφικά δεδομένα των συμμετεχόντων (φύλλο, διδακτική εμπειρία κλπ), ενώ το δεύτερο περιελάμβανε ερωτήσεις για τις απόψεις και τις γνώσεις τους πάνω στα επιστημονικά μοντέλα.

Ακολούθησε η ποιοτική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχτηκαν μέσω του ερωτηματολογίου, ώστε να αναζητηθούν θεματικές και τάσεις που θα μπορούσαν να προκύψουν από τις απαντήσεις των συμμετεχόντων.

Η ημι-δομημένη συνέντευξη σχεδιάστηκε με σκοπό να αποκαλυφθούν πιθανές θεματικές και προφίλ ανάμεσα στις γνώσεις και τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τα μοντέλα. Οι συνεντεύξεις έγιναν ατομικά για τον κάθε συμμετέχοντα και είχαν τυπική διάρκεια 50 λεπτών. Όλες ηχογραφήθηκαν και μεταγράφηκαν αυτολεξεί. Η ανάλυση των συνεντεύξεων έγινε με βάση την ερμηνευτική φαινομενολογική ανάλυση του Smith.

Το δείγμα της έρευνας των Wang et al. (2014) αποτελούνταν από 39 έμπειρους καθηγητές Χημείας, οι οποίοι έλαβαν μέρος σε εκπαιδευτικό πρόγραμμα. Όλοι τους είχαν πάνω από δέκα χρόνια διδακτικής εμπειρίας.

Για τη συλλογή των ερευνητικών δεδομένων σχεδιάστηκε ερωτηματολόγιο με τρεις ερωτήσεις ανοικτού τύπου. Για τον έλεγχο της εγκυρότητάς του ζητήθηκαν συμβουλές από ειδικούς (experts) στη διδασκαλία των Φ.Ε., αλλά και από έμπειρους καθηγητές Χημείας. Στην τελική του μορφή το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από τρία στοιχεία (items), μέσω των οποίων διερευνήθηκε η γνώση των συμμετεχόντων πάνω σε γνωστικά μοντέλα και την εφαρμογή τους, πως οι συμμετέχοντες επέλεγαν ένα μοντέλο και πως το κατασκεύαζαν.

Στην πρώτη ερώτηση του ερωτηματολογίου οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να σχεδιάσουν τη δομή του γραφίτη, ώστε να γίνουν γνωστά τα νοητικά τους μοντέλα. Τα σχέδια χωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες (Παράρτημα Ι). Στο δεύτερο ερώτημα δίνονταν στους συμμετέχοντες τέσσερις φωτογραφίες ή μοντέλα και τους ζητούνταν να περιγράψουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του κάθε μοντέλου, αλλά και να διαλέξουν το καταλληλότερο για τη διδασκαλία. Στην τρίτη ερώτηση έγινε αναφορά στο «πλανητικό» μοντέλο του ατόμου, με στόχο τη διερεύνηση της κατασκευής μοντέλων από τους συμμετέχοντες.

Στην έρευνα των Torres & Vasconcelos (2015) συμμετείχαν συνολικά 65 μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Φ.Ε. με ειδίκευση στη Βιολογία και στη Γεωλογία, οι οποίοι φοιτούσαν σε διάφορα πανεπιστήμια της Πορτογαλίας.

Στο πλαίσιο της έρευνας των Torres & Vasconcelos (2015) σχεδιάστηκε ερωτηματολόγιο με 22 ερωτήσεις κλειστού τύπου. Από αυτές, οι τέσσερις είχαν να κάνουν με τη διερεύνηση των απόψεων των συμμετεχόντων για τα επιστημονικά μοντέλα και τη μοντελοποίηση (Παράρτημα Ι). Πριν απαντήσουν στο ερωτηματολόγιο, οι συμμετέχοντες ρωτήθηκαν για τα βιογραφικά τους στοιχεία.

Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου βασίστηκαν σε προηγούμενες σχετικές έρευνες και αφορούσαν σε τέσσερις θεματικές για τα επιστημονικά μοντέλα: i) ορισμός επιστημονικού μοντέλου, ii) θεωρίες, φαινόμενα και μοντέλα, iii) φύση των επιστημονικών μοντέλων και iv) εφαρμογή των επιστημονικών μοντέλων στα μαθήματα των Φ.Ε.. Για την κάθε ερώτηση οι συμμετέχοντες μπορούσαν να επιλέξουν μόνο μία από τις επτά εναλλακτικές απαντήσεις που δίνονταν. Οι εναλλακτικές απαντήσεις περιελάμβαναν τέσσερις κύριες δηλώσεις, οι οποίες αποκάλυπταν διαφορετικές οπτικές για την κάθε θεματική. Αυτές προέρχονταν από αποτελέσματα παλαιότερων ερευνών. Οι

υπόλοιπες τρεις επιλογές αντιπροσώπευαν τις «ουδέτερες» απαντήσεις («έχω πρόβλημα στην κατανόηση της πρότασης», δεν έχω αρκετές γνώσεις για να απαντήσω στις ερωτήσεις», «καμιά από τις επιλογές δεν αντιστοιχεί στην άποψή μου»). Με τον τρόπο αυτόν αποφεύχθηκε η τυχαία επιλογή κάποιας απάντησης που θα μπορούσε να επηρεάσει τα αποτελέσματα της έρευνας.

Μετά τη συλλογή των ερευνητικών δεδομένων ακολούθησε η στατιστική τους ανάλυση. Κάθε απάντηση συμμετέχοντα, η οποία αντιστοιχούσε σε κάποιο στοιχείο αξιολόγησης των απόψεων για τα επιστημονικά μοντέλα, συγκρίθηκε με ήδη διατυπωμένες απόψεις και εντάχθηκε σε μια από τις κατηγορίες «ενημερωμένος», «αδαής» ή «μη ενημερωμένος».

4. Συλλογή και ανάλυση ερευνητικού υλικού

Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας πραγματοποιήθηκε η διερεύνηση και η κριτική ανάλυση των απόψεων έμπειρων καθηγητών Φ.Ε. της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, σχετικά με τα επιστημονικά μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης, καθώς και η διερεύνηση των βασισμένων σε μοντέλα πρακτικών που χρησιμοποιούν στη σχολική τάξη.

4.1. Μεθοδολογία έρευνας

4.1.1. Ερευνητικά ερωτήματα

Τα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν στην παρούσα έρευνα προέκυψαν με βάση την επισκόπηση αντίστοιχων ερευνών της διεθνούς βιβλιογραφίας (Harrison, 2001; Justi & Gilbert, 2002; van Driel & Verloop, 2002; Justi & Gilbert, 2003; Drechsler & van Driel, 2008; Khan, 2011; Aktan, 2013). Στις έρευνες αυτές έγινε εμφανές ότι οι γνώσεις της πλειοψηφίας των εκπαιδευτικών Φ.Ε. δεν ήταν σε ικανοποιητικό επίπεδο. Επιπλέον οι εκπαιδευτικοί δεν φάνηκαν να αξιοποιούν σε μεγάλο ποσοστό τις βασισμένες σε μοντέλα διδακτικές διαδικασίες όπως θα έπρεπε. Για τους παραπάνω λόγους θεωρήθηκε σκόπιμο να διερευνηθούν τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το αν αφορούν στις απόψεις και τις γνώσεις των συμμετεχόντων σχετικά με τα μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης (κατηγορία Α) και στις βασισμένες σε μοντέλα πρακτικές των συμμετεχόντων κατά τη διδακτική διαδικασία (κατηγορία Β):

A.1. Ποιό είναι το επίπεδο κατανόησης των έμπειρων καθηγητών Φ.Ε. ως προς τη φύση και τις λειτουργίες των επιστημονικών μοντέλων;

A.2. Ποιές είναι οι απόψεις των έμπειρων καθηγητών Φ.Ε. σχετικά με την πολλαπλότητα και την αλλαγή των μοντέλων;

B.1. Πώς χρησιμοποιούν τα μοντέλα στη διδακτική διαδικασία οι έμπειροι καθηγητές Φ.Ε.;

4.1.2. Συμμετέχοντες και συμμετέχουσες στην έρευνα

Για τη διερεύνηση των ερευνητικών ερωτημάτων σχεδιάστηκε ημι-δομημένη συνέντευξη, η οποία εφαρμόστηκε σε οκτώ έμπειρους/ες καθηγητές και καθηγήτριες Χημείας και Φυσικής (τρεις άνδρες, πέντε γυναίκες) με παρόμοια τυπικά προσόντα και διδακτική εμπειρία. Συγκεκριμένα, πέντε εκ των συνεντευζιαζόμενων ήταν φοιτητές/ριες σε Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών σχετικό με τη Διδακτική της Χημείας, ενώ ένας εξ αυτών ήταν και κάτοχος μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διδακτική των Φ.Ε. Δύο από τις συμμετέχουσες ήταν κάτοχοι μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διδακτική των Φ.Ε. Μόνο ένας εκ των συμμετεχόντων στην έρευνα εκπαιδευτικών δεν είχε κάποια σχετική μετεκπαίδευση στη διδακτική, αν και ήταν κάτοχος μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών σε άλλο επιστημονικό πεδίο.

Επτά από το σύνολο των εκπαιδευτικών δίδασκαν σε δημόσιο και ένας σε ιδιωτικό σχολείο τα μαθήματα μόνο της Χημείας (τρεις εκπαιδευτικοί) και της Φυσικής (ένας εκπαιδευτικός) ή και τα δύο (τέσσερις εκπαιδευτικοί). Όλοι και όλες τους είχαν πάνω από 10 έτη εμπειρίας στη διδασκαλία στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

4.1.3. Ερευνητικά εργαλεία

Για τη διερεύνηση των ερευνητικών ερωτημάτων της παρούσας έρευνας επιλέχτηκε το ερευνητικό εργαλείο της ημι-δομημένης συνέντευξης (Παράρτημα ΙΙ). Η συλλογή ερευνητικών δεδομένων μέσω ημι-δομημένης συνέντευξης χρησιμοποιήθηκε σε πολλές έρευνες της σχετικής βιβλιογραφίας (Justi & Gilbert, 2002; van Driel & Verloop, 2002; Drechsler & van Driel, 2008; Harlow et al., 2013; Aktan, 2013).

Για τη διερεύνηση των ερευνητικών ερωτημάτων της κατηγορίας Α η ημι-δομημένη συνέντευξη εστίαζε στις τέσσερις διαστάσεις των επιστημονικών μοντέλων (φύση, λειτουργία, πολλαπλότητα, αλλαγή) και δομήθηκε με βάση αυτές σε τέσσερις αντίστοιχες ενότητες. Οι διαστάσεις επιλέχτηκαν με βάση την έρευνα των Grosslight et al. (1991), όπως αναφέρεται από την Πετρίδου (2008).

Συγκεκριμένα, η πρώτη ενότητα της ημι-δομημένης συνέντευξης περιελάμβανε ερωτήσεις σχετικές με τη φύση των επιστημονικών μοντέλων, οι οποίες διατυπώθηκαν με βάση τις ερωτήσεις συνεντεύξεων και ερωτηματολογίων στις σχετικές έρευνες των Harrison (2001), van Driel & de Jong (2001), Justi & Gilbert (2003), Πετρίδου (2008), Danusso et al. (2010) και Torres & Vasconcelos (2015). Στην ενότητα αυτή έγινε προσπάθεια να εκμαιευτούν οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τα βασικά χαρακτηριστικά του επιστημονικού μοντέλου, τι αναπαριστά και τη σύνδεσή του με κάποιον ερευνητικό στόχο.

Φύση των μοντέλων

- i. Τι σκεφτόσαστε όταν ακούτε τη λέξη «επιστημονικό μοντέλο» στις Φ.Ε.;
- ii. Από τα παρακάτω παραδείγματα που θα σας αναφέρω, ποιά θα χαρακτηρίζατε ως μοντέλα και ποιά όχι; Ποιά η σχέση τους με την πραγματικότητα;

ΔΕΙΧΝΟΝΤΑΙ ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

- α) Μικρογραφία αυτοκινήτου (παιχνίδι)
 - β) Φωτογραφία πραγματικού αυτοκινήτου
 - γ) Μαθηματική εξίσωση $y = a \cdot x + b$
 - δ) Σχέδιο ενός σώματος μέσα σε δοχείο με νερό, στο οποίο έχουν σχεδιαστεί οι ασκούμενες δυνάμεις.
 - ε) Διάγραμμα P-T
 - στ) Εικόνα στην οποία φαίνεται η ένδειξη ενός θερμομέτρου
 - ζ) “Ball & stick” αναπαράσταση του μορίου του CO_2
- iii. Τι αναπαριστούν;

Οι ερωτήσεις της δεύτερης ενότητας, σχετικής με τη λειτουργία των μοντέλων, διατυπώθηκαν με βάση τις έρευνες των van Driel & de Jong (2001), Justi & Gilbert (2002), Πετρίδου (2008), Danusso et al. (2010) και Torres & Vasconcelos (2015). Στόχος των ερωτήσεων της δεύτερης ενότητας ήταν να ανιχνευθεί κατά πόσον οι εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται το επιστημονικό μοντέλο ως ερευνητικό εργαλείο, αν γνωρίζουν σχετικά με την προβλεπτική του λειτουργία ή αν περιορίζουν το ρόλο του μόνο ως διδακτικό βοήθημα.

Λειτουργία των μοντέλων

- i. Για ποιους σκοπούς χρησιμοποιούνται μοντέλα στις Φ.Ε.;
- ii. Ποιός ο ρόλος τους στη διδασκαλία των Φ.Ε.;

Στην ενότητα «πολλαπλότητα των μοντέλων» διατυπώθηκαν ερωτήσεις με βάση τους van Driel & de Jong (2001) και Torres & Vasconcelos (2015). Διερευνήθηκε κατά πόσον οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν παραπάνω του ενός μοντέλα για την περιγραφή ενός στόχου και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους με παράδειγμα από τη διδασκαλία τους.

Πολλαπλότητα των μοντέλων

i. Μπορεί σε ένα φαινόμενο να αναφέρονται περισσότερα του ενός μοντέλα;

- Αν ναι, πώς ή πότε συμβαίνει αυτό;
- Αν όχι πώς ή πότε συμβαίνει αυτό;

Αναπαράσταση των μοντέλων

ii. Τα μοντέλα μπορεί να έχουν περισσότερους από έναν τρόπους αναπαράστασης;

- Αν ναι μπορείτε να αναφέρετε κάποιο παράδειγμα;

Η τέταρτη ενότητα της ημι-δομημένης συνέντευξης είχε να κάνει με την αλλαγή των μοντέλων και περιελάμβανε ερωτήσεις που διατυπώθηκαν με βάση τι έρευνες των Justi & Gilbert (2002) και Torres & Vasconcelos (2015). Εκτός από την ανίχνευση των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών σχετικά με τη δυνατότητα ή/και αναγκαιότητα αλλαγής των μοντέλων, στόχος των ερωτήσεων ήταν και να διερευνηθούν οι αντιλήψεις τους σχετικά με τον τρόπο δοκιμασίας και ελέγχου των μοντέλων στη βάση της αξιοποίησής τους ως ερευνητικά εργαλεία.

Αλλαγή των μοντέλων

i. Αλλάζουν τα μοντέλα στις Φ.Ε.;

- Αν αλλάζουν, πότε ή σε ποιες περιπτώσεις γίνεται αυτό;

Δοκιμασία/έλεγχος των μοντέλων

i. Μπορεί ένα μοντέλο να ελεγχθεί (ή να μπει σε δοκιμασία) για το αν συμπεριφέρεται σύμφωνα με το σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκε;
Ναι ή Όχι; Γιατί;

- Σε ποιες περιπτώσεις αυτό μπορεί να συμβεί;
- Με ποιο τρόπο αυτό μπορεί να επιτευχθεί;

Το ερευνητικό ερώτημα της κατηγορίας Β διερευνήθηκε στην πέμπτη ενότητα της ημι-δομημένης συνέντευξης, μέσω ερωτήσεων που διατυπώθηκαν σύμφωνα με τις σχετικές

έρευνες των van Driel & de Jong (2001), van Driel & Verloop (2002) και Justi & Gilbert (2002). Στην ενότητα αυτή ανιχνεύθηκε ο τρόπος με τον οποίον οι συμμετέχοντες και οι συμμετέχουσες στην έρευνα εκπαιδευτικοί αξιοποιούν τα επιστημονικά μοντέλα κατά τη διδακτική διαδικασία. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στο ρόλο που δίνουν στους μαθητές και τις μαθήτριές τους στο πλαίσιο αυτής της διαδικασίας, αλλά και στο αν χρησιμοποιούν τα μοντέλα ως ερευνητικά εργαλεία. Τέλος, αναγκαία θεωρήθηκε και η διερεύνηση της συνέπειας που υπήρξε ανάμεσα στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στα ερωτήματα της κατηγορίας Α και Β.

ΠΡΑΚΤΙΚΗ

Περιγράψτε μια τυπική/συνήθη ώρα διδασκαλίας κατά την οποία χρησιμοποιείτε μοντέλα.

Ποιές θεματικές αφορούν;

Ακολουθείτε κάποια συγκεκριμένη διδακτική προσέγγιση διδασκαλίας;

Χρησιμοποιείτε τις ιδέες και απαντήσεις των μαθητών για την εξέλιξη ενός μαθήματος που χρησιμοποιούνται μοντέλα;

Πίνακας 4.1. Πρωτόκολλο ταξινόμησης αντιλήψεων για τα επιστημονικά μοντέλα.

	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3
Φύση μοντέλων	<u>Θεωρούν ότι το μοντέλο είναι:</u> 1. Πιστή αναπαράσταση αντικειμένων. 2. Τα βήματα ενός ερευνητή (ένα πρότυπο μιας διαδικασίας, πρωτόκολλο – πείραμα). 3. Μία μέθοδος διδασκαλίας. 4. Ένα προϊόν, μια κατασκευή ή κάτι που απευθύνεται στην κοινωνία για χρήση στην καθημερινότητα. 5. Το φαινόμενο	<u>Θεωρούν ότι το μοντέλο είναι:</u> 1. Μόνο αναπαράσταση ενός φαινομένου, μιας διαδικασίας, ενός συστήματος. 2. Ένα εργαλείο μόνο για την κατανόηση φαινομένων.	<u>Θεωρούν ότι το μοντέλο:</u> 1. Αναπαριστά τις ιδέες και θεωρίες που περιέχονται σε ένα αντικείμενο, ένα φαινόμενο, μια διαδικασία, ένα σύστημα. 2. Δεν αναπαριστά με πιστή ομοιότητα την πραγματικότητα, αλλά μόνο επιλεγμένες λειτουργίες του στόχου. 3. Μπορεί να αποτελέσει ερευνητικό εργαλείο για τον έλεγχο υποθέσεων και ιδεών.
Λειτουργία μοντέλων	<u>Θεωρούν ότι το μοντέλο χρησιμοποιείται:</u> 1. Για να απλουστεύσει, να παρουσιάσει, να διευκρινίσει το θέμα που μελετάται 2. Για να ταξινομηθούν τα φαινόμενα. 3. Ως πρότυπο ερευνητικό θέμα. 4. Για να διευκολύνει την καθημερινότητα	<u>Θεωρούν ότι το μοντέλο χρησιμοποιείται:</u> 1. Μόνο για την εξήγηση ενός φαινομένου. 2. Μόνο για διδακτικούς λόγους, προκειμένου ο δάσκαλος να εξηγήσει κάτι στους μαθητές του, για να συνδέσουν το φαινόμενο με την καθημερινότητα ή/και για αναδόμηση-αναθεώρηση πρόδρομων ιδεών.	<u>Θεωρούν ότι το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί:</u> 1. Τόσο για εξήγηση όσο και για πρόβλεψη. 2. Για την απόκτηση πληροφοριών που δεν είναι απευθείας ορατές σε ένα φαινόμενο. Αντιμετωπίζουν το μοντέλο ως κίνητρο σκέψης και διατύπωσης υποθέσεων και ως βοήθημα για την οικοδόμηση επιστημονικής γνώσης.
Πολλαπλότητα μοντέλων	<u>Θεωρούν ότι:</u> 1. Μπορεί να υπάρχει μόνο ένα μοντέλο για κάθε αναπαριστώμενη οντότητα. 2. Η πολλαπλότητα αφορά στα υλικά κατασκευής του μοντέλου (για παράδειγμα αντί για οδοντογλυφίδες να χρησιμοποιούνται καλαμάκια).	<u>Θεωρούν ότι υπάρχουν</u> πολλαπλά μοντέλα, καθώς διαμορφώνονται ανάλογα με το κοινό στο οποίο απευθύνονται.	<u>Θεωρούν ότι υπάρχουν πολλαπλά μοντέλα για την αναπαριστώμενη οντότητα, καθώς:</u> 1. Μπορούν να κατασκευαστούν πολλά μοντέλα αναφερόμενα σε διάφορες όψεις/ιδιότητες της αναπαριστώμενης οντότητας. 2. Χρειάζονται πολλαπλά μοντέλα για πλήρη αναπαράσταση/εξήγηση ενός συστήματος του πραγματικού κόσμου. 3. Μπορούν να υπάρχουν πολλαπλά μοντέλα για την ίδια αναπαριστώμενη οντότητα, που την ερμηνεύουν διαφορετικά. 4. Τα μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν με πολλές μορφές αναπαράστασης που να εστιάζουν σε διαφορετικά σημεία της θεωρίας.
Αλλαγή μοντέλων	<u>Θεωρούν ότι το μοντέλο:</u> 1. Δεν μπορεί να αλλάξει.	<u>Θεωρούν ότι ένα μοντέλο μπορεί να αλλάξει:</u> 1. Όταν δεν συμπεριφέρεται σύμφωνα με τους σκοπούς του κατασκευαστή του. 2. Όταν δεν ικανοποιεί εκπαιδευτικούς σκοπούς λόγω αλλαγής στη διδακτική ή/και στην επιστήμη.	<u>Θεωρούν ότι το μοντέλο είναι προσωρινό στη φύση και αλλάζει:</u> 1. Όταν η συμπεριφορά του δεν συμφωνεί με την παρατήρηση του φαινομένου ή του συστήματος του πραγματικού κόσμου. 2. Από έναν επιστήμονα, ο οποίος αλλάζει το μοντέλο προκειμένου να τον βοηθήσει να προχωρήσει την έρευνά του έτσι ώστε τα δεδομένα του μοντέλου να έρθουν σε συμφωνία με τα δεδομένα της πραγματικότητας.

4.2. Αποτελέσματα της έρευνας ως προς τις διαστάσεις των επιστημονικών μοντέλων

Τα ερευνητικά αποτελέσματα προέκυψαν από την ανάλυση των κειμένων των απομαγνητοφωνημένων συνεντεύξεων. Οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών κατηγοριοποιήθηκαν μέσω πρωτόκολλου ταξινόμησης αντιλήψεων για τα επιστημονικά μοντέλα σε τρία επίπεδα (Πίνακας 4.1), βασισμένο σε έρευνες της σχετικής βιβλιογραφίας (Grosslight et al., 1999; Crawford & Cullin, 2005; Windschitl & Thomson, 2006; Πετρίδου, 2008; Πετρίδου & Ψύλλος, 2008).

Η ταξινόμηση των αντιλήψεων των συμμετεχόντων έγινε σε τρία επίπεδα και αφορούσε τις επιστημονικές διαστάσεις της φύσης, της λειτουργίας, της πολλαπλότητας και της αλλαγής των μοντέλων. Οι αντιλήψεις που κατατάχθηκαν στο Επίπεδο 1 (naïve) είναι αυτές που αποκλίνουν περισσότερο από αυτές των επιστημόνων, ενώ στο Επίπεδο 3 (sophisticated) βρίσκονται οι αντιλήψεις των συμμετεχόντων που είναι πιο κοντά στις επιστημονικές. Στο Επίπεδο 2 κατατάχθηκαν οι απαντήσεις των επιστημόνων που έχουν φτάσει σε ένα στοιχειώδες επίπεδο κατανόησης, αλλά αποκλίνουν σημαντικά από τις επιστημονικές (intermediate). Επειδή για την κάθε διάσταση έγιναν παραπάνω από μια ερώτηση στους/στις συμμετέχοντες/ουσες εκπαιδευτικούς, παρατηρήθηκε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις οι απαντήσεις που δίνονταν ανά διάσταση δεν μπορούσαν να καταταχθούν όλες σε ένα επίπεδο. Έτσι θεωρήθηκε απαραίτητο να προστεθεί στον πίνακα ταξινόμησης (Πίνακας 4.2) το ενδιάμεσο Επίπεδο 2 & 3.

Στον Πίνακα 4.2, ο οποίος διαμορφώθηκε με βάση την έρευνα των Σαρριγγέλης & Ψύλλος (2015) παρουσιάζεται συνοπτικά η ταξινόμηση των αντιλήψεων των συμμετεχόντων/ουσών στην έρευνα εκπαιδευτικών.

Πίνακας 4.2. Ταξινόμηση αντιλήψεων εκπαιδευτικών για τις επιστημονικές διαστάσεις των μοντέλων.

Διάσταση	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 2 & 3
Φύση	K ₆ , K ₈		K ₂ , K ₃ , K ₅ , K ₇	K ₁ , K ₄
Λειτουργία	K ₄ , K ₆	K ₂ , K ₃ , K ₅ , K ₈	K ₁ , K ₇	
Πολλαπλότητα		K ₂ , K ₆	K ₁ , K ₃ , K ₄ , K ₅ , K ₇ , K ₈	
Αλλαγή		K ₂ , K ₃ , K ₄ , K ₆ , K ₈	K ₁ , K ₅ , K ₇	

4.2.1. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη φύση του μοντέλου

Από τον Πίνακα 4.2 παρατηρείται ότι δύο από τους/τις οκτώ εκπαιδευτικούς (K₁, K₂) έχουν αντιλήψεις σχετικές με τη φύση του μοντέλου που ανήκουν στο ενδιάμεσο Επίπεδο 2 & 3.

Συγκεκριμένα, στα παρακάτω αποσπάσματα της συνέντευξης, η K₁ φαίνεται να θεωρεί ότι το μοντέλο αποτελεί μόνο αναπαράσταση ενός φαινομένου, μιας διαδικασίας ή/και ενός συστήματος (Επίπεδο 2):

E: Πρώτη ερώτηση που θα σας κάνω και αφορά στη φύση των μοντέλων είναι η εξής: τι σκεφτόσαστε όταν ακούτε τη λέξη «επιστημονικό μοντέλο» στις Φ.Ε.; Ποιό είναι το πρώτο πράγμα που σας έρχεται στο μυαλό;

K1: Μου έρχονται στο μυαλό διάφορα παραδείγματα από τη διδασκαλία μου. Ένα μοντέλο μπορεί να είναι μια σχηματική αναπαράσταση, αλλά μπορεί και να είναι ένα αντικείμενο, ας πούμε τα μοντέλα των ατόμων και των μορίων που χρησιμοποιώ συχνά, αλλά μπορεί να είναι και το ατομικό πρότυπο του Bohr.

E: Μάλιστα. Επόμενο παράδειγμα, η εικόνα στην οποία φαίνεται η ένδειξη ενός θερμομέτρου.

K1: Αν είναι επιστημονικό μοντέλο;

E: Ναι.

K1: Νομίζω δεν περιγράφει κάτι, δεν απεικονίζει κάτι, απλά είναι το αντικείμενο του θερμομέτρου αυτό καθ' αυτό. Δεν έχει κάποια στοιχεία πάνω, κάποιες πληροφορίες, ώστε να περιγράφει κάποιο φαινόμενο, κάποια λειτουργία, κάτι... οπότε δεν είναι μοντέλο.

Σε άλλα σημεία της συνέντευξης όμως έδωσε και απαντήσεις που κατατάσσονται στο Επίπεδο 3, καθώς φαίνεται να θεωρεί ότι το μοντέλο αναπαριστά τις ιδέες και θεωρίες που περιέχονται σε ένα αντικείμενο, ένα φαινόμενο, μια διαδικασία ή/και ένα σύστημα:

E: Μάλιστα. Τέταρτο παράδειγμα, στο οποίο θα πρέπει να απαντήσετε, είναι αυτό το σχέδιο το οποίο απεικονίζει ένα σώμα βυθισμένο μέσα σε νερό. Στο σχέδιο όμως είναι σχεδιασμένες και οι δυνάμεις που ασκούνται πάνω στο σώμα αυτό. Αποτελεί μοντέλο, ναι ή όχι και γιατί;

K1: Ναι. Νομίζω είναι η συνθήκη επίπλευσης, δηλαδή η άνωση είναι ίση με το βάρος, οπότε λειτουργεί ως μοντέλο.

E: Για ποιο λόγο; Ποια είναι τα χαρακτηριστικά τα οποία...

K1: Περιγράφει ένα φαινόμενο, απεικονίζει ένα φαινόμενο, το ότι επιπλέει ένα σώμα και ποια συνθήκη ισχύει όταν επιπλέει.

E: Μάλιστα. Ένα διάγραμμα πίεσης – θερμοκρασίας αποτελεί μοντέλο;

K1: Νομίζω ναι, γιατί περιγράφει πως μεταβάλλεται το ένα μέγεθος σε σχέση με το άλλο και μπορείς να προβλέψεις τη συμπεριφορά σε διάφορες τιμές.

Παρομοίως, για την K₄, οι παρακάτω χαρακτηριστικές απαντήσεις την κατατάσσουν στο Επίπεδο 3:

E: Μάλιστα. τρίτο παράδειγμα η μαθηματική εξίσωση $y = ax + b$.

K4: Για μένα αυτό είναι ένα μοντέλο, γιατί δείχνει την εξάρτηση ενός μεγέθους σε συνάρτηση με το άλλο. Μου εξηγεί τη μεταξύ τους σχέση, άρα μου εξηγεί κάτι, οπότε το θεωρώ ότι είναι ένα μοντέλο.

E: Μάλιστα. Επόμενο παράδειγμα είναι αυτό το σχήμα που απεικονίζει ένα στερεό σώμα βυθισμένο σε νερό και πάνω φαίνονται σχεδιασμένες οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα αυτό. Αποτελεί μοντέλο κατά τη γνώμη σας;

K4: Ναι, γιατί βλέπω και τις δυνάμεις. Αν δεν έβλεπα τις δυνάμεις δεν θα ήταν μοντέλο, αλλά εφόσον βλέπω τις δυνάμεις και μου εξηγεί την ισορροπία ναι για μένα είναι μοντέλο.

E: Μάλιστα. Ένα διάγραμμα πίεσης ως προς τη θερμοκρασία; Μπορεί να αποτελέσει μοντέλο;

K4: Πιστεύω πως ναι, γιατί πάλι δείχνει τη μεταβολή ενός φυσικού μεγέθους σε συνάρτηση με κάποιο άλλο... ναι.

Υπάρχουν, όμως, και σημεία στη συνέντευξη όπου φαίνεται να θεωρεί τα μοντέλα μόνο ως αναπαραστάσεις φαινομένων, διαδικασιών, συστημάτων και ως εργαλεία μόνο για την κατανόηση φαινομένων (Επίπεδο 2):

E: Η πρώτη ερώτηση που θέλω να σας κάνω είναι η εξής: τι σκεφτόσαστε όταν ακούτε τη λέξη «επιστημονικό μοντέλο» στις Φ.Ε.; Ποιο είναι δηλαδή το πρώτο πράγμα που σας έρχεται στο μυαλό;

K4: Εμένα μου έρχεται μια εικόνα, που με βοηθάει να αναπαραστήσω και να δικαιολογήσω ένα φαινόμενο.

E: Μάλιστα. Λοιπόν γενικά το μοντέλα, τα επιστημονικά μοντέλα, τι αναπαριστούν;

K4: Αναπαριστούν... με βοηθούν να εξηγήσω την πραγματικότητα, να αναπαραστήσω πράγματα που δεν μπορώ να τα δω με γυμνό μάτι και... τι μου είπες; Ξαναπές μου λίγο την ερώτηση;

E: Τι αναπαριστούν τα επιστημονικά μοντέλα;

K4: Αναπαριστούν την πραγματικότητα, αλλά την πραγματικότητα που δεν βλέπουμε. Το μικρόκοσμο, τις δυνάμεις κ.α.

Δύο εκ των εκπαιδευτικών (K₆ και K₈) κατετάγησαν στο Επίπεδο 1, όσον αφορά τις αντιλήψεις τους για τη φύση του επιστημονικού μοντέλου (Πίνακας 4.2). Στις παρακάτω χαρακτηριστικές απαντήσεις της K₆ και του K₈ φαίνεται ότι θεωρούν πως το μοντέλο είναι μια μέθοδος διδασκαλίας και το φαινόμενο, αντίστοιχα:

E: Ούτε, πάλι... Μάλιστα, συνεχίζουμε... Το σχέδιο ενός σώματος, όπως αυτό εδώ πέρα που βλέπουμε, που δείχνει τις δυνάμεις που ασκούνται όταν βρίσκεται μέσα στο νερό... Αυτό, κατά τη γνώμη σας;

K6: Μια αναπαράσταση.

E: Αποτελεί επιστημονικό μοντέλο ή όχι;

K6: Όχι. Διδακτικό θα μπορούσε, για να διδάξει την έννοια της δύναμης, της άνωσης κι όλα αυτά, αλλά επιστημονικό όχι, τουλάχιστον όπως το 'χω εγώ έτσι στο μυαλό μου.

E: Δηλαδή εννοείτε πως είναι διδακτικό μοντέλο γιατί μπορεί μέσω αυτού να επεξηγήσει.

K6: Βοηθά στη διδακτική της άνωσης, ας πούμε, στο να διδάξει την άνωση.

E: Αλλά επιστημονικό μοντέλο, είπατε, δεν αποτελεί κατά τη γνώμη σας, ωραία.

K6: Όχι.

E: Μάλιστα. Επόμενο παράδειγμα είναι αυτό εδώ το σχήμα, που απεικονίζει μία σφαίρα μέσα σ' ένα υγρό, σ' ένα δοχείο.

K8: Ναι, άνωση και βάρος...

E: Φαίνονται κι οι δυνάμεις πάνω. Κατά τη γνώμη σας, είναι επιστημονικό μοντέλο;

K8: Βασίζεται σε επιστημονικό μοντέλο. Βασίζεται στο μοντέλο της βαρύτητας ή της υδροστατικής πίεσης, φαινόμενα ενός σώματος που βυθίζεται μέσα σ' ένα υγρό, ακόμη και μέσα σ' ένα αέριο.

E: Στη θεωρία της βαρύτητας... Αυτό ως αναπαράσταση πιστεύετε ότι δεν αποτελεί επιστημονικό μοντέλο;

K8: Βλέπεις, τώρα είναι το πώς αντιλαμβάνεται κάποιος τη λέξη μοντέλο... Είναι μια αναπαράσταση κάποιων μοντέλων ίσως ή βασίζεται πάνω σε μοντέλα. Εφόσον είναι αναπαράσταση, θα μπορούσε να πει ότι σχετίζεται με επιστημονικό μοντέλο. Εντάξει, μπορούμε να το πούμε ότι είναι ένα μέρος ενός επιστημονικού μοντέλου... με τη βαρύτητα.

E: Μάλιστα. Το διάγραμμα αυτό, πίεσης ως προς τη θερμοκρασία; Ποια η γνώμη σας;

K8: Αν είναι επιστημονικό μοντέλο ή όχι;

E: Ναι.

K8: Είναι βασισμένο, ενδεχομένως, σε κάποιες μετρήσεις και το θεωρώ επιστημονικό μοντέλο. Εντάξει, η αύξηση της πίεσης με βάση τη θερμοκρασία σ' ένα, ίσως, αέριο... οτιδήποτε... Ναι, βασίζεται σε επιστημονικό μοντέλο, είναι αναπαράσταση ενός επιστημονικού μοντέλου.

E: Μάλιστα. Και η ένδειξη ενός θερμόμετρου αποτελεί κατά τη γνώμη σας επιστημονικό μοντέλο;

K8: «Η ένδειξη ενός θερμόμετρου»... Η ένδειξη ενός θερμόμετρου επίσης βασίζεται σε ένα επιστημονικό μοντέλο, διότι πρόκειται περί του φαινομένου της διαστολής, οπότε είναι ένα αντικείμενο που περιγράφει ένα επιστημονικό μοντέλο.

Οι αντιλήψεις των υπόλοιπων τεσσάρων εκπαιδευτικών (K₂, K₃, K₅, K₇) ταξινομήθηκαν στο Επίπεδο 3 (Πίνακας 4.2), θεωρώντας ότι το μοντέλο αναπαριστά τις ιδέες και τις θεωρίες που περιέχονται σε ένα φαινόμενο, μια διαδικασία, ένα σύστημα και ότι δεν αναπαριστά με πιστή ομοιότητα την πραγματικότητα, αλλά μόνο επιλεγμένες λειτουργίες του στόχου. Χαρακτηριστικές είναι οι απαντήσεις της K₂ και της K₇, αντίστοιχα:

K₂: Ωραία. Τέταρτο παράδειγμα αυτό το σχήμα το οποίο απεικονίζει ένα στερεό σώμα βυθισμένο μέσα σε νερό με σχεδιασμένο πάνω τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό. Είναι μοντέλο;

E: Ναι. Είναι μοντέλο, έχει μεγάλη διαφορά αν υπάρχουν οι δυνάμεις ή δεν υπάρχουν οι δυνάμεις. Αν μιλήσω για την άνωση και τους βάλλω μια μπάλα μέσα σε ένα δοχείο, τότε τι είχανε τι χάσανε έτσι; Όταν όμως εγώ θα μιλήσω για την άνωση και θα μιλήσω για το βάρος και θέλω να τους πω για το υγρό το οποίο μετατοπίζεται ή για τις δυνάμεις που υπάρχουν πάνω στο σώμα, να αποτελεί μοντέλο.

E: Και ποια η σχέση τους με την πραγματικότητα των απεικονίσεων αυτών;

K7: Ιδανικά, θα πρέπει να είναι πολύ άμεσα. Φυσικά, λαμβάνοντας πάντα υπ' όψιν ότι σ' ένα μοντέλο έχουμε όλες τις εξιδανικεύσεις και λείπουν τα σφάλματα του πραγματικού κόσμου, με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που αυτό συνεπάγεται. Δηλαδή απ' τη μια εστιάζουμε αποκλειστικά στο φαινόμενο χωρίς να χρειάζεται να σκαφτόμαστε όλα τα υπόλοιπα, απ' την άλλη χάνουμε κάποια πράγματα τα οποία όταν θα βρεθούμε στην πραγματικότητα θα τα αντιμετωπίσουμε αναγκαστικά.

4.2.2. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη λειτουργία του μοντέλου

Για τη διάσταση της λειτουργίας του μοντέλου, στον Πίνακα..., παρατηρείται ότι μόνο δύο εκ των συμμετεχόντων/ουσών κατατάχθηκαν στο Επίπεδο 3 (K₁, K₇). Χαρακτηριστική απάντηση της K₇, σύμφωνα με την οποία θεωρεί ότι τα μοντέλα μπορεί να χρησιμοποιηθούν τόσο για εξήγηση, όσο και για πρόβλεψη, αντιμετωπίζοντας το μοντέλο ως κίνητρο σκέψης και διατύπωσης υποθέσεων είναι η ακόλουθη:

E: Εκτός από τη διδασκαλία, δηλαδή, κάπου αλλού αποσκοπούν τα μοντέλα στις Φ.Ε.;

K7: Και στην έρευνα, φυσικά, για να μπορούμε να συγκρίνουμε το πείραμα με τη θεωρία. Δηλαδή κάνεις ένα πείραμα, βλέπεις, για να εξηγήσεις και να δώσεις φυσική σημασία σε αυτό που κάνεις πρέπει αντίστοιχα να σχεδιαστεί ένα μοντέλο και να δούμε αν τα αποτελέσματα του πειράματος θα συμφωνήσουν με τις θεωρητικές προβλέψεις που θα προκύψουν λύνοντας τις εξισώσεις με βάση το μοντέλο. Και αν καταφέρεις αυτά τα δυο να ταυτιστούν, σημαίνει ότι έχεις μία σωστή περιγραφή της πραγματικότητας τελικά, που είναι κι ο σκοπός. Συνδέοντας μεγέθη τέλος πάντων που μπορείς να παρατηρήσεις πειραματικά με όλο το μικροσκοπικό κομμάτι.

Στην περίπτωση της K₁, οι απαντήσεις της στην ενότητα «λειτουργία των μοντέλων» την κατατάσσουν στο Επίπεδο 2:

E: Λοιπόν, τελειώσαμε με τα παραδείγματα. Προχωράμε στην επόμενη ερώτηση: για ποιους σκοπούς χρησιμοποιούνται κατά τη γνώμη σας μοντέλα στις Φ.Ε.;

K1: Συνεχώς λέω στους μαθητές μου ότι η αντικειμενική δυσκολία της Χημείας είναι ότι περιγράφουμε πράγματα τα οποία δεν τα βλέπουμε. Στην προσπάθειά μας να τα περιγράψουμε πρέπει με κάποιον τρόπο να τα φανταστούμε και να τα απεικονίσουμε. Τους έχω εξηγήσει πως σε κάθε τι για το οποίο μιλάμε πρέπει να δημιουργούν εικόνες στο μυαλό τους και να μπορούν και να σχεδιάσουν και αυτές τις εικόνες και ότι πολλές φορές χρησιμοποιούμε μοντέλα επιστημονικά, τα οποία δεν έχουν απαραίτητα σχέση με τα μοντέλα της καθημερινότητας, αλλά μπορεί να είναι μοντέλα χημείας. Και πολύ συχνά χρησιμοποιούμε τα μοντέλα των ατόμων, των μορίων ή κάποια θεωρητικά μοντέλα, όπως ποια είναι η δομή του ατόμου ή ένα μοντέλο μιας χημικής εξίσωσης και πως πραγματοποιείται αυτή. Αυτά.

Ωστόσο, σε απάντησή της στην ενότητα «φύση του μοντέλου» αναφέρεται στην προβλεπτική λειτουργία του μοντέλου:

Ε: Μάλιστα. Ένα διάγραμμα πίεσης – θερμοκρασίας αποτελεί μοντέλο;

Κ1: Νομίζω ναι, γιατί περιγράφει πως μεταβάλλεται το ένα μέγεθος σε σχέση με το άλλο και μπορείς να προβλέψεις τη συμπεριφορά σε διάφορες τιμές.

Συνεπώς, κατατάχθηκε στο Επίπεδο 3 του πίνακα ταξινόμησης (Πίνακας 4.2).

Οι μισοί/ές από τους/τις εκπαιδευτικούς (Κ₂, Κ₃, Κ₅, Κ₈) ταξινομήθηκαν στο Επίπεδο 2 (Πίνακας 4.2). Χαρακτηριστική απάντηση σύμφωνα με την οποία ο Κ₅ θεωρεί ότι το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για διδακτικούς λόγους, προκειμένου ο δάσκαλος να εξηγήσει κάτι στους μαθητές και στις μαθήτρές του, για να συνδέσουν το φαινόμενο με την καθημερινότητα είναι η ακόλουθη:

Ε: «Και ποιος πιστεύετε είναι ο ρόλος τους στη διδασκαλία των Φ.Ε.»;

Κ5: «Ο ρόλος στη διδασκαλία των Φ.Ε. είναι, όπως είπα και πριν, στο να βοηθήσουν τους μαθητές να καταλάβουν με πιο κατανοητούς όρους την πραγματικότητα όπως τη φαντάζεται η φυσική επιστήμη. Όλα είναι... αυτό που είπα πριν πχ από το μικρόκοσμο στον ηλεκτρισμό, από τη θεωρία πχ του πως είναι δομημένη η ύλη τα άτομα κλπ να μεταβούμε μετά σε φαινόμενα ηλεκτρισμού όπως η φόρτιση».

Υπάρχει και περίπτωση εκπαιδευτικού που ενώ αναφέρει ότι το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση πληροφοριών που δεν είναι απευθείας ορατές σε ένα φαινόμενο, δεν αναφέρει ότι μπορεί να αποτελέσει ερευνητικό εργαλείο για έλεγχο υποθέσεων, ούτε ότι έχει προβλεπτική λειτουργία. Συνεπώς, κατατάσσεται στο Επίπεδο 2:

Ε: «Μάλιστα. Επόμενη ερώτηση που έχω να σας κάνω: θα ήθελα να μου πείτε για ποιους σκοπούς πιστεύετε ότι χρησιμοποιούνται τα μοντέλα στις Φ.Ε.»

Κ3: «Ο σκοπός θα λέγαμε ότι είναι για να γίνει κατανοητό κάποιο φαινόμενο, το οποίο δεν μπορούμε εύκολα να το διαπιστώσουμε, να το δούμε με γυμνό μάτι. Άρα αυτός ο σκοπός είναι: για να γίνει πιο εύκολα η κατανόηση ενός φαινομένου. Και κυρίως ενός φυσικού φαινομένου».

Στο Επίπεδο 1, όσον αφορά τις αντιλήψεις τους για τη λειτουργία των μοντέλων, κατατάχθηκαν δύο μόνο εκπαιδευτικοί (Κ₄, Κ₆). Χαρακτηριστική είναι η απάντηση της Κ₆, η οποία φαίνεται να θεωρεί ότι το μοντέλο χρησιμοποιείται μόνο για να απλουστεύει, να παρουσιάσει, να διευκρινίσει το θέμα που μελετάται:

Ε: Μάλιστα. Λοιπόν, επομένη ερώτηση που θέλω να σας κάνω είναι: Κατά τη γνώμη σας για ποιους σκοπούς χρησιμοποιούνται τα μοντέλα στις Φ.Ε.;

Κ6: Ο πρώτος λόγος είναι ότι οι ίδιες οι θεωρίες είναι δύσκολο να διδαχτούν για τα παιδιά. Τα μοντέλα αποτελούν μια πιο απλοϊκή... όχι «απλοϊκή» δεν θα 'λεγα... μια πιο εύκολα προσβάσιμη αναπαράσταση του τι πραγματικά συμβαίνει... του τι πραγματικά νομίζουμε ότι συμβαίνει. Τώρα το «πραγματικά» είναι μια μεγάλη ιστορία.

4.2.3. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για την πολλαπλότητα του μοντέλου

Όπως παρατηρείται από τον Πίνακα 4.2 οι αντιλήψεις μόνο δύο καθηγητριών (K_2 , K_6) κατατάσσονται στο Επίπεδο 2, ενώ όλων των υπολοίπων ταξινομήθηκαν στο Επίπεδο 3. Συγκεκριμένα, η K_2 αν και θεωρεί πως μπορούν να υπάρχουν πολλαπλά μοντέλα για την ίδια αναπαριστώμενη οντότητα θεωρεί και ότι τα πολλαπλά μοντέλα διαμορφώνονται ανάλογα με το κοινό στο οποίο απευθύνονται:

Ε: «Μπορεί, πιστεύετε, σε ένα φαινόμενο να αναφέρονται περισσότερα του ενός μοντέλα»;

K_2 : «Ναι, όχι απλά το πιστεύω, το θεωρώ απαραίτητο. Γιατί εκεί που νομίζουμε ότι τα παιδιά έχουν καταλάβει από μια εικόνα από μια φωτογραφία, από ένα μοντέλο γενικότερα που θα τους παρουσιάσουμε μέσα στην τάξη, μπορεί κάποιοι να έχουν καταλάβει μπορεί κάποιοι να μην έχουν καταλάβει. Όταν όμως έχουμε πολλαπλές αναπαραστάσεις ακόμα και τον μαθητή που δεν τον έχουν προσεγγίσει οι προτέρες παραστάσεις που του έχουμε δώσει, μπορεί κάποια εξ αυτών να του κεντρίσει πραγματικά το ενδιαφέρον και εκεί στο τέλος να πει “το κατάλαβα”. Και αυτό βέβαια είναι το έργο που πρέπει να επιτύχουμε».

Οι εκπαιδευτικοί των οποίων οι αντιλήψεις ταξινομήθηκαν στο Επίπεδο 3, θεωρούν πως χρειάζονται πολλαπλά μοντέλα για την αναπαράσταση και την εξήγηση ενός συστήματος πραγματικού κόσμου, αλλά και ότι τα μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν με πολλές μορφές αναπαράστασης που να εστιάζουν σε διαφορετικά σημεία της θεωρίας. Παρατίθενται τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά αποσπάσματα των συνεντεύξεων:

Ε: «Να χρησιμοποιηθούν δηλαδή περισσότερα από ένα μοντέλα, τα οποία συνολικά θα περιγράφουν, θα εξηγούν το φαινόμενο, θα αναφέρονται στο φαινόμενο αυτό»;

K_1 : «Ναι... τώρα πρέπει να αναφερθώ σε ένα παράδειγμα για να γίνω πιο συγκεκριμένη... εγώ μπορεί να θέλω να διδάξω το φαινόμενο της καύσης του άνθρακα με το οξυγόνο. Μπορώ να θέλω να το διδάξω σε σωματιδιακό επίπεδο με την έννοια του να χρησιμοποιήσω μοντέλα – προσομοιώματα ατόμων και μορίων για να δείξω τη στοιχειομετρία και ταυτόχρονα να θέλω για να δείξω ότι στην καύση ελευθερώνεται και φως εκτός από θερμότητα, να θέλω να επιστρατεύσω και τη δομή του ατόμου για να εξηγήσω τι συμβαίνει με ηλεκτρόνια που αποβάλλονται ή προσλαμβάνονται για να εξηγήσω πως εκπέμπονται φωτόνια. Δηλαδή να έχω να περιγράψω ένα σύνθετο φαινόμενο με πολλές πτυχές».

Ε: «Ένα φυσικό φαινόμενο, αν μπορεί να αναπαρασταθεί, να αναφερθούν σε αυτό παραπάνω από ένα μοντέλα».

K_5 : «Βεβαίως μπορεί αν γίνει αυτό. Πχ μπορούμε να αναπαραστήσουμε το ηλεκτρικό κύκλωμα με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Πχ μπορούμε να αναπαραστήσουμε το μοντέλο της μεταβολής της ενέργειας σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, να περιγράψουμε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σαν ένα... να χρησιμοποιήσουμε ένα μοντέλο όπου όλα θα εξηγούνται, θα ερμηνεύονται, θα αναπαριστούνται με τις μεταβολές της ενέργειας αυτού ή

να χρησιμοποιήσουμε το σωματιδιακό φαινόμενο, να χρησιμοποιήσουμε δηλαδή έννοιες πχ... αυτή η κλασική ηλεκτροδυναμική που μαθαίνουμε στο σχολείο, δηλαδή τα ηλεκτρόνια, τα οποία περιφέρονται γύρω – γύρω κλπ κλπ».

4.2.4. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για την αλλαγή του μοντέλου

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.2 οι περισσότεροι/ες από τους/τις εκπαιδευτικούς (K₂, K₃, K₄, K₆, K₈) όσον αφορά τη διάσταση της αλλαγής του μοντέλου, ταξινομήθηκαν στο Επίπεδο 2, θεωρώντας ότι ένα μοντέλο μπορεί να αλλάξει όταν δεν ικανοποιεί εκπαιδευτικούς σκοπούς λόγω αλλαγής στη διδακτική και στην Επιστήμη. Χαρακτηριστικές είναι οι παρακάτω απαντήσεις:

Ε: Μάλιστα. Κατά την άποψή σας τώρα, αλλάζουν τα μοντέλα στις Φ.Ε.; Και αν ναι, τότε και σε ποιές περιπτώσεις γίνεται αυτό;

K3: Γενικά από την εμπειρία μου πιστεύω ότι τα μοντέλα αλλάζουν. Για παράδειγμα διδάσκουμε στην αρχή το μοντέλο του Bohr, το οποίο στη συνέχεια το... δεν το αναιρούμε πραγματικά, πηγαίνουμε σε μοντέλα πιο σύγχρονα όπως το μοντέλο του Schrödinger, το οποίο είναι πιο εξελιγμένο. Φυσικά ανάλογα με την εποχή και την Επιστήμη. Η Επιστήμη εξελίσσεται, άρα πρέπει και τα μοντέλα και αυτά να εξελίσσονται.

Ε: Πολύ ωραία. Μιας που αναφέρατε προηγουμένως κι αυτό με το μοντέλο του Bohr, αυτό που είχατε πάει να πείτε, πιστεύετε δηλαδή ότι τα επιστημονικά μοντέλα στις Φ.Ε. αλλάζουν.

K8: Πρώτα ξέρουμε ότι υπάρχει μια εξέλιξη στις Φ.Ε. και κάποια πράγματα έχουν αλλάξει ούτος ή άλλως. Ξεκινάμε όλοι να μαθαίνουμε – κι εμείς σαν μαθητές – το μοντέλο του Bohr, καταλήγουμε να μαθαίνουμε για μοριακά τροχιακά, έχουμε φωτογραφίες, ή μάλλον απεικονίσεις, πάνω σε computer πώς είναι το νέφος των ηλεκτρονίων τώρα, σχετικά με ένα κέντρο και διαφορές πιθανές θέσεις τριγύρω του... Εντάξει; Άρα αλλάζουν και οι ίδιες οι ιδέες, έχουν μεταβληθεί. Άρα συνεπώς και τα μοντέλα, τα οποία δείχνουν αυτό το πράγμα, κι αυτά έχουν αλλάξει.

Τρεις εκπαιδευτικοί (K₁, K₅, K₇) κατατάχθηκαν στο Επίπεδο 3, καθώς είτε θεωρούν ότι η αλλαγή του μοντέλου γίνεται αν τα δεδομένα του δεν συμφωνούν με τα δεδομένα του πραγματικού κόσμου (K₁), είτε αντιλαμβάνονται ότι το μοντέλο είναι προσωρινό στη Φύση και αλλάζει από έναν επιστήμονα, ο οποίος αλλάζει το μοντέλο προκειμένου να τον βοηθήσει να προχωρήσει στην έρευνά του, έτσι ώστε τα δεδομένα του μοντέλου να έρθουν σε συμφωνία με τα δεδομένα της πραγματικότητας (K₅, K₇):

Ε: Και αυτά τα μοντέλα στις Φ.Ε. για τα οποία μιλάμε τόση ώρα, πιστεύετε ότι αλλάζουν; Και αν ναι, σε ποιες περιπτώσεις γίνεται αυτό; Ή είναι κάποιες παγιωμένες απεικονίσεις;

K1: Συνεχώς αλλάζουν και βελτιώνονται. Συνεχώς το νεότερο μοντέλο εμπεριέχει βελτιωμένα τα προηγούμενα και ιστορικά ανατρέχοντας, βλέπουμε ότι επειδή συνεχώς

προσεγγίζουμε με όλο και μεγαλύτερη λεπτομέρεια και έχουμε όλο και νεότερα δεδομένα στην επιστήμη της Χημείας, για αυτό επιστρατεύουμε πιο σύνθετα μοντέλα, για να προσεγγίσουμε την πραγματικότητα και να περιγράψουμε τα χημικά φαινόμενα.

Ε: Μάλιστα. Και πιστεύετε ότι μπορεί ένα μοντέλο να ελέγχει, να μπει γενικά σε μια δοκιμασία για το αν συμπεριφέρεται σύμφωνα με τον σκοπό για τον οποίον δημιουργήθηκε;

Κ₇: Ναι, κυρίως σύγκριση με πείραμα. Δηλαδή όταν κάνεις ένα πείραμα και παίρνεις κάποιες παρατηρήσεις σε όσο, φυσικά, το δυνατόν πιο συγκρίσιμες συνθήκες με αυτές του μοντέλου μπορείς να ελέγξεις και την εγκυρότητα του ίδιου του μοντέλου.

Ε: «Πολύ ωραία. Πιστεύετε πως τα μοντέλα αλλάζουν στις Φ.Ε.»;

Κ₅: «Βεβαίως αλλάζουν, όταν αλλάζουν τα φυσικά φαινόμενα τα οποία υποτίθεται ότι αναπαριστούνε. Πχ πρόσφατα... τώρα περιμένουμε την ανακάλυψη από το CERN, ένα σωματίδιο, ένα νανοσωματίδιο κάτι τέτοιο... περιμένουμε τις ανακοινώσεις. Η ανακάλυψη αυτού του νέου σωματιδίου πιθανόν να επιφέρει μια αλλαγή στη θεωρία, οπότε θα αλλάξει και το μοντέλο για το μικρόκοσμο».

4.2.5. Διδακτική αξιοποίηση μοντέλων από τους/τις εκπαιδευτικούς

Εκτός από τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τις επιστημονικές διαστάσεις του μοντέλου, στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε διερεύνηση και των βασιζόμενων σε μοντέλα πρακτικών, που οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν κατά τη διδακτική διαδικασία. Βασικό ζητούμενο της διερεύνησης ήταν το αν οι εκπαιδευτικοί εμπλέκουν ενεργά τους μαθητές και τις μαθήτριά τους στη διδακτική διαδικασία προτρέποντάς τους να χρησιμοποιούν τα μοντέλα για να εξηγήσουν ή να προβλέψουν κάποιο φαινόμενο και αν με αφορμή τη χρήση του μοντέλου εστιάζουν στα επιστημολογικά του χαρακτηριστικά συζητώντας για τη φύση, τους σκοπούς και τη λειτουργία του. Θεωρήθηκε, επίσης, αναγκαίο να διερευνηθεί και η συνέπεια ανάμεσα στο «τι πιστεύουν» οι συμμετέχοντες/ουσες εκπαιδευτικοί για τα μοντέλα και στο «τι κάνουν» μέσα στη σχολική τάξη, κατά τη βασισμένη σε μοντέλα διδακτική τους πρακτική. Η διερεύνηση της συνέπειας έγινε με βάση την κατάταξη των εκπαιδευτικών στον Πίνακα 4.2 και την ανάλυση των απομαγνητοφωνημένων συνεντεύξεων.

Όπως έγινε αντιληπτό από τις απαντήσεις τους, μόνο δύο εκ των συμμετεχόντων/ουσών στην έρευνα (Κ₁, Κ₇) χρησιμοποιούν μαθητοκεντρική διδασκαλία όσον αφορά τα μοντέλα, εμπλέκοντας ενεργά τους μαθητές και τις μαθήτριά τους στη βασισμένη σε μοντέλα διδακτική διαδικασία που ακολουθούν. Συγκεκριμένα, στη διδασκαλία της Κ₇ οι μαθητές και οι μαθήτρίες εμπλέκονται ενεργά χωρίς να οικοδομούν τα δικά τους μοντέλα, αλλά με το να χρησιμοποιούν έτοιμα μοντέλα για να εξηγήσουν ή/και να προβλέψουν φαινόμενα:

Ε: Μάλιστα. Το κάνατε και προηγουμένως κάπως, αλλά θα ήθελα πάλι τώρα να μου περιγράψετε μια τυπική ώρα διδασκαλίας κατά την οποία χρησιμοποιείτε μοντέλα, συνοπτικά βέβαια.

K7: Συνοπτικά... Ξεκινώ ούτως ή άλλως πάντα με μια σύνοψη του τι κάναμε την προηγούμενη φορά, «να μου θυμίσει κάποιος αυτό» κτλ. Συνεχίζουμε, αν είναι καινούρια ενότητα, με τα βασικά σημεία της θεωρίας και μετά πηγαίνουμε στο πείραμα. Το πείραμα το κάνω μ' έναν συνδυασμό των δυο, δηλαδή ξεκινάμε και βλέπουμε «Τι είπαμε; Περιμένουμε να δούμε αυτό. Το βλέπουμε όντως μακροσκοπικά; Ναι. Πώς αυτό εξηγείτε μικροσκοπικά; Έτσι. Για να το δούμε. Όντως, τα μόρια αυξήθηκε η θερμοκρασία και κινούνται όντως πιο γρήγορα, και έτσι εξηγείται – αφού η θερμοκρασία των μορίων συνδέεται με την μέση κινητική ενέργεια κτλ... Αφού αυξήθηκε η ταχύτητά τους, αυξήθηκε η θερμοκρασία, όπως και βλέπουμε». Αυτά συνήθως στο Λύκειο. Στο Γυμνάσιο – μπορεί να το ξέρετε κιόλας από την κα Πετρίδου – ακλουθούμε, ειδικά στη Β' Γυμνάσιου, μία ανάποδη τεχνική που αφήνουμε τα παιδιά να ανακαλύψουν τη γνώση και την καινούρια ενότητα και την κάνουμε την διδασκαλία ανάποδα και τελείως πειραματικά. Δηλαδή μπαίνουμε στο εργαστήριο χωρίς να πούμε θεωρία, είτε με ψηφιακό είτε με πραγματικό εργαστήριο, τα παιδιά έχουν φύλλα εργασίας και ξεκινάμε βήμα μόνα τους. Δηλαδή, αντίστοιχα, θα πάρουν και θα δουν: «βάλτε σε ένα δοχείο ένα σώμα και μετρήστε τον όγκο ή την πυκνότητα» κτλ. Και πάμε βήμα έτσι βλέποντας τα ίδια το πώς εξελίσσεται τελικά και από τι εξαρτάται το φαινόμενο.

Στην περίπτωση της K₁ οι μαθητές και οι μαθήτριες χρησιμοποιούν τα έτοιμα μοντέλα που τους δίνονται και για να κατασκευάσουν τα δικά τους:

E: Μιλάμε τώρα για μια συνήθη ώρα διδασκαλίας. Να την περιγράψετε σχετικά με το πώς χρησιμοποιείτε τα μοντέλα σε αυτήν.

K1: Πάλι το μυαλό μου πηγαίνει στην περίπτωση που μιλάμε για άτομα και μόρια και για τη στοιχειομετρία των χημικών αντιδράσεων, όπου έχω φέρει μέσα στην αίθουσα προσομοιώματα ατόμων και δεσμών και σχηματίζω μόρια. Γράφω στον πίνακα τους χημικούς τύπους και τους ζητάω, δίνοντας τους ένα σετ από μοντέλα ατόμων και μορίων να χτίσουν οι ίδιοι αυτά που έχουμε αναπαραστήσει με χημικούς τύπους στον πίνακα, ζητάω να δημιουργήσουν κάποια τέτοια μόρια, να γράψουν τους χημικούς τύπους, να προβλέψουν αν θα μπορούσε να υπάρχει μια χημική ένωση, για παράδειγμα αν θα μπορούσε να υπάρχει CH₅, ή αν θα μπορούσε να υπάρχει CO₃ με βάση τους χημικούς δεσμούς δηλαδή που βλέπουν ότι μπορεί να κάνει το κάθε στοιχείο και στη συνέχεια τα χρησιμοποιώ για τη στοιχειομετρία των χημικών αντιδράσεων δηλαδή όταν γράφω με χημικούς τύπους στον πίνακα μια χημική αντίδραση, να μπορέσουν μετά να την αναπαραστήσουν με το σετ ατόμων και μορίων που τους έχω δώσει.

Οι K₁ και K₇ κατατάχθηκαν στο Επίπεδο 3 όσον αφορά τις αντιλήψεις τους για τη λειτουργία των επιστημονικών μοντέλων. (Πίνακας 4.2). Υπάρχει δηλαδή συνέπεια ανάμεσα στις απόψεις τους για τη συγκεκριμένη διάσταση των επιστημονικών μοντέλων και στο τρόπο με τον τις εφαρμόζουν στη διδακτική πρακτική.

Οι υπόλοιποι/ες συμμετέχοντες/ουσες (K₂, K₃, K₄, K₅, K₆, K₈) δεν ανέφεραν στις απαντήσεις τους ότι περιλαμβάνουν στη βασισμένη σε μοντέλα διδασκαλία τους την ενεργή συμμετοχή των μαθητών και των μαθητριών τους. Χαρακτηριστική είναι η

απάντηση του K_5 , που αν και στη διδασκαλία του το μοντέλο κατέχει κεντρικό ρόλο στην επεξήγηση φαινομένων, δεν εμπλέκει ενεργά τους μαθητές και τις μαθήτριες:

Ε: Ναι, μια τυπική ώρα... αν μπορείτε να σας έρθει κάτι στο μυαλό, δηλαδή μια συγκεκριμένη θεματική και αν ακολουθείτε κάποια συγκεκριμένη διδακτική προσέγγιση διδασκαλίας.

K_5 : Εγώ προσωπικά τη χρησιμοποιώ στον ηλεκτρισμό, στα ηλεκτρικά κυκλώματα, όπου μια αντίσταση, ένα θέρμιστορ, κάτι τέτοιο εν πάση περιπτώσει, το οποίο το συνδέω σε ένα κύκλωμα σε σειρά ή παράλληλα, το οποίο το ανεβάζω ψηλά τη θερμοκρασία, το καίω με έναν αναπτήρα πχ και βλέπω ότι στο ηλεκτρικό κύκλωμα το οποίο έχει μπει σε σειρά ή παράλληλα γίνονται κάποιες αλλαγές. Εκεί πέρα εξηγώ στα παιδιά ότι προσπαθούν να περιγράψουν γιατί έγινε αυτό το πράγμα και με βάση όλη αυτήν την κουβέντα που ακολουθεί, τους εξηγώ το μοντέλο της κίνησης των σωματιδίων μέσα στα καλώδια, στα κυκλώματα, στο κύκλωμα κλπ, ώστε να καταλάβουν τι σημαίνει ηλεκτρικό ρεύμα, γιατί φωτοβολούν οι λαμπτήρες, την επιρροή της μεταβολής της θερμοκρασίας σε έναν αντιστάτη, στην αλλαγή της φωτοβολίας των λαμπτήρων κλπ κλπ.

Ε: Χρησιμοποιείτε δηλαδή το μοντέλο εισαγωγικά, το βάζετε στην αρχή μια και από κει εν συνεχεία...

K_5 : Ναι δηλαδή τους εξηγώ πως είναι δομημένο το μοντέλο με βάση πειράματα, δεν τους βάζω να οικοδομήσουν αυτοί δικό τους μοντέλο. Είναι...

Άλλη μία χαρακτηριστική απάντηση είναι αυτή της K_2 , η οποία εκτός απ' το ότι χρησιμοποιεί τα μοντέλα στη διδασκαλία της για να επεξηγήσει ένα φαινόμενο, τα χρησιμοποιεί και για την ανάκληση υπαρχόντων γνώσεων. Ούτε στην περίπτωση της όμως οι μαθητές και οι μαθήτριες εμπλέκονται ενεργά:

Ε: Μάλιστα. Και αυτή η συγκεκριμένη διδακτική προσέγγιση που αναφέρατε τη χρησιμοποιείτε γενικά και σε οποιαδήποτε άλλη ενότητα; Δηλαδή όπως είπατε στην αρχή τη θεωρία, στη συνέχεια διδάσκετε τα μοντέλα στη διδασκαλία...

K_2 : Σε κάθε ενότητα προσπαθώ να στηριχτώ σε προηγούμενες γνώσεις που έχουν οι μαθητές. Ενίοτε το πετυχαίνω, ενίοτε δεν το πετυχαίνω. Όμως μέσα από ερωτήσεις αρχίζουν και θυμούνται πράγματα. Και αν έχουνε και το μοντέλο θυμούνται σαφώς πιο εύκολα. Πχ όταν ήθελα να κάνω την ατομική ακτίνα και πως μεταβάλλεται στον περιοδικό πίνακα κατά ομάδες και κατά περιόδους έπρεπε να αναφερθώ σε δυνάμεις Coulomb, στον τύπο δηλαδή του Coulomb. Εκεί έπρεπε να στηριχτώ σε γνώσεις που είχαν τα παιδιά από το γυμνάσιο, οπότε μιλήσανε λίγο για τον τύπο του Coulomb, μιλήσαμε λίγο για τα ηλεκτρόνια, μιλήσαμε λίγο για τα πρωτόνια και τις ελκτικές δυνάμεις και τις απωστικές μεταξύ των ηλεκτρονίων. Ή ακόμα για τα μοριακά και ιοντικά διαλύματα. Κι εκεί τους έδειξα εικόνες με ιόντα, με μόρια αν έχω μοριακό διάλυμα ότι το μόριο μένει ατόφιο, αλλάζει βέβαια κατά τη διάλυσή του στο νερό ή ότι έχουμε κρυσταλλικό πλέγμα και σπάει το κρυσταλλικό πλέγμα και ελευθερώνονται τα ιόντα. Εννοείται ότι τους βοηθάει πάρα πολύ, πάρα πολύ στην κατανόηση.

Όπως προκύπτει από την ανάλυση των συνεντεύξεων, δύο μόνο εκπαιδευτικοί (K_1 , K_7) φαίνεται να χρησιμοποιούν πολλαπλά μοντέλα στη διδακτική τους πρακτική για την πλήρη αναπαράσταση και εξήγηση ενός φαινομένου του πραγματικού κόσμου:

E: Μιλάμε τώρα για μια συνήθη ώρα διδασκαλίας. Να την περιγράψετε σχετικά με το πώς χρησιμοποιείτε τα μοντέλα σε αυτήν.

K1: Πάλι το μυαλό μου πηγαίνει στην περίπτωση που μιλάμε για άτομα και μόρια και για τη στοιχειομετρία των χημικών αντιδράσεων, όπου έχω φέρει μέσα στην αίθουσα προσομοιώματα ατόμων και δεσμών και σχηματίζω μόρια. Γράφω στον πίνακα τους χημικούς τύπους και τους ζητάω, δίνοντας τους ένα σετ από μοντέλα ατόμων και μορίων να χτίσουν οι ίδιοι αυτά που έχουμε αναπαραστήσει με χημικούς τύπους στον πίνακα, ζητάω να δημιουργήσουν κάποια τέτοια μόρια, να γράψουν τους χημικούς τύπους, να προβλέψουν αν θα μπορούσε να υπάρχει μια χημική ένωση, για παράδειγμα αν θα μπορούσε να υπάρχει CH_5 , ή αν θα μπορούσε να υπάρχει CO_3 με βάση τους χημικούς δεσμούς δηλαδή που βλέπουν ότι μπορεί να κάνει το κάθε στοιχείο και στη συνέχεια τα χρησιμοποιώ για τη στοιχειομετρία των χημικών αντιδράσεων δηλαδή όταν γράφω με χημικούς τύπους στον πίνακα μια χημική αντίδραση, να μπορέσουν μετά να την αναπαραστήσουν με το σετ ατόμων και μορίων που τους έχω δώσει.

E: Μάλιστα. Το κάνατε και προηγουμένως κάπως, αλλά θα ήθελα πάλι τώρα να μου περιγράψετε μια τυπική ώρα διδασκαλίας κατά την οποία χρησιμοποιείτε μοντέλα, συνοπτικά βέβαια.

K7: Συνοπτικά... Ξεκινώ ούτως ή άλλως πάντα με μια σύνοψη του τι κάναμε την προηγούμενη φορά, «να μου θυμίσει κάποιος αυτό» κτλ. Συνεχίζουμε, αν είναι καινούρια ενότητα, με τα βασικά σημεία της θεωρίας και μετά πηγαίνουμε στο πείραμα. Το πείραμα το κάνω μ' έναν συνδυασμό των δυο, δηλαδή ξεκινάμε και βλέπουμε «Τι είπαμε; Περιμένουμε να δούμε αυτό. Το βλέπουμε όντως μακροσκοπικά; Ναι. Πώς αυτό εξηγείτε μικροσκοπικά; Έτσι. Για να το δούμε. Όντως, τα μόρια αυξήθηκε η θερμοκρασία και κινούνται όντως πιο γρήγορα, και έτσι εξηγείται – αφού η θερμοκρασία των μορίων συνδέεται με την μέση κινητική ενέργεια κτλ... Αφού αυξήθηκε η ταχύτητά τους, αυξήθηκε η θερμοκρασία, όπως και βλέπουμε». Αυτά συνήθως στο Λύκειο. Στο Γυμνάσιο – μπορεί να το ξέρετε κιόλας από την κα Πετρίδου – ακλουθούμε, ειδικά στη Β' Γυμνασίου, μία ανάποδη τεχνική που αφήνουμε τα παιδιά να ανακαλύψουν τη γνώση και την καινούρια ενότητα και την κάνουμε την διδασκαλία ανάποδα και τελείως πειραματικά. Δηλαδή μπαίνουμε στο εργαστήριο χωρίς να πούμε θεωρία, είτε με ψηφιακό είτε με πραγματικό εργαστήριο, τα παιδιά έχουν φύλλα εργασίας και ξεκινάμε βήμα μόνα τους. Δηλαδή, αντίστοιχα, θα πάρουν και θα δουν: «βάλτε σε ένα δοχείο ένα σώμα και μετρήστε τον όγκο ή την πυκνότητα» κτλ. Και πάμε βήμα έτσι βλέποντας τα ίδια το πώς εξελίσσεται τελικά και από τι εξαρτάται το φαινόμενο.

Όπως παρατηρείται στο Πίνακα 4.2 έξι από τους/τις οκτώ εκπαιδευτικούς ταξινομήθηκαν στο Επίπεδο 3, όσον αφορά τις αντιλήψεις τους για την πολλαπλότητα των μοντέλων. Ωστόσο, μόνο δύο εξ αυτών (K_1 , K_7) φαίνεται να χρησιμοποιούν πολλαπλά μοντέλα κατά τη διδασκαλία τους στη σχολική τάξη. Οι υπόλοιποι/ες εκπαιδευτικοί δεν

καταφέρνουν να φτάσουν ούτε στο Επίπεδο 2, καθώς δεν κάνουν πουθενά αναφορά για χρήση περισσότερων του ενός μοντέλων για να πετύχουν το διδακτικό τους σκοπό.

Στη συνέντευξη της παρούσας έρευνας οι εκπαιδευτικοί ρωτήθηκαν και αν επιλέγουν, αλλάζουν ή προσαρμόζουν τα μοντέλα που χρησιμοποιούν με βάση τις απαντήσεις και τις γενικότερες αντιδράσεις των μαθητών. Οι πέντε από τους/τις οκτώ εκπαιδευτικούς (K₁, K₂, K₄, K₅, K₇) απάντησαν ότι οικοδομούν τα μοντέλα που χρησιμοποιούν με διαφορετικό τρόπο, ανάλογα με τις απαντήσεις των μαθητών, όταν διαπιστώσουν ότι τα μοντέλα δεν ικανοποιούν τους εκπαιδευτικούς σκοπούς. Χαρακτηριστικές είναι οι απαντήσεις της K₂ και του K₅:

E: Μάλιστα. Και χρησιμοποιείται τις ιδέες και τις απαντήσεις των μαθητών για την εξέλιξη ενός μαθήματος στο οποίο χρησιμοποιείτε μοντέλα;

K₂: Ναι, πάντα, δεν μπορείς να κάνεις διαφορετικά. Γιατί πολλά πράγματα ή τα έχουνε κατανοήσει λάθος ή τα έχουνε μάθει για έτσι έπρεπε να κάνουνε. Έχουμε ξεδιαλύνει πολλά πράγματα, όχι όμως ότι τα έχουμε ξεδιαλύνει όλα.

E: Και αυτό σας βοηθάει στον τρόπο με τον οποίον χτίζετε τα μοντέλα που χρησιμοποιείτε μέσα στη διδακτική ώρα;

K₂: Ναι πάντα, γιατί επιλέγω μετά το πώς θα ακολουθήσω τη διδασκαλία μου. Τι θα κάνω δηλαδή στην πορεία. Πρέπει να το κάνω αυτό πρέπει να εστιάσω σε κάτι άλλο περισσότερο, λιγότερο...; Πάντα βέβαια.

E: «Και όσον αφορά τα μοντέλα που χρησιμοποιείτε, παίρνετε δηλαδή στοιχεία από τις ιδέες τους και τις απαντήσεις τους ώστε να το χτίσετε με διαφορετικό τρόπο ή να το αντικαταστήσετε με κάποιο άλλο»;

K₅: «Ναι, το χτίζω με διαφορετικό τρόπο. Να το αντικαταστήσω το θεωρώ απίθανο, είναι πάρα πολύ δύσκολο. Κάποια πράγματα μπορώ να τα αλλάξω, αλλά από κει και πέρα θέλει πάρα πολύ χρόνο να το κάνεις αυτό και δεν υπάρχει αυτός ο χρόνος στο μάθημα».

Και οι τρεις εκπαιδευτικούς που κατατάχθηκαν στο Επίπεδο 3 (K₁, K₅, K₇), όσον αφορά τις απόψεις τους για την αλλαγή των μοντέλων ανέφεραν ότι αλλάζουν τα μοντέλα που χρησιμοποιούν λαμβάνοντας υπόψιν τις απαντήσεις των μαθητών και των μαθητριών τους. Ωστόσο, δεν έφτασαν στο Επίπεδο 3 όσον αφορά τη διδακτική πρακτική, καθώς η αλλαγή του μοντέλου που εφαρμόζουν γίνεται μόνο επειδή θέλει να το αλλάξει ο κατασκευαστής (Επίπεδο 2). Επίσης, από τους/τις πέντε εκπαιδευτικούς που είχαν καταταγεί στο Επίπεδο 2 για την αλλαγή των μοντέλων (Πίνακας 4.2), μόνο δύο εξ αυτών φαίνεται να εφαρμόζουν τις απόψεις τους για τα μοντέλα στην πράξη. Οι υπόλοιποι/ες, ενώ λαμβάνουν υπόψιν τις απαντήσεις των μαθητών για το γενικότερο σχεδιασμό του μαθήματος, δεν φαίνεται να τους επηρεάζουν ως προς τα μοντέλα που χρησιμοποιούν, αλλά μόνο στον τρόπο που θα τα εντάξουν ως κομμάτι της διδασκαλίας τους:

E: «Οπότε μου λέτε πως χρησιμοποιείτε τις ιδέες και τις απαντήσεις των μαθητών για την εξέλιξη ενός μαθήματος στο οποίο χρησιμοποιούνται μοντέλα».

K₃: «Τις χρησιμοποιώ φυσικά τις απαντήσεις των μαθητών, αλλά όχι για να εξελίξουμε το μοντέλο, το μοντέλο παραμένει όπως είναι. Απλώς με το μοντέλο ως βοηθό πάμε και χτίζουμε γενικά τις νέες απόψεις των μαθητών».

E: «Το προσαρμόζετε δηλαδή στο πως θα ενταχθεί στη διδακτική διαδικασία»;

K₃: «Έτσι ακριβώς».

E: «Μάλιστα. Σας ευχαριστώ πολύ για τη συνέντευξη».

E: Εκτός από αυτό, πιο συγκεκριμένα, για τα επιστημονικά μοντέλα που χρησιμοποιείτε, ας πούμε... Όσον αφορά τις αντιδράσεις γενικότερα που βλέπετε με τους μαθητές και τις απαντήσεις τους, τις χρησιμοποιείτε για να αναθεωρήσετε πάνω στα μοντέλα που χρησιμοποιείτε, είτε να τα αλλάξετε είτε να τα χρησιμοποιήσετε σε άλλο κομμάτι του μαθήματος;

K₈: Όχι...

E: Αυτό είναι άλλο, έχει να κάνει με την δική σας προσέγγιση ας πούμε...

K₈: Ναι, έχει να κάνει με την δική μου προσέγγιση και μερικές φορές, δυστυχώς, δεν έχεις και επιλογές. Δηλαδή θα μπορούσα να 'χω ένα τρισδιάστατο μοντέλο, ένα παιχνίδι να παίζουν και ταυτόχρονα να 'χω στην τσέπη μου και την πιθανότητα να τους δείξω κάτι απ' το Διαδίκτυο. Δεν τα 'χω όλα σαν πιθανότητες να πω ότι «αυτό το πράγμα δεν δουλεύει, άρα θα πάω εκεί». Συνήθως αυτό που γίνεται είναι: προαποφασίζεις τι θα χρησιμοποιήσεις, το χρησιμοποιείς, το δείχνεις, το επικοινωνείς, ελπίζεις ότι αυτό έχει περάσει στους περισσότερους, αλλά δεν αλλάζεις το μοντέλο σου. Δεν έχεις αυτή την ευκαιρία γιατί είναι και θέμα χρόνου είναι και θέμα ότι πολλές φορές δεν έχεις και όλες τις επιλογές, να πεις ότι «δεν θα χρησιμοποιήσω αυτό, θα χρησιμοποιήσω κάτι άλλο, μια που δεν το κατάλαβαν».

Τέλος, αυτό που προκύπτει από την ανάλυση των συνεντεύξεων είναι ότι οι εκπαιδευτικοί, στο σύνολό τους, δεν ασχολούνται με τη διδασκαλία των επιστημολογικών χαρακτηριστικών των μοντέλων, κατά τη διδακτική διαδικασία. Χαρακτηριστική είναι η απάντηση της K₇.

E: Μάλιστα. Και κάνετε και κάποια αναφορά μέσα στην τάξη για τα μοντέλα;

K₇: Ξεχωριστή όχι για τα μοντέλα ως μοντέλα. Εγώ συζητώ αρκετά το ότι «αυτό είναι μικροσκοπική περιγραφή, αυτό είναι μακροσκοπική περιγραφή, έτσι πρέπει να τα συνδυάσουμε... εδώ θα είναι ιδανικές συνθήκες, εδώ δεν θα είναι, οπότε τι διαφορές περιμένουμε», αυτά, κάπως έτσι. Αλλά όχι ξεχωριστή αναφορά στα μοντέλα.

4.3. Προφίλ συμμετεχόντων/ουσών εκπαιδευτικών

Εκτός από την «οριζόντια» ανάλυση των ερευνητικών δεδομένων ως προς τις διαστάσεις των μοντέλων, θεωρήθηκε σκόπιμη και η «κάθετη» ανάλυσή τους, ώστε να δημιουργηθούν προφίλ (patterns) εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην παρούσα έρευνα. Τέτοιου είδους ανάλυση ακολουθείται και σε έρευνες της σχετικής βιβλιογραφίας (van Driel & Verloop, 2002; Drechsler & van Driel, 2008; Danusso et al., 2010; Wang et al. 2014). Τα προφίλ των εκπαιδευτικών προέκυψαν λαμβάνοντας υπόψιν, τόσο τις αντιλήψεις τους για τις διαστάσεις

των επιστημονικών μοντέλων, όσο και για τις απαντήσεις που έδωσαν όσον αφορά τη διδακτική τους πρακτική.

Στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζονται συνοπτικά για τον/την κάθε εκπαιδευτικό το επίπεδο κατανόησης του/της ανά διάσταση του μοντέλου, όπως προκύπτει από τον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.3. Ταξινόμηση αντιλήψεων για τις διαστάσεις των μοντέλων ανά εκπαιδευτικό.

Εκπαιδευτικός	Διάσταση			
	Φύση	Λειτουργία	Πολλαπλότητα	Αλλαγή
K ₁	Επίπεδο 2&3	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
K ₂	Επίπεδο 3	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2
K ₃	Επίπεδο 3	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 2
K ₄	Επίπεδο 2&3	Επίπεδο 1	Επίπεδο 3	Επίπεδο 2
K ₅	Επίπεδο 3	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
K ₆	Επίπεδο 1	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2
K ₇	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
K ₈	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 2

Επιπλέον, έγινε αποδελτίωση για τον κάθε ένα και την κάθε μία εκπαιδευτικό όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίον εφαρμόζουν τη βασισμένη σε μοντέλα διδασκαλία τους, με έμφαση στη συνέπεια μεταξύ αντιλήψεων και διδακτικής πρακτικής (βλ. Παράγραφο 4.2.5).

Η K₁ εφαρμόζει τις αντιλήψεις που έχει για τη λειτουργία και την πολλαπλότητα των μοντέλων στη διδακτική της πρακτική (Επίπεδο 3). Επιπλέον, αναφέρει ότι αλλάζει τα μοντέλα που χρησιμοποιεί στην τάξη ανάλογα με τις ερωτήσεις των μαθητών και των μαθητριών της.

Η K₂ χρησιμοποιεί τα επιστημονικά μοντέλα μόνο ως βοηθητικό μέσο για την ανάκληση προηγούμενων γνώσεων των μαθητών/τριών και για την επεξήγηση φαινομένων. Εμφανίζεται λοιπόν συνεπής ως προς το Επίπεδο 2 για τη λειτουργία των μοντέλων. Επιπλέον, αλλάζει τον τρόπο με τον οποίον χτίζει τα μοντέλα που χρησιμοποιεί στη διδασκαλία της, όταν δεν ικανοποιούνται οι εκπαιδευτικοί στόχοι, όντας συνεπής ως προς το Επίπεδο 2 για την αλλαγή των μοντέλων.

Ο K₃ χρησιμοποιεί τα μοντέλα ως βοηθητικά εργαλεία για την επεξήγηση φαινομένων, πρακτική που συνάδει με τις αντιλήψεις του για τη λειτουργία των μοντέλων (Επίπεδο 2). Επιπλέον, δεν αλλάζει το μοντέλο που χρησιμοποιεί στη διδασκαλία του με βάση τις αντιλήψεις των μαθητών και μαθητριών του. Δεν φαίνεται δηλαδή να υπάρχει συνέπεια ανάμεσα στις απόψεις του και στη διδακτική του πρακτική για τη διάσταση της αλλαγής των μοντέλων.

Η K₄ χρησιμοποιεί τα μοντέλα στη διδακτική της πρακτική μόνο για να εξηγήσει ένα φαινόμενο. Δεν αναφέρει τη χρήση πολλαπλών μοντέλων, ενώ αλλάζει τα μοντέλα που χρησιμοποιεί στην περίπτωση που δεν ικανοποιούν εκπαιδευτικούς σκοπούς. Ως προς την αλλαγή, παρατηρείται συνέπεια με το Επίπεδο 2 των αντιλήψεών της. Όσον αφορά όμως την πολλαπλότητα των μοντέλων, ενώ με βάση τις αντιλήψεις της έχει καταταχθεί στη Επίπεδο 3, δεν κάνει κάποια αναφορά σε σχέση με τη διδακτική της πρακτική.

Στη βασισμένη σε μοντέλα διδασκαλία του K₅, αυτά κατέχουν κεντρικό ρόλο. Δεν εμπλέκει όμως τους μαθητές και τις μαθήτρές του ενεργά, αλλά τα χρησιμοποιεί μόνο για επεξήγηση φαινομένων. Παρουσιάζει συνέπεια ως προς το Επίπεδο 2 των αντιλήψεών του για τη λειτουργία των μοντέλων. Επιπλέον, αλλάζει τα μοντέλα, όταν αυτά δεν εξυπηρετούν

τους διδακτικούς του σκοπούς, κάτι που το καθιστά συνεπή και ως προς το Επίπεδο 2 των αντιλήψεών του για την αλλαγή των μοντέλων.

Στις απαντήσεις της που είχαν να κάνουν με τη βασισμένη σε μοντέλα διδασκαλία της, η K_6 δεν δίνει κάποια ξεκάθαρη απάντηση, παρά μόνο στην αλλαγή, όπου αναφέρει ότι αλλάζει τα μοντέλα, χωρίς πάλι να γίνεται σαφής.

Η K_7 έχει ίδια στάση με την K_1 ως προς τις διαστάσεις της λειτουργίας, της πολλαπλότητας και της αλλαγής των μοντέλων.

Ο K_8 χρησιμοποιεί στην τάξη τα μοντέλα μόνο για επεξηγηματικούς σκοπούς, ενώ δεν κάνει κάποια αναφορά για τη χρήση πολλαπλών μοντέλων στη διδακτική τους πρακτική. Υπάρχει ασυνέπεια σε ό,τι αφορά αυτή τη διάσταση, καθώς ταξινομήθηκε στο Επίπεδο 3 με βάση τις αντιλήψεις του. Επιπλέον, ενώ για τις απόψεις του σχετικά με την αλλαγή των μοντέλων κατατάχθηκε στο Επίπεδο 2, στις απαντήσεις που δίνει για τη διδακτική του πρακτική δηλώνει ξεκάθαρα ότι δεν αλλάζει τα μοντέλα στη διδασκαλία του.

Με βάση την ταξινόμηση του Πίνακα 4.3, αλλά και τη συνολική εικόνα που αποτυπώθηκε για τον/την κάθε εκπαιδευτικό όσον αφορά τη διδακτική αξιοποίηση των μοντέλων, προέκυψαν τα παρακάτω προφίλ για τους/τις συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς.

Προφίλ Ι

Στο Προφίλ Ι κατατάχθηκαν οι εκπαιδευτικοί K_1 , K_5 και K_7 . Παρουσίασαν συγκροτημένες απόψεις για όλες τις διαστάσεις του μοντέλου που διερευνήθηκαν. Όπως παρατηρείται και στον Πίνακα 4.3 οι αντιλήψεις της K_7 ήταν για όλες τις διαστάσεις στο Επίπεδο 3, της K_1 για όλες εκτός από τη φύση του μοντέλου όπου ήταν στο ενδιάμεσο Επίπεδο 2 & 3 και του K_5 , για όλες εκτός από τη λειτουργία του μοντέλου. Επιπλέον, εμφάνισαν συνέπεια αντιλήψεων και διδακτικής πρακτικής.

Προφίλ II

Στο Προφίλ II κατατάχθηκαν οι εκπαιδευτικοί K_2 και K_3 . Κοινά χαρακτηριστικά τους ήταν ότι οι αντιλήψεις τους για όλες τις διαστάσεις των μοντέλων κατατάχθηκαν στα Επίπεδα 2 και 3. Κατείχαν δηλαδή συγκροτημένες αντιλήψεις για τα επιστημονικά μοντέλα, χωρίς όμως αυτές να προσεγγίζουν σε απόλυτο βαθμό το Επίπεδο 3, όπως συνέβη με τους εκπαιδευτικούς του Επιπέδου Ι. Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί K_2 και K_3 εφαρμόζουν τις αντιλήψεις τους για τα μοντέλα και στη διδακτική τους πρακτική.

Προφίλ III

Δύο από τους/τις εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στην παρούσα έρευνα (K_4 , K_8) παρουσίασαν μη συγκροτημένες απόψεις για τα επιστημονικά μοντέλα, οι οποίες κατατάχθηκαν και στα τρία Επίπεδα. Επιπλέον, διαπιστώθηκε αναντιστοιχία ανάμεσα σε αυτά που πιστεύουν για τα μοντέλα και σε αυτά που εφαρμόζουν στις βασισμένες σε μοντέλα διδακτικές πρακτικές τους.

Προφίλ IV

Η εκπαιδευτικός K₆ ήταν η μοναδική από τους/τις συμμετέχοντες/συμμετέχουσες στην έρευνα που οι αντιλήψεις της καταχωρήθηκαν μόνο στα Επίπεδα 1 και 2. Όσον αφορά το κομμάτι της διδακτικής πρακτικής, δεν μπόρεσε να δώσει κάποια ξεκάθαρη απάντηση για το πως χρησιμοποιεί τα επιστημονικά μοντέλα στη διδασκαλία της.

5. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Στο σημείο αυτό της παρούσας εργασίας παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας. Η εξαγωγή των συμπερασμάτων έγινε με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν. Γίνεται επίσης συζήτηση γύρω από τα αποτελέσματα όσον αφορά τους περιορισμούς της παρούσας έρευνας και τις προτάσεις που θα μπορούσαν να διατυπωθούν σχετικά με αυτούς.

5.1. Απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας θεωρήθηκε σκόπιμο να παρουσιαστούν τα συμπεράσματα ανά ερευνητικό ερώτημα, όπως γίνεται και σε έρευνες της διεθνούς βιβλιογραφίας (Drechsler & van Driel, 2008; Danusso et al., 2010; Khan, 2011).

Κατηγορία Α

A.1. Ποιό είναι το επίπεδο κατανόησης των έμπειρων καθηγητών Φ.Ε. ως προς τη φύση και τις λειτουργίες του επιστημονικού μοντέλου;

Σχετικά με τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη φύση και τη λειτουργία των επιστημονικών μοντέλων η εικόνα ήταν ικανοποιητική, συγκρινόμενη με αυτή των αντίστοιχων ερευνών. Συγκεκριμένα, ως προς τη διάσταση της φύσης, οι μισοί/ές εκπαιδευτικοί της παρούσας έρευνας ταξινομήθηκαν στο Επίπεδο 3 του πρωτοκόλλου ταξινόμησης, ενώ άλλοι/ες δύο ταξινομήθηκαν στο ενδιάμεσο Επίπεδο 2 & 3. Από το σύνολο των εκπαιδευτικών μόνο δύο κατατάχθηκαν στο Επίπεδο 1 των παϊνε αντιλήψεων. Οι περισσότερες αντιλήψεις που καταγράφηκαν ήταν πολύ κοντά στις αποδεκτές από την επιστημονική κοινότητα (sophisticated) αντιλήψεις. Αυτό δεν αποτυπώθηκε στις τρεις από τις τέσσερις αντίστοιχες έρευνες που εστίαζαν στη διάσταση της φύσης και ασχολήθηκαν με έμπειρους καθηγητές Φ.Ε. (Justi & Gilbert, 2002; Justi & Gilbert, 2003; Sprotte & Eilks, 2007). Η μοναδική αντίστοιχη έρευνα που φαίνεται να συμφωνεί με τα συμπεράσματα της παρούσας είναι αυτή των van Driel & Verloop (1999), στην οποία κυριάρχησαν οι αντιλήψεις Επιπέδου 3.

Σχετικά με τους σκοπούς και τη λειτουργία των επιστημονικών μοντέλων, οι μισοί/ές συμμετέχοντες/ες στην έρευνα κατατάχθηκαν στο Επίπεδο 2 με βάση τις αντιλήψεις τους, ενώ μόνο δύο κατέχουν αντιλήψεις Επιπέδου 3 και ισάριθμοι/ες Επιπέδου 1. Όσον αφορά τη διάσταση της λειτουργίας του επιστημονικού μοντέλου η παρούσα έρευνα φαίνεται να συμφωνεί με τις αντίστοιχες της διεθνούς βιβλιογραφίας, στις οποίες κυριάρχησαν οι intermediate αντιλήψεις για τη συγκεκριμένη διάσταση (van Driel & de Jong, 2001; Justi & Gilbert, 2002; Danusso et al., 2010). Στις έρευνες αυτές όμως δεν αναφέρεται πουθενά η λειτουργία του επιστημονικού μοντέλου ως ερευνητικό εργαλείο, ούτε η προβλεπτική του λειτουργία, κάτι που γίνεται στην παρούσα έρευνα από δύο εκπαιδευτικούς.

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας, όσον αφορά τις διαστάσεις της φύσης και της λειτουργίας του επιστημονικού μοντέλου, συνθέτουν μια ικανοποιητική εικόνα, καθώς το επίπεδο κατανόησης των εκπαιδευτικών είναι υψηλότερο από αυτό που καταγράφηκε στις αντίστοιχες έρευνες. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην κατάρτιση των

συμμετεχόντων/ουσών εκπαιδευτικών της παρούσα έρευνας, καθώς επτά από τους/τις οκτώ είτε διέθεταν master στη διδακτική των Φ.Ε., είτε φοιτούσαν σε πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών για την απόκτησή του.

A.2. Ποιές είναι οι απόψεις των έμπειρων καθηγητών Φ.Ε. σχετικά με την πολλαπλότητα και την αλλαγή των μοντέλων;

Τόσο στη διάσταση της πολλαπλότητας, όσο και της αλλαγής των επιστημονικών μοντέλων, κανείς και καμία από τους/τις εκπαιδευτικούς δεν κατατάχθηκαν στο Επίπεδο 1. Όσον αφορά μάλιστα τη διάσταση της πολλαπλότητας, έξι από τους/τις οκτώ εκπαιδευτικούς κατείχαν sophisticated αντιλήψεις. Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν με τη μοναδική έρευνα της βιβλιογραφίας που διερευνά τις διαστάσεις της αλλαγής και της πολλαπλότητας (Justi & Gilbert, 2003).

Σε σχέση με τα συμπεράσματα που αφορούν στο ερευνητικό ερώτημα A.1., η εικόνα είναι ακόμα πιο ικανοποιητική. Οι ερωτήσεις που αφορούν στις διαστάσεις της πολλαπλότητας και της αλλαγής των επιστημονικών μοντέλων έχουν να κάνουν περισσότερο με τις διαδικασίες μοντελοποίησης στην εκπαιδευτική διαδικασία, οπότε οι εκπαιδευτικοί είναι λογικό να κατέχουν πιο ενημερωμένες αντιλήψεις, λόγω της διδακτικής τους εμπειρίας. Δεν χρειάζεται δηλαδή σημαντική θεωρητική κατάρτιση για να διαπιστώσουν ότι χρειάζονται πολλαπλά επιστημονικά μοντέλα για να ερμηνευθεί ολοκληρωμένα ένα φαινόμενο ή ότι ένα μοντέλο μπορεί να αλλάξει όταν δεν ικανοποιεί το σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκε. Αντίθετα, όπως αναφέρεται στην έρευνα των Πετρίδου & Ψύλλος (2008), οι ερωτήσεις που έχουν να κάνουν με τη φύση και τη λειτουργία των επιστημονικών μοντέλων σχετίζονται με τον ορισμό του μοντέλου. Όπως παρατηρείται και στον Πίνακα 4.3, οι περισσότεροι από τους/τις εκπαιδευτικούς που κατέχουν αντιλήψεις Επιπέδου 1 και 2 για τη φύση και τη λειτουργία των μοντέλων, κατέχουν αντιλήψεις Επιπέδου 2 και 3 για τις διαστάσεις της πολλαπλότητας και της αλλαγής.

Κατηγορία Β

B.1. Πώς χρησιμοποιούν τα μοντέλα στη διδακτική διαδικασία οι έμπειροι καθηγητές Φ.Ε.;

Οι περισσότεροι/ες από τους εκπαιδευτικούς (έξι στους οκτώ) της παρούσας έρευνας χρησιμοποιούν τα επιστημονικά μοντέλα μόνο ως εργαλεία για να εξηγήσουν φαινόμενα, να τα συνδέσουν με την καθημερινότητα, ώστε να κάνουν την επιστημονική γνώση πιο προσβάσιμη στους μαθητές. Δεν χρησιμοποιούν το επιστημονικό μοντέλο ως ερευνητικό εργαλείο και παραβλέπουν την προβλεπτική λειτουργία του στη διδακτική τους πρακτική. Επιπλέον, δεν οργανώνουν το μάθημά τους με τρόπο τέτοιο ώστε να διδάσκουν και για τα μοντέλα (about models) στους μαθητές και τις μαθήτριά τους. Αυτή είναι η κυρίαρχη πρακτική που συναντάται και σε αντίστοιχες έρευνες που αφορούν έμπειρους καθηγητές Φ.Ε. (Justi & Gilbert, 2002; Sprotte & Eilks, 2007; Drechsler & van Driel, 2008; Whang et al., 2014).

Δύο μόνο από τους/τις οκτώ εκπαιδευτικούς εμπλέκουν ενεργά τους μαθητές και τις μαθήτριά τους στη βασισμένη σε επιστημονικά μοντέλα διδακτική τους πρακτική,

χρησιμοποιώντας το επιστημονικό μοντέλο ως ερευνητικό εργαλείο για να εξηγήσουν και να προβλέψουν φαινόμενα. Η μία εξ αυτών εμπλέκει ενεργά τους μαθητές και τις μαθήτριες δίνοντάς τους έτοιμα μοντέλα, ενώ η δεύτερη παρακινεί τους μαθητές και τις μαθήτριες να δομήσουν τα δικά τους επιστημονικά μοντέλα κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής πρακτικής. Ωστόσο, ούτε κάποια από αυτές τις εκπαιδευτικούς δεν διδάσκει για τα μοντέλα (about models), σε αντιδιαστολή με την έρευνα των van Driel & Verloop (2002), όπου η ενεργή εμπλοκή των μαθητών και των μαθητριών συνδυάζεται με συζήτηση για τη φύση των μοντέλων και της μοντελοποίησης.

Είναι λογικό να υπάρχουν μόνο δύο συμμετέχουσες στην παρούσα έρευνα που παρουσιάζουν διδακτικές πρακτικές Επιπέδου 3 όσον αφορά τη λειτουργία των επιστημονικών μοντέλων, καθώς μόνο οι συγκεκριμένες δύο κατατάχθηκαν στο Επίπεδο 3 του πρωτοκόλλου ταξινόμησης αντιλήψεων.

Ενώ οι περισσότεροι/ες συμμετέχοντες/ουσες στην έρευνα έχουν ενημερωμένες (sophisticated) απόψεις Επιπέδου 3 για την πολλαπλότητα των επιστημονικών μοντέλων, δύο μόνο εξ αυτών τα χρησιμοποιούν στην εκπαιδευτική διαδικασία με σκοπό να ερμηνεύσουν ολοκληρωμένα ένα φαινόμενο. Οι περισσότεροι/ες εκπαιδευτικοί της παρούσας έρευνας χρησιμοποιούν πολλαπλά μοντέλα, τα οποία διαμορφώνονται ανάλογα με το κοινό στο οποίο απευθύνονται (Επίπεδο 2). Παρομοίως, για τη διάσταση της αλλαγής των επιστημονικών μοντέλων, οι τρεις εκπαιδευτικοί που κατείχαν απόψεις Επιπέδου 3, δεν κατάφεραν να τις εφαρμόσουν στη διδακτική τους πρακτική.

Υπάρχει, συνεπώς, πρόβλημα στην εφαρμογή των γνώσεων των εκπαιδευτικών στη διδακτική πρακτική και στη σύνδεση της θεωρητικής κατάρτισης με την εκπαιδευτική διαδικασία. Προβληματικό στοιχείο αποτελεί και η έλλειψη αναφοράς στη διδασκαλία για τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά των μοντέλων σε όλες από τις περιπτώσεις εκπαιδευτικών που εξετάστηκαν στην παρούσα έρευνα.

5.2. Προτάσεις και περιορισμοί της έρευνας

Το δείγμα της παρούσας έρευνας αποτελούνταν από εκπαιδευτικούς που, εκτός από έναν, είχαν διδαχθεί για τα επιστημονικά μοντέλα και το ρόλο τους στη διδασκαλία των Φ.Ε. Συγκεκριμένα, επτά από τους/τις οκτώ συμμετέχοντες/ουσες είτε κατείχαν master στη διδακτική των Φ.Ε., είτε σπούδαζαν σε αντίστοιχο πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών την περίοδο που διεξήχθησαν οι συνεντεύξεις. Δεν αποτελούν, λοιπόν, αντιπροσωπευτικό δείγμα ως προς το σύνολο των εκπαιδευτικών Φ.Ε., καθώς ένα μεγάλο κομμάτι τους (αν όχι το μεγαλύτερο) δεν διαθέτει παρόμοια παιδαγωγική κατάρτιση.

Ένας επιπλέον περιορισμός της παρούσας έρευνας είναι ο μικρός αριθμός των συνεντεύξεων. Οι οκτώ εκπαιδευτικοί που εξετάστηκαν είναι πολύ λίγοι σε σχέση με τους αριθμούς που εμφανίζονται στις αντίστοιχες έρευνες της διεθνούς βιβλιογραφίας (van Driel & Verloop, 1999; Harrison, 2001; Justi & Gilbert, 2002; Justi & Gilbert, 2003; van Driel & Verloop, 2002; Justi & Gilbert, 2003; Drechsler & van Driel, 2008).

Σε μελλοντική, πιο εκτεταμένη έρευνα θα μπορούσε να εξεταστεί ένας μεγαλύτερος αριθμός εκπαιδευτικών με τυχαίο δείγμα μέσα από καθηγητές Φ.Ε., ώστε να περιλαμβάνονται εκπαιδευτικοί διαφόρων τυπικών προσόντων. Έτσι θα μπορούσε να

διερευνηθεί κατά πόσον η θεωρητική κατάρτιση για τα επιστημονικά μοντέλα επηρεάζει τις αντιλήψεις και πρακτικές των έμπειρων καθηγητών και καθηγητριών Φ.Ε.

Αντικείμενο μελλοντικών ερευνών θα μπορούσε να αποτελέσει και οι διδακτικές πρακτικές εκπαιδευτικών Φ.Ε., μέσω της παρατήρησης κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Στην παρούσα έρευνα υπήρξε ο περιορισμός ότι τα ερευνητικά δεδομένα προέκυψαν από τους ισχυρισμούς των ίδιων των εκπαιδευτικών για τη διδακτική πρακτική που εφαρμόζουν και όχι από τη διεξαγωγή παρατήρησης και καταγραφής των πρακτικών αυτών.

Στην παρούσα έρευνα, όσον αφορά την εκπαιδευτική διαδικασία, δεν διερευνήθηκε ο τρόπος με τον οποίον οι έμπειροι εκπαιδευτικοί Φ.Ε. επιλέγουν τα επιστημονικά μοντέλα που χρησιμοποιούν στη διδακτική τους πρακτική. Εκτός από την παρατήρηση κατά τη διάρκεια του μαθήματος, αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί στο πλαίσιο συνέντευξης κατά την οποία οι εκπαιδευτικοί θα καλούνται να απαριθμήσουν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα επιστημονικών μοντέλων που θα τους δείχνονται, όπως έγινε στην έρευνα της Khan (2011).

Λαμβάνοντας υπόψιν τις απαντήσεις που έδωσαν οι συμμετέχοντες/ουσες εκπαιδευτικοί, περιορισμοί και προτάσεις προκύπτουν και για τις εικόνες – παραδείγματα που χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο τη συνέντευξης (Παράρτημα II). Συγκεκριμένα, το παράδειγμα της εξίσωσης της ευθείας γραμμής θα μπορούσε να αντικατασταθεί με εξίσωση που εμπεριέχει φυσικά μεγέθη (π.χ. $v = x \cdot t + v_0$), ώστε να είναι ξεκάθαρο στους εκπαιδευτικούς ότι αποτελεί αναπαράσταση που περιέχει θεωρία. Επιπλέον, η εικόνα που απεικονίζει το θερμόμετρο με ενδείξεις σε °C και °F θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ως ερευνητικό εργαλείο, με το οποίο οι μαθητές και οι μαθήτριες θα εξάγουν οι ίδιοι/ες το μοντέλο για τη σχέση ανάμεσα σε °C και °F μέσω της παρατήρησης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aktan, M. B. (2013). Pre-service science teachers' views and content knowledge about models and modeling. *Egitim ve Bilim*, 38 (168), s. 398–410.
- Bamberger, Y. M., Davis, E. A., Teaching, S. & Arbor, A. (2013). Middle-School Science Students' Scientific Modelling Performances Learning Progression Middle-School Science Students' Scientific Modelling Performances Across Content Areas and Within a Learning Progression, (March 2013), s. 37–41.
- Crawford, B. a. & Cullin, M. J. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science. *International Journal of Science Education*, 26 (11), s. 1379–1401. doi:10.1080/09500690410001673775
- Crawford, B. & Cullin, M. (2005). Dynamic assessments of preservice teachers' knowledge of models and modelling. *Research and the Quality of Science Education*, s. 309–323. doi:10.1007/1-4020-3673-6_25
- Danusso, L., Testa, I. & Vicentini, M. (2010). *International Journal of Science Improving Prospective Teachers' Knowledge about Scientific Models and Modelling: Design and evaluation of a teacher education intervention*, s. 37–41. doi:10.1080/09500690902833221
- Drechsler, M. & Driel, J. Van. (2008). Experienced Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Teaching Acid – base Chemistry, s. 611–631. doi:10.1007/s11165-007-9066-5
- Gilbert, J.K., Boulter, C.J. (1998). Learning science through models and modeling. In Fraser, B.J. and Tobin, K.G. (Eds). *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht/Boston/London, 53-66. Gilbert, J. K., Boulter C. (1998). *Developping Models in Science Education*.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: routes to more authentic science education 1, s. 115–130.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. In Gilbert, K.J., Reiner, M. and Nakhleh, M. (Eds). *Models and Modelling in Science Education* (Vol. 3). Visualization: Theory and Practice in Science Education, s. 3–24.
- 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
- Harlow, D. B., Bianchini, J. A., Swanson, L. H. & Dwyer, H. A. (2013). Potential Teachers' Appropriate and Inappropriate Application of Pedagogical Resources in a Model-

- Based Physics Course : A “ Knowledge in Pieces ” Perspective on Teacher Learning, 50 (9), s. 1098–1126. doi:10.1002/tea.21108
- Harrison, A. G. (2001). How do Teachers and Textbook Writers Model Scientific Ideas for Students ?, (1996), s. 401–435.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2010). International Journal of A typology of school science models, s. 37–41. doi:10.1080/095006900416884
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2002). Science teachers’ knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. International Journal of Science Education, 24 (12), s. 1273–1292. doi:10.1080/09500690210163198
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2003). Teachers' views on the nature of models, International Journal of Science Education, 25:11, 1369-1386, DOI: 10.1080/0950069032000070324
- Justi, R. & van Driel, J. (2006). The use of the Interconnected Model of Teacher Professional Growth for understanding the development of science teachers’ knowledge on models and modelling. Teaching and Teacher Education, 22 (4), s. 437–450. doi:10.1016/j.tate.2005.11.011
- Khan, S. (2011). What’s Missing in Model-Based Teaching, s. 535–560. doi:10.1007/s10972-011-9248-x
- Oh, P. S. & Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. International Journal of Science Education, 33 (8), s. 1109–1130. doi:10.1080/09500693.2010.502191
- Schwarz, C. V & White, B. Y. (2005). Metamodeling Knowledge : Developing Students ’ Understanding of Scientific Modeling, 23 (2), s. 165–205.
- Sprotte, J. A. & Eilks, S. (2007). Introducing the Particulate Nature of Matter – Results from a Case Study on Experienced German Science Teachers ’ PCK of Models and Modelling Method and Sample.
- Svoboda, J. & Passmore, C. (2013). The Strategies of Modeling in Biology Education, (December 2011), s. 119–142. doi:10.1007/s11191-011-9425-5
- Torres, J. & Vasconcelos, C. (2015). Nature of science and models: Comparing Portuguese prospective teachers’ views. EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 11 (6), s. 1473–1494. doi:10.12973/eurasia.2015.1407a
- van Driel, J. H. & de Jong. (2001). Investigating the development of preservice teachers' pedagogical content knowledge. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research and Science Teaching (St. Louis,MO, March 25-28, 2001)
- van Driel, J. H. & Verloop, N. (1999). International Journal of Teachers ’ knowledge of models and modelling in science, (June 2015), s. 37–41. doi:10.1080/095006999290110

- 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*, 24:12, 1255-1272, DOI: 10.1080/09500690210126711
- van der Valk, T. Van Der, Driel, J. H. Van & Vos, W. De. (2007). Common Characteristics of Models in Present-day Scientific Practice, s. 469–488. doi:10.1007/s11165-006-9036-3
- Wang, Z., Chi, S., Hu, K. & Chen, W. (2014). Chemistry Teachers ' Knowledge and Application of Models, s. 211–226. doi:10.1007/s10956-013-9455-7
- Windschitl, M. & Thompson, J. (2006). Transcending Simple Forms of School Science Investigation: The Impact of Preservice Instruction on Teachers' Understandings of Model-Based Inquiry, 43 (4), s. 783–835.
- Ζησιού, Ε-Π. (2014). Ανάλυση των εφαρμογών των επιστημονικών μοντέλων στα σχολικά βιβλία Φυσικής και Χημείας στην περιοχή της θερμότητας/θερμοδυναμικής. Διπλωματική εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Πετρίδου, Ε. (2008). Ανάπτυξη, εφαρμογή και διερεύνηση προσομοιωμένων μοντέλων στη διδασκαλία των Φ.Ε.. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Πετρίδου, Ε. & Ψύλλος, Δ. (2008). Οι αντιλήψεις των υποψηφίων δασκάλων για τα μοντέλα. Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση. Τόμος 1, Τεύχος 3, Σελίδες 255 – 268. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Σαριγγέλης, Μ & Ψύλλος, Δ, (2015). Διερεύνηση των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τα επιστημονικά μοντέλα Τόμος Συνόψεων 9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φ.Ε. και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση. ΕΝΕΦΕΤ.
- Σούλιος, Ι., Κ. (2013). Ανάπτυξη και μελέτη μιας βασισμένης στα μοντέλα διερευνητικής Μαθησιακής Διδακτικής Σειράς για τις οπτικές ιδιότητες των υλικών. Διδακτορική Διατριβή. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Στο Παράρτημα Ι της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρατίθενται οι ερωτήσεις των συνεντεύξεων και των ερωτηματολογίων που χρησιμοποιήθηκαν στις έρευνες της σχετικής βιβλιογραφίας (μεταφρασμένες και αυτούσιες), καθώς και το πρωτόκολλο ταξινόμησης αντιλήψεων κατά Grosslight et al (1991).

Πίνακας 1. Θεματικές και δείγμα στοιχείων (items) στο ερωτηματολόγιο τύπου Likert (μτφρ. από van Driel & Verloop, 1999).

Κλίμακες (scales)	Δείγμα στοιχείων
Σύνδεση μοντέλων και στόχων	«Το μοντέλο αποτελεί μια απλοποιημένη αναπαράσταση της πραγματικότητας» «Το μοντέλο αντιστοιχεί στο στόχο όσο περισσότερο γίνεται» «Συνήθως προσπαθούμε να διατηρήσουμε το μοντέλο όσο το δυνατόν πιο απλό» «Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής του, η αντιστοιχία ανάμεσα στο μοντέλο και το στόχο του αυξάνεται»
Φυσική παρουσία του μοντέλου	«Το μοντέλο έχει τη μορφή ενός σχεδίου» «Οι αναλογίες χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη μοντέλων» «Η πιο σημαντική διαφορά ανάμεσα σε ένα μοντέλο και το στόχο του αφορά στην κλίμακα»
Κοινωνικό πλαίσιο των μοντέλων	«Η ανάπτυξη ενός μοντέλου καθοδηγείται από τις ερωτήσεις του ερευνητή» «Το μοντέλο απεικονίζει τις ιδέες των επιστημόνων» «Η δημιουργικότητα είναι ένας κύριος παράγοντας στην ανάπτυξη των μοντέλων»

Ερωτηματολόγιο για τα μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης (van Driel & de Jong, 2001).

1. Αυτοκίνητο φτιαγμένο από 'Lego'
2. Χάρτης του Amsterdam
3. Ο κύκλος του νερού (το νερό της θάλασσας εξατμίζεται, σχηματίζει σύννεφα, η βροχή πέφτει στο έδαφος κλπ).
4. $[H^+] \cdot [Ac^-] = K_a$
5. Δύο μπλε μπίλιες ενωμένες με ξυλάκια με μια μαύρη μπίλια, υπό γωνία 109° .
6. $Na^+ (aq) + Cl^- (aq)$

Ερώτηση 1. Σημειώστε για κάθε ένα από τα items του ερωτηματολογίου, αν αυτό αποτελεί μοντέλο. Β. Αν ναι, τι είναι αυτό που μοντελοποιείται; Εξηγήστε.

Ερώτηση 2. Σημειώστε τις απαντήσεις σχετικά με τον όρο «μοντέλο». Χρησιμοποιείτε παραδείγματα για να αποσαφηνίσετε την απάντησή σας.

Ερώτηση 3. Πώς θα περιγράφατε ένα μοντέλο σε κάποιον ή κάποια που δεν γνωρίζει τον ορισμό του μοντέλου;

Ερώτηση 4. Για ποιους σκοπούς χρησιμοποιούν μοντέλα οι καθηγητές Χημείας; Χρησιμοποιείτε παραδείγματα για να αποσαφηνίσετε την απάντησή σας.

Ερώτηση 5. Τα μοντέλα μπορούν να αλλάξουν. Ποιους λόγους μπορούν να έχουν οι καθηγητές Χημείας για να αλλάξουν ένα συγκεκριμένο μοντέλο;

Ερώτηση 6. Πιστεύετε ότι οι Χημικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν διάφορα μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο ή «αντικείμενο»; Γιατί ή γιατί όχι;

Ερωτηματολόγιο σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση των μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης (van Driel & de Jong, 2001).

Ερώτηση 1. Ως μαθητές και ως φοιτητές διδαχτήκατε για τα επιστημονικά μοντέλα και τη χρήση τους. Ποιες μαθησιακές δυσκολίες θυμάστε;

Ερώτηση 2. Κατά τη διδασκαλία σας στη σχολική αίθουσα, ίσως να έχετε δώσει έμφαση στα μοντέλα και τη μοντελοποίηση είτε έμμεσα, είτε ρητά. Ποιες δυσκολίες προσέξατε στη διαδικασία της διδασκαλίας και στην κατανόηση των μαθητών;

Ερωτήσεις πάνω στα άρθρα των Van Driel and Verloop (1999) και των Grosslight et al. (1991) (van Driel & de Jong, 2001).

Δίνεται εικόνα σε διδακτικό σύγγραμμα Χημείας, η οποία αναπαριστά space – filling μοντέλα των μορίων HCl , H_2O , NH_3 , CH_4 , and CCl_4 .

Ερώτηση 1. Συζητήστε για αυτόν τον τύπο μοντέλων από την οπτική των επτά χαρακτηριστικών των μοντέλων, όπως αναφέρονται στο άρθρο των Van Driel and Verloop (1999). Αναφερθείτε ξεχωριστά σε κάθε χαρακτηριστικό.

Ερώτηση 2. Περιγράψτε πως οι μαθητές του «Επιπέδου 1» αντιλαμβάνονται αυτά τα μοντέλα (Gross light et al., 1991). Διευκρινίστε τις απαντήσεις σας με σαφείς δηλώσεις ή αντιλήψεις των μαθητών.

Ερώτηση 3. Η ίδια ερώτηση για μαθητές του «Επιπέδου 2».

Ερώτηση 4. Η ίδια ερώτηση για μαθητές του «Επιπέδου 3».

Ερώτηση 5. Δώστε μερικά παραδείγματα των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της κατανόηση των μαθητών από το «Επίπεδο 1» σε υψηλότερο επίπεδο.

Ανάλυση των διδακτικών συγγραμμάτων Χημείας (van Driel & de Jong, 2001).

Διαβάστε τα κεφάλαια 7.1, 7.2 και 7.3 από το σχολικό βιβλίο και απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:

Ερώτηση 1. Ποιες δυσκολίες περιμένετε να συναντήσουν οι μαθητές σας κατά τη μελέτη αυτών των κεφαλαίων;

Ερώτηση 2. Ποιες δυσκολίες περιμένετε να συναντήσετε εσείς κατά τη διδασκαλία αυτών των κεφαλαίων;

Ερώτηση 3. Θα αλλάζατε το σχεδιασμό αυτών των κεφαλαίων; Δώστε εξηγήσεις.

Διδασκαλία σειράς μαθημάτων με εστίαση στα μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης (van Driel & de Jong, 2001).

1. Επιλέξτε ένα κατάλληλο κεφάλαιο από το σχολικό βιβλίο. Η επιλογή σας θα πρέπει να επικεντρώνεται στα μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης.

2. Μαγνητοφωνήστε τα μαθήματα κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας του επιλεγμένου κεφαλαίου.

3. Αξιολογείστε τους μαθητές της τάξης σας με ένα τεστ. Προχωρήστε σε ανάλυση των λαθών που έκαναν οι μαθητές στο τεστ αυτό.

4. Γράψτε μια συνοπτική αναφορά (2 έως 4 σελίδες) των πιο αξιοσημείωτων γεγονότων κατά τη διάρκεια των μαθημάτων, συμπεριλαμβανομένης και της ανάλυσης των λαθών των μαθητών στο τεστ. Στην αναφορά σας να απευθύνετε τα εξής ζητήματα:

- 1) Ποίες αντιλήψεις και ποιους τύπους αιτιολόγησης των μαθητών αναγνωρίσατε;
- 2) Ποιες δυσκολίες των μαθητών αναγνωρίσατε; Μπορείτε να κατονομάσετε πιθανές αιτίες;
- 3) Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίσατε κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας; Κατονομάστε πιθανές αιτίες.
- 4) Τι αλλαγές θα κάνατε σε αυτά τα μαθήματα την επόμενη φορά; Εξηγήστε.

Ερωτήσεις σχετικές με την επιρροή στις απόψεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών στη διδασκαλία για τα μοντέλα (about models) και τη μοντελοποίηση (van Driel & de Jong, 2001).

Περιγράψτε σε τι βαθμό έχουν επηρεαστεί οι απόψεις σας σχετικά με τη διδασκαλία για τα μοντέλα και τις διαδικασίες μοντελοποίησης και σχετικά με τη σύνδεση ανάμεσα σε «μακροχημεία» και «μικροχημεία» από:

- α) τα άρθρα που σας δόθηκαν και τη χρήση αυτών κατά την ανάλυση των συγγραμμάτων Χημείας.
- β) τις εμπειρίες σας κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας σας στην τάξη
- γ) τις συζητήσεις με τον υπεύθυνο καθηγητή σας
- δ) τις συζητήσεις για τις εμπειρίες από τη σχολική τάξη κατά τη διάρκεια του σχετικού workshop
- ε) άλλους παράγοντες

APPENDICES

Appendix 1. Questionnaire about models and modeling

- Item 1. A car made of 'Lego'
Item 2. A map of Amsterdam
Item 3. The water cycle (sea water vaporizes, forms clouds, rain falls down, etc.)
Item 4. $[H^+] \cdot [Ac^-] = K_a$
Item 5. Two blue 'marbles' which are connected by sticks with a black 'marble', at an angle of 109°
Item 6. $Na^+(aq) + Cl^-(aq)$

Question 1.

- A. Note for each item if this concerns a model. Give an explanation.
B. If yes, what is modeled? Give an explanation.

Question 2.

Note your connotations regarding the term model. Use examples to clarify your answer.

Question 3.

How would you describe a model to a person who does not know what a model is?

Question 4.

For what purposes do chemists use models? Use examples to clarify your answer.

Question 5.

Models can be changed. What reasons or 'occasions' could chemists have to change a particular model?

Question 6.

Do you think that chemists can use several models for the same phenomenon or 'object'? Why or why not?

Appendix 2. Questionnaire about teaching and learning about models and modeling

Question 1.

As a student at high school and university, you have learnt about scientific models and their use. What learning difficulties do you remember?

Question 2.

During your preceding classroom teaching, you may have paid attention to models and modeling implicitly or explicitly. What difficulties in teaching and student learning did you notice?

Appendix 3. Questions about the articles by Van Driel and Verloop (1999) and Grosslight et al. (1991)

Given is a picture in a chemistry textbook, which displays space-filling models of molecules of HCl, H₂O, NH₃, CH₄, and CCl₄.

Question 1:

Discuss this type of models from the perspective of the seven characteristics of models in the article by Van Driel and Verloop (1999). Address each characteristic separately.

Question 2:

Describe how students at 'level 1' (Grosslight et al., 1992) will perceive these models. Illustrate your answer with concrete statements or conceptions of students.

Question 3:

The same question for students at 'level 2'.

Question 4:

The same question for students at 'level 2'.

Question 5:

Give some examples of teaching activities which can be used to promote students' understanding from 'level 1' to a higher level.

Appendix 4. Analysis of a chemistry textbook.

Assignment 1:

Read sections 7.1, 7.2 and 7.3 from the textbook *Chemie 3 havo/vwo* (4th edition; 1995). [This is a commonly used textbook in chemical education in Grade 9 in the Netherlands].

Assignment 2:

Write down your answers to the following questions:

Question 1:

Which difficulties do you expect your students will have when studying these sections?

Question 2:

Which difficulties do you expect to encounter when teaching about these sections?

Question 3:

Would you plan to change the design of these sections? Give an explanation

Appendix 5. Teaching a series of lessons focusing on models and modeling.

1. SELECT an appropriate section or chapter from the textbook you will be teaching from in the upcoming period. Your selection should focus on models and modeling.
2. Make AUDIO RECORDINGS of the lessons when you are teaching this selected section or chapter.
3. Let your class make a TEST at the end of these lessons. Make an ANALYSIS OF THE MISTAKES the students have made in this test.
4. Write a concise REPORT (2 to 4 pages) of the most remarkable episodes and events during the lessons, including the analysis of the mistakes made by students in the test. In your report, address the following issues:
 1. Which conceptions and types of reasoning of students did you identify?
 2. What difficulties of students did you identify? Can you name possible causes?
 3. What difficulties did you experience during teaching? Name possible causes.
 4. What changes would you make in these lessons a next time? Please explain.
5. Take your report with you to the next workshop session, together with your audio recordings. Your report will be discussed during this workshop.

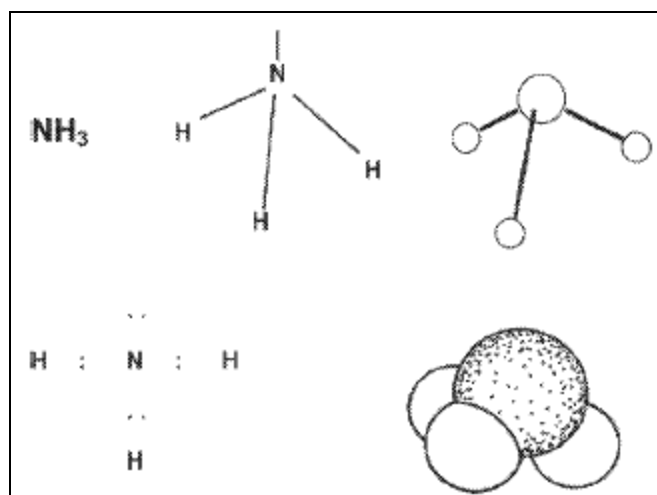
Appendix 6. Questions about influences on preservice teachers' ideas about teaching about models and modeling.

Please describe to what extent your ideas about teaching about models and the relation between 'macrochemistry' and 'microchemistry' have been influenced by:

- a) The articles we gave you and the use of these when analyzing the chemistry textbook;
- b) Experiences during classroom teaching;
- c) Discussions with your mentor at school;
- d) Discussion during workshop session about your teaching experiences;
- e) Other factors, viz.:

Τα μοντέλα, τα οποία κλήθηκαν να σχολιάσουν οι συμμετέχοντες στην έρευνα του Harrison (2001)

1. Μοντέλο κλίμακας καρδιάς ή ματιού.
2. Μοντέλο παιχνιδιού βάρκας (κλίμαμα 1:50).
3. Διάγραμμα διάχυσης δια μέσου ημι-περατής μεμβράνης.
4. Πέντε αναπαραστάσεις της αμμωνίας (Σχήμα...). five representations of
5. Απλός σωλήνας για την αναπαράσταση εντέρου γαιοσκώληκα.



Σχήμα 1. Πέντε αναπαραστάσεις ενός μορίου αμμωνίας (Harrison, 2001).

Ερωτήσεις της συνέντευξης (Justi & Gilbert, 2002).

1. Πως μπορούν, κατά τη γνώμη σας, να χρησιμοποιηθούν τα μοντέλα στη διδασκαλία των Φ.Ε.;
2. Τι πιστεύετε ότι καταλαβαίνουν οι μαθητές σας με τη λέξη «μοντέλο»; Για ποιον λόγο το πιστεύετε αυτό;
3. Στο πλαίσιο των μαθημάτων σας, κατασκευάζουν οι μαθητές σας τα δικά τους μοντέλα; Αν ναι, τι κάνετε με αυτά;
4. Τι πιστεύετε ότι είναι πιο δύσκολο για έναν μαθητή: να κατανοήσει ένα μοντέλου που του δίνεται ή να παράγει το δικό του; Γιατί;
5. Κατά την κατασκευή ενός μοντέλου για τη διδασκαλία κάποιου κεφαλαίου, τι λαμβάνετε υπόψιν; Γιατί;
6. Πιστεύετε ότι θα μπορούσε / θα έπρεπε τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία να είναι διαφορετικά από αυτά που χρησιμοποιούνται στις Φ.Ε.; Γιατί; Ποιες θα έπρεπε να είναι οι βασικές διαφορές;
7. Ποια είναι, κατά τη γνώμη σας, τα χαρακτηριστικά ενός καλού μοντέλου για χρήση στη διδασκαλία; Γιατί;

Appendix

1. In your opinion, how can models be used in science teaching?
2. In your opinion, what do your students understand by the word 'model'? Why do you think that?
3. In your classes, do students produce their own models? If so, what do you do with them?
4. Which do you think it is more difficult for a student: to understand a given model or to produce their own a model? Why?
5. In producing models for the teaching of a given subject, what do you take into account? Why?
6. In your opinion, could / should models used in teaching be different from those used in science? Why? Which should be the main differences?
7. In your opinion, what are the characteristics of a good model for use in teaching? Why?

Ημι-δομημένη συνέντευξη (van Driel & Verloop, 2002).

Ερωτήσεις σχετικές με τις γνώσεις και τις πεποιθήσεις στις οποίες στηρίζονται οι διδακτικές πρακτικές των εκπαιδευτικών:

1. Μπορείτε να περιγράψετε τις διδακτικές δραστηριότητες που χρησιμοποιείτε κατά τη διάρκεια των μαθημάτων σας;
2. Ποιες θεωρητικές ή/και πρακτικές εκτιμήσεις σας αποτελούν τη βάση για αυτές σας τις δραστηριότητες;
3. Ποιο διδακτικό σύγγραμμα χρησιμοποιείτε και για ποιόν λόγο το επιλέξατε;
4. Σημειώστε αν δίνετε έμφαση κατά τη διάρκεια των μαθημάτων σας στα παρακάτω ζητήματα και αν ναι πόσο συχνά και με ποιους τρόπους;
 - a. Στην εμπειρική φύση των Φ.Ε..
 - b. Στον τρόπο με τον οποίον αναπτύσσεται η γνώση στις Φ.Ε..
 - c. Στις ιστορικές και φιλοσοφικές πλευρές των Φ.Ε..
5. Σημειώστε αν χρησιμοποιείτε τις παρακάτω δραστηριότητες κατά τη διάρκεια των μαθημάτων σας. Αν ναι, εξηγήστε τους λόγους στους οποίους βασίζονται οι δραστηριότητες αυτές και τις πρακτικές σας εμπειρίες.
 - a. Συζητάτε για ένα συγκεκριμένο μοντέλο ώστε να εξηγήσετε ή να προβλέψετε συγκεκριμένα φαινόμενα και αναφέρεστε στην ανάπτυξη του μοντέλου αυτού.
 - b. Συζητάτε για διάφορους τύπους μοντέλων και για τα χαρακτηριστικά, τους ρόλους και τις λειτουργίες τους και για τους τρόπους με τους οποίους αυτά αναπτύχθηκαν.
 - c. Ζητάτε από τους μαθητές σας να σχεδιάσουν ένα μοντέλο, ώστε να εξηγήσουν συγκεκριμένα φαινόμενα και να αξιολογήσουν το μοντέλο.

Ερωτήσεις σχετικά με τη διδασκαλία ενός θέματος που διδάσκεται για πρώτη φορά.

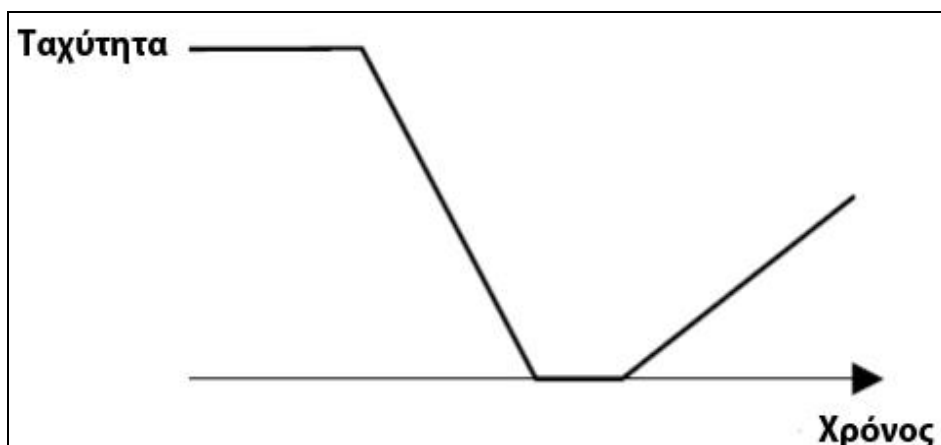
6. Ποιοι πιστεύετε πως είναι οι πιο σημαντικοί στόχοι ενός θέματος που διδάσκεται για πρώτη φορά;
7. Περιγράψτε τις ιδέες και τις προσδοκίες σας σε σχέση με τις παρακάτω πλευρές του θέματος που διδάσκεται για πρώτη φορά:
 - a. Καινούριες θεματικές ενότητες από διάφορους τομείς (βιολογία, φυσική, χημεία).
 - b. Έμφαση στην ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης.
 - c. Περισσότερες ευκαιρίες για άμεση μάθηση από πλευράς μαθητών.

8. Συζητήστε τις ιδέες και τις προσδοκίες σας σε σχέση με τις παρακάτω δραστηριότητες για μαθητές για ένα θέμα που διδάσκεται για πρώτη φορά.
- a. Κατασκευή μοντέλων που να αντιπροσωπεύουν τις παρατηρήσεις των μαθητών για συγκεκριμένα φαινόμενα.
 - b. Σύγκριση δύο μοντέλων που αναπαριστούν το ίδιο φαινόμενο.
 - c. Υπόδειξη προβλέψεων που μπορούν να επαληθευθούν στη βάση ενός συγκεκριμένου μοντέλου.
 - d. Αναθεώρηση ενός μοντέλου στη βάση νέων εμπειρικών δεδομένων.

Ημι-δομημένη συνέντευξη (Justi & Gilbert, 2003)

1. Τι έρχεται στο μυαλό σας όταν ακούτε τη λέξη «μοντέλο»; Σε ποιο πλαίσιο αυτή η λέξη έχει νόημα για εσάς;
2. Για ποιο λόγο υπάρχουν τα μοντέλα; Σε ποιες περιστάσεις χρησιμοποιούνται;
3. (Παρουσίαση παραδειγμάτων (instances). Τα μοντέλα που δεν είναι χειροπιαστά σχεδιάζονται/τυπώνονται πάνω σε κάρτα)
Θα χαρακτηρίζατε αυτό το παράδειγμα ως μοντέλο; Γιατί; Γιατί όχι;
 - 3.1. Μικρογραφία αυτοκινήτου (παιχνίδι).
 - 3.2. Σχέδιο αυτοκινήτου.
 - 3.3. Χάρτης των δρόμων μιας πόλης.
 - 3.4. Μαθηματική εξίσωση ' $y = ax + b$ '.
 - 3.5. Αναλογία: «Τα σύγχρονα αυτοκίνητα πετούν σε αυτοκινητοδρόμους».
 - 3.6. (Δίνεται η περιγραφή των παρακάτω καταστάσεων και ακολουθεί η παρουσίαση του διαγράμματος).

Ένα αυτοκίνητο κινείται. Ο οδηγός βλέπει ένα κόκκινο φανάρι και φρενάρει. Όταν αλλάζει η σήμανση του φαναριού σε πράσινο, το αυτοκίνητο κινείται ξανά.



Μπορείτε να περιγράψετε την κίνηση του αυτοκινήτου από αυτό το γράφημα;

- 3.7. Σύμβολο «απαγορεύεται το κάπνισμα».
- 3.8. Προφορική περιγραφή «ο Ήλιος είναι στο κέντρο του ηλιακού συστήματος και οι πλανήτες κινούνται γύρω του σε ελλειπτικές τροχιές».
- 3.9. Προσομοίωση έκλειψης με «φως που αναβοσβήνει».
- 3.10. Πρακτική αναπαράσταση της διαλυτοποίησης του υπερμαγγανικού καλίου (KMnO_4) στο νερό.
- 3.11. Σχέδιο για το τι βλέπουμε κατά τη διάρκεια της διαλυτοποίησης του υπερμαγγανικού καλίου (KMnO_4) στο νερό.
- 3.12. Σχέδιο μοριακών μοντέλων, τα οποία αναπαριστούν τη διαλυτοποίηση του υπερμαγγανικού καλίου (KMnO_4) στο νερό.

3.13. (Παρουσίαση του παρακάτω συστήματος χωρίς επεξήγηση αναφορικά με τη σημασία των αντικειμένων).

Δοχείο που περιέχει μικρές λευκές σφαίρες, οι οποίες κινούνται συνεχώς μέσω ανάδευσης με ράβδο. Στη συνέχεια, εισάγονται στο σύστημα χρωματιστές σφαίρες.

3.14. Ο γραπτός χημικός τύπος: H_2O .

3.15. «Ball-and-stick» απεικόνιση του μορίου του νερού.

3.16. Δήλωση: «Μια χημική αντίδραση είναι μια διαδικασία κατά την οποία τα άτομα που αποτελούν τις αντιδρώσες ουσίες αναδιοργανώνονται».

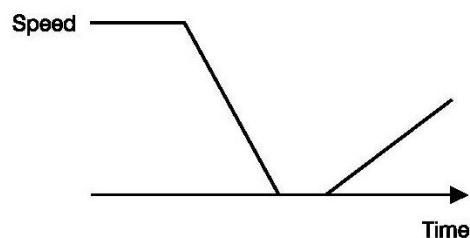
4. Χρησιμοποιώντας τις κάρτες και τα χειροπιαστά μοντέλα, οργανώστε τα παραδείγματα που χαρακτηρίσατε ως μοντέλα σε κατηγορίες. Ποιες οι ομοιότητες και οι διαφορές ανάμεσα στις κατηγορίες αυτές;

Appendix 1

- . What comes to mind when you hear the word 'model'? In which context(s) does this word make sense to you?
- !. What are models for? In which circumstances are they used?
- ii. (Presentation of instances. Those that are not concrete models are drawn/typed on a card.)

Would you call this a model? Why? Why not?

- 3.1. Model car (toy).
- 3.2. Drawing of a car.
- 3.3. Map of a city's streets.
- 3.4. Mathematical equation: ' $y = ax + b$ '
- 3.5. Analogy: 'Modern cars fly on motorways'.
- 3.6. (Description of the following situation is given and, then presentation of the diagram.) A car is moving. The driver sees a red traffic light and starts to brake the car. When the traffic light changes to green, the car moves again.



Can you describe the movement of the car from this graph?

- 3.7. Symbol for 'Smoking is prohibited'.
- 3.8. Verbal description 'The sun is in the centre of the solar system and the planets move around it in elliptical orbits'.
- 3.9. 'Flashing light and balls' simulation of an eclipse.
- 3.10. Practical demonstration of the dissolution of potassium permanganate (KMnO_4) in water.
- 3.11. Drawing of what we see during the dissolution of KMnO_4 in water (the visual aspect of the system).
- 3.12. Drawing of molecular models representing the dissolution of KMnO_4 in water.
- 3.13. (Presentation of the following system without any explanation concerning the meanings of the objects.)

Container having small white balls kept in motion by stirring with a stick. Some coloured balls are then introduced into the system.

- 3.14. The written formula: ' H_2O '.
- 3.15. Ball-and-stick model for the water molecule.

- 3.16. Statement: 'A chemical reaction is a process in which the atoms that constitute the reacting substances are reorganised'.
4. By using the cards and the concrete models, could you please organise the examples you called models into groups? What are the similarities and differences among the groups?

Αποσπάσματα από διδακτικά συγγράμματα (Drechsler & van Driel, 2008).

Καθώς οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί χρησιμοποίησαν διαφορετικά συγγράμματα, συζητήθηκαν διαφορετικά αποσπάσματα. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα από κάθε σύγγραμμα.

1. Στα συγγράμματα ορίζονται τα οξέα ως προς τις γενικές τους ιδιότητες (π.χ. ξινή γεύση, χρωματισμός βάμματος ηλιοτροπίου, αντίδραση με μέταλλα κλπ).

Οι ουσίες που για πολλά χρόνια αποκαλούνταν οξέα έχουν πολλές κοινές ιδιότητες. Για παράδειγμα, έχουν ξινή γεύση και θεωρείται πως οι αντιδράσεις του είναι όξινες.

2. Στα συγγράμματα ορίζονται τα οξέα ως προς τον Brønsted

Μια αντίδραση κατά την οποία τα πρωτόνια δίνονται ή λαμβάνονται ονομάζεται αντίδραση μεταφοράς πρωτονίων. Η ουσία ή το ιόν, το οποίο δίνει πρωτόνια είναι ένα οξύ, σύμφωνα με τον ορισμό του Brønsted για τα οξέα.

3. Στα συγγράμματα εξηγούνται τα όξινα και τα βασικά διαλύματα.

Τα ιόντα οξωνίου (H_3O^+) δίνουν στα υδατικά διαλύματα την ξινή τους γεύση. Με απλά λόγια, αυτό το όξινο διάλυμα ονομάζεται οξύ... Ο κανόνας είναι να προσθέσουμε το οξύ στο νερό.

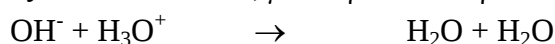
4. Στα συγγράμματα χρησιμοποιείται η αντίδραση αναγωγής.

Τώρα που ξέρουμε ότι τα οξέα είναι δέκτες πρωτονίων, μπορούμε να γράψουμε χημικούς τύπους για αντιδράσεις όξινων διαλυμάτων με ανθρακικές ενώσεις και με μέταλλα.

5. Στα συγγράμματα χρησιμοποιούνται χημικές εξισώσεις σε σχέση με την εξουδετέρωση:



Βλέπουμε ότι τα ιόντα Na^+ και Cl^- δεν συμμετέχουν στην αντίδραση, για αυτό και ονομάζονται «ιόντα θεατές». Κατά συνέπεια, μόνο η ακόλουθη αντίδραση λαμβάνει χώρα:



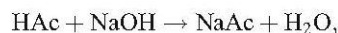
«Η αντίδραση ανάμεσα σε ένα οξύ και μία βάση ονομάζεται εξουδετέρωση. Κατά την αντίδραση αυτή σχηματίζεται άλας».

Appendix

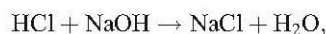
Excerpt from Interviews with Students

Acid-base Reactions

1. Students were asked to write a reaction equation between an acid and a base.



Since water is formed, it becomes neutral.



In an acid-base reaction, it becomes neutral.



The base NaOH takes a proton from the acid HCl.

2. Students were asked what an acid-base reaction is.

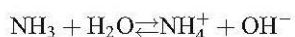
In a reaction there is always one [particle] acting as a base. Even if you have two acids, for example HCl and H₂SO₄, one is a base.

Acids and bases are very difficult for me...Acids donate protons and bases are substances that accept these protons. It is pretty tricky, because, if you look at water, it is both an acid and a base. If a water molecule is first a base, it takes a

proton from another water molecule, so that the water molecule that was first a base suddenly becomes an acid. It is quite difficult to keep up with that, how it turns around. In an acid-base reaction the result will be neutral... They consume each other depending on their concentrations. Hydrogen ions or oxonium ions and hydroxide ions form water in a neutralisation.

Water is an Acid

3. Students were asked to identify acids and bases in the equation:



When they hesitated to define water as an acid, they were asked why.

It is difficult to think about water as sour...

Because water is not really...it is both an acid and a base, as I recall it...but... I do not know...water is water, right? It makes me think of something neutral, something that is not extreme in any way.

You can't imagine drinking an acid, but you drink water.

Ερωτηματολόγια (Danusso, Testa & Vicentini, 2010)

Ερωτήσεις στο E1

- (1) Τι είναι το επιστημονικό μοντέλο;
- (2) Ποια τα κύρια συστατικά του;
- (3) Ποιες οι κύριες λειτουργίες του;

Ερωτήσεις στο E2

- (1) Τι είναι το επιστημονικό μοντέλο;
 - a. Ένα αφηρημένο εργαλείο για την ανάλυση της πραγματικότητας, σχεδιασμένο από την παρατήρηση της πραγματικότητας.
 - b. Μια θεωρία θεμελιώδης για την κατανόηση ενός φαινομένου και τη διατύπωση μελλοντικών θεωριών.
 - c. Μια αφηρημένη αναπαράσταση, η οποία αναπαράγει τη συμπεριφορά του φαινομένου χρησιμοποιώντας κατάλληλες παραμέτρους.
 - d. Μια αναφορά, με οποία πρέπει να συγκριθεί ένα φαινόμενο για να βοηθήσει στο να γίνει κατανοητό με επιστημονικό τρόπο.
 - e. Ένα σετ κανόνων και σχημάτων, τα οποία αναγνωρίζουν ένα συγκεκριμένο φαινόμενο και επιτρέπουν την κατανόησή του.
- (2) Ποια τα κύρια συστατικά του;
 - a. Μαθηματικό και γραφικό συστατικό.
 - b. Η απόλυτη σαφήνεια και η σύνθεση με την οποία περιγράφονται οι αιτίες και τα αποτελέσματα του φαινομένου.
 - c. Η σχηματοποίηση του φαινομένου, οι λογικές συνδέσεις ανάμεσα στις χαρακτηριστικές λειτουργίες του φαινομένου, τα οποία βάζουν το φαινόμενο σε επιστημονικό πλαίσιο.
 - d. Παρατήρηση του φαινομένου, Observation of the phenomenon, επαλήθευση, τυποποίηση.
 - e. Οι περιορισμοί, οι μεταβλητές και οι μεταξύ τους σχέσεις.
- (3) Ποιες οι κύριες λειτουργίες του;
 - a. Η επισημοποίηση μιας θεωρίας με στόχο να γίνει γενικά αποδεκτή.
 - b. Η αναπαράσταση ενός φαινομένου και η πρόβλεψη της μελλοντικής του εξέλιξης.
 - c. Η δυνατότητα αναπαραγωγής, η εγκυρότητα και η χρησιμότητα σε άλλα πλαίσια.
 - d. Η απλοποίηση της πραγματικότητας που περιγράφεται, η διευκόλυνση του λογισμού και η απόδειξη των ιδιοτήτων της πραγματικότητας.
 - e. Η δυνατότητα πρόβλεψης γνωστών φαινομένων και η προσομοίωση άγνωστων φαινομένων ώστε να γίνουν κατανοητά.

Ερωτήσεις στο E3

Σχεδιάστε ένα μοντέλο για δύο από τα ακόλουθα φυσικά φαινόμενα ή/και διεργασίες.

- (1) Κυκλοφορία των αυτοκινήτων στο Μιλάνο.
- (2) Αποκομιδή απορριμμάτων στη Νάπολη.
- (3) Κλιματικές αλλαγές και φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- (4) Δημοκρατικό σύστημα της Ιταλίας. ή
- (5) Ηλεκτρομαγνητική ρύπανση.

Ερωτήσεις στο E4

(1) Ένα σύγχρονο πρόβλημα έχει να κάνει με τη χρήση της ενέργειας. Ως εκ τούτου είναι σημαντικό για τους μηχανικούς να χρησιμοποιήσουν, για την οικοδόμηση κατοικιών, ένα μοντέλο βασισμένο στις ροές ενέργειας. Ποια θα πρέπει να είναι τα ουσιώδη χαρακτηριστικά (συστατικά και λειτουργίες) ενός τέτοιου μοντέλου;

(2) Μοντέλο σωματιδίου και μοντέλο κύματος: ποια τα βασικά χαρακτηριστικά των δύο μοντέλων σε σχέση με το φαινόμενο που μπορούν να εξηγήσουν;

(3) Θα ήταν σημαντικό να προταθούν στους μαθητές δραστηριότητες για τη μοντελοποίηση καταστάσεων της πραγματικής ζωής. Για παράδειγμα, η εξέλιξη της φωτιάς σε ένα ξύλο. Σχεδιάστε ένα μοντέλο (με την ένδειξη των συστατικών και των λειτουργιών), τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε μια σχολική τάξη ώστε να εξηγήσουν τη διαδικασία της διάδοσης της φωτιάς σε ένα δάσος.

Questionnaires Used in the Study

Questions in QA

- (1) What is a scientific model?
- (2) What are its main components?
- (3) What are its main functions?

Questions in QB

(For each alternative, the corresponding MC is reported. For details about the MC see the text.)

- (1) What is a scientific model?
 - An abstract tool to analyse reality designed from the observation of the reality (MC2)
 - A theory fundamental to understand a phenomenon and for the formulation of future theories (MC4)
 - An abstract representation which reproduces the behaviour of a phenomenon using suitable parameters (MC1)
 - A reference to which a phenomenon has to be compared to help understanding it scientifically (MC5)
 - The set of rules and schemes which identify a given phenomenon and allow to understand it (MC3)
- (2) What are its main components?
 - Mathematical and graphical component (MC5)
 - The unambiguousness and synthesis with which the causes and effects of the phenomenon are described (MC3)
 - Schematization of the phenomenon, logical connections amongst the characterizing features of the phenomenon, framing of the model in a scientific context (MC2)
 - Observation of the phenomenon, verification, formalization (MC4)
 - The constraints, the variables and the relationships amongst them (MC1)
- (3) What are its main functions?
 - To formalize a theory in order to make it generally applicable (MC4)
 - To represent a phenomenon and to make predictions o its future evolution (MC1)
 - To be reproducible, valid in general and useful in other contexts, shareable (MC5)
 - To simplify the reality described, to facilitate calculus and to evidence the main properties of reality (MC3)
 - To make predictions on known phenomena, to simulate unknown phenomena to understand them (MC2)

Question in QC

Design a model of two of the following real phenomena and/or processes:

- (1) Car traffic in Milan;
- (2) Garbage disposal in Naples;
- (3) Climate changes and global warming;
- (4) Democratic system in Italy; or
- (5) Electromagnetic pollution.

Questions in QD

- (1) An up-to-date problem concerns the use of energy. It is therefore important for the engineers to adopt, for the building of houses, a model based on energy flows. What should be the essential characteristics (components and functions) of such a model?
- (2) Particle versus wave model: what are the main characteristics of the two models with respect to the phenomena that they can explain?
- (3) It may be important to propose to students activities for the modelling of real life situations. For instance, the development of fire in a wood. Sketch a model (with the indication of the components and functions) that could be used in a classroom to explain the process of fire propagation in a forest.

Πίνακας 2. Ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις κλειστού τύπου και κατηγορίες απαντήσεων συμμετεχόντων (Torres & Vasconcelos, 2015)

	Ερωτήσεις και εναλλακτικές απαντήσεις	Κατηγορία
1	Θα ορίζατε ένα επιστημονικό μοντέλο ως...	
α	Μια αναφορά στην οποία ένα φαινόμενο πρέπει να συγκριθεί, ώστε να βοηθήσει στην επιστημονική της κατανόηση.	Μη ενημερωμένος
β	Μια αφηρημένη αναπαράσταση, η οποία αναπαράγει της συμπεριφορά ενός φαινομένου χρησιμοποιώντας κατάλληλες παραμέτρους.	Ενημερωμένος
γ	Ένα σετ κανόνων και σχημάτων, το οποίο αναγνωρίζει ένα δεδομένο φαινόμενο και επιτρέπει την κατανόησή του.	Αδαής
δ	Ένα αφηρημένο εργαλείο για την ανάλυση της πραγματικότητας, το οποίο σχεδιάστηκε από την παρατήρηση της πραγματικότητας.	Αδαής
ε	Έχω πρόβλημα στην κατανόηση της πρότασης.	Ουδέτερη ¹
στ	Δεν έχω αρκετές γνώσεις για να απαντήσω στις ερωτήσεις	Ουδέτερη
ζ	Καμιά από τις επιλογές δεν αντιστοιχεί στην άποψή μου	Ουδέτερη
2	Όσον αφορά τη σχέση ανάμεσα στις θεωρίες, τα φαινόμενα και τα μοντέλα, πιστεύεις ότι...	
α	Ένα μοντέλο αποτελεί αναπαράσταση φαινομένων ή διεργασιών και χρησιμοποιείται ως «γέφυρα» που συνδέει μια θεωρία με ένα φαινόμενο.	Ενημερωμένος
β	Ένα μοντέλο αποτελεί μια θεμελιώδη θεωρία για την κατανόηση ενός φαινομένου και τη διατύπωση μελλοντικών θεωριών.	Μη ενημερωμένος
γ	Ένα φαινόμενο μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα και μοναδικό μοντέλο.	Αδαής
δ	Ένα μοντέλο αναπαριστά όλες τις όψεις ενός φαινομένου.	Αδαής
ε	Έχω πρόβλημα στην κατανόηση της πρότασης.	Ουδέτερη
στ	Δεν έχω αρκετές γνώσεις για να απαντήσω στις ερωτήσεις.	Ουδέτερη
ζ	Καμιά από τις επιλογές δεν αντιστοιχεί στην άποψή μου.	Ουδέτερη
3	Σε σχέση με τα μοντέλα, πιστεύεις ότι...	
α	Τα επιστημονικά μοντέλα είναι αντίγραφα της πραγματικότητας.	Μη ενημερωμένος
β	Τα επιστημονικά μοντέλα είναι αμετάβλητα.	Αδαής
γ	Τα επιστημονικά μοντέλα προκύπτουν από κάποιο συμπέρασμα	Ενημερωμένος
δ	Τα μοντέλα που έχουν δημιουργηθεί από επιστήμονες είναι όλα αποδεδειγμένα	Αδαής

Πίνακας 2. (συνέχεια)

ε	Έχω πρόβλημα στην κατανόηση της πρότασης.	Ουδέτερη
στ	Δεν έχω αρκετές γνώσεις για να απαντήσω στις ερωτήσεις.	Ουδέτερη
ζ	Καμιά από τις επιλογές δεν αντιστοιχεί στην άποψή μου.	Ουδέτερη
4	Η χρήση των μοντέλων στη σχολική τάξη...	
α	Συνεισφέρει μόνο στην κατανόηση περίπλοκων φυσικών φαινομένων	Αδαής
β	Συνεισφέρει στην καλύτερη μάθηση των Φ.Ε..	Ενημερωμένος
γ	Απαιτεί περισσότερες παραδοσιακές διδακτικές μεθοδολογίες	Αδαής
δ	Δεν συνεισφέρει στην κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης	Μη ενημερωμένος
ε	Έχω πρόβλημα στην κατανόηση της πρότασης.	Ουδέτερη
στ	Δεν έχω αρκετές γνώσεις για να απαντήσω στις ερωτήσεις.	Ουδέτερη
ζ	Καμιά από τις επιλογές δεν αντιστοιχεί στην άποψή μου.	Ουδέτερη

[1] «Έχω δυσκολίες στην κατανόηση της πρότασης» ή «δεν έχω αρκετές γνώσεις για να επιλέξω» ή «καμιά από τις παραπάνω επιλογές δεν ταιριάζει με την άποψή μου».

Table 3. Category and rate of responses regarding nature of science aspects

Question and Answer options	Category of answer	U	% HS	TI
Q1 – In your opinion, science is...				
An objective knowledge, based on experimental evidences.	Naïve	12.5	24.2	18.5
Equivalent to technology.	Uninformed	0	3.0	1.5
A human attempt to explain the world and phenomena.	Informed	71.9	54.5	63.1
An unquestionably knowledge, based on experimental evidences and objective observations.	Naïve	6.3	12.1	9.2
I have difficulties in understanding the above sentences.	Neutral	0	0	0
I do not have enough knowledge to make a choice.	Neutral	0	0	0
None of the options reflects my point of view.	Neutral	9.4	3.0	6.2
Without meaning*		0	3.0	1.5
Q2 – In Science...				
Different belief systems do not influence the use of scientific knowledge and the way scientific research is conducted.	Naïve	6.3	0	3.1
Social, political and economic contexts influence scientific knowledge development.	Informed	84.4	78.8	81.5
Different belief systems influence the use of scientific knowledge but do not influence the way scientific research is conducted.	Naïve	6.3	6.1	6.2
Everything is objective and neutral.	Uninformed	0	3.0	1.5
I have difficulties in understanding the above sentences.	Neutral	0	3.0	1.5
I do not have enough knowledge to make a choice.	Neutral	0	6.1	3.1
None of the options reflects my point of view.	Neutral	0	3.0	1.5
Without meaning*		3.1	0	1.5
Q3 – Regarding scientific knowledge, you consider that ...				
Scientific knowledge is definite and correct, being a proven truth.	Uninformed	0	6.1	3.1
Scientific knowledge, although reliable, is tentative and never certain.	Informed	50.0	33.3	41.5
Scientific knowledge change solely with new information and advanced technology.	Naïve	34.4	51.5	43.1
Scientific knowledge is tentative due to insufficient evidence for proving their validity.	Naïve	3.1	9.1	6.2
I have difficulties in understanding the above sentences.	Neutral	0	0	0
I do not have enough knowledge to make a choice.	Neutral	0	0	0
None of the options reflects my point of view.	Neutral	12.5	0	7

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

Πρωτόκολλο ημι-δομημένης συνέντευξης

Ερωτήσεις (ζητείται στις περισσότερες και αιτιολόγηση απαντήσεων ανάλογα με την εξέλιξη της συνέντευξης)

Φύση των μοντέλων

- i. Τι σκεφτόσαστε όταν ακούτε τη λέξη «επιστημονικό μοντέλο» στις Φ.Ε.;
- ii. Από τα παρακάτω παραδείγματα που θα σας αναφέρω, ποιά θα χαρακτηρίζατε ως μοντέλα και ποιά όχι; Ποιά η σχέση τους με την πραγματικότητα;

ΔΕΙΧΝΟΝΤΑΙ ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

- α) Μικρογραφία αυτοκινήτου (παιχνίδι)
 - β) Φωτογραφία πραγματικού αυτοκινήτου
 - γ) Μαθηματική εξίσωση $y = a \cdot x + b$
 - δ) Σχέδιο ενός σώματος μέσα σε δοχείο με νερό, στο οποίο έχουν σχεδιαστεί οι ασκούμενες δυνάμεις.
 - ε) Διάγραμμα P-T
 - στ) Εικόνα στην οποία φαίνεται η ένδειξη ενός θερμομέτρου
 - ζ) “Ball & stick” αναπαράσταση του μορίου του CO₂
- iii. Τι αναπαριστούν;

Λειτουργία των μοντέλων

- i. Για ποιους σκοπούς χρησιμοποιούνται μοντέλα στις Φ.Ε.;
- ii. Ποιός ο ρόλος τους στη διδασκαλία των Φ.Ε.;

Πολλαπλότητα των μοντέλων

- i. Μπορεί σε ένα φαινόμενο να αναφέρονται περισσότερα του ενός μοντέλα;
 - Αν ναι, πώς ή πότε συμβαίνει αυτό;
 - Αν όχι πώς ή πότε συμβαίνει αυτό;

Αναπαράσταση των μοντέλων

ii. Τα μοντέλα μπορεί να έχουν περισσότερους από έναν τρόπους αναπαράστασης;

- Αν ναι μπορείτε να αναφέρετε κάποιο παράδειγμα;

Αλλαγή των μοντέλων

i. Αλλάζουν τα μοντέλα στις Φ.Ε.;

- Αν αλλάζουν, πότε ή σε ποιες περιπτώσεις γίνεται αυτό;

Δοκιμασία/έλεγχος των μοντέλων

ii. Μπορεί ένα μοντέλο να ελεγχθεί (ή να μπει σε δοκιμασία) για το αν συμπεριφέρεται σύμφωνα με το σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκε;
Ναι ή Όχι; Γιατί;

- Σε ποιες περιπτώσεις αυτό μπορεί να συμβεί;
- Με ποιο τρόπο αυτό μπορεί να επιτευχθεί;

ΠΡΑΚΤΙΚΗ

Περιγράψτε μια τυπική/συνήθη ώρα διδασκαλίας κατά την οποία χρησιμοποιείτε μοντέλα.

Ποιές θεματικές αφορούν;

Ακολουθείτε κάποια συγκεκριμένη διδακτική προσέγγιση διδασκαλίας;

Χρησιμοποιείτε τις ιδέες και απαντήσεις των μαθητών για την εξέλιξη ενός μαθήματος που χρησιμοποιούνται μοντέλα;



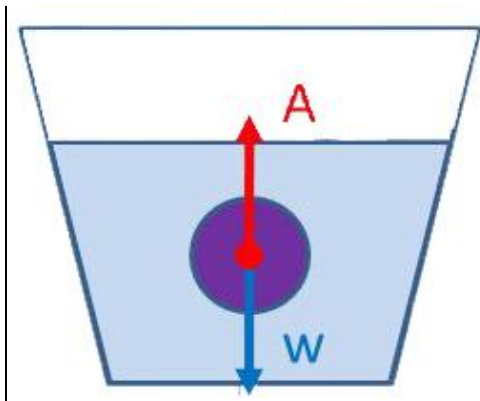
α) Μικρογραφία αυτοκινήτου (παιχνίδι).



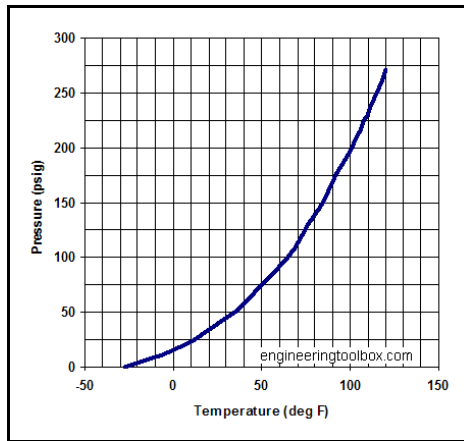
β) Φωτογραφία πραγματικού αυτοκινήτου.

$$y = a \cdot x + b$$

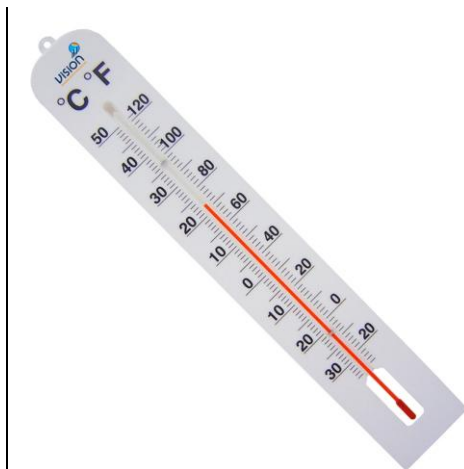
γ) Μαθηματική εξίσωση $y = ax + b$.



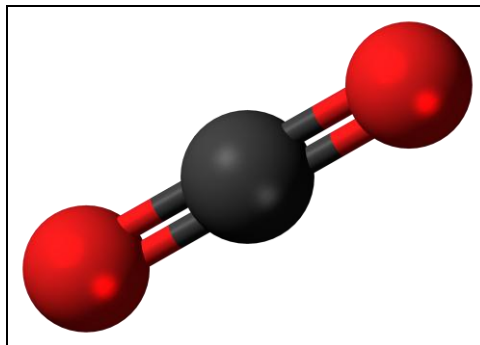
δ) Σχέδιο σώματος βυθισμένο σε δοχείο.



ε) Διάγραμμα P – T .



στ) Ένδειξη θερμομέτρου.



ζ) “Ball & stick” αναπαράσταση του μορίου CO_2 .