

«Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας»  
«Μεταπτυχιακή Εξειδίκευση Καθηγητών των Φυσικών  
Επιστημών»

Διπλωματική Εργασία

«Ο ρόλος των μοντέλων στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών:  
η περίπτωση της Χημείας »

«Ελένη Χασιώτου»

«AM 149028»

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:

«Στεφανίδου Κωνσταντίνα»

Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό (ΕΔΙΠ),  
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Αθήνα,

«Μάιος 2022»

Διπλωματική εργασία

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιοδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

«Ο ρόλος των μοντέλων στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών:  
η περίπτωση της Χημείας »

«Ελένη Χασιώτου AM 149028»

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

«Κωνσταντίνα Στεφανίδου »

«Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό  
(ΕΔΙΠ), ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό  
Πανεπιστήμιο Αθηνών»

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

«Ιωάννα Κατσιάμπουρα»

«Επικ. Καθηγήτρια ΠΤΔΕ, Εθνικό και  
Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών»

Αθήνα ,

«Μάιος 2022»

«Ευχαριστίες»

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κ. Κωνσταντίνα Στεφανίδου για την υποστήριξη και καθοδήγηση κατά την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την κόρη μου Ζήνα για την κατανόηση και υποστήριξη της.

## Περίληψη

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος Μεταπτυχιακή Εξειδίκευση Καθηγητών Φυσικών Επιστημών του ΕΑΠ και έχει σκοπό να διερευνήσει την συμβολή των μοντέλων στην διδασκαλία της Χημείας.

Είναι μία ποιοτική έρευνα κατά την οποία πραγματοποιήθηκε ανάλυση περιεχομένου στα σχολικά εγχειρίδια Χημείας του Γυμνασίου του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος. Τα επιστημονικά μοντέλα που εντοπίστηκαν στα εγχειρίδια, ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες και εξετάστηκε ο τρόπος με τον οποίον συμβάλλουν στην κατανόηση των εννοιών της Χημείας. Η τυπολογική τους ταξινόμηση βασίστηκε στην διεθνή βιβλιογραφία. Επίσης, ερευνήθηκε το αν υπάρχουν ιστορικά μοντέλα στα συγκεκριμένα εγχειρίδια και ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζονται μέσα στο κείμενο.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας, προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

Υπάρχει μία πληθώρα αναλογικών μοντέλων στα σχολικά εγχειρίδια, τα οποία αν χρησιμοποιηθούν στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορούν να εξυπηρετήσουν τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος και οι μαθητές να εξοικειωθούν με τις βασικές έννοιες της Χημείας και να κατακτήσουν ένα στοιχειώδες επίπεδο επιστημονικού γραμματισμού.

Ο αριθμός των ιστορικών μοντέλων που παρουσιάζονται στα συγκεκριμένα σχολικά εγχειρίδια είναι περιορισμένος και η διδακτική προσέγγιση που ακολουθείται δεν περιλαμβάνει το ιστορικό πλαίσιο ανάπτυξης των επιστημονικών θεωριών. Τα ιστορικά μοντέλα αντιμετωπίζονται ως μέσο παρουσίασης των θεωριών, χωρίς να δίνεται έμφαση στον επιστημολογικό τους ρόλο και στην αξία τους στην εξέλιξη της γνώσης, με αποτέλεσμα να μην αναδεικνύεται η κοινωνική, πολιτιστική και φιλοσοφική διάσταση των φυσικών επιστημών.

## Λέξεις – Κλειδιά

Μοντέλα, Μοντελοποίηση, Ιστορικά μοντέλα, Διδακτική της Χημείας

«The role of models in the teaching of natural sciences: the case of Chemistry»

«Hassiotou Eleni»

## **Abstract**

This specific study was carried out within the framework of the Postgraduate Specialization program for Natural Science Teachers of the Hellenic Open University and aims to investigate the contribution of models to the teaching of Chemistry.

It is a qualitative research in which a content analysis was carried out in the high school Chemistry textbooks of the Greek educational system. The scientific models identified in the textbooks were classified into categories and the way in which they contribute to the understanding of Chemistry concepts was examined. Their typological classification was based on international literature. Also, it was investigated whether there are historical models in the specific textbooks and the way in which they are presented in the text.

The number of historical models presented in the specific school textbooks is limited and the teaching approach followed does not include the historical context of the development of scientific theories. Historical models are treated as a means of presenting theories, without emphasizing their epistemological role and their value in the evolution of knowledge, with the result that the social, cultural and philosophical dimension of the natural sciences is not highlighted.

From the results of the research, the following conclusions emerge:

There is an abundance of analog models in school textbooks, which if used in the educational process can serve the objectives of the syllabus and students become familiar with the basic concepts of Chemistry and acquire a rudimentary level of scientific literacy.

## **Keywords**

Models, Modeling, Historical models, Teaching of Chemistry

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	v
Abstract.....	vi
Περιεχόμενα .....	vii
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων.....	ix
Κατάλογος Πινάκων .....	x
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xi
1. Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στην διδασκαλία. ....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Η Φύση της Επιστήμης.....	1
1.2.1 Οι βασικές αρχές της Φύσης της Επιστήμης .....	1
1.2.2 Η ενσωμάτωση της ΦτΕ στη διδασκαλία και στα αναλυτικά προγράμματα.....	3
1.3 Η σημασία της ΙΦΦΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία .....	4
1.4 Η ιστορία και η Φιλοσοφία της Χημείας στην εκπαίδευση .....	6
2. Τα μοντέλα στην επιστήμη και στην εκπαιδευτική διαδικασία .....	8
2.1 Εισαγωγή .....	8
2.2 Η έννοια του μοντέλου .....	8
2.2.1 Τι είναι μοντέλο.....	9
2.2.2 Μοντέλα και αναλογία.....	11
2.3 Ταξινόμηση μοντέλων.....	14
2.3.1 Τυπολογική ταξινόμηση μοντέλων από τους Harrison & Treagust(2000) ....	15
2.3.2 Ταξινόμηση από τους Justi & Gilbert (2000) .....	18
2.4 Αναπαραστατικά επίπεδα και τρόποι παρουσίασης μοντέλων.....	20
2.4.1 Αναπαραστατικά επίπεδα μοντέλων.....	20
2.4.2 Τρόποι παρουσίασης μοντέλων.....	21
3. Διδασκαλία και μάθηση με την χρήση μοντέλων.....	23
3.1 Εισαγωγή.....	23
3.2 Ο συλλογισμός μέσω μοντέλων (Model based reasoning) .....	23
3.3 Διδασκαλία και μάθηση μέσω μοντέλων.....	24
3.4 Μαθητές και μοντέλα.....	28
3.5 Εκπαιδευτικοί και μοντέλα.....	31
4. Τα μοντέλα στην Χημεία.....	34
4.1 Εισαγωγή. ....	34
4.2 Ο ρόλος των μοντέλων στην Χημεία .....	34
4.3 Τα αναλογικά μοντέλα στην διδασκαλία της Χημείας στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση.....	35
5. Τα μοντέλα στα ελληνικά σχολικά βιβλία Χημείας του Γυμνασίου.....	38
5.1 Εισαγωγή.....	38
5.2 Σκοπός.....	38
5.3 Δείγμα.....	39
5.4 Μεθοδολογία.....	40
5.5 Εργαλείο ανάλυσης.....	41
5.5.1 Η έννοια του μοντέλου.....	41
5.5.2 Μοντέλα και είδη τους που υπάρχουν στα εγχειρίδια.....	41
5.5.3 Τα ιστορικά μοντέλα.....	45

6. Αποτελέσματα της έρευνας και συμπεράσματα.....	47
6.1 Εισαγωγή.....	47
6.2 Αποτελέσματα.....	47
6.2.1 Ως προς τον όρο μοντέλο.....	47
6.2.2 Ως προς το είδος και τον αριθμό των μοντέλων.....	48
6.2.3 Ιστορικά μοντέλα.....	53
6.3 Συμπεράσματα της έρευνας.....	57
6.3.1 Ως προς τον όρο μοντέλο.....	57
6.3.2 Ως προς το είδος και τον αριθμό των μοντέλων.....	57
6.3.3 Ιστορικά μοντέλα .....	64
6,3,4, Η συμβολή των επιστημονικών μοντέλων στην διδασκαλία της Χημείας .....	68
6.4 Περιορισμοί της έρευνας .....	69
6.5 Ζητήματα για περαιτέρω έρευνα .....	69
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	71



## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2-1 : Σχέση μοντέλου - πηγής - στόχου .....	12
Σχήμα 2-2 : Πλανητικό μοντέλο του Rutherford.....	12
Σχήμα 3-1 : Ένα μοντέλο "μοντελοποίησης" από τους Justi & Gilbert.....	27
Σχήμα 4-1 : Τα πιο συχνά αναλογικά μοντέλα στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση.....	35
Σχήμα 5-1 : (α) προσομοιώματα ατόμων (β) το άτομο του υδρογόνου .....	43
Σχήμα 6-1 : Ποσοστιαία κατανομή τύπων μοντέλων για το Εγχειρίδιο 1 και 2 .....	52

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2-1: Ταξινομήσεις μοντέλων .....	14
Πίνακας 5-1: Τύποι μοντέλων σύμφωνα με τους Harrison & Treagust (2000) .....	42
Πίνακας 5-2: Πίνακας δεδομένων (1) .....	44
Πίνακας 5-3: Πίνακας δεδομένων (2) .....	44
Πίνακας 5-4: Πίνακας δεδομένων (3) .....	45
Πίνακας 5-5: Πίνακας δεδομένων (4) .....	46
Πίνακας 6-1: Πίνακας δεδομένων (1) για το εγχειρίδιο 1 .....	48
Πίνακας 6-2: Πίνακας δεδομένων (2) για το εγχειρίδιο 1 .....	49
Πίνακας 6-3: Πίνακας δεδομένων (1) για το εγχειρίδιο 2 .....	50
Πίνακας 6-4: Πίνακας δεδομένων (2) για το εγχειρίδιο 2 .....	51
Πίνακας 6-5: Πίνακας δεδομένων (3) για το εγχειρίδιο 1 .....	53
Πίνακας 6-6: Πίνακας δεδομένων (4) για το εγχειρίδιο 1 .....	54
Πίνακας 6-7: Πίνακας δεδομένων (3) για το εγχειρίδιο 2 .....	55
Πίνακας 6-8: Πίνακας δεδομένων (4) για το εγχειρίδιο 2 .....	56

## **Συνομογραφίες & Ακρωνύμια**

ΔΕΠΠΣΧ	Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών Χημείας
ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
ΙΦΦΕ	Ιστορία και Φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών
ΦΕ	Φυσικές Επιστήμες
ΦτΕ	Φύση της Επιστήμης

## **Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> : Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στην διδασκαλία.**

### **1.1. Εισαγωγή**

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται οι βασικές αρχές της Φύσης της Επιστήμης (ΦτΕ) και αν έχουν χρησιμοποιηθεί στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών των ΦΕ. Επίσης εξετάζεται ο ρόλος της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Στην συνέχεια, γίνεται συγκεκριμένη αναφορά στην Ιστορία και Φιλοσοφία της Χημείας και στον τρόπο με τον οποίο αναγνωρίστηκε ως ξεχωριστός κλάδος της ΙΦΦΕ.

### **1.2. Η Φύση της Επιστήμης**

Ο όρος «Φύση της Επιστήμης» χρησιμοποιείται για να περιγράψει την λειτουργία της επιστήμης, την γνωσιολογική και οντολογική της βάση, τους επιστήμονες ως κοινωνική ομάδα, την αλληλεπίδραση της επιστήμης με την κοινωνία. Οι κοινωνικοί παράγοντες διαμορφώνουν το πλαίσιο μέσα στο οποίο παράγεται η επιστήμη και ταυτόχρονα τα αποτελέσματα των επιστημονικών ερευνών έχουν σημαντική επιρροή στην διαμόρφωση των προσωπικών αντιλήψεων και στον τρόπο λήψης αποφάσεων σε θεσμικό επίπεδο. Ο όρος επομένως εμπεριέχει στοιχεία φιλοσοφικά, επιστημολογικά, κοινωνιολογικά και ιστορικά (Clough & Olson, 2007).

#### **1.2.1 Οι βασικές αρχές της Φύσης της Επιστήμης**

Ο McComas (2004) συγκεντρώνει στο άρθρο του “Keys to Teaching the Nature of Science” τις βασικές πτυχές της ΦτΕ.

1) Η επιστήμη στηρίζεται στα εμπειρικά δεδομένα.

Ένα από τα κύρια γνωρίσματα της επιστήμης είναι η δυνατότητα αξιολόγησης των δεδομένων. Κάποιες ιδέες στην επιστήμη, κυρίως στην θεωρητική φυσική, ξεκινούν ως διερευνητικές και γίνονται αποδεκτές από την επιστημονική κοινότητα, πολλές φορές αφού επιβεβαιωθούν και από εμπειρικά δεδομένα. Τα εμπειρικά δεδομένα δεν είναι

ταυτόσημα με τα πειραματικά δεδομένα, αν και αυτός μπορεί να θεωρείται και ο «χρυσός κανόνας της επιστήμης», αλλά μπορούν να προκύπτουν και από σχετικές παρατηρήσεις ή ιστορικά στοιχεία.

2) Υπάρχουν περισσότερες από μία επιστημονικές μέθοδοι για την αντιμετώπιση ενός προβλήματος. Όλες οι επιστημονικές πρακτικές βασίζονται στην λογική και στην συλλογή δεδομένων αλλά ο τρόπος προσέγγισης ενός προβλήματος και η ανάλυση του διαφέρει.

3) Η επιστημονική γνώση έχει εγκυρότητα αλλά βρίσκεται συνεχώς υπό δοκιμασία. Τα επιστημονικά συμπεράσματα, όμως, που προκύπτουν από τη διαδικασία παραγωγής γνώσης, είναι έγκυρα δεδομένου της απαίτησης συναίνεσης από την επιστημονική κοινότητα.

4) Οι νόμοι και οι θεωρίες, είναι διαφορετικά είδη της επιστημονικής γνώσης, παρόλο που σχετίζονται άμεσα.

Οι νόμοι είναι γενικεύσεις των φυσικών φαινομένων (πχ. ο νόμος των Gay - Lussac) ενώ οι θεωρίες είναι εξηγήσεις για το γιατί ισχύουν τέτοιοι νόμοι (πχ. η κινητική θεωρία των αερίων). Και τα δύο αποτελούν πολύτιμα προϊόντα της επιστημονικής έρευνας.

5) Η επιστήμη χαρακτηρίζεται από δημιουργικότητα.

Η διαδικασία παραγωγής γνώσης, ξεκινώντας από την επιλογή του προβλήματος και της μεθόδου για την επίλυση του έως και τον τρόπο μετάβασης από τα δεδομένα στην λύση, είναι μία δημιουργική πράξη. Οι εκπαιδευτικοί, όμως, στην προσπάθειά τους να διδάξουν τις ανακαλύψεις της επιστήμης, παραμερίζουν τον εξερευνητικό της χαρακτήρα, ενισχύοντας έτσι στους μαθητές την αντίληψη ότι η επιστήμη είναι ένα σύνολο γεγονότων και συμπερασμάτων.

6) Η επιστήμη, ως ανθρώπινη πρακτική, έχει και μία υποκειμενική συνιστώσα. Οι διαφορετικές εμπειρίες και προσδοκίες, η φαντασία και η διορατικότητα των επιστημόνων επηρεάζουν την παραγωγή συμπερασμάτων κατά την επίλυση ενός προβλήματος. Η εγκυρότητα της επιστημονικής γνώσης όμως, δεν μειώνεται, καθώς υπάρχουν μηχανισμοί ελέγχου των συμπερασμάτων αυτών από την επιστημονική κοινότητα.

7) Η επιστήμη επηρεάζεται από το ιστορικό, κοινωνικό και πολιτιστικό πλαίσιο μέσα στο οποίο αναπτύσσεται.

Η ιστορία, ο πολιτισμός, η θρησκεία καθώς και οι κοινωνικές προτεραιότητες είναι παράγοντες που καθορίζουν ποιες επιστημονικές έρευνες θα προωθηθούν, θα αγνοηθούν ή και θα σταματήσουν.

8) Η επιστήμη και η τεχνολογία συνδέονται άρρηκτα αλλά δεν ταυτίζονται.

Πολλές φορές η σύγχρονη επιστήμη αντιμετωπίζει προκλήσεις που αφορούν συγκεκριμένες ανάγκες της κοινωνίας, πχ. η παραγωγή εμβολίων για την καταπολέμηση μίας πανδημίας. Οι προκλήσεις αυτές, ως τεχνολογικής φύσεως, εμπίπτουν στον τομέα της «εφαρμοσμένης» επιστήμης, ενώ ο βασικός σκοπός της επιστήμης είναι η κατανόηση της φύσης του φυσικού κόσμου. Παρόλο αυτά, υπάρχει μία άρρηκτη σχέση επιστήμης και τεχνολογίας. Για παράδειγμα, ανακαλύψεις που οφείλονταν στην περιέργεια των επιστημόνων, όπως το λείζερ, βρήκαν αργότερα και την πρακτική τους εφαρμογή, ενώ ταυτόχρονα, τεχνολογικές καινοτομίες, όπως το μικροσκόπιο, παρείχαν την δυνατότητα εμβάθυνσης της επιστημονικής γνώσης.

9) Η επιστήμη δεν έχει απαντήσεις για όλα τα προβλήματα.

Υπάρχουν ερωτήματα, όπως ερωτήματα ηθικών αρχών, πίστης ή θρησκείας, η εξήγηση των οποίων δεν μπορεί να δοθεί με επιστημονικά κριτήρια. Πρέπει να γίνει κατανοητή από τους μαθητές, η διάκριση μεταξύ λογικής και πίστης, επιστήμης και θρησκείας, και να διασαφηνισθεί ότι η επιστήμη και η θρησκεία έχουν διακριτούς ρόλους στο κοινωνικό γίγνεσθαι, χωρίς η μία κοσμοθεωρία να αντιπαλεύεται την άλλη.

## **1.2.2 Η ενσωμάτωση της ΦτΕ στη διδασκαλία και στα αναλυτικά προγράμματα.**

Ο McComas (2004) θεωρεί ότι η πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς, για τους συγγραφείς των σχολικών εγχειριδίων και για τους συντάκτες των αναλυτικών προγραμμάτων θα είναι η εισαγωγή των κεντρικών ιδεών της ΦτΕ στην τάξη, στο σχολικό βιβλίο, στο εργαστήριο, σε κάθε πρακτική δοκιμασία, ακόμα και στις εξετάσεις. Η ΦτΕ θα πρέπει να είναι ο βασικός σκοπός της εκπαιδευτικής διαδικασίας και όχι πχ. μία απλή αναφορά στην εισαγωγή των βιβλίων.

Οι στόχοι των διεθνών αναλυτικών προγραμμάτων αναφέρονται, με άμεσο ή έμμεσο τρόπο, στη βάση της ΦτΕ. Για παράδειγμα, το National Research Council των Ηνωμένων Πολιτειών (National Research Council (NRC), 1996 όπως αναφέρεται στο Στεφανίδου, 2013) θεωρεί ότι, με την ολοκλήρωση της εκπαίδευσής τους, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να γνωρίζουν:

- α) την συνεισφορά της επιστήμης στον πολιτισμό
- β) την άρρηκτη σχέση επιστήμης και τεχνολογίας
- γ) τον ρόλο της κατανόησης της ΦτΕ στον επιστημονικό γραμματισμό
- δ) την δυσκολία των επιστημόνων να υποστηρίζουν καινοτόμες ιδέες και πρακτικές έναντι των υπαρχόντων ιδεών της εποχής τους.

Από την άλλη πλευρά, το πρόγραμμα PISA που διεξάγεται διεθνώς και έχει σκοπό την αξιολόγηση των μαθητών που ολοκληρώνουν την υποχρεωτική σχολική εκπαίδευση, έχει συμπεριλάβει στα ερωτηματολόγιά του θέματα από την ΦτΕ (Στεφανίδου, 2009). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, (όπως αναφέρονται στο Στεφανίδου, 2013) η έμφαση δίνεται κυρίως στις επιστημονικές διεργασίες παρά στην ιστορική εξέλιξη της γνώσης.

Στα ελληνικά αναλυτικά προγράμματα σπουδών των ΦΕ, υπάρχει μία προσπάθεια εισαγωγής της ΦτΕ, καθώς στους σκοπούς της διδασκαλίας, αναφέρονται μεταξύ των άλλων η εξοικείωση του μαθητή με τις επιστημονικές διαδικασίες και η απόκτηση ικανότητας να αντιλαμβάνεται την εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης (Στεφανίδου, 2013).

### **1.3 Η σημασία της ΙΦΦΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία.**

Τα τελευταία χρόνια, με γνώμονα την επικέντρωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας σε μία πιο ολοκληρωμένη κατανόηση της επιστήμης, άνοιξε ένα νέο πεδίο έρευνας για την εισαγωγή της ΙΦΦΕ στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών. Τα πλεονεκτήματα, για τους εκπαιδευτές και εκπαιδευόμενους από την ένταξη της ΙΦΦΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία, όπως καταγράφονται από τις υπέρμαχους αυτής της θέσης, συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Η ενασχόληση των μαθητών με ιστορικά και φιλοσοφικά ερωτήματα, θα αναπτύξει τις δεξιότητες της λογικής και κριτικής σκέψης, ενισχύοντας την γενικότερη καλλιέργεια τους και θα συνδέσει την ατομική σκέψη με την συνολική επιστημονική γνώση.
- Η εκπαιδευτική διαδικασία θα γίνει πιο ελκυστική, ενεργοποιώντας το ενδιαφέρον των μαθητών και δίνοντας κίνητρο για μεγαλύτερη συμμετοχή.

- Θα γνωστοποιήσει στους μαθητές τα επιστημονικά και τεχνολογικά επιτεύγματα, ως αναπόσπαστο τμήμα του πολιτισμού μας.
- Θα προωθήσει την καλύτερη κατανόηση της επιστημονικής γνώσης και του τρόπου κατάκτησής της εφόσον οριστεί το ιστορικό πλαίσιο ανάπτυξής της. Κατά αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές θα αντιληφθούν ότι η κατάκτηση γνώσεων δεν είναι μία γραμμική διαδικασία.
- Θα συμβάλει στο να καταστεί η διδασκαλία της επιστήμης πιο εξανθρωπισμένη, ενθαρρύνοντας την κοινωνική προοπτική της και καθιστώντας σαφή την αλληλεπίδραση μεταξύ επιστήμης, κοινωνικών αλλαγών και τεχνολογίας.
- Θα διαλύσει το καθεστώς της «αδιοφυΐας» που γενικά αποδίδεται στους επιστήμονες.
- Θα βελτιώσει την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών, βοηθώντας τους να αναπτύξουν μια πιο αυθεντική κατανόηση της επιστήμης. Η επιστημολογία των εκπαιδευτικών και οι απόψεις για τη ΦτΕ επηρεάζουν τον τρόπο διδασκαλίας τους και το μήνυμα που μεταφέρουν στους μαθητές τους.
- Μέσω της ιστορικής προσέγγισης, αναδεικνύονται οι εννοιολογικές δυσκολίες στις πρώτες περιόδους των επιστημών, η εξέλιξη και η αλλαγή των ιδεών – μία διαδικασία που παρουσιάζει ομοιότητες με την κατάκτηση της γνώσης από τους μαθητές. Η κατανόηση των μαθησιακών δυσκολιών και παρανοήσεων, σύμφωνα με τον εποικοδομητισμό, δίνει στον εκπαιδευτικό την δυνατότητα ανάπτυξης πιο στοχευμένων εκπαιδευτικών πρακτικών και δραστηριοτήτων, την εξάλειψη των επιστημονικών εμποδίων και την επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής (Justi, 2000; Κολιόπουλος, 2012; Matthews, 2015).

Με αυτό τον τρόπο η ΙΦΦΕ, χρησιμοποιώντας τα λόγια του Hodson (1992) (όπως αναφέρεται στο Gilbert, 2004), θα αποτελέσει το μέσο ώστε οι μαθητές να μάθουν επιστήμη, να μάθουν για την επιστήμη και να μάθουν να είναι επιστήμονες.



## 1.4 Η Ιστορία και φιλοσοφία της Χημείας στην εκπαίδευση.

Η ένταξη της Ιστορίας της Χημείας στην σχολική εκπαίδευση, με κύριο επιχείρημα την ενεργοποίηση των μαθητών, έχει την απαρχή της στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Χημικοί όπως οι Kopp, Thomson, Berthelot, Ostwald και Ihde (Erduran & Duschl, 2004) έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ιστορία της Χημείας. Ο Smith, συνιδρυτής του *American Chemical Society's Division of the History of Chemistry*, συμπεριέλαβε στην διδασκαλία του ανέκδοτες ιστορίες από την ζωή των επιστημόνων και ιστορικά πειράματα ενώ ταυτόχρονα σε άρθρο του ο εκδότης του περιοδικού *Journal of Chemical Education*, αναγνωρίζει την σημασία της ιστορικής προσέγγισης (Niaz, 2016).

Ο ρόλος της Ιστορίας της Χημείας, όμως δεν είναι η απλή καταγραφή γεγονότων, όπως ιστορικά πειράματα, αλλά η ανάλυση της ιστορίας, χωρίς δεδομένη την σημερινή γνώση. Ο ιστορικός πρέπει να αναλύσει τους επιστημολογικούς και κοινωνικούς παράγοντες που συνέβαλαν κάθε φορά στην εξέλιξη της κατανόησης της χημείας. Από άποψη εκπαιδευτικής διαδικασίας, οι διάσπαρτες αναφορές σε ονόματα επιστημόνων, ημερομηνίες γεγονότων και σύντομες ιστορίες για σημαντικά πειράματα στα σχολικά εγχειρίδια δεν είναι αρκετές για να υποστηρίξουν πιστά και έγκυρα το ιστορικό πλαίσιο ανάπτυξης της χημικής γνώσης.

Αν και η ιστορία της Χημείας προσέκλυσε το ενδιαφέρον των χημικών νωρίς, επηρεάζοντας έτσι και την σχολική εκπαίδευση (Erduran, 2001), η φιλοσοφία της Χημείας είναι ένα πεδίο που έχει αναπτυχθεί τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, με αποτέλεσμα η επιρροή της στο πρόγραμμα σπουδών να είναι μηδαμινή.

Παρόλο που η ενασχόληση της με την φύση των στοιχείων και της ύλης, προσφέρει ένα σύνολο θεμάτων άξια φιλοσοφικής προσοχής και έρευνας, η ανάπτυξη της ως ξεχωριστός κλάδος της Φιλοσοφίας των Επιστημών καθυστέρησε και η αυτονόμηση της από την Φιλοσοφία της Φυσικής, πραγματοποιήθηκε χρονικά μετά την Φιλοσοφία της Βιολογίας.

Η κύρια αιτία καθυστέρησης της ανάπτυξης της Επιστημολογίας της Χημείας ήταν η υποτιθέμενη επιστημολογική της αναγωγή (reduction) στην φυσική. Πολλοί φιλόσοφοι και επιστήμονες, συμπεριλαμβανόμενων και χημικών, πίστευαν ότι όλα τα χημικά φαινόμενα μπορούσαν να εξηγηθούν με βάση την κβαντομηχανική και την εξίσωση του Schrodinger.

Οι Scerri και McIntyre, πρωτοπόροι στην φιλοσοφία της Χημείας, στο άρθρο *The case for*

*the Philosophy of Chemistry* (Scerri & McIntyre, 1997), απορρίπτουν την επιστημολογική αναγωγή της Χημείας στην φυσική, ποσοτικά και εννοιολογικά. Η ποσοτική αναγωγή αναφέρεται στον υπολογισμό των χημικών ιδιοτήτων υπό το πρίσμα της κβαντικής ενώ η εννοιολογική σε χημικές έννοιες όπως η σύσταση, η μοριακή δομή, οι δεσμοί και σε ιδιότητες όπως η ισομέρεια, που μπορούν να εκφραστούν μόνο σε χημικό επίπεδο. Επίσης, ο Scerri υποστηρίζει ότι η Χημεία διαφέρει από τη φυσική ως προς την μέθοδο που ακολουθείται για την παραγωγή προβλέψεων. Στη φυσική, οι προβλέψεις βασίζονται σε μαθηματικά μοντέλα ενώ τα χημικά μοντέλα βασίζονται περισσότερο στις ποιοτικές πτυχές της ύλης. Αν και στις δύο επιστήμες περιλαμβάνονται ποσοτικές έννοιες, στη Χημεία οι έννοιες αυτές έχουν και χαρακτήρα ταξινόμησης, όπως και στη βιολογία. Για παράδειγμα, οι έννοιες «οξύ», «άλας» βοηθούν τους χημικούς στη διερεύνηση και ταξινόμηση νέων ουσιών (Erduran, 2001; Lombardi & Labarca, 2007).

Η καταξίωση της Φιλοσοφίας της Χημείας ως ανεξάρτητου κλάδου της Φιλοσοφίας επήλθε το 1994, με την διοργάνωση διεθνών συνεδρίων στο Λονδίνο, Καρλσρούη, Μάρμπουργκ και Ρώμη. Το 1997, ιδρύεται η *International Society for the Philosophy of Chemistry*, ενώ ξεκινά και η έκδοση δύο περιοδικών, το *Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry* και το *Foundations of Chemistry* (Shummer, 2003). Η φιλοσοφία και η ιστορία της χημείας μας δίνουν τη δυνατότητα να προσδιορίσουμε τη στιγμή κατά την οποία βασικές έννοιες της χημείας προέκυψαν για να συμμετάσχουν στις αλλαγές στις οποίες τα ουσιαστικά χαρακτηριστικά των χημικών ουσιών διαμορφώθηκαν. Η ενασχόληση με ιστορικά και φιλοσοφικά θέματα έχει θετικά αποτελέσματα στον τρόπο διδασκαλίας και μάθησης της χημείας. Τα μοντέλα και η μοντελοποίηση μπορούν να παρέχουν το πλαίσιο ένταξης της ιστορίας και φιλοσοφίας στην τάξη (Izquierdo-Aymerich, 2013).

## **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> : Τα μοντέλα στην επιστήμη και στην εκπαιδευτική διαδικασία.**

### **2.1. Εισαγωγή**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η έννοια του μοντέλου, ο ρόλος της αναλογίας στην κατασκευή ενός μοντέλου, τα είδη των μοντέλων μέσω δύο τυπολογικών ταξινομήσεων. Επίσης γίνεται αναφορά στα αναπαραστατικά επίπεδα των μοντέλων και στους τρόπους παρουσίασής τους.

### **2.2. Η έννοια του μοντέλου**

Η ιδέα ότι η ύλη αποτελείται από άτομα έχει την απαρχή της, σχεδόν 2500 χρόνια πριν, με τους Έλληνες φιλοσόφους (Λεύκιππος - Δημόκριτος 460 π.Χ.). Η σύγχρονη ατομική θεωρία, ωστόσο, βασίστηκε στο έργο του John Dalton (1766-1844). Μεταβαίνοντας οι χημικοί, από τις αλχημιστικές πρακτικές σε μια πιο συστηματική μελέτη των στοιχείων και της συμπεριφοράς τους (π.χ. Lavoisier, Priestley και Davy), κλήθηκαν να περιγράψουν άτομα και μόρια. Οι αρχικές θεωρίες απεικόνιζαν τα άτομα ως σφαίρες ή μπάλες. Αυτή η ιδέα βελτιώθηκε με την ανακάλυψη του ηλεκτρονίου από τον Thomson και την εμφάνιση του μοντέλου του ατόμου «σταφιδόψωμο». Οι ανακαλύψεις του Rutherford οδήγησαν στο «πλανητικό» μοντέλο, που βελτιώθηκε από τον Bohr ενώ η κβαντομηχανική δημιούργησε ένα ακόμη πιο αφηρημένο ατομικό μοντέλο που απαιτούσε επιτηδευμένο μαθηματικό φορμαλισμό για την περιγραφή του (Planck, de Broglie, Schrodinger και Heisenberg) (Harrison & Treagust, 1996).

Από την μικρή αυτή ιστορική αναδρομή, γίνεται αντιληπτό ότι τα μοντέλα και η μοντελοποίηση δεν είναι κάτι πρωτοποριακό για την επιστήμη και ότι κατά την εξέλιξη της, τα μοντέλα υπήρξαν απαραίτητο εργαλείο για την επιστημονική έρευνα και την διάδοση της γνώσης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα και την δημιουργία ενδιαφέροντος από την πλευρά των επιστημόνων που ασχολούνται με την διδασκαλία των φυσικών επιστημών και την επιστημονική εκπαίδευση. Τα σύγχρονα επιστημονικά εγχειρίδια περιέχουν αναλογίες και αναλογικά μοντέλα. Η χρήση των μοντέλων όμως είναι περισσότερο εμφανής στα σχολικά βιβλία χημείας και στις διδακτικές εποικοδομητικές

πρακτικές των καθηγητών χημείας (Harrison & Treagust, 1996; Harrison & Treagust, 2000).

### 2.2.1. Τι είναι μοντέλο;

Παρόλο που η αξία των μοντέλων στις επιστημονικές και εκπαιδευτικές πρακτικές είναι αναγνωρίσιμη από την επιστημονική κοινότητα, δεν υπάρχει ένας και μοναδικός ορισμός για την έννοια του μοντέλου. Στην πράξη, μοντέλο είναι κάτι που αντιπροσωπεύει κάτι άλλο. Τα μοντέλα μπορούν να απεικονίζουν υλικά αντικείμενα αυτούσια (πχ. μία κωνική φιάλη) ή ως μέρος ενός συνόλου (πχ. κωνική φιάλη ως μέρος εργαστηριακού εξοπλισμού). Μπορεί να είναι μεγαλύτερα από το αντικείμενο που αντιπροσωπεύουν (πχ. άτομα) ή μικρότερα (πχ. μία μινιατούρα ηφαιστείου). Μπορεί να απεικονίζουν μη ορατές οντότητες, με υλική υπόσταση (πχ. μόρια). Μπορεί να αναφέρονται στην συμπεριφορά ενός συστήματος (πχ. η διάχυση των μορίων του νερού μέσω μίας ημιπερατής μεμβράνης) ή σε μία διαδικασία (πχ. η λειτουργία ενός καταλυτικού μετατροπέα).

Ουσιαστικά τα μοντέλα είναι ευπροσάρμαστες αναπαραστάσεις και όταν αναφέρονται σε φυσικά φαινόμενα μπορούν να γίνουν κατανοητά σε τρία επίπεδα : το υλικό - που αναφέρεται στις οντότητες που περιλαμβάνει, το δυναμικό - που περιλαμβάνει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών και το αιτιακό - που αναφέρεται στις αιτίες και στον τρόπο λειτουργίας του φαινομένου (Marquez, Izquierdo & Espinet, 2006). Τα μοντέλα όμως δεν είναι μόνο απλή αντιγραφή ή μίμηση των συστημάτων του φυσικού κόσμου. Μπορούν να εκφράζουν ιδέες (πχ. η θεωρία του Big Bang στην αστρονομία) και να περιλαμβάνουν θεωρητικές οντότητες (πχ. οι δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου) (Harrison & Treagust, 1996).

Ένα μοντέλο συχνά χαρακτηρίζεται ως «γέφυρα» μεταξύ μίας θεωρίας και ενός φαινομένου. Ο ρόλος αυτός προκύπτει από το γεγονός ότι μία επιστημονική θεωρία δεν έχει άμεση αντιστοιχία με οντότητες του πραγματικού κόσμου όπως τον βιώνουμε. Με άλλα λόγια, ένα φυσικό φαινόμενο, μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα μοντέλο, το οποία με την σειρά του να προσδώσει την κατάλληλη οπτική για μία νέα επιστημονική θεωρία. Αντιστρόφως, μία επιστημονική θεωρία μπορεί να προσδιορισθεί μέσω ενός μοντέλου, το οποίο να εξηγεί μοτίβα του πραγματικού κόσμου.

Ένα μοντέλο, μπορεί να κατασκευασθεί από τους επιστήμονες μέσω λογικής, χρησιμοποιώντας οντότητες που δεν εμφανίζονται στον πραγματικό κόσμο, όπως το μοντέλο του Bohr για το άτομο του υδρογόνου, αποκαλύπτοντας έτσι υποκείμενες διεργασίες που δεν μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα ή έμμεσα (Oh & Oh , 2011).

Ανεξάρτητα από την ερμηνεία που ο όρος μοντέλο επιδέχεται, ένα επιστημονικό μοντέλο πάντα χρησιμοποιείται για ένα συγκεκριμένο σκοπό και έχει ένα καλά καθορισμένο πεδίο εφαρμογής.

Ο Woody (1995), (όπως αναφέρεται στο Erduran & Duschl , 2004) προσδιόρισε τέσσερις ιδιότητες των μοντέλων:

(α) Αποτελεί προσέγγιση της πλήρους αναπαράστασης ενός φαινομένου. Κατά αυτόν τον τρόπο, ανάλογα με τον σκοπό και τα κριτήρια κατασκευής του παραλείπει ή όχι λεπτομέρειες από το φαινόμενο που αναπαριστά.

(β) Δεν έχει καθορισμένα εκ κατασκευής όρια. Ενώ ο προσδιορισμός των οντοτήτων που περιέχει και των σχέσεων αλληλεπίδρασης μεταξύ τους, προσδιορίζει ταυτόχρονα και το πεδίο εφαρμογής του μοντέλου, δεν αποκλείει πιθανές εφαρμογές του σε άλλα πεδία.

(γ) Υπάρχει ένας αλγόριθμος για την σωστή εφαρμογή ενός μοντέλου. Η οριοθέτηση του μοντέλου, του δίνει την δυνατότητα εφαρμογής του για την εξήγηση νέων, πιο σύνθετων φαινομένων και ταυτόχρονα τα δομικά στοιχεία του μοντέλου και ο τρόπος κατασκευής του είναι οι προδιαγραφές για τον τρόπο που θα αντιμετωπισθούν οι πιο σύνθετες περιπτώσεις.

(δ) Συνοδεύεται συνήθως με μία οπτική αναπαράσταση. Αυτό το χαρακτηριστικό διευκολύνει την αναγνώριση των στοιχείων μίας θεωρίας και την επεξηγηματικότητα του μοντέλου.

Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τα μοντέλα για να περιγράψουν, να εξηγήσουν και να προβλέψουν τα φυσικά φαινόμενα και ταυτόχρονα να ανταλλάξουν τις ιδέες τους. Η προσέγγιση ενός θέματος και η ερμηνεία του φαινομένου εξαρτάται από τον ίδιο τον επιστήμονα και πολλές φορές, μπορεί να υπάρχουν περισσότερα από ένα επεξηγηματικά μοντέλα είτε από τον ίδιο ή από άλλους συναδέλφους που εξετάζουν το ίδιο θέμα. Η διαφορά μπορεί να είναι εννοιολογική ή απλά στον τρόπο παρουσίασης. Η ύπαρξη των πολλαπλών μοντέλων μπορεί να υπερκεράσει τις αδυναμίες και τους περιορισμούς που παρουσιάζει το κάθε μοντέλο ξεχωριστά. και αν πρόκειται για ανταγωνιστικά μοντέλα να προωθήσει την περαιτέρω έρευνα για την επιστημονική κατανόηση του φαινομένου. Η

χρήση του εκάστοτε μοντέλου εξαρτάται από τους σκοπούς της έρευνας. Γενικά, θεωρείται ότι υπάρχουν κάποια μοντέλα που είναι πιο κοντά στην περιγραφή της πραγματικότητας πχ. ένα μηχανικό μοντέλο περιγράφει καλύτερα την πραγματική φύση ενός αερίου από ένα θερμοδυναμικό (Lombardi & Labarca, 2007; Oh & Oh, 2011).

Η ιστορία, πάντως έχει δείξει, ότι τα μοντέλα βρίσκονται υπό συνεχή αξιολόγηση, σε συνδυασμό με την εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης. Η αξιολόγηση μπορεί να είναι εννοιολογική ή να βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα και να οδηγήσει σε αναθεώρηση ή και σε απόρριψη του μοντέλου (Oh & Oh, 2011; Στεφανίδου, 2013).

Πάντως σύμφωνα με τον Tomasi (1988) ένα καλό μοντέλο πρέπει να χαρακτηρίζεται από:

(α) συνέπεια - δεν θα πρέπει να περιέχει αντιφάσεις και θα πρέπει να βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με τις βασικές αρχές της επιστήμης.

(β) απλότητα – η ενσωμάτωση στοιχείων και ιδιοτήτων του στόχου που δεν συνεισφέρουν στην επεξηγηματική ικανότητα του μοντέλου μειώνουν την αξία του και δυσκολεύει την περιγραφή, κατανόηση και εφαρμογή του μοντέλου.

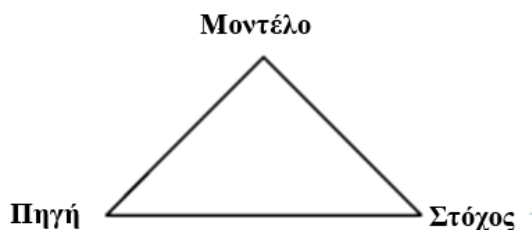
(γ) σταθερότητα – θα πρέπει να επιδέχεται τροποποιήσεις ή και προσθήκες χωρίς να αλλοιώνεται η βασική του δομή.

(δ) χρηστικότητα – θα πρέπει να παρέχει πληροφορίες για το στόχο, που σε κάθε άλλη περίπτωση θα είχαν προσπερασθεί.

(ε) γενικότητα – να μπορεί να εφαρμοσθεί και σε άλλα φαινόμενα που μοιράζονται τις ίδιες ιδιότητες με το φαινόμενο στόχο.

## 2.2.2 Μοντέλα και αναλογία

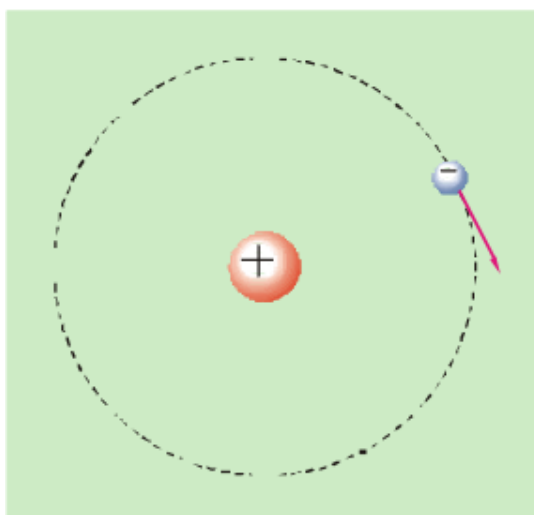
Σύμφωνα με τον Duit (1991) (όπως αναφέρεται στο Justi & Gilbert, 2006), στα μοντέλα υπάρχει πάντα μία σχέση αναλογίας που ουσιαστικά καθορίζει και την ύπαρξη του ίδιου του μοντέλου. Σύμφωνα με αυτήν την άποψη, το αντικείμενο, η ιδέα, η διαδικασία, το γεγονός που αναπαριστά το μοντέλο χαρακτηρίζεται ως «στόχος». Ως «πηγή» ή «ανάλογο» χαρακτηρίζεται μία άλλη οντότητα διαφορετική από τον στόχο που όμως είναι πιο οικεία και που έχει κοινά χαρακτηριστικά με τον στόχο και χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει τον στόχο μέσω μίας αναλογίας. Το «μοντέλο» είναι το αποτέλεσμα αυτής της αναπαράστασης (Σχήμα 2-1) (Justi & Gilbert, 2006).



**Σχήμα 2-1: Σχέση μοντέλου - πηγής - στόχου. (Πηγή: Justi & Gilbert, 2006 σελ. 123)**

Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα που υπάρχουν στα σχολικά βιβλία είναι το ατομικό μοντέλο του Rutherford. Ο Rutherford, με βάση τις πειραματικές του παρατηρήσεις του (λεπτά φύλλα χρυσού βομβαρδίστηκαν από μία θετικά φορτισμένη δέσμη σωματίων  $\alpha$ ), πρότεινε ότι το άτομο δεν αποτελείται μόνο από ηλεκτρόνια (μοντέλο του Thomson) αλλά περιέχει και μία θετικά φορτισμένη περιοχή, τον πυρήνα γύρω από τον οποίο κινούνται τα ηλεκτρόνια σε κυκλικές τροχιές.

Το ανάλογο σε αυτή την περίπτωση είναι το ηλιακό σύστημα - όπως οι πλανήτες κινούνται γύρω από τον ήλιο έτσι και τα ηλεκτρόνια γύρω από τον πυρήνα, γι' αυτό και το μοντέλο του Rutherford, χαρακτηρίζεται και ως πλανητικό μοντέλο (Σχήμα 2 - 2) (Γεωργακάκος κ.α, 1999).



**Σχήμα 2 - 2: Πλανητικό μοντέλο του Rutherford  
(Πηγή: Γεωργακάκος κ.α. (1999) σελ. 43)**

Οι πτυχές του στόχου και τα χαρακτηριστικά του, που θα αντιπροσωπεύονται από το μοντέλο και η ακρίβεια πιστότητας αυτών, εξαρτώνται από τον σκοπό του εμπνευστή του μοντέλου (Oh & Oh, 2011).

Για παράδειγμα, στο μοντέλο της κινητικής θεωρίας των αερίων, όπως προτάθηκε από Trautz και Lewis, το ανάλογο είναι οι μπάλες του μπιλιάρδου. Η σύγκρουση των μορίων οδηγεί σε προϊόντα μόνο όταν τα μόρια έχουν την απαιτούμενη ταχύτητα και τον κατάλληλο προσανατολισμό. Σε αυτή την περίπτωση το κοινό χαρακτηριστικό του μοντέλου και του στόχου δεν είναι το σχήμα των μορίων αλλά η ταχύτητα (Erduran & Dusch, 2004; Justi & Gilbert, 2006).

Στο πλανητικό μοντέλο του Rutherford, είναι ήσσονος σημασίας το γεγονός ότι οι πλανήτες έχουν διαφορετικό μέγεθος μεταξύ τους ενώ τα ηλεκτρόνια όχι, γιατί τα στοιχεία που μοιράζονται πηγή, ανάλογο και μοντέλο είναι η έλξη πυρήνα ηλεκτρονίων (έλξη ήλιου - πλανητών) και κίνηση των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα (κίνηση πλανητών γύρω από τον πυρήνα) (Gilbert & Justi, 2016).

Τα αναλογικά μοντέλα είναι ιδιαίτερα ελκυστικά για τους εκπαιδευτικούς και για τους μαθητές, επειδή εξηγούν αφηρημένες έννοιες της επιστήμης με οικείους και οπτικούς τρόπους. Ενώ αυτά βοηθούν στην κατανόηση των εννοιών της επιστήμης, η αναπαράσταση των υλικών οντοτήτων ως συγκεκριμένα αντικείμενα μπορεί να οδηγήσει σε εννοιολογικά προβλήματα, ιδιαίτερα όταν οι μαθητές δυσκολεύονται να αντικαταστήσουν τα αναλογικά μοντέλα με τα αντίστοιχα μαθηματικά ή θεωρητικά μοντέλα, καθώς διευρύνουν τις γνώσεις τους. Η διατήρηση των αναλογικών μοντέλων πέρα από την «ημερομηνία χρήσης» τους, εδραιώνει αφελείς και λανθασμένες επιστημονικά αντιλήψεις. Παραδείγματα από την σχολική Χημεία είναι η απεικόνιση των ηλεκτρονίων ως στατικά και στερεά σωματίδια και των χημικών δεσμών ως υλικές συνδέσεις παρά ως δυνάμεις.

Πάντως, όταν στην διδασκαλία, χρησιμοποιούνται αναλογικά μοντέλα διεγείρεται η περιέργεια των μαθητών και καλλιεργείται η δημιουργική σκέψη. Ταυτόχρονα, για την εξήγηση κάποιων επιστημονικών φαινομένων, όπως η διάθλαση του φωτός, τα αναλογικά μοντέλα θεωρούνται απαραίτητα (Harrison & Treagust, 2000b).



### 2.3. Ταξινόμηση μοντέλων

Καθώς η επιστημονική γνώση εξελίσσεται, εξελίσσονται και τα μοντέλα των επιστημόνων και κατά συνέπεια η ταξινόμησή τους.

Σύμφωνα με Harre (2004)(όπως αναφέρεται στο Chamizo, 2013) , ένα πραγματικό ή φανταστικό αντικείμενο δεν είναι μοντέλο. Λειτουργεί ως μοντέλο, όταν τοποθετείται σε ένα πλαίσιο αλληλεπίδρασης με άλλα αντικείμενα. Έτσι η ταξινόμηση των μοντέλων είναι ουσιαστικά η ταξινόμηση των τρόπων με τον οποίο αντικείμενα και διαδικασίες δρουν ως μοντέλα.

Κάποιες από τις ταξινομήσεις αναφέρονται στον πίνακα 2-1. Η τυπολογία στοχεύει στην περιγραφή των ομοιοτήτων και διαφορών μεταξύ των μοντέλων που χρησιμοποιούνται στην επιστημονική έρευνα και εκπαίδευση (Chamizo, 2013).

• Black (1962)	:Μοντέλα κλίμακας, αναλογικά μαθηματικά, θεωρητικά
• Bruner (1966)	:Ένεργητικά, εικονικά, συμβολικά
• Giere (1991)	: Μοντέλα κλίμακας, αναλογικά, θεωρητικά
• Gilbert & Boulter (1997)	:Νοητικά, εκφρασμένα, μοντέλα συναίνεσης, διδακτικά
• Harrison & Treagust (2000)	: Αναλογικά, κλίμακας, εικονικά ή συμβολικά, μαθηματικά,θεωρητικά, διαγράμματα/ χάρτες/ πίνακες, προσομοιώσεις, εννοιολογικής διεργασίας, νοητικά, συνθετικά
• Justi & Gilbert (2000)	: Ιστορικά και υβριδικά
• Boutler & Buckley (2000)	:Υλικά, λεκτικά, οπτικά, μαθηματικά, κινητικά
• Harre (2004)	: Εικονικά (ομόρφα και παράμορφα)

**Πίνακας 2- 1: Ταξινομήσεις μοντέλων.**

Παρακάτω αναφέρεται η ταξινόμηση των Harrison & Treagust (2000), από την άποψη της διδακτικής των φυσικών επιστημών, και η ταξινόμηση των Justi & Gilbert, (2000) –

ταξινομήσεις που θα χρησιμοποιηθούν και στην παρούσα έρευνα. Η πρώτη ταξινόμηση επιλέχθηκε γιατί συστηματοποιεί όλα τα μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί στην διδασκαλία τους και η δεύτερη γιατί μελετά τα μοντέλα από την σκοπιά της ΙΦΦΕ.

### 2.3.1. Τυπολογική ταξινόμηση μοντέλων από τους Harrison & Treagust (2000)

#### Επιστημονικά και διδακτικά μοντέλα

1. Μοντέλα κλίμακας : Χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση ζώων, φυτών και υλικών αντικειμένων και διατηρούν πιστά τις εξωτερικές αναλογίες, τα χρώματα και το σχήμα, αλλά σπάνια αναπαριστούν την εσωτερική δομή του και δεν είναι κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό με αυτό που απεικονίζουν.
2. Παιδαγωγικά αναλογικά μοντέλα : Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει όλα τα αναλογικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία, συμπεριλαμβανομένου και τα μοντέλα κλίμακας. Ονομάζονται «αναλογικά» επειδή το μοντέλο τηρεί τις αναλογίες και «παιδαγωγικά» επειδή χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς για μη παρατηρήσιμες οντότητες όπως τα άτομα και τα μόρια. Πχ. προσομοιώματα μορίων με ξυλάκια και μπαλάκια.

Συχνά τα αναλογικά μοντέλα είναι πολύ απλοποιημένα, πχ. τα άτομα είναι συμπαγείς μπάλες ή οι δεσμοί μεταξύ τους είναι απλά ξυλάκια, για να τονισθούν εννοιολογικά χαρακτηριστικά.

Τα παιδαγωγικά αναλογικά μοντέλα μπορούν περαιτέρω να ταξινομηθούν σε:

- Παιδαγωγικά αναλογικά μοντέλα που οικοδομούν εννοιολογική γνώση
- Μοντέλα που απεικονίζουν πολλαπλές έννοιες ή/και διαδικασίες
- Προσωπικά μοντέλα πραγματικότητας, θεωριών και διαδικασιών

#### *Παιδαγωγικά αναλογικά μοντέλα που οικοδομούν εννοιολογική γνώση*

3. Εικονικά και συμβολικά μοντέλα: περιλαμβάνουν τους μοριακούς τύπους χημικών στοιχείων και ενώσεων και τις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων. Είναι επεξηγηματικά μοντέλα, που όμως χρειάζονται περαιτέρω ερμηνεία από τους καθηγητές για να αποφευχθεί η ταύτιση με την πραγματικότητα. Για παράδειγμα, ο

χημικός τύπος CO<sub>2</sub> θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει το διοξείδιο του άνθρακα αλλά για να γίνει πιο ακριβής, πρέπει να παρουσιασθεί στους μαθητές ως O=C=O.

4. Μαθηματικά μοντέλα: Αναπαριστούν φυσικές ιδιότητες και διεργασίες μέσω μαθηματικών εξισώσεων και γραφημάτων πχ. καταστατική εξίσωση ιδανικών αερίων  $P.V = n.R.T$ , όπου κάθε σύμβολο αντιστοιχεί σε μία έννοια στο πρωτότυπο. Είναι τα πιο αφηρημένα, ακριβή και περισσότερο προγνωστικά από τα υπόλοιπα μοντέλα. Η απλοποιημένη τους μορφή επιτρέπει την γρήγορη και εκτενή μελέτη σύνθετων φαινομένων. Λόγω όμως της εξιδανικευμένης μορφής τους, είναι απαραίτητη η, εκ των προτέρων, γνωστοποίηση των συνθηκών και των προϋποθέσεων για την εφαρμογή τους. Είναι σημαντικό οι μαθητές να μπορούν να εξηγούν ποιοτικά τα μαθηματικά μοντέλα (Gilbert & Osborne, 1980).
5. Θεωρητικά μοντέλα: Είναι ανθρώπινες κατασκευές που περιγράφουν καλά θεμελιωμένες έννοιες πχ. η κινητική θεωρία των αερίων, οι δυναμικές γραμμές ενός μαγνητικού πεδίου.  
Ένα καλό θεωρητικό μοντέλο είναι αυτό που προτείνει πολλές υποθέσεις για το πρωτότυπο φαινόμενο. (Gilbert & Osborne, 1980)

*Μοντέλα που απεικονίζουν πολλαπλές έννοιες ή/και διαδικασίες*

6. Διαγράμματα, χάρτες και πίνακες: Αυτά τα μοντέλα αντιπροσωπεύουν μοτίβα, μονοπάτια και σχέσεις. Για παράδειγμα, ο περιοδικός πίνακας, τα φυλογενετικά δέντρα, τα διαγράμματα κυκλωμάτων, οι μετεωρολογικοί χάρτες. Η φύση αυτών των διαγραμμάτων τα καθιστά διδιάστατα μοντέλα.
7. Μοντέλα εννοιολογικής διαδικασίας : Χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς και τα σχολικά βιβλία για να περιγράψουν άυλες διαδικασίες. Για παράδειγμα, πολλαπλά μοντέλα οξέων και βάσεων, οξειδοαναγωγής. Η ύπαρξη των πολλαπλών μοντέλων, συχνά δημιουργεί σύγχυση στους μαθητές, που πολλές φορές δεν αντιλαμβάνονται γιατί χρησιμοποιούνται περισσότερα του ενός μοντέλα. Το πιο σύνηθες είναι οι μαθητές να απομνημονεύουν τους κανόνες και να μην προσπαθούν να εξηγήσουν τους λόγους ύπαρξης περισσότερων του ενός μοντέλων (Harrison, 2001).
8. Προσομοιώσεις: μοντελοποιούν πολύπλοκες και περίπλοκες διαδικασίες όπως πτήση αεροσκαφών, υπερθέρμανση του πλανήτη, πυρηνικές αντιδράσεις, ατυχήματα. Δίνουν τη δυνατότητα σε αρχάριους και ερευνητές να αναπτύξουν και να βελτιώσουν τις

δεξιότητες τους χωρίς να διακινδυνεύσουν τη ζωή και την περιουσία τους και μπορεί επίσης να περιλαμβάνουν εμπειρίες «εικονικής πραγματικότητας». Ο ρεαλισμός πολλών προσομοιώσεων καλύπτει την αναλογική τους φύση και μπορεί οι μαθητές να οπτικοποιήσουν την προσομοίωση ως πραγματικότητα.

*Προσωπικά μοντέλα πραγματικότητας, θεωριών και διαδικασιών.*

9. **Νοητικά μοντέλα:** Τα νοητικά μοντέλα είναι ένα είδος νοητικής αναλογικής αναπαράστασης, που τα άτομα παράγουν κατά τη γνωστική λειτουργία, και τα οποία έχουν το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό να διατηρούν τη δομή του πράγματος που υποτίθεται ότι αντιπροσωπεύουν. Είναι δυναμικές αναπαραστάσεις, εύκολα διαχειρίσιμες, που παρέχουν επεξηγήσεις των φαινομένων και έχουν την δυνατότητα προβλέψεων. Για παράδειγμα, Maxwell – ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Τα νοητικά μοντέλα είναι εξαιρετικά προσωπικά και δύσκολα προσβάσιμα από άλλους (Βοσνιάδου, 1994).
10. **Συνθετικά μοντέλα:** Ο όρος αυτός χρησιμοποιήθηκε από την Βοσνιάδου (1994) για να περιγράψει τις εξελισσόμενες εναλλακτικές αντιλήψεις που συνθέτουν οι μαθητές καθώς συγχωνεύουν τα διαισθητικά τους μοντέλα με τα επιστημονικά μοντέλα των εκπαιδευτικών. Για παράδειγμα, οι μαθητές χημείας μαθαίνουν για τα άτομα μέσω μιας ακολουθίας μοντέλων ελαστικών σφαιρών, ηλιακού συστήματος, φλοιών - στοιβάδων, ηλεκτρονιακών νεφών, τροχιακών.

Εξετάζοντας τα είδη των μοντέλων και την κατάταξή τους είναι φανερό ότι όσο αυξάνεται η πολυπλοκότητα, η επεξηγηματική και προβλεπτική ικανότητα ενός μοντέλου, τόσο μεγαλύτερες είναι και οι απαιτήσεις, από εννοιολογική άποψη, από τους μαθητές. Επομένως, ένα πιθανό πλεονέκτημα αυτής της τυπολογικής ταξινόμησης είναι να βοηθήσει τους καθηγητές να επιλέξουν για την διδασκαλία τους το μοντέλο που να είναι σύμφωνο με το γνωστικό επίπεδο των μαθητών τους. Η μάθηση με βάση το μοντέλο μπορεί να αποτελεσματική όταν βασίζεται σε αυτό που ήδη γνωρίζει ο μαθητής. Έτσι, η εισαγωγή πολύπλοκων χαρτών και διαγραμμάτων, προσομοιώσεων και μοντέλων εννοιολογικής διαδικασίας θα είναι επιζήμια, αν οι μαθητές δεν έχουν προηγουμένως κατακτήσει την αναλογική φύση των απλούστερων μοντέλων. Εξάλλου, έρευνες έχουν

δείξει ότι η ερμηνεία των μοντέλων από τους μαθητές δεν είναι, πολλές φορές, η ζητούμενη από τον εκπαιδευτικό. Το γεγονός ότι ένας μαθητής ερμηνεύει σωστά ένα μοντέλο κλίμακας, δεν σημαίνει απαραίτητα ότι μπορεί να ερμηνεύσει ικανοποιητικά και ένα μαθηματικό ή θεωρητικό μοντέλο (Harrison & Treagust, 1998; Harrison & Treagust, 2000; Harrison & De Jong, 2005)

### 2.3.2. Ταξινόμηση από τους Justi & Gilbert (2000)

Η ταξινόμηση των μοντέλων βάσει της οντολογικής τους υπόστασης όπως παρουσιάζεται από τους Justi & Gilbert (2000).

- **Νοητικό μοντέλο:** είναι μία προσωπική νοητική αναπαράσταση που παράγεται από ένα άτομο είτε ιδιωτικά είτε ως μέλος μία ομάδας.
- **Εκφρασμένο μοντέλο:** το νοητικό μοντέλα που γίνεται γνωστό στην επιστημονική κοινότητα μέσω οποιουδήποτε τρόπου αναπαράστασης, με σκοπό την αξιολόγηση του.
- **Μοντέλο συναίνεσης :** είναι το εκφρασμένο μοντέλο το οποίο έγινε αποδεκτό από μία κοινωνική ομάδα, ύστερα από συζήτηση και πειραματική αξιολόγηση. Όταν η ομάδα αυτή είναι η επιστημονική κοινότητα και η αποδοχή του βασίζεται σε πειραματικά δεδομένα που παρουσιάζονται σε δημοσιεύσεις, το μοντέλο χαρακτηρίζεται ως επιστημονικό. Για παράδειγμα, το μοντέλο του Schrödinger για το άτομο. Η χρονική περίοδος χρήσης του στην επιστημονική έρευνα εξαρτάται από την προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου που φυσικά θα πρέπει να υποστηρίζεται και πειραματικά.
- **Ιστορικό μοντέλο:** είναι το επιστημονικό μοντέλο που παράγεται για ένα συγκεκριμένο θέμα, το οποίο όμως έχει αντικατασταθεί για διάφορους ερευνητικούς λόγους. Ένα ιστορικό μοντέλο έχει κοινωνικές, φιλοσοφικές, επιστημονικές και τεχνολογικές προεκτάσεις καθώς ο χαρακτηρισμός του ως ιστορικό δεν εξαρτάται από το χρονικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε ή χρησιμοποιήθηκε ούτε από το αν είναι προϊόν ενός μόνο επιστήμονα ή μίας ομάδας. Το κύριο κριτήριο είναι η επίτευξη καθεστώτος συναίνεσης μέσα σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο (Justi & Gilbert, 2000).

Κάθε ιστορικό μοντέλο μπορεί να μελετηθεί, χρησιμοποιώντας την θεωρία του Λακάτου (1970), σύμφωνα με την οποία οι θεωρίες προκύπτουν από τα «ερευνητικά

προγράμματα». Κάθε ερευνητικό πρόγραμμα λειτουργεί ως βασική μονάδα αξιολόγησης και χαρακτηρίζεται από:

- (α) ένα «σκληρό πυρήνα» (*hard core*) θεμελιωδών παραδοχών, οι οποίες είναι αυθαίρετες και τουλάχιστον προσωρινά αδιάψευστες και μη αναθεωρήσιμες
- (β) μια «προστατευτική ζώνη» (*protective belt*) πρόσθετων βοηθητικών παραδοχών, οι οποίες είναι ανοιχτές σε αναθεώρηση και προστατεύουν τον σκληρό πυρήνα από διαψεύσεις, και
- (γ) ένα «θετικό ευρετικό» τμήμα (*positive heuristic*) που προβλέπει τις ανωμαλίες, ορίζει τα προβλήματα και αποτελείται από ένα σύνολο ενδείξεων και προτάσεων για την τροποποίηση των παραδοχών της προστατευτικής ζώνης, όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο (Laudan et al, 1986).

Ο «σκληρός πυρήνας» του ιστορικού μοντέλου αποτελείται από το θεωρητικό υπόβαθρο και από τα κύρια χαρακτηριστικά του. Το θεωρητικό υπόβαθρο αντιστοιχεί στις επιστημονικές ιδέες στις οποίες βασίστηκε το μοντέλο καθώς και τα αναλυτικά εργαλεία με τα οποία προέκυψε. Τα κύρια χαρακτηριστικά είναι οι επιστημονικές ιδέες που αφορούν το αντικείμενο του μοντέλου. Η προστατευτική ζώνη είναι ιδέες που συμπληρώνουν τα κύρια χαρακτηριστικά, ανεξάρτητες η μία από την άλλη αλλά σε άμεση σύνδεση με τον «σκληρό πυρήνα» (Justi & Gilbert, 1999). Όταν ο σκληρός πυρήνας ενός δεδομένου ερευνητικού προγράμματος πρέπει να αλλάξει, τότε το ερευνητικό πρόγραμμα πρέπει να εγκαταλειφθεί, εφόσον δεν μπορεί πλέον να καλύψει νέες πετυχημένες προβλέψεις (Justi & Gilbert, 2000).

Βάσει αυτής της θεωρίας, για κάθε ιστορικό μοντέλο μπορούν να εξετασθούν:

- (α) η επεξηγηματική του ικανότητα και οι αδυναμίες του στην εξήγηση του φαινομένου
  - (β) τα χαρακτηριστικά του μοντέλου που τροποποιήθηκαν και ενσωματώθηκαν στο νέο μοντέλο
  - (γ) ο τρόπος με τον οποίο το νέο μοντέλο ανταποκρίθηκε στις αδυναμίες των προηγούμενων
  - (δ) οι μετέπειτα εμφανιζόμενες ελλείψεις του νέου μοντέλου (Justi & Gilbert, 2000).
- **curricular μοντέλο:** είναι μια απλουστευμένη εκδοχή οποιασδήποτε ιστορικού ή μοντέλου συναίνεσης, που περιλαμβάνεται στο πρόγραμμα σπουδών των Φυσικών Επιστημών σε οποιοδήποτε επίπεδο του εκπαιδευτικού συστήματος.

- Υβριδικό: Ένα μοντέλο χαρακτηρίζεται ως υβριδικό, όταν περιλαμβάνει επιστημολογικά χαρακτηριστικά από πολλά ιστορικά μοντέλα και τα παρουσιάζει ως σύνολο.

Η ύπαρξη των υβριδικών μοντέλων είτε στα σχολικά εγχειρίδια είτε στην εκπαιδευτική διαδικασία, μπορεί να είναι ελκυστική από την άποψη ότι πολλές ιδέες μπορούν να παρουσιασθούν ταυτόχρονα στους μαθητές αλλά αντίθετη εντελώς με την ιστορία της επιστήμης. Ένα υβριδικό μοντέλο δεν έχει υπάρξει ποτέ ιστορικά και επομένως δεν μπορεί να αντικατασταθεί από κάποιο άλλο. Η χρήση του ως εκπαιδευτικό εργαλείο, υπονοεί την γραμμική και ανεξάρτητη εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης ενώ ταυτόχρονα δημιουργεί παρανοήσεις στα νοητικά μοντέλα των μαθητών, λόγω της εννοιολογικής του ασυνέπειας και των πιθανών αντιφάσεων του (Justi, 2000).

## 2.4 Αναπαραστατικά επίπεδα και τρόποι παρουσίασης μοντέλων

### 2.4.1. Αναπαραστατικά επίπεδα μοντέλων

Τα μοντέλα που παράγονται από την επιστήμη, εκφράζονται στα παρακάτω τρία διακριτά αναπαραστατικά επίπεδα, σύμφωνα με Johnstone (1993)(όπως αναφέρεται στο Gilbert, 2008).

(α) Το μακροσκοπικό επίπεδο. Αναφέρεται στα παρατηρήσιμα μεγέθη του θέματος που εξετάζεται – για παράδειγμα το διάλυμα μίας καθαρής ουσίας.

Είναι, επομένως μια αναπαράσταση ενός τμήματος του φυσικού κόσμου που η επιστήμη είναι σε θέση να εξερευνήσει με μεγάλη ευκολία και δίνει την δυνατότητα αντίληψης του φυσικού κόσμου. Βέβαια, για την εξυπηρέτηση των στόχων της διδασκαλίας, κάποιες πτυχές του φαινομένου έχουν αφαιρεθεί ή αποσιωπηθεί, για παράδειγμα, η καθαρή ουσία του διαλύματος διαχωρίστηκε από το μίγμα πριν την δημιουργία του διαλύματος.

(β) Το υπομικροσκοπικό επίπεδο. Αυτό αποτελείται από αναπαραστάσεις εκείνων των οντοτήτων που αποτελούν τη βάση του μακροσκοπικού επιπέδου, αναδεικνύοντας έτσι τις ιδιότητες που εμφανίζονται στο μακροσκοπικό επίπεδο. Αντιστοιχεί σε πραγματικές οντότητες, αλλά επειδή είναι μη ορατές είναι δύσκολο να γίνουν κατανοητές. Για παράδειγμα, μόρια και ιόντα χρησιμοποιούνται για να εξηγήσουν τις ιδιότητες ενός

διαλύματος.

(γ) Το συμβολικό επίπεδο. Είναι τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν κάθε στοιχείο του υπομικροσκοπικού επιπέδου και τις μεταξύ τους σχέσεις. Για παράδειγμα, χημικές εξισώσεις και μαθηματικές εκφράσεις που σχετίζονται με την συγκέντρωση, mol που περιγράφουν τα μόρια και τα ιόντα καθώς και την συμπεριφορά τους σε ένα διάλυμα (Gilbert, 2008).

Η ικανότητα εργασίας σε κάθε ένα από αυτά τα επίπεδα και η νοητική μετάβαση από το ένα στο άλλο, είναι μία απαραίτητη δεξιότητα για την πλήρη κατανόηση των εξηγήσεων που παρέχονται από τις φυσικές επιστήμες.

Αυτό είναι μία πρόκληση για τους μαθητές καθώς θα πρέπει να αντιληφθούν και να κατανοήσουν την *εξωτερική οπτικοποίηση* - την εστιασμένη προβολή πληροφοριών με τη μορφή εικόνων, διαγραμμάτων, μοντέλων κλπ, και ταυτόχρονα να περάσουν στην *εσωτερική οπτικοποίηση* - τη νοητική παραγωγή, αποθήκευση και χρήση μίας εικόνας που συχνά (αλλά όχι απαραίτητα) είναι το αποτέλεσμα μίας εξωτερικής αναπαράστασης. Οι νοητικές διεργασίες είναι παρόμοιες και στις δύο περιπτώσεις (Gilbert, 2008).

#### 2.4.2 Τρόποι παρουσίασης των μοντέλων

Κατά την διάρκεια της διδασκαλίας, όλα τα είδη μοντέλων (εκφρασμένα, επιστημονικά, ιστορικά ή υβριδικά), μπορούν να παρουσιασθούν στους μαθητές με τους παρακάτω τρόπους:

(α) Ο Υλικός τρόπος (material – concrete mode): είναι τρισδιάστατος και χρησιμοποιούνται ανθεκτικά υλικά - για παράδειγμα, ένα πλαστικό μοριακό μοντέλο με μπίλιες και ξυλάκια, Είναι περισσότερο κατάλληλος όταν απαιτούνται περιγραφικές εξηγήσεις - για παράδειγμα, ένα μοντέλου κυττάρου, που είναι σε μεγέθυνση, μπορεί να εξηγήσει τον τρόπο που τα βακτήρια επιδρούν σε αυτό (Gilbert et al. 2000).

(β) Ο λεκτικός τρόπος (Verbal mode) – γραπτός ή προφορικός: περιγράφει τις οντότητες και τις σχέσεις μεταξύ τους σε ένα μοντέλο. π.χ. τα μπαλάκια σε ένα πλαστικό μοντέλο είναι άτομα. Μπορεί επίσης να εξηγή τις μεταφορές και τις αναλογίες στις οποίες βασίζεται το μοντέλο. Για παράδειγμα, «ο ομοιοπολικός δεσμός δημιουργείται με αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων» όπως αντιπροσωπεύεται από το ραβδάκι σε ένα μοριακό μοντέλο με μπίλια και ραβδί.



(γ) Ο συμβολικός τρόπος (symbolic mode): σύμβολα χημικών στοιχείων και μοριακοί τύποι χημικών ενώσεων, χημικές εξισώσεις, μαθηματικές εκφράσεις και εξισώσεις, για παράδειγμα, η καταστατική εξίσωση των αερίων, η χημική εξίσωση της καύσης της αιθανόλης.

Χρησιμοποιείται περισσότερο για προβλεπτικές εξηγήσεις. Για παράδειγμα, στην καταστατική εξίσωση των αερίων, αλλάζοντας τον όγκο ενός δοχείου σταδιακά, υπό σταθερή πίεση, μπορεί να γίνει πρόβλεψη για την αλλαγή στην θερμοκρασία, δεδομένο που προκύπτει πειραματικά (Gilbert et al. 2000).

(δ) Ο οπτικός τρόπος: χρησιμοποιεί γραφήματα, διαγράμματα και κινούμενα σχέδια πχ. δισδιάστατες αναπαραστάσεις χημικών δομών.

Οι οπτικές αναπαραστάσεις είναι ωφέλιμες για τους μαθητές γιατί εστιάζουν το ενδιαφέρον τους σε σημαντικές πληροφορίες του κειμένου που συνοδεύουν, διευκολύνουν την κατανόηση ενός δύσκολου κειμένου δημιουργώντας οπτικές συνδέσεις των νέων εννοιών με τις προϋπάρχουσες έννοιες (Levin & Mayer, 1993. όπως αναφέρεται στους Gkitzia et al, 2011).

(ε) ο τρόπος με την βοήθεια του σώματος (gestural mode) που χρησιμοποιεί το σώμα ή μέρη του σώματος - για παράδειγμα, αναπαράσταση της κίνησης των ιόντων κατά την ηλεκτρόλυση με την βοήθεια των μαθητών να κινούνται σε αντίθετες ροές (Gilbert, 2004).

Επειδή όμως ένα φαινόμενο έχει πολλές πτυχές, για να αποδοθεί καλύτερα ένα μοντέλο στους μαθητές, μπορεί να χρειασθεί πολλαπλούς τρόπους παρουσίασης. Για παράδειγμα:

- διάγραμμα για την δομική πτυχή του φαινομένου
- λεκτική περιγραφή της συμπεριφοράς ή/και εξήγησης του μηχανισμού του φαινομένου
- υλικό τρόπο για την εξήγηση της συμπεριφοράς των οντοτήτων μέσα στο φαινόμενο (Boulter & Buckley, 2000).

Ο τρόπος με τον οποίο χειρίζονται οι εκπαιδευτικοί τους διαφορετικούς τρόπους αναπαράστασης κατά την διάρκεια της διδασκαλίας - για παράδειγμα, η επεξηγηματική μετάβαση από ένα προσομοίωμα μορίου σε ένα χημικό τύπο, είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση και την ερμηνεία αυτών των αναπαραστάσεων από τους μαθητές (Boulter & Buckley, 2000b). Η χρήση πολλαπλών τρόπων δρα συνεργατικά και μπορεί να ενισχύσει την βαθύτερη κατανόηση και αφομοίωση νέων και πολύπλοκων ιδεών (Gkitzia et al, 2011).

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> : Διδασκαλία και μάθηση με την χρήση μοντέλων

### 3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζεται ο συλλογισμός μέσω μοντέλων και πώς αυτός μπορεί να εφαρμοσθεί στην διδασκαλία των ΦΕ και στη μάθηση της επιστήμης. Επίσης, με την βοήθεια της βιβλιογραφίας, εξετάζονται οι αντιλήψεις των μαθητών και των εκπαιδευτικών για την έννοια και την φύση των μοντέλων που χρησιμοποιούνται στην διδασκαλία.

### 3.2. Ο συλλογισμός μέσω μοντέλων (Model based reasoning)

Ο συλλογισμός μέσω μοντέλων (model based reasoning) είναι μία τάση προσέγγισης της εξέλιξης της επιστημονικής γνώσης και εφαρμογής της στην επιστημονική έρευνα μέσω κατασκευής και αξιολόγησης μοντέλων. Σύμφωνα με αυτήν, τα μοντέλα έχουν ενεργό ρόλο στην επεξήγηση και την διαμόρφωση των θεωριών, καθώς θεωρούνται περιεκτικά υποσύνολα των θεωριών και παρέχουν πληροφορίες και επεξηγήσεις χρήσιμες για την επιστημονική συλλογιστική και την επίλυση προβλημάτων. Οι θεωρίες αποτελούν ένα σύνθετο και δυναμικό δίκτυο μοντέλων (syntactic view of theories) και η μοντελοποίηση αποτελεί μία συλλογιστική οδό που αποφέρει εννοιολογική αλλαγή, δηλαδή το μοντέλο είναι αυτό που καθορίζει και την θεωρία (Oh & Oh, 2011; Στεφανίδου, 2013).

Η μοντελοποίηση παίζει καθοριστικό ρόλο στην πρακτική ενός επιστήμονα των φυσικών επιστημών. Δίνει την δυνατότητα στους επιστήμονες να οπτικοποιήσουν αφηρημένες διαδικασίες και οντότητες, να παρέχουν εξηγήσεις για τα φαινόμενα που μελετούν, να αναπαραστήσουν τις ιδέες τους και να τις παρουσιάσουν στους άλλους.

Δεδομένης αυτής της φιλοσοφικής τάσης, και της άποψης ότι η εκπαίδευση πρέπει να παρέχει στους μαθητές εμπειρίες παρόμοιες με τις εμπειρίες των επιστημόνων, οι ερευνητές της επιστημονικής εκπαίδευσης αναζήτησαν τρόπους προσέγγισης της μάθησης και της σχολικής διδασκαλίας μέσω των μοντέλων.

### 3.3 Διδασκαλία και μάθηση μέσω μοντέλων

Η διδασκαλία με την χρήση μοντέλων είναι οποιαδήποτε διαδικασία που περιλαμβάνει την συλλογή πληροφοριών, μαθητικών δραστηριοτήτων και εκπαιδευτικών στρατηγικών που έχει σκοπό να υποστηρίξει και να προωθήσει την ανάπτυξη νοητικών μοντέλων ατομικών ή ομαδικών σε μία εκπαιδευτική διαδικασία (Gobert & Buckley, 2000).

Ο εκπαιδευτικός, επωφελούμενος την χρήση μοντέλων, μπορεί να εξηγήσει περίπλοκες και δυσνόητες έννοιες και με την παρουσίαση οπτικών αναπαραστάσεων μπορεί να υποστηρίξει και να υποβοηθήσει τους μαθητές του στην δημιουργία εσωτερικών αναπαραστάσεων – νοητικών μοντέλων.

Κατά τον σχεδιασμό της διδασκαλίας του ο εκπαιδευτικός θα πρέπει:

(α) να καθορίσει τον σκοπό του μοντέλου και την γνώση που πρέπει να κατέχουν οι μαθητές μετά την διδασκαλία, λαμβάνοντας υπόψη και την ηλικία τους.

(β) να εξετάσει τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα (λανθασμένες ή μη, που μπορεί να είναι αποτέλεσμα των εμπειριών τους, του πολιτιστικού τους υπόβαθρου, των μέσων μαζικής ενημέρωσης ή προηγούμενης διδασκαλίας) και να σχεδιάσει τις εκπαιδευτικές τεχνικές που θα οδηγήσουν τον μαθητή από την προηγούμενη γνώση στο μοντέλο – στόχο (Clement, 2000), ενώ κατά την διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας, θα πρέπει να εστιάσει σε τρία σημεία:

(α) την κατανόηση της έννοιας του μοντέλου από τους μαθητές.

Αυτό μπορεί να ενισχυθεί με την παρουσίαση πολλών μοντέλων που αφορούν το θέμα που εξετάζεται, εξηγώντας βέβαια και τις δυνατότητες και τα όρια κάθε μοντέλου, και την παρότρυνση χρήσης από τους μαθητές διαφορετικών τρόπων αναπαράστασης κάθε μοντέλου.

(β) την ανάπτυξη της ικανότητας τους να οπτικοποιήσουν νοερά το μοντέλο.

Τα τελευταία χρόνια, η χρήση των υπολογιστών υπήρξε σημαντική βοήθεια στην ενίσχυση της ικανότητας των μαθητών.

(γ) την κατανόηση των μεταφορών και αναλογιών που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο (Gilbert, 2004).

Η διαδικασία όμως μπορεί να αποδειχθεί απαιτητική και για τους καθηγητές και για τους μαθητές για τους παρακάτω λόγους:

- (α) τα επεξηγηματικά μοντέλα δεν είναι πάντα εύκολα παρατηρήσιμα.
- (β) οι μαθητές έχουν συνηθίσει σε μία πιο επιφανειακή αντιμετώπιση των νέων φαινομένων και εννοιών.
- (γ) τα νέα μοντέλα να έρχονται σε σύγκρουση με τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών και να απαιτείται εννοιολογική αλλαγή.
- (δ) να απαιτείται εξειδικευμένο λεξιλόγιο που να έρχεται σε αντίθεση με τις έννοιες όπως χρησιμοποιούνται μέχρι τώρα από τους μαθητές (Clement, 2000).

Η γνώση των κύριων επιστημονικών και ιστορικών μοντέλων, έστω και μέσω των διδακτικών μοντέλων, είναι απαραίτητη για την μάθηση. Όμως για να γνωρίσουν την επιστημονική διαδικασία της έρευνας, οι μαθητές θα πρέπει να μάθουν να κατασκευάζουν ή να αναθεωρούν μοντέλα και να τα χρησιμοποιούν για να λύνουν προβλήματα, να θέτουν ερευνητικά ερωτήματα, να κάνουν προβλέψεις (Gobert & Buckley, 2000).

Έτσι είναι απαραίτητη η ενεργή συμμετοχή τους σε ποικίλες δραστηριότητες μοντελοποίησης. Για παράδειγμα, ο van Joolingen (2004) προτείνει τρεις δραστηριότητες μοντελοποίησης για την διδασκαλία των ΦΕ:

- (1) Οι μαθητές αλλάζουν τις παραμέτρους των μοντέλων, παρατηρούν τα αποτελέσματα αυτών των αλλαγών και εξάγουν συμπεράσματα για τις ιδιότητες και την δομή των μοντέλων.
- (2) Οι μαθητές δημιουργούν, κατασκευάζουν τα δικά τους μοντέλα για να εκφράσουν τις ιδέες τους πάνω σε συγκεκριμένα θέματα.
- (3) Οι μαθητές κατασκευάζουν μοντέλα για να εξηγήσουν πειραματικά αποτελέσματα.

Ενώ οι Oh & Oh (2011) προτείνουν δύο ακόμη δραστηριότητες:

- (1) Οι μαθητές συγκρίνουν τα πολλαπλά μοντέλα που υπάρχουν για ένα φαινόμενο και αξιολογώντας τις ιδιότητες και τους περιορισμούς κάθε μοντέλου, καταλήγουν στο πιο κατάλληλο για την περιγραφή του φαινομένου ή την επίλυση ενός δεδομένου προβλήματος.
- (2) Οι μαθητές συμμετέχουν σε συνεχείς διεργασίες κατασκευής, αξιολόγησης και βελτίωσης μοντέλων για την επιτέλεση μακροχρόνιων επιστημονικών εργασιών.

Βασιζόμενοι στους τρόπους με τους οποίους οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τα μοντέλα, οι ερευνητές πρότειναν πλαίσια εργασίας για τους καθηγητές ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν την κατασκευή μοντέλων εξαρχής (de novo) από τους ίδιους τους μαθητές.

Η διαδικασία μοντελοποίησης ξεκινά με ένα ερέθισμα - ένα ερευνητικό ερώτημα ή ένα πρόβλημα που αφορά ένα φυσικό φαινόμενο - και ακολουθούν τα παρακάτω στάδια:

(α) Συστηματική παρατήρηση του φαινομένου και συλλογή πληροφοριών και δεδομένων είτε από τις προϋπάρχουσες γνώσεις είτε από εξωτερικές πηγές (βιβλιογραφία, εμπειρικές δραστηριότητες κ.α.).

(β) Δημιουργία ενός μοντέλου, μέσω αναλογικού ή μαθηματικού συλλογισμού.

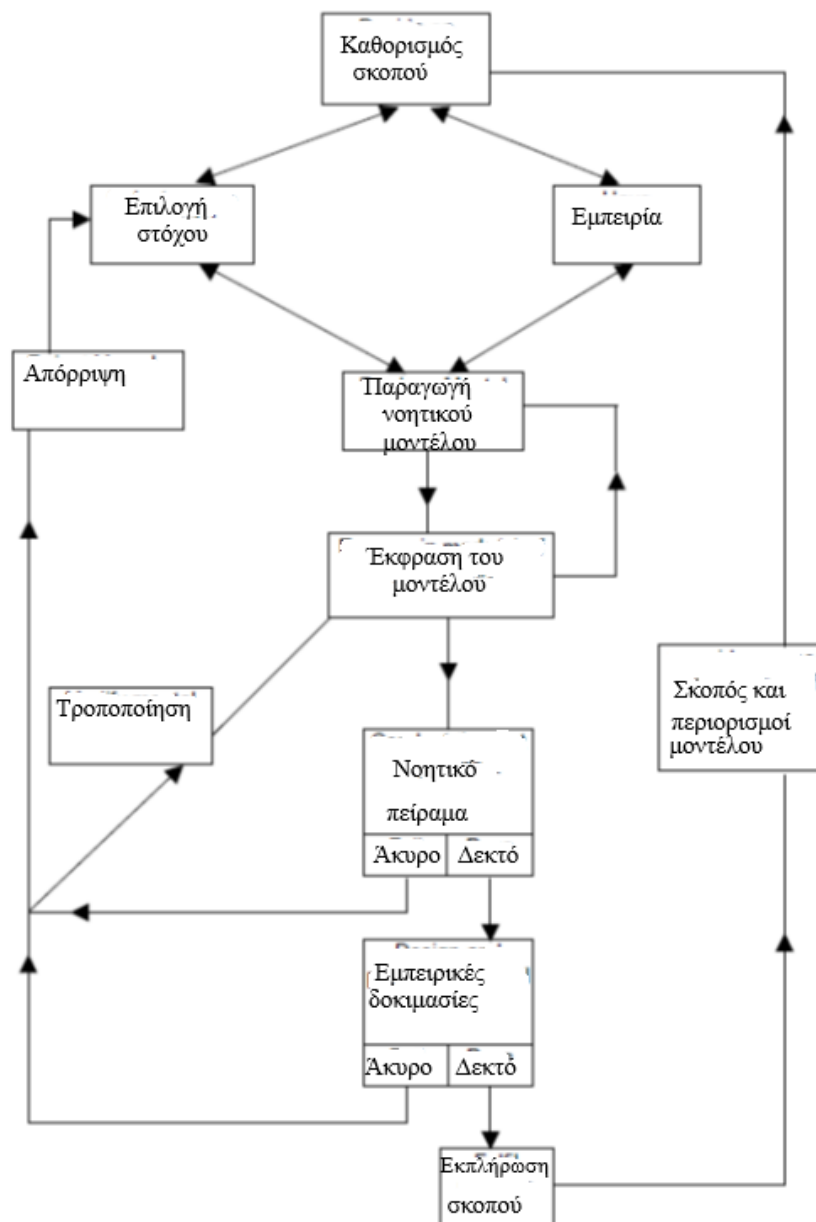
(γ) Δοκιμή και αξιολόγηση του μοντέλου είτε μέσω πειραματικών διεργασιών ή νοητικών πειραμάτων. Εξετάζεται η χρησιμότητα του, η επεξηγηματική και προβλεπτική του ικανότητά.

(δ) Αναθεώρηση - τροποποίηση του μοντέλου και εφαρμογή του (Gobert & Buckley, 2000; Halloun, 2006; Justi & Gilbert, 2006; Louca & Zacharia, 2011).

Οι Justi & Gilbert (2006) προτείνουν το πλαίσιο που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3-1 και περιγράφεται παρακάτω.

Αρχικά διασαφηνίζεται στους μαθητές ο σκοπός για τον οποίο το μοντέλο πρέπει να δημιουργηθεί, δηλαδή οι μαθητές πρέπει να γνωρίζουν ξεκάθαρα για ποια ερωτήματα ψάχνουν απαντήσεις. Στην συνέχεια, εστιάζουν την προσοχή τους στις οντότητες που θα χρησιμοποιηθούν και στο να αναζητήσουν πιθανές πηγές για το μοντέλο τους, που μπορεί να είναι μία αναλογία ή μία μαθηματική έκφραση που συνδέει τις οντότητες και τις σχέσεις μεταξύ τους. Ως αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας, παράγεται ένα αρχικό νοητικό μοντέλο, που εκφράζεται με τον κατάλληλο τρόπο: λεκτικό, οπτικό, μαθηματικό, υλικό. Η επιλογή του τρόπου έκφρασης εξαρτάται από τον σκοπό της όλης διεργασίας, την φύση των οντοτήτων του μοντέλου (υλικές ή αφηρημένες) και τις επιστημονικές πρακτικές που θα πραγματοποιηθούν με τη βοήθεια του μοντέλου. Η έκφραση του μπορεί και να οδηγήσει σε τροποποίηση του, ακολουθώντας την κυκλική διαδικασία που φαίνεται στο σχήμα. Μετά την παραγωγή του μοντέλου, ακολουθεί η δοκιμή του, πιθανότατα μέσω ενός νοητικού πειράματος. Αν το αποτέλεσμα είναι θετικό, και το μοντέλο επιβεβαιώσει τα αποτελέσματα του νοητικού πειράματος, ακολουθεί η πειραματική διαδικασία, όπου συλλέγονται και αναλύονται δεδομένα. Τα αποτελέσματα

αντιπαρατίθενται με αυτά του μοντέλου. Αν το μοντέλο περάσει την φάση της αξιολόγησης, ο σκοπός του μοντέλου θα έχει εκπληρωθεί. Ο μαθητής τώρα θα πρέπει να πείσει τους συμμαθητές και τον καθηγητή του για την αξία του μοντέλου, μία διαδικασία που θα τον αναγκάσει να σκεφτεί τους περιορισμούς και τις δυνατότητες αυτού του μοντέλου. Η όλη διεργασία είναι κυκλική, και σε κάθε φάση της δίνει την δυνατότητα τροποποίησης του μοντέλου ώστε να αυξηθεί η επεξηγηματική του ικανότητα (Justi & Gilbert, 2006).



**Σχήμα 3- 1 :** Ένα μοντέλο «μοντελοποίησης» από τους Justi & Gilbert  
(Πηγή: Justi & Gilbert (2006) σελ. 122)

Καθόλη την διεργασία, οι εκπαιδευτικοί παρακινούν τους μαθητές να αναλογιστούν τις γνώσεις που ήδη κατέχουν ή που έμαθαν στην τάξη. Απαντούν σε ερωτήσεις που τους θέτουν και παρέχουν έγκαιρα καθοδήγηση και έτσι ώστε οι μαθητές να βρίσκονται πάντα στη σωστή πορεία συλλογισμού. Δεν εμπλέκονται άμεσα στην δημιουργία του μοντέλου αλλά παρέχοντας εμπειρικά αποτελέσματα ή ιστορικά στοιχεία, μπορούν να κατευθύνουν τον συλλογισμό των μαθητών σε επιστημονικά αποδεκτά αποτελέσματα (Halloun, 2006).

Όταν ο συλλογισμός μέσω μοντέλων (model based reasoning), ενσωματώνεται στις εκπαιδευτικές πρακτικές, ενισχύεται η εννοιολογική και διαδικαστική κατανόηση της ΦτΕ και η ανάπτυξη συλλογιστικών δεξιοτήτων, σε σύγκριση πάντα με τις άλλες μεθόδους που χρησιμοποιούνται κατά την διδασκαλία. Οι μαθητές έχουν την δυνατότητα να μιλήσουν για τα φυσικά φαινόμενα χρησιμοποιώντας επιστημονική ορολογία, να μοιραστούν τις ιδέες τους, να αξιολογήσουν τα δικά τους μοντέλα και τα μοντέλα των συμμαθητών τους. Έτσι, μαθαίνουν να κατανοούν την γλώσσα που χρησιμοποιείται κατά την διεξαγωγή της επιστήμης και να εκτιμούν τον ρόλο των μοντέλων, όχι μόνο στην δημιουργία επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης αλλά και στην επικύρωσή της. Με την απόκτηση των απαραίτητων συλλογιστικών δεξιοτήτων, οι μαθητές θα μπορούν να ερμηνεύουν επιστημονικά δεδομένα, αλλά και να αξιολογούν την σημασία τους και την δυνατότητα χρήσης τους - δύο πολύ σημαντικά σημεία του επιστημονικού γραμματισμού. Επίσης, θα μπορέσουν να ξεπεράσουν την απλή απομνημόνευση γεγονότων και πληροφοριών και να κατανοήσουν ότι η επιστημονική γνώση είναι αποτέλεσμα ανθρώπινης επιχειρηματολογίας και συναίνεσης και όχι απλή καταγραφή συμπερασμάτων (Louca & Zacharia, 2011; Gilbert & Justi, 2016).

### **3.4 Μαθητές και μοντέλα**

Οι μαθητές χρησιμοποιούν τα μοντέλα από πολύ μικρή ηλικία, χωρίς όμως να είναι σίγουρο ότι κατανοούν και τον μηχανισμό δημιουργίας τους ή τα ίδια τα μοντέλα. Παρόλα αυτά όμως, πολλοί από τους μαθητές, θεωρούν ότι τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται από τις ΦΕ είναι δύσκολα να κατανοηθούν, ιδιαίτερα αν οι μαθητές είναι μικρής ηλικίας ή χωρίς την δυνατότητα αφαιρετικής σκέψης.

Μία σημαντική έρευνα από τους Grosslight et al (1991), που βασίστηκε σε συνεντεύξεις μαθητών του αμερικάνικου εκπαιδευτικού συστήματος (7<sup>ο</sup> επίπεδο και 11<sup>ο</sup> επίπεδο) και ειδικών, διέκρινε τα παρακάτω επίπεδα αντίληψης των μαθητών για τα μοντέλα. Η διαφοροποίηση των επιπέδων έγινε με κύρια κριτήρια την σχέση μοντέλου – πραγματικότητας και τον ρόλο των ιδεών στην δημιουργία ενός μοντέλου.

Επίπεδο I: Τα μοντέλα θεωρούνται ως παιχνίδια ή πιστά αντίγραφα της πραγματικότητας και η χρησιμότητά τους έγκειται σε αυτή ακριβώς την αντιγραφή. Η παράλειψη κάποιων πτυχών του πραγματικού φαινομένου ή αντικειμένου δεν αποδίδεται σε κάποιο σκοπό, απλά θεωρείται επιλογή του μοντελιστή.

Επίπεδο II: Γίνεται αναγνώριση του σκοπού κατασκευής ενός μοντέλου και του γεγονότος ότι η παράλειψη, η επισήμανση ή η απλοποίηση κάποιων πτυχών της πραγματικότητας είναι συνειδητές επιλογές του εμπνευστή του μοντέλου. Η αντιστοίχιση μοντέλου και πραγματικών αντικειμένων δεν θεωρείται πλέον αναγκαία. Και σε αυτό το επίπεδο, όμως, οι μαθητές εστιάζουν στο μοντέλο και στο τμήμα της πραγματικότητας που αντιπροσωπεύει και όχι στις ιδέες που αναδεικνύονται μέσα από αυτό.

Επίπεδο III: Το μοντέλο κατασκευάζεται για να εκφράσει ιδέες του εμπνευστή του μοντέλου, ο οποίος έχει ενεργό ρόλο στην κατασκευή του, εστιάζοντας σε εκείνες τις πτυχές που θα εξυπηρετήσουν τον σκοπό του. Το μοντέλο επίσης μπορεί να αναθεωρηθεί ή να τροποποιηθεί ύστερα από δοκιμές, παίζοντας καταλυτικό ρόλο στην δημιουργία γνώσης, μέσα από μία κυκλική επικοδομητική διεργασία.

Σύμφωνα με την έρευνα, κανένας μαθητής δεν έφτασε στο επίπεδο III, το οποίο δημιουργήθηκε από συνεντεύξεις επιστημόνων με ιδιαίτερο ενδιαφέρον στα μοντέλα (Grosslight et al, 1991).

Μία επόμενη έρευνα από τους Harrison και Treagust (1996) διασαφήνισε τα μοντέλα των μαθητών για το άτομο και τα μόρια, προκειμένου να εξετασθεί η επιρροή τους στην περαιτέρω διδασκαλία της χημείας. Η έρευνα έγινε σε μαθητές της δυτικής Αυστραλίας (Κ 8-12) και βασίστηκε σε ημι-δομημένες συνεντεύξεις 20 λεπτών περίπου. Αρχικά ζητήθηκε από τους μαθητές να σκεφτούν το δικό τους μοντέλο για το άτομο, να το σχεδιάσουν και να το περιγράψουν. Στην συνέχεια, τους δόθηκαν έξι διαγράμματα, που με κάποιο τρόπο περιγράφουν την δομή του ατόμου και που συχνά χρησιμοποιούνται για την διδασκαλία, και τους ζητήθηκε να διαλέξουν εκείνο το διάγραμμα που ήταν πλησιέστερο στο δικό τους νοητικό μοντέλο. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η πλειοψηφία



των μαθητών προτίμησε τα μοντέλα που τα άτομα και τα μόρια απεικονίζονται ως διακριτές, δομημένες δομές και πολλοί από αυτούς θεωρούσαν ότι το νοητικό τους μοντέλο είναι αντιπροσωπευτικό και της πραγματικότητας. Σύμφωνα με τους ερευνητές, η αντίληψη αυτή ήταν αναμενόμενη λόγω της απειρίας στην μοντελοποίηση εκ μέρους των μαθητών, καθώς και της έλλειψης της πνευματικής ωριμότητας για την διαχείριση πολλαπλών μοντέλων. Το πιο σημαντικό συμπέρασμα της έρευνας αυτής, πάλι σύμφωνα με τους ερευνητές, είναι ότι η ενίσχυση της διδασκαλίας των ΦΕ, μπορεί να επιτευχθεί αν οι καθηγητές αφιερώσουν χρόνο για να εξετάσουν προσεκτικά τα νοητικά μοντέλα των μαθητών είτε που κατέχουν εξ αρχής είτε που κατασκευάζουν κατά την διάρκεια της διδασκαλίας (Harrison & Treagust, 1996).

Αναφερόμενοι στα μοντέλα της Χημείας οι Erduran & Duschì (2004), θεωρούν ότι οι αδυναμίες των μαθητών οφείλονται στον τρόπο παρουσίασης των μοντέλων στα σχολικά εγχειρίδια και κατά την διδασκαλία, και αναγνωρίζουν τέσσερις βασικές αιτίες:

Πρώτον: τα μοντέλα παρουσιάζονται στους μαθητές ως αντίγραφα της πραγματικότητας και όχι ως προσεγγιστικές αναπαραστάσεις που μπορούν να αξιολογηθούν και να αναθεωρηθούν. Το παραδοσιακό πλαίσιο διδασκαλίας δεν ευνοεί ούτε προωθεί την αξιολόγηση, την αναθεώρηση των μοντέλων και την δημιουργία νέων από τους μαθητές. Δεύτερον: τα διδακτικά μοντέλα που παρουσιάζονται είναι συνήθως υβριδικά, χωρίς σαφή διάκριση μεταξύ των μοντέλων, ούτε επεξήγηση των ορίων του κάθε μοντέλου. Τρίτον: τα χημικά μοντέλα είναι συνήθως ταυτόσημα με τα μοριακά μοντέλα που χρησιμοποιούνται ως βοηθητικά οπτικά μέσα για την πληρέστερη κατανόηση της ύλης που διδάσκονται οι μαθητές.

Τέταρτον: παραδοσιακά η Χημεία συνδέεται και με εργαστηριακές δραστηριότητες. Στο παραδοσιακό μοτίβο διδασκαλίας, αυτό ισοδυναμεί σε απλή καταγραφή εργαστηριακών δεδομένων και ερμηνείας τους, ύστερα από εκτέλεση πειραμάτων (ή συχνά επίδειξη πειράματος από τον διδάσκοντα) με την μορφή «συνταγών», που δεν αποτελούν και μέρος της εργαστηριακής έρευνας. Η συγκεκριμένη διαδικασία δεν θα μπορούσε να ενισχύσει την μοντελοποίηση παρά μόνο με κατάλληλο σχεδιασμό από τον διδάσκοντα (Erduran & Duschì, 2004).

### 3.5 Εκπαιδευτικοί και μοντέλα

Ο βασικός ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να μετασχηματίσει την επιστημονική γνώση σε υλικό προς διδασκαλία, το οποίο να είναι εύκολα κατανοητό από τους μαθητές, χωρίς όμως να αλλοιώνονται τα επιστημονικά χαρακτηριστικά. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε επίπεδο περιεχομένου και σε επίπεδο πρακτικών διδασκαλίας. Αυτή η ικανότητα μετασχηματισμού, όμως απαιτεί πολύ καλή γνώση των επιστημονικών θεμάτων υπό συζήτηση (Erduran & Dusché, 2004; Oh & Oh, 2011).

Έτσι, για να μπορέσουν οι εκπαιδευτικοί να υποστηρίξουν ένα πρόγραμμα σπουδών που να βασίζεται στην θεωρία των μοντέλων και να συνεισφέρουν στην βελτίωση των μαθητών τους, θα πρέπει:

(α) να είναι πολύ καλοί γνώστες των ιστορικών/ επιστημονικών μοντέλων που παρουσιάζονται στα σχολικά εγχειρίδια – δηλαδή να γνωρίζουν εκτός από τις οντότητες που χειρίζονται τα μοντέλα και τις αιτιακές σχέσεις μεταξύ τους, τον σκοπό, τους περιορισμούς κάθε μοντέλου και τους παράγοντες που οδήγησαν την διατήρηση ενός μοντέλου για μεγάλο χρονικό διάστημα.

(β) να μπορούν να διακρίνουν πότε η μοντελοποίηση, σε συνδυασμό με τα ιστορικά μοντέλα θα συνεισφέρει στην διδασκαλία ενός θέματος, λαμβάνοντας υπόψη πάντα και το επίπεδο των διδασκόμενων.

(γ) να είναι σε θέση να διεξάγουν δραστηριότητες μοντελοποίησης, να κατανοούν τα νοητικά μοντέλα των μαθητών και να δρουν κατάλληλα όταν αυτά εκφράζονται στην τάξη (Gilbert, 2004).

Η κατανόηση της φύσης του μοντέλου από τους εκπαιδευτικούς είναι μέρος της κατανόησης της ΦτΕ. Οι απόψεις τους σχετικά με την έννοια του μοντέλου και την διαδικασία της μοντελοποίησης επηρεάζουν άμεσα και τις διδακτικές τους πρακτικές, για αυτό και μελετήθηκαν σε διάφορες έρευνες, κάποιες από τις οποίες αναφέρονται παρακάτω.

Οι Van Driel & Verloop (1999) (όπως αναφέρεται στους Justi & Gilbert (2003b)) πραγματοποίησαν δύο συναφείς έρευνες σχετικά με την κατανόηση της έννοιας του μοντέλου από έμπειρους καθηγητές φυσικών επιστημών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Στην πρώτη συμμετείχαν 15 εκπαιδευτικοί που απάντησαν σε ένα ανοικτού τύπου ερωτηματολόγιο, εμπνευσμένο από την μελέτη των Grosslight et al (1991). Τα

αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί συμφωνούσαν ότι το μοντέλο είναι μία απλοποιημένη ή σχηματική αναπαράσταση της πραγματικότητας αλλά υπήρχε μεγάλη απόκλιση απόψεων όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των μοντέλων και τις λειτουργίες που επιτελούν, με αυτήν της προβλεπτικής ικανότητας να αναφέρεται σπάνια. Στην δεύτερη έρευνα χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια τύπου Likert στα οποία απάντησαν 71 εκπαιδευτικοί και τα οποία επιβεβαίωσαν τα αποτελέσματα της προηγούμενης έρευνας (Justi & Gilbert, 2003b).

Σε μία άλλη έρευνα, ο Harrison (2001), πήρε συνεντεύξεις από 10 έμπειρους καθηγητές ΦΕ δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης προκειμένου να διερευνήσει κατά πόσο κατανοούν την φύση του μοντέλου και τον ρόλο της μοντελοποίησης στην επιστήμη. Όλοι οι συμμετέχοντες στην έρευνα συμφώνησαν για την σημασία της χρήσης των μοντέλων στις επιστημονικές διεργασίες ενώ κάποιοι από αυτούς τα χαρακτήρισαν και ως προϊόντα επιστήμης. Η κατάταξη των εκπαιδευτικών, σύμφωνα με τους Grosslight et al. (1991), έδειξε ότι δύο καθηγητές ήταν μεταξύ Επίπεδου I και II, δύο ήταν στο Επίπεδο II, τέσσερις μεταξύ του Επίπεδου II και Επίπεδο III, και μόνο δύο ήταν στο Επίπεδο III (Harrison, 2001; Justi & Gilbert, 2003b).

Στην έρευνα που πραγματοποίησαν οι Justi & Gilbert (2003) συμμετείχαν 39 εκπαιδευτικοί ΦΕ πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Με την βοήθεια ημι-δομημένων συνεντεύξεων οι Justi & Gilbert ερεύνησαν τις απόψεις των εκπαιδευτικών για την φύση των μοντέλων. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι οι εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται την έννοια του μοντέλου από επτά διαφορετικές οπτικές γωνίες, τις οποίες, οι ερευνητές κατηγοριοποίησαν: την φύση του, τις περιεχόμενες οντότητες, την ιδιαιτερότητά του, τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται, την χρονική περίοδο χρησιμοποίησής του, την προβλεπτική του ικανότητα και την βάση επιστημοποίησής της ύπαρξης και χρήσης του. Τα αποτελέσματα της έρευνας, βρίσκονταν σε πλήρη συμφωνία με την έρευνα που είχε πραγματοποιηθεί από τους Koulaidis & Ogborn(1989) για την φύση της επιστήμης, και έδειξαν ότι οι απόψεις των εκπαιδευτικών, όσον αφορά την οντολογική υπόσταση και τον επιστημολογικό ρόλο των μοντέλων, δεν παρουσίαζαν την θεμιτή συνοχή (Justi & Gilbert, 2003b; Στεφανίδου, 2013).

Όσον αφορά τους πανεπιστημιακούς εκπαιδευτικούς χημείας, η ίδια έρευνα έδειξε ότι το 33% αυτών δεν ασχολήθηκαν με τις απόψεις των φοιτητών τους για την φύση των μοντέλων - ίσως λόγω των πολυπληθών πανεπιστημιακών τμημάτων και του μεγάλου

όγκου της ύλης, το 56% αυτών δεν προωθούσαν δραστηριότητες μοντελοποίησης κατά την διδασκαλία τους, επηρεάζοντας έτσι και τις τεχνικές διδασκαλίας των μελλοντικών εκπαιδευτικών και το 29% παραδέχτηκε ότι ενώ συζητούσε τα μοντέλα των φοιτητών, τελικά τα αγνοούσε, γιατί θεωρούσαν ότι απλά ήταν μέρος της μαθησιακής διαδικασίας (Justi & Gilbert, 2003).

Από τις παραπάνω έρευνες είναι φανερό, ότι οι εκπαιδευτικοί ΦΕ αντιλαμβάνονται την έννοια του μοντέλου σύμφωνα με την επιστημονικά αποδεκτή άποψη αλλά βασίζονται κυρίως στον επικοινωνιακό ρόλο των μοντέλων και σπάνια αναγνωρίζουν την αξία τους στην εξαγωγή υποθέσεων ή προβλέψεων, στην ανατροφοδότηση για την βελτίωση των θεωριών και στην δημιουργία νέων ερευνητικών ερωτημάτων. Αυτό έχει βέβαια αντίκτυπο και στην διδασκαλία τους και δύσκολα αναμένεται να χρησιμοποιούν τα μοντέλα σε δραστηριότητες που να οδηγούν στην δημιουργία γνώσης από τις ίδιους τους μαθητές (Justi & Gilbert , 2003; Louca & Zacharia, 2011; Oh & Oh , 2011 ; Stefanidou & Skordoulis, 2017).

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> : Τα μοντέλα στην Χημεία

### 4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται ο ρόλος των μοντέλων στην Χημεία και τα κυριότερα αναλογικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στην διδασκαλία της Χημείας.

### 4.2 Ο ρόλος των μοντέλων στην Χημεία

Η Χημεία ως επιστήμη, μελετά τις ιδιότητες των υλικών και τους μετασχηματισμούς τους σε άλλα υλικά, καθώς και τους τρόπους με τους οποίους επιτυγχάνονται αυτοί οι μετασχηματισμοί σε μοριακό επίπεδο. Έτσι οι χημικοί, από την μία πλευρά, μελετούν αντιδράσεις χημικών ενώσεων, προσπαθούν να συνθέσουν νέες ουσίες και να προβλέψουν τις βέλτιστες συνθήκες για την παραγωγή τους (μακροσκοπικό επίπεδο), και ταυτόχρονα πρέπει να εξηγήσουν αυτά τα φαινόμενα με μόρια, άτομα, ιόντα που δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμα (υπο- μικροσκοπικό επίπεδο), χρησιμοποιώντας χημικές εξισώσεις και σύμβολα (συμβολικό επίπεδο).

Το εύρος των ιδιοτήτων των μοντέλων και το ευρύ φάσμα των λειτουργιών τους κατέστησαν τα μοντέλα και την μοντελοποίηση, ισχυρά και χρήσιμα εργαλεία για την ανάπτυξη και διάδοση της χημικής γνώσης.

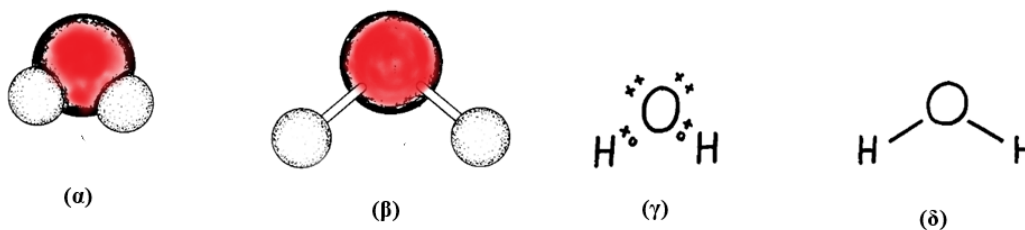
Η χρήση των μοντέλων στην Χημεία δεν είναι κάτι πρωτοποριακό. Ιστορικά, η χρήση τους για την απεικόνιση της χωρικής διάταξης των ατόμων στα μόρια ή των ιόντων στα κρυσταλλικά πλέγματα, συνδέεται άμεσα με την ατομική θεωρία. Ακολουθώντας το παράδειγμα του Dalton, κορυφαίοι επιστήμονες , όπως Kekulé, Van't Hoff, Pauling, Watson και Crick χρησιμοποίησαν μοριακά μοντέλα για να εξηγήσουν την συμπεριφορά των ουσιών που μελετούσαν και να προβλέψουν την μοριακή τους δομή. Ανακαλύψεις του 20<sup>ου</sup> αιώνα, όπως α – έλικα, η διπλή έλικα του DNA, η μυογλοβίνη, η αιμοσφαιρίνη συνδέονται άμεσα με την χρήση των μοντέλων.

Τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η χρήση των υπολογιστικών μοντέλων, έδωσε την δυνατότητα, πρόσβασης σε μεγάλους όγκους δεδομένων και παρουσίασης αυτών σε διάφορα αναπαραστατικά επίπεδα. Με αυτό τον τρόπο, οι

ερευνητές δύνανται να μελετήσουν τους μηχανισμούς των χημικών αντιδράσεων, σε περιπτώσεις που τα στατικά μοριακά μοντέλα ή οι τύποι και οι χημικές εξισώσεις είχαν περιορισμένη χρησιμότητα και να προβλέψουν τις ιδιότητες νέων χημικών ουσιών, ακόμα και πριν την σύνθεσή τους (Francoeur, 1997; Justi & Gilbert, 2006).

### 4.3 Τα αναλογικά μοντέλα στην διδασκαλία της Χημείας στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Τα αναλογικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται πιο συχνά στην διδασκαλία της χημείας είναι τα μοριακά μοντέλα. Οι Keenan et al (1980) (όπως αναφέρεται Harrison & Treagust, 1996) περιέγραψαν τα παρακάτω μοντέλα που χρησιμοποιούνται στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση.



**Σχήμα 4 - 1 : Τα πιο συχνά αναλογικά μοντέλα στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση. (α) space filling model για το μόριο του νερού (β) ball and stick model για το μόριο του νερού (γ) δομή Lewis για το μόριο του νερού (δ) μοντέλο δομικού τύπου για το μόριο του νερού (Πηγή : Harrison & Treagust, 1996, σελ. 513)**

(α) Τα μοντέλα κλίμακας ή space-filling models (Σχήμα 4-1(α)): Συχνά αναφέρονται και ως CPK models. Περιλαμβάνουν όλα τα άτομα από τα οποία αποτελείται ένα μόριο και απεικονίζουν με ικανοποιητική ακρίβεια τα σχετικά ατομικά μεγέθη και τις γωνίες δεσμών. Το άτομο κάθε στοιχείου αναπαριστάται με μία σφαίρα διαφορετικού χρώματος, πχ. μαύρο για τον άνθρακα, άσπρο για το υδρογόνο, κόκκινο για το οξυγόνο κλπ. Απεικονίζουν ικανοποιητικά την τρισδιάστατη διευσθέτηση των ατόμων, αναδεικνύοντας την αρχιτεκτονική του μορίου, αλλά δεν δείχνουν ξεκάθαρα το μήκος και τον αριθμό των ομοιοπολικών δεσμών.

(β) Τα μοντέλα με μπίλιες και ξυλάκια (ball and stick models) (Σχήμα 4-1(β)):: τρισδιάστατες αναπαραστάσεις που απεικονίζουν σωστά τους δεσμούς μέσα στο μόριο και πολύ συχνά και την γωνία των δεσμών. Λόγω της κατασκευής τους, μπορεί να αναδειχθεί η δυνατότητα περιστροφής στον απλό δεσμό σε αντίθεση με τον διπλό και τον τριπλό και μπορεί κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν για την ανάδειξη της γεωμετρίας ενός μορίου. Τα αρνητικά των μοντέλων αυτών είναι ότι δίνουν την αίσθηση του «ανοιχτού χώρου», μη απεικονίζοντας σωστά τον σχετικό χώρο που καταλαμβάνει ένα μόριο, αφού τα άτομα - σφαίρες είναι τοποθετημένα μακριά το ένα από το άλλο. Επίσης, οι απλοί και πολλαπλοί δεσμοί φαίνονται πανομοιότυποι, καθώς χρησιμοποιείται λυγισμένο πλαστικό για να τους απεικονίσει.

(γ) Οι δομές Lewis (Σχήμα 4-1(γ)): είναι δισδιάστατες αναπαραστάσεις που αναπαριστούν τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας κάθε ατόμου, συζευγμένα και ασύζευκτα. Το πλεονέκτημά τους είναι η ευκολία χρήσης στο χαρτί, η δυνατότητα πρόβλεψης των δεσμών, του σχήματος του μορίου και της πολικότητάς του. Λαμβάνοντας υπόψη την γεωμετρία του μορίου και την πολικότητα των δεσμών, μπορούν να προκύψουν συμπεράσματα για τις διαμοριακές δυνάμεις που αναπτύσσονται, για φυσικές ιδιότητες όπως σημείο βρασμού και τήξεως αλλά και για χημικές όπως οξύτητα ή βασικότητα.

(δ) Τα μοντέλα δομικού τύπου (Σχήμα 4-1(δ)): Είναι παράγωγα των δομών Lewis και με διάστικτους και διακεκομμένους δεσμούς για την απεικόνιση του προσανατολισμού εμπρός και πίσω από το επίπεδο. Είναι εύκολα στην χρήση και επιτρέπουν την δημιουργία τρισδιάστατων σχημάτων (τετράεδρα), αλλά δεν μπορούν να δείξουν με ακρίβεια τις γωνίες δεσμού ούτε διακρίνεται ο τύπος του δεσμού. Οι μαθητές χρειάζονται χρόνο για να αναπτύξουν τις δεξιότητες οπτικοποίησης που απαιτούνται για να διαβάσουν αυτά τα διαγράμματα, αλλά σχεδιάζονται γρήγορα και εύκολα σε χαρτί (Harrison & Treagust, 1996).

Η κατανόηση και η μάθηση της χημείας εξαρτάται από την ικανότητα των μαθητών να αντιληφθούν τα άτομα, μόρια και ιόντα ως οντότητες, τις ιδιότητές τους και την συμπεριφορά τους. Η εξοικείωση τους με τον μικροσκοπικό αυτό κόσμο, που δεν γίνεται αντιληπτός με την καθημερινή εμπειρία, ενισχύεται με την χρήση εξωτερικών αναπαραστάσεων.

Οι χημικές αναπαραστάσεις που περιγράφηκαν παραπάνω, είναι εν μέρει σχήματα και εν μέρει εικονικά διαγράμματα που απεικονίζουν αφηρημένες έννοιες και εφαρμόζουν

συμβάσεις για να απεικονίσουν τόσο τα συστατικά όσο και την οργάνωσή τους. Η σχέση μεταξύ αυτών των οπτικών αναπαραστάσεων και των χημικών εννοιών δεν είναι αυθαίρετη, όπως είναι η σχέση μεταξύ λέξεων και εννοιών, ούτε ισομορφική, όπως είναι η σχέση μεταξύ των εικόνων και των παραπομπών τους. Είναι συνήθως πιο αφηρημένες από τις εικόνες, αλλά εξακολουθούν να αναπαριστούν πληροφορίες με αναλογικό, μη αυθαίρετο τρόπο. Είναι λοιπόν σημαντικό, οι μαθητές να αντιληφθούν ότι τα μοριακά μοντέλα δεν είναι μοντέλα κλίμακας αλλά αναλογικά μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξήγηση ή την πρόβλεψη των ιδιοτήτων μίας ουσίας.

Η χρήση αυτών των αναπαραστάσεων για την εκτέλεση εργασιών απαιτεί μια σειρά γνωστικών λειτουργιών, όπως η αναγνώριση των γραφικών συμβάσεων, ο χειρισμός χωρικών πληροφοριών που παρέχονται από μια μοριακή δομή και η κατανόηση των εννοιολογικών περιορισμών. Είναι, λοιπόν πιθανόν, η μάθηση της χημείας να απαιτεί οπτικοχωρικές ικανότητες από τους μαθητές, προκειμένου να εκτελούν ορισμένες γνωστικές λειτουργίες. Όταν τα μοριακά μοντέλα χρησιμοποιούνται στην τάξη, οι καθηγητές θα πρέπει να ενθαρρύνουν τους μαθητές να επικεντρωθούν στη διαδικασία οπτικοποίησης (π.χ. περιστρέφοντας ένα μοντέλο για να το δουν από διαφορετικές οπτικές γωνίες) και να τους βοηθήσουν να δημιουργήσουν γνωστικές συνδέσεις μεταξύ μοριακών αναπαραστάσεων και εννοιών (Justi & Gilbert, 2003; Wu & Shah, 2004; Harrisson & De Jong, 2005).



## **Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Τα μοντέλα στα ελληνικά σχολικά βιβλία Χημείας του Γυμνασίου.**

### **5.1 Εισαγωγή**

Τα μοντέλα και η μοντελοποίηση παίζουν σημαντικό ρόλο στην Χημεία, για αυτό και θα πρέπει να συμπεριληφθούν και στην σχολική εκπαίδευση. Διάφοροι ερευνητές ασχολήθηκαν με τα σχολικά βιβλία χημείας, μελέτησαν τα μοντέλα που εμφανίζονται σε αυτά και τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση της διδασκαλίας της χημείας. Η έρευνα που ακολουθεί, βασίστηκε στις παρακάτω παραδοχές:

- (α) Η ένταξη της ΙΦΦΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία, παρουσιάζει πλεονεκτήματα και για τους εκπαιδευτές και για τους εκπαιδευόμενους.
- (β) Τα μοντέλα αποτελούν την γέφυρα σύνδεσης της θεωρίας και του φυσικού κόσμου όπως τον βιώνουμε καθημερινώς.
- (γ) Η συμβολή της ΙΦΦΕ στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών ενισχύεται από την μελέτη των επιστημονικών μοντέλων.

Και αφορά τα μοντέλα που παρουσιάζονται στους μαθητές Γυμνασίου μέσα από τα βιβλία της Χημείας. Στο κεφάλαιο αυτό, αναφέρεται ο σκοπός αυτής της έρευνας, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και το εργαλείο ανάλυσης των βιβλίων.

### **5.2 Σκοπός**

Σκοπός αυτής της έρευνας είναι να διερευνήσει την συμβολή των μοντέλων στην διδασκαλία της Χημείας στο Γυμνάσιο.

Επομένως, τα ερευνητικά ερωτήματα συνοψίζονται παρακάτω:

- (α) Υπάρχουν επιστημονικά μοντέλα στα σχολικά εγχειρίδια Χημείας του Γυμνασίου;
- (β) Ποια και πόσα ιστορικά μοντέλα παρουσιάζονται στους μαθητές του Γυμνασίου μέσα από τα σχολικά εγχειρίδια της Χημείας;
- (γ) Με ποιο τρόπο τα επιστημονικά μοντέλα που παρουσιάζονται συμβάλλουν στην διδασκαλία της Χημείας;

### 5.3 Δείγμα

Το σχολικό εγχειρίδιο αποτελεί το βασικό εργαλείο στην εκπαιδευτική διαδικασία και χρησιμοποιείται από τους καθηγητές και από τους μαθητές. Για τους εκπαιδευτικούς έχει καθοδηγητικό ρόλο στην διδασκαλία τους γιατί αντικατοπτρίζει τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος και για τους μαθητές είναι το κύριο μέσο απόκτησης γνώσεων και δραστηριοποίησης τους στο πεδίο των επιστημών. Κατά συνέπεια, η ποιότητα των σχολικών εγχειριδίων επηρεάζει άμεσα την μάθηση (Stern & Roseman, 2004). Τα ελληνικά σχολικά εγχειρίδια είναι τα ίδια και για την δημόσια και για την ιδιωτική εκπαίδευση και δεν διαφοροποιούνται ανάλογα με την υποδομή των σχολείων ή την επιστημονική και παιδαγωγική εκπαίδευση των εκπαιδευτικών. Επίσης είναι εγκεκριμένα από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής.

Για την έρευνα αυτή, επιλέχθηκαν τα παρακάτω σχολικά εγχειρίδια:

1. Χημεία Β΄ Γυμνασίου, (2006), Αβραμιώτης Σ., Αγγελόπουλος Β., Καπελώνης Γ., Σινιγάλιας Π., Σπαντίδης Δ., Τρικαλίτη Α., Φίλος Γ. (αναφέρεται στην συνέχεια ως Εγχειρίδιο 1 ή Εγχ.1)
2. Χημεία Γ΄ Γυμνασίου (2006), Θεοδωρόπουλος Π., Παπαθεοφάνους Π., Σιδέρη Φ., (αναφέρεται στην συνέχεια ως Εγχειρίδιο 2 ή Εγχ.2)

Και τα αντίστοιχα εγχειρίδια του εκπαιδευτικού για κάθε τάξη :

3. Χημεία Β΄ Γυμνασίου, Βιβλίο Εκπαιδευτικού, (2006), Αβραμιώτης Σ., Αγγελόπουλος Β., Καπελώνης Γ., Σινιγάλιας Π., Σπαντίδης Δ., Τρικαλίτη Α., Φίλος Γ. (αναφέρεται στην συνέχεια ως Εγχειρίδιο 1α ή Εγχ.1α)
4. Χημεία Γ΄ Γυμνασίου, Βιβλίο Εκπαιδευτικού (2006), Θεοδωρόπουλος Π., Παπαθεοφάνους Π., Σιδέρη Φ., (αναφέρεται στην συνέχεια ως Εγχειρίδιο 2α ή Εγχ.2α)

Τα εγχειρίδια του εκπαιδευτικού παρέχουν στον εκπαιδευτικό ένα σχεδιάγραμμα για να οργανώσει την διδασκαλία κάθε μαθήματος, περιγράφουν αναλυτικά τις δραστηριότητες και τις εργασίες εμπέδωσης, περιέχουν πληροφορίες για την ενότητα που θα διδαχθεί και δίνουν οδηγίες για την προώθηση τρόπων συλλογισμού μέσα στην σχολική τάξη.

Επιπλέον, μελετήθηκε και το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών Χημείας για το Γυμνάσιο (ΔΕΠΠΣΧ).

Επιλέχθηκαν τα βιβλία του Γυμνασίου για τους εξής λόγους:

Η ενασχόληση των μαθητών με τις φυσικές επιστήμες αρχίζει από το Δημοτικό αλλά η Β΄ Γυμνασίου αποτελεί την πρώτη τάξη του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος που η Χημεία εξετάζεται ως αυτόνομο μάθημα. Κατά συνέπεια, οι συγγραφείς έχουν την δυνατότητα να αναδείξουν τα χημικά φαινόμενα ανεξάρτητα από τα άλλα φαινόμενα του φυσικού κόσμου.

Ταυτόχρονα, το Γυμνάσιο αποτελεί τον πρώτο κύκλο της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και η λήξη του σηματοδοτεί και την λήξη της υποχρεωτικής εκπαίδευσης στην Ελλάδα. Άρα, οι μαθητές, τελειώνοντας το Γυμνάσιο, θα πρέπει να έχουν κατακτήσει ένα ικανοποιητικό επίπεδο γνώσεων όσον αφορά τις θεμελιώδεις αρχές της Χημείας, να έχουν εξασκηθεί στην επιστημονική ορολογία, να έχουν μάθει την διεθνή επιστημονική γλώσσα της Χημείας και να μπορούν να αναγνωρίζουν την αξία της Χημείας ως επιστήμη.

## 5.4 Μεθοδολογία

Πρόκειται για μία ποιοτική έρευνα κατά την οποία πραγματοποιήθηκε ανάλυση περιεχομένου των διδακτικών εγχειριδίων (White & Marsh, 2006; Gay, Mills & Airasian, 2012).

Ακολουθήθηκαν τα παρακάτω στάδια:

1<sup>ον</sup> Επιλέχθηκαν τα σχολικά εγχειρίδια που θα μελετηθούν,

2<sup>ον</sup> Έγινε βιβλιογραφική αναζήτηση σχετικά με τα μοντέλα και τα είδη τους στα σχολικά εγχειρίδια χημείας και για τα ιστορικά μοντέλα της χημείας,

3<sup>ον</sup> Έγινε συλλογή δεδομένων από τα σχολικά εγχειρίδια. Το κείμενο των μαθητικών σχολικών βιβλίων περιλαμβάνει την εισαγωγή κάθε ενότητας, τους στόχους όπως καθορίζονται στην αρχή κάθε υποενότητας από τους συγγραφείς, το κυρίως κείμενο, τις δραστηριότητες, τις λεζάντες των εικόνων και τα παραθέματα στο περιθώριο του κειμένου και στο τέλος κάθε ενότητας.

4<sup>ον</sup> Εντοπίστηκαν τα επιστημονικά μοντέλα και ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες που βασίστηκαν στην τυπολογική διάκριση των Harrison & Treagust (2000) ανά σελίδα και ανά ενότητα του κάθε βιβλίου.

5<sup>ov</sup> Στην συνέχεια εντοπίστηκαν τα ιστορικά μοντέλα, σημειώθηκαν η υποενοότητα και ο αριθμός της σελίδας και έγιναν σημειώσεις για την θέση στο κείμενο και τον τρόπο με τον οποίο κάθε μοντέλο παρουσιάζεται μέσα σε αυτό.

6<sup>ov</sup> Ταξινόμηση δεδομένων σε πίνακες.

7<sup>ov</sup> Εξαγωγή συμπερασμάτων, λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα από την ταξινόμηση, τα βιβλία των εκπαιδευτικών και τους στόχους όπως καθορίζονται από το ΔΕΠΠΣΧ και τα ερευνητικά ερωτήματα.

## 5.5 Εργαλείο ανάλυσης

### 5.5.1 Η έννοια του μοντέλου

Έγινε ανάλυση κειμένου και ελέγχθησαν τα εγχειρίδια για τον όρο «μοντέλο».

### 5.5.2 Μοντέλα και είδη τους που υπάρχουν στα εγχειρίδια

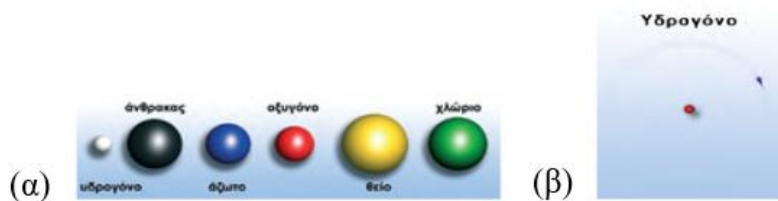
Αρχικά εντοπίστηκαν τα μοντέλα που υπάρχουν σε κάθε σχολικό εγχειρίδιο και κατηγοριοποιήθηκαν σύμφωνα με την τυπολογική διάκριση των Harrison & Treagust (2000) όπως φαίνεται στον πίνακα 5- 1. Συμπεριλήφθηκαν μόνο οι κατηγορίες που εμφανίζονται στα σχολικά εγχειρίδια χημείας. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε ανά ενότητα του εγχειριδίου και ανά σελίδα.

Παρακάτω παρατίθενται κάποιες διευκρινήσεις για την διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ταξινόμηση των μοντέλων σε κάθε κατηγορία.

1) Η δισδιάστατη μορφή των σχολικών εγχειριδίων περιορίζει τους τρόπους που μπορούν οι συγγραφείς να αναπαραστήσουν αντικείμενα, διεργασίες και ιδέες. Για αυτό, κατά την ταξινόμηση, για να μην χαρακτηρισθούν τα περισσότερα μοντέλα στην κατηγορία «Χάρτες, διαγράμματα ή πίνακες», λήφθηκε υπόψη και ο σκοπός του συγγραφέα κατά την απεικόνιση του μοντέλου. δηλαδή η εικόνα ενός προσομοιώματος ταξινομήθηκε στα 3D αναλογικά μοντέλα (Σχήμα 5-1(α)), όπως και η εικόνα ενός ατόμου (Σχήμα 5-1(β)) (Harrison, 2001).

Τύπος μοντέλου	Επεξήγηση	Παραδείγματα
Μοντέλα πλούσια σε πληροφορίες 3D - αναλογικά	Διδακτικά μοντέλα για την εξήγηση δομικών χαρακτηριστικών όπως είναι η διευθέτηση των ατόμων στο χώρο - προσομοιώματα μορίων – μοντέλα κλίμακας	Εγγ. 1, σελ. 60 : «το μόριο του νερού» Εγγ. 2, σελ. 35 : «κρυσταλλική δομή χλωριούχου νατρίου» Εγγ. 2 σελ. 84 «Βενζινοκινητήρας ..... ενέργεια.»
Αναλογικά Μοντέλα που Οικοδομούν Εννοιολογική Γνώση	Εικονικά και συμβολικά	Μοριακοί τύποι χημικών στοιχείων και ενώσεων , χημικές εξισώσεις αντιδράσεων
	Μαθηματικά	Αναπαριστούν ποσοτικά τις σχέσεις μεταξύ μεταβλητών με την μορφή μαθηματικών εξισώσεων ή συναρτήσεων.
	Θεωρητικά	Περιγράφουν μη ορατές οντότητες που θεωρούνται υπεύθυνες για φυσικά φαινόμενα και διεργασίες
Μοντέλα που απεικονίζουν πολλαπλές έννοιες ή/και διαδικασίες.	Χάρτες, διαγράμματα και πίνακες	Εγγ. 1, σελ. 72: «Η συμβολική γλώσσα της Χημείας» Εγγ. 2, σελ. 50 : «Περιοδικός Πίνακας»
	Εννοιολογικής διαδικασίας	Θεωρίες ή κανόνες που περιγράφουν άυλες διεργασίες

**Πίνακας 5 - 1: Τύποι μοντέλων σύμφωνα με Harrison & Treagust (2000)**



**Σχήμα 5 - 1 : (α) προσομοιώματα ατόμων (Πηγή: Εγχ. 1, σελ 59)**

**(β) το άτομο του υδρογόνου (Πηγή: Εγχ. 1 σελ 63)**

- 2) Κατηγορία 3D - αναλογικά μοντέλα: συμπεριλήφθησαν όλα τα ατομικά και μοριακά μοντέλα (προσομοιώματα) - συμπαγής ή εκτεταμένη μορφή των μοντέλων.
- 3) Κατηγορία Εικονικά και συμβολικά : κατά τον υπολογισμό τα σύμβολα των στοιχείων ή των χημικών ενώσεων που περιλαμβάνονται στις χημικές εξισώσεις δεν συμπεριλήφθησαν ξεχωριστά στο πλήθος, αλλά σαν μία χημική εξίσωση. Όταν το σύμβολο ενός στοιχείου ή ο μοριακός τύπος μία χημικής ένωσης υπάρχει δύο ή περισσότερες φορές στην ίδια σελίδα, λήφθηκε υπόψη ως ένα. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλήφθηκαν και οι συντακτικοί τύποι των οργανικών ενώσεων, λόγω του διδιάστατου χαρακτήρα τους.
- 4) Κατηγορία Μαθηματικά : Διακρίνονται εύκολα λόγω του μαθηματικού φορμαλισμού ή των γραφικών αναπαραστάσεων. Όμως τα συγκεκριμένα βιβλία απευθύνονται στις μικρότερες τάξεις της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και δεν περιέχουν , κατά κανόνα, μαθηματικούς τύπους και εξισώσεις, για αυτό και στην κατηγορία αυτή συμπεριλήφθησαν και οι περιφραστικοί τρόποι.
- 5) Κατηγορία Θεωρητικά: Ένα σημείο που πρέπει να δοθεί προσοχή είναι το αν οι χημικές εξισώσεις είναι θεωρητικά ή εικονικά μοντέλα (Harrison, 2001). Για αυτήν την έρευνα η χημική αντίδραση που εκφραζόταν λεκτικά συμπεριλήφθηκε στα θεωρητικά μοντέλα, ενώ η αντίστοιχη χημική εξίσωση στα εικονικά μοντέλα.
- 6) Κατηγορία Χάρτες, διαγράμματα και πίνακες:  
Χάρτες: συμπεριλήφθησαν και οι εννοιολογικοί χάρτες, γιατί παρέχουν την συσχέτιση εννοιών μεταξύ τους και βοηθούν στην κατανόηση των νέων μοντέλων (Αβραμιώτης κ.α., 2006).

**Διαγράμματα:** Τα διαγράμματα - γραφικές παραστάσεις που θα προέκυπταν από μαθηματικούς τύπους ακόμα και αν αυτοί δεν αναφέρονται στο κείμενο συμπεριλήφθησαν στα μαθηματικά μοντέλα.

**Πίνακες:** Σε αυτό το σημείο, πρέπει να επισημανθεί ότι ενώ ο Περιοδικός Πίνακας καταγράφηκε στην κατηγορία «Χάρτες - Διαγράμματα - Πίνακες», ο νόμος της περιοδικότητας καταγράφηκε στην κατηγορία «Θεωρητικά»

7) Δεν ελήφθησαν καθόλου υπόψη οι φωτογραφίες πειραματικών διαδικασιών, εργαστηριακών οργάνων, γιατί σύμφωνα με (Van Driel & Verloop, 1999 όπως αναφέρεται στο Στεφανίδου, 2013) μία φωτογραφία δεν είναι μοντέλο.

Η ταξινόμηση των μοντέλων θα γίνει για κάθε εγχειρίδιο ξεχωριστά και τα τελικά δεδομένα θα τοποθετηθούν σε δύο πίνακες που παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα. Στο πρώτο πίνακα (Σχήμα 5-2) αναγράφονται οι σελίδες που εντοπίστηκε ο κάθε τύπος μοντέλου και μέσα σε παρένθεση το πλήθος των μοντέλων. Στο δεύτερο πίνακα, το πλήθος των μοντέλων ανά τύπο και ανά ενότητα σχολικού βιβλίου (Σχήμα 5-3).

<b>Εγχειρίδιο</b>	
<b>Τύπος μοντέλου</b>	<b>Αριθμός σελίδας (πλήθος μοντέλων)</b>

**Σχήμα 5 - 2 : Πίνακας δεδομένων (1)**

<b>Τύποι μοντέλων ανά ενότητα για το εγχειρίδιο</b>						
<b>Ενότητα βιβλίου</b>	<b>3D - αναλογικά</b>	<b>Εικονικά /συμβολικά</b>	<b>Μαθηματικά</b>	<b>Θεωρητικά</b>	<b>Χάρτες, διαγράμματα και πίνακες</b>	<b>Εννοιολογικής διαδικασίας</b>

**Σχήμα 5 - 3 : Πίνακας δεδομένων (2)**

### 5.5.3 Τα ιστορικά μοντέλα

Ως ιστορικό χαρακτηρίζεται το επιστημονικό μοντέλο που παράγεται από έναν επιστήμονα ή από μία ομάδα επιστημόνων για να εξηγήσει ένα συγκεκριμένο θέμα και το οποίο όμως έχει αντικατασταθεί για διάφορους ερευνητικούς λόγους.

Στην συγκεκριμένη έρευνα ως ιστορικά θα θεωρήσουμε και τα curricular μοντέλα, που αποτελούν απλουστευμένη εκδοχή των ιστορικών μοντέλων και των μοντέλων συναίνεσης και που περιλαμβάνονται στα αναλυτικό πρόγραμμα των ΦΕ (Justi R.& Gilbert J., 2000).

Αρχικά εντοπίστηκαν τα ιστορικά μοντέλα που υπάρχουν σε κάθε βιβλίο, καταγράφηκαν οι σελίδες που εμφανίζονται και το πλήθος αυτών ανά ενότητα βιβλίου. Τα δεδομένα καταγράφηκαν σε ένα πίνακα, που θα έχει την παρακάτω μορφή:

Εγχειρίδιο 1			
Ενότητα βιβλίου	Ιστορικά μοντέλα	Σελίδες βιβλίου	Πλήθος

**Σχήμα 5 - 4 : Πίνακας δεδομένων (3)**

Σε δεύτερη φάση καθορίστηκε η θέση τους στο κείμενο.

Η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών έχουν την τάση να μελετούν μόνο το κυρίως κείμενο των σχολικών εγχειριδίων, αγνοώντας στοιχεία που βρίσκονται στο περιθώριο κειμένου ή σε πλαίσια, γιατί θεωρούν ότι αυτά τα στοιχεία δεν θα αξιολογηθούν. Επίσης οι μαθησιακές δραστηριότητες που βρίσκονται στο τέλος κάθε ενότητας αποτελούν ένδειξη της σημασίας του κειμένου. Υπάρχουν οι υποχρεωτικές, με τη μορφή ερωτήσεων - ασκήσεων, και οι προαιρετικές. Σύμφωνα με ΔΕΠΠΣΧ οι προαιρετικές μπορούν να καλύπτουν το μέγιστο το 10% των διδακτικών ωρών, σε ένα πρόγραμμα σπουδών που η Χημεία διδάσκεται μόνο δύο ώρες εβδομαδιαίως. Έτσι, ιστορικά μοντέλα που βρίσκονται στο περιθώριο του κειμένου ή σε μη υποχρεωτικές δραστηριότητες ή ακόμα και στην εισαγωγή, πιθανόν να αγνοηθούν πλήρως από τους μαθητές, ενίοτε και από τους εκπαιδευτικούς (Leite, 2011).



Στη συνέχεια πρέπει να καταγραφεί και ο τρόπος παρουσίασης των ιστορικών μοντέλων. Σύμφωνα με την γνωστική θεωρία των πολυμέσων, που αναπτύχθηκε από τον Mayer (1997) (όπως αναφέρεται στο Devetak & Vogrinc, 2013), ο μαθητής διαβάζοντας ένα σχολικό εγχειρίδιο με οπτικές αναπαραστάσεις ακολουθεί τις εξής γνωστικές διεργασίες : (α) από τις λεκτικές και οπτικές πληροφορίες δημιουργεί αντίστοιχα μία βάση κειμένου και μία οπτική εικόνα (β) δημιουργεί ένα μοντέλο που βασίζεται στο κείμενο και ένα μοντέλο που βασίζεται στην εικόνα (γ) δημιουργεί διασυνδέσεις μεταξύ αυτών των δύο μοντέλων. Έτσι ο συνδυασμός εικόνων και κειμένου είναι ιδανικός για την κατανόηση. Για την Χημεία, η ανάγκη είναι ακόμη μεγαλύτερη καθώς οι έννοιες είναι αφηρημένες και απαιτείται μεγάλη προσπάθεια από τους μαθητές να κατανοήσουν το μακροσκοπικό, μικροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο των χημικών φαινομένων (Devetak & Vogrinc, 2013).

Τα δεδομένα αυτά καταγράφηκαν σε πίνακα που έχει την παρακάτω μορφή :

Εγχειρίδιο 1		
Ιστορικά μοντέλα	Θέση στο κείμενο	Τρόπος παρουσίασης

Σχήμα 5 - 5: Πίνακας δεδομένων (4)

**Θέση στο κείμενο:**

**Κ :** Στο κυρίως κείμενο

**Α :** Ασκήσεις Αξιολόγησης (υποχρεωτικές) – Στο Εγχ. 1 αναφέρονται ως «Στάση για Εμπέδωση» και στο Εγχ. 2 ως «Ερωτήσεις – Ασκήσεις»

**Δ :** Δραστηριότητες (προαιρετικές): βρίσκονται στο τέλος κάθε υποενότητας ή περισσότερων υποενότητων. Στο Εγχ. 1 αναφέρονται στο τέλος κάθε υποενότητας «Χημεία Παντού» και στο Εγχ. 2 περιλαμβάνονται σε βοηθητικά κείμενα.

**ΠΚ:** Περιθώριο κειμένου – αφορά όλες τις πληροφορίες που δεν βρίσκονται στο κυρίως κείμενο και βρίσκονται στο περιθώριο μέσα σε πλαίσια.

**Ε:** Εικόνα – Διάγραμμα

**ΕΣ :** Εισαγωγή - Στο Εγχ.1 αναφέρεται ως «Πρώτες σκέψεις» ενώ στο Εγχ.2 παρουσιάζονται συνδέσεις των εννοιών της υποενότητας με την καθημερινή ζωή.

**Τρόπος παρουσίασης:** **Λ :** λεκτικός, **Ο :** οπτικός

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> : Αποτελέσματα της έρευνας και συμπεράσματα

### 6.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται τα αποτελέσματα της έρευνας και οι πίνακες ταξινόμησης των δεδομένων. Βάσει των αποτελεσμάτων γίνεται μία ειδική και γενική αποτίμηση αυτών. Επίσης στο τέλος του κεφαλαίου μία παράγραφος που αναφέρονται οι περιορισμοί της έρευνας αυτής και ένα γενικό συμπέρασμα - επίλογος της όλης μελέτης.

### 6.2. Αποτελέσματα

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα από την ανάλυση του κειμένου στην μορφή που συζητήθηκε στην παράγραφο 5.5

#### 6.2.1 Ως προς τον όρο «μοντέλο»

Σε κανένα από τα σχολικά εγχειρίδια δεν αναφέρεται ο όρος «μοντέλο». Για τα ατομικά και μοριακά μοντέλα χρησιμοποιείται ο όρος «προσομοιώματα» και για κάποια άλλα μοντέλα ο όρος «αναπαράσταση».

Στο εγχ.1;

Στην σελ. 58 «πώς να μιλήσουμε .. ... άτομα και μόρια»

Στην σελ. 59 «Αναπαράσταση ατόμων και μορίων»

Στην σελ. 70 «Τη μεταβολή αυτή .... μοριακούς τύπους»

Στην σελ. 70 «Να αναπαριστάνεις ..... εξισώσεις»

Στην σελ. 72 «Να αναπαραστήσετε ..... με προσομοιώματα»

Στο εγχ.2

σελ 31 «σχηματική αναπαράσταση της διάλυσης του παραγόμενου χλωριούχου νατρίου στο νερό με την βοήθεια προσομοιωμάτων»

σελ. 40 «σχηματική αναπαράσταση του ανιόντος ενός σαπουνιού»

«σχηματική αναπαράσταση της δράσης των σαπουνιών»

## 6.2.2 Ως προς το είδος και τον αριθμό των μοντέλων

<b>Εγχειρίδιο 1</b>	
<b>Τύπος μοντέλου</b>	<b>Αριθμός σελίδας (πλήθος μοντέλων)</b>
3D - αναλογικά	59(6), 60(3), 61(5), 63(2), 64(3), 68(5), 69(1), 70(3), 71(15), 79(3)
Εικονικά /συμβολικά	14(2), 15(1), 67(3), 68(26), 69(24), 70(4), 71(15), 72(2), 75(5), 78(4), 79(3), 80(10), 81(1), 82(3), 83(1), 84(1), 85(1), 87(3), 89(2), 91(1), 95(2), 96(10), 98(7), 107(111)
Μαθηματικά	21(1), 35(1), 37(1), 38(1), 49(1), 50(1), 55(1), 56(1), 63(1), 102(1), 103(4)
Θεωρητικά	43(2), 49(1), 50(1), 54(3), 55(1), 56(2), 58(2), 65(1), 66(1), 80(2), 84(3),
Χάρτες, διαγράμματα και πίνακες	10(1), 13(1), 15(1), 17(2), 18(1), 20(1), 21(1), 22(1), 24(1), 25(1), 26(2), 27(1), 29(1), 39(1), 42(1), 43(1), 47(1), 48(1), 49(1), 50(1), 51(3), 52(3), 53(2), 54(1), 56(1), 59(1), 61(1), 65(2), 68(1), 72(1), 75(3), 76(1), 79(1), 80(1), 81(1), 84(2), 85(1), 86(1), 88(1), 95(1), 97(1), 100(1)
Εννοιολογικής διαδικασίας	-

**Πίνακας 6 - 1: Πίνακας δεδομένων (1) για το εγχειρίδιο 1**

Τύποι μοντέλων ανά ενότητα για εγχειρίδιο 1						
Ενότητα βιβλίου	3D - αναλογικά	Εικονικά /συμβολικά	Μαθηματικά	Θεωρητικά	Χάρτες, διαγράμματα και πίνακες	Εννοιολογικής διαδικασίας
Εισαγωγή στην Χημεία	-	3	1	-	9	-
Από το νερό στο άτομο	43	74	8	14	29	-
Ατμοσφαιρικός αέρας	3	35	-	5	12	-
Έδαφος	-	19	-	-	3	-
Λεξιλόγιο	-	111	5	-	-	-
Μερικό σύνολο	46	210	14	19	53	-
Σύνολο σελίδων		107	Σύνολο μοντέλων		342	

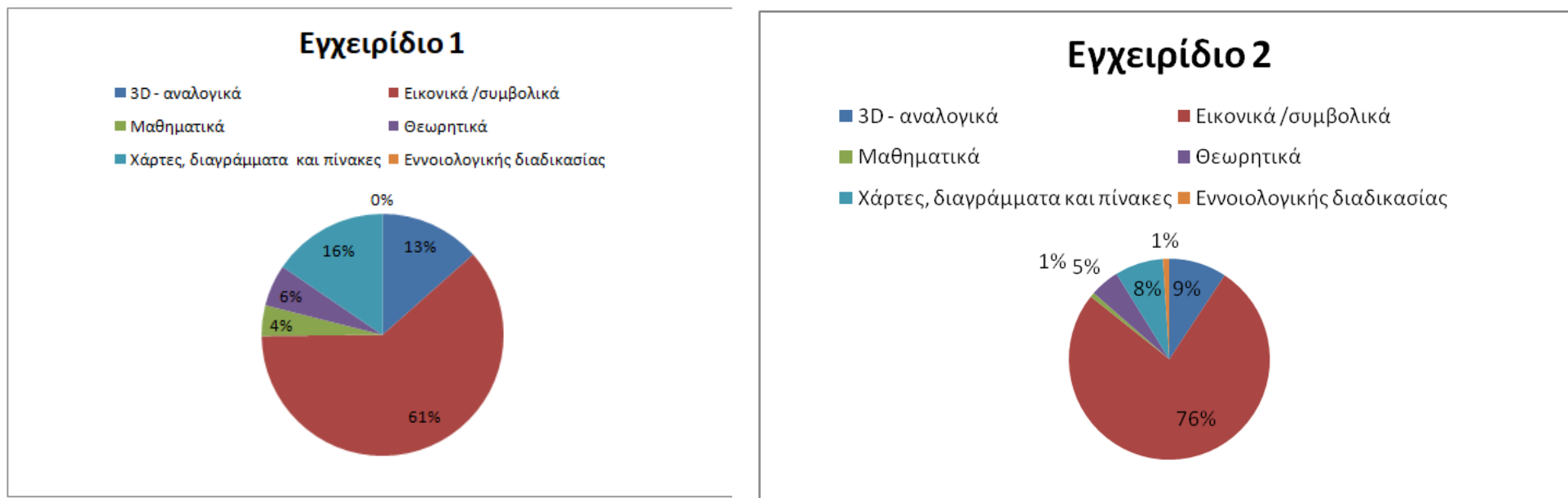
**Πίνακας 6 - 2 : Πίνακας δεδομένων (2) για το Εγχειρίδιο 1**

Τύπος μοντέλου	Εγχειρίδιο 2 Αριθμός σελίδας (πλήθος μοντέλων)
3D - αναλογικά	14(1), 15(3), 23(1), 27(2), 31(2), 32(1), 35(1), 40(2), 44(1), 58(1), 59(1), 65(2), 66(1), 67(1), 75(1), 79(1), 81(9), 82(15), 83(2), 84(3), 85(1), 90(8), 92(2), 97(1).
Εικονικά /συμβολικά	15(6), 16(2), 17(2), 21(3), 22(9), 24(1), 27(5), 28(2), 29(4), 30(5), 31(7), 32(6), 33(7), 34(13), 35(2), 37(4), 39(3), 40(5), 41(8), 42(18), 44(8), 45(4), 46(15), 49(4), 50(112), 51(1), 52(1), 53(17), 54(7), 58(17), 59(19), 60(13), 61(3), 64(1), 65(3), 66(6), 67(5), 68(1), 69(4), 70(4), 71(5), 74(8), 75(21), 76(8), 77(6), 78(4), 82(15), 83(9), 84(7), 85(9), 87(14), 89(4), 90(1), 91(1), 92(3), 94(3), 97(2), 98(4), 99(2), 101(1), 102(9), 103(1), 104(13), 106(1), 107(1), 108(7), 109(2), 110(1).
Μαθηματικά	16(2), 90(1), 98(1), 109(2), 110(1).
Θεωρητικά	14(2), 27(1), 33(1), 40(1), 42(1), 44(1), 46(1), 49(3), 50(1), 59(1), 61(1), 78(1), 82(1), 83(1), 92(1), 94(3), 97(2), 106(2), 107(2), 109(4), 110(1)
Χάρτες, διαγράμματα και πίνακες	15(1), 16(1), 22(2), 23(1), 24(1), 33(1), 34(1), 35(1), 36(1), 37(1), 42(2), 43(2), 44(1), 45(1), 50(2), 53(1), 54(1), 55(1), 57(2), 59(1), 60(1), 63(1), 65(1), 66(1), 69(1), 73(1), 75(2), 82(3), 84(1), 90(1), 92(2), 94(1), 97(1), 101(1), 102(2), 104(2), 105(2), 106(2), 107(1), 110(1)
Εννοιολογικής διαδικασίας	13(1),14(1), 15(1), 21(2), 46(1), 109(1),110(1)

**Πίνακας 6 - 3: Πίνακας δεδομένων (1) για το Εγχειρίδιο 2**

Τύποι μοντέλων για Εγχειρίδιο 2 ανά ενότητα						
Ενότητα βιβλίου	3D - αναλογικά	Εικονικά /συμβολικά	Μαθηματικά	Θεωρητικά	Χάρτες, διαγράμματα και πίνακες	Εννοιολογικής διαδικασίας
Οξέα- Βάσεις - Άλατα	14	139	2	8	17	6
Ταξινόμηση των στοιχείων	7	270	-	7	16	-
Η χημεία του άνθρακα	42	107	2	12	19	-
Λεξιλόγιο	-	3	1	5	1	1
Μερικό σύνολο	63	519	5	32	53	7
Σύνολο σελίδων	111	Σύνολο μοντέλων		679		

Πίνακας 6 - 4 : Πίνακας δεδομένων (2) για το Εγχειρίδιο 2



Σχήμα 6 - 1 : Ποσοστιαία κατανομή τύπων μοντέλων για Εγχειρίδιο 1 και 2.

### 6.2.3 Ιστορικά μοντέλα

Ιστορικά μοντέλα στο Εγχειρίδιο 1			
Ενότητα βιβλίου	Ιστορικά μοντέλα	Σελίδες βιβλίου	Πλήθος μοντέλων ανά ενότητα
Εισαγωγή στην Χημεία	-	-	-
Από το νερό στο άτομο : Από το μακρόκοσμο στο μικρόκοσμο	1. Σύστημα ονοματολογίας de Morveau	53	
	2. Διατήρηση της μάζας σε μία αντίδραση (Lavoisier)	55,56	
	3. Αρχαίο ελληνικό μοντέλο για το άτομο	58,61	
	4. Ατομική θεωρία Dalton	58	
	5. Μοντέλο της δομής του ατόμου	62,63,66	
	6. Μοντέλο μετασχηματισμού της ύλης (Αριστοτέλης)	66	
	7. Σύστημα συμβολισμού στοιχείων (Berzelius)	67	
	8. Σωματιδιακό μοντέλο μετασχηματισμού της ύλης	70	
Ατμοσφαιρικός αέρας	-	-	-
Έδαφος	-	-	-
Σύνολο σελίδων	107	Συνολικό πλήθος	8

**Πίνακας 6 - 5 : Πίνακας δεδομένων (3) για το Εγχειρίδιο 1**



Εγχειρίδιο 1		
Ιστορικά μοντέλα	Θέση στο κείμενο	Τρόπος παρουσίασης
Κανόνας των σταθερών αναλογιών	Κ, Α	Λ, Ο
Σύστημα ονοματολογίας de Morveau	ΠΚ	Λ
Διατήρηση της μάζας σε μία αντίδραση	Κ,ΠΚ	Λ
Αρχαίο ελληνικό μοντέλο για το άτομο	Κ, Α	Λ
Ατομική θεωρία Dalton	Κ,Α	Λ,Ο
Μοντέλο της δομής του ατόμου	Κ,Α	Λ,Ο
Μοντέλο μετασχηματισμού της ύλης (Αριστοτέλης)	ΠΚ	Λ
Σύστημα συμβολισμού στοιχείων (Berzelius)	Κ,Α	Λ,Ο
Σωματιδιακό μοντέλο μετασχηματισμού της ύλης	Κ, Α, ΠΚ, Ε,	Λ,Ο

**Πίνακας 6 - 6 : Πίνακας δεδομένων (4) για το Εγχειρίδιο 1**

<b>Εγχειρίδιο 2</b>			
<b>Ενότητες</b>	<b>Ιστορικά μοντέλα</b>	<b>Σελίδες βιβλίου</b>	<b>Πλήθος μοντέλων ανά ενότητα</b>
Οξέα – βάσεις – άλατα	1. Αρχαίο μοντέλο οξέων και βάσεων	13,14,21	3
	2. Μοντέλο Lemery	13	
	3. Μοντέλο Arrhenius	15,16,21,23,27,29	
Ταξινόμηση στοιχείων – στοιχεία με ιδιαίτερο ενδιαφέρον	1. Περιοδικός πίνακας Mendeleev	49	3
	2. Σύγχρονος περιοδικός πίνακας	49,50	
	3. Αλχημιστικό μοντέλο	61	
Η χημεία του άνθρακα	1. Μοντέλο καύσης	82	1

**Πίνακας 6 - 7 : πίνακας δεδομένων (3) για το εγχειρίδιο 2**

<b>Εγχειρίδιο 2</b>		
<b>Ιστορικά μοντέλα</b>	<b>Θέση στο κείμενο</b>	<b>Τρόπος παρουσίασης</b>
Αρχαίο μοντέλο οξέων και βάσεων	Κ, Α	Λ, Ο
Μοντέλο Lemery	ΠΚ	Λ
Μοντέλο Arrhenius	Κ,Α	Λ,Ο
Περιοδικός πίνακας Mendeleev	Κ,Α	Λ
Σύγχρονος περιοδικός πίνακας	Κ,Α	Λ,Ο
Αλχημιστικό μοντέλο	ΠΚ	Λ
Μοντέλο καύσης	Κ,Α	Λ,Ο

**Πίνακας 6 - 8 : Πίνακας δεδομένων (4) για το Εγχειρίδιο 2**

### 6.3 Συμπεράσματα της έρευνας.

Στην επόμενη παράγραφο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα από την έρευνα, σύμφωνα με την ανάλυση που περιγράφηκε παραπάνω.

#### 6.3.1 Ως προς τον όρο μοντέλο

Παρόλο που η Χημεία είναι μία από τις επιστήμες που χρησιμοποιεί και στην έρευνα αλλά στην διδασκαλία τα μοντέλα - σε σύνολο 118 σελίδων, εμφανίζονται 1021 μοντέλα, ο όρος «μοντέλο» και η διαδικασία της μοντελοποίησης δεν αναφέρονται σε κανένα από τα μαθητικά σχολικά εγχειρίδια, ούτε και ακόμη για τα μοντέλα που κλασικά χρησιμοποιείται ο όρος στα βιβλία των ΦΕ, όπως το μοντέλο του Bohr. Η παρατήρηση αυτή είναι σύμφωνη και με τις έρευνες των Harrison & Treagust (2000b) και Justi & Gilbert (2000).

Στο Εγχειρίδιο 1, βέβαια εισάγεται ο όρος προσομοιώματα που αναφέρεται μόνο στα ατομικά και μοριακά μοντέλα και στην συνέχεια χρησιμοποιείται και στο Εγχειρίδιο 2.

Όμως όταν γίνεται η εισαγωγή της έννοιας των προσομοιωμάτων ατόμων και μορίων, στο εγχειρίδιο του εκπαιδευτικού (Εγχ.1α - σελ.58) προτείνεται να συζητηθεί στην τάξη ο όρος μοντέλο, να αναφερθούν διάφορα είδη μοντέλων και ο ρόλος τους στην διδασκαλία, την διάδοση των επιστημονικών ιδεών και την πρόβλεψη.

Επίσης, στην σελίδα 14 του Εγχ. 2α, αναγνωρίζεται ο ρόλος των μοντέλων, με βάση της αρχής της εποπτείας, στην κινητοποίηση των μαθητών και στην αφομοίωση της νέας γνώσης.

#### 6.3.2 Ως προς το είδος και τον αριθμό των μοντέλων

Από τους πίνακες δεδομένων, μπορούμε να δούμε εύκολα ότι όσον αφορά το πλήθος των μοντέλων υπάρχει ένα μοτίβο. Το μεγαλύτερο ποσοστό των αναλογικών μοντέλων που παρουσιάζονται στα δύο σχολικά εγχειρίδια είναι τα εικονικά/συμβολικά μοντέλα, με παρόμοια ποσοστά εμφανίζονται τα 3D αναλογικά και οι χάρτες/διαγράμματα/πίνακες, ενώ πολύ χαμηλότερα είναι τα ποσοστά των υπόλοιπων κατηγοριών. Ας εξετάσουμε όμως τις κατηγορίες ξεχωριστά:

### 3D -αναλογικά μοντέλα:

Εμφανίζονται για πρώτη φορά στην σελ.59 του Εγχ. 1 όπου εξηγούνται τα προσομοιώματα ατόμων. Από τους συγγραφείς, δίνεται μία πολύ καλή εξήγηση της ανάγκης ύπαρξης αυτών (σκοπός του μοντέλου), ενώ αναφέρεται η θεωρία στην οποία βασίζονται τα ατομικά και μοριακά μοντέλα (θεωρία Dalton) και οι γραφικές/δομικές συνθήκες που ακολουθούνται για την κατασκευή τους, ώστε οι μαθητές να αντιληφθούν τις κοινές ιδιότητες και διαφορές μεταξύ στόχου και μοντέλου. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο χρώμα των προσομοιωμάτων, για να αποφευχθεί η συχνή παρανόηση των μαθητών ότι τα άτομα είναι έγχρωμα και στο μέγεθος των σφαιρών και ατόμων. Το σχήμα που συνοδεύει την παρουσίαση παρουσιάζει τα άτομα με το σχετικό τους μέγεθος.

Τα ατομικά και μοριακά μοντέλα, χρησιμοποιούνται για να εξηγήσουν πως τα μόρια αποτελούνται από άτομα και την διαφορά στο σχετικό μέγεθος τους (Εγχ. 1 - σελ.68), την διαφορά μορίων χημικών στοιχείων και χημικών ενώσεων (Εγχ. 1 - σελ.59), την διάσπαση του νερού (Εγχ.1 - σελ.59), την διατήρηση του αριθμού και του είδους των ατόμων σε μία χημική αντίδραση (Εγχ. 1 - σελ. 59), τους ιοντικούς κρυστάλλους (Εγχ. 1 - σελ.69, Εγχ.2 - σελ.35), την γραφή χημικών εξισώσεων (Εγχ.1 - σελ.71, Εγχ. 2 - σελ.83,84), τον τρόπο σύνδεσης των ατόμων στον άνθρακα και στον γραφίτη (Εγχ. 2 - σελ.65).

Στο Εγχειρίδιο 1 κυριαρχούν τα space filling models - ίσως για να δοθεί καλύτερα το σχετικό μέγεθος ατόμων και μορίων και γιατί οι μαθητές δεν γνωρίζουν ακόμα την έννοια του δεσμού. Στο Εγχειρίδιο 2 εμφανίζονται τα ball and stick models (Εγχ. 2 - σελ.15) χωρίς καμία εξήγηση, σαν να τα γνωρίζουν οι μαθητές από την προηγούμενη τάξη, και χωρίς σύνδεση με το κείμενο. Η εξήγηση έρχεται αργότερα στην σελ. 81, όπου με την εισαγωγή στην οργανική, πρέπει να εξηγηθούν και οι δεσμοί μεταξύ των ατόμων άνθρακα.

Τα ατομικά και μοριακά μοντέλα εμφανίζονται και μέσα στο κυρίως κείμενο αλλά και στις ασκήσεις εμπέδωσης, είτε μόνα τους (Εγχ.1 - σελ.61,72) ή συνεργατικά με άλλα μοντέλα (Εγχ.1 - σελ.71, Εγχ. 2 σελ.82).

Η καλύτερη κατανόηση των χημικών φαινομένων ενισχύεται και από την προτροπή κατασκευής των μοριακών μοντέλων από τους ίδιους τους μαθητές, όπως αναφέρεται και στα εγχειρίδια των εκπαιδευτικών:

Εγχ.1α, σελ.56: προτείνεται η κατασκευή μορίων υδρογόνου και οξυγόνου με «πρώτη ύλη» τα προσομοιώματα μορίων νερού. Κατά αυτόν τον τρόπο, μπορούν οι μαθητές να αντιληφθούν την διαφορά μορίου - ατόμου και το μέγεθος τους, καθώς και τις μετατροπές που γίνονται στην διάσπαση του νερού δηλαδή αν έχουμε αλλαγή στα μόρια ή στα άτομα. Εγχ. 2<sup>α</sup>, σελ 97: προτείνεται η κατασκευή των μοντέλων από τους μαθητές και από εκεί να εξάγουν τον μοριακό και συντακτικό τύπο και να προσέξουν την διαμόρφωση στον χώρο για τους υδρογονάνθρακες.

Τα μοριακά μοντέλα είναι απαραίτητα εργαλεία για την οπτικοποίηση του μικροσκοπικού κόσμου, μία διαδικασία απαραίτητη για την δημιουργία των νοητικών μοντέλων των μαθητών.

Στην κατηγορία αυτή έχουν συμπεριληφθεί και τα μοντέλα κλίμακας, τα οποία έχουν συμπεριληφθεί για την καλύτερη κατανόηση των εννοιών που περιγράφει το κείμενο - για παράδειγμα Εγχ.2 - σελ.85, που αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση. Τα μοντέλα κλίμακας που υπάρχουν κυρίως στο Εγχ.2 είναι αναπαραστάσεις εργαστηριακών οργάνων που συνοδεύουν την περιγραφή ενός πειράματος. Σε κανένα από αυτά δεν εξηγούνται τα όργανα που χρησιμοποιούνται (θεωρείται ότι κάνει επίδειξη ο καθηγητής ή ότι οι μαθητές εξασκούνται στο εργαστήριο).

Επίσης υπάρχουν αναπαραστάσεις που συνοδεύουν ένα θεωρητικό μοντέλο και συμβάλλουν στην καλύτερη κατανόηση του (μοντέλο διάλυσης σαπουνιού Εγχ. 2 - σελ.40).

### **Εικονικά/Συμβολικά μοντέλα**

Τα μοντέλα αυτά, που περιλαμβάνουν κατά κύριο λόγο, τα σύμβολα των στοιχείων, τους μοριακούς τύπους και τις χημικές εξισώσεις, είναι τα πολυπληθέστερα και στα δύο σχολικά βιβλία. Αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς η Χημεία χρησιμοποιεί την δική της γλώσσα για την επικοινωνία και είναι μέσα στους σκοπούς του αναλυτικού προγράμματος η γνωριμία και η εξοικείωση με αυτήν.

Στο Εγχ.1 ουσιαστικά εμφανίζονται με την εισαγωγή στα σύμβολα των χημικών στοιχείων και το σύστημα ονοματολογίας του Berzelius. Στο εγχειρίδιο εξηγείται επαρκώς η έννοια του συμβόλου του στοιχείου, διευκρινίζοντας ότι αντιστοιχεί και στο στοιχείο και στο άτομο του στοιχείου. Στην συνέχεια, χρησιμοποιούνται και στις υπόλοιπες ενότητες και των δύο σχολικών βιβλίων.

Με την βοήθεια των συμβόλων αλλά και των μοριακών μοντέλων οι μαθητές μαθαίνουν να αναγράφουν μοριακούς τύπους (Εγχ.1 - σελ.68), χημικούς τύπους ιόντων και ιοντικών ενώσεων (Εγχ.1 - σελ.69) και να περιγράφουν χημικά φαινόμενα (Εγχ.1 - σελ.71, Εγχ.2 - σελ.83), μαθαίνοντας έτσι να επικοινωνούν όπως οι χημικοί. Στο Εγχ. 1 σελ.71 γίνεται μία πολύ καλή παρουσίαση του τρόπου γραφής των χημικών εξισώσεων, με αναφορά στις συμβάσεις που ακολουθούνται και την χρησιμότητα αυτών.

### **Μαθηματικά μοντέλα**

Ο αριθμός των μαθηματικών μοντέλων είναι μικρός, καθώς τα βιβλία απευθύνονται στην κατώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται οι εκφράσεις περιεκτικότητας (Εγχ.1 - σελ.34,35,36, Εγχ.2 - σελ.98), το pH (Εγχ.2 - σελ.16), ο αριθμός οκτανίου (Εγχ.2 - σελ.90) και η αναλογία μαζών στις χημικές ενώσεις (Εγχ.1 - σελ.49). Είναι μοντέλα που περιγράφουν τον φαινομενολογικό (μακροσκοπικό) επίπεδο και ουσιαστικά είναι αναπαραστάσεις εμπειρικών ιδιοτήτων των αερίων, υγρών (και διαλυμάτων) και στερεών. Οι ιδιότητες αυτές είναι αντιληπτές όχι μόνο στο εργαστήριο της Χημείας αλλά και στην καθημερινή ζωή και είναι μετρήσιμες. Βοηθούν τους μαθητές στην εκτέλεση πειραμάτων και στην διεξαγωγή συμπερασμάτων.

### **Χάρτες / διαγράμματα/ πίνακες**

Στην κατηγορία αυτή έχουν συμπεριληφθεί οι εννοιολογικοί χάρτες, οι οποίοι εμφανίζονται στο τέλος κάθε ενότητας στο Εγχειρίδιο 1 ενώ στο Εγχειρίδιο 2 μόνο στις προτεινόμενες δραστηριότητες μέσα στην τάξη (πχ. Εγχ. 2α - σελ 55. 56). Η κατασκευή ενός χάρτη εννοιών συντελεί στην βαθύτερη κατανόηση των εννοιών που διδάσκονται και όταν αυτός κατασκευάζεται από μαθητές, μπορεί να αποτελέσει ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την αξιολόγηση της κατανόησης του περιεχομένου που διδάχθηκε (Cheng & Gilbert, 2009).

Στην κατηγορία των πινάκων ανήκει βέβαια και ο περιοδικός πίνακας, η δημιουργία του οποίου ήταν σταθμός για την Ιστορία της Χημείας. Οι μαθητές μαθαίνουν να αναγνωρίζουν την αξία του ως πίνακας παρουσίασης των δομικών λίθων της Χημείας, της

ταξινόμησης τους σε οικογένειες με παρόμοιες ιδιότητες και ως εργαλείο για την ανακάλυψη νέων στοιχείων και την πρόβλεψη χημικής συμπεριφοράς.

Από τους υπόλοιπους πίνακες που υπάρχουν μπορούμε να ξεχωρίσουμε:

α. τους πίνακες που παρουσιάζουν συνοπτικά τις πληροφορίες που ήδη υπάρχουν στο κείμενο, για καλύτερη αναφορά από τους μαθητές (Εγχ.1 - σελ. 15)

β. τους πίνακες που περιέχουν συμπληρωματικές πληροφορίες (Εγχ.1 - σελ. 21,79 , Εγχ.2 - σελ.23,101) που κάνουν το μάθημα πιο ενδιαφέρον και συνδέουν την Χημεία με την καθημερινή ζωή.

Εκτός όμως από τον πληροφοριακό τους χαρακτήρα, οι πίνακες μπορούν να ενισχύσουν και την βαθύτερη κατανόηση της χημικής γνώσης και την δυνατότητα εφαρμογής της σε διάφορους τομείς . Χαρακτηριστικά αναφέρονται:

Εγχ.2 - σελ.54,75: οι πίνακες που απεικονίζουν τις φυσικές ιδιότητες των αλκαλίων και των αλογόνων. Ενώ φαινομενικά είναι μία καταγραφή τιμών και θερμοκρασιών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξαχθούν συμπεράσματα για το πώς μεταβάλλονται αυτές οι ιδιότητες για τα στοιχεία μίας ομάδας του περιοδικού πίνακα και για να γίνει αντιληπτό πως η περιοδικότητα των ιδιοτήτων αποτελεί και την βάση της ταξινόμησης των στοιχείων στον πίνακα.

Εγχ.2 - σελ.42 : από τον πίνακα με τιμές pH εδάφους για την καλλιέργεια των φυτών, οι μαθητές μπορούν να συνδέσουν την Χημεία με άλλες επιστήμες (Γεωπονία) και να καταλάβουν την αξία της στην βελτίωση του βιοτικού επιπέδου.

Στην κατηγορία διαγραμμάτων υπάρχουν εκείνα που περιγράφουν επιστημονικές μεθόδους παρασκευής (Εγχ.2 - σελ.25) ή χρήσης χημικών ενώσεων (Εγχ.2 - σελ.37) και δείχνουν τις δυνατότητες εφαρμογής της χημείας.

Επίσης υπάρχουν διαγράμματα που αναφέρονται σε περιβαλλοντολογικές διεργασίες (Εγχ.1 - σελ.85) ή περιβαλλοντικά προβλήματα (Εγχ.2 - σελ.64,105) ή σε θέματα φυσικών πόρων (Εγχ.1 - σελ.25, Εγχ.2 - σελ.84) και ευαισθητοποιούν τους μαθητές καθώς ένας από τους σκοπούς της Χημείας στο Γυμνάσιο είναι η αναγνώριση της αξίας της διατήρησης του φυσικού περιβάλλοντος και της εξοικονόμησης των φυσικών πόρων.

Άλλα διαγράμματα βοηθούν στην αναγνώριση της σχέσης της Χημείας με τις άλλες επιστήμες (Εγχ.2 - σελ.55).



## Θεωρητικά μοντέλα

Τα θεωρητικά μοντέλα αναφέρονται σε βασικές θεωρίες και νόμους της Χημείας όπως η ατομική θεωρία (Εγχ.1 - σελ.59), η δομή του ατόμου (Εγχ.1 - σελ.62), ο νόμος της περιοδικότητας (Εγχ.2 - σελ.50), η σταθερή αναλογία μαζών στις χημικές ενώσεις (Εγχ.1 - σελ.49).

Αναφέρονται ως θεωρητικά μοντέλα χημικές αντιδράσεις που είναι συχνές στα προγράμματα σπουδών Χημείας γιατί είναι αντιδράσεις που συναντώνται και στην καθημερινή ζωή όπως οι καύσεις (Εγχ.2 - σελ.82), η φωτοσύνθεση (Εγχ.1 - σελ.54), το σκούριασμα του σιδήρου (Εγχ.1 - σελ.54), η εξουδετέρωση (Εγχ.2 - σελ.27) ή αντιδράσεις με τις οποίες παράγονται χημικές ενώσεις με τεχνολογικό ενδιαφέρον (Εγχ.2 - σελ.92).

Υπάρχουν θεωρητικά μοντέλα που αναφέρονται σε οικολογικές διεργασίες και περιβαλλοντικά προβλήματα (Εγχ.1 - σελ.43, Εγχ.2 - σελ.94)

## Μοντέλα εννοιολογικής διαδικασίας

Τα μοναδικά μοντέλα αυτού του τύπου που αναφέρονται είναι στο Εγχ. 2 και αφορά τα πολλαπλά μοντέλα οξέων και βάσεων. Με τα μοντέλα αυτά, γίνεται προσπάθεια εξήγησης άυλων διεργασιών. Με την παρουσίασή τους, οι μαθητές μαθαίνουν για την οξύτητα και την βασικότητα, εξετάζοντας αρχικά μακροσκοπικά τις ιδιότητες οξέων και βάσεων - μέσω πειραμάτων, και σταδιακά εμβαθύνουν στο μικροσκοπικό και μακροσκοπικό επίπεδο.

Σε πολλές περιπτώσεις, τα μοντέλα που περιγράφηκαν χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα και συνεργατικά για την επεξήγηση εννοιών. Για παράδειγμα, στο Εγχ.1 σελ. 71 ένα χημικό φαινόμενο περιγράφεται σε μακροσκοπικό, μικροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο χρησιμοποιώντας λέξεις, μοριακά και συμβολικά μοντέλα. Η συγκριτική αναπαράσταση βοηθά και στον καθορισμό της φύσης του κάθε μοντέλου, την δυνατότητα που παρέχει το κάθε μοντέλο όσον αφορά την εφαρμογή του και ενισχύει την ικανότητα των μαθητών στην παραγωγή των δικών τους νοητικών μοντέλων. Έχει αναφερθεί ότι η χρήση των μοντέλων συνδυαστικά ενισχύει τη μακροπρόθεσμη διατήρηση των απεικονίσεων αυτών από τους μαθητές γιατί είναι προφανείς οι διαφορές, μειώνεται η πιθανότητα σύγχυσης και τελικά επιτυγχάνεται βαθύτερη κατανόηση των αφηρημένων εννοιών (Coll, 2006).

Οι Harrison και Treagust (2000b) που διερεύνησαν την κατανόηση των πολλαπλών μοντέλων των μαθητών υποστήριξαν ότι οι μαθητές που συζήτησαν τα κοινά και μη κοινά χαρακτηριστικά των αναλογικών μοντέλων (για τα άτομα, τα μόρια και τους χημικούς δεσμούς) χρησιμοποίησαν αυτά τα μοντέλα με μεγαλύτερη συνέπεια στις εξηγήσεις τους και κατανόησαν καλύτερα την έννοια του ατόμου και του μορίου καθώς και των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων (Harrison & Treagust, 2000b).

Στα σχολικά εγχειρίδια που μελετήθηκαν παρουσιάζεται μία πληθώρα αναλογικών μοντέλων. Θεωρώντας ότι τα μοντέλα αυτά, χρησιμοποιούνται και αναδεικνύονται κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, μπορούμε να πούμε ότι ικανοποιούνται οι στόχοι του αναλυτικού προγράμματος όσον αφορά το περιεχόμενο που διδάσκεται και ταυτόχρονα οι μαθητές μπορούν να κατακτήσουν ένα στοιχειώδες επίπεδο επιστημονικού γραμματισμού. Έτσι, με την βοήθεια των μοντέλων οι μαθητές του Γυμνασίου μπορούν:

Να μάθουν να περιγράφουν χημικά φαινόμενα, μέσω των βασικών αρχών και θεωριών της Χημείας.

Να μάθουν την άμεση εφαρμογή της Χημείας στην καθημερινή ζωή.

Να κατανοήσουν την αξία της ως στοιχείο του ανθρώπινου πολιτισμού.

Να γίνουν πιο ενημερωμένοι πολίτες, δηλαδή να είναι σε θέση να συζητήσουν σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα, και να αντιλαμβάνονται αναφορές ή συζητήσεις στα μέσα μαζικής ενημέρωσης που σχετίζονται με την Χημεία.

Να εκτιμούν τον ρόλο της στην σύνθεση και παραγωγή χημικών ουσιών που έχουν σκοπό την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου (φάρμακα, συνθετικά πολυμερή, οικοδομικά υλικά)

Να γράφουν και να επικοινωνούν με την διεθνή γλώσσα της Χημείας.

Να αναγνωρίζουν την ενότητα της επιστημονικής γνώσης και την άμεση σύνδεση της Χημείας με τις άλλες επιστήμες.

Να εξασκηθούν στον επιστημονικό τρόπο σκέψης (ΔΕΠΠΣΧ)

### 6.3.3 Ιστορικά μοντέλα

Τα ιστορικά μοντέλα που παρουσιάζονται σε αυτά τα σχολικά εγχειρίδια είναι περιορισμένα και βέβαια έχουν σκοπό να εξοικειώσουν τους μαθητές στις βασικές έννοιες της Χημείας. Από την συλλογή δεδομένων, προκύπτουν τα παρακάτω:

- Το μοντέλο της δομής του ατόμου είναι υπεραπλουστευμένο (Εγχ.1 - σελ.62) και δεν συμφωνεί πλήρως με κανένα από τα ιστορικά μοντέλα. Είναι ένα διδακτικό μοντέλο, που περιλαμβάνει ενσωματωμένα στοιχεία από όλα τα ιστορικά μοντέλα που αφορούν την δομή του ατόμου. Η μορφή του βέβαια, εξυπηρετεί την διδασκαλία, γιατί συμπεριλαμβάνει όλες τις πληροφορίες που πρέπει να γνωρίζουν οι μαθητές, αλλά δεν βοηθά τον μαθητή στην βαθύτερη κατανόηση των εννοιών που πραγματεύεται, ούτε αντανακλά τον επιστημονικό τρόπο σκέψης (Justi & Gilbert, 2000).
- Η ιστορική εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών ως εξελικτική και συνεχής διαδικασία συζητιέται ουσιαστικά μόνο μία φορά, στην περίπτωση της ασυνέχειας της ύλης (Εγχ.1 - σελ.58), όπου αναφέρεται και στους στόχους της συγκεκριμένης ενότητας. Γίνεται αναφορά στο αρχαίο μοντέλο και στο μοντέλο του Dalton. Οι συγγραφείς αναφέρουν τις ομοιότητες και τις διαφορές των δύο μοντέλων. Η κατανόηση της ατομικής θεωρίας του Dalton, ενισχύεται και με την παρουσία οπτικών αναπαραστάσεων στο κείμενο (προσομοιώματα ατόμων).
- Η ιστορική εξέλιξη είναι φανερή και στην περίπτωση του περιοδικού πίνακα. Αρχικά αναφέρει τον «κανόνα των οκτάβων» του Newlands, την κατάταξη του Mendeleev από το ελαφρύτερο στο βαρύτερο άτομο καθώς και την ταυτόχρονη επινόηση του πίνακα από τον Γερμανό Meyer. Από την ιστορική αναφορά που γίνεται, δύο συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν και τα οποία βέβαια θα πρέπει να τονισθούν στους μαθητές: πρώτον, τα επιστημονικά μοντέλα αξιολογούνται και γίνονται αποδεκτά ύστερα από κοινή συναίνεση Εγχ.2 - σελ.49 «Ο Newlands παρουσίασε τις ιδέες του το 1864 στη Χημική Εταιρία του Λονδίνου, η οποία όμως αρνήθηκε ..... μαργάνιο» και δεύτερον, η προβλεπτική αξία του μοντέλου Εγχ.2 - σελ.49 «Ο Mendeleev, όχι μόνο είχε την οξυδέρκεια ... που έλειπαν». Βέβαια, δεν παρουσιάζονται όλοι οι επιστήμονες που συνέβαλλαν στην τελική μορφή του σύγχρονου περιοδικού πίνακα (Scerri, 2015).

Για την διδασκαλία της οξύτητας -βασικότητας παρουσιάζονται δύο ιστορικά μοντέλα στο κυρίως κείμενο και ένα στο περιθώριο του κειμένου. Αρχικά αναφέρεται το «αρχαίο /συμπεριφοριστικό» μοντέλο και αμέσως μετά το μοντέλο του Arrhenius. Ανάμεσα σε αυτά τα δύο μοντέλα, χρονικά τοποθετούνται και άλλα όπως: το μοντέλο του Lemery (που αναφέρεται στο περιθώριο του κειμένου), το μοντέλο του Lavoisier (οξέα είναι ενώσεις που περιέχουν οξυγόνο) ή ακολουθούν άλλα όπως το μοντέλο των Bronsted & Lowry, το μοντέλο του Lewis, τα οποία δεν αναφέρονται.

Κατά το προτεινόμενο διάγραμμα ροής της συγκεκριμένης ενότητας στο αντίστοιχο εγχειρίδιο του εκπαιδευτικού (Εγχ.2α - σελ.58), πριν την εισαγωγή της θεωρίας του Arrhenius, προτείνεται να γίνει μια αναφορά στις απόψεις που επικρατούσαν για τα οξέα. Συνήθως οι εκπαιδευτικοί βασίζονται για την διδασκαλία τους στο σχολικό εγχειρίδιο και στο αντίστοιχο εγχειρίδιο του εκπαιδευτικού. Ιστορικές πληροφορίες για τις απόψεις γύρω από τα οξέα και τις βάσεις δεν αναφέρονται πουθενά.

Για τον μετασχηματισμό της ύλης, παρουσιάζονται δύο ιστορικά μοντέλα: το αρχαίο μοντέλο του Αριστοτέλη Εγχ.1 - σελ.66 και το σωματιδιακό μοντέλο Εγχ.1 - σελ.70, τα οποία δεν έχουν καμία προφανή σύνδεση μεταξύ τους στο κείμενο - άρα ούτε οι μαθητές θα μπορέσουν να την αντιληφθούν. Επίσης, αναφέρεται και το αλχημιστικό μοντέλο αλλά στο άλλο εγχειρίδιο Εγχ.2 - σελ.61, το οποίο βρίσκεται στο περιθώριο του κειμένου και δεν συνδέεται άμεσα. Εδώ μπορούμε να συμπεριλάβουμε και την αρχή διατήρησης της μάζας σε μία χημική αντίδραση, η οποία αναφέρεται μόνο στο κυρίως κείμενο και παρόλη την σημασία της δεν υπάρχει στις ασκήσεις αξιολόγησης.

Για το σύστημα ονοματολογίας των στοιχείων, αναφέρεται το σύστημα που χρησιμοποιούμε μέχρι και σήμερα (Berzelius) ενώ γίνονται αναφορές στον τρόπο συμβολισμού που χρησιμοποιούσαν οι αρχαίοι, οι αλχημιστές και ο Dalton. Η όλη ιστορική αναφορά πλαισιώνεται με εικόνες και παραδείγματα.

- Υπάρχουν μοντέλα που είναι εντελώς αποπλαισιωμένα ιστορικά.

Ενώ η ανάπτυξη του μοντέλου για την ατομική δομή είναι ένα πολύ καλό παράδειγμα, για να δουν οι μαθητές πώς οι επιστήμονες ανέπτυξαν πρώιμα μοντέλα ατομικής δομής (όπως το μοντέλο Thompson «Plum Pudding») και πώς απέρριψαν τέτοια μοντέλα μετά από αξιολόγηση και δοκιμή (Coll, 2006), το μοντέλο της δομής του ατόμου, όπως παρουσιάζεται στο Εγχ.1 - σελ.62, δεν περιέχει κανένα ιστορικό στοιχείο. Εντυπωσιακό είναι το γεγονός ότι στο αντίστοιχο βιβλίο του εκπαιδευτικού (Εγχ.1α), δεν γίνεται καμία πρόταση για παρουσίαση των σημαντικότερων σταθμών στην εξέλιξη του μοντέλου.

Αντίφαση σε αυτό, είναι η προτεινόμενη θεραπεία στη παρανόηση των μαθητών ότι τα ηλεκτρόνια κινούνται κυκλικά γύρω από τον πυρήνα, να είναι η παρουσίαση της ιστορικής εξέλιξης από τον εκπαιδευτικό (Εγχ.1α - σελ. 37), η οποία και δεν αναφέρεται πουθενά στο συγκεκριμένο εγχειρίδιο.

Με τον ίδιο τρόπο παρουσιάζεται και η καύση των χημικών στοιχείων και ενώσεων (Εγχ.2 - σελ.82). Δεν γίνεται καμία ιστορική αναφορά στη θεωρία του φλόγιστου και με ποιο τρόπο αυτή καταρίφθηκε.

- Το πείραμα ως μέσο επιβεβαίωσης του μοντέλου που περιγράφεται, αναφέρεται στην περίπτωση της ατομικής θεωρίας (Εγχ.1 - σελ.58), «Στις αρχές του 19ου αιώνα όμως ο Τζον Ντάλτον (John Dalton, 1766 - 1844) την έφερε στο προσκήνιο και την υποστήριξε με πειραματικά δεδομένα» και δίνεται έμφαση από τους συγγραφείς στην ύπαρξη πειραματικών δεδομένων καθώς υπάρχει σχετική αναφορά και στις ασκήσεις εμπέδωσης. Επίσης, η διατήρηση της μάζας επιβεβαιώνεται και αυτή πειραματικά (Εγχ.1 - σελ.55). Δεν γίνεται καθόλου αναφορά για το πείραμα της ηλεκτρολυτικής διάστασης του Arrhenius (de Berg, 2003), όταν περιγράφεται η θεωρία του (Εγχ.2 - σελ.15), αλλά το πείραμα εμφανίζεται στο Εγχ.1 - σελ.64 για την εξήγηση της ύπαρξης ιόντων. Για την δομή του ατόμου αναφέρεται (Εγχ.1 - σελ.62) ότι «η επιστημονική κοινότητα της εποχής αποδέχτηκε ότι το άτομο είναι ένα σύστημα .....», χωρίς να δίνονται περισσότερες εξηγήσεις για τον τρόπο αποδοχής, ενισχύοντας έτσι την άποψη ότι οι επιστήμονες είναι «αλάνθαστοι».
- Το γεγονός ότι πολλά διαφορετικά μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν παράλληλα για το ίδιο θέμα, όπως στην περίπτωση των πολλαπλών μοντέλων οξέων - βάσεων, ή το ότι υπάρχουν και άλλα μοντέλα πιο σύγχρονα δεν συζητιέται πουθενά ρητά ή δεν προκύπτει από τα συμφραζόμενα του κειμένου.
- Για τα περισσότερα από τα ιστορικά κείμενα που αναφέρονται στο κυρίως κείμενο, υπάρχουν αναφορές και στις ασκήσεις εμπέδωσης των μαθητών. Κατά αυτόν τον τρόπο αντικατοπτρίζεται η σημασία των εννοιών που περιγράφονται και δίνεται η δυνατότητα αξιολόγησης της κατανόησης των μαθητών (Leite, 2011). Ενδεικτικά αναφέρεται Εγχ.2 - σελ.51 : «Σε ποια περιοχή βρίσκονται τα μέταλλα και σε ποια τα αμέταλλα στο σύγχρονο περιοδικό πίνακα;».

- Υπάρχουν βέβαια και κάποια ιστορικά μοντέλα στο περιθώριο του κειμένου ή σε μη υποχρεωτικές δραστηριότητες, τα οποία σίγουρα θα αγνοηθούν από τους μαθητές ως πληροφορίες μη χρήσιμες για την κατανόηση του κειμένου ή ως τμήμα του κειμένου για το οποίο δεν θα αξιολογηθούν (Leite, 2011). Για παράδειγμα, αλχημιστικό μοντέλο (Εγχ.2 - σελ.51).
- Τα περισσότερα από τα ιστορικά μοντέλα που παρουσιάζονται συνοδεύονται από οπτικές αναπαραστάσεις, ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν τις έννοιες που πραγματεύονται καλύτερα, να τις διατηρήσουν στην μνήμη τους για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και τις χρησιμοποιήσουν πιο αποτελεσματικά στην επίλυση προβλημάτων (Mayer, 2003). Για παράδειγμα : το σωματιδιακό μοντέλο μετασχηματισμού της ύλης (Εγχ.1 - σελ.70) όπου χρησιμοποιούνται μοριακά συμβολικά μοντέλα για την επεξήγηση των χημικών αντιδράσεων μέσω αναδιάταξης των ατόμων των μορίων, και ο περιοδικός πίνακας (Εγχ.2 - σελ.50) όπου παρουσιάζεται ο περιοδικός πίνακας (σε μία παλιά μορφή του).

Η κατανόηση της χημείας ως επιστήμη περιλαμβάνει την γνώση των βασικών μοντέλων Χημείας που υπάρχουν ήδη – σε συνδυασμό με τον σκοπό δημιουργίας του κάθε μοντέλου και τους περιορισμούς εφαρμογής του, την αναγνώριση του ρόλου των μοντέλων στην δημιουργία και διάδοση της χημικής γνώσης και στην κατασκευή και αξιολόγηση νέων χημικών μοντέλων (Justi & Gilbert, 2003). Ο αριθμός των ιστορικών μοντέλων στα σχολικά εγχειρίδια που μελετήθηκαν είναι περιορισμένος και η διδακτική προσέγγιση που ακολουθείται δεν περιλαμβάνει το ιστορικό πλαίσιο ανάπτυξης των επιστημονικών θεωριών. Ο τρόπος παρουσίασης δεν αντικατοπτρίζει την φύση των μοντέλων και την σημασία της μοντελοποίησης στην επιστήμη και την εκπαίδευση των επιστημών. Μέσα από την ανάλυση περιεχομένου των σχολικών εγχειριδίων και των εγχειριδίων του εκπαιδευτικού, προκύπτει ότι τα μοντέλα αντιμετωπίζονται μόνο ως μέσο παρουσίασης μίας θεωρίας, χωρίς να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στον επιστημολογικό τους ρόλο και στην αξία τους στην εξέλιξη της γνώσης. Δύο από τις βασικές λειτουργίες των επιστημονικών μοντέλων στην διδασκαλία είναι η δυνατότητα που δίνει στους μαθητές να κατανοήσουν πλήρως την φύση ενός μοντέλου και η προβλεπτική του ικανότητα. Δύο λειτουργίες που δεν διακρίνονται στα συγκεκριμένα σχολικά εγχειρίδια. Η γνώση προσεγγίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να παρουσιάζεται αλάνθαστη και επιβεβαιωμένη, με

αποτέλεσμα οι μαθητές να μην εξοικειώνονται με τη διαδικασία εξέλιξης της και τον τρόπο εργασίας των επιστημόνων.

#### 6.3.4 Η συμβολή των επιστημονικών μοντέλων στην διδασκαλία της Χημείας

Η διδασκαλία της Χημείας έχει σκοπό οι μαθητές να κατανοήσουν τις βασικές έννοιες της Χημείας, των κανόνων και των μεθόδων της και να μάθουν για τις χημικές ουσίες και για τις χημικές αντιδράσεις, με την βοήθεια τριών επιπέδων συλλογισμού: το μακροσκοπικό, το συμβολικό και το υπομικροσκοπικό.

Από την ανάλυση των δεδομένων, για την συμβολή των μοντέλων στην χημική παιδεία μπορούμε να εξάγουμε τα εξής:

- Με την βοήθεια των ιστορικών μοντέλων για την ασυνέχεια της ύλης και για την δομή του ατόμου, οι μαθητές μπορούν να μάθουν για το άτομο - το οποίο αποτελεί και των δομικό λίθο των στοιχείων και των χημικών ενώσεων. Η κατανόηση του δομικού στοιχείου της ύλης αποτελεί το σκαλοπάτι για την μελέτη πιο σύνθετων χημικών θεμάτων.
- Με την βοήθεια των μοριακών μοντέλων, οι μαθητές μπορούν να μελετήσουν τον σχηματισμό των χημικών ουσιών. Τα μοριακά μοντέλα βοηθούν τους εκπαιδευτικούς να μνήσουν τους μαθητές στον «αόρατο» κόσμο των ατόμων και των μορίων και να τους εξηγήσουν πως σχηματίζονται χημικές ενώσεις που είτε είναι απαραίτητες - για παράδειγμα, νερό ή οξυγόνο, ή που δημιουργούνται για την βελτίωση του βιοτικού μας επιπέδου- για παράδειγμα, πλαστικά, οπτικές ίνες.
- Οι ιδιότητες των στοιχείων μελετώνται με τον περιοδικό πίνακα και διάφορα διαγράμματα που εξετάζουν πως αυτές μεταβάλλονται περιοδικά.
- Τα συμβολικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για την εξοικείωση των μαθητών με την γλώσσα της Χημείας, επιτυγχάνοντας έτσι ένα επίπεδο χημικού γραμματισμού που θα τους επιτρέψει να αναγνωρίζουν τις χημικές ενώσεις και στην καθημερινότητά τους και να γίνουν ενημερωμένοι πολίτες.
- Οι ιδιότητες οξέων - βάσεων μπορούν να εξηγηθούν με τα ιστορικά μοντέλα - για παράδειγμα το μοντέλο του Arrhenius- ενώ για την συμπεριφορά των χημικών ουσιών κατά τις χημικές μεταβολές μπορούν να χρησιμοποιηθούν μοριακά μοντέλα.

- Τα διαγράμματα, οι χάρτες και οι πίνακες χρησιμοποιούνται στην διδασκαλία για να συνδέσουν την Χημεία με τις άλλες επιστήμες - βιολογία, φαρμακευτική, γεωπονία, για να εξηγήσουν περιβαλλοντικά προβλήματα και για να συνδέσουν την Χημεία με την τεχνολογία.
- Μοριακά μοντέλα και θεωρητικά μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξηγήσουν φαινόμενα της καθημερινότητας - για παράδειγμα, η δράση του σαπουνιού.
- Ταυτόχρονα, τα μοντέλα και οι διαδικασίες μοντελοποίησης βοηθούν τον εκπαιδευτικό να διατηρήσει το ενδιαφέρον των μαθητών μέσα στην τάξη και να τους ενθαρρύνει να μελετήσουν τα επιστημονικά θέματα.

#### 6.4. Περιορισμοί της έρευνας

Η ανάλυση περιεχομένου των εγχειριδίων πραγματοποιήθηκε από μία και μοναδική ερευνήτρια (τη συγγραφέα), με αποτέλεσμα να μην μπορεί να αγνοηθεί η υποκειμενικότητα. Ωστόσο, έγινε προσπάθεια να τηρηθεί η μεθοδολογία, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 5, και προκειμένου να αυξηθεί η αξιοπιστία της έρευνας το κείμενο διαβάστηκε 5 φορές με χρονική απόσταση μεταξύ τους.

Τα συμπεράσματα προέκυψαν από την οπτική γωνία της ερευνήτριας /εκπαιδευτικού και σίγουρα θα υπήρχε διαφοροποίηση αν είχε συμπεριληφθεί και η άποψη των μαθητών. Επίσης, ο σχολιασμός επικεντρώθηκε στις δυνατότητες χρησιμοποίησης των μοντέλων σε μία εκπαιδευτική διαδικασία και όχι στην τελική τους εφαρμογή - για την οποία τελικό λόγο έχει ο εκπαιδευτικός που διδάσκει και ο μαθητής που μαθαίνει.

#### 6.5 Ζητήματα για περαιτέρω έρευνα.

Από την συγκεκριμένη έρευνα προκύπτει ότι στα σχολικά εγχειρίδια υπάρχουν επιστημονικά μοντέλα, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν ως γέφυρα μεταξύ της υπάρχουσας γνώσης των μαθητών και των νέων εννοιών, να επιτρέψουν την εύκολη αφομοίωση τους και να δώσουν στους μαθητές την δυνατότητα να αναπτύξουν μία πιο επιστημονική κατανόηση της χημικής γνώσης και μία πιο θετική αντίληψη συνολικά για το μάθημα. Η επίτευξη όλων αυτών όμως, εξαρτάται από τον εκπαιδευτικό, ο οποίος θα πρέπει να σχεδιάσει μία σειρά δραστηριοτήτων μοντελοποίησης να συντονίσει την



εφαρμογή τους μέσα στην τάξη και να αναπτύξει στρατηγικές που θα διασφαλίζουν την αποτελεσματικότητά τους. Η υλοποίηση αυτών όμως απαιτεί μία υποστήριξη και καθοδήγηση του εκπαιδευτικού. Ένας τομέας που πρέπει ίσως να διερευνηθεί είναι η υποστήριξη του ρόλου του εκπαιδευτικού. Τα υπάρχοντα εγχειρίδια για τους εκπαιδευτικούς δεν προωθούν την διδασκαλία μέσω μοντέλων. Ταυτόχρονα, τίθεται και το ζήτημα της επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών - νέων και παλιών. Όσον αφορά τα ιστορικά μοντέλα, από την έρευνα προέκυψε ότι η ΙΦΦΕ είναι σχεδόν απύσα από τα σχολικά εγχειρίδια. Τα οφέλη από την εισαγωγή της ΙΦΦΕ στην μαθησιακή διαδικασία είναι αδιαμφισβήτητα και πρέπει να ληφθούν υπόψη από τους ερευνητές των αναλυτικών προγραμμάτων, τους συγγραφείς των σχολικών εγχειριδίων και από τους εκπαιδευτικούς των ΦΕ.

## Βιβλιογραφικές αναφορές

### Ξενόγλωσσες

- Boulter C. & Buckley B. (2000). Constructing a Typology of Models for Science Education. Στο *Developing Models in Science Education* (σσ. 41-58). New York: Springer.
- Boulter C. & Gilbert J. (2000b). Challenges and Opportunities of Developing Models in Science Education. Στο *Developing Models in Science Education* (σσ. 343- 362). New York: Springer.
- Chamizo, J. A. (2013). A New Definition of Models and Modeling in Chemistry's Teaching. *Sci & Educ*, 22(7), σσ. 1613–1632.
- Cheng M. & Gilbert J. (2009). Towards a Better Utilization of Diagrams in Research into the Use of Representative Levels in Chemical Education. Στο *Multiple Representations In Chemical Education* (σσ. 55-74). Netherlands: Springer.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), σσ. 1041-1053.
- Clough M.P. & Olson J.K. (2007). Teaching and assessing the nature of science: An introduction. *Science & Education*, 17(2-3), σσ. 143-145.
- Coll, R. (2006). The Role of Models, Mental Models and Analogies in Chemistry Teaching. Στο *Metaphor And Analogy In Science Education* (σσ. 65-78). Dordrecht: Springer.
- de Berg, K. (2003). The development of the theory of electrolytic dissociation. *Science & Education* (12), σσ. 397-417.
- Devetak I. & Vogrinc J. (2013). The Criteria for Evaluating the Quality of the Science Textbooks. Στο *Critical Analysis of Science Textbooks* (σσ. 3-16). Perth: Myint Swe Khine.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), σσ. 649-672.
- Erduran, S. (2001). Philosophy of Chemistry: An Emerging Field with Implications for Chemistry Education. *Science & Education*(10), σσ. 581-593.
- Erduran S. & Duschl R. (2004, March). Interdisciplinary Characterizations of Models and the Nature of Chemical Knowledge in the Classroom. *Studies in Science Education*, 40(1), σσ. 105-138.
- Francoeur, E. (1997). The Forgotten Tool : The Design and Use of Molecular Models. *Social Studies of Science*, 27(1), σσ. 7-40.
- Gay L.R, Mills G.E., Airasian P. . (2012). *EDUCATIONAL RESEARCH: Competencies for Analysis and Applications* (10 εκδ.). Pearson.
- Gilbert, J. (2004). Models and Modelling : Routes To More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), σσ. 115-130.
- Gilbert, J. (2008). Visualization : An Emerging Field of Practice and Enquiry in Science Education. Στο *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (σσ. 3-24). Reading, U.K.: Springer.
- Gilbert J, Boulter C, Rutherford M. (2000). Explanations with Models in Science Education. Στο *Developing Models In Science Education* (σσ. 193-208). New York: Springer.

- Gilbert, J. (2008). Visualization : An Emerging Field of Practice and Enquiry in Science Education. Στο *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (σσ. 3-24). Reading, U.K.: Springer..
- Gilbert J. & Justi R. (2016). Analogies in Modelling-Based Teaching and Learning. Στο *Modelling-based Teaching in Science Education* (σσ. 149-169). Dordrecht: Springer.
- Gilbert J., Justi R. (2016b). *Modelling - Based Teaching in Science Education*. Switzerland: Springer.
- Gilbert J.K & Osborne R.S. (1980). The Use of Models in Science and Science Teaching. *European Journal of Science Education*, 2(1), σσ. 3-13.
- Gkitzia V., Salta K. & Tzougraki C. . (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*(1), σσ. 5-14.
- Gobert D. & Buckley B. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), σσ. 891-894.
- 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), σσ. 799-822.
- Halloun, I. (2006). *Modeling theory in science education*. Dordrecht: Springer.
- Harre, R. (2004). *Modeling: Gateway to the Unknown*. Amsterdam: Elsevier.
- Harrison, A. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students. *Research in Science Education*, 31, σσ. 401-435.
- Harrison A. & De Jong O. (2005). Exploring the Use of Multiple Analogical Models When Teaching and Learning Chemical Equilibrium. *Journal Of Research In Science Education*, 42(10), σσ. 1135-1159.
- Harrison A. & Treagust D. (2000). A typology of school science models. *Journal of Science Education*, 22(9), σσ. 1011-1026.
- Harrison A. & Treagust D. (2000b). Learning about Atoms, Molecules, and Chemical Bonds: A Case Study of Multiple-Model Use in Grade 11 Chemistry. *Sci Ed*(84), σσ. 352-381.
- Harrison A. & Treagust D. (1998). Modelling in Science Lessons: Are There Better Ways to Learn With Models? *School Science and Mathematics*, 98(8), σσ. 420-429.
- Harrison A. & Treagust D. (1996). Secondary Students' Mental Models of Atoms and Molecules: Implications for Teaching Chemistry. *Science Education*, 80(5), σσ. 509-534.
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: An exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), σσ. 541-562.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2013). School Chemistry: An Historical and Philosophical Approach. *Sci & Educ*, 22, σσ. 1633-1653.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: a changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), σσ. 701-705.
- Justi R. (2000). Teaching with Historical Models. Στο *Developing Models in Science Education* (σσ. 209-226). Reading, U.K.: University of Reading.
- Justi R. & Gilbert J. (2006). The role of analogue models in the understanding of the nature of models in chemistry. Στο *Metaphor and Analogy in Science Education* (σσ. 119-130). Dordrecht: Springer.

- Justi R. & Gilbert J. (2003). Models and Modelling in Chemical Education. Στο G. e. al, *Chemical Education : Towards Research - based Practise* (C. E.-b. Practise, Μεταφρ., Τόμ. 2003, σσ. 47-68). Models and Modelling in Chemical Education.
- Justi R. & Gilbert J. (2003b). Teachers' views on the nature of models,. *International Journal of Science Education*, 25(11), σσ. 1369-1386.
- Justi R. & Gilbert J. (2000). History and philosophy of science through models: some challenges in the case of the atom. *International Journal of Science Education*, 22(9), σσ. 993 -1009.
- Justi R. & Gilbert J. (1999). A Cause for Ahistorical Science Teaching: Use of Hybrid Models. *Sci & Ed*, 83, σσ. 163-179.
- Justi R. & Gilbert J. (1999b). History and Philosophy of Science through Models: The Case of Chemical Kinetics. *Science and Education*, 8, σσ. 287-307.
- Laudan L. et al. (1986). Scientific change : Philosophical Models and Historical Research. *Synthese*(69), σσ. 141-223.
- Leite, L. (2011). History of Science in Science Education: Development and Validation of a Checklist for Analysing the Historical Content of Science Textbooks\*. *Science & Education*(11), σσ. 333-359.
- Levin J. R. and Mayer R. E., (1993). *Learning from textbooks, theory and practice*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lombardi O. & Labarca M. (2007). The Philosophy of Chemistry as a New Resource. *Journal of Chemical Education*, 84(1), σσ. 187-192.
- Louca L. & Zacharia Z. (2011). Modeling-based learning in science education: Cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. *Educational Review*(64), σσ. 471-492.
- Marquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M., (2006). Multimodal Science Teachers' Discourse in Modeling the Water Cycle. *Science & Education*, 90, σσ. 202-226.
- Matthews, M. R. (2015). *Science Teaching: The Contribution of History and Philosophy of Science*. New York.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), σσ. 125-139.
- Mayer, R. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32(1), σσ. 1-19.
- McComas, W. F. (2004). Keys to teaching the nature of science. *Science Teacher*(71), σσ. 24-27.
- National Research Council (NRC). (1996). *National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press.
- Niaz, M. (2016). *Chemistry Education and Contributions from History and Philosophy of Science*. Switzerland: Springer International Publishing .
- Oh P. & Oh S. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), σσ. 1109-1130.
- Scerri E. (2015). The discovery of the periodic table as a case of simultaneous discovery. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 373(2037).
- Scerri E. R. & McIntyre L. (1997). The case for the Philosophy of Chemistry. *Synthese*(111), σσ. 213-232. Scerri E. R. & McIntyre L. (1997). The case for the Philosophy of Chemistry. *Synthese*(111), σσ. 213-232.
- Shummer, J. (2003). The Philosophy of Chemistry. *Endeavour*, 27(1), σσ. 37-41.

- Stefanidou C. & Skordoulis C. (2017). Primary Student Teachers' Understanding of Basic Ideas of Nature of Science: Laws, Theories and Models. *Journal of Studies in Education*, 7, σσ. 127-153.
- Stern, L. & Roseman, J. E. (2004). Can middle-school science textbooks help students learn important ideas? Findings from Project 2061's curriculum evaluation study: Life science. *Journal of Research in Science Teaching*, (41), σσ. 538-568.
- Tomasi, J. (1988). Models and Modelling in Theoretical Chemistry. *Journal of Molecular Structure*, 179, σσ. 273-392.
- Van Driel J. & Verloop N. (1999). Teachers' knowledge of models and modeling in science,. *International Journal of Science Education*, 21(11), σσ. 1141-1153.
- White M. & Marsh E. (2006). Content Analysis: A Flexible Methodology. *Library Trends*, 55, σσ. 22-45.
- Woody, A. (1995). The explanatory power of our models: A philosophical analysis with some implications for science education. *Proceedings of the Third International History, Philosophy, and Science Teaching*. Minneapolis : F. Finley, D. Allchin, D. Rhees & S. Fifield .
- Wu H. & Shah P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), σσ. 465-492.

### Ελληνόγλωσσες

- Αβραμιώτης Σ., Αγγελόπουλος Β., Καπελώνης Γ., Σινιγάλιας Π., Σπαντίδης Δ., Τρικαλίτη Α., Φίλος Γ. (2006). *Χημεία Β' Γυμνασίου - Βιβλίο εκπαιδευτικού*.
- Αβραμιώτης Σ., Αγγελόπουλος Β., Καπελώνης Γ., Σινιγάλιας Π., Σπαντίδης Δ., Τρικαλίτη Α., Φίλος Γ. (2006). *Χημεία Β' Γυμνασίου*. Αθήνα .
- Βοσνιάδου, Σ. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*(4), σσ. 45-69.
- Γεωργακάκος Π. , Σκαλωμένος Α., Σφαρνάς Ν. , Χριστακόπουλος Ι. (1999). *Φυσική Γενικής Παιδείας Γ' Λυκείου*. ΟΕΔΒ .
- Διαθεματικό Ενιαίο Πρόγραμμα Σπουδών Χημείας (ΔΕΠΠΣΧ). *Παιδαγωγικό Ινστιτούτο*. Ανάκτηση Οκτώμβριος 2021, από <http://www.pi-schools.gr/programs/dep/ps/>
- Θεοδωρόπουλος Π., Παπαθεοφάνους Π., Σιδέρη Φ. (2006). *Χημεία Γ' Γυμνασίου*. Αθήνα
- Θεοδωρόπουλος Π., Παπαθεοφάνους Π., Σιδέρη Φ., . (2006). *Χημεία Γ' Γυμνασίου - Βιβλίο εκπαιδευτικού*.
- Κολιόπουλος, Δ. (2012). *Εισαγωγή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Διάδραση.
- Στεφανίδου, Κ. (2009). *Η Φύση της Επιστήμης στην Αξιολόγηση του Προγράμματος PISA*, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΠΤΔΕ, Τομέας Φυσικών Επιστημών Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος, Επιβλέπων Κ. Σκορδούλης
- Στεφανίδου, Κ. (2013). *Ο ρόλος της Ιστορίας και φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στην Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Διαδικασίες Διδασκαλίας και Μάθησης της Φύσης της Επιστήμης - Νόμοι - Μοντέλα - Θεωρίες - μέσα από την Ιστορία του Ηλεκτρισμού (Διδακτορική διατριβή)*. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.