

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

**ΟΙ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ
ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ.**

ΜΑΡΙΑΝΝΑ ΘΕΟΔΟΣΙΟΥ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΒΟΛΟΣ, 2017

Στον Αντώνη
που πίστεψε πιο πολύ από μένα
και με στήριξε ακούραστος απ' την αρχή ως το τέλος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εκπόνηση μιας διδακτορικής διατριβής αποτελεί αναμφισβήτητα ένα «κομμάτι» από τη ζωή του δημιουργού της. Έχω την αίσθηση όμως ότι αποτελεί και ένα «κομμάτι» της ζωής των ανθρώπων που στάθηκαν δίπλα μου από την εκκίνηση μέχρι το τέλος του όλου εγχειρήματος.

Από τη θέση αυτή επιθυμώ να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την Καθηγήτρια κ. Βασιλεία Χρηστίδου, επιβλέπουσα καθηγήτρια της διατριβής αυτής, για το οξυδερκές μάτι, τον εμπνευσμένο λόγο και το ακούραστο χέρι με τα οποία παρακολούθησε και στήριξε αυτή την προσπάθεια. Την ευγνωμονώ για την πολύμορφη, συστηματική και ακούραστη καθοδήγηση και ενθάρρυνση της σε όλα τα στάδια της εκπόνησης της διατριβής. Την ευχαριστώ επίσης για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε.

Επίσης, ευχαριστώ την Καθηγήτρια κ. Βασιλεία Χατζηνικήτα, μέλος της τριμελούς επιτροπής, για τις συνεχείς συζητήσεις και υποδείξεις της. Ευχαριστώ ακόμα τον Καθηγητή κ. Βασίλειο Κουλαϊδή, μέλος της τριμελούς επιτροπής, για τη υποστήριξη και ενθάρρυνση του σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής.

Ευχαριστώ θερμά την Καθηγήτρια κ. Φωτεινή Μπονώτη για την εποικοδομητική ματιά της σε κομβικές φάσεις της εκπόνησης αυτής της διατριβής.

Ευχαριστώ επίσης τους καθηγητή κ. Γεώργιο Παπαγεωργίου, καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Ραβάνη και τον επίκουρο καθηγητή κ. Στέφανο Ασημόπουλο που δέχτηκαν να συμμετάσχουν στην εξεταστική επιτροπή της διατριβής.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω το επιστημονικό και διοικητικό προσωπικό του Τμήματος για την άπογη και εποικοδομητική συνεργασία. Θα ήθελα να ευχαριστήσω όμως και όλους τους μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα, και οι οποίοι με συγκίνησαν με το ενδιαφέρον τους και τη συμμετοχή τους στις διδασκαλίες.

Ακόμα, εκφράζω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου, αδυνατώντας να ανταποδώσω στο ελάχιστο την καθολική και αδιάλειπτη συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής και συγγραφής αυτής της διατριβής. Όλα αυτά τα χρόνια στάθηκαν δύναμη στους κόπους και στα ξενύχτια μου, εμπνευση στις δυσκολίες και τις απογοητεύσεις μου, αστείρευτη δεξαμενή αγάπης και ενίσχυσης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αναλογική σκέψη αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς μηχανισμούς κατασκευής νέας γνώσης. Αυτή της η αξία αναγνωρίζεται και στο πλαίσιο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, όπου θεωρείται πως κατάλληλα σχεδιασμένες διδακτικές αναλογίες μπορούν να συμβάλουν στην απεμπλοκή της σκέψης μαθητών από εναλλακτικές αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των φυσικών επιστημών. Η καταγραφή των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με έννοιες της Χημείας έχει διεξαχθεί συστηματικά σε διεθνές επίπεδο και τα ευρήματα έχουν επαληθευτεί από την ελληνική βιβλιογραφία. Επίσης, για την υπέρβαση των εναλλακτικών αντιλήψεων έχουν προταθεί διδακτικά εργαλεία και πρακτικές, τα οποία κατά κανόνα στόχευαν στην αντιμετώπιση μιας εναλλακτικής αντίληψης ή στην αποσαφήνιση μιας συγκεκριμένης έννοιας των Φυσικών Επιστημών.

Η παρούσα έρευνα στοχεύει στη διδακτική αντιμετώπιση ενός συνόλου εναλλακτικών αντιλήψεων εστιάζοντας στη διδασκαλία ενός πλέγματος εννοιών που αποτελούν το βασικό κορμό του αναλυτικού προγράμματος της Χημείας. Οι διδακτικές παρεμβάσεις έγιναν σε δύο τάξεις μαθητών της εισαγωγικής βαθμίδας του γνωστικού αυτού αντικείμενου που είναι η Β΄ Γυμνασίου για τρεις εκτεταμένες διδακτικές ενότητες: χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις, χημική αντίδραση, άτομα και μόρια. Στην Ομάδα Ελέγχου ακολουθήθηκε συμβατική διδασκαλία, ενώ στην Πειραματική Ομάδα το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας στο πλαίσιο του οποίου αξιοποιήθηκαν πολλαπλές διδακτικές αναλογίες που κατασκευάστηκαν και συνδυάστηκαν με βάση συγκεκριμένα κριτήρια καταλληλότητας όπως προτείνονται από τη διεθνή βιβλιογραφία. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι με τη χρήση των διδακτικών αναλογιών βελτιώθηκε σημαντικά το επίπεδο κατανόησης των χημικών εννοιών που διδάχτηκαν οι μαθητές.

Η κεντρική συνεισφορά της διατριβής συνίσταται στο ότι εισάγει μια συγκροτημένη, συνεκτική, πρωτότυπη και εφαρμόσιμη στο σχολικό πλαίσιο διδακτική πρόταση για τη διαπραγμάτευση βασικών εννοιών της Χημείας, όπως προβλέπει το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για τη Β΄ Γυμνασίου, με γνώμονα την υπέρβαση από τους μαθητές σημαντικών εναλλακτικών αντιλήψεων μέσω της χρήσης ενός πλέγματος διδακτικών αναλογιών.

Λέξεις-κλειδιά: Διδακτικές αναλογίες, διδασκαλία των φυσικών επιστημών, εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, θεμελιώδεις έννοιες χημείας.

ABSTRACT

Analogical reasoning constitutes one of the most important mechanisms of knowledge construction. Its value is recognized in the framework of Science Education, considering that appropriately designed teaching analogies support students in overcoming alternative conceptions about concepts and phenomena related to science. Science Education research has systematically recorded students' alternative conceptions relative to fundamental chemical concepts during the last decades at an international level. Besides, various teaching tools and practices have been suggested in the literature, each aiming at confronting one specific alternative conception or at clarifying one specific concept.

The present dissertation proposes a comprehensive teaching intervention, designed so as to address a framework of fundamental chemistry concepts, which constitute the central core of the Grade 8 chemistry curriculum by supporting students in overcoming a set of alternative conceptions. The sample consisted of two 8th Grade classes, one of which served as the Experimental Group, while the other served as Control Group. The teaching intervention with the Experimental Group adopted a constructivist approach and was based on the introduction of multiple teaching analogies designed and combined according to specific criteria proposed by the relevant literature. The Control Group attended a conventional teaching approach. Both groups were taught the following units: chemical elements and chemical compounds, chemical reactions, and atoms and molecules. The results indicated that the use of teaching analogies contributed to significantly improve the level of understanding of the abovementioned fundamental chemical concepts by the students of the Experimental Group.

The main contribution of the dissertation is that it introduces a coordinated, consistent, original and applicable teaching proposal to negotiate fundamental chemistry concepts in order to support students to overcome significant alternative conceptions through the use of a framework of teaching analogies.

Keywords: Fundamental chemistry concepts, science teaching, students' alternative conceptions, teaching analogies.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1.1. ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ.....	11
1.2. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	15
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	15
2.2. Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΚΑΙ Η ΜΑΘΗΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ.....	15
2.2.1. Θεωρητικές επιρροές στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών	15
2.2.2. Διδακτική διαμεσολάβηση στις Φυσικές Επιστήμες υπό το πρίσμα του κοινωνικού εποικοδομητισμού	19
2.2.3. Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας για την αντιμετώπιση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών	21
2.2.4. Μοντέλα, μοντελοποίηση και διδασκαλία	23
2.2.4.1 Γενικά για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση.....	23
2.2.4.2 Τύποι μοντέλων.....	24
2.2.4.3 Τα μοντέλα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.....	25
2.2.4.4 Μοντέλα και διδασκαλία της Χημείας.....	26
2.3. ΟΙ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΩΣ ΓΝΩΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ	28
2.3.1 Γενικά για την αναλογία και τα αναλογικά μοντέλα.....	28
2.3.2 Λειτουργία της αναλογικής σκέψης.....	30
2.4. ΟΙ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	33
2.4.1. Οι αναλογίες στις Φυσικές Επιστήμες.....	33
2.4.2. Προϋποθέσεις, πλεονεκτήματα και περιορισμοί στη διδακτική χρήση των αναλογιών.....	35
2.4.3. Μοντέλα χρήσης διδακτικών αναλογιών.....	39
2.4.4. Είδη διδακτικών αναλογιών.....	42
2.4.5. Κριτήρια καταλληλότητας αναλογιών για διδακτική χρήση.....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	47
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	47
3.2. ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΛΟΓΙΩΝ	47
3.2.1. Η συμβολή των διδακτικών αναλογιών στην κατανόηση εννοιών των Φυσικών Επιστημών.....	47
3.2.2. Αποτελεσματικότητα των διδακτικών αναλογιών και δημογραφικά χαρακτηριστικά των μαθητών.....	52
3.2.3. Ο ρόλος των εκπαιδευτικών στην κατάλληλη αξιοποίηση των διδακτικών αναλογιών.....	54
3.3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΣΕ ΒΑΣΙΚΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	57
3.3.1. Σύγχυση μεταξύ χημικής ένωσης – μίγματος – χημικού στοιχείου.....	57
3.3.2. Εναλλακτικές αντιλήψεις αναφορικά με την έννοια της χημικής αντίδρασης.....	58
3.3.2.1. Σύγχυση μεταξύ χημικών και φυσικών φαινομένων.....	59

3.3.2.2. Η μη διατήρηση της μάζας.....	60
3.3.2.3. Οι χημικές ουσίες διαφοροποιούνται από τις ιδιότητές τους.....	62
3.3.3. Εναλλακτικές αντιλήψεις σχετικά με τη σωματιδιακή δομή της ύλης.....	62
3.3.3.1. Δυσκολία στη διάκριση μακροσκοπικών και μικροσκοπικών ιδιοτήτων της ύλης.....	63
3.3.3.2. Εναλλακτικές αντιλήψεις σχετικά με τις ιδιότητες των ατόμων και των μορίων.....	64
3.3.4. Ο γλωσσικός κώδικας ως πηγή εναλλακτικών αντιλήψεων.....	65
3.4. Αναγκαιότητα, πρωτοτυπία και υποθέσεις της έρευνας.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΣ.....	71
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	71
4.2. ΤΟ ΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	71
4.3. ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	72
4.4. ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	73
4.5. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	74
4.5.1. Εργαλεία συλλογής δεδομένων.....	74
4.5.2 Διαδικασία συλλογής δεδομένων.....	75
4.6. ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	76
4.7. ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΩΝ ΔΙΔΑΣΚΟΜΕΝΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ.....	77
4.7.1. Εννοιολογικός προσδιορισμός και προϋποθέσεις για την κατανόηση βασικών εννοιών της Χημείας.....	78
4.7.2. Οι έννοιες στο αναλυτικό πρόγραμμα Χημείας της Β΄ Γυμνασίου.....	81
4.7.3. Εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών.....	82
4.7.4 Σύνδεση στόχων αναλυτικού προγράμματος και εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών.....	84
4.8. ΟΙ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ.....	88
4.8.1. Διδακτική παρέμβαση στην Πειραματική Ομάδα.....	88
4.8.1.1. Πειραματική διδακτική παρέμβαση με την εποικοδομητική προσέγγιση στη Διδακτική Ενότητα 2.6 «Χημικές ενώσεις και χημικά στοιχεία»	94
Αναλογία 1η: Η χημική ένωση ως κατασκευή LEGO.....	96
Αναλογία 2η: Η χημική ένωση ως τοίχος.....	100
Αναλογία 3η: Η χημική ένωση ως όχημα.....	103
Αναλογία 4η: Η χημική ένωση ως λέξη.....	105
4.8.1.2 Πειραματική διδακτική παρέμβαση με την εποικοδομητική προσέγγιση στη Διδακτική Ενότητα 2.7: «Χημική αντίδραση».....	109
Αναλογία 1η: «Η χημική αντίδραση είναι σαν την κατασκευή ενός τοίχου».....	106
Αναλογία 2: «Η χημική αντίδραση ως κατασκευή λέξεων από γράμματα».....	109
4.8.1.3 Πειραματική διδακτική παρέμβαση με την εποικοδομητική προσέγγιση στη Διδακτική Ενότητα 2.8: «Άτομα και Μόρια».....	115
Αναλογία 1η: «Τα μόρια ως κατασκευή LEGO».....	118
Αναλογία 2η: «Τα μόρια δομούνται από άτομα όπως το όχημα συναρμολογείται από εξαρτήματα».....	121
Αναλογία 3η: «Τα μόρια δομούνται από άτομα όπως η λέξη κατασκευάζεται από γράμματα».....	123
4.8.2 Διδακτική παρέμβαση στην Ομάδα Ελέγχου.....	134
4.8.2.1 Διδακτική παρέμβαση με συμβατική διδασκαλία στη Διδακτική Ενότητα 2.6:	

«χημικές ενώσεις και χημικά στοιχεία».....	134
4.8.2.2 Διδακτική παρέμβαση με συμβατική διδασκαλία στη Διδακτική Ενότητα 2.7: «Χημική αντίδραση».....	136
4.8.2.3 Διδακτική παρέμβαση με συμβατική διδασκαλία στη Διδακτική Ενότητα 2.8 «Άτομα και Μόρια».....	138
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	141
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	141
5.2. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΟΜΑΔΩΝ ΩΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΤΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ	141
5.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ	149
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	157
6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	157
6.2. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	157
6.3. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	162
6.4. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	163
6.4.1. Ερευνητικές προτάσεις.....	163
6.4.2 Διδακτικές προτάσεις.....	164
6.5.ΑΝΤΙ ΕΠΙΛΟΓΟΥ	166
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	169
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	185
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.	185
Ερωτηματολόγιο συλλογής δεδομένων προ- και μετα-ελέγχου	185
Πίνακας Ι.1 Ομαδοποίηση ερωτήσεων του ερωτηματολογίου ανά διδακτική ενότητα των παρεμβάσεων	189
Πίνακας Ι.2 Συνεισφορά των επί μέρους ερωτήσεων του ερωτηματολογίου στην ανίχνευση διαφορετικών εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών	189
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.	
Υλικό των διδακτικών παρεμβάσεων με την Πειραματική Ομάδα	190
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ.	
Υλικό των διδακτικών παρεμβάσεων με την Ομάδα Ελέγχου.....	222
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV.	
Μεταβολές στις συνολικές επιδόσεις της Πειραματικής Ομάδας και της Ομάδας Ελέγχου	231

Κεφάλαιο 1ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντί προλόγου

Σ' ένα φλυτζάνι νερό προσθέτουμε ένα κουταλάκι ζάχαρη και ανακατώνουμε. Η ζάχαρη λιώνει. Η διάλυση μιας ουσίας ταυτίζεται με την τήξη (Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer, & Blakeslee, 1993).

Με τον βρασμό το νερό μετατρέπεται σε υδρατμό ο οποίος αποτελείται από υδρογόνο και οξυγόνο (Azure, 2005). Με άλλα λόγια ο βρασμός θεωρείται χημική αντίδραση (Ahtee & Varjola, 1998).

Όταν γίνεται μια χημική αντίδραση (π.χ. σκουριάζει ένα σιδερένιο καρφί με τη βοήθεια του οξυγόνου του αέρα) η συνολική μάζα δεν διατηρείται (Schmidt, 1997).

Με παραδείγματα όπως τα παραπάνω έρχεται συνεχώς αντιμέτωπος ο εκπαιδευτικός της τάξης που διδάσκει βασικές έννοιες της Χημείας. Αποτελούν τυπικά παραδείγματα εναλλακτικών αντιλήψεων, ευρύτατα διαδεδομένων διεθνώς. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1993. Osborne & Freyberg, 1985), οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών έχουν μια σειρά από κοινά χαρακτηριστικά, το πιο κρίσιμο από τα οποία – για την εκπαιδευτική διαδικασία- αποτελεί το γεγονός ότι δεν καταλύονται από τη σχολική εκπαίδευση. Οι μαθητές διδάσκονται τις επιστημονικές έννοιες, αξιολογούνται επιτυχώς σε αυτές και κατόπιν μπορεί να διαπιστωθεί ότι ένα μεγάλο ποσοστό συνεχίζει να σκέφτεται και να εκφράζεται με εναλλακτικές αντιλήψεις γύρω από τις έννοιες που διδάχτηκαν.

Για την αντιμετώπιση του παραπάνω φαινομένου έχουν προταθεί κατά καιρούς διάφορα μοντέλα διδασκαλίας και μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες. Η χρήση των αναλογιών (οι οποίες αποτελούν πολύτιμο διδακτικό εργαλείο) μπορεί να συμβάλει προς αυτή την κατεύθυνση. Βέβαια οι αναλογίες έχουν χαρακτηριστεί ως «δίκωπο μαχαίρι» (Aubusson, Harisson, & Ritchie, 2006) γεγονός που υποδηλώνει ότι επιδέχονται μόνο προσεκτικούς χειρισμούς από την πλευρά των εκπαιδευτικών για να αποδειχθούν αποτελεσματικό εργαλείο στην καθημερινή διδακτική πρακτική.

Ωστόσο, ο προσεκτικός σχεδιασμός αναλογιών που πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια διδακτικής καταλληλότητας μπορεί να αποτελέσει εργαλείο αποτελεσματικής διδακτικής διαμεσολάβησης σε περιβάλλον συνεργατικού τύπου μάθησης, δηλαδή σε ένα περιβάλλον μάθησης συμβατό με τις «επιταγές» του κοινωνικού εποικοδομητισμού (Dagher, 1995a). Με αυτό το σκεπτικό σχεδιάστηκε και οργανώθηκε η παρούσα έρευνα.

Η χρήση των αναλογιών είναι συχνή στην καθημερινή ζωή, αλλά και στην επιστήμη. Πολλές φορές συμβαίνει αυθόρμητα ή ασυναίσθητα, άλλες συνειδητά προκειμένου να περιγραφούν μη οικείες έννοιες. Από τους «ιούς που προσβάλλουν τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές» ως τα «αρχαία της ζωής που είναι καταγεγραμμένα στο DNA» και πολλά ακόμα, τα παραδείγματα των αναλογιών κατακλύζουν τον καθημερινό και τον επιστημονικό λόγο. Οι αναλογίες μπορεί να αποσαφηνίσουν (με αυτή τη φιλοδοξία τις χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί) ή να συσκοτίσουν το νόημα (εδώ καταλήγει συχνά μια αναλογία που χρησιμοποιείται πρόχειρα και αυθόρμητα δηλαδή χωρίς κατάλληλο σχεδιασμό).

Η χρήση αναλογιών, επιπλέον, καλλιεργεί την αναλογική σκέψη. Αυτή με τη σειρά της αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς μηχανισμούς κατασκευής νέας γνώσης. Οπότε, διδακτικές αναλογίες, κατάλληλα σχεδιασμένες θα μπορούσαν να συμβάλουν στην απεμπλοκή της σκέψης μαθητών από τυχόν υπάρχουσες εναλλακτικές αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των φυσικών επιστημών (Dagher, 1995a).

1.2 Δομή της διατριβής

Η παρούσα διατριβή περιλαμβάνει πέντε ακόμη κεφάλαια, που αρθρώνονται ως ακολούθως.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο της διατριβής: γίνεται αναφορά στις σύγχρονες διδακτικές θεωρίες στις Φυσικές Επιστήμες γενικά και στον Κοινωνικό Εποικοδομητισμό ειδικότερα, περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών και η διδακτική πρόταση του εποικοδομητισμού για την αντιμετώπισή τους. Εξετάζεται η χρήση μοντέλων και ειδικότερα αναλογιών ως γνωστικών εργαλείων στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας ειδικότερα, αναδεικνύεται η λειτουργία της αναλογικής

σκέψης, παρουσιάζονται τα μοντέλα χρήσης διδακτικών αναλογιών και τα κριτήρια καταλληλότητας αναλογιών για διδακτική χρήση.

Στο Κεφάλαιο 3 παρατίθεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τη διδακτική χρήση αναλογιών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, καθώς και με τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών αναφορικά με βασικές έννοιες της Χημείας. Κατόπιν τεκμηριώνεται η αναγκαιότητα και η πρωτοτυπία της έρευνας και διατυπώνεται η κεντρική της ερευνητική υπόθεση.

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η μεθοδολογία της παρούσας έρευνας. Περιγράφεται το δείγμα και το χρονοδιάγραμμά της, η πιλοτική έρευνα, το εργαλείο και η διαδικασία συλλογής των δεδομένων, καθώς και ο τρόπος κωδικοποίησης και ανάλυσής τους. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το εννοιολογικό πλαίσιο των υπό διδασκαλία εννοιών της Χημείας και οι κυριότερες εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών για τις ίδιες έννοιες και γίνεται σύνδεση των στόχων του αναλυτικού προγράμματος σπουδών για τη Χημεία της Β΄ Γυμνασίου και των εναλλακτικών αυτών αντιλήψεων. Τέλος, περιγράφονται αναλυτικά οι διδακτικές παρεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν τόσο με την Πειραματική Ομάδα όσο και με την Ομάδα Ελέγχου.

Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας και συγκεκριμένα παρατίθενται οι επιδόσεις των μαθητών των δύο ομάδων του δείγματος πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις. Εξετάζεται η μεταβολή στις επιδόσεις της κάθε ομάδας μαθητών χωριστά, ενώ στη συνέχεια συγκρίνονται οι επιδόσεις των μαθητών της Πειραματικής Ομάδας και της Ομάδας Ελέγχου κατά τον μετα-έλεγχο.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται η συζήτηση των αποτελεσμάτων και τα συμπεράσματα της έρευνας, εντοπίζονται περιορισμοί της και διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα, αλλά και για τη διδασκαλία βασικών εννοιών της Χημείας με τη χρήση αναλογιών.

Κεφάλαιο 2ο

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι βασικές θεωρητικές αρχές που διέπουν το σχεδιασμό και τη υλοποίηση της παρούσας διατριβής. Αρχικά γίνεται αναφορά σε σύγχρονες θεωρητικές επιρροές στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών και κυρίως στον γνωστικό εποικοδομητισμό του Piaget και τον κοινωνικό εποικοδομητισμό του Vygotsky, όπου υπογραμίζεται επίσης και ο ρόλος των εναλλακτικών αντιλήψεων. Στη συνέχεια σκιαγραφείται το πλαίσιο διδασκαλίας και μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες, υπό το πρίσμα του κοινωνικού εποικοδομητισμού, με ιδιαίτερες αναφορές στη σημασία της χρήσης της γλώσσας ως εργαλείου διδασκαλίας, μάθησης και διαμόρφωσης εννοιών. Κατόπιν περιγράφεται η διδακτική πρόταση του εποικοδομητισμού αναφορικά με τη διαχείριση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών. Ακολουθεί αναφορά στα μοντέλα (εκφρασμένα και νοητικά) και τη χρησιμότητά τους στη διδασκαλία της Χημείας. Τέλος συζητούνται οι αναλογίες ως γνωστικά εργαλεία όπου συμπεριλαμβάνονται αναφορές σχετικά με την αναλογική σκέψη, τις προϋποθέσεις, τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς στη χρήση των αναλογιών στη διδασκαλία χημικών εννοιών, τα μοντέλα διδακτικών αναλογιών, τα είδη διδακτικών αναλογιών καθώς και τα κριτήρια καταλληλότητας αναλογιών για διδακτική χρήση.

2.2 Η διδασκαλία και η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες

2.2.1 Θεωρητικές επιρροές στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών

Ποικίλες διδακτικές προσεγγίσεις αναφορικά με τις Φυσικές Επιστήμες αναδείχθηκαν στο χώρο της εκπαίδευσης από την πρώτη στιγμή της οργανωμένης μορφής της σε σχολικές μονάδες. Κάθε μια από αυτές είχε το δικό της σημείο αφόρμησης και τις δικές της αξιακές προτάσεις, αλλά όλες είχαν ένα κοινό χαρακτηριστικό: δεν λάμβαναν υπόψη τους την ύπαρξη τυχόν προηγούμενων γνώσεων σχετικά με τις Φυσικές

Επιστήμες, από την πλευρά των μαθητών, πριν αυτοί αρχίσουν την τυπική εκπαίδευση στο σχολείο. Επιπλέον, τα μαθησιακά αποτελέσματα τέτοιων προσεγγίσεων αποδείχθηκαν πολύ χαμηλότερα των προσδοκώμενων (Driver, et al., 1993. Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 2000. Gilbert, Osborne, & Fensham, 1982. Κόκκοτας, 1998. Osborne, Bell, & Gilbert, 1983. Ραβάνης, 1999).

Στον αντίποδα αυτών των προσεγγίσεων άρχισαν – πριν από μερικές δεκαετίες– να αναπτύσσονται θεωρίες που έθεταν ως σημείο αφετηρίας το γνωστικό και ψυχολογικό υπόβαθρο του παιδιού και στη συγκεκριμένη περίπτωση θεωρούσαν θεμελιώδους σημασίας τις ιδέες των παιδιών για τη φύση, το περιβάλλον και τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα, με λίγα λόγια τις αντιλήψεις των παιδιών σχετικά με το αντικείμενο μελέτης των Φυσικών Επιστημών¹. Ο εποικοδομητισμός κατέχει εξέχουσα θέση ανάμεσά τους ως θεωρία για τη διδασκαλία και τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (Βλάχος, 2004. Driver & Oldham, 1986. Κόκκοτας, 2008. Matthews, 2003).

Σύμφωνα με την κεντρική θεώρηση του εποικοδομητισμού, η γνώση είναι ένα προσωπικό οικοδόμημα που κτίζεται από τις πληροφορίες που ο καθένας προσλαμβάνει και ενσωματώνει στις υπάρχουσες γνωστικές του δομές (Bachelard, 1993. Βλάχος, 2004. Driver et al., 1993. Κόκκοτας, 2008. Βοσνιάδου, 1992α). Η διαδικασία πρόσκτησης της γνώσης αρχίζει με τις πρώτες εμπειρίες του ανθρώπου, γι' αυτό ο μαθητής όταν αρχίζει τη φοίτηση στο σχολείο διαθέτει ήδη ένα βασικό κορμό γνώσεων, όχι μόνο γενικά, αλλά και γύρω από τις Φυσικές Επιστήμες. Το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα της εκπαιδευτικής διαμεσολάβησης είναι η εννοιολογική αλλαγή, έννοια που στην ιδανικότερη εκδοχή της σημαίνει τροποποίηση της αρχικής πρακτικοβιωματικής αντίληψης με βάση το πρότυπο της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης (Βοσνιάδου, 1992α. Driver, et al., 2000. Κουλαϊδής, 1995).

Οι μαθητές έχουν ήδη διαμορφώσει –με τη συσσώρευση καθημερινών εμπειριών και βιωμάτων- κάποιες πρώτες αντιλήψεις για το φυσικό κόσμο (αντικείμενο μελέτης των Φυσικών Επιστημών) πριν ακόμα αρχίσουν την τυπική τους εκπαίδευση στο σχολείο. Στο σώμα αυτό των εμπειρικών γνώσεων ενυπάρχουν συχνά αντιλήψεις που διαφοροποιούνται σημαντικά από τις επιστημονικά αποδεκτές, εξ ου και χαρακτηρίζονται ως «εναλλακτικές αντιλήψεις» (Driver et al., 2000. Gilbert et al.,

¹ Ας σημειωθεί παρενθετικά ότι η σχετική βιβλιογραφία εισάγει ποικιλία όρων για να περιγράψει το πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών, όπως για παράδειγμα πρακτικοβιωματικές αντιλήψεις, διαισθητικές γνώσεις, εναλλακτικές ιδέες, πρότερες απόψεις, παρανοήσεις, εναλλακτικές αντιλήψεις κ.ά. Στην παρούσα διατριβή επιλέχτηκε ο όρος «εναλλακτικές αντιλήψεις».

1982. Osborne et al., 1983). Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών αποτελούν «δομές υποδοχής» της γνώσης που θα διδαχτούν στο σχολείο (Βοσνιαδου, 1999β. Driver et al., 1993. Driver et al., 2000. Κουλαϊδής, 1995. Ραβάνης, 1999).

Ως εκ τούτου, οι αντιλήψεις των μαθητών θα πρέπει να αποτελούν το σημείο αφετηρίας της διδακτικής πρακτικής αφού είναι νοητικές οντότητες που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία κατάκτησης της γνώσης (Driver et al., 1993. Driver et al., 2000. Osborne & Freyberg, 1985).

Εναλλακτικές αντιλήψεις έχουν καταγραφεί σε όλα τα πεδία μελέτης και έρευνας των Φυσικών Επιστημών, όπως η Φυσική, η Χημεία, η Βιολογία και η Γεωλογία. Πλήθος εννοιών και φαινομένων σε κάθε ένα από τα παραπάνω πεδία συνδέονται με διάφορες εναλλακτικές αντιλήψεις. Στο πεδίο της Χημείας και συγκεκριμένα σε σχέση με τις έννοιες που επιλέχτηκε να μελετηθούν στην παρούσα έρευνα έχουν καταγραφεί ποικίλες εναλλακτικές αντιλήψεις, οι οποίες βρίσκονται σε αντίφαση με βασικές χημικές έννοιες που διδάσκονται στο σχολείο και επομένως αναμένεται να εμποδίσουν την επαρκή κατανόηση των θεμελιωδών εννοιών της Χημείας που επιδιώκεται στο πλαίσιο της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Εκτεταμένη αναφορά σε αυτές και άλλες αντιλήψεις για χημικές έννοιες θα γίνει στην ενότητα 3.3 της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

Στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών αρχικά μεγάλη επίδραση είχε η θεωρία του Piaget (γνωστικός εποικοδομητισμός). Η διδακτική οικοδόμησης της γνώσης θεωρήθηκε πρωτίστως ατομική υπόθεση, που διενεργείται εσωτερικά και πραγματοποιείται πάνω σε προϋπάρχουσες δομές (νοητικά σχήματα). Ο ρόλος του εκπαιδευτικού στη διαδικασία της μάθησης είναι υποβοηθητικός και υποστηρικτικός. Καλείται να καθοδηγεί και να εμπνέει το μαθητή στην ατομική προσπάθεια κατάκτησης της γνώσης δηλαδή στην αναδιοργάνωση του ατομικού οικοδομήματος κάθε φορά που έρχεται αντιμέτωπος με νέες πληροφορίες, έννοιες και δεδομένα τα οποία επεξεργάζεται. Ο ρόλος του μαθητή είναι πρωταρχικός και κρίσιμος, αλλά επίσης λαμβάνονται υπόψη οι αντιλήψεις και γνώσεις που ο κάθε μαθητής κουβαλά μέσα του πριν να ξεκινήσει τη σχολική του «καριέρα».

Τις τελευταίες δεκαετίες ωστόσο, αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο η συμβολή του Vygotsky στην περιγραφή της διαδικασίας πρόσκτησης της γνώσης και διευρύνεται η αποδοχή της σημασίας του κοινωνικού – πολιτισμικού πλαισίου εντός του οποίου συμβαίνει η μάθηση (Fleer, 2009. Howe, 1996. Πουρκός, 2006. Shepardson, 1999). Κυρίαρχα στοιχεία της θεωρίας του αποτελούν τα εξής: α) η

κοινωνική αλληλεπίδραση θεωρείται καθοριστικός και γενεσιουργός παράγοντας της γνωστικής ανάπτυξης και β) βασικό χαρακτηριστικό της νόησης αποτελεί η διαμεσολάβηση από εργαλεία νοητικά, ψυχολογικά, πολιτισμικά (Vygotsky, 1978, 1987).

Σύμφωνα με την προοπτική του κοινωνικού εποικοδομητισμού (Lerman, 1996), η μάθηση εμπλέκει την ατομική κατασκευή (οικοδόμηση) της γνώσης αλλά και την κοινωνική αλληλεπίδραση ανάμεσα στα άτομα. Τόσο η κατανόηση όσο και οι γνώσεις και οι πεποιθήσεις πηγάζουν από την κοινωνική αλληλεπίδραση και στη συνέχεια μεταφράζονται και αποσαφηνίζονται μέσω ενεργητικής ατομικής εσωτερίκευσης. Δεν υπάρχει μαθησιακή δραστηριότητα έξω από το κοινωνικό, ιστορικό, πολιτισμικό πλαίσιο στο οποίο διαδραματίζεται (Gauvain, 1998. Robbins, 2005). Η διδασκαλία είναι κοινωνική δραστηριότητα και συγκεκριμένα μια ανθρώπινη κοινωνική κατασκευή με δομή χαλαρή και συγχρόνως πολύπλοκη (Lemke, 1990). Κατά τη διάρκειά της η αλληλεπίδραση εστιάζεται κυρίως στη συνεργασία εκπαιδευτικού (έμπειρου κοινωνικά αλλά και γνωστικά) και μαθητή.

Ακόμα, η γνωστική ανάπτυξη εξαρτάται από τα ψυχολογικά εργαλεία και τα σύμβολα που δημιουργεί και χρησιμοποιεί μια κουλτούρα (γλώσσα, σύστημα γραφής, σύστημα αρίθμησης, διαγράμματα, χάρτες, κ.ά.) και τα οποία βοηθούν το άτομο να σκέφτεται, να επικοινωνεί, να επιλύει προβλήματα, κ.λπ. Ανάμεσα στους προαναφερθέντες κώδικες κυρίαρχη θέση έχει η γλώσσα. Η γλώσσα ως πολιτισμικό εργαλείο χρησιμοποιείται για τη σκέψη, την οικοδόμηση και την οργάνωση της πραγματικότητας, για την κατασκευή δραστηριοτήτων. Ως ψυχολογικό εργαλείο μπορεί να παίξει το ρόλο του φακού μέσω του οποίου γίνονται αντιληπτά τα φαινόμενα (Shepardson, 1999. Βοσνιάδου, 1992β).

Ο Vygotsky (1978) περιέγραψε τη μαθησιακή ετοιμότητα των παιδιών όταν συνεργάζονται με άλλους με την έννοια της Ζώνης Επικείμενης Ανάπτυξης (ZPD Zone of Proximal Development). Η ZEA (Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης) ορίζει την περιοχή ανάμεσα στις ικανότητες ενός παιδιού για ανεξάρτητη και αυτόνομη επεξεργασία και επίλυση ενός προβλήματος και το επίπεδο δυνητικής ικανότητας επίλυσης ενός προβλήματος με την καθοδήγηση ανθρώπων ή εργαλείων (McNeill, Lizotte, & Krajcik, 2004). Η καθοδήγηση πραγματοποιείται με τη χρήση υποστηρικτικών δομών που παρέχονται από ανθρώπους (εκπαιδευτικός, άλλος ενήλικας, μαθητές με περισσότερες γνώσεις και ικανότητες) ή εργαλεία (π.χ. διδακτικά εγχειρίδια, υπολογιστής). Οι υποστηρικτικές αυτές δομές λειτουργούν κάθε φορά σαν «σκαλωσιά» που επιτρέπει

στους μαθητές να επιτύχουν ανώτερο επίπεδο κατανόησης και αντιμετώπισης προβλημάτων μέσα στη ΖΕΑ. Απαραίτητη προϋπόθεση για να επιτευχθεί (προωθηθεί) η κατανόηση, είναι η σκαλωσιά μάθησης να βρίσκεται μέσα στα όρια της ήδη υπάρχουσας ΖΕΑ του μαθητή και να περιέχει τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε ο μαθητής να επιτύχει το επιθυμητό βήμα προόδου. Η εργασία των μαθητών σε ομάδες και ο εφοδιασμός τους με εργαλεία (όπως έντυπο εκπαιδευτικό υλικό, δραστηριότητες επικοινωνιακού τύπου κ.ά.) θεωρείται ότι συμβάλλει προς αυτή την κατεύθυνση (MacNeill et al., 2004. Shepardson, 1999).

Η γλώσσα σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις αποτελεί διαμεσολαβητή ψυχολογικών λειτουργιών τόσο σε κοινωνικό όσο και σε ατομικό επίπεδο, δηλαδή μέσω της γλώσσας είναι που οι μαθητές βλέπουν, μιλούν, δρουν, κατανοούν, σκέφτονται και γνωρίζουν (Shepardson, 1999. Βοσνιάδου, 1992β).

2.2.2 Διδακτική διαμεσολάβηση στις Φυσικές Επιστήμες υπό το πρίσμα του κοινωνικού επικοινωνιακού

Η τάξη των Φυσικών Επιστημών είναι το πεδίο μύησης των μαθητών σε θέματα που άπτονται επιστημονικών κλάδων όπως η Φυσική, η Χημεία, η Βιολογία. Αποτελεί το χώρο όπου δύο τουλάχιστον διαφορετικές γλώσσες – η επιστημονική και η καθημερινή ομιλουμένη – έρχονται σε επαφή για να παράγουν νέα νοήματα (Brown, 2007. Brown & Spang, 2008. Scott, 1998).

Η γλώσσα της επιστήμης είναι πολύ διαφορετική από την καθημερινή γλώσσα, με τη δική της γραμματική και λειτουργίες (Mortimer, 1998). Είναι εξειδικευμένη, ιδιόρρυθμη, εξαιρετικά περιεκτική και ακριβής (Halliday & Martin, 1993). Χρησιμοποιεί ένα πλήθος αφηρημένων εννοιών (όπως άτομο, ηλεκτρόνιο, εξώθερμη αντίδραση, ηλεκτρομαγνητικό πεδίο κ.ά.). Είναι, επομένως, πολύ διαφορετική από την καθημερινή γλώσσα με την οποία έρχονται οι μαθητές στο σχολείο και μέσω της οποίας έχουν οικοδομήσει έννοιες και νοήματα σχετικά με τα φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Brown & Ryoo, 2008. Brown & Spang, 2008. Lemke, 1990). Το να μάθει κανείς Φυσικές Επιστήμες (ή Χημεία ειδικότερα) σημαίνει να κατανοεί τη γλώσσα της επιστήμης, να εσωτερικεύει τα νοήματα που μεταφέρει και να διατυπώνει σκέψεις και απόψεις χρησιμοποιώντας τη δομή και το λεξιλόγιο της επιστημονικής γλώσσας (Brown & Ryoo, 2008).

Κατ' αντιστοιχία με τη γλώσσα, οι έννοιες, επίσης, διακρίνονται σε καθημερινές και σε επιστημονικές. Η ανάπτυξη των καθημερινών εννοιών έχει ως αφετηρία την εμπειρία και η διαμόρφωσή τους κινείται από το συγκεκριμένο προς το αφηρημένο. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η απουσία συστημικότητας, δηλαδή το γεγονός ότι δεν απαιτείται μια άλλη έννοια ως σημείο αναφοράς, ούτε υφίσταται δίκτυο καθημερινών εννοιών στη νόηση (Καρασαββίδης, 2008. Χατζηνικήτα, 2001).

Αντίθετα, οι επιστημονικές έννοιες απορρέουν από τυπική διδασκαλία και έχουν ως αφετηρία έναν λεκτικό ορισμό. Μπορούν να γίνουν πλήρως κατανοητές μόνο με όρους άλλων εννοιών με τις οποίες συγκροτούν ένα δίκτυο (Καρασαββίδης 2008. Vygotsky, 1978, 1987). Αν παρομοιάσουμε μια επιστημονική περιγραφή - που αποτελεί σύμπλεγμα επιστημονικών εννοιών - με ένα παζλ, τότε κάθε κομμάτι του παζλ (μια επιστημονική έννοια) έχει νόημα μόνο όταν είναι μαζί με όλα τα υπόλοιπα (Lemke, 1990). Τέλος, η διαμόρφωση των επιστημονικών εννοιών κινείται από το αφηρημένο προς το συγκεκριμένο και διακρίνεται από διαμεσολαβημένη (έμμεση) σχέση με το αντικείμενο στο οποίο αναφέρεται (Vygotsky, 1987).

Η ώρα της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών είναι η ώρα που οι μαθητές προσέρχονται να συναντήσουν και να γνωρίσουν την «Επιστήμη» (science). Προσέρχονται με ένα ήδη εδραιωμένο προσωπικό γνωστικό πλαίσιο (Driver et al., 1993. Ραβάνης, 1999. Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001α. Wilson & Spink, 2005), πλούσιο σε εναλλακτικές αντιλήψεις, εφοδιασμένοι με την καθομιλουμένη γλώσσα, με τη βοήθεια της οποίας έχουν εσωτερικεύει καθημερινές έννοιες (Brown, 2007. Gee, 1999). Η γλωσσική προσέγγιση του νοήματος μιας λέξης και στη συνέχεια η κατασκευή της αντίστοιχης έννοιας, με τη μετάβαση από το καθημερινό στο επιστημονικό πλαίσιο διαλόγου οδηγεί στην κατασκευή νέων νοημάτων (Brown & Ryoo, 2008. Κόκκοτας, 1998. Lemke, 1990).

Η μάθηση των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο περιγράφεται επομένως ως (Sutton, 1992, σελ. 27) «καταφέρνω να χρησιμοποιώ επιστημονικές γνώσεις καθώς συζητώ για φαινόμενα της καθημερινής ζωής, με έναν νέο τρόπο». Για να επιτευχθεί αυτό, απαιτείται ο μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης στη σχολική της εκδοχή, μια μορφή προσιτή και εύληπτη από τους μαθητές (Τσατσαρώνη & Κουλαϊδής, 2001). Αυτή η τομή καθημερινών και επιστημονικών ιδεών πρέπει να οριοθετείται εντός της ΖΕΑ των μαθητών (Καρασαββίδης, 2008).

Οι μαθητές, χρησιμοποιώντας ως σκαλωσιές μάθησης τις δραστηριότητες που οργανώνει ο εκπαιδευτικός εξερευνούν ομαδικά γεγονότα, φαινόμενα και καταστάσεις

και οικειοποιούνται (εσωτερικεύουν) ατομικά ο καθένας και η καθεμιά ξεχωριστά τη νέα γνώση. Η μάθηση είναι μια διαδικασία «διαδραστικού τύπου» (Wilson & Spink, 2005), γίνεται με τη διαμεσολάβηση εργαλείων όπως το ποικίλο εποπτικό υλικό αλλά κυρίως τη γλώσσα και την εμπλοκή των μαθητών τόσο σε ομαδικές δραστηριότητες όσο και σε διαλογική επικοινωνία και συνεργασία με το σύνολο της τάξης (Scott, 1998).

Έτσι, σταδιακά καθώς προσεγγίζονται διάφορες έννοιες των Φυσικών Επιστημών γενικά και της Χημείας ειδικότερα, εμπλουτίζεται κατ' αρχήν το λεξιλόγιο με εξειδικευμένους όρους, αλλά κύριος στόχος είναι να επαναπροσδιορίζεται το νόημα λέξεων και φράσεων καθώς αυτές χρησιμοποιούνται στους διαλόγους και στις άλλες δραστηριότητες. Παραδείγματα τέτοιων λέξεων και φράσεων από το χώρο της Χημείας είναι «καθαρή ουσία», «σύνθετη ουσία», «χημική αντίδραση», «άτομα και μόρια» κ.ά. Απώτερος σκοπός οι καθημερινές έννοιες να οργανωθούν με διαφορετικό τρόπο, συμβατό με τα επιστημονικά πρότυπα. Με τη συλλογική διαδικασία της διδακτικής διαμεσολάβησης, ο κάθε μαθητής οδεύει προς τη δική του εννοιολογική αλλαγή, αναφορικά με τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών (Βοσνιάδου, 1999α. Duit, 1999), με βάση τα νοητικά μοντέλα που κατασκευάζει ή τροποποιεί κάθε φορά.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι στην προσπάθεια ανάπτυξης και καλλιέργειας των επιστημονικών εννοιών στο χώρο του σχολείου, προβάλλουν ως εμπόδια, εκτός από την ιδιαιτερότητα των ίδιων των εννοιών, η αντιπαράθεση των καθημερινών εννοιών και οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών.

2.2.3 Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας για την αντιμετώπιση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών

Όπως ήδη διαφάνηκε, προκειμένου να διευκολύνει την εννοιολογική αλλαγή, η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών οφείλει να λαμβάνει υπόψη τις αντιλήψεις των μαθητών και να εγκαθιστά ένα πλαίσιο επικοινωνίας μεταξύ αυτών και της σχολικής γνώσης.

Η εννοιολογική αλλαγή είναι μια διαδικασία αργή και απαιτητική, που προϋποθέτει την εμπλοκή των μαθητών σε ενεργητικές μαθησιακές διαδικασίες (Βοσνιάδου, 1992β. Driver et al., 1993. Garnett, Garnett, & Hackling, 1995. Ραβάνης, 1999). Η πρώτη της φάση περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση και την αντιπαράθεση των προϋπαρχουσών, εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών με τη νέα, σχολική γνώση.

Οι μαθητές χρειάζεται να γνωρίζουν για ποιο σκοπό μαθαίνουν όντας ενεργοί συμμετέτοχοι και όχι παθητικοί δέκτες. Η αντιπαράθεση εναλλακτικών αντιλήψεων και σχολικής γνώσης διευκολύνει την οικοδόμηση νέων αντιλήψεων -συνήθως προϊόντων τροποποίησης της αρχικής γνώσης (Βλάχος, 2004. Κόκκοτας, 2008. Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001α).

Σχηματικά, η διδασκαλία που βασίζεται στη θεωρία του εποικοδομητισμού περιλαμβάνει τις εξής φάσεις (Bliss, 2001. Driver & Oldham, 1986. Matthews, 1994) που ακολουθήθηκαν και στην πειραματική διδασκαλία που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας:

A) Προσανατολισμός

Ο προσανατολισμός αποτελεί ένα εισαγωγικό στάδιο του οποίου στόχος είναι η εστίαση στο υπό εξέταση θέμα, με την προσήλωση και συγχρόνως ενεργοποίηση των μαθητών. Μπορεί να αποτελείται από προτάσεις, εικόνες ή άλλο εποπτικό υλικό το οποίο παρουσιάζεται κατάλληλα και στοχεύει στην ενεργοποίηση των συναφών με το θέμα εναλλακτικών αντιλήψεων που υπάρχουν.

B) Εκμαίευση εναλλακτικών ιδεών.

Η φάση αυτή μπορεί να περιλαμβάνει διάλογο με στοχευμένες – από τη πλευρά του διδάσκοντος – ερωτήσεις, ή άλλης μορφής εμπλοκή των μαθητών (για παράδειγμα κατάλληλα σχεδιασμένη ομαδική εργασία) έτσι ώστε να αναδεικνύονται οι εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών για το υπό διδασκαλία θέμα. Η αντιμετώπιση αυτών των εναλλακτικών αντιλήψεων συνδέεται με τη διατύπωση των διδακτικών στόχων. Συγκεκριμένα στην παρούσα έρευνα, όπως θα φανεί στο 4^ο κεφάλαιο, η πειραματική διδακτική παρέμβαση οργανώθηκε με άξονα τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών για βασικές έννοιες της Χημείας.

Γ) Αναδόμηση εναλλακτικών ιδεών

Στη φάση αυτή γίνεται επεξεργασία των υπό εξέταση θεμάτων σύμφωνα με κάποιο προεπιλεγμένο μοντέλο εποικοδομητικού τύπου. Κατά την επεξεργασία αυτή, γίνεται αντιπαράθεση αντιλήψεων με στόχο να αποδειχτούν ανεπαρκείς οι εναλλακτικές αντιλήψεις. Τα νέα ερμηνευτικά σχήματα μπορεί να εισάγονται με τη βοήθεια διδακτικών μοντέλων, τα οποία μπορεί να είναι αναλογικά όπως έγινε στην παρούσα έρευνα (βλέπε ενότητα 4.8.1).

Δ) Εφαρμογή νέων αντιλήψεων

Στη φάση αυτή γίνεται επέκταση και εμπέδωση των γνώσεων και των ιδεών που μόλις αποκτήθηκαν. Στόχος είναι να εδραιωθούν οι νέες ιδέες που αποδείχτηκαν

λειτουργικές. Στην παρούσα έρευνα για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν διάφορες δραστηριότητες με βάση την περεταίρω επεξεργασία αναλογικών μοντέλων από την πλευρά των μαθητών (βλέπε ενότητα 4.8.1).

E) Ανασκόπηση

Στην τελευταία αυτή φάση γίνεται αναστοχασμός σχετικά με τις πρότερες αντιλήψεις και τις νέες αντιλήψεις και ιδέες. Επισημαίνονται οι διαφορές ανάμεσα στις πρώτες αντιλήψεις και τη νέα γνώση που οικοδομήθηκε καθώς και οι δυνατότητες επίλυσης προβλημάτων που αυτή παρέχει. Στόχος της η καλλιέργεια δεξιοτήτων μεταγνώσης. Συγκεκριμένα, στην παρούσα έρευνα (βλ. ενότητα 4.8.1) οι μαθητές κλήθηκαν να ανακαλέσουν στη μνήμη τους τις προηγούμενες αντιλήψεις τους σχετικά με βασικές έννοιες της Χημείας και να αναστοχαστούν πάνω στις διαφορές τους με τις νέες αντιλήψεις που οικοδόμησαν.

2.2.4 Μοντέλα, μοντελοποίηση και διδασκαλία

2.2.4.1 Γενικά για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση

Το μοντέλο είναι η αναπαράσταση μιας ιδέας, ενός αντικειμένου, ενός γεγονότος, μιας διαδικασίας, ή ενός συστήματος (Coll & Taylor, 2005). Αυτή η αναπαράσταση αποτελεί μια απλοποιημένη εικόνα ενός πολύπλοκου «πρωτοτύπου» (αντικειμένου, γεγονότος κ.λπ.). Το αντικείμενο και το μοντέλο που αντιστοιχεί σ' αυτό είναι δύο διαφορετικές οντότητες με διαφορετικά χαρακτηριστικά η καθεμιά. Υπάρχει, ωστόσο, συνεχής «διάλογος» ανάμεσα στο αντικείμενο και το μοντέλο, τόσο στη φάση της κατασκευής του, όσο και στη μετέπειτα χρήση του (Σταυρίδου, 1995).

Το γεγονός ότι η αναπαράσταση του περίπλοκου συστήματος είναι απλοποιημένη και επομένως προσεγγιστική περιγραφή αποτελεί κυρίαρχο χαρακτηριστικό των μοντέλων. Στη μοντελοποίηση θυσιάζεται η απόλυτη ρεαλιστικότητα για χάρη της απλοποίησης. Κάτι τέτοιο, ωστόσο, θεωρείται δυνατό και όχι αδύνατο σημείο διότι το μοντέλο κερδίζει, μ' αυτόν τον τρόπο, σε εννοιολογική ευκρίνεια. Σκόπιμα παραβλέπει τις μη σχετικές λεπτομέρειες και τονίζει τις πιο σημαντικές όψεις της οντότητας που αναπαριστά (Coll, 2006).

Από τη βιβλιογραφία αναδύονται τρεις θεμελιώδεις σκοποί αναφορικά με τη χρήση των μοντέλων στις φυσικές επιστήμες (Gilbert, 2004. Coll, 2006):

α) να παράγουν απλές μορφές αντικειμένων ώστε να γίνει κατανοητή η δομή τους,

- β) να οπτικοποιούν έννοιες ή φαινόμενα και
γ) να παρέχουν ερμηνείες σε επιστημονικά φαινόμενα και να συμβάλουν στη διατύπωση προβλέψεων

Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι ένα μοντέλο ποτέ δεν μπορεί να αποδειχθεί απολύτως ακριβές. Επίσης ένα μοντέλο δεν έχει απεριόριστη διάρκεια ζωής. Αποδεκτά μοντέλα μπορεί απορριφθούν ή να τροποποιηθούν με την παραγωγή νέων γνώσεων ή την απόκτηση νέων πληροφοριών (Harrison, 2001).

Μοντέλα είναι για παράδειγμα η διπλή έλικα των Watson & Crick που αναπαριστά τη δομή του DNA, τα προσομοιώματα ατόμων και μορίων στη Χημεία με τα σφαιρίδια και τα ελατήρια, τα προπλάσματα ανθρώπινων οργάνων, οι μακέτες που αναπαριστούν το στερεό φλοιό της Γης και άλλα.

2.2.4.2 Τύποι μοντέλων

Τα διάφορα είδη μοντέλων που χρησιμοποιούνται (τόσο στην επιστήμη όσο και στην καθημερινή ζωή) μπορούν να ομαδοποιηθούν ως ακολούθως (Coll, 2006. Gentner, 2002. Justi & Gilbert, 2006. Rapp, 2005):

- **Νοητικά** μοντέλα: Τα νοητικά μοντέλα αποτελούν οργανωμένες εσωτερικές αναπαραστάσεις πληροφοριών και εμπειριών που προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον. Οι άνθρωποι σκέφτονται με μοντέλα. «Φωτογραφίζουν» νοερά, ή οπτικοποιούν γεγονότα και κατασκευάζουν μοντέλα, τα οποία αποτελούν εσωτερικές, απλουστευμένες νοητικές εικόνες των εξωτερικών αντικειμένων - πρωτοτύπων.
- **Εκφρασμένα** μοντέλα: πρόκειται για την εξωτερίκευση ή τη δημοσιοποίηση νοητικών μοντέλων, η οποία μπορεί να γίνει μέσω δράσης, λόγου, γραφής, ή άλλης συμβολικής μορφής έκφρασης. Μέσω των εκφρασμένων μοντέλων γίνεται προσέγγιση των νοητικών μοντέλων μεταξύ των ανθρώπων. Ειδικές περιπτώσεις εκφρασμένων μοντέλων αποτελούν τα συναινετικά και τα διδακτικά μοντέλα.
- **Συναινετικά** (consensus) μοντέλα: διακρίνονται σε επιστημονικά (εφόσον είναι σε χρήση και ισχύ, εντός των ορίων του κυρίαρχου Επιστημονικού Παραδείγματος) και σε ιστορικά όταν έχουν παραχθεί σε ορισμένο ιστορικό πλαίσιο, αλλά αργότερα αντικαταστάθηκαν από άλλα.
- **Διδακτικά** μοντέλα: είναι τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία. Συνήθως εκφράζονται από τον διδάσκοντα ή και τα διδακτικά

εγχειρίδια και απευθύνονται στους μαθητές. Στις Φυσικές Επιστήμες, τα διδακτικά μοντέλα αποτελούν πολύτιμο και συχνότατο εργαλείο οργάνωσης και αναδιοργάνωσης γνώσεων και πληροφοριών.

Λόγω της συνάφειάς τους με το αντικείμενο της παρούσας διατριβής, τα διδακτικά μοντέλα θα αναλυθούν εκτενέστερα στις παραγράφους που ακολουθούν.

2.2.4.3 Τα μοντέλα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Εκπαιδευτικοί και μαθητές για να παρουσιάσουν ιδέες και γνώσεις στη συνεργασία τους χρησιμοποιούν -μεταξύ άλλων- και μοντέλα (τόσο νοητικά όσο και εκφρασμένα).

Τα νοητικά μοντέλα των μαθητών και αυτά των εκπαιδευτικών διαφέρουν στη φύση, στη δομή, στην κατασκευή, στην πληρότητα και στην ορθότητα (Coll, 2006. Ogborn & Martins, 1996. Rapp, 2005. Schwamb, 1990). Συγκεκριμένα, τα νοητικά μοντέλα των ειδικών (εκπαιδευτικών, επιστημόνων κ.λπ.) είναι πιο πλήρη και πιο πολύπλοκα από αυτά των αρχαρίων (π.χ. μαθητών) γεγονός που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διδακτική διαδικασία.

Τα νοητικά μοντέλα θεωρούνται σημαντικός διαμεσολαβητικός μηχανισμός για την κριτική (σε βάθος και όχι επιφανειακή) κατανόηση επιστημονικών εννοιών. Χάρη στα νοητικά μοντέλα μπορούν να διατυπωθούν υποθέσεις, να λυθούν προβλήματα, να μεταφερθεί γνώση σε νέους τομείς. Ωστόσο, εκδηλώνονται ως άστατες, ασυνεπείς και ευμετάβλητες δομές για αυτό και ο καθορισμός τους θεωρείται εργασία επίπονη και αβέβαιης αποτελεσματικότητας (Coll, 2006. Glynn, 2007. Rapp, 2005). Μπορεί να διευκολύνουν την κατανόηση επιστημονικών εννοιών (όταν είναι έγκυρα) ή να την εμποδίζουν, οπότε αποδεικνύονται αναξιόπιστα. Στη δεύτερη περίπτωση εντάσσονται τα μοντέλα που συγκροτούνται στη βάση εναλλακτικών αντιλήψεων που διαθέτουν οι μαθητές πριν από την έναρξη της τυπικής εκπαίδευσης (Eilam, 2004. Rapp, 2005).

Κατά τη διάρκεια της διδακτικής διαμεσολάβησης επιχειρείται η προσέγγιση, κατανόηση και τελικά κατάκτηση νέων επιστημονικών εννοιών, με τη βοήθεια των διδακτικών και τη χρήση των νοητικών μοντέλων. Κατά τη μοντελοποίηση (δηλ. τη χρήση διδακτικών μοντέλων) θυσιάζεται η απόλυτη ρεαλιστικότητα για χάρη της απλοποίησης, γεγονός που βοηθά να αναγνωριστούν οι βασικές πτυχές της προς κατάκτηση επιστημονικής έννοιας χωρίς την απόσπαση που προκαλούν οι πολλές λεπτομέρειες. Η επεξεργασία των πληροφοριών και η κατάκτηση της νέας γνώσης

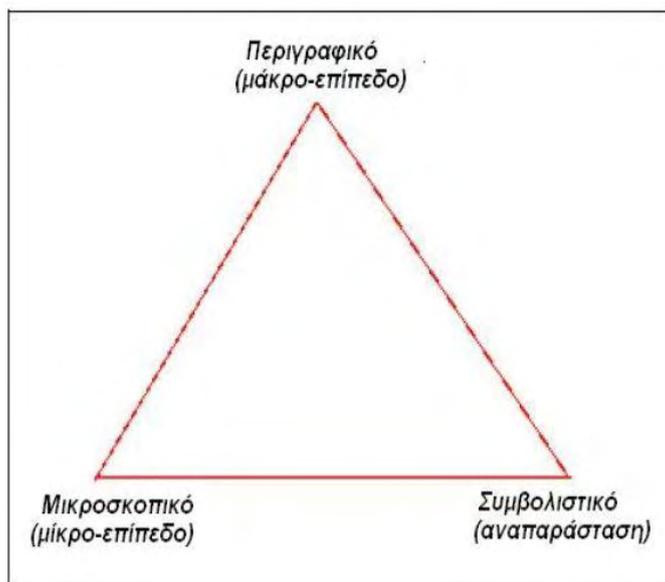
οργανώνεται σε νοητικά μοντέλα, δομώντας νέα ή τροποποιώντας και αναθεωρώντας ήδη υπάρχοντα (Κόκκοτας, 2008. Χατζηνικήτα, 1995).

Η μοντελοποίηση, λοιπόν, είναι συστατικό της λειτουργίας της σκέψης (Justi & Gilbert, 2006). Επομένως καλό είναι να εξασκούνται οι μαθητές στη διαδικασία κατασκευής νέων νοητικών μοντέλων μέσω της χρήσης των εκφρασμένων. Σ' αυτή τη διαδικασία θα βοηθούσε περισσότερο μια εποικοδομητική διδακτική προσέγγιση, καθ' ότι είναι πιο πιθανό να κατασκευαστούν νοητικά μοντέλα συμβατά με την επιστημονική γνώση όταν οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά στη διαδικασία της μάθησης (Rapp, 2005), δηλαδή όταν θέτουν σε σύγκριση και επικοινωνία τα υπάρχοντα νοητικά τους μοντέλα με τα διδακτικά που παρουσιάζονται στην τάξη.

2.2.4.4 Μοντέλα και διδασκαλία της Χημείας

Η Χημεία αποτελεί έναν πολύ σημαντικό κλάδο των Φυσικών Επιστημών. Επειδή τα θέματά της γενικά συνδέονται ή βασίζονται στη δομή της ύλης, η Χημεία χαρακτηρίζεται δυσνόητο γνωστικό αντικείμενο από πολλούς μαθητές. Το αναλυτικό πρόγραμμα της Χημείας περιλαμβάνει πολλές αφηρημένες έννοιες που συνήθως είναι προαπαιτούμενες για τη μάθηση, περαιτέρω, άλλων εννοιών της Χημείας ή άλλων επιστημών. Έτσι, αν αυτές οι αφηρημένες αλλά βασικές έννοιες δεν κατακτηθούν από τους μαθητές, καθίσταται προβληματική η προσέγγιση και η κατανόηση άλλων εννοιών στη συνέχεια των σπουδών τους (Coll & Taylor, 2001). Η φύση των εννοιών της Χημείας (ως επί το πλείστον αφηρημένες) και κατά δεύτερο λόγο ο «μαθηματοποιημένος» χαρακτήρας πολλών από αυτές, απαιτούν από τους μαθητές υψηλού επιπέδου δεξιότητες για την κατανόησή τους (Chiu, 2007).

Η κατάκτηση κάθε έννοιας στο πεδίο της χημικής γνώσης περιλαμβάνει τρία επίπεδα (Harrison & Treagust, 2001. Sirhan, 2007): το περιγραφικό ή μακρο - επίπεδο που αντιστοιχεί στον ορατό κόσμο της καθημερινότητας, το μικροσκοπικό ή μικρο - επίπεδο που αντιστοιχεί στον αόρατο «κόσμο» των δομικών σωματιδίων της ύλης και το συμβολικό ή επίπεδο αναπαραστάσεων που περιλαμβάνει απεικονίσεις και μοντέλα των δύο προηγούμενων. Οι αλληλεπιδράσεις και οι διακρίσεις μεταξύ αυτών των τριών επιπέδων είναι χαρακτηριστικά σημαντικά για τη μάθηση γενικά και απαραίτητα για την κατανόηση ορισμένων εννοιών ειδικότερα. Γι' αυτό αν οι μαθητές έχουν δυσκολία σε κάποιο από αυτά τα επίπεδα, επηρεάζεται η δυνατότητα κατανόησης και στα υπόλοιπα. Τα τρία επίπεδα στα οποία κινείται η γνώση της Χημείας – και η εκμάθησή της απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 2.1 Τα τρία επίπεδα στα οποία συγκροτείται η χημική γνώση (πηγή: Sirhan, 2007)

Και στα τρία επίπεδα τα διδακτικά μοντέλα χρησιμοποιούνται με σκοπό την οπτικοποίηση χημικών εννοιών και διαδικασιών. Στο μακροσκοπικό επίπεδο μπορούν να χρησιμοποιηθούν λεκτικά ή και εικονικά μοντέλα αναπαράστασεων, όπως για παράδειγμα οι αναλογίες που θεωρούνται μια υποκατηγορία μοντέλων: έτσι το άτομο παραλληλίζεται με ένα στάδιο ποδοσφαίρου και ένα μπαλάκι του τένις (που αναπαριστά τον πυρήνα) τοποθετημένο στη «σέντρα» του γηπέδου (Duit, 1991. Αβραμιώτης κ.συν., 2007α). Στο μικροσκοπικό επίπεδο χρησιμοποιούνται διάφορα χημικά μοντέλα που μπορεί να είναι στατικά ή δυναμικά, συμπαγή (τριδιάστατα π.χ. σφαιρικά μοντέλα ατόμων), οπτικά (δισδιάστατα π.χ. τροχιακά), μοντέλα στον υπολογιστή κ.λπ. Στο συμβολικό επίπεδο χρησιμοποιούνται οι μαθηματικές αλλά κυρίως οι χημικές εξισώσεις (Justi & Gilbert, 2006).

Ένα από τα ιδιάζοντα χαρακτηριστικά της Χημείας είναι η απαίτηση για συνεχή συσχέτισμό του μακροσκοπικού και του μικροσκοπικού επιπέδου. Η συνεχής αλληλεπίδραση αυτών των δύο επιπέδων στη σκέψη αποτελεί μια μαθησιακή πρόκληση για τους αμύητους, με συνέπεια τα νοητικά μοντέλα που οικοδομούν οι μαθητές ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας να αποκλίνουν συχνά από αυτά που διδάχτηκαν (Rapp, 2005. Sirhan, 2007). Οι αναλογίες προσφέρονται για τη σύνδεση μακροσκοπικού και μικροσκοπικού επιπέδου, γεγονός που στοχεύει να αναδείξει η παρούσα έρευνα.

Ένα διδακτικό μοντέλο προτείνεται να χρησιμοποιηθεί: α) εφόσον κρίνεται αναγκαίο, β) υπό τον όρο να χρησιμοποιηθεί κατ' επανάληψη και γ) όταν η παρουσίασή του λαμβάνει υπόψη το γνωστικό πλαίσιο των μαθητών (Bent, 1984).

Μια ειδική κατηγορία μοντέλων που παρουσιάζουν ενδιαφέρον και βρίσκουν εφαρμογή στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας ειδικότερα είναι τα αναλογικά μοντέλα, για τα οποία θα γίνει λόγος, εκτενέστερα, στην επόμενη ενότητα.

2.3 Οι Αναλογίες ως γνωστικά εργαλεία

Η παρούσα διατριβή εστιάζει στα διδακτικά, εκφρασμένα μοντέλα που είναι και αναλογικά, γι' αυτό παρακάτω θα αναπτύξουμε διεξοδικά τα σχετικά με την αναλογία, τα αναλογικά μοντέλα και τη λειτουργία της αναλογικής σκέψης.

2.3.1 Γενικά για την αναλογία και τα αναλογικά μοντέλα

Στον προφορικό και στο γραπτό λόγο διακρίνουμε δύο κατηγορίες έκφρασης, την κυριολεξία και τους μη κυριολεκτικούς τύπους. Η αναλογία είναι ένας από τους κυρίαρχους τύπους μη κυριολεκτικής έκφρασης (άλλοι τύποι είναι η μεταφορά, η μετωνυμία, η ειρωνεία κ.λπ.) (Χρηστίδου, 2001). Η μεταφορά, ως ρητορικό σχήμα είναι πολύ κοντινή στην αναλογία αλλά σαφώς διαφέρει από αυτήν. Η μεταφορά εντοπίζει και τονίζει την ομοιότητα ανάμεσα σε δύο φαινομενικά ανόμοιες έννοιες, ενώ έχει και πιο 'υπαινικτικό' χαρακτήρα, που δημιουργεί συναισθηματική ένταση (Χρηστίδου, 1997). Η αναλογία εντοπίζει, αναδεικνύει με σαφήνεια και έπειτα επεκτείνει την ομοιότητα ανάμεσα σε ολόκληρους εννοιολογικούς τομείς βγάζοντας νέα συμπεράσματα για τον τομέα- πρόβλημα (O'Donoghue, 1997).

Ένας χρήσιμος λειτουργικός ορισμός για την αναλογία μπορεί να θεωρηθεί ο ακόλουθος: αναλογία είναι η αντιστοιχία ανάμεσα σε έννοιες, αρχές, τύπους που κατά τα άλλα είναι ανόμοιοι. Για την ακρίβεια είναι σχέση αντιστοίχισης ανάμεσα σε όμοια χαρακτηριστικά αυτών των εννοιών, αρχών, τύπων. Πιο απλά, η αναλογία είναι η διαδικασία που ταυτοποιεί ομοιότητες ανάμεσα σε δύο έννοιες ή ακριβέστερα δύο

σύνολα εννοιών που ονομάζονται εννοιολογικοί τομείς (Treagust, 1993). Δηλαδή, σε μια αναπτυγμένη αναλογία, δεν πρόκειται για μια απλή σύνδεση δύο μεμονωμένων εννοιών. Ο αναλογικός μηχανισμός εμπλέκει ολόκληρες δομές εννοιολογικών τομέων (ολόκληρα νοητικά μοντέλα) και όχι μόνο τις σημασίες των όρων που συνδέει. Από τους δύο αυτούς εννοιολογικούς τομείς ο ένας είναι γνωστός και οικείος και ονομάζεται τομέας – βάση και ο άλλος μη οικείος (έννοια προς κατάκτηση, συνήθως αφηρημένη ή και πολύπλοκη) και ονομάζεται τομέας – στόχος (Glynn, 1994. Harrison, 2001).

Αναλογίες χρησιμοποιούμε ευρύτατα στην καθημερινή μας ζωή για διάφορους λόγους: για να κάνουμε το λόγο μας πιο ζωντανό και παραστατικό, αλλά και για να προσεγγίσουμε καινούργιες έννοιες με τη βοήθεια κάποιων άλλων που μας είναι ήδη γνωστές και οικείες. Λέμε για παράδειγμα «το κύκλωμα *διαρρέεται* από ηλεκτρικό ρεύμα», «*τα αρχεία της ζωής* είναι καταγραμμένα στο DNA και *το αλφάβητό του* περιλαμβάνει τέσσερα γράμματα», ή «η δομή του ατόμου στο εσωτερικό του *είναι ανάλογη με αυτή του ηλιακού μας συστήματος*». Τυπικό παράδειγμα εκτεταμένης χρήσης αναλογιών στην καθημερινή και την επιστημονική γλώσσα αποτελεί το εννοιολογικό πεδίο της πληροφορικής που δανείζεται έννοιες και μηχανισμούς από την ανθρώπινη φυσιολογία και τη λειτουργία του ανθρώπινου γνωστικού μηχανισμού (π.χ. *η μνήμη του ηλεκτρονικού υπολογιστή, ο ιός που προσβάλλει τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές κ.ά.*) (Αράπογλου, Μαβόγλου, Οικονομάκος & Φύτρος. 2006).

Οι αναλογίες αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής επικοινωνίας και είναι μερικές φορές τόσο πολύ ενσωματωμένες στον καθημερινό μας λόγο που δεν συνειδητοποιούμε την ύπαρξή τους όταν τις χρησιμοποιούμε. Λέμε για παράδειγμα «οι αναλογίες είναι σημαντικά *εργαλεία* για την *οικοδόμηση* της γνώσης» και εννοούμε ότι όπως ένα εργαλείο συμβάλλει π.χ. στην οικοδόμηση ενός σπιτιού, έτσι και οι αναλογίες βοηθούν στην κατασκευή γνώσεων. Όμως η αναλογία δεν είναι απλώς σχήμα λόγου. Πληθώρα ερευνών (Harrison, 2001. Lakoff & Johnson, 1980. Ogborn, Mariani & Martins, 1994. Ortony, 1984. Χρηστίδου, 1997, 2001) συγκλίνουν στην άποψη ότι οι αναλογίες έχουν βαθύτερη σχέση με τον τρόπο που εκφραζόμαστε για τον κόσμο γύρω μας, επομένως συνδέονται με το μηχανισμό με τον οποίο κατανοούμε και εξηγούμε τα γεγονότα και τα φαινόμενα. Στη βιβλιογραφία (Goswami, 2001, Κουλαϊδής, Δημόπουλος, Σκλαβενίτη & Χρηστίδου, 2002. Vosniadou, 1989) γίνεται εκτεταμένα λόγος για αναλογική σκέψη, ή για εργαλεία σκέψης που παρέχουν τη δυνατότητα προσέγγισης και κατανόησης του αγνώστου, πράγμα που επιτυγχάνεται με τη

μετατροπή του μη οικείου σε οικείο και την συνακόλουθη κατασκευή νοητικών μοντέλων από τα άτομα.

Το αναλογικό μοντέλο ως ανθρώπινη επινόηση συνδέει την προς κατανόηση έννοια (πολύπλοκη, αφηρημένη κ.λπ.) με μία έννοια ήδη κατανοητή ή ένα αντικείμενο (καθημερινό, συνήθως απτό) και έτσι κάνει προσιτό και συγκεκριμένο το δυσνόητο και αφηρημένο. Η αναλογική μοντελοποίηση περιλαμβάνει τη αντιστοίχιση κάποιων πλευρών ή χαρακτηριστικών του τομέα-βάσης στον τομέα-στόχο του μοντέλου. Η έκταση στην οποία βάση και στόχος μοιράζονται κοινά χαρακτηριστικά ποικίλει, δηλαδή η βάση του αναλογικού μοντέλου αποτελεί μια λιγότερο ή περισσότερο προσεγγιστική αναπαράσταση του στόχου (Justi & Gilbert, 2006).

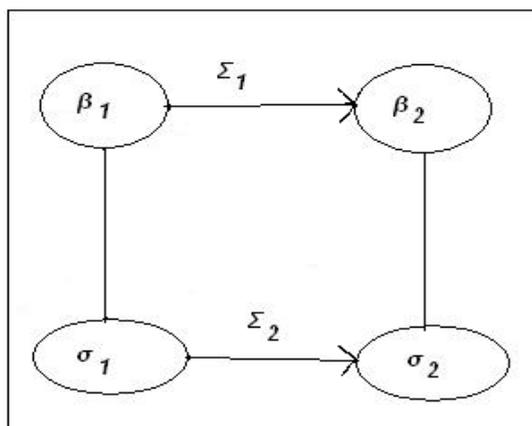
2.3.2 Λειτουργία της αναλογικής σκέψης

Χρήση μιας αναλογίας σημαίνει συλλογισμός ενός πράγματος με τους όρους ενός άλλου πράγματος. Για παράδειγμα: «το μιτοχόνδριο ενός κυττάρου είναι όπως ένα εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας». Δηλαδή όπως ένα εργοστάσιο παράγει στις εγκαταστάσεις του ενέργεια, η οποία αξιοποιείται έξω από αυτές, έτσι και στο οργανίδιο αυτό παράγεται ενέργεια που αξιοποιείται σε όλα τα υπόλοιπα μέρη του κυττάρου. Στη συγκεκριμένη αναλογία γνωρίζοντας κάποιος πώς παράγεται και αξιοποιείται η ενέργεια ενός εργοστασίου μπορεί να προσεγγίσει και να κατανοήσει πώς παράγεται και αξιοποιείται αντίστοιχα η ενέργεια στο εσωτερικό του κυττάρου.

Η αναλογία είναι λοιπόν η αντιστοίχιση (mapping) μεταξύ δύο εννοιολογικών τομέων του τομέα - βάσης και του τομέα - στόχου. Αποδίδει μια μερική σχέση ανάμεσα σε επί μέρους έννοιες των συνολικών εννοιολογικών τομέων της βάσης και του στόχου. Ο αναλογικός μηχανισμός, με τις συνδέσεις της αντιστοίχισης, εμπλέκει ολόκληρες δομές εννοιολογικών τομέων (έννοιες – οντότητες αλλά και χαρακτηριστικά και σχέσεις μεταξύ εννοιών). Η αλληλεπίδραση αυτή διαφορετικών ιεραρχικών δομών οδηγεί στην αναπεριγραφή (αναδόμηση) του στόχου με τους οντολογικούς όρους του τομέα βάσης (Χρηστίδου & Κουλαϊδής, 2000).

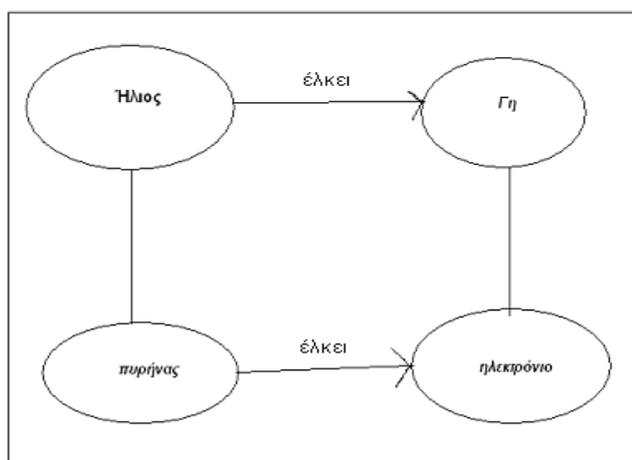
Στην πιο απλή μορφή της, μια αναλογία περιλαμβάνει τέσσερις κόμβους – έννοιες (τετράπολο) που συνδέονται ανά δύο μεταξύ τους με όμοιες σχέσεις. Οι δύο κόμβοι – έννοιες ανήκουν στον τομέα – βάση και συμβολίζονται με β_1 και β_2 και συνδέονται μεταξύ τους με τη σχέση Σ_1 . Οι άλλοι δύο κόμβοι – έννοιες ανήκουν στον

τομέα – στόχο, συμβολίζονται με σ_1 και σ_2 και συνδέονται μεταξύ τους με τη σχέση Σ_2 , όπως εικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 2.2 Το βασικό τετράπολο μιας αναλογίας με σχέση ανάμεσα στις έννοιες του κάθε τομέα

Στο παράδειγμα της αναλογίας «ο πυρήνας έλκει το ηλεκτρόνιο όπως ο Ήλιος έλκει τη Γη», ο τομέας – βάση περιλαμβάνει τους κόμβους – έννοιες « β_1 - Ήλιος» και « β_2 - Γη» και τη σχέση « Σ_1 - έλκει» ενώ ο τομέας - στόχος περιλαμβάνει τους κόμβους – έννοιες « σ_1 - πυρήνας» και « σ_2 - ηλεκτρόνιο» και τη σχέση « Σ_2 - έλκει». Οι δύο σχέσεις Σ_1 και Σ_2 είναι όμοιες («έλκει»). Το παράδειγμα απεικονίζεται και στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 2.3 Το βασικό τετράπολο στην αναλογία «ο πυρήνας έλκει το ηλεκτρόνιο όπως ο Ήλιος έλκει τη Γη»

Ο ακροατής της αναλογίας εξάγει αναλογικές συσχετίσεις εφαρμόζοντας στον τομέα - στόχο κατηγορήματα (ιδιότητες, χαρακτηριστικά, λειτουργίες) που είναι

έγκυρα στον τομέα - βάση, χρησιμοποιώντας τις αντικαταστάσεις των κόμβων που υπαγορεύει η αντιστοίχιση A: $[\Sigma(\beta_1, \beta_2)] - [\Sigma(\sigma_1, \sigma_2)]$, όπου $\Sigma(\beta_1, \beta_2)$ είναι μια σχέση που συνδέει τις έννοιες – κόμβους β_1 και β_2 του τομέα - βάση, ή χρησιμοποιώντας το παράδειγμα: A: [Ο Ήλιος έλκει τη Γη] – [Ο πυρήνας έλκει το ηλεκτρόνιο].

Αναλογίες μπορούν να σχηματισθούν ανάμεσα σε οντότητες με ποικίλους βαθμούς αρχικής, επιφανειακής ομοιότητας. Χρήσιμες αναλογίες μπορούν να βρεθούν ανάμεσα σε έννοιες που επιφανειακά είναι πολύ διαφορετικές και ανήκουν σε εντελώς διαφορετικούς τομείς, ή και ανάμεσα σε έννοιες που ανήκουν στον ίδιο ή σε πολύ κοντινούς εννοιολογικούς τομείς (Κουλαϊδής κ.συν., 2002).

Η αναλογική σκέψη αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς μηχανισμούς κατασκευής νέας γνώσης επειδή – μεταξύ άλλων:

- Είναι γνωστικό εργαλείο της καθημερινής ζωής.
- Αποτελεί τη βάση στην οποία στηρίζεται η επίλυση των περισσότερων προβλημάτων της (Goswami, 2001). Χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης της αναλογικής σκέψης για την επίλυση προβλημάτων αποτελεί η διαδικασία της μοντελοποίησης ρόλου όπου: σε γενικές γραμμές ο νεότερος σε μια εργασία μιμείται και παραδειγματίζεται από έναν παλιό και έμπειρο συνεργάτη (Holyoak & Thagard, 1997).
- Παίζει κεντρικό ρόλο σε πολλές διακριτές γνωστικές διαδικασίες, όπως η επαγωγή, η ανάκληση, η μεταφορική ερμηνεία, η δημιουργικότητα (O'Donoghue, 1997).

Η αναλογική σκέψη είναι χαρακτηριστικό όλων των ηλικιών και όχι μόνον των ενηλίκων. Τα παιδιά, όπως επαληθεύεται από ποικίλες ερευνητικές μελέτες, επιδεικνύουν ικανότητες αναλογικής σκέψης (Goswami, 2001. Κουλαϊδής κ. συν., 2002. May, Hammer, & Roy, 2006. Richland, Morrison, & Holyoak, 2006. Vosniadou, 1989. Χρηστίδου, 1997) από αρκετά μικρές ηλικίες. Θεωρείται ότι είναι ικανά να αναγνωρίζουν όμοιες σχέσεις ήδη από τα πρώιμα στάδια της ανάπτυξής τους (Richland, et al., 2006). Η ικανότητά τους αυτή εξαρτάται όμως από τη δυσκολία των σχέσεων στις οποίες βασίζεται η αναλογία, καθώς και από το βαθμό εξοικειώσής τους με τη χρήση αναλογιών. Αν οι σχέσεις σε μια αναλογία ανήκουν ήδη στις εννοιολογικές δομές των παιδιών, τότε αυτά θα είναι σε θέση να αναγνωρίσουν την ομοιότητά τους (May et al., 2006). Αντίθετα δεν θα μπορέσουν να χρησιμοποιήσουν την αναλογία αν αγνοούν τις σχέσεις στις οποίες βασίζεται. Πολλοί ερευνητές προτείνουν (Clement,

1998. Heywood & Parker, 1997. May et al., 2006. Wong, 1993) ότι οι μαθητές θα πρέπει να κατακτήσουν την δεξιότητα να αναλύουν κριτικά την αναλογία που επεξεργάζονται και να καθορίζουν τα όριά της, εξετάζοντας τα κοινά και τα μη κοινά χαρακτηριστικά των δύο τομέων (βάσης και στόχου). Η αναλογική σκέψη παρέχει ένα βασικό γνωστικό εργαλείο με το οποίο τα παιδιά μπορούν να προσεγγίσουν νέα φαινόμενα και να μεταφέρουν συλλογισμούς από ένα πλαίσιο σε άλλο (Goswami, 1991. Yanowitz, 2001). Ιδιαίτερα σημαντική θεωρείται η συμβολή της αναλογικής σκέψης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (και της Χημείας) γι' αυτό η επόμενη ενότητα διαπραγματεύεται αναλυτικότερα το θέμα της εφαρμογής των αναλογιών στην καθημερινή διδακτική πράξη των Φυσικών Επιστημών.

2.4 Οι αναλογίες στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

2.4.1 Οι αναλογίες στις Φυσικές Επιστήμες

Οι αναλογίες και τα αναλογικά μοντέλα είναι πολύ δημοφιλή στους επιστήμονες. Τους βοηθούν να προσεγγίσουν φαινόμενα, να κατανοήσουν έννοιες και να επικοινωνήσουν αναφορικά με τα φαινόμενα και τις νέες ανακαλύψεις που αφορούν τον φυσικό κόσμο. Στην επιστήμη, ο μηχανισμός της αναλογικής σκέψης μπορεί να αποτελέσει το όχημα για τη μετάβαση από το εμπειρικό πεδίο (παρατήρηση – αντιληπτικά δεδομένα) στο πεδίο της επιστημονικής ερμηνείας και διατύπωσης θεωριών. Για παράδειγμα: ο Κέπλερ ανέπτυξε τη θεωρία του για την κίνηση των πλανητών με «βάση» το σύστημα λειτουργίας ενός ρολογιού, ο Αμπέρ διατύπωσε την αναλογία υδραντλίας για το ηλεκτρικό ρεύμα (Coll & Taylor, 2005) και ο Huygens χρησιμοποίησε την κίνηση υδάτινων κυμάτων για να καταλάβει τα οπτικά φαινόμενα (Treagust, 1993). Τέλος ο Χόκινς (1988) στο *Χρονικό του Χρόνου* χρησιμοποιεί δεκάδες -αν όχι εκατοντάδες- αναλογίες προκειμένου να εξηγήσει τις έννοιες που αναφέρει όπως για παράδειγμα: «το να προσπαθούμε να ανιχνεύσουμε μια μαύρη τρύπα στο διάστημα μοιάζει σαν ψάχνουμε μια μαύρη γάτα μέσα με μια αποθήκη με κάρβουνο» (Χόκινς, 1988, σελ. 134).

Με παρόμοιο τρόπο, στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, η αναλογία μπορεί να αποτελέσει το όχημα για τη μετάβαση από μια «αυθόρμητη» ή «διαισθητική» αναπαράσταση ενός τομέα (που προέρχεται από την καθημερινή,

βιωματική εμπειρία του μαθητή) σε μια περισσότερο επεξεργασμένη αναπαράσταση, συμβατή με το πλαίσιο της σχολικής εκδοχής της επιστήμης. Επειδή, όπως ήδη αναφέρθηκε, η αναλογική σκέψη αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς μηχανισμούς κατασκευής νέας γνώσης, γι' αυτό η χρήση αναλογιών θεωρείται πολύτιμο εργαλείο (Orgil & Bodner, 2004. Glynn, 2007) στη διδακτική πρακτική και ιδιαίτερα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Κουλαϊδής κ. συν., 2002).

Ως διδακτικό εργαλείο, η αναλογία υποστηρίζει -μετά την παρουσίασή της στην τάξη- την οικοδόμηση από την πλευρά του κάθε μαθητή νέας γνώσης, επειδή βοηθά τους μαθητές να κάνουν συγκρίσεις ανάμεσα σε προσωπικές γνώσεις και εναλλακτικές προοπτικές (Yerrick, Doster, Nugent, Parke, & Crawley. 2003). Μέσω της χρήσης αναλογιών, το αφηρημένο μετατρέπεται σε συγκεκριμένο και το πολύπλοκο γίνεται πιο σαφές, καθώς ως διδακτική στρατηγική αξιοποιεί τις προηγούμενες γνώσεις των μαθητών (Bryce & MacMillan, 2005). Η αναλογία γεφυρώνει την απόσταση ανάμεσα στον οικείο τομέα - βάση που ανήκει στις προσωπικές τους γνώσεις και τον άγνωστο τομέα - στόχο που ανήκει στο πεδίο της προς κατάκτηση επιστημονικής γνώσης. Έτσι, στο βαθμό που ο μαθητής προσεγγίζει και κατακτά το άγνωστο της επιστημονικής γνώσης, αναδιοργανώνει, θεμελιώνει και επεκτείνει – σύμφωνα και με τις αρχές του εποικοδομητισμού – το προσωπικό γνωστικό οικοδόμημά του. Τελικός στόχος είναι, με τη λειτουργία του μηχανισμού αντιστοίχισης που περιγράφηκε αναλυτικά παραπάνω (ενότητα 2.3.2) η κατασκευή νέων αναπαραστάσεων για τις έννοιες ή τα φαινόμενα που εισάγονται ή μελετώνται, δηλαδή η κατασκευή ενός νέου νοητικού μοντέλου για τον τομέα-στόχο (Gentner, 1983, 1989).

Αναφορικά με τις Φυσικές Επιστήμες, οι μαθητές καλούνται – κατά τη διάρκεια της σχολικής τους εκπαίδευσης – να κατακτήσουν έννοιες συχνά αφηρημένες ή πολύπλοκες. Σ' αυτήν τους την προσπάθεια επιστρατεύουν συχνά το μηχανισμό της αναλογικής σκέψης και παράγουν τις δικές τους αναλογίες (Thomas & Mac Robbie, 1999. Χρηστίδου, 1997). Έχει διαπιστωθεί δε, ότι όσο λιγότερο οικείο είναι το φαινόμενο που προσεγγίζουν οι μαθητές, τόσο περισσότερο ανατρέχουν σε αναλογικούς συλλογισμούς (Χρηστίδου, 2001). Οι μαθητές που ασκούνται να παράγουν δικές τους αναλογίες, βελτιώνουν τις επιδόσεις τους στην επίλυση προβλημάτων με τη βοήθεια αναλογιών (May et al., 2006. Pittman & Shani, 1997). Yerrick et al., 2003). Τέτοια δείγματα χρήσης αναλογιών και αναλογικής σκέψης όταν παρουσιάζονται από άτομα νεαρής ηλικίας (μαθητές) μπορούν να ενθαρρυνθούν και να αναπτυχθούν με κατάλληλους διδακτικούς χειρισμούς.

2.4.2 Προϋποθέσεις, πλεονεκτήματα και περιορισμοί στη διδακτική χρήση των αναλογιών

Δεν είναι όλες οι αναλογίες κατάλληλες για διδακτική χρήση, ούτε όλες οι στιγμές πρόσφορες για την εισαγωγή μιας αναλογίας στη διδακτική διαμεσολάβηση. Οι αναλογίες καλό είναι να χρησιμοποιούνται υπό όρους για να αποδίδουν θετικά. Πιο συγκεκριμένα αναλογίες προτείνεται να χρησιμοποιούνται όταν (Orgill & Bodner, 2004. Thiele & Treagust, 1994. Treagust, 1993):

- Υπάρχει μια δύσκολη ή /και αφηρημένη έννοια προς διδασκαλία. Ωστόσο, δεν είναι συνετό να γίνεται υπερβολική χρήση αναλογιών στην τάξη, γιατί κουράζει.
- Έχει διαπιστωθεί από προηγούμενη φάση διδασκαλίας ότι υφίστανται παρανοήσεις ή απορίες γύρω από την προς μελέτη έννοια. Η αποτελεσματικότητα της χρήσης μιας αναλογίας ενισχύεται όταν η τελευταία προταθεί ως απάντηση σε μία προβληματική κατάσταση για την οποία έχουν ήδη διατυπωθεί υποθετικές ερμηνείες, που αποδείχθηκαν αποτυχημένες ή ανεπαρκείς. Δηλαδή οι αναλογίες βοηθούν όταν χρησιμοποιούνται ως επεξηγηματικά παραδείγματα για να απαντήσουν σε απορίες ή εναλλακτικές αντιλήψεις που έχουν διατυπώσει οι μαθητές.
- Υπάρχει κατάλληλη αναλογία (απλή, ευκολομνημόνευτη, με οικεία για τους μαθητές βάση) επιλεγμένη από τη βιβλιογραφία ή την εμπειρία του διδάσκοντος. Αν οι σχέσεις σε μια αναλογία ανήκουν ήδη στο εννοιολογικό πλαίσιο των παιδιών, τότε αυτά θα είναι σε θέση να αναγνωρίσουν την ομοιότητά τους. Αντίθετα δεν θα μπορέσουν να χρησιμοποιήσουν την αναλογία αν αγνοούν τις σχέσεις στις οποίες βασίζεται.
- Η αναλογία έχει σχεδιαστεί κατάλληλα. Σχεδιασμένη αναλογία (το αντίθετο της αυθόρμητης αναλογίας) σημαίνει να ληφθούν υπόψη το ακροατήριο στο οποίο απευθύνεται και τα όρια της αναλογίας.
- Η αναλογία παρουσιάζεται με σαφή και αναλυτικό τρόπο (δηλαδή να έχουν ληφθεί υπόψη και να έχουν χρησιμοποιηθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι διαστάσεις – χαρακτηριστικά όπως Οριζόντια / Κατακόρυφη πληρότητα, Συστηματικότητα κ.λπ. που αναφέρονται αναλυτικά στην ενότητα 2.4.5.

Σημαντικά πλεονεκτήματα από τη χρήση των αναλογιών κατά τη διδασκαλία εννοιών στις Φυσικές Επιστήμες θεωρούνται τα εξής (Orgill & Bodner, 2004. Treagust, 1993. Χρηστίδου, 2001) :

A) Ξεκαθαρίζουν τη σκέψη και βοηθούν να ξεπεραστούν παρανοήσεις.

Όταν οι έννοιες-στόχοι είναι δύσκολες, μπορεί να προκαλέσουν σύγχυση στους μαθητές και να τους αποπροσανατολίσουν από το μαθησιακό προορισμό τους. Οι αναλογίες συμβάλλουν στη κατανόηση και ερμηνεία δύσκολων εννοιών και την αποφυγή σύγχυσης και παρανοήσεων. Επομένως η συμβολή των αναλογιών στην κατανόηση αφηρημένων εννοιών (π.χ. της Χημείας) είναι πολύτιμη.

B) Θέτουν ως αφετηρία της διδασκαλίας τις αντιλήψεις των μαθητών.

Ο εκπαιδευτικός είναι αναγκασμένος να γνωρίσει και να λάβει υπόψη του τις αντιλήψεις των μαθητών, καθώς για την κατανόηση μιας αναλογίας καθοριστικός παράγοντας είναι το πλαίσιο εννοιών και γνώσεων που κατέχουν οι μαθητές.

Γ) Οπτικοποιούν αφηρημένες έννοιες.

Όπως η παρουσία εικόνων είναι βοηθητική στην κατανόηση, έτσι και η παρουσίαση μιας έννοιας – βάσης συγκεκριμένης και απτής διευκολύνει την κατανόηση της αφηρημένης έννοιας – στόχου. Υποδεικνύοντας τις ομοιότητες ανάμεσα στη βάση και στο στόχο και τις κοινές σχέσεις στο εσωτερικό των δύο εννοιολογικών τομέων καθιστά προσιτό και εύληπτο το δυσνόητο και απόμακρο.

Δ) Κινούν το ενδιαφέρον των μαθητών.

Η διδασκαλία που αντλεί έννοιες – αναφορές από τον κόσμο των μαθητών, τον καθημερινό και οικείο, γίνεται προσιτή και παραστατική. Αυτό κινεί την προσοχή των μαθητών και τους δημιουργεί κίνητρα για πληρέστερες ερμηνείες.

E) Προωθούν την εννοιολογική αλλαγή.

Μπορούν να διευκολύνουν την κατασκευή νέας γνώσης, ή την αναδιοργάνωση της υπάρχουσας γνώσης. Οι αντιστοιχίσεις ανάμεσα στον τομέα - βάση και τον τομέα-στόχο αποτελούν γεφυρώματα ανάμεσα στην πρότερη πρακτικοβιωματική γνώση και την προς κατάκτηση σχολική – επιστημονική γνώση.

Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες μια αναλογία μπορεί να αποδειχτεί ακατάλληλη και διδακτικά αναποτελεσματική. Τέτοιες περιπτώσεις καθώς και μερικοί από τους λόγους που μπορούν να καταστήσουν τις αναλογίες ακατάλληλες και αναποτελεσματικές είναι οι ακόλουθοι (Nashon, 2004. Orgill & Bodner, 2004. Pittman & Shani, 1997. Treagust, 1993. Χρηστίδου, 2001):

1) Όταν μαθητές και εκπαιδευτικοί δεν εννοούν την αναλογία με τον ίδιο τρόπο: Πολλοί λόγοι μπορεί να ευθύνονται ή και να συν-ευθύνονται για μια τέτοια παράμετρο. Πέρα από την προφανή διαφορά στην αντιληπτική ικανότητα, πολύ σημαντική αποδεικνύεται η διαφορά στις πολιτισμικές αξίες ανάμεσα στους μαθητές και στον διδάσκοντα. Δηλαδή η διαφορά στο πολιτισμικό πλαίσιο στο οποίο ζουν και κυρίως η γλώσσα μέσω της οποίας επικοινωνούν. Σ' αυτήν την παράμετρο επίσης εμπλέκονται και οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών για τις οποίες, είναι σημαντικό ο διδάσκων να είναι ενημερωμένος πριν κάνει χρήση αναλογιών κατά τη διδασκαλία νέων εννοιών. Η διδασκαλία, για να είναι αποτελεσματική, απαιτεί να γνωρίζει ο διδάσκων τι, αλλά και πώς, σκέφτονται οι μαθητές (Nashon, 2004. Treagust, 1993).

2) Όταν οι μαθητές δεν γνωρίζουν ικανοποιητικά τον τομέα – βάση: Αυτή η παράμετρος αναφέρεται στο γεγονός ότι ο τομέας – βάση δεν είναι επαρκώς οικεία αλλά μάλλον απόμακρη έννοια στους μαθητές, οι οποίοι προφανώς δεν μπορούν να κατανοήσουν μια άγνωστη (και μάλιστα αφηρημένη) νέα έννοια με αντιστοίχιση σε άλλη άγνωστη έννοια (Nashon, 2004. Pittman & Shani, 1997. Treagust, 1993).

3) Όταν οι μαθητές μένουν επιφανειακά στην περιγραφή της αναλογίας, δηλαδή όταν οι μαθητές αντιμετωπίζουν την αναλογία ως «περιστατικό εκτός διαδικασίας μάθησης» και δεν προχωρούν μέσω της αντιστοίχισης των εννοιών – κόμβων των τομέων βάσης και στόχου και της χρήσης της αναλογικής σκέψης γενικότερα στην κατανόηση της έννοιας στόχου (Orgill & Bodner, 2004. Pittman & Shani, 1997).

4) Όταν η αναλογία έχει μεγάλη έκταση και είναι κοπιαστικό να τη συγκρατήσει και να τη θυμάται κανείς. Η αναλογία είναι γέφυρα μετάβασης σε προορισμό, δεν είναι η ίδια προορισμός (Orgill & Bodner, 2004.).

5) Όταν ο τομέας-στόχος περιλαμβάνει έννοιες που απαιτούν απομνημόνευση. Τότε οι έννοιες αυτές απαιτούν άλλου είδους χειρισμούς και όχι τη χρήση αναλογιών (Orgill & Bodner, 2004).

6) Όταν οι μαθητές έχουν πολύ φτωχό υπόβαθρο σε στοιχειώδεις επιστημονικές γνώσεις. Έχει βρεθεί ότι όσο καλύτερο γνωστικό υπόβαθρο έχουν οι μαθητές πριν την έναρξη της διδασκαλίας μιας νέας έννοιας, τόσο αποτελεσματικότερη καθίσταται η βοήθεια που παρέχουν οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκειά της για την κατάκτηση της έννοιας αυτής. Επίσης έχει διαπιστωθεί ότι μαθητές που διαθέτουν πληρέστερη κατανόηση βασικών εννοιών των Φυσικών Επιστημών αξιοποιούν καλύτερα τις αναλογίες, είτε αυτές εισάγονται από τον διδάσκοντα ως διδακτικά εργαλεία, είτε καλούνται οι ίδιοι να τις κατασκευάσουν και να τις χρησιμοποιήσουν

σαν ένα είδος αποδεικτικού στοιχείου του ότι έχουν κατανοήσει μια νέα επιστημονική έννοια που διδάχτηκαν (Pittman & Shani, 1997).

Στον αντίποδα αυτής της περίπτωσης στέκεται το εύρημα των Thiele & Treagust (1994), σύμφωνα με το οποίο οι αναλογίες μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικές για μαθητές με χαμηλότερες ακαδημαϊκές επιδόσεις, αλλ' όχι ιδιαίτερα χρήσιμες για τους πιο ικανούς μαθητές. Η συχνή χρήση αναλογιών για ερμηνευτικούς λόγους φαίνεται ότι βοηθά τους μαθητές με λιγότερο αναπτυγμένη τη φορμαλιστική ικανότητα σκέψης (Dagher, 1995b. Harrison & Treagust, 1993).

7) Όταν η βάση της αναλογίας είναι υπερβολικά οικεία στους μαθητές, επειδή προβάλλονται έντονα τα μη κοινά χαρακτηριστικά των εννοιολογικών τομέων, η σκέψη δεν εστιάζεται στα κοινά χαρακτηριστικά, δεν γίνονται οι αντιστοιχίσεις με αποτέλεσμα η αναλογία να αποδειχτεί αναποτελεσματική (Nashon, 2004).

8) Όταν η βάση της αναλογίας ερμηνεύεται υπερβολικά, οδηγεί σε «γνωστικό θόρυβο», ενώ όταν παρέχονται πολλές πληροφορίες σχετικά με την έννοια – στόχο συσκοτίζεται η κατανόησή της (Treagust, 1993).

9) Όταν η αναλογία δεν απεικονίζεται νοερά από τους μαθητές μπορεί να δημιουργηθούν συγχύσεις (Χρησιτίδου, 2001).

Όπως είναι ευνόητο, σε μια αναλογία, ο τομέας-βάση και ο τομέας-στόχος, παρά τις όποιες ομοιότητές τους, περιλαμβάνουν και διαφορές. Έτσι, οι διδακτικές αναλογίες που χρησιμοποιούνται για την ερμηνεία εννοιών, φωτίζουν κάποια χαρακτηριστικά των δύο τομέων που συγκρίνονται και ταυτόχρονα αποκρύπτουν άλλα. Αν τα χαρακτηριστικά που τονίζονται από την αναλογία είναι τα σημαντικά για την οικοδόμηση ενός επαρκούς νοητικού μοντέλου του τομέα-στόχου, τότε αυτή πιθανότατα θα συμβάλει στην κατανόηση της εν λόγω έννοιας και θα αποδειχθεί επιτυχημένη. Αντίθετα, αν τα χαρακτηριστικά που αποκρύπτονται είναι σημαντικά, τότε η αναλογία πιθανότατα θα προκαλέσει σύγχυση. Επιπλέον, το γεγονός ότι οι δύο εννοιολογικοί τομείς (βάση και στόχος) που αντιστοιχίζονται μέσω της αναλογίας εκτός από τα κοινά έχουν και μη κοινά χαρακτηριστικά θα πρέπει να γίνεται σαφές στους μαθητές. Σε διαφορετική περίπτωση, οι μαθητές τείνουν να κάνουν υπεργενικεύσεις θεωρώντας όλα τα χαρακτηριστικά κοινά, ή να «βλέπουν» στις αναλογίες σχέσεις που δεν ισχύουν (Harrison, 2001), με αποτέλεσμα να οδηγηθούν σε παρανοήσεις. Γι' αυτούς τους λόγους οι αναλογίες αποκαλούνται συχνά «δίκωπο μαχαίρι» και η χρήση τους αποφεύγεται από πολλούς διδάσκοντες (Aubusson, et al., 2006).

Οι κίνδυνοι, οι αδυναμίες ή οι περιορισμοί κατά τη χρήση των αναλογιών στην καθημερινή διδακτική πρακτική δεν μπορούν να μειώσουν το σημαντικό τους ρόλο στη διδασκαλία, ιδίως νέων, σύνθετων και συγχρόνως βασικών εννοιών των Φυσικών Επιστημών γενικά (π.χ. Ηλεκτρικό ρεύμα, διάθλαση του φωτός, πρωτεϊνοσύνθεση κ.ά.) ή της Χημείας ειδικότερα (π.χ. ηλεκτρόνιο, μόριο χημικής ένωσης, χημικός δεσμός, χημική ισορροπία). Δεν παύουν να αποτελούν σημαντικούς ερμηνευτικούς μηχανισμούς και πολύτιμα εργαλεία σκέψης. Η προσεκτική χρήση τους στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορεί να εκμεταλλευτεί τη δημιουργικότητα της αναλογικής σκέψης, αποφεύγοντας ακατάλληλες προσεγγίσεις.

2.4.3. Μοντέλα χρήσης διδακτικών αναλογιών

Σημαντικός οδηγός για τους διδάσκοντες που επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν στην τάξη μια αναλογία, είτε πρόκειται για αναλογία που οι ίδιοι παράγουν, είτε για αναλογία που αναφέρεται στο εγχειρίδιο, είναι η εφαρμογή κάποιου από τα διδακτικά μοντέλα που συστήνονται από τη βιβλιογραφία (Glynn, 2007. Nashon, 2004. Treagust, 1993. Zeitoun, 1984). Όλα αυτά τα μοντέλα συγκλίνουν σε κάποια σημεία όπως η ανίχνευση των πρότερων γνώσεων των μαθητών σχετικά με το προς επεξεργασία θέμα και η χρήση κατάλληλων αναλογιών με αναλυτική τους παρουσίαση και επεξεργασία.

Ιστορικά πρώτος ο Zeitoun (1984) ανέπτυξε το μοντέλο GMAT (General Model for Analogical Teaching) το οποίο περιλαμβάνει τα εξής εννιά στάδια:

- ✓ Προσδιορισμό κάποιων χαρακτηριστικών των μαθητών που σχετίζονται γενικά με τη μάθηση με αναλογίες.
- ✓ Ανίχνευση των πρότερων γνώσεων των μαθητών σχετικά με το θέμα που θα διδαχθεί.
- ✓ Ανάλυση του προς μάθηση υλικού.
- ✓ Εξέταση καταλληλότητας της προς χρήση αναλογίας.
- ✓ Επιλογή διδακτικής στρατηγικής και τρόπου παρουσίασης της αναλογίας.
- ✓ Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών της αναλογίας που θα χρησιμοποιηθούν.
- ✓ Παρουσίαση της αναλογίας στους μαθητές.
- ✓ Αξιολόγηση των επιπτώσεων της αναλογίας στη διδασκαλία.
- ✓ Ανατροφοδότηση με επανάληψη των σταδίων του μοντέλου.

Ο Nashon (2004) προτείνει μια τροποποιημένη συντόμευση του μοντέλου του Zeitoun (1984), με έξι στάδια, το μοντέλο WWW (Working With Analogies). Το μοντέλο του έχει ως εξής:

- ✓ Ανίχνευση των γνώσεων των μαθητών σχετικά με τον τομέα - βάση.
- ✓ Ανίχνευση των πρότερων γνώσεων των μαθητών σχετικά με τον τομέα - στόχο.
- ✓ Αναγνώριση χαρακτηριστικών βάσης και στόχου.
- ✓ Αντιστοίχιση όμοιων χαρακτηριστικών της βάσης και του στόχου.
- ✓ Εντοπισμός ανόμοιων χαρακτηριστικών της βάσης και του στόχου.
- ✓ Διατύπωση συμπερασμάτων σχετικά με το στόχο.

Ο Treagust (1993) προτείνει μια διαφορετική προσέγγιση διδασκαλίας με αναλογίες, τριών σταδίων, της Εστίασης, της Δράσης και του Αναστοχασμού (Focus, Action, Reflection - FAR), κάθε ένα από τα οποία περιλαμβάνει άλλα «υποστάδια - φάσεις» με αποτέλεσμα τα συνολικά στάδια να είναι επτά. Το μοντέλο αυτό σχεδιάστηκε με σκοπό να αποτελέσει εύχρηστο οδηγό για τη διδασκαλία με αναλογίες και απευθύνεται στους μάχιμους εκπαιδευτικούς με την ευχή να αποτελέσει συναρπαστικό και ωφέλιμο βοήθημα (Harrison & Coll, 2008). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό:

Στο πρώτο στάδιο – αυτό της Εστίασης (Focus) - διερευνώνται τρία κομβικά σημεία α) η προς διδασκαλία έννοια (αν είναι δύσκολη, μη οικεία, αφηρημένη), β) οι μαθητές (αν γνωρίζουν ήδη και τι σχετικά με την προς διδασκαλία έννοια) και γ) ο τομέας-βάση της αναλογίας (αν είναι έννοια οικεία στους μαθητές).

Στο δεύτερο στάδιο – αυτό της Δράσης (Action) - εκτελούνται δύο ενέργειες: Α) στο υποστάδιο «Ομοιότητες» γίνεται συζήτηση για τα χαρακτηριστικά της βάσης και του στόχου και χαρτογραφούνται οι αντιστοιχίσεις των κοινών χαρακτηριστικών. Β) στο υποστάδιο «Διαφορές» γίνεται συζήτηση για τα μη κοινά χαρακτηριστικά των δύο τομέων.

Στο τρίτο στάδιο – αυτό του Αναστοχασμού (Reflection) περιλαμβάνονται δύο υποστάδια και στο μεν υποστάδιο «Συμπεράσματα» καταγράφονται παρατηρήσεις για το αν η αναλογία ωφέλησε ή προκάλεσε σύγχυση, στο δε υποστάδιο «Βελτιώσεις» προτείνεται η καταγραφή προτάσεων ή κινήσεων που θα καταστήσουν την αναλογία αποδοτικότερη.

Τέλος, ο Glynn (2007) προτείνει το μοντέλο TWA (Teaching With Analogies) η εφαρμογή του οποίου περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Εισαγωγή του στόχου.

- Αποτίμηση προηγούμενων γνώσεων των μαθητών σχετικά με το στόχο.
- Ταυτοποίηση κοινών χαρακτηριστικών βάσης και στόχου και χάραξη αντιστοιχίσεων.
- Υπόδειξη μη κοινών χαρακτηριστικών.
- Υπόδειξη των σημείων όπου η αναλογία «καταρρέει».
- Εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στο πρώτο στάδιο (εισαγωγή του στόχου) παρουσιάζεται συνοπτικά η προς κατάκτηση έννοια (έννοια –στόχος).

Στο δεύτερο στάδιο (αποτίμηση προηγούμενων γνώσεων των μαθητών σχετικά με το στόχο) διενεργείται ανίχνευση και καταγραφή των προηγούμενων γνώσεων των μαθητών σχετικά με την έννοια – στόχο. Εδώ περιλαμβάνονται τόσο απόψεις συμβατές με τις επιστημονικά αποδεκτές, όσο και εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το θέμα.

Στο τρίτο στάδιο (ταυτοποίηση κοινών χαρακτηριστικών βάσης και στόχου και χάραξη αντιστοιχίσεων) παρουσιάζεται η αναλογία, αναγνωρίζονται τα κοινά χαρακτηριστικά των δύο εννοιολογικών τομέων (βάσης και στόχου) και καταγράφονται οι μεταξύ τους αντιστοιχίσεις.

Στο τέταρτο στάδιο (υπόδειξη μη κοινών χαρακτηριστικών) εντοπίζονται τα μη κοινά χαρακτηριστικά των δύο εννοιολογικών τομέων.

Στο πέμπτο στάδιο, (υπόδειξη των σημείων όπου η αναλογία «καταρρέει») εντοπίζονται τα όρια της αναλογίας. Το να εξηγούνται οι συνθήκες υπό τις οποίες ισχύει ή παύει να ισχύει μια αναλογία μειώνει τις πιθανότητες για εναλλακτικές αντιλήψεις (Aubusson et al., 2006). Το τέταρτο και το πέμπτο στάδιο, λειτουργούν συμπληρωματικά μεταξύ τους.

Στο τελευταίο στάδιο, (εξαγωγή συμπερασμάτων) καταγράφονται τα συμπεράσματα που εντοπίστηκαν για την έννοια – στόχο με τη βοήθεια της αναλογίας.

Στην παρούσα έρευνα εστίασαμε στο μοντέλο Teaching With Analogies - TWA (Glynn, 2007) επειδή είναι πιο πρόσφατο και ενσωματώνει τα σημαντικά χαρακτηριστικά των προηγούμενων, αποφεύγοντας τα προβλήματά τους. Έτσι σε σχέση με το μοντέλο του Zeitoun (1984) αποφεύγεται η χρήση πολλών σταδίων και απλοποιείται η διαδικασία (Nashon, 2004), ενώ σε σχέση με τα υπόλοιπα μοντέλα, η σειρά των βημάτων καθιστά πιο αποτελεσματική τη χρήση της αναλογίας. Επίσης, σε αντίθεση με το μοντέλο FAR (Treagust, 1993), το οποίο εστιάζει στη χρήση αναλογιών σε καθημερινή διδακτική πρακτική (διαδικασία ρουτίνας), το TWA (Glynn, 2007)

προσφέρεται περισσότερο για πειραματικές διδακτικές παρεμβάσεις, καθώς επιτρέπει την αναλυτική σχεδίασή τους από τον/την εκπαιδευτικό.

2.4.4 Είδη διδακτικών αναλογιών

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Duit, 1991. Thiele & Treagust, 1995. Treagust, 1993) προτείνεται η ταξινόμηση των διδακτικών αναλογικών με βάση τρία κριτήρια: την έκταση της αντιστοίχισης, την ύπαρξη ή μη οπτικής αναπαράστασης και την ύπαρξη ή μη σωματικής εμπλοκής. Τα χαρακτηριστικά αυτά αναπτύσσονται διεξοδικά στις παραγράφους που ακολουθούν.

A: Έκταση αντιστοίχισης, με βάση την οποία μπορούμε να διακρίνουμε ανάμεσα σε απλές αναλογίες, εμπλουτισμένες αναλογίες και εκτεταμένες αναλογίες.

A1) Στις απλές αναλογίες γίνεται παράθεση ομοιότητας χωρίς συνθήκες και όρους.

Π.χ. «Η αρτηρία μοιάζει με το λάστιχο». Περιγράφεται μια ομοιότητα χωρίς να διευκρινίζεται πώς ή γιατί ισχύει. Οι απλές αναλογίες συχνά είναι ελλιπείς.

A2) Οι εμπλουτισμένες αναλογίες περιέχουν επιπλέον – σε σχέση με τις αναλογίες της προηγούμενης κατηγορίας - ένα είδος αιτιότητας. Αν οι αναλογίες της πρώτης κατηγορίας είναι περιγραφικές, αυτές της δεύτερης είναι ερμηνευτικές. Το υδραυλικό ανάλογο του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ένα παράδειγμα εμπλουτισμένης αναλογίας (Treagust, Duit, Joslin & Lindauer, 1992).

A3) Πολλαπλές αναλογίες (multiple analogies): χαρακτηρίζονται εκείνες οι αναλογίες που περιλαμβάνουν περισσότερες από μία αναλογίες. Σ' αυτές τις περιπτώσεις περισσότερες από μία βάσεις αντιστοιχίζονται στον ίδιο στόχο. Έτσι μια αμφίδρομη χημική αντίδραση μπορεί να παραλληλίζεται αφ' ενός με δρόμο διπλής κατεύθυνσης και αφ' ετέρου με σχολικό χορό (Harisson, 2003).

B: Ύπαρξη ή μη οπτικής αναπαράστασης

B1) Οπτικές αναλογίες. Η αναλογία παρουσιάζεται ως εικόνα, φωτογραφία, διάγραμμα κ.λπ.. (κάτι που γίνεται συνήθως από το διδάσκοντα), για να γίνει εστίαση στα επιθυμητά χαρακτηριστικά της επιλεγμένης βάσης.

B2) Λεκτικές αναλογίες. Λεκτικές χαρακτηρίζονται οι αναλογίες όταν εκφέρονται με λέξεις. Διακρίνουμε δύο υποπεριπτώσεις:

α) τη γραπτή όπου παρουσιάζεται ως κείμενο στους μαθητές (εντός ή εκτός του διδακτικού εγχειριδίου) και

β) την προφορική όταν παρουσιάζεται από τον εκπαιδευτικό κατά τη διάρκεια του μαθήματος στην τάξη, αλλά και αντίστροφα, όταν η αναλογία παράγεται από τους μαθητές κατά τη διάρκεια συζητήσεων, είτε σε μικρές ομάδες εργασίας, είτε σε όλη την τάξη.

B3) Επεξεργασμένες (elaborate) αναλογίες είναι εκείνες που περιλαμβάνουν ως συστατικά κείμενο και γραφικά. Στο κείμενο παρατίθενται αναλυτικά η βάση, ο στόχος και οι αντιστοιχίσεις και στα γραφικά οπτικοποιούνται με διάφορους τρόπους (σκίτσα, διαγράμματα, φωτογραφίες κ.ά.) οι πληροφορίες που παρατίθενται στο κείμενο.

Γ: Ύπαρξη ή μη σωματικής εμπλοκής

Γ1) Δραματοποιημένες (role – play) αναλογίες όπου οι μαθητές εμπλέκονται σωματικά στην παρουσίαση της αναλογίας, όπως για παράδειγμα το να καθίσουν οι μαθητές στα θρανία αγόρι-κορίτσι εναλλάξ, αναπαριστώντας τα θετικά και αρνητικά ιόντα κρυσταλλικού πλέγματος.

Γ2) Αφηγηματικές αναλογίες. Σ' αυτήν την περίπτωση δεν υφίσταται σωματική εμπλοκή αλλά οι μαθητές εμπλέκονται νοητικά στην παρουσίαση της αναλογίας εσωτερικεύοντας την αφήγηση.

Από διάφορες έρευνες διαπιστώθηκε ότι το βάθος κατανόησης των δύσκολων εννοιών και το ποσοστό επιτυχίας των μαθητών στις αξιολογήσεις διευρύνεται κατά πολύ με τη χρήση πιο σύνθετων αναλογιών όπως πολλαπλών (Chiu & Lin, 2005. Heywood & Parker, 1997. Rigas & Valanidis, 2004) ή επεξεργασμένων αναλογιών (Glynn & Takahashi, 1998). Οι πολλαπλές αναλογίες βοηθούν πιο αποτελεσματικά τους μαθητές να προσεγγίσουν τις προς κατάκτηση έννοιες και να αναδομήσουν τα νοητικά τους μοντέλα. Όταν χρησιμοποιούνται περισσότερες από μία αναλογίες για την επεξεργασία μιας έννοιας - στόχου, κάτι τέτοιο βοηθά περισσότερο γιατί δεν είναι όλες οι αναλογίες το ίδιο οικείες αλλά και το ίδιο «δημοφιλείς» σε όλους τους μαθητές. Όταν περισσότερες έννοιες – βάσεις αντιστοιχίζονται σε μια έννοια - στόχο (χρήση πολλαπλών αναλογιών), τα αποτελέσματα επεξεργασίας της έννοιας - στόχου στη διδακτική παρέμβαση είναι πιο ικανοποιητικά (Chiu, 2007).

Το γεγονός αυτό αποδίδεται στη συμπληρωματικότητα με την οποία δρουν οι πολλαπλές αναλογίες. Πιο συγκεκριμένα, σε κάθε αναλογία υπάρχουν πέρα από τα κοινά χαρακτηριστικά, περιορισμοί δηλαδή σημεία πέρα από τα οποία μια αναλογία δεν μπορεί πλέον να σταθεί και «καταρρέει» (Aubusson et al., 2006). Οι πολλαπλές αναλογίες λειτουργούν συμπληρωματικά καθώς από το σημείο που «καταρρέει» η μία

μπορεί να «συνεχίσει» η επόμενη. Για το λόγο αυτό, στην παρούσα έρευνα σχεδιάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν πολλαπλές αναλογίες για τις έννοιες που εξετάστηκαν. Επιπλέον, οι αναλογίες που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν είναι λεκτικές και επεξεργασμένες (ως προς τον άξονα Β που περιγράφηκε παραπάνω) και αφηγηματικές (ως προς τον άξονα Γ), επειδή η χρήση της γλώσσας και του εποπτικού υλικού στους διαλόγους και στις δραστηριότητες των παρεμβάσεων αναμένεται να συμβάλει στον επαναπροσδιορισμό του νοήματος των λέξεων και στην οργάνωση των εννοιών με τρόπο συμβατό με τον επιστημονικά αποδεκτό.

2.4.5 Κριτήρια καταλληλότητας αναλογιών για διδακτική χρήση

Οι αναλογίες, για να είναι κατάλληλες διδακτικά, πρέπει να έχουν κάποια χαρακτηριστικά και να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις. Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιαστούν τα βήματα επεξεργασίας και ελέγχου αναλογιών, τα οποία ακολουθούνται για τη διερεύνηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών τους και την αποτίμηση της καταλληλότητάς τους ως διδακτικών εργαλείων.

Για τη διαδικασία αυτή επεξεργασίας και ελέγχου των διδακτικών αναλογιών προτείνονται τα παρακάτω βήματα (Κουλαϊδής κ. συν., 2002):

A) Το πρώτο βήμα του ελέγχου αφορά τον προσδιορισμό των εννοιών, των σχέσεων και των χαρακτηριστικών που ανήκουν στη βάση και εκείνων που ανήκουν στο στόχο και την αναπαράστασή τους με τη μορφή απλού τετραπύλου, όπως έχει ήδη περιγραφεί στην ενότητα 2.3.2 και σύμφωνα με το Σχήμα 2.2.

B) Στη συνέχεια αρχίζει η κυρίως επεξεργασία. Το σχήμα της επεξεργασίας περιλαμβάνει τις παρακάτω πέντε διαστάσεις, στις οποίες στηρίζεται η αποτίμηση της διδακτικής τους καταλληλότητας (Κουλαϊδής κ. συν., 2002):

Οριζόντια πληρότητα. Εξετάζει αν σε μια αναλογία διατυπώνονται και οι τέσσερις έννοιες του τετραπύλου (δύο στη βάση και δύο στο στόχο) καθώς και όλες οι σχέσεις της βάσης και του στόχου. Μία αναλογία χαρακτηρίζεται οριζόντια πλήρης όταν εκφράζεται πλήρως ανεπτυγμένη τόσο η βάση όσο και ο στόχος. Σε διαφορετική περίπτωση, είτε έχει ελλιπώς ανεπτυγμένη βάση (όταν λείπει μία έννοια ή/ και σχέση στη βάση), ή έχει ελλιπώς ανεπτυγμένο στόχο (όταν λείπει μία έννοια ή/ και σχέση από το στόχο).

Κατακόρυφη πληρότητα. Αποτελεί μια πολύ σημαντική διάσταση για τις διδακτικές αναλογίες και αναφέρεται σε αμφιμονοσήμαντες αντιστοιχίσεις εννοιών μεταξύ της βάσης και του στόχου. Δηλαδή κάθε έννοια της βάσης αντιστοιχίζεται ρητά με μία μόνο έννοια του στόχου και αντίστροφα. Η διαδικασία αυτή θεωρείται σημαντικό να καταγράφεται καθώς δεν είναι πάντα αυτονόητη για τους μαθητές. Ως προς την κατακόρυφη πληρότητα οι διδακτικές αναλογίες μπορεί: α) να είναι πλήρεις, β) να υπονοούνται ή και να απουσιάζουν αντιστοιχίσεις, ή γ) να παραλείπονται ανάλογες έννοιες στη βάση ή στο στόχο.

Συστηματικότητα. Οι σχέσεις που καταγράφονται στον τομέα – βάση και στον τομέα στόχο συγκρίνονται με κριτήριο το βαθμό ομοιότητας μεταξύ τους. Οπότε οι αναλογίες διακρίνονται σε α) υψηλής συστηματικότητας όταν διαπιστώνονται όμοιες σχέσεις στη βάση και στο στόχο, β) αναλογίες με μέτρια συστηματικότητα: η ομοιότητα ως προς τις σχέσεις παραμένει υψηλή, περιλαμβάνουν όμως διαφορετικές λεπτομέρειες στη βάση και στο στόχο, ή γ) μη συστηματικές αναλογίες, στις οποίες καταγράφονται διαφορετικές σχέσεις στη βάση και το στόχο. Προϋπόθεση διερεύνησης της συστηματικότητας στις αναλογίες αποτελεί η οριζόντια πληρότητά τους.

Καταλληλότητα της βάσης. Ο τομέας-βάση μιας αναλογίας πρέπει να περιλαμβάνει έννοιες οικείες και κατανοητές στους μαθητές έτσι ώστε να γίνει εύστοχα και αποτελεσματικά η μεταφορά γνώσεων στον τομέα-στόχο. Διαφορετικά η χρήση μιας αναλογίας μπορεί να οδηγήσει σε συγχύσεις και παρανοήσεις. Οι διδακτικές αναλογίες μπορεί να έχουν α) οικεία βάση, β) μέτρια κατανοητή βάση, ή γ) άγνωστη ή δυσνόητη βάση.

Η οντολογική απόσταση βάσης - στόχου. Αφορά το κατά πόσο οι έννοιες της βάσης και του στόχου ανήκουν σε συναφείς ή σε πολύ απομακρυσμένες οντολογικές κατηγορίες. Οι τέσσερις όροι κάθε αναλογίας που συγκροτούν τους κόμβους του τετραπόλου της (βλ. Σχήμα 2.2) ταξινομούνται σε μία από τις δύο παρακάτω ομάδες:

Ομάδα Α: Συγκεκριμένες μονάδες (συχνότατα με υλική υπόσταση). Πρόκειται για: α) αντικείμενα, β) ζωντανούς οργανισμούς, γ) ουσίες, δ) πρόσωπα, ε) τόπους, ή στ) δραστηριότητες.

Ομάδα Β: Αφηρημένες έννοιες (χωρίς άμεση υλική υπόσταση), δηλαδή α) φαινόμενα, β) κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση, γ) επιστημονικές διαδικασίες, δ) έννοιες των Φυσικών Επιστημών, ε) μεγέθη, ή στ) καταστάσεις.

Ως προς τη διάσταση αυτή οι αναλογίες μπορεί να ανήκουν σε τρεις κατηγορίες:

α) αναλογίες που διακρίνονται από μεγάλη οντολογική απόσταση μεταξύ βάσης και στόχου, όταν οι έννοιες της βάσης (β_1 και β_2) ανήκουν σε μία Ομάδα (π.χ. Ομάδα Α συγκεκριμένες έννοιες) και οι έννοιες του στόχου (σ_1 και σ_2) στην άλλη (π.χ. Ομάδα Β αφηρημένες έννοιες), β) αναλογίες που διακρίνονται από μέτρια οντολογική απόσταση, όταν στο εσωτερικό του ίδιου τομέα (π.χ. της βάσης) υπάρχουν έννοιες από διαφορετικές ομάδες (για παράδειγμα η έννοια β_1 ανήκει στην ομάδα Α και η β_2 ανήκει στην ομάδα Β), ή γ) αναλογίες που διακρίνονται από μικρή οντολογική απόσταση, όταν όλες οι έννοιες της αναλογίας, (έννοιες της βάσης και έννοιες του στόχου) ανήκουν στην ίδια ομάδα (για παράδειγμα είναι όλες αφηρημένες – ομάδα Β).

Συνυπολογίζοντας τα δεδομένα από τις παραπάνω διαστάσεις, μια διδακτική αναλογία, για να είναι διδακτικά κατάλληλη, θα πρέπει να είναι οριζόντια και κατακόρυφα πλήρης, να διακρίνεται από υψηλή συστηματικότητα, να έχει κατάλληλη βάση και να διαθέτει μεγάλη οντολογική απόσταση ανάμεσα στον τομέα-βάση και τον τομέα στόχο (Κουλαϊδής κ. συν., 2002).

Κεφάλαιο 3ο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

3.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό συνίσταται στη βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών σχετικών με τη χρήση των αναλογιών στη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών και με τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών για βασικές έννοιες της Χημείας.

Η συμβολή των αναλογιών στην κατανόηση των εννοιών των Φυσικών Επιστημών και της χημείας ειδικότερα, η συμβολή των εκπαιδευτικών στην κατάλληλη αξιοποίηση των αναλογιών κατά την διδακτική διαμεσολάβηση, καθώς και οι τυχόν διαφοροποιήσεις στις επιδόσεις των μαθητών κατά τη χρήση διδακτικών αναλογιών με βάση τα δημογραφικά τους χαρακτηριστικά (ακαδημαϊκές επιδόσεις, φύλο κ.λπ.) συνιστούν επιμέρους άξονες της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Επίσης παρατίθενται συνοπτικά έρευνες αναφορικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών οι οποίες συνδέονται με τις χημικές έννοιες που πραγματεύεται η παρούσα διατριβή. Δηλαδή εναλλακτικές αντιλήψεις σχετικά με το χημικό στοιχείο και τη χημική ένωση, τη χημική αντίδραση και τη σωματιδιακή φύση της ύλης. Τέλος διατυπώνεται η αναγκαιότητα και η κεντρική υπόθεση της έρευνας και υποστηρίζεται η πρωτοτυπία της.

3.2 Έρευνες σχετικές με τη διδακτική χρήση αναλογιών

3.2.1 Η συμβολή των διδακτικών αναλογιών στην κατανόηση εννοιών των Φυσικών Επιστημών

Η χρήση αναλογιών στη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών απέφερε, κατά κανόνα, θετικά αποτελέσματα στη μάθηση όπως αυτά καταγράφονται σε ποικίλες έρευνες (Bellocchi & Ritchie, 2011. Gineste & Gilbert, 1995. Glynn & Takahashi,

1998. Harrison & Treagust, 1993. Ijioma & Onwukwe, 2011. Lagoke, Jegede, & Oyebanji, 1997. Sarantopoulos & Tsaparlis, 2004. Yerrick et al., 2003).

Συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ότι οι αναλογίες συμβάλλουν σημαντικά στην αποσαφήνιση αφηρημένων εννοιών όπως η διάθλαση του φωτός σε μαθητές λυκείου (Harrison & Treagust, 1993). Η μετάβαση της φωτεινής ακτίνας από ένα μέσο διάδοσης σε άλλο με διαφορετική πυκνότητα (άρα και ταχύτητα διάδοσης) παραλληλίστηκε - μέσω του αναλογικού μοντέλου που πρότειναν - με τη μετάβαση ενός ζεύγους τροχών από μια λεία σε μια τραχιά επιφάνεια (με διαφορετικό συντελεστή τριβής). Οι επιδόσεις των μαθητών ήταν πολύ ικανοποιητικές τόσο σε επίπεδο κατανόησης της έννοιας της διάθλασης όσο και στην επίλυση σχετικών προβλημάτων.

Η χρήση αναλογιών διαπιστώθηκε ότι συμβάλλει επίσης και στην κατασκευή επιστημονικής γνώσης σε ομαδικές εργασίες φοιτητών υποψηφίων δασκάλων πάνω σε θέματα σχετικά με το ηλεκτρικό ρεύμα (Yerrick et al., 2003). Στους φοιτητές προτάθηκε η χρήση της αναλογίας “το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα μοιάζει με ένα ποτάμι που κυλάει”. Η αναλογία αυτή χρησιμοποιήθηκε σαν εργαλείο, υπέστη επεξεργασία για τον εντοπισμό κοινών και μη κοινών χαρακτηριστικών ανάμεσα στη βάση και το στόχο (για παράδειγμα το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα μοιάζει με ένα ποτάμι που κυλάει σε μια πεδιάδα και καταλήγει σε μια λίμνη, αλλά έχει και σημαντικές διαφορές όπως η παρουσία ενός καταρράκτη, ή η εκβολή του ποταμού στον ωκεανό). Με τον τρόπο αυτό επιτεύχθηκε αντιπαράθεση γνώσεων και εμπειριών, εμπλοκή στην επίλυση ερωτημάτων – προβλημάτων και διαμόρφωση κοινωνικού κλίματος κατάλληλου για ουσιαστικό επιστημονικό διάλογο.

Πειραματικές ομάδες μαθητών τελευταίων τάξεων του δημοτικού (Gineste & Gilbert, 1995), ή μαθητών δημοτικού και γυμνασίου παράλληλα (Glynn & Takahashi, 1998), που μελέτησαν με τη βοήθεια επεξεργασμένων αναλογιών τις έννοιες δομή και λειτουργία του κυττάρου και ανταλλαγή αερίων στο αίμα, αποδείχτηκε ότι συγκράτησαν καλύτερα τις πληροφορίες που διδάχτηκαν και απέδωσαν πολύ υψηλότερα στις σχετικές δοκιμασίες απ’ ό,τι οι ομάδες ελέγχου. Συγκεκριμένα, για τη μελέτη της δομής του κυττάρου χρησιμοποιήθηκε η αναλογία του εργοστασίου σύμφωνα με την οποία τα διάφορα οργανίδια του κυττάρου αντιστοιχίζονται σε τμήματα και τομείς ενός εργοστασίου και οι διεργασίες του κυττάρου με λειτουργίες και εργασίες σε αυτούς τους τομείς και τμήματα (Glynn & Takahashi, 1998). Η διεργασία της ανταλλαγής αερίων (οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα) στο αίμα

παραλληλίστηκε με δυο βάρκες φορτωμένες, που κινούνται στο ποτάμι, πλησιάζουν και ανταλλάσσουν τα εμπορεύματά τους (Gineste & Gilbert, 1995).

Παρόμοια ευρήματα υψηλών επιδόσεων καταγράφηκαν από τους Sarantopoulos & Tsaparlis, (2004) σε μαθητές λυκείου που μελέτησαν ευρύ φάσμα χημικών εννοιών όπως σύγχρονη ατομική θεωρία, χημικοί δεσμοί, οξέα – βάσεις – άλατα, θερμοχημεία, χημική κινητική, χημική ισορροπία, οξειδοαναγωγή και στοιχεία οργανικής χημείας. Ενδεικτικά, αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ο χορός για την αμφίδρομη χημική αντίδραση, ή το εισόδημα παντρεμένου ζευγαριού για τη συγκέντρωση διαλύματος.

Επίσης διαπιστώθηκε (Lin, Shiaou, & Lawrenz, 1996) ότι μαθητές Γυμνασίου υποστηρίχτηκαν στην κατασκευή επιστημονικών εννοιών όπως η υδροστατική και ατμοσφαιρική πίεση και η πυκνότητα, όταν επεξεργάστηκαν αυτές τις έννοιες με τη βοήθεια οπτικών αναλογιών και πιο συγκεκριμένα σκίτσων.

Ακόμα, όπως αναφέρουν οι Bellocchi και Ritchie (2011), αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσέγγιση της στοιχειομετρίας χημικών αντιδράσεων συνέβαλαν στην επιτυχή σύζευξη καθημερινού και χημικού λόγου στην αντίστοιχη ομάδα μαθητών. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν την αναλογία του σάντουιτς με ζαμπόν για τη μελέτη της έννοιας της στοιχειομετρίας χημικής αντίδρασης (ένα σάντουιτς φτιάχνεται από δύο φέτες ψωμιού και μία φέτα ζαμπόν, όπως δύο αντιδρώντα σε συγκεκριμένες αναλογίες παράγουν ένα προϊόν σε μία χημική αντίδραση).

Ωστόσο, η χρήση αναλογιών δεν έχει πάντοτε θετικότερα αποτελέσματα σε σχέση με τη διδασκαλία χωρίς αναλογίες, καθώς μπορεί να καταλήξει σε αμφιλεγόμενα συμπεράσματα. Έτσι, σε μια έρευνα (Calic, Ayas, & Coll, 2009) που στόχευε στη μελέτη των χημικών εννοιών κορεσμένο και ακόρεστο διάλυμα σε μαθητές Γυμνασίου, χρησιμοποιήθηκε η δραματοποιημένη αναλογία του λεωφορείου με επιβάτες άνδρες και γυναίκες. Το λεωφορείο έχει ορισμένο αριθμό θέσεων, ο αριθμός των ανδρών επιβατών είναι σταθερός, ενώ ο αριθμός των γυναικών μεταβλητός αλλά πάντα μικρότερος από αυτόν των ανδρών. Οι άνδρες παίζουν το ρόλο του διαλύτη, οι γυναίκες το ρόλο της διαλυμένης ουσίας και το λεωφορείο το ρόλο του διαλύματος. Στα αποτελέσματα, ενώ τα τεστ δίνουν στατιστικά σημαντική μεταβολή της επίδοσης με τη χρήση της αναλογίας, στις ατομικές συνεντεύξεις εντοπίστηκαν εναλλακτικές αντιλήψεις που παραμένουν, όπως για παράδειγμα η σύγχυση της τήξης με τη διάλυση, καθώς επίσης και η μη διάκριση ομογενών και ετερογενών μιγμάτων.

Παρόμοια αντιφατικά ευρήματα καταγράφηκαν σε άλλη έρευνα με παιδιά δημοτικού για τη μελέτη του κύκλου των ορυκτών (Blake, 2004) όπου χρησιμοποιήθηκε η αναλογία της ανακύκλωσης αλουμινίου γνωστή στα παιδιά από προηγούμενη δράση ανακύκλωσης αντικειμένων στο σχολείο τους. Αν και τα ποσοτικά αποτελέσματα εκ πρώτης όψεως ήταν θετικά και στατιστικά σημαντικά υπέρ της πειραματικής ομάδας με την οποία χρησιμοποιήθηκε η παραπάνω αναλογία, μια ποιοτικού τύπου ανάλυσή τους ανέδειξε αντιφατικά ευρήματα. Συγκεκριμένα, υπήρξαν παιδιά που κατανόησαν επαρκώς τον κύκλο των ορυκτών χωρίς τη χρήση αναλογίας (ομάδα ελέγχου), ενώ ταυτόχρονα κάποια παιδιά της πειραματικής ομάδας απέτυχαν εντελώς στην κατανόηση της έννοιας. Τα αποτελέσματα αυτά αποδίδονται στο γεγονός ότι η έννοια που μελετήθηκε ήταν πολύπλοκη και απαιτούνταν εννοιολογικά άλματα για την κατάκτησή της, δηλαδή μετατόπιση από ένα μη επιστημονικό γνωστικό πλαίσιο (η ανακύκλωση ως καθημερινή οικιακή πρακτική) στο επιστημονικό πλαίσιο (κύκλος ορυκτού σύμφωνα με τον οποίο ένα ορυκτό σχηματίζεται και αποσθρώνεται με έναν περίπου κυκλικό τρόπο). Μια άλλη ερμηνεία που προτάθηκε είναι ότι η χρήση μιας μόνο αναλογίας δεν ήταν αρκετή να λειτουργήσει ως σκαλωσιά για την κατανόηση της υπό εξέταση έννοιας και ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας ίσως να είχαν επωφεληθεί περισσότερο αν είχαν εισαχθεί πολλαπλές αναλογίες για την έννοια - στόχο.

Το ζήτημα της αποτελεσματικής χρήσης πολλαπλών αναλογιών φαίνεται να επαληθεύουν έρευνες (Chiu & Lin, 2005. Ijioma & Onwukwe, 2011. Nashon, 2004), στις οποίες διαπιστώθηκε ότι οι πολλαπλές αναλογίες προώθησαν αποτελεσματικότερα την εννοιολογική αλλαγή, όταν χρησιμοποιήθηκαν σε δυσνόητες, σύνθετες και αφηρημένες έννοιες που σχετίζονται με το ηλεκτρικό κύκλωμα. Έτσι, το υδραυλικό ανάλογο του ηλεκτρικού ρεύματος σε συνδυασμό με την απεικόνιση αθλητών που τρέχουν σε κλειστή κυκλική διαδρομή σε στάδιο βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν την έννοια του ηλεκτρικού κυκλώματος (Chiu & Lin, 2005). Παρόμοια η αναλογία των βράχων – εμποδίων στη ροή του νερού ενός ποταμού και η αναλογία της στείρας αντιπολίτευσης που λέει συνεχώς όχι, μόνο και μόνο για να αντιτίθεται στην κυβέρνηση βοήθησε στην κατανόηση της έννοιας της ηλεκτρικής αντίστασης (Ijioma & Onwukwe, 2011). Το ερευνητικό εύρημα της αποτελεσματικότερης κατανόησης του ηλεκτρικού κυκλώματος αποδόθηκε στη δυνατότητα πολλαπλών αναπαραστάσεων της εν λόγω έννοιας μέσω της σύγκρισης του τομέα-στόχου με διαφορετικούς τομείς-βάσεις (Nashon, 2004).

Πολλαπλές αναλογίες χρησιμοποιήθηκαν για τη διδασκαλία κάθε μιας από τις πτυχές της σύνθετης έννοιας της χημικής ισορροπίας όπως είναι η απόδοση της χημικής αντίδρασης και η δυναμική φύση της αμφίδρομης αντίδρασης. Επειδή όλοι οι μαθητές δεν ωφελούνται εξίσου από την ίδια αναλογία, ούτε κατέχουν το ίδιο καλά έναν συγκεκριμένο τομέα-βάση, χρησιμοποιήθηκαν περισσότερες της μιας αναλογίες σε κάθε περίπτωση. Πιο συγκεκριμένα, η απόδοση της χημικής αντίδρασης περιγράφηκε είτε ως ποσοστό σχηματισμού ζευγαριών (αγόρι – κορίτσι) σε ένα σχολικό χορό, είτε ως ποσότητα ζάχαρης που διαλύεται σε σχέση με αυτή που παραμένει αδιάλυτη όταν προστεθεί υπερβολική ζάχαρη στο τσάι. Η δυναμική φύση της αμφίδρομης αντίδρασης προσεγγίστηκε με τη βοήθεια: α) του πολυσύχναστου δρόμου διπλής κατεύθυνσης, β) του νερού που εξαερώνεται και επανασυμπυκνώνεται διαρκώς μέσα στην καπακωμένη κατσαρόλα που μαγειρεύουμε, καθώς και γ) μιας συγκεκριμένης χορευτικής φιγούρας όπου οι μαθητές πάνε και έρχονται αλλάζοντας διαρκώς κατεύθυνση (Harrison & De Jong, 2005).

Ευρήματα με χρήση πολλαπλών αναλογιών καταγράφηκαν σε έρευνα με παιδιά δημοτικού, αναφορικά με την έννοια του κυττάρου (Glynn, 2007). «*Είμαστε φτιαγμένοι από κύτταρα όπως αυτό το ανθρωπάκι είναι φτιαγμένο από τουβλάκια*» ήταν η πρώτη αναλογία που εισήγαγε η εκπαιδευτικός στην σχετική ενότητα στο μάθημα της βιολογίας. Ακολούθησαν οι δραματοποιημένες αναλογίες «το κύτταρο μοιάζει με εργοστάσιο» και «το κύτταρο μοιάζει με μια πόλη» οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν και αναπτύχθηκαν με το ίδιο μοντέλο (TWA, βλ. ενότητα 2.4.3). Τόσο η εισαγωγική αναλογία που χρησιμοποιήθηκε όσο και οι επόμενες που ακολούθησαν επιλέχθηκαν προσεκτικά και χρησιμοποιήθηκαν εύστοχα από την εκπαιδευτικό. Με τη μετάβαση από αφηγηματικού τύπου αναλογία σε δραματοποιημένες, δόθηκε η δυνατότητα να επιδοθούν τα παιδιά σε δραστηριότητες μέσα από τις οποίες επιδιώκονταν η κατανόηση της έννοιας. Με απλά υλικά κατασκευάστηκαν ένα εργοστάσιο και μια πόλη, όπου τα βασικά δομικά και λειτουργικά τους μέρη παραλληλίζονταν με τα δομικά συστατικά και τις λειτουργίες του κυττάρου αντίστοιχα.

Αναλογίες που δρουν συμπληρωματικά μεταξύ τους χρησιμοποιήθηκαν επίσης σε μάθημα Βιολογίας (Dagher, 1995a) για την κατανόηση της δράσης του ιού του AIDS. Για κάθε μια από τις πτυχές της έννοιας «δράση του ιού» και συγκεκριμένα πώς μεταδίδεται, πώς προσβάλλει το ανοσοποιητικό σύστημα και πώς αντιμετωπίζεται από τον γιατρό στον οποίο θα καταφύγει ο ασθενής, παρουσιάστηκαν συμπληρωματικά οι αναλογίες: «το AIDS είναι μεταδοτική ασθένεια που οφείλεται σε ιό, όπως το

κρυολόγημα μεταδίδεται με κάποιον ιό» και «ο ιός του AIDS κινείται σαν εισβολέας στον ανθρώπινο ανοσοποιητικό σύστημα όπως ένας εξωγήινος εισβολέας έρχεται εχθρικά και κατακτά τη Γη». Και όπως για το κρυολόγημα ο γιατρός μας συστήνει πράγματα που θα μας ανακουφίσουν, ώσπου ο ίδιος ο οργανισμός καταπολεμήσει τον ιό του κρυολογήματος, έτσι και η αντιμετώπιση του AIDS δεν γίνεται με φάρμακα που στοχεύουν στην καταπολέμηση του ίδιου του ιού.

3.2.2 Αποτελεσματικότητα των διδακτικών αναλογιών και δημογραφικά χαρακτηριστικά των μαθητών

Όσον αφορά τα θέματα φύλου, οι αναλογίες ωφελούν ουσιαστικά τους μαθητές και μάλιστα αγόρια και κορίτσια εξίσου, όπως διαπιστώθηκε σε έρευνα χρήσης αναλογιών σε θέματα βιολογίας (Lagoke et al., 1997). Απουσία διαφορών ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια από τη χρήση διδακτικών αναλογιών κατέγραψαν και οι Sarantopoulos & Tsaparlis (2004) κατά τη διδασκαλία ποικίλων χημικών εννοιών.

Αντίθετα, στο θέμα της ηλικίας και της ακαδημαϊκής επίδοσης των μαθητών – αν και η έρευνα είναι περιορισμένη - καταγράφηκαν διαφοροποιήσεις όσον αφορά την θετική επίδραση των αναλογιών στη μαθησιακά αποτελέσματα. Έτσι διαπιστώθηκε (Lin et al., 1996) ότι οι μαθητές χαμηλότερων ακαδημαϊκών επιδόσεων ωφελήθηκαν περισσότερο από τις αναλογίες απ' ό,τι οι μαθητές υψηλότερων επιδόσεων που αποκόμισαν μικρή ωφέλεια. Παρόμοια οι Glynn και Takahashi (1998) κατέγραψαν υψηλότερα ποσοστά βελτίωσης της απόδοσης σε μαθητές μικρότερης ηλικίας (τελευταίων τάξεων Δημοτικού) σε σχέση με τους μαθητές Γυμνασίου όταν και οι δύο πειραματικές ομάδες διδάχθηκαν την έννοια της δομής του κυττάρου με τη βοήθεια αναλογιών. Τα ευρήματα και των δύο ερευνητικών ομάδων συγκλίνουν στο γεγονός ότι η αναλογία βοηθά τόσο περισσότερο τους μαθητές όσο πιο περιορισμένη είναι η ικανότητά τους για αφηρημένη σκέψη και χειρισμό αφηρημένων εννοιών.

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διδασκαλία με αναλογίες σε εποικοδομητικό ιδίως πλαίσιο είναι αυτός του κοινωνικοπολιτισμικού περιβάλλοντος. Τη βαρύτητα του ρόλου αυτού του παράγοντα έλαβαν υπόψη τους έρευνες που εστίασαν στη διδασκαλία εννοιών Βιολογίας (Lagoke et al., 1997) και Ηλεκτρισμού (Ijioma & Onwukwe, 2011. Nashon, 2004). Πιο συγκεκριμένα, η διδασκαλία των εννοιών της φωτοσύνθεσης και του παρασιτισμού

που απευθύνονταν σε μαθητές Γυμνασίου στη Νιγηρία έγινε με τη χρήση αναλογιών που - εν περιλήψει - είχαν ως εξής: στην φωτοσύνθεση παραλληλίστηκε η διαδικασία κατασκευής υδατάνθρακα (γλυκόζη) από πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα και νερό, με την κατασκευή πήλινων αντικειμένων σε γειτονικό εργοστάσιο κεραμικών (Lagoke et al., 1997). Για τον παρασιτισμό χρησιμοποιήθηκε η αναλογία του νεότερου μέλους μιας οικογένειας για χάρη του οποίου δαπανώνται τα χρήματα που προορίζονταν για τις σπουδές του μεγαλύτερου αδελφού του.

Κατά τη διδασκαλία των εννοιών ηλεκτροχημείας (ηλεκτρόλυση και ηλεκτρολυτική ανάκτηση μετάλλων, ηλεκτροχημική σειρά στοιχείων, ηλεκτροχημικό δυναμικό μετάλλων και σχετικοί στοιχειομετρικοί υπολογισμοί) σε μαθητές Λυκείου στη Νιγηρία (Ijioma & Onwukwe, 2011) χρησιμοποιήθηκαν ποικίλες αναλογίες που παρομοίαζαν τα χημικά στοιχεία και ιόντα μετάλλων και αμετάλλων με διάφορους ανθρώπινους χαρακτήρες ενώ οι διεργασίες που συνέβαιναν κάθε φορά παρομοιάζονταν με ήθη και συμπεριφορές που απαντώνται στο τοπικό κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον. Για παράδειγμα, το μέταλλο που συμμετέχει στον ετεροπολικό δεσμό παρομοιάστηκε με υποψήφιο για κάποιο αξίωμα που προσφέρει δώρα (το μέταλλο δίνει ηλεκτρόνια) για να γίνει αποδεκτή η ικανότητά του.

Αντίστοιχου «περιβαλλοντικού» τύπου ήταν και οι αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη διδασκαλία εννοιών του ηλεκτρισμού (αντιστάτες, μπαταρίες, ιονισμός μετάλλων κ.ά.) σε μαθητές Λυκείου, στην Κένυα (Nashon, 2004). Για παράδειγμα οι χημικές διεργασίες που συμβαίνουν στα ηλεκτρόδια μιας μπαταρίας παρομοιάστηκαν με τους κανόνες λειτουργίας του σχολείου για τους μαθητές και τις μαθήτριες.

Μια διαφορετική περίπτωση καταγράφηκε στην Ταϊβάν (Tsai, 1999), όπου χρησιμοποιήθηκε μια δραματοποιημένη αναλογία με τη μορφή παιχνιδιού ρόλων για τη μελέτη της έννοιας «μεταβολή της φυσικής κατάστασης υλικών» (από στερεή σε υγρή και σε αέρια). Μελετήθηκαν οι παράμετροι μέγεθος μορίου, απόσταση μορίων, ανασύνταξη και ακινησία σωματιδίων κατά τη μεταβολή από τη μια φυσική κατάσταση στην άλλη. Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας ανά δύο, αναπαριστούσαν τα μόρια ενός υλικού σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες στις οποίες αντιστοιχούσαν οι τρεις διαφορετικές καταστάσεις της ύλης, με κινήσεις που θύμιζαν «χορογραφία». Τα αποτελέσματα ανέδειξαν σχετικά περιορισμένες στατιστικά σημαντικές διαφορές υπέρ της πειραματικής ομάδας στον μετα-έλεγχο που διεξήχθη αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση. Οι διαφορές αυτές ήταν θεαματικά μεγαλύτερες κατά τον επανέλεγχο που

διεξήχθη 4 εβδομάδες μετά, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην επιδείνωση των επιδόσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου σε αυτόν. Φαίνεται λοιπόν ότι η σωματική εμπλοκή των μαθητών κατά τη μαθησιακή διαδικασία, συνέβαλε στη βαθύτερη και μονιμότερη κατανόηση των μεταβολών φυσικής κατάστασης από τους μαθητές.

3.2.3 Ο ρόλος των εκπαιδευτικών στην αποτελεσματική αξιοποίηση των διδακτικών αναλογιών

Οι εκπαιδευτικοί όταν πρόκειται να χρησιμοποιήσουν αναλογίες προτιμούν να αυτοσχεδιάζουν και αποφεύγουν τις προσχεδιασμένες αναλογίες (Thiele & Treagust, 1994). Πράγματι, βιβλιογραφικά ευρήματα έδειξαν ότι όταν ο τομέας – βάση επιλέγεται ώστε να αντιστοιχεί σε οικείες εμπειρίες της καθημερινής ζωής των μαθητών, οι αναλογίες -ακόμη κι αν δεν παρουσιάζονται συστηματικά- χαρακτηρίζονται από τόσο μεγάλη περιγραφική δύναμη που μπορούν να μεταφέρουν επιστημονικά μηνύματα μέσα από απλή καθημερινή γλώσσα. Τέτοια ευρήματα υποστηρίζονται από έρευνες (Dagher, 1995b) για α) θέματα σχετικά με τον ιό του AIDS (του οποίου η δομή και η δράση παραλληλίστηκε με αυτές του ιού της γρίπης) β) την έννοια των τεκτονικών πλακών που βρίσκονται πάνω στο ημίρευστο υλικό του μάγματος για την οποία χρησιμοποιήθηκε η αναλογία με τη βάρκα που επιπλέει στο νερό μιας λίμνης και η οποία περιγράφει με γλαφυρό ύφος παραμυθιού απλά και παραστατικά την σχετική επιστημονική έννοια και γ) το ζήτημα της γνώσης των κανόνων ασφαλείας του εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών πριν την εκτέλεση πειραμάτων σε αυτό, το οποίο παραλληλίστηκε με τη γνώση του κώδικα οδικής κυκλοφορίας που προαπαιτείται για την άδεια οδήγησης.

Παρά τις παραπάνω ενθαρρυντικές ενδείξεις, η μη συστηματική χρήση αναλογιών θα ήταν καλύτερα να αποφεύγεται καθότι η επιπόλαια χρήση μιας αναλογίας μπορεί να οδηγήσει σε παρανοήσεις, καθώς η συστηματική παρουσίαση των αναλογιών με αναλυτική αντιστοίχιση των κοινών χαρακτηριστικών των τομέων βάσης και στόχου (βλέπε και ενότητα 2.4.3) τονίζεται ως βασικός παράγοντας αποτελεσματικής τους χρήσης, σε πολλές έρευνες (Harrison & De Jong, 2005. Lagoke et al., 1997. Nashon, 2004. Pittman & Shani, 1997. Thiele & Treagust, 1991). Έτσι, σε μια έρευνα όπου καταγράφηκε μια σειρά από αναλογίες σχετικά με διάφορες έννοιες της Χημείας όπως: στοιβάδες ηλεκτρονίων, ιοντικό κρυσταλλικό πλέγμα άλατος,

αριθμός του Avogadro και χημική κατάλυση (Thiele & Treagust, 1991), παρατέθηκε με τη μορφή έντονης προτροπής – στο συμπέρασμα – η προσεκτική αντιστοίχιση των κοινών χαρακτηριστικών βάσης και στόχου από τους μαθητές με την καθοδήγηση του διδάσκοντος. Κι αυτό επειδή η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη αλλά δεν είναι καθόλου σίγουρο ότι γίνεται αυτόματα στο μυαλό των μαθητών. Κατά τη διδασκαλία της έννοιας χημική ισορροπία (Harrison & De Jong, 2005) ένας έμπειρος εκπαιδευτικός τήρησε το διδακτικό μοντέλο αντιστοίχισης των όμοιων χαρακτηριστικών βάσης και στόχου σχολαστικά με αποτέλεσμα να διαπιστωθεί κατασκευή επιτυχημένων νοητικών μοντέλων από τους συμμετέχοντες μαθητές.

Ένα σημείο που δεν θα πρέπει να θεωρείται αυτονόητο είναι η επαρκής κατανόηση του τομέα-βάση από τους μαθητές (Glynn, 2007. Guerra-Ramos, 2011). Το ότι η γνώση του τομέα-βάση δεν είναι και τόσο προφανής επαληθεύεται από έρευνες όπως αυτή των Oliveira και Cacharuz (1992), σύμφωνα με την οποία μαθητές Γυμνασίου φαίνεται να αγνοούν τη δομή και τα χαρακτηριστικά του ηλιακού συστήματος και αυτό τους εμποδίζει να κατανοήσουν την αναλογία ανάμεσα στο πλανητικό σύστημα και το ατομικό πρότυπο του Bohr. Από την άλλη, υπερβολική εξοικείωση με τον τομέα βάση φαίνεται επίσης να δημιουργεί πρόβλημα αποπροσανατολισμού και σύγχυσης καθώς γίνεται επιφανειακή μόνο χρήση της αναλογίας και κυριαρχούν αντιληπτικά δεδομένα και εμπειρίες που απομακρύνουν από το στόχο (Nashon, 2004). Μαθητές που ασκήθηκαν με ανθρωπομορφικές αναλογίες σε έννοιες όπως τα ηλεκτροστοιχεία και οι μπαταρίες επικαλούνταν προσωπικές τους εμπειρίες που δεν ήταν συμβατές με την αντιστοίχιση της αναλογίας.

Επιπλέον, όπως ήδη αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο (ενότητα 2.3.2), ο τομέας – βάση και ο τομέας – στόχος σε μια αναλογία έχουν κοινά χαρακτηριστικά αλλά έχουν και διαφορές, αφού πρόκειται για διαφορετικές οντότητες (Thiele & Treagust, 1991). Γι' αυτό τονίζεται ως απαραίτητη ενέργεια η ρητή αναφορά του εκπαιδευτικού στα μη κοινά χαρακτηριστικά των δύο τομέων μιας αναλογίας (Glynn, 2007). Η ύπαρξή τους αποτελεί ένα κρίσιμο σημείο κατά τη χρήση τους (Thiele & Treagust, 1991) στο οποίο οι εκπαιδευτικοί οφείλουν την προσοχή και την προσήλωσή τους, καθόσον οι μαθητές δεν είναι συχνά σε θέση να διακρίνουν ποια χαρακτηριστικά είναι κοινά και ποια όχι στους τομείς μιας αναλογίας. Η αντιστοίχιση μη κοινών χαρακτηριστικών και η υπεργενίκευση στη χρήση μιας αναλογίας συσκοτίζει τα όρια της ισχύος της και μπορεί να οδηγήσει σε παρανοήσεις (Yerrick et al., 2003).

Επομένως η κατάρτιση, εξάσκηση και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στην κατασκευή, χρήση και επεξεργασία των αναλογιών ως διδακτικού εργαλείου στις φυσικές επιστήμες αναδεικνύεται ως μια πολύ βασική παράμετρος για την επιτυχή έκβαση του όλου εγχειρήματος. Τα ικανοποιητικά αποτελέσματα ερευνών με αναλογίες στην τάξη αποδόθηκαν και στους εύστοχους χειρισμούς του καταρτισμένου εκπαιδευτικού (Harrison & Treagust, 1993. Harrison & de Jong, 2005). Η γνώση εξειδικευμένων τεχνικών στην παρουσίαση αναλογιών στην τάξη (Glynn, 1994. Harrison & de Jong, 2005), όπως αυτές περιλαμβάνονται σε αντίστοιχα διδακτικά μοντέλα (βλ. ενότητα 2.4.3), εξασφαλίζει την απρόσκοπτη ροή των διδακτικών ενεργειών και συμβάλλει κατά πολύ στην αποτελεσματικότητά τους. Ο συνδυασμός των παραπάνω με την ικανότητα κατασκευής αναλογιών κατάλληλων για το γνωστικό και πολιτισμικό υπόβαθρο των μαθητών θεωρείται σημαντική προϋπόθεση για τους εκπαιδευτικούς (Ijioma & Onwukwe, 2011), συνδυασμός που επιτυγχάνεται με εξειδίκευση ή επιμόρφωση.

Ο καταρτισμένος εκπαιδευτικός θα συνεισφέρει τέλος και σε μια άλλη περίπτωση σχετικά με τη διδακτική χρήση αναλογιών. Πρόκειται για την καθοδήγηση που χρειάζονται οι μαθητές προκειμένου να κατανοήσουν και να αξιοποιήσουν τις γραπτές αναλογίες των σχολικών εγχειριδίων (Dagher, 1995a. Thiele, Venville, & Treagust, 1995). Από τη μια οι συγγραφείς διδακτικών εγχειριδίων φαίνεται να αγνοούν ή να αμελούν τις πλήρεις χαρτογραφήσεις των δύο τομέων (βάσης και στόχου) μιας αναλογίας που παραθέτουν στο κείμενο (Thiele et al., 1995. Κουλαϊδής κ. συν., 2002) με αποτέλεσμα να μειώνεται η σαφήνιά της. Από την άλλη οι μαθητές δυσκολεύονται (Bean, Searles & Cowen, 1990) στην κατανόηση κειμένων με αναλογίες όπου δεν πληρούνται τα κριτήρια της οριζόντιας και της κατακόρυφης πληρότητας και της συστηματικότητας (βλέπε και ενότητα 2.4.5).

Ένα άλλο σημείο που απαιτεί αυξημένες δεξιότητες από την πλευρά του διδάσκοντα είναι η περίπτωση κατά την οποία εισάγονται περισσότερες της μιας διαφορετικές (πολλαπλές) αναλογίες για την επεξεργασία μιας αφηρημένης έννοιας (Harrison & de Jong, 2005). Στην περίπτωση αυτή, αφ' ενός απαιτείται εξάσκηση στη χρήση πολλαπλών αναλογιών, αφ' ετέρου χρειάζεται προσεκτική επιλογή των κατάλληλων και συμπληρωματικών αναλογιών.

3.3 Εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών σε βασικές χημικές έννοιες

Προηγούμενες εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών αναφορικά με βασικές έννοιες της Χημείας όπως χημικό στοιχείο, χημική ένωση, άτομο, μόριο και χημική μεταβολή έχουν σημαντική επίδραση στην περαιτέρω μαθησιακή πορεία τους (Barker, 2000. Briggs & Holding, 1986. Griffiths & Preston, 1992). Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι σημαντικές δυσκολίες και εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, όπως η σύγχυση μεταξύ χημικού στοιχείου, ένωσης και μείγματος, οι εναλλακτικές αντιλήψεις για τη χημική αντίδραση, τα άτομα και τα μόρια καθώς και ο γλωσσικός κώδικας ως παράγοντας ανάπτυξης εναλλακτικών αντιλήψεων και συγχύσεων.

3.3.1 Σύγχυση μεταξύ χημικής ένωσης – μίγματος – χημικού στοιχείου

Κυρίαρχη είναι η παρανόηση σύμφωνα με την οποία μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αλλά και φοιτητές παιδαγωγικών τμημάτων ή άλλων σχολών δυσκολεύονται να διακρίνουν τη χημική ένωση από το χημικό στοιχείο ή τη χημική ένωση από το μίγμα (Awan, Khan, Mohsin, & Doger, 2011. Ayas & Demirbas, 1997. Barker, 2000. Briggs & Holding, 1986. Dindar, Bektas, & Celik, 2010. Sanger, 2000. Stains & Talanquer, 2007a. Toth & Kiss, 2006), τόσο όταν εξετάζονται μακροσκοπικά οι ίδιες οι ουσίες, όσο και όταν μελετώνται οι μοριακές αναπαραστάσεις τους. Οι παρανοήσεις που καταγράφονται έχουν διαπιστωθεί σε ποικίλες χώρες του κόσμου, με διαφορετικές κουλτούρες. Συνεχίζουν να εκδηλώνονται και μετά από αλλαγές των εκπαιδευτικών συστημάτων και των παιδαγωγικών προσεγγίσεων. Επιμένουν και σε μεγαλύτερες ηλικίες (φοιτητές χημείας, υποψήφιοι εκπαιδευτικοί). Γι' αυτό η μη διάκριση χημικής ένωσης – μίγματος – χημικού στοιχείου θεωρείται ως κυρίαρχη εναλλακτική αντίληψη αναφορικά με τις έννοιες χημική ένωση και χημικό στοιχείο και επιλέχθηκε ως αντικείμενο μελέτης στην παρούσα έρευνα.

Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε (Dindar et al., 2010) ότι ακόμα και φοιτητές Χημείας δυσκολεύονται σε μεγάλο ποσοστό (πάνω από 50%) να ορίσουν το χημικό στοιχείο, τη χημική ένωση και το μίγμα και όταν τους ζητηθεί κάτι τέτοιο, δίνουν μόνο παραδείγματα.

Σε παρόμοια ευρήματα κατέληξαν και άλλες έρευνες (Barker, 2000. Sanger, 2000. Stains και Talanquer, 2007b. Toth & Kiss, 2006) που χρησιμοποίησαν οπτικές αναπαραστάσεις των χημικών ουσιών (ασπρόμαυρα, δισδιάστατα μοντέλα – σκίτσα).

Οι επιδόσεις σε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου - σε θέματα που αφορούν τον ορισμό και τη διάκριση χημικών στοιχείων, ενώσεων και μειγμάτων - ήταν γενικά χαμηλές (Ayas & Demirbas, 1997. Kazembe, 2010), καθώς οι μαθητές απέφευγαν τις λεπτομερείς εξηγήσεις ή προσπερνούσαν εντελώς τις ερωτήσεις αυτού του τύπου.

Ακόμα, οι επιδόσεις των μαθητών δεν δείχνουν να βελτιώνονται σημαντικά στις μεγαλύτερες τάξεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Ayas & Demirbas, 1997), παρά το γεγονός ότι οι έννοιες αυτές έχουν αφενός διδαχθεί, αφετέρου αναμένεται να χρησιμοποιούνται με επάρκεια για τον ορισμό και την κατανόηση άλλων εννοιών.

Επίσης ανιχνεύτηκε σε έρευνες (Sanger, 2000. Toth & Kiss, 2006) εναλλακτική αντίληψη σύμφωνα με την οποία η καθαρή ουσία εκλαμβάνεται ως ομογενές μίγμα και το όποιο μίγμα ως ετερογενές. Οι Awan et al., (2011) είχαν παρόμοια ευρήματα σε έρευνα όπου καταγράφηκε – μεταξύ άλλων – και η ακόλουθη αντίληψη: «Το νερό είναι μίγμα υδρογόνου και οξυγόνου». Παρ' ότι στο ερωτηματολόγιο της έρευνας, στο συγκεκριμένο σημείο, τονίζονταν ότι πρόκειται για αποσταγμένο νερό, η ουσία θεωρήθηκε μίγμα των στοιχείων που την απαρτίζουν και όχι χημική ένωση. Επίσης η συντριπτική πλειοψηφία των ερωτηθέντων μαθητών αδυνατεί να κατηγοριοποιήσει με αποδεκτό τρόπο παραδείγματα που ανήκουν στα: χημικό στοιχείο – χημική ένωση – μίγμα.

Η ταύτιση της χημικής ένωσης με το μίγμα εκδηλώνεται στη χαλαρή σύνδεση που αποδίδουν οι μαθητές στα χημικά στοιχεία που απαρτίζουν το μόριό της. Όταν τους ζητείται να ορίσουν τη χημική ένωση, τυπικές απαντήσεις που δίνουν είναι ότι αυτή αποτελεί μείγμα χημικών στοιχείων που βρίσκονται μαζί (Ayas & Demirbas, 1997), ή ότι αν είναι δύο τα χημικά στοιχεία που έρχονται κοντά, τότε έχουμε χημική ένωση, ενώ αν είναι περισσότερα από δύο χημικά στοιχεία τότε πρόκειται για μείγμα (Barker, 2000. Briggs & Holding, 1986).

Ακόμα, ειδικά για τα χημικά στοιχεία, έχουν καταγραφεί παρανοήσεις όπως ότι ένα στοιχείο μπορεί να μετατραπεί σε ένα άλλο, ή ότι το χημικό στοιχείο είναι στερεό και όχι υγρό και μπορεί να διασπαστεί σε άλλα συστατικά (Briggs & Holding, 1986. Barker, 2000).

3.3.2 Εναλλακτικές αντιλήψεις αναφορικά με την έννοια της χημικής αντίδρασης

Η χημική αντίδραση αποτελεί μια «υπερέννοια» με διάφορες επί μέρους πτυχές στις οποίες έχουν καταγραφεί εναλλακτικές αντιλήψεις και οι οποίες αναλύονται στις παραγράφους που ακολουθούν. Δεν μπορείς να αντιληφθείς πότε μια χημική ουσία αλλάζει (χημική αντίδραση) αν δεν γνωρίζεις τι είναι χημική ουσία (Ahtee & Varjola, 1998. Eskilsson & Hellden, 2003). Η κατάκτηση των εννοιών «νέα ουσία σχηματίζεται» και «αλληλεπίδραση χημικών ουσιών» κατά τη χημική αντίδραση μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο με τη χρήση πολλών παραδειγμάτων (Σταυρίδου, 1995). Με άλλα λόγια, για να είναι σε θέση να εξηγήσουν τη χημική μεταβολή οι μαθητές θα πρέπει να έχουν καταλάβει πολλά πράγματα σχετικά με τις χημικές ιδιότητες των ουσιών που παίρνουν μέρος σ' αυτή (Hesse & Anderson, 1992), όπως για παράδειγμα να κατανοούν ότι μια ουσία ταυτοποιείται με βάση τις ιδιότητές της. Γενικά η κατάκτηση της διαδικασίας της χημικής αντίδρασης είναι μια δύσκολη υπόθεση (Parageorgiou, Grammaticopoulou, & Johnson, 2010). Στις παραγράφους που ακολουθούν θα περιγραφούν οι χαρακτηριστικότερες κατηγορίες εναλλακτικών αντιλήψεων ου σχετίζονται με την έννοια της χημικής αντίδρασης.

3.3.2.1 Σύγκριση μεταξύ χημικών και φυσικών φαινομένων

Οι μαθητές αδυνατούν να αντιληφθούν τη διάκριση ανάμεσα στις φυσικές και τις χημικές μεταβολές με τους όρους που αυτές οριοθετούνται στο εννοιολογικό πλαίσιο της επιστήμης.

Έτσι, συχνά χημικές μεταβολές θεωρούνται ως φυσικά φαινόμενα. Σε αυτό το πλαίσιο, η χημική αντίδραση μπορεί να εκλαμβάνεται ως απλή ανάμιξη (Hatzinikita, 2005/2006. Horton, 2007. Solomonidou & Stavridou, 2000). Παρόμοια, η καύση χαρακτηρίζεται από πολλούς μαθητές ως φυσικό φαινόμενο (Abraham & Westbrook, 1994. Barker & Millar, 1999. Calik & Ayas, 2005). Για παράδειγμα, η καύση του κεριού περιγράφεται ως τήξη και εξάτμιση (Abraham, 1994. Barker & Millar, 1999. Calik & Ayas, 2005. Chiu, 2007). Αντίστοιχα, άλλοι μαθητές αδυνατούν να εξηγήσουν γιατί η καύση του ξύλου είναι χημικό φαινόμενο (Ahtee & Varjola, 1998).

Ο σχηματισμός της σκουριάς θεωρείται πως αποτελεί «απλό μετασχηματισμό» δηλαδή φυσική μεταβολή για το σίδηρο (Kwen, 2010. Valanidis et al., 2003) και η όποια τροποποίηση έχει υποστεί δεν αποτελεί λόγο να πάψει να θεωρείται σίδηρος (Hesse & Andersson, 1992). Σε άλλη περίπτωση (Calik & Ayas, 2005) το σκούριασμα του σιδήρου θεωρήθηκε φυσική μεταβολή επειδή θεωρήθηκε ότι άλλαξε μόνο η

εξωτερική και όχι η εσωτερική δομή του υλικού, ή επειδή ο σίδηρος αλληλεπιδρώντας με τον αέρα ανταλλάσσεται μόνο θερμότητα.

Επιπλέον, ένα αξιοσημείωτο εύρημα είναι η άποψη ότι το ψήσιμο του κέικ αποτελεί φυσικό φαινόμενο (Eilks, Moellering, & Valanidis, 2007) και συγκεκριμένα: «το ψήσιμο του κέικ είναι φυσικό φαινόμενο δηλαδή μετατροπή υγρού σε στερεό. Η γεύση δεν αλλάζει» (Eilks & Valanidis, 2007 σελ. 280).

Συχνά επίσης συμβαίνει και το αντίστροφο: φυσικές μεταβολές όπως είναι η αλλαγή κατάστασης (τήξη, πήξη, βρασμός) εκλαμβάνονται από τους μαθητές ως χημικές μεταβολές και περιγράφονται με όρους χημικής αντίδρασης (Ahtee & Varjola, 1998. Ayas & Demirbas, 1997. Barker, 2000. Hatzinikita & Koulaidis, 1998. Horton, 2007. Valanidis, et al., 2003). Συγκεκριμένα, συχνά οι μαθητές θεωρούν ότι το νερό όταν βράζει διασπάται σε αέρια υδρογόνο και οξυγόνο (Azure, 2005), ή σε επίπεδο σωματιδίων του μικρόκοσμου, υποστηρίζουν ότι τα μόρια του νερού κατά τον βρασμό μετατρέπονται σε μόρια οξυγόνου και μόρια υδρογόνου (Griffiths & Preston, 1992. Stavy, 1990). Άλλοι μαθητές θεώρησαν τη διάλυση ως χημική μεταβολή (Calik & Ayas, 2005) αφού διατύπωσαν την άποψη ότι κατά τη διαλυτοποίηση στερεού στο νερό σχηματίζεται κάποια νέα ουσία.

Ένας ακόμη παράγοντας που συσκοτίζει στη σκέψη των μαθητών τη διάκριση φυσικών και χημικών φαινομένων είναι ότι τα φυσικά φαινόμενα θεωρούνται αντιστρεπτά ενώ τα χημικά φαινόμενα όχι. Έτσι σε πολλές περιπτώσεις χαρακτηρίστηκε ως χημική μια μεταβολή αποκλειστικά και μόνο επειδή θεωρήθηκε ότι δεν είναι αντιστρεπτή (Calik & Ayas, 2005. Hatzinikita, Koulaidis, & Hatzinikitas, 2005). Horton, 2007. Stavridou & Solomonidou, 1989. Tsaparlis, 2003).

Διαπιστώνεται ακόμα η αντίληψη ότι φυσικά είναι τα φαινόμενα που συμβαίνουν στη φύση ενώ χημικά αυτά που γίνονται στο εργαστήριο (Τσαπαρλής, 2003), που υποδεικνύει ότι οι μαθητές θεωρούν ότι τα «αυθόρμητα» γεγονότα είναι φυσικά ενώ τα τεχνητά είναι χημικά (Solomonidou & Stavridou, 1994).

3.3.2.2 Η μη διατήρηση της μάζας

Η διατήρηση της μάζας σε μια χημική αντίδραση – ως έννοια προς κατάκτηση – αποδεικνύεται μια πολύ δύσκολη υπόθεση. Πολλοί μαθητές δεν μπορούν να εξηγήσουν τη διατήρηση της μάζας σε μια χημική αντίδραση (Briggs & Holding, 1986. Barker, 2000. Calik & Ayas, 2005. Hesse & Anderson, 1992. Lee et al., 1993. Solomonidou & Stavridou, 2000). Οι ουσίες (χημικά στοιχεία – χημικές ενώσεις) που παίρνουν μέρος

σε μια χημική αντίδραση συμμετέχουν με σταθερή αναλογία μαζών. Η αριθμητική εφαρμογή αυτού του κανόνα δημιουργεί σημαντικές δυσκολίες (Barker & Millar, 1999). Η επίλυση απλών προβλημάτων που στηρίζονται στην εφαρμογή της παραπάνω αρχής περί σταθερής αναλογίας μαζών των αντιδρώντων και των προϊόντων μιας αντίδρασης αποτελεί δυσεπίλυτο γρίφο για μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Όταν σε μια αντίδραση παράγεται αέριο πολλοί μαθητές θεωρούν ότι η μάζα ελαττώνεται επειδή το αέριο είναι ελαφρύτερο (Barker & Millar, 1999. Kazembe, 2010. Lee et al., 1993). Χαρακτηριστικό παράδειγμα η καύση, όπου αποτυπώθηκε η αντίληψη ότι η μάζα ελαττώνεται λόγω του αερίου διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται (Calik & Ayas, 2005).

Γενικότερα η παρουσία μιας χημικής ουσίας σε αέρια κατάσταση σε μια χημική αντίδραση προκαλεί σύγχυση επειδή οι μαθητές δυσκολεύονται ιδιαίτερα να κατανοήσουν ότι τα αέρια έχουν μάζα και βάρος (Calik & Ayas, 2005. Stavvy, 1990). Αν όμως στην αντίδραση παράγεται στερεό (ίζημα) κάποιοι μαθητές ισχυρίζονται ότι η συνολική μάζα αυξάνεται καθ' ότι το στερεό είναι «βαρύτερο», προφανώς λόγω σύγχυσης που υπάρχει στους μαθητές ανάμεσα στη μάζα και στην πυκνότητα (Briggs & Holding, 1986. Barker, 2000).

Η διατήρηση ή όχι της μάζας σε μια χημική αντίδραση συνδέεται με την κατανόηση ή όχι της αλλαγής της χημικής ουσίας. Έτσι ορισμένοι μαθητές συγχέουν τη χημική μεταβολή (αντίδραση) με φυσική, θεωρούν ότι δεν έχει προκύψει νέα ουσία, οπότε δεν έχει μεταβληθεί και η μάζα. Για παράδειγμα στο σκούριασμα του σιδήρου μαθητές ισχυρίζονται ότι δεν υπάρχει μεταβολή της μάζας επειδή η σκουριά συνεχίζει να είναι σίδηρος που απλώς έχει υποστεί τροποποίηση (Hesse & Anderson, 1992. Kwen, 2010). Σε αντίθεση με το παραπάνω εύρημα καταγράφηκε η αντίληψη (Chiu, 2007) ότι η μάζα του σιδήρου ελαττώνεται καθώς αυτός σκουριάζει, επειδή ένα μέρος του σιδήρου χάνεται κατά τη διαδικασία.

Η μεταβολή της μάζας (μη διατήρησή της) ως εναλλακτική ιδέα των μαθητών, συνδέεται ακόμα και με τη διάλυση ουσιών όπου η μη ορατότητα της διαλυμένης ουσίας ισοδυναμεί στη σκέψη ορισμένων μαθητών με καταστροφή ή εξαϋλώσή της (Barker & Millar, 1999. Horton, 2007. Lee et al., 1993. Stavridou & Solomonidou, 1989).

Από την άλλη πλευρά, οι μαθητές μπορεί να παρερμηνεύουν τη διαδεδομένη και εκλαϊκευμένη διατύπωση της αρχής διατήρησης της μάζας («τίποτα δεν χάνεται και τίποτα δεν παράγεται από το μηδέν») και να οδηγούνται σε νέες παρανοήσεις. Έτσι,

Γάλλοι μαθητές φαίνεται να πιστεύουν ότι σε μία χημική αντίδραση τα μόρια δεν αλλάζουν (παραμένουν αναλλοίωτα) επειδή δεν χάνονται, επειδή τίποτα δεν χάνεται (Cokelez, Dumon, & Taber, 2008).

3.3.2.3 Οι χημικές ουσίες διαφοροποιούνται από τις ιδιότητές τους

Το γεγονός ότι οι χημικές ουσίες είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένες με τις ιδιότητές τους δεν φαίνεται να βρίσκει σύμφωνη μια σημαντική ομάδα του μαθητικού πληθυσμού. Έτσι, καταγράφηκε η άποψη (Briggs & Holding, 1986) ότι «οι χημικές ουσίες αλλάζουν ιδιότητες αλλά κρατούν την ταυτότητά τους». Το εύρημα αυτό επαλήθευσαν οι Solomonidou και Stavridou (2000), προσθέτοντας ότι η σύνδεση της αλλαγής ιδιοτήτων με το μετασχηματισμό των ουσιών σε άλλες, νέες ουσίες με διαφορετικές ιδιότητες, αποδεικνύεται πολύ δύσκολο να επιτευχθεί. Έτσι, μαθητές που δεν έχουν καταλάβει πολλά πράγματα σχετικά με τις χημικές ιδιότητες των ουσιών που παίρνουν μέρος σε μια χημική μεταβολή, δεν είναι σε θέση να κατανοήσουν την ίδια τη μεταβολή (Hesse & Anderson, 1992).

Στον αντίποδα της παραπάνω άποψης καταγράφηκε η αντίληψη (Calik & Ayas, 2005) ότι οι ιδιότητες των ουσιών δεν αλλάζουν κατά τη χημική μεταβολή, κατά την οποία αλλάζουν βέβαια οι ίδιες οι ουσίες. Παρόμοιο εύρημα (Barker, 2000) ανέδειξε την παρανόηση ότι οι ιδιότητες είναι «ανεξάρτητες» από τις ουσίες.

3.3.3 Εναλλακτικές αντιλήψεις σχετικά με τη σωματιδιακή δομή της ύλης

Γενικά θεωρείται πως η συστηματική χρήση του σωματιδιακού μοντέλου για την ύλη βοηθά τους μαθητές να προσεγγίσουν έννοιες και να περιγράψουν φαινόμενα που σχετίζονται με αυτήν όπως η ανάμειξη υλικών, οι μεταβολές των φυσικών καταστάσεων της ύλης και οι χημικές μεταβολές (Γραμμένος, 2004. Papageorgiou & Johnson, 2005. Σταυρίδου, 1995).

Εναλλακτικές αντιλήψεις που αφορούν στον τομέα αυτό (δηλαδή στο σωματιδιακό μοντέλο για την ύλη) έχουν να κάνουν με τη δυσκολία διάκρισης μακροσκοπικών ιδιοτήτων ενός υλικού και των μικροσκοπικών ιδιοτήτων της ύλης. Επίσης, μπορεί να εστιάζονται στις ιδιότητες των ατόμων και των μορίων. Τέλος, αξιωματικά σημειωθεί ότι ο ίδιος ο γλωσσικός κώδικας ως φορέας πληροφοριών μπορεί να αποδειχτεί παράγοντας πρόκλησης παρανοήσεων γύρω από θέματα που αφορούν τα

σωματίδια της ύλης. Στις παραγράφους που ακολουθούν θα περιγραφούν οι κατηγορίες εναλλακτικών αντιλήψεων που συνδέονται με τη σωματιδιακή δομή της ύλης.

3.3.3.1 Δυσκολία στη διάκριση μακροσκοπικών και μικροσκοπικών ιδιοτήτων της ύλης

Σε έρευνα που έγινε σε μαθητές 13 – 14 ετών διαπιστώθηκε ότι η ύλη θεωρήθηκε συνεχής (σε παράβλεψη της σωματιδιακής θεωρίας), χωρίς κενό ανάμεσα στα σωματίδια που τη συγκροτούν (Brook, Briggs & Driver, 1984). Ανάμεσα στα «κομμάτια» της ύλης απλώς παρεμβάλλονται άλλα σωματίδια και γεμίζουν το χώρο, για παράδειγμα αέρας, σκόνη, μικρόβια κλπ. Οι Briggs και Holding (1986) παρατήρησαν επιπλέον ότι ακόμα και όταν αρχίζει να «προσεγγίζεται» η σωματιδιακή άποψη, σε μεγαλύτερες ηλικίες (δηλαδή όταν χρησιμοποιούνται όροι και διατυπώσεις της σωματιδιακής θεωρίας), συνυπάρχει και εκδηλώνεται παράλληλα και η αντίληψη της συνέχειας. Παρόμοια προβλήματα στην αντίληψη της ύπαρξης κενού ανάμεσα στα σωματίδια καταγράφηκαν και από την Barker (2000) που ανέφερε ότι οι μαθητές φάνηκαν απρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν τη σωματιδιακή θεωρία. Συχνά προβάλλουν τις μακροσκοπικές ιδιότητες του υλικού σε κάθε ένα από τα σωματίδια που το αποτελούν.

Η δυσκολία των μαθητών να διακρίνουν τις μακροσκοπικές από τις μικροσκοπικές ιδιότητες της ύλης αναδείχθηκε και από άλλες έρευνες. Το άτομο θεωρείται ως μικρό κομμάτι της ύλης που διατηρεί αυτούσιες τις μακροσκοπικές της ιδιότητες (Johnson, 1998). Ό,τι ιδιότητες βλέπουν οι μαθητές μακροσκοπικά στα υλικά, θεωρούν ότι τις έχουν και τα μικροσκοπικά σωματίδια. Για παράδειγμα ένα άτομο χαλκού θεωρείται ότι είναι ελατό, αγωγός του ηλεκτρισμού, με χρώμα καφετί και ότι διαστέλλεται με την θέρμανση (Ben-Zvi, Eylon, & Silberstein, 1986. Horton, 2007). Αντίστοιχα, άλλη έρευνα (Haidar, 1997) έχει αναδείξει την αντίληψη ότι το μέγεθος των σωματιδίων ενός αερίου μέσα σ' ένα μπαλόνι αυξάνεται όταν το μπαλόνι διαστέλλεται λόγω θέρμανσης. Γενικότερα λοιπόν επικρατεί η αντίληψη ότι τα άτομα έχουν χρώμα, λάμψη και φυσική κατάσταση (Griffiths & Preston, 1992. Lee et al., 1993). Δηλαδή υπάρχουν σε στερεή μορφή, μπορούν να λιώσουν κλπ. (Smith, Wiser, Anderson, & Krajcik, 2006). Επίσης έχουν σχήμα, ή το αποκτούν κατά την κατάτμηση του υλικού. Η εναλλακτική αντίληψη της απόδοσης των μακροσκοπικών ιδιοτήτων της ύλης στα σωματίδια που την αποτελούν μπορεί να οδηγήσει σε περαιτέρω παρανοήσεις

αναφορικά τόσο με τη δομή της ύλης (Nakhleh & Samarapungavan, 2005), όσο και με τους μετασχηματισμούς της (Barker, 2000. Briggs & Holding, 1986. Calik & Ayas, 2005. Johnson, 1998). Έτσι οι μαθητές μπορεί να θεωρούν τη χημική ένωση ως αθροιστική συσσώρευση ατόμων, να έχουν δυσκολία στο να διαχωρίσουν τη χημική ένωση από το μείγμα και να μην κατανοούν το αλληλεπιδραστικό υπόβαθρο της χημικής αντίδρασης (Ben-Zvi et al., 1986). Πιο συγκεκριμένα, μια χημική αντίδραση προϋποθέτει δυναμικές δράσεις όπως διασπάσεις, συνθέσεις και γενικότερα αναδιατάξεις που προκύπτουν από καταστροφή παλαιών δομών και δημιουργία νέων. Αντίθετα η ανάμειξη σημαίνει έναν στατικού τύπου συνδυασμό αμετάβλητων δομών των χημικών ουσιών που συμμετέχουν.

3.3.3.2 Εναλλακτικές αντιλήψεις σχετικά με τις ιδιότητες των ατόμων και των μορίων

Αναφορικά με την κατανόηση του μικρόκοσμου από τους μαθητές, έχει επιπλέον καταγραφεί από έρευνες (Andersson, 1990. Briggs & Holding, 1986. Haidar, 1997. Smith et al., 2006) και η δυσκολία τους να διακρίνουν τα άτομα από τα μόρια. Η σύγχυση ανάμεσα στο άτομο και στο μόριο (Smith et al., 2006) διαφαίνεται στην αντίληψη κατά την οποία τα μόρια διατηρούνται κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης.

Μια άλλη αντίληψη που μπορεί να αποδοθεί στην ίδια σύγχυση είναι ότι τα άτομα μπορεί να μετατραπούν σε άλλου είδους άτομα σε μια χημική αντίδραση (Andersson, 1990. Smith et al., 2006). Έτσι, για παράδειγμα οι μαθητές ισχυρίζονται ότι τα άτομα του σιδήρου κατά την οξειδωση μετατρέπονται σε άτομα οξυγόνου. Ακόμα, έχει ανιχνευθεί η αντίληψη ότι τα άτομα μπορεί να εξαφανιστούν κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης, π.χ. της καύσης (Briggs & Holding, 1986).

Η δυσκολία στην κατανόηση αυτής καθαυτής της έννοιας του ατόμου και του μορίου διαφαίνεται μέσα από μια σειρά αντιλήψεων όπως ότι τα άτομα (Griffiths & Preston, 1992) ή τα μόρια (Lee et al., 1993) είναι ορατά με μικροσκόπιο, περίπτωση κατά την οποία οι δομικοί λίθοι συγχέονται με τα κύτταρα. Αναφορικά με το μέγεθός τους, καταγράφεται επίσης η αντίληψη ότι τα μόρια είναι μικρότερα από τα άτομα (Griffiths & Preston, 1992). Η -ακόμα- ότι τα άτομα είναι σαν δομικά υλικά (Ben-Zvi et al., 1986). Ας σημειωθεί ότι η φράση «τα άτομα και τα μόρια είναι δομικοί λίθοι» απαντάται σε διδακτικά εγχειρίδια δηλαδή σχολικά βιβλία που διδάχτηκαν την

προηγούμενη και την τρέχουσα δεκαετία (Αβραμιώτης κ. συν., 2007α. Αντωνίου, Δημητριάδης, Καμπούρης, Παπαμιχάλης, & Παπατσιμπα, 2007).

Τέλος έχει καταγραφεί η αντίληψη ότι τα άτομα ή τα μόρια ενός υλικού δεν μπορεί να είναι πανομοιότυπα (Briggs & Holding, 1986. Griffiths & Preston, 1992). Έτσι, ορισμένοι μαθητές ισχυρίζονται πως το νερό αποτελείται από μόρια που μπορεί να είναι διαφορετικά μεταξύ τους (Nakhleh & Samarapungavan, 1999). Υπάρχει απροθυμία να αποδεχτούν ότι ένα χημικό στοιχείο είναι υλικό που αποτελείται από πανομοιότυπα άτομα. Μόρια ή άτομα δεν μπορεί να είναι μεταξύ τους πανομοιότυπα, όπως και δύο αντικείμενα δεν μπορεί να είναι ακριβώς ίδια (De Vos & Vendonk, 1987). Παρόμοια είναι η αντίληψη (Haidar, 1997) σύμφωνα με την οποία τα μικρότερα σωματίδια νερού και πάγου είναι διαφορετικά επειδή το νερό μπορεί να ρέει, ενώ ο πάγος όχι.

3.3.4 Ο γλωσσικός κώδικας ως πηγή εναλλακτικών αντιλήψεων

Πηγές και αιτίες των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών, όπως αυτές που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, θεωρούνται γενικά:

- α) τα διδακτικά εγχειρίδια, όταν το κείμενο γίνεται αιτία παρανοήσεων και ανάπτυξης εναλλακτικών αντιλήψεων (Chiu, 2007. Thiele & Treagust, 1991).
- β) ο τρόπος με τον οποίο διεξάγεται η διδασκαλία εννοιών (χωρίς αναλογίες ή με επιφανειακή και επιπόλαιη χρήση αναλογιών) (Orgil & Bodner, 2004).
- γ) ο γλωσσικός κώδικας, οι γλωσσικές εκφράσεις και η πολιτισμική «αδιοσυγκρασία» (Maskill, Cacharuz, & Koulaidis, 1997).

Μια αξιοσημείωτη διαπίστωση των Briggs και Holding (1986) υποστηρίζει ότι η δυσκολία μπορεί να έγκειται -κάποτε- στη γλώσσα και όχι στην κατανόηση της έννοιας. Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 2.2.2 υπάρχουν δύο διαφορετικές γλώσσες η επιστημονική και η καθομιλουμένη, οι οποίες έρχονται σε επαφή σε μια σχολική τάξη Φυσικών Επιστημών για να παράγουν νοήματα. Όμως, νοήματα ή ακόμα και μοντέλα αναφορικά με έννοιες των Φυσικών Επιστημών έχουν ήδη κατασκευάσει οι μαθητές πριν την έναρξη της τυπικής τους εκπαίδευσης. Το καθημερινό, μη τυπικό νόημα ή μοντέλο αντιστέκεται στην αλλαγή μέσω διδασκαλίας (Maskill et al., 1997). Το νόημα διαφόρων λέξεων (για παράδειγμα: «στοιχείο», ή «άτομο») που αποδίδεται από τους μαθητές κατά τη χρήση αυτών των λέξεων σε δραστηριότητες της καθημερινής ζωής, μπορεί να συγκρούεται με πιο εξεζητημένες νοηματικές πτυχές των ίδιων λέξεων όταν

αυτές χρησιμοποιούνται σε επιστημονικό πλαίσιο (Briggs & Holding, 1986. Calik & Ayas, 2005. Chiu, 2007. Maskill et al., 1997. De Vos & Verdonk, 1985). Έτσι προκύπτουν παρανοήσεις που συνδέονται με τις γλωσσικές εκφράσεις.

Για παράδειγμα, το καθημερινό λεξιλόγιο έρχεται σε σύγκρουση με τους επιστημονικούς όρους στην περίπτωση του φαινομένου της τήξης (Solomonidou & Stavridou, 1994). «Λιώνει» στην καθημερινή ζωή μπορεί να σημαίνει (εκτός από τη μετατροπή του στερεού σε υγρό – «ο πάγος λιώνει») και τη διάλυση ενός στερεού μέσα σε ένα υγρό («η ζάχαρη έλιωσε μέσα στο νερό»). Στη χημική ορολογία η ζάχαρη δεν λιώνει μέσα στο νερό αλλά διαλύεται και μόνο στην τήξη μπορεί να αναφέρεται το ρήμα «λιώνει» (Calik & Ayas, 2005). Στο καθημερινό λεξιλόγιο η λέξη ένωση μπορεί να σημαίνει κοινή πορεία μελών (<http://el.thefreedictionary.com>, 2016) που διατηρούν την οντότητά τους, όπως ένας σύλλογος (Ένωση Ελλήνων Χημικών). Στην επιστημονική γλώσσα χημική ένωση είναι κάτι εντελώς διαφορετικό από τα μέλη-συστατικά.

Επίσης η διαφορετική κουλτούρα κρατών ή εθνοτήτων μπορεί να αντανακλάται στο νόημα που αποδίδεται σε κάποιες λέξεις. Στα ελληνικά η λέξη «άτομο», σημαίνει και έναν άνθρωπο μεμονωμένα. Στα πορτογαλικά, αντίθετα, η λέξη «άτομο» παραπέμπει σε άστρο ή άλλο ουράνιο σώμα. Στη χημική ορολογία (επιστημονική γλώσσα) η λέξη άτομο δηλώνει ένα μικροσκοπικό σωματίδιο της ύλης. Εναλλακτικές αντιλήψεις με γλωσσική ή και πολιτισμική προέλευση ανιχνεύθηκαν εκτός από την Ελλάδα στην Πορτογαλία και στη Βρετανία (Maskill et al., 1997), καθώς επίσης σε μαθητές στην Αυστραλία και στις Φιλιππίνες (Lynch, 1996).

Η παρανόηση κατά την οποία οι ουσίες αλλάζουν από μόνες τους και δεν αλληλεπιδρούν μπορεί να οφείλεται επίσης και στη διαδεμένη χρήση καθημερινών εκφράσεων. Έτσι για παράδειγμα η έκφραση «το γάλα ξυνίζει» υποδηλώνει την αλλαγή (με την έννοια της ‘μεταστοιχείωσης’) μιας ουσίας και ταυτόχρονα την απουσία αλληλεπίδρασης (Stavridou & Solomonidou, 1998. Χατζηνικήτα, 1995). Επίσης, το ίδιο μπορεί να ισχύει και για το «καρφί που σκουριάζει» (Solomonidou & Stavridou, 1994).

Συμπερασματικά, η γλώσσα από απαραίτητο πολιτισμικό και ψυχολογικό εργαλείο σκέψης και κοινωνικής αλληλεπίδρασης, μετατρέπεται σε παγίδα. Το κοινωνικό περιβάλλον μέσα στο οποίο διεξάγονται όλες αυτές οι αλληλεπιδράσεις, επίσης. Λειτουργεί – με άλλα λόγια – σαν δίκικο μαχαίρι. Η συνάντηση της καθομιλουμένης και της επιστημονικής γλώσσας στην τάξη των Φυσικών Επιστημών

(και της Χημείας) επιφυλάσσει – κάποτε - δυσάρεστες εκπλήξεις. Απαιτείται επομένως προσεκτική καταγραφή όλων αυτών των πολιτισμικών και γλωσσικών παραγόντων που οδηγούν σε εναλλακτικές αντιλήψεις, κατά τον σχεδιασμό δραστηριοτήτων που στόχο έχουν να τις αναδείξουν και να τις τροποποιήσουν.

3.4 Αναγκαιότητα, πρωτοτυπία και κεντρική υπόθεση της έρευνας

Η παρούσα έρευνα εστιάστηκε σε ορισμένες βασικές έννοιες της Χημείας που διδάσκονται με βάση το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών στη Β΄ Γυμνασίου και είναι προαπαιτούμενες για την κατανόηση άλλων σημαντικών εννοιών στη συνέχεια. Πρόκειται για τις έννοιες χημικό στοιχείο και χημική ένωση, χημική μεταβολή ή χημική αντίδραση και στοιχειώδη σωματίδια της ύλης, δηλαδή άτομα και μόρια. Για το σκοπό αυτό αρχικά καταγράφηκαν εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών αναφορικά με τις έννοιες αυτές από τη διεθνή βιβλιογραφία. Με βάση τις εναλλακτικές αντιλήψεις που εντοπίστηκαν τόσο από τη βιβλιογραφία όσο και από την πιλοτική έρευνα και σε συνδυασμό με τους στόχους του Αναλυτικού Προγράμματος σχεδιάστηκαν Πειραματικές Διδακτικές Παρεμβάσεις, εποικοδομητικού τύπου.

Η επιλογή των εννοιών που προαναφέρθηκαν έγινε με βάση την ύπαρξη εναλλακτικών ιδεών από την πλευρά των μαθητών που αποδεικνύονται «ισχυρές» και «ανθεκτικές» μετά από τη διδασκαλία (Ahtee & Varjola, 1998. Andersson, 1990. Awan et al., 2011. Barker, 2000. Briggs & Holding, 1986. Chiu, 2007. Griffiths & Preston, 1992. Papageorgiou & Johnson, 2005. Stavridou & Solomonidou, 1989) και επιπλέον με βάση το γεγονός ότι οι συγκεκριμένες είναι θεμελιώδεις χημικές έννοιες των οποίων η κατανόηση είναι προαπαιτούμενη για τη διδασκαλία και τη μάθηση εννοιών της χημείας που διδάσκονται μετέπειτα. Έτσι, η έννοια της χημικής αντίδρασης – για παράδειγμα – είναι προαπαιτούμενη για την κατανόηση της εξουδετέρωσης, της καύσης και άλλων κατηγοριών αντιδράσεων, ενώ οι έννοιες του ατόμου και του μορίου είναι προαπαιτούμενες για την κατανόηση των εννοιών οξέα, βάσεις, υδρογονάνθρακες, αλκοόλες κ.λπ. που διδάσκονται στη Γ΄ Γυμνασίου.

Η αναγκαιότητα του να λαμβάνονται υπόψη οι αντιλήψεις των μαθητών στη διδασκαλία, είναι κάτι που αναφέρεται μεν στα σχολικά εγχειρίδια (κυρίως βιβλίο του εκπαιδευτικού, Αβραμιώτης κ. συν., 2007β), χωρίς όμως να δίνονται σαφείς και

συγκεκριμένες οδηγίες για το πώς να τις διαχειριστεί ο εκπαιδευτικός μέσα στην τάξη. Έτσι, όποτε εναλλακτικές αντιλήψεις αναδεικνύονται κατά τη διάρκεια της διδακτικής διαμεσολάβησης, η αντιμετώπιση των σχετικών προβλημάτων επαφίεται στους αυτοσχεδιασμούς των εκπαιδευτικών.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενες ενότητες, η χρήση διδακτικών αναλογιών - είτε απλών, είτε πολλαπλών- έχει προταθεί από προηγούμενες έρευνες σχετικά με μια ποικιλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών, για τις οποίες έχουν καταγραφεί εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών. Συγκεκριμένα, προηγούμενες έρευνες έχουν εστιάσει στη διδασκαλία της διάθλασης του φωτός σε μαθητές Λυκείου (Harrison & Treagust, 1993), εννοιών ηλεκτροχημείας και χημικής ισορροπίας σε μαθητές Λυκείου (Harrison & De Jong, 2005. Ijioma & Onwukwe, 2011), του κυττάρου και της διαδικασίας της αναπνοής σε μαθητές Δημοτικού και Γυμνασίου (Gineste & Gilbert, 1995. Glynn & Takahashi, 1998), της πίεσης (υδροστατικής, ατμοσφαιρικής) σε μαθητές Γυμνασίου (Lin, Shiaou, & Lawrenz, 1996), των ομογενών και ετερογενών μειγμάτων και της διαλυτότητας σε μαθητές Γυμνασίου (Calic, Ayas, & Coll, 2009) και της ανακύκλωσης αλουμινίου σε μαθητές Δημοτικού (Blake, 2004).

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι δεν έχει διερευνηθεί η δυνατότητα μιας συνεκτικής επεξεργασίας των εναλλακτικών αντιλήψεων που συνδέονται με το σύνολο των βασικών και προαπαιτούμενων εννοιών της Χημείας στη διδακτική βαθμίδα του Γυμνασίου με τη χρήση διδακτικών αναλογιών.

Επιχειρώντας να καλύψει αυτή την έλλειψη, η παρούσα έρευνα στοχεύει στο να διατυπώσει μια συγκροτημένη και συστηματική διδακτική πρόταση που στηρίζεται σε δύο βασικούς πυλώνες: τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών αναφορικά με τις βασικές έννοιες της Χημείας που εισάγονται για πρώτη φορά στο αντίστοιχο μάθημα της Β' Γυμνασίου και τη χρήση διδακτικών αναλογιών. Αναφορικά με τον πρώτο πυλώνα, οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών που έχουν ήδη διαμορφωθεί πριν την έναρξη της τυπικής τους εκπαίδευσης (Driver et al., 1993) αλληλεπιδρούν με τη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης και ή παγιώνονται και παραμένουν ως εναλλακτικές αντιλήψεις (Driver et al., 2000. Ραβάνης, 1999), ή μετατρέπονται σε απόψεις συμβατές με τις επιστημονικά αποδεκτές. Οι αντιλήψεις αυτές, ακόμα κι αν αναγνωρίζονται και ανιχνεύονται κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, τείνουν να μην αντιμετωπίζονται με συστηματικό τρόπο στην καθημερινή σχολική πρακτική, καθώς – όπως ήδη επισημάνθηκε- δεν παρέχονται σχετικές οδηγίες ούτε στο επίσημο αναλυτικό

πρόγραμμα (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2003), ούτε στο βιβλίο του εκπαιδευτικού (Αβραμιώτης και συν., 2007β).

Αναφορικά με το δεύτερο πυλώνα, η πρωτοτυπία της παρούσας διατριβής συνίσταται στη σύνταξη και σύνθεση διαφορετικών διδακτικών αναλογιών που στοχεύουν στην επεξεργασία εννοιών της Χημείας λαμβάνοντας υπόψη το βασικό σώμα εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών στο αντίστοιχο πεδίο. Είναι η πρώτη έρευνα – από όσο γνωρίζουμε – τόσο στον ελλαδικό χώρο όσο και ευρύτερα, που επεξεργάζεται βασικές έννοιες της Χημείας για μαθητές Γυμνασίου με τη χρήση πολλαπλών διδακτικών αναλογιών σε ένα τυπικό (και όχι πειραματικό) σχολείο της αντίστοιχης εκπαιδευτικής βαθμίδας, με βάση το ισχύον αναλυτικό πρόγραμμα διδασκαλίας.

Με βάση το θεωρητικό πλαίσιο που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών όπως αυτά αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες διατυπώθηκε η κεντρική ερευνητική υπόθεση της παρούσας έρευνας σύμφωνα με την οποία:

Η χρήση διδακτικών αναλογιών σχεδιασμένων και συνδυασμένων για την αντιμετώπιση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών αναμένεται να οδηγήσει σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα από μια συμβατική διδασκαλία για βασικές έννοιες της Χημείας.

Κεφάλαιο 4ο

ΜΕΘΟΔΟΣ

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μέθοδος διεξαγωγής της παρούσας έρευνας. Κατ' αρχήν περιγράφεται το δείγμα και το χρονοδιάγραμμα της έρευνας, καθώς και τα ευρήματα της πιλοτικής δοκιμής. Στη συνέχεια περιγράφονται το εργαλείο και η διαδικασία συλλογής των δεδομένων καθώς και ο τρόπος κωδικοποίησης και ανάλυσής τους. Κατόπιν παρατίθενται οι έννοιες και οι στόχοι του αναλυτικού προγράμματος σπουδών της Χημείας που αφορούν τη σχολική βαθμίδα του δείγματος και συγκεκριμένα τη Β' τάξη του Γυμνασίου. Επίσης, αναφέρονται οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών αναφορικά με τις υπό εξέταση έννοιες της Χημείας, καθώς και ο τρόπος που συνδέονται οι αντιλήψεις αυτές με τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος. Έπειτα παρουσιάζεται αναλυτικά η διδακτική παρέμβαση με την Πειραματική Ομάδα για κάθε μια από τις τρεις Διδακτικές Ενότητες που διαπραγματεύτηκε (χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις, χημικές αντιδράσεις, άτομα και μόρια) σύμφωνα με το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας πέντε σταδίων. Περιγράφονται οι αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν, η αντιστοίχισή τους με τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος και ο τρόπος που εντάχθηκαν στις πειραματικές διδασκαλίες. Τέλος παρουσιάζεται αναλυτικά η διδακτική παρέμβαση που ακολουθήθηκε στην Ομάδα Ελέγχου.

4.2 Το δείγμα της έρευνας

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 44 μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (αγόρια και κορίτσια). Όλοι ήταν κάτοικοι Γρεβενών και το σχολικό έτος στη διάρκεια του οποίου διεξήχθη η έρευνα φοιτούσαν στη Β' τάξη του 2^{ου} Γυμνασίου της πόλης. Το δείγμα αποτελούνταν από δύο ομάδες που αντιστοιχούσαν σε δύο τμήματα της

αντίστοιχης τάξης του Γυμνασίου. Το ένα τμήμα μαθητών αποτέλεσε την Πειραματική Ομάδα και το άλλο αποτέλεσε την Ομάδα Ελέγχου. Οι ομάδες επιλέχθηκαν ανάμεσα στα πέντε τμήματα της δευτέρας τάξης του σχολείου ώστε να είναι περίπου ισοδύναμες ως προς τις ακαδημαϊκές επιδόσεις τους. Να σημειωθεί επίσης ότι οι δύο ομάδες μαθητών ήταν ισοπληθείς και αποτελούνταν η μεν πειραματική από 14 αγόρια και 8 κορίτσια, η δε ομάδα ελέγχου από 12 αγόρια και 10 κορίτσια. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1

Τα χαρακτηριστικά του δείγματος

	Αγόρια	Κορίτσια	Σύνολο
Πειραματική ομάδα	14	8	22
Ομάδα ελέγχου	12	10	22
Σύνολο	26	18	44

Όπως προβλέπεται από το αναλυτικό πρόγραμμα (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2003), οι μαθητές του δείγματος διδάσκονταν για πρώτη φορά το μάθημα της Χημείας ως αυτόνομο διδακτικό αντικείμενο. Δεν είχαν επομένως διδαχθεί προηγούμενα με συστηματικό και αναλυτικό τρόπο τις βασικές έννοιες της Χημείας που διαπραγματεύεται η παρούσα έρευνα.

4.3 Χρονοδιάγραμμα της έρευνας

Ένα χρόνο πριν τις πειραματικές διδακτικές παρεμβάσεις διενεργήθηκε πιλοτική έρευνα τα χαρακτηριστικά της οποίας αναφέρονται αναλυτικά στην επόμενη ενότητα.

Η κυρίως έρευνα πραγματοποιήθηκε στη διάρκεια του σχολικού έτους 2012-13. Πιο συγκεκριμένα, κατά την πρώτη φάση της έρευνας χορηγήθηκε ένα ερωτηματολόγιο προ-ελέγχου και στις δύο ομάδες μαθητών του δείγματος.

Ακολούθησε η υλοποίηση του προγράμματος διδακτικής παρέμβασης, που διήρκεσε από 15 Ιανουαρίου έως 28 Μαρτίου 2013. Αυτό το χρονικό διάστημα των

δέκα εβδομάδων περίπου, προβλέπεται από το χρονοδιάγραμμα του ετήσιου προγραμματισμού διδακτέας ύλης ώστε να διδαχθούν οι σχετικές ενότητες του προγράμματος σπουδών που διαπραγματεύτηκαν οι παρεμβάσεις στις δύο ομάδες του δείγματος (χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις, χημικές αντιδράσεις, άτομα και μόρια). Η χρονική διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων ήταν ίδια τόσο για την Πειραματική όσο και για την Ομάδα Ελέγχου.

Είκοσι περίπου ημέρες μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης (15 Απριλίου 2013) πραγματοποιήθηκε ο μετα-έλεγχος στην Πειραματική Ομάδα και την Ομάδα Ελέγχου.

4.4 Πιλοτική έρευνα

Κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους που προηγήθηκε αυτού της κυρίως έρευνας (δηλ. το 2011-12) διεξήχθη πιλοτική έρευνα με ομάδες μαθητών (Β' και Γ' τάξης Γυμνασίου) για να ελεγχθούν τα εξής:

- Η κατανόηση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου του προ- και μετα-ελέγχου.
- Η κατανόηση των κειμένων με αναλογίες σχετικών με τις υπό διδασκαλία έννοιες από την πλευρά των μαθητών.
- Η κατανόηση της διαδικασίας αντιστοίχισης των κοινών χαρακτηριστικών μεταξύ του τομέα – βάσης και του τομέα – στόχου της αναλογίας.
- Η δυνατότητα λειτουργικής ένταξης της αναλογίας στη διδακτική διαδικασία.

Η δοκιμή των ερωτηματολογίων προ- και μετα-ελέγχου έδειξε ότι οι μαθητές ήταν σε θέση να κατανοήσουν τις ερωτήσεις και να απαντήσουν σε αυτές με βάση τις συναφείς αντιλήψεις και τα εννοιολογικά τους σχήματα.

Στο πλαίσιο της πιλοτικής έρευνας διδάχθηκαν επίσης ενδεικτικές ενότητες του μαθήματος της Χημείας (Διαλύματα, Χημικά και Φυσικά Φαινόμενα, Άτομα και Μόρια, Σύμβολα στοιχείων και μοριακοί τύποι) με τη χρήση αναλογιών, η πλειοψηφία των οποίων χρησιμοποιήθηκαν στην κυρίως έρευνα. Η πιλοτική έρευνα έδειξε ότι οι μαθητές ήταν σε θέση να κατανοούν και να χειρίζονται αναλογίες αναφορικά με τις βασικές χημικές έννοιες που διαπραγματευόταν η διδασκαλία. Επιπλέον, η χρήση

διδασκικών αναλογιών φάνηκε να τους εμπλέκει πιο ενεργητικά στη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία, καθώς συμμετείχαν πιο αυθόρμητα σε συζητήσεις και διαλόγους, έπαιρναν μέρος με προθυμία σε ομαδικές εργασίες, αξιοποιούσαν τις αναλογίες για να επιλύσουν προβλήματα αλλά και για να εντάξουν στο λεξιλόγιό τους λέξεις και εκφράσεις της χημικής ορολογίας.

Τέλος, η πιλοτική έρευνα αποτέλεσε κεντρικό γνώμονα στον τελικό σχεδιασμό της διδακτικής παρέμβασης, καθώς επέτρεψε τη συστηματική συσχέτιση και αντιστοίχιση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών με τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος και καθοδήγησε το σχεδιασμό, την επιλογή και το συνδυασμό των διδακτικών αναλογιών που εισήχθησαν σε κάθε διδακτική ενότητα.

4.5 Συλλογή δεδομένων

Στην ενότητα αυτή γίνεται αναφορά στο ερωτηματολόγιο που απετέλεσε το εργαλείο συλλογής δεδομένων της έρευνας και στη διαδικασία συλλογής των δεδομένων της έρευνας.

4.5.1 Εργαλεία συλλογής δεδομένων

Με βάση τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών που καταγράφηκαν από τη βιβλιογραφία, συντάχτηκε ερωτηματολόγιο (βλέπε Παράρτημα Ι) το οποίο αναφέρεται στις έννοιες που προβλέπεται, σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2003), να διδάχτούν οι μαθητές της Β΄ τάξης του Γυμνασίου στις αντίστοιχες – της παρούσας έρευνας - διδακτικές ενότητες 2.6, 2.7 και 2.8 του διδακτικού εγχειριδίου Χημείας Β΄ Γυμνασίου, (Αβραμιώτης κ. συν., 2007α).

Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε συνολικά 17 ερωτήσεις (πολλές από τις οποίες έχουν από 2 έως 8 υποερωτήσεις) τόσο ανοικτού όσο και κλειστού τύπου και αποσκοπούσε αφ' ενός στην καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών αναφορικά με τις υπό διαπραγμάτευση έννοιες της Χημείας και αφ' ετέρου στον μετασχηματισμό των καταγεγραμμένων αντιλήψεων και την απόδοσή τους με όρους επιδόσεων (σκορ) για την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας. Οπότε, κάθε ένα από τα ερωτήματα αναφέρονταν σε συγκεκριμένη εναλλακτική αντίληψη (ή αντιλήψεις). Για παράδειγμα, η Ερώτηση 3 («*Τι νομίζεις ότι είναι το χημικό στοιχείο;*») αποσκοπούσε

να διερευνήσει κατά πόσο η σκέψη των μαθητών περιλαμβάνει την εναλλακτική αντίληψη ότι το χημικό στοιχείο μπορεί να διασπαστεί (EA2, βλ. ενότητα 4.7.3), καθώς και την εναλλακτική αντίληψη ότι η χημική ένωση είναι μείγμα χημικών στοιχείων (EA7, βλ. ενότητα 4.7.3). Παρόμοια, η Ερώτηση 16 με τα υποερωτήματά της («*Τα άτομα του σιδήρου είναι σκληρά*», «*Τα άτομα του χαλκού είναι πορτοκαλιά*», «*Τα μόρια του σαπουνιού είναι μαλακά*» κ.λπ.) αποσκοπούσε να διερευνήσει κατά πόσο η σκέψη των μαθητών περιλαμβάνει την εναλλακτική αντίληψη ότι τα σωματίδια των στοιχείων έχουν τις εκάστοτε μακροσκοπικές ιδιότητες του αντίστοιχου υλικού (EA15, βλ. ενότητα 4.7.3). Οι ερωτήσεις και τα υποερωτήματα του ερωτηματολογίου ομαδοποιημένες ανά εναλλακτική αντίληψη αλλά και ανά διδακτική ενότητα των παρεμβάσεων παρατίθενται στο Παράρτημα I (Πίνακες I.1 και I.2).

4.5.2 Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Για τη συμμετοχή των μαθητών του δείγματος στην έρευνα, αρχικά ζητήθηκε και εξασφαλίστηκε η γραπτή συγκατάθεση των γονέων τους.

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου έγινε κατά τη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας στην αντίστοιχη αίθουσα διδασκαλίας κάθε ομάδας του δείγματος (Ομάδα Ελέγχου και Πειραματική Ομάδα). Πριν από τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου κατέστη σαφές στους συμμετέχοντες ότι η συμμετοχή είναι προαιρετική και ανώνυμη, καθώς και ότι η διαδικασία αυτή δεν αποτελεί μέρος της τυπικής αξιολόγησης της επίδοσής τους. Κατά συνέπεια οι όποιες απαντήσεις δεν θα έχουν καμία επίπτωση ή αντίκτυπο σε αυτή. Οι μαθητές ενθαρρύνθηκαν να σκεφτούν ελεύθερα και να διατυπώσουν με σαφήνεια και ειλικρίνεια τη γνώμη τους. Κατόπιν ακολούθησε η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου για το οποίο διατέθηκε ο απαιτούμενος χρόνος, ώστε να έχουν την ευχέρεια να απαντήσουν όλοι και όλες χωρίς πίεση.

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου έγινε ατομικά και η διαδικασία επαναλήφθηκε με το ίδιο ερωτηματολόγιο τόσο στον προ- όσο και στον μετα-έλεγχο. Συγκεκριμένα, η πρώτη συμπλήρωση διεξήχθη μια εβδομάδα πριν την έναρξη των παρεμβάσεων και η δεύτερη τρεις εβδομάδες μετά τη λήξη των παρεμβάσεων και για τις δύο ομάδες του δείγματος.

4.6 Κωδικοποίηση και ανάλυση των δεδομένων

Οι απαντήσεις στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου κωδικοποιήθηκαν με βάση την ορθότητα και την πληρότητά τους, καθώς και με βάση την παρουσία ή όχι εναλλακτικών αντιλήψεων σε αυτές.

Στις ερωτήσεις κλειστού τύπου (Σωστού/Λάθους, ή πολλαπλής επιλογής) η επιστημονικά αποδεκτή απάντηση έπαιρνε 1 μονάδα ενώ η μη αποδεκτή 0 μονάδες. Στις ερωτήσεις ανοικτού τύπου κάθε αποδεκτή απάντηση βαθμολογούνταν με 3 μονάδες, κάθε μερικώς αποδεκτή απάντηση με 2 μονάδες, κάθε απάντηση με εναλλακτικές αντιλήψεις βαθμολογούνταν με 1 μονάδα και κάθε απάντηση με απουσία νοηματοδότησης με 0 μονάδες.

Ειδικότερα, όσον αφορά τις ερωτήσεις ανοικτού τύπου οι απαντήσεις ταξινομήθηκαν ως εξής:

- 1) Αποδεκτές απαντήσεις, δηλαδή συμβατές με τη σχολική επιστημονική γνώση. Έτσι, για παράδειγμα καταγράφηκαν ορισμοί είτε περιγραφικοί («*η χημική ένωση είναι πολλά χημικά στοιχεία ενωμένα*», Μαθήτρια 19, Π.Ο.), είτε με τη χρήση θεωρητικών εννοιών («*χημικό στοιχείο είναι μια ουσία που δεν μπορεί να διασπαστεί*», Μαθήτρια 22, Π.Ο.).
- 2) Απαντήσεις μερικώς αποδεκτές όπου διακρίνουμε τις υποπεριπτώσεις:
 - α) απουσία διάκρισης εννοιών και διαδικασιών, για παράδειγμα «*[απλή χημική ουσία είναι] όταν δεν ανακατεύουμε άλλα υλικά*» (Μαθήτρια 1, Ο.Ε.).
 - β) αδυναμία χρήσης αφηρημένων εννοιών, για παράδειγμα «*[το χημικό στοιχείο] είναι ένα πράγμα μόνο*» Μαθητής 11, Ο.Ε.), ή
 - γ) χρήση κατάλληλων παραδειγμάτων που ωστόσο υποδεικνύουν μια περιορισμένη αντίληψη της υπό εξέταση έννοιας, π.χ. «*χημική αντίδραση είναι όταν κάνουμε ένα πείραμα και γίνεται έκρηξη*» (Μαθητής 12, Π.Ο.).
- 3) Απαντήσεις με εναλλακτικές αντιλήψεις που μπορεί να είναι του τύπου: «*χημική αντίδραση είναι νερό μέσα στο κρασί*» (Μαθητής 3, Π.Ο.).
- 4) Απουσία νοηματοδότησης, το οποίο μπορεί να σημαίνει απουσία ή αδυναμία απάντησης, για παράδειγμα «*[η έκφραση: μια χημική ουσία είναι*

‘σύνθετη’] δεν σημαίνει τίποτε» (Μαθήτρια 1, Ο.Ε), ή ταυτολογία (π.χ. «απλή χημική ουσία είναι αυτή που δεν είναι σύνθετη» (Μαθητής 6, Ο.Ε.).

Το άθροισμα των μονάδων για όλες τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου έδινε το συνολικό σκορ για κάθε μαθητή ή μαθήτρια, που αντιστοιχούσε στο βαθμό κατανόησης των βασικών εννοιών της χημείας που διδάχθηκαν (και που στο εξής αναφέρεται ως ‘επίδοση’). Έτσι, το δυνητικά μέγιστο σκορ - στην περίπτωση που κάποιος απαντούσε με αποδεκτό τρόπο σε όλα τα ερωτήματα - ήταν 53 μονάδες. Ειδικότερα τα ερωτήματα που αντιστοιχούν στη Διδακτική Ενότητα 2.6 δίνουν μέγιστο δυνητικό σκορ 14 μονάδες, τα ερωτήματα που αντιστοιχούν στη Διδακτική Ενότητα 2.7 δίνουν 17 μονάδες, ενώ αυτά που αντιστοιχούν στη Διδακτική Ενότητα 2.8 δίνουν μέγιστο δυνητικό σκορ 22 μονάδες.

Οι απαντήσεις στα ερωτήματα καταχωρήθηκαν σε πίνακες και επεξεργάστηκαν με το πρόγραμμα στατιστικής επεξεργασίας δεδομένων SPSS. Συγκεκριμένα, συγκρίθηκαν τόσο οι γενικοί μέσοι όροι επίδοσης των μαθητών που σχετίζονταν με το συνολικό τους σκορ στα ερωτηματολόγια του προ- και του μετα-ελέγχου, όσο και οι μέσοι όροι επίδοσής τους για καθεμιά από τις τρεις διδακτικές ενότητες που αποτελούν το αντικείμενο μελέτης της παρούσας διατριβής. Επιπλέον, έγινε σύγκριση των επιδόσεων που σχετίζονταν με κάθε εναλλακτική αντίληψη και τα αποτελέσματα ομαδοποιήθηκαν ανά Διδακτική Ενότητα.

Οι συγκρίσεις στα τρία αυτά επίπεδα επιδόσεων (συνολική, ανά διδακτική ενότητα και ανά εναλλακτική αντίληψη) διενεργήθηκαν με τους κατάλληλους στατιστικούς ελέγχους τόσο ανάμεσα στις δύο ομάδες των μαθητών (Πειραματική Ομάδα και Ομάδα Ελέγχου) με τη χρήση του t-test ανεξάρτητων δειγμάτων, όσο και εντός της ίδιας ομάδας και μεταξύ των επιδόσεών της στον προ-έλεγχο και στον μετα-έλεγχο με τη χρήση του t-test ζευγαρωτών δειγμάτων. Με τον τρόπο αυτό κατέστη δυνατή αφενός η σύγκριση της αποτελεσματικότητας των δύο τρόπων διδασκαλίας (εποικοδομητικού τύπου με χρήση διδακτικών αναλογιών και συμβατικής, όπως περιγράφονται στις ενότητες 4.8.1 και 4.8.2 αντίστοιχα), αφετέρου η αποτίμηση της επίτευξης των διδακτικών στόχων της διδασκαλίας σε κάθε ομάδα του δείγματος.

4.7 Εννοιολογικό πλαίσιο των διδασκόμενων εννοιών

Το εννοιολογικό πλαίσιο της έρευνας περιλαμβάνει κατ' αρχήν την παράθεση βασικών εννοιών της Χημείας που χρησιμοποιούνται στην παρούσα έρευνα. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στους στόχους του αναλυτικού προγράμματος και στους τρόπους σύζευξής του με τις εναλλακτικές αντιλήψεις που συνδέονται με τις υπό εξέταση χημικές έννοιες.

4.7.1. Εννοιολογικός προσδιορισμός και προαπαιτούμενα για την κατανόηση βασικών εννοιών της Χημείας

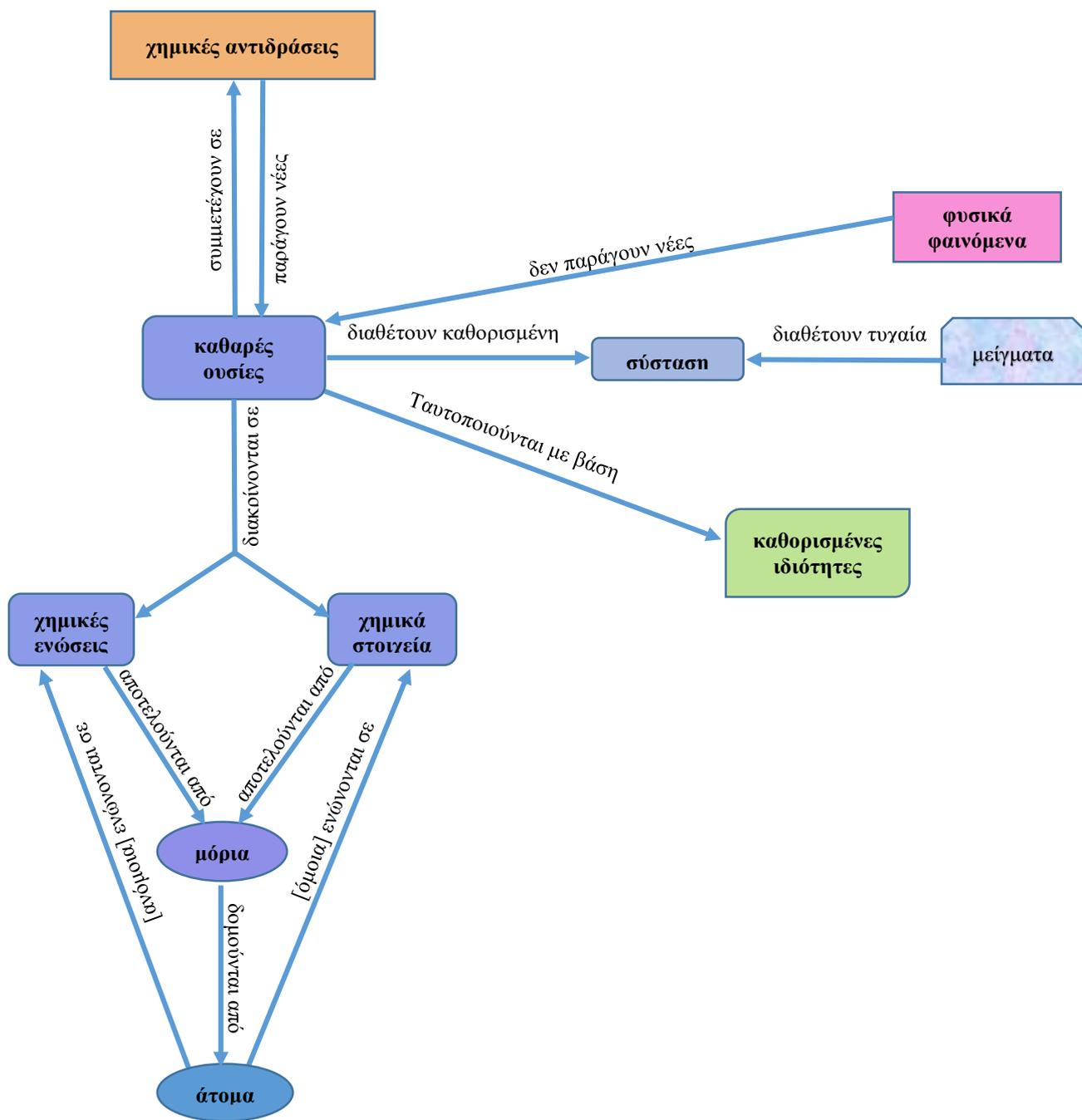
Βασικές έννοιες της Χημείας, όπως αποτυπώνονται στα σχολικά εγχειρίδια για το επίπεδο γνώσης των μαθητών στους οποίους απευθύνονται και που σχετίζονται με την παρούσα έρευνα, ορίζονται ως εξής (Λιοδάκης και συν., 1999. Τσίπης, 1996, 1997):

- Χημική ένωση είναι κάθε καθαρή ουσία που μπορεί να διασπαστεί σε άλλες απλούστερες και αποτελείται από δύο τουλάχιστον είδη ατόμων. Η χημική ένωση είναι σύνθετη ουσία.
- Χημικό στοιχείο ονομάζεται η καθαρή ουσία που δε διασπάται σε απλούστερη και αποτελείται από ένα είδος ατόμων (άτομα με τον ίδιο ατομικό αριθμό). Το χημικό στοιχείο είναι απλή ουσία.
- Οι καθαρές ουσίες (χημικά στοιχεία και – κυρίως - χημικές ενώσεις) έχουν ορισμένη και σταθερή σύσταση.
- Μείγμα δύο ή περισσότερων καθαρών ουσιών (απλών ή σύνθετων) είναι ο συνδυασμός των ουσιών αυτών με μεταβλητή σύσταση.
- Μόριο είναι το μικρότερο κομμάτι μιας καθαρής ουσίας (χημικού στοιχείου ή χημικής ένωσης) που μπορεί να υπάρξει ελεύθερο διατηρώντας τις ιδιότητες της ύλης από την οποία προέρχεται. Άτομο είναι το μικρότερο σωματίδιο ενός χημικού στοιχείου που μπορεί να πάρει μέρος στο σχηματισμό χημικών ενώσεων.
- Μια μεταβολή χαρακτηρίζεται ως χημική εφόσον στο τέλος προκύπτει μία ή περισσότερες νέες ουσίες. Η κατανόηση της έννοιας της χημικής ουσίας είναι προαπαιτούμενη για την κατανόηση της έννοιας της χημικής μεταβολής (Ahtee & Varjiola, 1998. Eskilsson & Hellden, 2003). Οι ουσίες που προκύπτουν, τα

προϊόντα, είναι εντελώς διαφορετικές από τις αρχικές, δηλαδή τα αντιδρώντα. Οι ουσίες αυτές αναγνωρίζονται από τις ιδιότητές τους και ταυτοποιούνται με βάση χαρακτηριστικές σταθερές όπως το σημείο τήξης ή βρασμού. Σε μια χημική μεταβολή τα μόρια - με την αρχική τους δομή - παύουν να υφίστανται ενώ τα άτομα παραμένουν αυτούσια.

- Τόσο στις φυσικές όσο και στις χημικές μεταβολές παρατηρούνται αλλοιώσεις στις ουσίες που τις υφίστανται, όμως μόνο στην πρώτη περίπτωση οι ιδιότητες παραμένουν σταθερές (σημείο τήξης, αγωγιμότητα κ.λπ.).
- Σε μια χημική αντίδραση οι ουσίες που παίρνουν μέρος είτε ως αντιδρώντα είτε ως προϊόντα συμμετέχουν με ορισμένη και σταθερή αναλογία μαζών. Επίσης, η συνολική μάζα τόσο στην αρχή (δηλαδή η μάζα όλων των αντιδρώντων) όσο και στο τέλος (η μάζα όλων των προϊόντων) παραμένει σταθερή. Με άλλα λόγια αν η χημική αντίδραση γίνει πάνω σε μια ζυγαριά ακριβείας, αυτή δε θα μετακινηθεί ούτε στο ελάχιστο.
- Η χημική αντίδραση, ως διαδικασία είναι πολύπλοκη. Δεν αρκεί η απλή παρουσία ή η ανάμειξη των αντιδρώντων και δεν συνιστά αντίδραση η μίξη ουσιών. Για να πραγματοποιηθεί μια χημική αντίδραση απαιτούνται ορισμένες ενεργειακές και άλλες συνθήκες ως προϋποθέσεις. Αν αυτές δεν εξασφαλιστούν η αντίδραση δεν γίνεται, δηλαδή στο τέλος θα υπάρχει μόνο μίγμα αρχικών ουσιών και τίποτε άλλο.
- Οι χημικές μεταβολές είναι φαινόμενα ως επί το πλείστον αντιστρεπτά. Δηλαδή μια αντίδραση ξεκινά με τις ουσίες Α και Β ως αντιδρώντα και καταλήγει με τις ουσίες Γ και Δ ως προϊόντα. Παράλληλα οι ουσίες Γ και Δ μπορούν να λειτουργούν ως αντιδρώντα και να καταλήγουν στις ουσίες Α και Β ως προϊόντα (π.χ. το άζωτο και το υδρογόνο ενώνονται και συνθέτουν την αμμωνία, αλλά και η αμμωνία μπορεί να διασπαστεί αποδίδοντας υδρογόνο και άζωτο).
- Πολλές είναι οι χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στη φύση και χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση (π.χ. φωτοσύνθεση), ή που μπορούν να πραγματοποιηθούν αυθόρμητα δηλαδή χωρίς κανενός είδους ώθηση (π.χ. οξείδωση).

Τα παραπάνω αποτυπώνονται στον εννοιολογικό χάρτη στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 4.1 Εννοιολογικός χάρτης των βασικών εννοιών της Χημείας

Ωστόσο, η σκέψη των μαθητών απέχει αρκετά από τα παραπάνω δεδομένα καθώς αυτοί διαθέτουν μια σειρά από εναλλακτικές αντιλήψεις που αναλύονται στις επόμενες ενότητες, αφού πρώτα παρουσιαστούν οι έννοιες της Χημείας που διδάσκονται στη Β΄ Γυμνασίου και οι σχετικοί στόχοι του αναλυτικού προγράμματος.

4.7.2 Οι έννοιες στο αναλυτικό πρόγραμμα Χημείας της Β΄ Γυμνασίου

Η Χημεία ως μάθημα γενικής παιδείας διδάσκεται στη Β΄ Γυμνασίου μία ώρα εβδομαδιαίως. Η ροή του αναλυτικού προγράμματος για τη Χημεία της Β΄ Γυμνασίου έχει ως εξής (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2003):

Στην εισαγωγική ενότητα και μετά την παρουσίαση του αντικειμένου μελέτης της Χημείας (μια και αποτελεί νέο γνωστικό αντικείμενο) μελετώνται οι φυσικές μεταβολές (τήξη, πήξη, εξάτμιση κ.λπ.) και οι φυσικές ιδιότητες των υλικών (σκληρότητα, αγωγιμότητα, πυκνότητα κ.λπ.).

Στην πρώτη κύρια ενότητα –στην οποία εστιάζει η παρούσα έρευνα– μελετώνται κατ' αρχήν τα μείγματα, τα διαλύματα, η έννοια της περιεκτικότητας και ο διαχωρισμός μειγμάτων. Ακολουθούν οι έννοιες χημική ένωση – χημικό στοιχείο, χημική αντίδραση, άτομα – μόρια, υποατομικά σωματίδια, χημικά σύμβολα και μοριακοί τύποι στοιχείων και ενώσεων και χημικές εξισώσεις.

Ακολουθούν δύο ακόμη ενότητες που μελετούν τη χημική σύσταση και τη ρύπανση του αέρα και του εδάφους.

Από τα παραπάνω επιλέχθηκαν για να αποτελέσουν το αντικείμενο της παρούσας έρευνας οι ενότητες με τίτλους (Αβραμιώτης κ. συν., 2007α) «Διάσπαση του νερού: Χημικά στοιχεία – χημικές ενώσεις» (Ενότητα 2.6), «Χημική Αντίδραση» (Ενότητα 2.7) και «Μόρια – Άτομα» (Ενότητα 2.8), καθώς αυτές διαπραγματεύονται θεμελιώδεις χημικές έννοιες για τις οποίες έχει καταγραφεί από τη διεθνή έρευνα (Ahtee & Varjola, 1998. Andersson, 1990. Awan et al., 2011. Barker, 2000. Briggs & Holding, 1986. Chiu, 2007. Griffiths & Preston, 1992. Papageorgiou & Johnson, 2005. Stavridou & Solomonidou, 1989) πληθώρα σημαντικών και ανθεκτικών εναλλακτικών αντιλήψεων.

Οι στόχοι του αναλυτικού προγράμματος σπουδών της Χημείας Β΄ Γυμνασίου (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2003) για τις διδακτικές ενότητες που εντάχθηκαν στο πεδίο

έρευνας παρατίθενται παρακάτω με τους τίτλους και την αρίθμηση του σχολικού βιβλίου (Αβραμιώτης κ. συν., 2007α):

Ενότητα 2.6 Διάσπαση του νερού: Χημικά στοιχεία – χημικές ενώσεις

Σ2.6Α Να κατανοούν ότι το νερό είναι σύνθετη ουσία και έχει σταθερή σύσταση.

Σ2.6Β Να ορίζουν τα χημικά στοιχεία και να αναφέρουν παραδείγματα

Σ2.6Γ Να ορίζουν τις χημικές ενώσεις

Σ2.6Δ Να αναφέρουν ότι τα χημικά στοιχεία και οι χημικές ενώσεις έχουν καθορισμένες φυσικές σταθερές.

Ενότητα 2.7 Χημική αντίδραση

Σ2.7Α Να ορίζουν τη χημική αντίδραση και να αναφέρουν παραδείγματα

Σ2.7Β Να διακρίνουν τα αντιδρώντα από τα προϊόντα της χημικής αντίδρασης

Σ2.7Γ Να διατυπώνουν την αρχή διατήρησης της μάζας σε μια χημική αντίδραση

Ενότητα 2.8 Άτομα Μόρια

Σ2.8Β Να ορίζουν το άτομο και το μόριο

Σ2.8Γ Να διακρίνουν τα μόρια των χημικών στοιχείων από αυτά των χημικών ενώσεων

Σ2.8Δ Να αναπαριστούν μόρια με τη χρήση προσομοιωμάτων

Σ2.8Ε Να ερμηνεύουν τη χημική αντίδραση σε επίπεδο ατόμων και μορίων

Σ2.8Ζ Να προσδιορίζουν ποιοτική σύσταση και αναλογία ατόμων απλών χημικών ενώσεων από τους αντίστοιχους μοριακούς τύπους².

4.7.3 Εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην ενότητα 3.3 αναφορικά με τις χημικές έννοιες που εντάσσονται στο πεδίο της παρούσας έρευνας έχουν καταγραφεί πολλές και ποικίλες εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών για βασικές έννοιες της Χημείας, από διάφορους ερευνητές. Οι αντιλήψεις αυτές αναφέρονται συνοπτικά και κωδικοποιημένα

² Ο τελευταίος αυτός διδακτικός στόχος αναφέρεται σε επόμενη ενότητα του αναλυτικού προγράμματος και του διδακτικού εγχειριδίου αντίστοιχα, αλλά επισυνάπτεται εδώ ως συναφής και συμπληρωματικός στην ενότητα περί δομής και κατασκευής μορίων από άτομα.

παρακάτω, καθώς –όπως θα φανεί και στις επόμενες ενότητες- η αντιμετώπισή τους κατά την πειραματική διδακτική παρέμβαση αποτέλεσε κεντρική ερευνητική επιλογή στην παρούσα διατριβή:

- EA1) Τα πολυατομικά στοιχεία ταυτίζονται με τις χημικές ενώσεις (Briggs & Holding, 1986)
- EA2) Τα χημικά στοιχεία [είναι στερεά και] μπορούν να διασπαστούν (Barker 2000. Briggs & Holding, 1986)
- EA3) Η χημική ένωση έχει δύο στοιχεία, αν υπάρχουν περισσότερα πρόκειται για μίγμα (Barker, 2000. Briggs & Holding, 1986)
- EA4) Σύγχυση μεταξύ χημικού στοιχείου, χημικής ένωσης και μίγματος (Awan et al., 2011. Barker, 2000. Briggs & Holding, 1986. Sanger, 2000. Stains & Talanquer, 2007a. Toth & Kiss, 2006)
- EA5) Σύγχυση ανάμεσα στο χημικό στοιχείο και τη χημική ένωση (Briggs & Holding, 1986)
- EA6) Οι χημικές ουσίες διαφοροποιούνται από τις ιδιότητές τους (δεν θεωρούνται ταυτόσημες) (Barker, 2000. Briggs & Holding, 1986. Solomonidou & Stavridou, 2000)
- EA7) Οι χημικές ενώσεις είναι μίγματα (και αντίστοιχα οι χημικές αντιδράσεις είναι διαδικασίες ανάμιξης) (Horton, 2007. Stavridou & Solomonidou, 1998. Taber et al, 2008. Toth & Kiss, 2006)
- EA8) Στις χημικές αντιδράσεις δεν έχουμε διατήρηση της μάζας (Barker & Millar, 1999. Hesse & Andersson, 1992. Kwen, 2010)
- EA9) Οι χημικές αντιδράσεις είναι μη αντιστρεπτές μεταβολές (Horton, 2007)
- EA10) Τα προϊόντα της αντίδρασης υπάρχουν σε λανθάνουσα κατάσταση στα αντιδρώντα (De Vos & Verdonk, 1987)
- EA11) Στη χημική αλλαγή (αντίδραση) δεν έχουμε αλλαγή υλικού (ουσίας).
Δηλαδή οι ουσίες αλλάζουν ιδιότητες χωρίς να πάνε να διατηρούν την

ταυτότητά τους (Ahtee & Varjola, 1998. Anderson, 1990. Solomonidou & Stavridou, 2000)

EA12) Σύγχυση αλλαγής φυσικής κατάστασης και χημικής αντίδρασης (χημική μεταβολή – φυσική μεταβολή, ή χημική μεταβολή-ανάμιξη) (Azure, 2005. Barker, 2000)

EA13) Τα άτομα δεν διατηρούνται, μπορεί να εξαφανιστούν (Brook et al., 1984. Griffiths & Preston, 1992)

EA14) Τα άτομα είναι σκληρά σαν μπάλες μπιλιάρδου. Τα άτομα είναι σαν δομικοί λίθοι (Horton, 2007)

EA15) Τα άτομα των στοιχείων έχουν τις (μακροσκοπικές) ιδιότητες του εκάστοτε στοιχείου. (Brook et al., 1984. de Vos & Verdonck, 1987. Griffiths & Preston, 1992)

EA16) Τα μόρια διατηρούνται στις χημικές αντιδράσεις (Andersson, 1990. Cokelez et al., 2008)

EA17) Η ύλη δεν αποτελείται από σωματίδια (Horton, 2007).

Οι αντιλήψεις αυτές επιλέχθηκαν επειδή είναι σημαντικές και ευρέως διαδεδομένες σε μαθητές διαφορετικών χωρών. Είναι σημαντικές επειδή η διατήρησή τους εμποδίζει την επαρκή κατανόηση βασικών εννοιών της Χημείας (Ahtee & Varjola, 1998. Barker, 2000. Briggs & Holding, 1986. Chiu, 2007. Griffiths & Preston, 1992. Lee et al., 1993. Papageorgiou & Johnson, 2005. Stavridou & Solomonidou, 1989. Stavridou & Solomonidou, 1998), οι οποίες με βάση το ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2003) εισάγονται για πρώτη φορά στη διάρκεια της Β΄ Γυμνασίου.

4.7.4 Σύνδεση στόχων αναλυτικού προγράμματος και εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών προς υπέρβαση

Όπως ίσως έγινε κατανοητό, η επίτευξη πολλών από τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος προϋποθέτει την υπέρβαση εναλλακτικών αντιλήψεων που συχνά εμφανίζονται στη σκέψη των μαθητών.

Στις παραγράφους που ακολουθούν επιχειρείται μια αντιστοίχιση των στόχων του αναλυτικού προγράμματος σπουδών και των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών προς υπέρβαση αναφορικά με τις χημικές έννοιες που εντάχθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας. Η αντιστοίχιση αυτή παρουσιάζεται συνοπτικά και στον Πίνακα 4.2. Στην περιγραφή που ακολουθεί, οι όροι μέσα στις παρενθέσεις αντιστοιχούν στους στόχους (Σ με την αρίθμηση της αντίστοιχης παραγράφου του σχολικού εγχειριδίου – βλέπε παραπάνω, ενότητα 4.7.2) και στις εναλλακτικές αντιλήψεις (ΕΑ με την αντίστοιχη αρίθμηση της προηγούμενης ενότητας).

Πίνακας 4.2

Αντιστοίχιση στόχων αναλυτικού προγράμματος και εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών προς υπέρβαση

	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6	EA7	EA8	EA9	EA10	EA11	EA12	EA13	EA14	EA15	EA16	EA17
Σ2.6Α	X		X	X													
Σ2.6Β	X	X		X	X												
Σ2.6Γ	X		X	X	X												
Σ2.6Δ							X				X	X					
Σ2.7Α						X	X				X	X					
Σ2.7Β										X							
Σ2.7Γ								X									
Σ2.8Β													X				X
Σ2.8Γ			X	X													
Σ2.8Δ														X			X
Σ2.8Ε									X	X	X				X	X	X
Σ2.8Ζ	X		X	X													X

Συγκεκριμένα, η επίτευξη - από πλευράς των μαθητών – της κατανόησης ότι το νερό (και κατ' επέκταση η χημική ένωση) είναι σύνθετη ουσία και έχει σταθερή σύσταση (Σ2.6Α) έχει ως προαπαιτούμενο την υπέρβαση εναλλακτικών αντιλήψεων όπως: τη διάκριση ανάμεσα στο πλήθος και το είδος των συστατικών μιας καθαρής ουσίας (δηλαδή τη διάκριση ανάμεσα στο πολυατομικό στοιχείο που έχει περισσότερα από ένα αλλά όμοια άτομα-συστατικά και τη χημική ένωση που έχει περισσότερα από

ένα αλλά ανόμοια άτομα-συστατικά, (EA1), την κατανόηση ότι μια σύνθετη ουσία μπορεί να αποτελείται από δύο ή και περισσότερες απλές ως συστατικά (EA3) και επίσης τη διάκριση ανάμεσα στη καθαρή ουσία και το μίγμα (EA4).

Προαπαιτούμενο για να μπορούν οι μαθητές να ορίζουν τα χημικά στοιχεία (Σ.2.6B) είναι να έχουν κατακτήσει τη διάκριση τόσο ανάμεσα στη καθαρή ουσία και το μίγμα (EA4), όσο και μεταξύ απλής και σύνθετης ουσίας (EA1) και (EA5). Επίσης να έχουν υπερβεί την εναλλακτική αντίληψη ότι τα χημικά στοιχεία μπορούν να διασπαστούν (EA2).

Προκειμένου να μπορούν οι μαθητές να ορίζουν τις χημικές ενώσεις (Σ2.6Γ) θα πρέπει είναι σε θέση να τις διαφοροποιούν από τα πολυατομικά στοιχεία (EA1), να έχουν κατανοήσει ότι μια σύνθετη ουσία μπορεί να αποτελείται από δύο ή και περισσότερες απλές ως συστατικά (EA3), να έχουν κατακτήσει τόσο τη διάκριση ανάμεσα στη καθαρή ουσία και το μίγμα (EA4) όσο και αυτή μεταξύ απλής και σύνθετης ουσίας (EA5).

Για την επίτευξη του στόχου: κάθε χημική ουσία είτε είναι στοιχείο είτε είναι ένωση έχει ορισμένες ιδιότητες και καθορισμένες φυσικές σταθερές (Σ2.6Δ), απαιτείται να προηγηθεί η επίτευξη της διάκρισης τόσο ανάμεσα στην απλή ανάμιξη ουσιών και στη χημική αντίδραση μεταξύ ουσιών (EA7), όσο και ανάμεσα στην αλλαγή φυσικής κατάστασης/ανάμιξης και τη χημική αντίδραση (EA12), καθώς επίσης και η κατάκτηση της σύζευξης μεταξύ χημικής ουσίας και ιδιοτήτων αυτής (EA11).

Ο ορισμός των χημικών αντιδράσεων αποτελεί έναν στόχο (Σ2.7A) που προϋποθέτει απεμπλοκή από την αντίληψη ότι η ύπαρξη χημικής ουσίας είναι δυνατή χωρίς την εκδήλωση ιδιοτήτων της (EA6), υπέρβαση της αντίληψης ότι οι χημικές ενώσεις είναι μίγματα - και αντίστοιχα οι χημικές αντιδράσεις είναι διαδικασίες ανάμιξης - (EA7) καθώς και της αντίληψης ότι στη χημική αντίδραση δεν αλλάζουν οι ουσίες (EA11) και τέλος κατάκτηση της διάζευξης μεταξύ αλλαγής φυσικής κατάστασης / ανάμιξης και χημικού μετασχηματισμού (EA12).

Για να μπορούν οι μαθητές να διακρίνουν τα αντιδρώντα από τα προϊόντα μιας χημικής αντίδρασης (Σ2.7B) χρειάζεται να υπερβούν την εναλλακτική αντίληψη ότι τα προϊόντα μιας χημικής αντίδρασης υπάρχουν σε λανθάνουσα κατάσταση στα αντιδρώντα της (EA10), ενώ για να κατακτήσουν το στόχο περί διατύπωσης της αρχής διατήρησης της μάζας σε μια χημική αντίδραση (Σ2.7Γ) απαιτείται η απεμπλοκή από

την εναλλακτική αντίληψη της μεταβολής και όχι διατήρησης της μάζας κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης (EA8).

Οι μαθητές πιστεύουν ότι τα άτομα δεν διατηρούνται και μπορούν να εξαφανιστούν (EA13). Επιπλέον θεωρούν ότι η ύλη είναι συνεχής και δεν αποτελείται από διακριτά σωματίδια (EA17). Αυτές οι αντιλήψεις τους απομακρύνει από το διδακτικό στόχο: ορισμός του ατόμου ως σωματίδιο σταθερό, άφθαρτο και αναλλοίωτο στις χημικές μεταβολές και εν τέλει από το να ορίζουν το άτομο και το μόριο (Σ2.8B).

Προκειμένου να μπορούν οι μαθητές να διακρίνουν τα μόρια των χημικών στοιχείων από αυτά των χημικών ενώσεων (Σ2.8Γ) θα πρέπει να έχουν κατανοήσει ότι μια σύνθετη ουσία μπορεί να συντίθεται από δύο ή και περισσότερες απλές ως συστατικά (EA3). Επίσης να έχουν κατακτήσει τη διάκριση ανάμεσα στη καθαρή ουσία και το μίγμα (EA4), με την πρώτη να αποτελείται από όμοια μόρια, ακόμα και αν σε αυτά περιλαμβάνονται διαφορετικά άτομα.

Η επίτευξη του στόχου να αναπαρίστανται τα μόρια με προσομοιώματα (Σ2.8Δ) απαιτεί μεταξύ άλλων τη διάκριση ανάμεσα στο μοντέλο και στην οντότητα που αυτό αναπαριστά, με άλλα λόγια την υπέρβαση της εναλλακτικής αντίληψης ότι τα άτομα και τα μόρια είναι σκληρά σαν μπάλες μπιλιάρδου (EA14) καθώς και της αντίληψης ότι η ύλη είναι συνεχής και δεν αποτελείται από σωματίδια (EA17).

Ακόμα, οι μαθητές μπορούν να ερμηνεύουν τη χημική αντίδραση σε επίπεδο ατόμων και μορίων (Σ2.8E) μόνον εφόσον: πρώτον, έχουν κατανοήσει ότι τα προϊόντα μιας χημικής αντίδρασης δεν μπορούν να προϋπάρχουν σε λανθάνουσα κατάσταση στα αντιδρώντα της (EA10), δεύτερον, έχουν κατακτήσει τη σύζευξη μεταξύ χημικής ουσίας και ιδιοτήτων αυτής (EA11), τρίτον έχουν απαγκιστρωθεί από την αντίληψη ότι τα άτομα και τα μόρια και γενικότερα τα σωματίδια χημικών ουσιών φέρουν τις μακροσκοπικές ιδιότητες των υλικών στα οποία ανήκουν (χρώμα, σκληρότητα κ.λπ.), (EA15), τέταρτον έχουν υπερβεί την εναλλακτική αντίληψη ότι τα μόρια μιας ουσίας διατηρούνται στη χημική αντίδραση (EA16) και τέλος έχουν κατανοήσει ότι ένας χημικός μετασχηματισμός (χημική αντίδραση) μπορεί να είναι αντιστρεπτή μεταβολή (EA9) και ότι η ύλη δεν είναι συνεχής αλλά αποτελείται από διακριτά σωματίδια (EA17).

Τέλος η επίτευξη του στόχου να προσδιορίζεται η ποιοτική σύσταση και αναλογία ατόμων απλών χημικών ενώσεων από τους αντίστοιχους μοριακούς τύπους

(Σ2.8Z) προϋποθέτει μεταξύ άλλων την υπέρβαση των αντιλήψεων όπως: τη διάκριση μεταξύ απλής και σύνθετης ουσίας (EA1), την κατανόηση ότι μια σύνθετη ουσία μπορεί να αποτελείται από δύο ή και περισσότερες απλές ως συστατικά (EA3), τη διάκριση ανάμεσα στη καθαρή ουσία και το μίγμα (EA4) και την αποδοχή της άποψης ότι η ύλη δεν είναι συνεχής αλλά αποτελείται από σωματίδια (EA17).

4.8 Οι διδακτικές παρεμβάσεις

Η παρούσα έρευνα εστίασε σε ορισμένες από τις βασικές έννοιες του αναλυτικού προγράμματος Χημείας της Β' Γυμνασίου (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2003) και συγκεκριμένα στις κάτωθι (οι οποίες αντιστοιχούν στους στόχους και στις αντίστοιχες εναλλακτικές αντιλήψεις, όπως παρουσιάστηκαν συνθετικά στην προηγούμενη ενότητα):

- 1) Χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις
- 2) Χημικές αντιδράσεις
- 3) Μόρια και άτομα
- 4) Σύμβολα και χημικοί τύποι μορίων χημικών ενώσεων

Ακολουθήθηκαν δύο διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις δηλαδή:

A) στην Πειραματική Ομάδα για τις διδακτικές παρεμβάσεις υιοθετήθηκε η εποικοδομητική προσέγγιση και η χρήση αναλογιών.

B) στην Ομάδα Ελέγχου ακολουθήθηκε η συμβατική μέθοδος διδασκαλίας.

Η ερευνήτρια ήταν και η εκπαιδευτικός της τάξης στο μάθημα της Χημείας και επομένως υλοποίησε τις δύο διδακτικές παρεμβάσεις, που περιγράφονται αναλυτικά στις υποενότητες που ακολουθούν.

4.8.1 Διδακτική παρέμβαση στην Πειραματική Ομάδα

Η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην Πειραματική Ομάδα απαρτιζόταν από 3 διδακτικές ενότητες, καθεμιά από τις οποίες διήρκεσε 1 ½ ώρα, δηλαδή δύο διδακτικές ώρες των 45 λεπτών κάθε μία.

Όπως ήδη αναφέρθηκε η διδακτική αυτή παρέμβαση είχε ως κεντρικό της στοιχείο την χρήση αναλογιών. Επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν πολλαπλές, λεκτικές και επεξεργασμένες, αφηγηματικές αναλογίες (βλέπε ενότητα 2.4.4), με έμφαση στη χρήση της καθημερινής γλώσσας ως εργαλείου επεξεργασίας επιστημονικών εννοιών. Κατά το σχεδιασμό και τη χρήση τους δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στα παρακάτω (βλέπε και ενότητα 2.4.5):

- Αναλυτική παρουσίαση των βασικών εννοιών και σχέσεων στον τομέα-βάση και στον τομέα-στόχο ώστε να εξασφαλίζεται η οριζόντια πληρότητα
- Σαφής αντιστοίχιση κάθε έννοιας της βάσης με μία έννοια του στόχου ώστε να εξασφαλίζεται η κατακόρυφη πληρότητα
- Ανάδειξη των όμοιων σχέσεων ανάμεσα στις έννοιες της βάσης και του στόχου ώστε να πληρείται η συστηματικότητα
- Μεγάλη οντολογική απόσταση του τομέα-βάσης από τον τομέα-στόχο με την επιλογή οικείων εννοιολογικών τομέων από την καθημερινή εμπειρία των μαθητών, στοιχείο που εξασφάλισε την καταλληλότητα της εκάστοτε βάσης.

Σε κάθε διδακτική ενότητα εφαρμόστηκαν οι φάσεις της επικοδομητικής μεθόδου (Bliss, 2001. Driver & Oldham, 1986. Matthews, 1994) (βλ. και υποενότητα 2.2.4.3) και συγκεκριμένα:

I) Προσανατολισμός

Στον προσανατολισμό χρησιμοποιήθηκαν προτάσεις εισαγωγικές που εστιάζουν στο θέμα της εκάστοτε ενότητας.

II) Εκμαίευση ιδεών των μαθητών

Η εκμαίευση ιδεών περιελάμβανε διεξαγωγή συζήτησης με ερωτήσεις και απαντήσεις που σκοπό είχαν να αναδείξουν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με τις διδασκόμενες έννοιες. Για το σκοπό αυτό καταστρώθηκε μια σχάρα ερωτήσεων για κάθε διδακτική ενότητα.

III) Αναδόμηση ιδεών των μαθητών

Κατά την αναδόμηση ιδεών η επεξεργασία των διδασκόμενων εννοιών έγινε με αναλογίες σύμφωνα με το μοντέλο TWA (Glynn, 2007) (βλέπε ενότητα 2.4.3) και συγκεκριμένα με τα εξής έξι στάδια:

- 1) εισαγωγή στόχου
- 2) παρουσίαση της αναλογίας
- 3) εντοπισμός κοινών χαρακτηριστικών της βάσης και του στόχου
- 4) αντιστοιχίσεις εννοιών και λειτουργιών της βάσης και του στόχου
- 5) συμπεράσματα για την έννοια στόχο
- 6) περιορισμοί – εντοπισμός σημείων όπου η αναλογία καταρρέει

Καθώς χρησιμοποιήθηκαν πολλαπλές αναλογίες για κάθε έννοια στόχο, τα παραπάνω στάδια επαναλαμβάνονταν για κάθε αναλογία που εισαγόταν

IV) Εφαρμογή

Η εφαρμογή περιελάμβανε τη χρήση και την επεξεργασία περισσότερων αναλογιών πάνω στην ίδια διδασκόμενη έννοια από τους ίδιους τους μαθητές οι οποίοι εργάζονταν σε ομάδες. Η ενασχόληση με τις αναλογίες υπό μορφή άσκησης συνεργασίας αποσκοπούσε στην επιπλέον ενασχόληση με πτυχές εννοιών στενά συνδεδεμένων με κρίσιμες εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών (όπως αυτές εντοπίστηκαν στη 2^η φάση της διδασκαλίας - εκμαίευση ιδεών). Επιπλέον η περαιτέρω εξάσκηση με αναλογίες επιλέχθηκε καθώς καλλιεργεί εκτός από την αναλογική, και την κριτική και δημιουργική σκέψη (Holyoak & Thagard, 1997).

V) Ανασκόπηση

Τέλος η ανασκόπηση περιελάμβανε σχάρα ερωτήσεων παρόμοιων με τις ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στη φάση της εκμαίευσης ιδεών, καθώς και ασκήσεις παρόμοιες με αυτές της φάσης της εφαρμογής. Για κάθε ερώτηση ή άσκηση η συζήτηση επισφραγίζονταν με σχόλια των μαθητών πάνω σε ερωτήσεις του τύπου: «τι πιστεύατε για αυτό το θέμα και τι νομίζετε τώρα;» καθώς και «σε τι και πώς βοήθησαν τα σχετικά παραδείγματα με τις αναλογίες;». Με τον τρόπο αυτό επιχειρήθηκε, εκτός από την αξιολόγηση των νέων αντιλήψεων των μαθητών αναφορικά με τις αρχικές τους, και η συνειδητοποίηση από την πλευρά τους των αλλαγών που σημειώθηκαν στο πώς αντιλαμβάνονται βασικές χημικές έννοιες, αλλά και η συμβολή των αναλογιών στις αλλαγές αυτές.

Πριν προχωρήσουμε στην περιγραφή των επιμέρους διδακτικών ενοτήτων που υλοποιήθηκαν με την Πειραματική Ομάδα, παραθέτουμε στον Πίνακα 4.3 σε συνδυασμό τις αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν, τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών που αυτές επιχειρούν να αντιμετωπίσουν και τους συναφείς διδακτικούς στόχους.

Πίνακας 4.3

Αντιστοίχιση των διδακτικών αναλογιών της πειραματικής διδακτικής παρέμβασης με τους διδακτικούς στόχους και τις συναφείς εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών προς υπέρβαση

Εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών προς υπέρβαση	Αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν (τομείς – βάσεις)	Διδακτικοί στόχοι προς επίτευξη (τομέας – στόχος)
Τα άτομα των στοιχείων έχουν τις (μακροσκοπικές) ιδιότητες του εκάστοτε στοιχείου (EA15)	<ul style="list-style-type: none"> • Κάθε όχημα αποτελείται από σταθερό αριθμό εξαρτημάτων (για παράδειγματο φορτηγό: μία καρότσα, οκτώ ρόδες) • Κάθε λέξη αποτελείται από ορισμένο αριθμό γραμμάτων (η λέξη κοκ από δύο «κ» και ένα «ο») 	Κάθε χημική ένωση έχει σταθερή σύσταση και ορισμένη αναλογία των συστατικών της. Για παράδειγμα στο νερό η αναλογία υδρογόνου:οξυγόνο είναι 1:8. Παρόμοια το μόριο του διοξειδίου του άνθρακα αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου και ένα άτομο άνθρακα (Σ 2.6Α, Σ2.8Ζ)
Τα χημικά στοιχεία μπορεί να διασπαστούν (EA2)	<ul style="list-style-type: none"> • Τα τουβλάκια δεν αποσυναρμολογούνται • Τα εξαρτήματα ενός οχήματος δεν αποσυναρμολογούνται • Τα γράμματα μιας λέξης στο σκραμπλ δεν διασπώνται 	Τα χημικά στοιχεία δεν διασπώνται (Σ2.6Β, 2.6Γ)
<p>Η χημική ένωση είναι μίγμα χημικών στοιχείων (EA5)</p> <p>Η χημική ένωση συγχέεται με το χημικό στοιχείο (EA4)</p> <p>Η φυσική μεταβολή συγχέεται με τη χημική αντίδραση (EA12)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Διαφορετικά τουβλάκια μπορούν να συναρμολογηθούν σε μια κατασκευή αλλά τα σκόρπια τουβλάκια δεν είναι κατασκευή • Διαφορετικά γράμματα συνδυάζονται για την κατασκευή μιας λέξης αλλά σκόρπια γράμματα δεν αποτελούν λέξη • Η απομάκρυνση των γραμμάτων μεταξύ τους δεν σχηματίζει λέξη 	<p>Τα χημικά στοιχεία ενώνονται για το σχηματισμό χημικής ένωσης αλλά όταν απλώς βρίσκονται δίπλα – δίπλα αποτελούν μίγμα (Σ2.6Β. 2.6Γ)</p> <p>Ο βρασμός δεν είναι χημική αντίδραση (Σ2.7Α)</p>

Εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών προς υπέρβαση	Αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν	Διδακτικοί στόχοι προς επίτευξη
<p>Οι χημικές ουσίες διαφοροποιούνται από τις ιδιότητές τους (ΕΑ6), Τα προϊόντα της αντίδρασης υπάρχουν σε λανθάνουσα κατάσταση στα αντιδρώντα (ΕΑ10)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Κάθε εξάρτημα οχήματος (τιμόνι, πόρτα, κ.λπ. έχει τα χαρακτηριστικά του (π.χ. σχήμα) από τα οποία το καταλαβαίνουμε. Αλλά και κάθε όχημα (αυτοκίνητο, φορτηγό κ.λπ.) επίσης • Κάθε οικοδομικό υλικό έχει τα δικά του χαρακτηριστικά (χρώμα, φυσική κατάσταση), αλλά και κάθε τοίχος επίσης • Κάθε υλικό του κέικ (αλεύρι, ζάχαρη κ.λπ.) αλλά και κάθε γλύκισμα που παρασκευάζεται από αυτά τα υλικά έχει τα δικά του χαρακτηριστικά που το κάνουν να ξεχωρίζει 	<p>Κάθε χημικό στοιχείο αλλά και κάθε χημική ένωση έχει τις δικές του φυσικές σταθερές αλλά και κάθε χημική ένωση έχει τις δικές της φυσικές σταθερές αντίστοιχα (Σ2.6Δ)</p>
<p>Τα χημικά φαινόμενα δεν είναι αντιστρεπτά (ΕΑ9) Διαφορετικές ιδιότητες των αντιδρώντων και των προϊόντων (ΕΑ11)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Οι λέξεις κατασκευάζονται από γράμματα με αναγραμματισμούς γραμμάτων προϋπαρχουσών λέξεων και αντίστροφα. • Η κατασκευή χτίζεται από τουβλάκια αλλά και γκρεμίζεται σε αυτά. • Το όχημα συναρμολογείται από εξαρτήματα και αποσυναρμολογείται σε αυτά. 	<p>Μια χημική αντίδραση είναι διαδικασία που μπορεί να πραγματοποιηθεί και προς την αντίθετη κατεύθυνση (αντιστρεπτή) (Σ2.7Α, Σ2.7Β, Σ2.8Δ)</p>
<p>Σε μια χημική αντίδραση η συνολική μάζα μεταβάλλεται (ΕΑ8)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Σε μια λέξη είναι σταθερός ο αριθμός γραμμάτων • Σε ένα όχημα διατηρείται ο συνολικός αριθμός από εξαρτήματα • Σε μια κατασκευή είναι σταθερός ο αριθμός από τουβλάκια 	<p>Σε μια χημική αντίδραση η συνολική μάζα διατηρείται (Σ2.7Γ)</p>

Εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών προς υπέρβαση	Αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν	Διδακτικοί στόχοι προς επίτευξη
<p>Τα άτομα δεν διατηρούνται αλλά μπορεί να εξαφανιστούν ή να καταστραφούν κατά τη διάρκεια των χημικών αντιδράσεων (EA13) Η ύλη αποτελείται από διακριτά σωματίδια (EA17)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Τα τουβλάκια παραμένουν τα ίδια όσες κατασκευές LEGO κι αν χτίσουμε ή γκρεμίσουμε με αυτά. • Τα εξαρτήματα παραμένουν τα ίδια και αναλλοίωτα σε όποιο όχημα κι αν τα συναρμολογήσουμε ή τα αποσυναρμολογήσουμε. • Τα γράμματα δεν χάνονται αν τα προσθέτουμε ή τα αφαιρούμε στις λέξεις. 	<p>Τα άτομα διατηρούνται και δεν εξαφανίζονται ούτε καταστρέφονται όσες χημικές διεργασίες και αν γίνουν (Σ2.8B, Σ2.8E)</p>
<p>Τα μόρια διατηρούνται στις χημικές αντιδράσεις (EA16)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Η κατασκευή LEGO καταστρέφεται στο γκρέμισμα (για να χρησιμοποιηθούν τα τουβλάκια για το χτίσιμο άλλης κατασκευής). • Όταν αποσυναρμολογείται ένα όχημα ουσιαστικά καταστρέφεται. • Στο σκραμπλ καταστρέφεται μια λέξη για να χρησιμοποιηθούν τα γράμματα περαιτέρω. 	<p>Τα μόρια δεν διατηρούνται σε μια χημική αντίδραση, ενώ τα άτομα που είναι σαν τα τουβλάκια ή σαν τα γράμματα διατηρούνται (Σ2.8B, Σ2.8E)</p>
<p>Τα πολυατομικά στοιχεία ταυτίζονται με τις χημικές ενώσεις (EA1), Η χημική ένωση έχει δύο στοιχεία, αν υπάρχουν περισσότερα πρόκειται για μίγμα (EA3), Οι χημικές ενώσεις είναι μίγματα (EA7)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Κάθε λέξη αποτελείται από δύο ή περισσότερα από ένα είδος γραμμάτων (εκτός από τα επιφωνήματα που αποτελούνται από ένα είδος γραμμάτων) 	<p>Το μόριο της χημικής ένωσης αποτελείται από περισσότερα είδη ατόμων, ενώ το μόριο χημικού στοιχείου από ένα είδος ατόμων (Σ2.8Γ)</p>
<p>Τα άτομα μπορεί να καταστραφούν κατά τη εξέλιξη ενός χημικού φαινομένου (EA13), Τα άτομα είναι σκληρά σαν μπάλες μπιλιάρδου, ή είναι σαν δομικοί λίθοι (EA14)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Όταν μια κατασκευή LEGO καταστρέφεται τα τουβλάκια δεν παθαίνουν τίποτε. • Όταν αποσυναρμολογείται ένα όχημα τα εξαρτήματα παραμένουν αναλλοίωτα. • Στο σκραμπλ όταν καταστρέφεται μια λέξη τα γράμματα παραμένουν ανέπαφα 	<p>Τα άτομα διατηρούνται άφθαρτα στις χημικές αντιδράσεις Ακόμα, τα άτομα δεν έχουν το σχήμα ούτε τούβλου, ούτε γράμματος (Σ2.8E)</p>

Παρακάτω περιγράφονται οι επιμέρους διδακτικές ενότητες που υλοποιήθηκαν με την Πειραματική Ομάδα.

4.8.1.1 Πειραματική διδακτική παρέμβαση με την εποικοδομητική προσέγγιση στη Διδακτική Ενότητα 2.6 «Χημικές ενώσεις και χημικά στοιχεία»

Από τους στόχους του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών που αντιστοιχούν στη διδακτική ενότητα: (2.6 Διάσπαση του Νερού – Χημικά Στοιχεία Χημικές Ενώσεις, Αβραμιώτης κ. συν., 2007α) στην παρούσα έρευνα μελετήθηκαν οι εξής:

Σ2.6Α Να κατανοούν ότι το νερό είναι σύνθετη ουσία και έχει σταθερή σύσταση.

Σ2.6Β Να ορίζουν τα χημικά στοιχεία και να αναφέρουν παραδείγματα

Σ2.6Γ Να ορίζουν τις χημικές ενώσεις

1^η Φάση: προσανατολισμός

Οι εισαγωγικές προτάσεις που εστίαζαν στο θέμα απαρτίζονταν από ερωτήσεις προς συζήτηση πάνω στους όρους «σύνθετος – συνθέτω», «διάσπαση – διασπώ», «σύνθετος – απλός» με σκοπό αμέσως μετά να γίνει σύνδεση των όρων αυτών με τις χημικές ουσίες. Το σκεπτικό του σχεδιασμού, δηλαδή, ήταν να τεθεί ένας μικρός προβληματισμός ως προς το τι σημαίνουν οι εκφράσεις «σύνθετη χημική ουσία» και «απλή χημική ουσία».

2^η Φάση: εκμαίευση ιδεών

Στη φάση αυτή διεξήχθη μια σύντομη συζήτηση βασισμένη σε ερωτήσεις που σκοπό είχαν να αναδείξουν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με τις διδασκόμενες έννοιες.

Όσον αφορά τις έννοιες που διδάσκονται στο μάθημα (Διδακτική Ενότητα 2.6: «Χημικές ενώσεις χημικά στοιχεία», Αβραμιώτης κ. συν., 2007α) έχουν καταγραφεί τόσο από τη βιβλιογραφία (βλ. και ενότητα 3.3) όσο και από το δείγμα της έρευνας στη διάρκεια του προ-ελέγχου οι παρακάτω εναλλακτικές ιδέες μαθητών:

EA1) Τα πολυατομικά στοιχεία ταυτίζονται με τις χημικές ενώσεις

EA2) Τα χημικά στοιχεία [είναι στερεά και] μπορούν να διασπαστούν

EA3) Η χημική ένωση έχει δύο στοιχεία, αν υπάρχουν περισσότερα πρόκειται για μίγμα

EA4) Σύγχυση μεταξύ χημικού στοιχείου, χημικής ένωσης και μίγματος

EA5) Σύγχυση ανάμεσα στο χημικό στοιχείο (διασπάται) και τη χημική ένωση (δε διασπάται)

EA6) Οι χημικές ουσίες διαφοροποιούνται από τις ιδιότητές τους

Προκειμένου να επιβεβαιωθεί η ύπαρξη των παραπάνω αντιλήψεων στους μαθητές της Π.Ο. και να αναδειχθούν στην τάξη, πραγματοποιήθηκε συζήτηση με βάση τις εξής ερωτήσεις:

- Πότε χρησιμοποιούμε τη λέξη ‘απλός’ και πότε τη λέξη ‘σύνθετος’;
- Όταν λέμε ‘χημική ουσία’ τι σας έρχεται στο μυαλό;
- Υπάρχουν ‘απλές χημικές ουσίες’ και ‘σύνθετες χημικές ουσίες’;
Γνωρίζετε κάτι για αυτές;
- Μια απλή χημική ουσία μπορεί να διασπαστεί; Αν ναι σε τι διασπάται;
(EA2, EA5)
- Μια σύνθετη χημική ουσία μπορεί να διασπαστεί; Αν ναι σε τι διασπάται; (EA4, EA5)
- Μια σύνθετη χημική ουσία από τι αποτελείται; Πώς φτιάχνεται από αυτά τα συστατικά; (EA1, EA3, EA4)
- Μια σύνθετη χημική ουσία είναι μία ουσία ή περισσότερες; (EA1, EA5)
- Αν μια χημική ουσία έχει μια συγκεκριμένη ιδιότητα (λάμψη, χρώμα, μυρωδιά, αγωγιμότητα) και όποια άλλη από τις ιδιότητες που έχουμε μάθει (βλέπε Διδακτική Ενότητα 1.3: «Ιδιότητες υλικών» Αβραμιώτης κ. συν., 2007α) μπορεί αυτή η ουσία να πάψει να έχει αυτή την ιδιότητα για κάποιο λόγο; (EA6)

3η Φάση: Αναδόμηση των ιδεών

Στη φάση αυτή έγινε η επεξεργασία των διδασκόμενων εννοιών με αναλογίες. Στην παρούσα διδακτική ενότητα χρησιμοποιήθηκαν συνολικά τέσσερις αναλογίες: «Η

χημική ένωση ως κατασκευή με τουβλάκια LEGO», «η χημική ένωση αποτελείται από χημικά στοιχεία όπως ένας τοίχος κατασκευάζεται από οικοδομικά υλικά», «η χημική ένωση αποτελείται από χημικά στοιχεία όπως ένα όχημα συναρμολογείται από εξαρτήματα» και «η χημική ένωση αποτελείται από χημικά στοιχεία όπως μία λέξη αποτελείται από γράμματα».

Κατ' αρχήν χρησιμοποιήθηκε η αναλογία «Η χημική ένωση ως κατασκευή με τουβλάκια LEGO» η οποία επεξεργάστηκε σύμφωνα με τα έξι στάδια του μοντέλου TWA (βλέπε παραπάνω ενότητα 2.4.3).

Αναλογία 1η: Η χημική ένωση ως κατασκευή LEGO

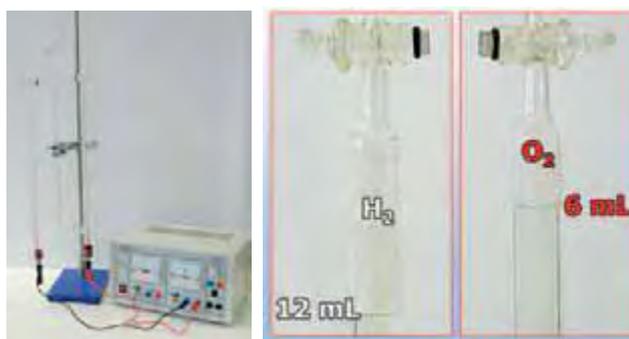
Στάδιο 1^ο: Εισαγωγή του στόχου (κείμενο σε πλάγια γράμματα)

Αρχικά έγινε η παρουσίαση του στόχου με σύντομη αφήγηση από την εκπαιδευτικό:

Το νερό που πίνουμε είναι μια χημική ουσία: είναι άραγε σύνθετη ή απλή;

Στη Χημεία, όταν λέμε ότι μια χημική ουσία είναι «σύνθετη» εννοούμε ότι μπορεί να διασπαστεί σε άλλες ουσίες πιο απλές κι ακόμα ότι μπορεί να συντεθεί από αυτές τις απλές ουσίες (Σ2.6Α, ΕΑ2, ΕΑ5).

Με τη βοήθεια της κατάλληλης συσκευής όπως αυτή που βλέπουμε στην εικόνα (δείχνουμε φωτογραφία της συσκευής σελ. 48 του σχολικού βιβλίου, Αβραμιώτης κ. συν., 2007α. βλ. Σχήμα 4.2) το νερό διασπάται σε δύο αέρια. Η ποσότητα των αερίων αυτών είναι σε ορισμένη και σταθερή αναλογία και όγκου (επειδή πρόκειται για αέρια) και μάζας. Τα αέρια αυτά συλλέγονται σε δύο διαφορετικούς σωλήνες. Αν εξετάσουμε τις ιδιότητες αυτών των αερίων, διαπιστώνουμε ότι είναι διαφορετικές. Συγκεκριμένα το ένα καίγεται με χαρακτηριστικό, έντονο κρότο, ενώ το άλλο βοηθά να γίνει η καύση π.χ. ενός κεριού. Συμπεραίνουμε ότι και τα αέρια είναι διαφορετικά. Πρόκειται για το υδρογόνο και το οξυγόνο (Σ2.6Γ, ΕΑ1, ΕΑ6).



Σχήμα 4.2 Ηλεκτρολυτική διάσπαση του νερού

Πηγή: Αβραμιώτης και συν. 2007α. Χημεία Β΄ Γυμνασίου βιβλίο του μαθητή

Επομένως το νερό είναι μια σύνθετη χημική ουσία:

Δηλαδή μπορεί να διασπαστεί σε άλλες χημικές ουσίες πιο απλές, το υδρογόνο και το οξυγόνο, ή να συντεθεί από αυτές τις απλές ουσίες, το υδρογόνο και το οξυγόνο (Σ2.6B, EA3).

Μια χημική ουσία που είναι σύνθετη λέγεται χημική ένωση.

Μια χημική ουσία που είναι απλή λέγεται χημικό στοιχείο.

Η χημική ένωση διασπάται σε χημικά στοιχεία αλλά το χημικό στοιχείο δεν διασπάται σε άλλες ουσίες (Σ2.6B, EA2, EA3).

Όταν μια χημική ένωση διασπάται σε χημικά στοιχεία ή τα χημικά στοιχεία συνθέτουν τη χημική ένωση οι ποσότητες των ουσιών είναι πάντα σε σταθερή αναλογία δηλαδή το άθροισμα των γραμμαρίων των στοιχείων ισούται με τα γραμμάρια της χημικής ένωσης (Σ2.6A, EA4).

Στάδιο 2^ο: παρουσίαση της αναλογίας

Στο στάδιο αυτό παρουσιάστηκε η αναλογία λεκτικά από την εκπαιδευτικό:

«Η χημική ένωση σχηματίζεται από χημικά στοιχεία όπως μια κατασκευή γίνεται από τουβλάκια LEGO»

Για να καταλάβουμε καλύτερα τι σημαίνει «μια σύνθετη ουσία διασπάται σε άλλες απλές» καθώς και πώς γίνεται όλη αυτή η διαδικασία ας πάρουμε ένα παράδειγμα: τα τουβλάκια LEGO και τις κατασκευές που μπορούμε να φτιάξουμε με αυτά.

Έχουμε διαφορετικά τουβλάκια που μπορούν να συναρμολογηθούν σε μια κατασκευή (Σ2.6Γ, EA1, EA3). Μια κατασκευή έχει συγκεκριμένο αριθμό από κάθε είδος από τα τουβλάκια (Σ2.6Α, EA1). Τα σκόρπια τουβλάκια δεν είναι κατασκευή (Σ2.6Γ, EA4). Η κατασκευή συναρμολογείται από τουβλάκια και μετά μπορεί να αποσυναρμολογείται. Το τουβλάκι δεν αποσυναρμολογείται (Σ2.6Β, Σ2.6Γ, EA2, EA5). Τα τουβλάκια έχουν διαφορετικά χρώματα, μεγέθη, σχήματα (Σ2.6Β, EA6).

[Ας σημειωθεί ότι η λεκτική παρουσίαση της αναλογίας συνοδεύονταν από εποπτική «επίδειξη» κατασκευής LEGO και αποσυναρμολόγησής της σε τουβλάκια διαφορετικών μεγεθών και χρωμάτων].

Μια χημική ένωση είναι σαν μια κατασκευή LEGO ενώ τα χημικά στοιχεία είναι σαν τα τουβλάκια που φτιάχνουν αυτή την κατασκευή. Ας δούμε σε πόσα σημεία μοιάζουν, δηλαδή ας δούμε τα κοινά χαρακτηριστικά τους.

Στάδιο 3^ο και 4^ο: Εντοπισμός και αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών στην αναλογία

Στο στάδιο αυτό έγινε ο εντοπισμός και η αντιστοίχιση των κοινών χαρακτηριστικών ανάμεσα στη βάση και στο στόχο της αναλογίας με τη βοήθεια του παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.4). Η αντιστοίχιση πραγματοποιήθηκε από τους ίδιους τους μαθητές ως εξής: Οι μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες των 4 ή 5 ατόμων. Κάθε ομάδα είχε στη διάθεσή της ένα τμήμα του πίνακα ημισυμπληρωμένο και καλούνταν να τον συμπληρώσει (εργασία- άσκηση που δόθηκε με τη μορφή παιχνιδιού). Οι μαθητές καλούνταν να προχωρήσουν στη διαδικασία συμπλήρωσης με τη βοήθεια εποπτικού υλικού που τους δόθηκε και στο οποίο περιγραφόταν παράλληλα οι έννοιες και οι λειτουργίες της βάσης και του στόχου. Όταν οι ομάδες τελείωσαν τη συμπλήρωση των πινάκων, τα αποτελέσματα διαβάστηκαν δυνατά και με τη σειρά στην ολομέλεια της τάξης. Οι ημιτελείς πίνακες προς συμπλήρωση καθώς και το εποπτικό υλικό που δόθηκε στις ομάδες παρατίθενται (ως Άσκηση 1^η) στο Παράρτημα II.

Πίνακας 4.4

Αναλογία: «Η χημική ένωση ως κατασκευή με τουβλάκια LEGO»

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Τουβλάκια	Χημικά στοιχεία
Κατασκευή LEGO	Χημική ένωση
Διαφορετικά τουβλάκια συναρμολογούνται σε κατασκευή	Διαφορετικά στοιχεία συνθέτουν μια χημική ένωση (Σ2.6B, Σ2.6Γ, EA1)
Συγκεκριμένο είδος και αριθμός από κάθε τουβλάκι στην κατασκευή	Συγκεκριμένα είδη χημικών στοιχείων και ορισμένη ποσότητα σε γραμμάρια από το κάθε στοιχείο στη χημική ένωση (Σ2.6A, EA1)
Σκόρπια τουβλάκια δεν είναι κατασκευή	Τα χημικά στοιχεία δίπλα – δίπλα (δηλ. ανακατεμένα και όχι ενωμένα) δεν είναι χημική ένωση (Σ2.6B, Σ2.6Γ, EA3, EA4)
Τουβλάκια /κατασκευές ανακατεμένα	Μίγμα χημικών ουσιών (στοιχείων ή/και ενώσεων) (Σ2.6A, EA3, EA4)
Η κατασκευή συναρμολογείται από τουβλάκια και μετά μπορεί να αποσυναρμολογείται	Η χημική ένωση μπορεί να συντεθεί από τα στοιχεία και να διασπαστεί σε αυτά (Σ2.6Γ, EA1, EA2, EA5)
Το τουβλάκι δεν αποσυναρμολογείται	Το χημικό στοιχείο δεν διασπάται (Σ2.6B, EA2)
Με λίγα (σε είδος και αριθμό) τουβλάκια – πολλοί συνδυασμοί/ κατασκευές	Λίγα τα χημικά στοιχεία, πολλοί οι δυνατοί συνδυασμοί τους, οι χημικές ενώσεις (Σ2.6Γ, EA1, EA3)
Τα τουβλάκια έχουν διαφορετικά χρώματα, μεγέθη, σχήματα	Τα διαφορετικά χημικά στοιχεία έχουν διαφορετικές ιδιότητες (Σ2.6B, EA6)
<i>Εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Τα τουβλάκια είναι από το ίδιο υλικό	Κάθε χημικό στοιχείο είναι διαφορετική ουσία
Όλα τα τουβλάκια είναι στερεά	Τα χημικά στοιχεία είναι στερεά, υγρά, αέρια
Κάθε κατασκευή είναι στερεό σώμα	Οι χημικές ενώσεις είναι στερεά, υγρά, αέρια σώματα

Στάδιο 5^ο: Εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών

Ακολούθησε ο εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών στην αναλογία ως εξής: Με αφετηρία το ερώτημα: «υπάρχουν μη κοινά χαρακτηριστικά ανάμεσα στις δύο στήλες της αναλογίας, δηλαδή ανάμεσα στη βάση και στο στόχο;» προτάθηκαν από τους μαθητές απαντήσεις υπό μορφή «καταιγισμού ιδεών». Τα χαρακτηριστικά που εντοπίστηκαν καταγράφηκαν στην πίσω πλευρά του προηγούμενου πίνακα που ήταν κατ' αρχήν λευκός και συμπληρώθηκε από τους μαθητές. Εδώ παρατίθενται στο κάτω μέρος του προηγούμενου Πίνακα (Πίνακας 4.4).

Στάδιο 6^ο : Περιορισμοί

Κάθε αναλογία εμφανίζει περιορισμούς. Για την παραπάνω αναλογία (η χημική ένωση ως κατασκευή LEGO) ο περιορισμός έγκειται στο γεγονός ότι η όψη και οι ιδιότητες τους κατασκευής LEGO τελικά, δεν διαφέρουν από την όψη και τις ιδιότητες που έχει κάθε τουβλάκι αρχικά. Δηλαδή όπως κάθε τουβλάκι αποτελείται από συγκεκριμένο υλικό π.χ. πλαστικό, έχει ένα ορισμένο χρώμα που παραμένει αναλλοίωτο και στην τελική κατασκευή, έτσι και η κατασκευή LEGO αποτελείται από το ίδιο υλικό (π.χ. πλαστικό) και το χρώμα της καθορίζεται από το χρώμα που έχουν τα τουβλάκια που την αποτελούν. Επομένως η κατασκευή LEGO θα μπορούσε – ενδεχομένως να εκληφθεί ως μείγμα συστατικών (τουβλάκια) χωρίς μεταβολή στις (αρχικές) ιδιότητές τους και όχι ως σύνθεση με διαφορετικές τελικές ιδιότητες από τα αρχικά (δομικά) συστατικά.

Για την άρση αυτού του περιορισμού παρουσιάστηκε στη συνέχεια η αναλογία «Η χημική ένωση ως τοίχος».

Αναλογία 2η: Η χημική ένωση ως τοίχος

Η παρουσίαση και επεξεργασία της αναλογίας έγινε με την ίδια διαδικασία των έξι σταδίων που περιγράφηκε προηγουμένως, εκτός από το πρώτο στάδιο – εισαγωγή του στόχου που παραλείφθηκε αφού πρόκειται για τον ίδιο στόχο (χημική ένωση).

Στάδιο 2^ο: παρουσίαση της αναλογίας

Κατ' αρχήν παρουσιάστηκε η αναλογία λεκτικά:

«Η χημική ένωση αποτελείται από χημικά στοιχεία όπως ο τοίχος κατασκευάζεται από οικοδομικά υλικά»

Ο τοίχος χτίζεται από οικοδομικά υλικά: (ασβέστης, άμμος, νερό, τούβλα). Πρόκειται για απλά υλικά με ορισμένες και διαφορετικές ιδιότητες το καθένα: π.χ. το νερό είναι υγρό και διαφανές, η άμμος στερεή και σε μορφή κόκκων, τα τούβλα στερεά και μεγάλα σε μέγεθος (Σ2.6B, EA1, EA2, EA6). Τα υλικά συνδυάζονται με μια σειρά από διαδικασίες και στο τέλος παραμένουν σταθερά στη θέση τους (Σ2.6Γ, EA3, EA5). Το αποτέλεσμα είναι ένα νέο υλικό σώμα, ο τοίχος, με διαφορετικές ιδιότητες από τα υλικά από τα οποία φτιάχτηκε (Σ2.6Α, EA4).

Μια χημική ένωση είναι σαν έναν τοίχο ενώ τα χημικά στοιχεία είναι σαν τα οικοδομικά υλικά που φτιάχνουν αυτόν τον τοίχο. Ας δούμε σε πόσα σημεία μοιάζουν, δηλαδή ας δούμε τα κοινά χαρακτηριστικά τους.

Στάδιο 3^ο και 4^ο: Εντοπισμός και αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών στην αναλογία

Στο στάδιο αυτό έγινε ο εντοπισμός και η αντιστοίχιση των κοινών χαρακτηριστικών ανάμεσα στη βάση και στο στόχο της αναλογίας με τη βοήθεια του παρακάτω Πίνακα 4.5. Τα παιδιά χωρισμένα σε ομάδες 4 ή 5 ατόμων είχαν μπροστά τους τον πίνακα ημιτελή και με βάση την λεκτική παρουσίαση της αναλογίας προφορικά και γραπτά ως εποπτικό υλικό και την εμπειρία τους από παρόμοια εργασία με την προηγούμενη αναλογία, συνεργάζονταν και συμπλήρωναν τον πίνακα. Τα αποτελέσματα ανακοινώνονταν και συγχρόνως ελέγχονταν από όλη την τάξη. Το αντίστοιχο υλικό με τους ημιτελείς πίνακες και το εποπτικό υλικό παρατίθενται (ως Άσκηση 2^η) στο Παράρτημα II.

Η αντιστοίχιση των κοινών χαρακτηριστικών ανάμεσα στη βάση και στο στόχο της αναλογίας παρατίθεται παρακάτω στον Πίνακα 4.5.

Πίνακας 4.5

Αναλογία: «η χημική ένωση αποτελείται από χημικά στοιχεία όπως ένας τοίχος κατασκευάζεται από οικοδομικά υλικά»

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Οικοδομικά υλικά	Χημικά στοιχεία
τοίχος	Χημική ένωση
Διαφορετικά υλικά οικοδομούν τον τοίχο	Διαφορετικά χημικά στοιχεία συνθέτουν μια χημική ένωση (Σ2.6Γ, EA3, EA4)
Λαμβάνονται σταθερές ποσότητες από το κάθε υλικό	Συμμετέχουν σταθερές ποσότητες σε γραμμάρια των στοιχείων στη χημική ένωση (Σ2.6Α, EA1)
Σταθερή σύνδεση μεταξύ των υλικών στην τελική κατασκευή	Χημικοί δεσμοί στο εσωτερικό της χημικής ένωσης (Σ2.6Γ, EA4)
Δεν αρκεί απλώς η παρουσία ή μια τυχαία ανάμειξη των υλικών. Για να ολοκληρωθεί η κατασκευή του τοίχου απαιτούνται διάφορες διαδικασίες με αυστηρά καθορισμένη σειρά	Δεν αρκεί απλή παρουσία των χημικών στοιχείων ή ανάμειξή τους. Ο σχηματισμός χημικής ένωσης, είναι μια πολύπλοκη διαδικασία συνδυασμού των χημικών στοιχείων (Σ2.6Α, Σ2.6Γ, EA4)
Ο τοίχος είναι ένα πολύπλοκο αντικείμενο που έχει κατασκευαστεί από πολλά απλά υλικά	Η χημική ένωση είναι σύνθετη ουσία που έχει σχηματιστεί από δύο ή περισσότερες απλές, τα χημικά στοιχεία (Σ2.6Α, EA1, EA3)
Ο τοίχος έχει διαφορετική όψη και ιδιότητες από αυτή των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του	Η χημική ένωση έχει διαφορετικές ιδιότητες από τις ιδιότητες των χημικών στοιχείων που την σχηματίζουν (Σ2.6Β, Σ2.6Γ, EA6)
Πρόκειται για ένα νέο υλικό με διαφορετικές ιδιότητες από τα αρχικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν	Όταν σχηματίζεται νέα ουσία εμφανίζονται νέες ιδιότητες και το αντίστροφο: αλλαγή στις ιδιότητες σημαίνει αλλαγή ουσίας (Σ2.6Β, Σ2.6Γ, EA6)
<i>Μη κοινά χαρακτηριστικά- Περιορισμοί</i>	
Το τελικό προϊόν είναι πάντα ένας τοίχος και οι τοίχοι δεν διαφέρουν πολύ μεταξύ τους	Οι χημικές ενώσεις στα προϊόντα μπορεί να διαφέρουν πολύ μεταξύ τους, όπως το νερό και το αλάτι, σε φυσική κατάσταση, χρώμα κ.α.
Το τελικό προϊόν (τοίχος) είναι πάντα ένα στερεό σώμα	Οι χημικές ενώσεις μπορεί να είναι στερεά, υγρά, ή αέρια σώματα

Στάδιο 5^ο και 6^ο : Εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών - Περιορισμοί

Ακολούθησε ο εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών στην αναλογία, από όλη την τάξη με τη μορφή του καταγισμού ιδεών. Διατυπώθηκαν γνώμες σε συζήτηση που έγινε με όλη την τάξη και καταγράφηκαν τα μη κοινά χαρακτηριστικά σε πίνακα όπως φαίνεται στο κάτω μέρος του προηγούμενου Πίνακα (Πίνακας 4.5).

4^η Φάση: εφαρμογή

Στη φάση αυτή στόχος ήταν να ανακαλυφθούν οι εξής αναλογίες: «Η χημική ένωση ως όχημα» και «Η χημική ένωση ως λέξη». Αρχικά παρουσιάστηκαν λεκτικά οι αναλογίες. Κατόπιν οι μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες. Κάθε ομάδα κλήθηκε να επεξεργαστεί διαφορετικό κομμάτι της αναλογίας. Τα αποτελέσματα ανακοινώθηκαν σε όλη την τάξη.

Αναλογία 3η: Η χημική ένωση ως όχημα

Η αναλογία παρουσιάστηκε και επεξεργάστηκε με τρόπο παρόμοιο με την προηγούμενη (βλέπε παραπάνω, αναλογία 2^η: Η χημική ένωση ως τοίχος).

«Η χημική ένωση αποτελείται από χημικά στοιχεία όπως ένα όχημα συναρμολογείται από εξαρτήματα»

Ένα όχημα αποτελείται από εξαρτήματα. Για ένα συγκεκριμένο είδος οχήματος απαιτούνται ορισμένα είδη εξαρτημάτων και συγκεκριμένος αριθμός από το καθένα (Σ2.6Α, Σ2.6Γ, ΕΑ3) (π.χ. ένα φορτηγό αποτελείται από ρόδες [6], καρότσα [1], πόρτες [2] κ.λπ.). Διαφορετικά είδη οχημάτων έχουν διαφορετικά εξαρτήματα (καρότσα τα φορτηγά, κυλινδρικές δεξαμενές τα βυτία κ.λπ.) (Σ2.6Β, ΕΑ1, ΕΑ3). Τα εξαρτήματα συγκρατούνται σταθερά στη θέση τους με κάποιο είδος συνδεσμολογίας. Για να κατασκευαστεί ένα όχημα απαιτείται όχι μόνο να συγκεντρωθούν μαζί όλα τα εξαρτήματα, αλλά και να οργανωθούν σε σύνολο και να συνδεθούν κατάλληλα μεταξύ τους (Σ2.6Γ, ΕΑ4). Είναι δυνατόν να αποσυναρμολογηθεί ένα όχημα και τα εξαρτήματά του να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή κάποιου άλλου οχήματος (Σ2.6Β, ΕΑ5).

Ωστόσο υπάρχουν και μη κοινά χαρακτηριστικά ανάμεσα στο όχημα και στη χημική ένωση: Σε ένα όχημα είναι πολλά τα διαφορετικά εξαρτήματα (πάνω από δέκα συνήθως) και όλα τα οχήματα διαθέτουν ρόδες και τιμόνι. Ενώ αντίστοιχα μια χημική ένωση συνήθως αποτελείται από δύο έως πέντε χημικά στοιχεία. Και δεν μπορούμε να πούμε ότι

σε όλες τις χημικές ενώσεις υπάρχουν ένα ή δύο στοιχεία που απαντώνται πάντα ως συστατικά τους.

Τα παραπάνω κοινά καθώς και τα μη κοινά χαρακτηριστικά της αναλογίας παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 4.6

«Κοινά και μη κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ βάσης και στόχου στην 3^η Αναλογία»

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Εξαρτήματα	Χημικά στοιχεία
Όχημα	Χημική ένωση
Διαφορετικά εξαρτήματα συναρμολογούνται στο όχημα	Διαφορετικά χημικά στοιχεία συνθέτουν μια χημική ένωση (Σ2.6Γ, EA3, EA4)
Συγκεκριμένα εξαρτήματα και ορισμένος αριθμός από το καθένα	Συγκεκριμένα χημικά στοιχεία και σταθερές ποσότητες σε γραμμάρια των στοιχείων στη χημική ένωση (Σ2.6Α, Σ2.6Β, Σ2.6Γ, EA1, EA2, EA3)
Σταθερή σύνδεση μεταξύ των εξαρτημάτων	Χημικοί δεσμοί
Για να σχηματιστεί το όχημα δεν αρκεί να συγκεντρωθούν τα εξαρτήματα μαζί, πρέπει να οργανωθούν και να συνδεθούν κατάλληλα	Δεν αρκεί απλή παρουσία των χημικών στοιχείων ή ανάμειξή τους. Ο σχηματισμός χημικής ένωσης, είναι μια πολύπλοκη διαδικασία συνδυασμού των χημικών στοιχείων (Σ2.6Γ, EA4)
Το όχημα είναι ένα πολύπλοκο αντικείμενο που έχει κατασκευαστεί από πολλά απλά αντικείμενα τα εξαρτήματα	Η χημική ένωση είναι σύνθετη ουσία που έχει σχηματιστεί από δύο ή περισσότερες απλές, τα χημικά στοιχεία (Σ2.6Β, Σ2.6Γ, EA3, EA5)
Το όχημα συναρμολογείται ή αποσυναρμολογείται ξανά – αν χρειαστεί – στα εξαρτήματα	Η ένωση συντίθεται από τα στοιχεία αλλά και διασπάται σε αυτά (Σ2.6Β, Σ2.6Γ, EA1, EA4, EA5)
Ένα εξάρτημα δεν μπορεί να αποσυναρμολογηθεί περαιτέρω	Ένα χημικό στοιχείο δε διασπάται σε άλλη ουσία (Σ2.6Β, EA5)
Ένα όχημα (π.χ. φορτηγό) έχει μία καρότσα, δύο πόρτες και τέσσερις ρόδες (1 προς 2 προς 4)	Τα χημικά στοιχεία στην ένωση βρίσκονται πάντα σε σταθερή αναλογία (Σ2.6Α, EA1, EA4)

<i>Μη κοινά χαρακτηριστικά- Περιορισμοί</i>	
Σε ένα όχημα είναι πολλά τα διαφορετικά εξαρτήματα (πάνω από δέκα συνήθως)	Λίγα τα διαφορετικά στοιχεία στην ένωση (συνήθως κάτω από πέντε)
Απαιτείται πάντα περίπου σταθερός χρόνος για τη συναρμολόγηση	Ο χρόνος για το σχηματισμό της χημικής ένωσης ποικίλει: μπορεί να χρειαστεί από δευτερόλεπτα έως χρόνια, ανάλογα με την περίπτωση
Όλα τα οχήματα διαθέτουν ρόδες και τιμόνι	Δεν υπάρχουν συγκεκριμένα χημικά στοιχεία κοινά σε όλες τις χημικές ενώσεις
Στο όχημα διατηρούνται οι ιδιότητες (χρήσεις) των εξαρτημάτων	Η χημική ένωση έχει εντελώς διαφορετικές ιδιότητες από αυτές των χημικών στοιχείων που την σχηματίζουν ³

Η επεξεργασία της αναλογίας έγινε από τους μαθητές ως εξής: Οι μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες. Σε κάθε ομάδα δόθηκε μια διαφορετική εκδοχή του παραπάνω Πίνακα 4.6, δηλαδή ένας πίνακας με την αναλογία ο οποίος περιείχε κενά σε διαφορετικές περιοχές του για κάθε ομάδα μαθητών. Οι μαθητές κάθε ομάδας καλούνταν να συμπληρώσουν τα κενά στον πίνακα με την αναλογία «η χημική ένωση είναι σαν ένα όχημα ...» (βλέπε στο Παράρτημα II, Άσκηση 3^η). Στη συνέχεια η κάθε ομάδα με τη σειρά ανακοίνωσε τα αποτελέσματά της στην τάξη ενώ οι άλλες ομάδες έλεγχαν και παρέμβαιναν αν χρειαζόνταν να συμπληρώσουν, ή γενικότερα να σχολιάσουν. Τέλος με συζήτηση σε όλη την τάξη και υπό μορφή καταγισμού ιδεών καταγράφηκαν τα μη κοινά χαρακτηριστικά της αναλογίας.

Αναλογία 4η: Η χημική ένωση ως λέξη

Στο σημείο αυτό εισάγεται η αναλογία, με το ίδιο μοντέλο και τρόπο με τις δύο προηγούμενες (η χημική ένωση ως τοίχος, η χημική ένωση ως όχημα).

³ Για την άρση αυτού του περιορισμού (στην προηγούμενη σειρά του Πίνακα) οι μαθητές ενθαρρύνθηκαν να ανατρέξουν στη αναλογία «η χημική ένωση είναι σαν ένας τοίχος που κατασκευάζεται από οικοδομικά υλικά», όπου είχε επισημανθεί ότι οι ιδιότητες των οικοδομικών υλικών δεν διατηρούνται στο τελικό προϊόν, τον τοίχο.

«Η χημική ένωση αποτελείται από χημικά στοιχεία όπως μία λέξη αποτελείται από γράμματα»

Μια χημική ένωση αποτελείται από χημικά στοιχεία όπως μια λέξη αποτελείται από γράμματα. Διαφορετικά γράμματα σχηματίζουν τη λέξη και συγκεκριμένα γράμματα και ορισμένος αριθμός από το καθένα εμφανίζονται σε μια ορισμένη λέξη. Τα γράμματα δεν αρκεί να συγκεντρωθούν μαζί, πρέπει να οργανωθούν και να συνδεθούν κατάλληλα (ΕΑ4, ΕΑ5). Μπορούμε να «χαλάσουμε» μια λέξη που σχηματίσαμε και τα γράμματα που προέκυψαν να τα χρησιμοποιήσουμε για να «κατασκευάσουμε» άλλες λέξεις (Σ2.6Β, Σ2.6Γ, ΕΑ2, ΕΑ5). Η λέξη (π.χ. μάθημα) έχει 2 μ, 2 α, 1 θ και 1 η. 2:2:1:1, δηλαδή σε μια λέξη τα γράμματα συμμετέχουν με σταθερή αναλογία. (Σ2.6Α, ΕΑ1, ΕΑ3)

Ωστόσο υπάρχουν και μη κοινά χαρακτηριστικά ανάμεσα στη λέξη και στη χημική ένωση: Μια λέξη μπορεί να έχει δύο σημασίες ή δύο ορθογραφίες κι αυτό δεν έχει το αντίστοιχό του στη χημική ένωση.

Τα παραπάνω κοινά καθώς και τα μη κοινά χαρακτηριστικά της αναλογίας παρατίθενται στον Πίνακα 4.7 που ακολουθεί:

Πίνακας 4.7

Αναλογία: «Η χημική ένωση αποτελείται από χημικά στοιχεία όπως μία λέξη αποτελείται από γράμματα»

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Γράμματα	Χημικά στοιχεία
Λέξη	Χημική ένωση
Διαφορετικά γράμματα σχηματίζουν τη λέξη	Διαφορετικά χημικά στοιχεία συνθέτουν μια χημική ένωση (Σ2.6Γ, EA3)
Συγκεκριμένα γράμματα και ορισμένος αριθμός από το καθένα σχηματίζουν μια λέξη	Συγκεκριμένα χημικά στοιχεία και σταθερές ποσότητες σε γραμμάτια των στοιχείων σχηματίζουν μια χημική ένωση (Σ2.6Α, Σ2.6Β, EA1)
Για να σχηματιστεί μια λέξη δεν αρκεί να συγκεντρωθούν τα γράμματα μαζί, πρέπει να οργανωθούν και να συνδεθούν κατάλληλα	Δεν αρκεί απλή παρουσία των χημικών στοιχείων ή ανάμειξή τους. Ο σχηματισμός χημικής ένωσης, είναι μια πολύπλοκη διαδικασία συνδυασμού των χημικών στοιχείων (Σ2.6Γ, EA4)
Η λέξη είναι ένα πολύπλοκο σύνολο που έχει κατασκευαστεί από πολλά απλά «μέρη», τα γράμματα	Η χημική ένωση είναι σύνθετη ουσία που έχει σχηματιστεί από δύο ή περισσότερες απλές, τα χημικά στοιχεία (Σ2.6Β, Σ2.6Γ, EA2, EA5)
Η λέξη σχηματίζεται από τα γράμματα ή - αν χρειαστεί - «σπάει» και μας ξαναδίνει τα γράμματα	Η ένωση συντίθεται από τα στοιχεία αλλά και διασπάται σε αυτά (Σ2.6Γ, EA2, EA5)
Ένα γράμμα δεν μπορεί να «σπάσει» περαιτέρω και να μας δώσει κάτι άλλο	Ένα χημικό στοιχείο δε διασπάται σε άλλη ουσία (Σ2.6Β, EA2)
Η λέξη (π.χ. μάθημα) έχει 2 μ, 2 α, 1 θ και 1 η. 2:2:1:1	Τα χημικά στοιχεία στην ένωση βρίσκονται πάντα σε σταθερή αναλογία (Σ2.6Α, EA1, EA4)
<i>Μη κοινά χαρακτηριστικά</i>	
Μια λέξη μπορεί να έχει δύο σημασίες	Δεν ισχύει κάτι αντίστοιχο για τη χημική ένωση, δηλαδή μια χημική ένωση δεν μπορεί να έχει δύο διαφορετικά σύνολα ιδιοτήτων.
Μια λέξη μπορεί να γράφεται με δύο τρόπους	Δεν ισχύει κάτι αντίστοιχο για τη χημική ένωση, όμοια με παραπάνω

Η επεξεργασία της αναλογίας έγινε από τους μαθητές με ομαδική εργασία όπως και στην προηγούμενη αναλογία. Οι μαθητές κάθε ομάδας καλούνταν να

συμπληρώσουν τα κενά στον πίνακα (βλέπε παραπάνω Πίνακα 4.7 στη συμπληρωμένη του μορφή) με την αναλογία «η χημική ένωση αποτελείται από χημικά στοιχεία όπως μία λέξη αποτελείται από γράμματα». Οι πίνακες με την ημιτελή μορφή και το εποπτικό υλικό που δόθηκαν στους μαθητές για επεξεργασία παρατίθενται (ως Άσκηση 4^η) στο Παράρτημα II. Στη συνέχεια η κάθε ομάδα με τη σειρά ανακοίνωσε τα αποτελέσματά της στην τάξη, ενώ οι άλλες ομάδες έλεγχαν και παρέμβαιναν αν χρειάζονταν να συμπληρώσουν, ή γενικότερα να σχολιάσουν. Τέλος με συζήτηση σε όλη την τάξη και υπό μορφή καταγισμού ιδεών καταγράφηκαν τα μη κοινά χαρακτηριστικά της αναλογίας.

5^η Φάση: ανασκόπηση

Η φάση αυτή οργανώθηκε σε δύο βήματα. Στο πρώτο βήμα δόθηκε ένα πρόβλημα – εφαρμογή για τους μαθητές όπου ελέγχθηκε η κατανόηση και η εμπέδωση των εννοιών που διδάχτηκαν, καθώς και το αν και κατά πόσο χρησιμοποιούν τις αναλογίες που γνώρισαν για να λύσουν το πρόβλημα. Οι μαθητές, χρησιμοποιώντας τις αντιστοιχίσεις των αναλογιών ανάμεσα στους εννοιολογικούς τομείς της βάσης και του στόχου κλήθηκαν να συμπληρώσουν φράσεις που αναφέρονταν στις έννοιες που διδάχτηκαν στη Διδακτική Ενότητα 2.6 σχετικά με τις χημικές ενώσεις και τα χημικά στοιχεία.

Η άσκηση - εφαρμογή έγινε με την χημική ένωση αμμωνία, η οποία αποτελείται από τα χημικά στοιχεία άζωτο και υδρογόνο. Για το σκοπό αυτό δόθηκαν στους μαθητές προτάσεις με κενά προκειμένου να τις συμπληρώσουν γραπτά. Οι προτάσεις αναφέρονταν περιγραφικά στη δομή, σύνθεση και διάσπαση της χημικής ένωσης και η περιγραφή κάθε φορά γίνονταν με τη βοήθεια κάποιας από τις αναλογίες που είχαν ήδη επεξεργαστεί. Αναλυτικά το κείμενο της άσκησης (ως Άσκηση 5^η) παρατίθεται στο Παράρτημα II.

Στο δεύτερο βήμα της φάσης της ανασκόπησης τέθηκαν ερωτήσεις αναστοχασμού, όπου οι μαθητές ενθαρρύνονταν να εκφράσουν τις ιδέες τους αναφορικά με τις έννοιες που διδάχθηκαν και να τις συγκρίνουν με τις σχετικές ιδέες και τις απόψεις που είχαν πριν τη διδασκαλία. Παραδείγματα ερωτήσεων που τέθηκαν ήταν: «μια σύνθετη χημική ουσία διασπάται; Μια απλή χημική ουσία διασπάται; Αλλάξαμε γνώμη πάνω σ' αυτό; Τι καινούργιο μάθαμε; Μας βοήθησαν οι αναλογίες;»

4.8.1.2 Πειραματική διδακτική παρέμβαση με την εποικοδομητική προσέγγιση στη Διδακτική Ενότητα 2.7: «Χημική αντίδραση»

Από τους στόχους του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2003) που αντιστοιχούν στη διδακτική ενότητα: 2.7 Χημική Αντίδραση (Αβραμιώτης κ. συν. 2007α) στην παρούσα έρευνα μελετήθηκαν οι εξής:

Σ2.7Α Να ορίζουν τη χημική αντίδραση και να αναφέρουν παραδείγματα

Σ2.7Β Να διακρίνουν τα αντιδρώντα από τα προϊόντα της χημικής αντίδρασης

Σ2.7Γ Να διατυπώνουν την αρχή διατήρησης της μάζας σε μια χημική αντίδραση

1^η Φάση: προσανατολισμός

Οι εισαγωγικές προτάσεις που εστίαζαν στο θέμα απαρτίζονταν από ερωτήσεις προς συζήτηση πάνω στους όρους «μεταβολή», «διάσπαση», «σύνθεση», «μετασχηματισμός» με σκοπό αμέσως μετά να γίνει σύνδεση των όρων αυτών με τα χημικά φαινόμενα. Επίσης έγινε αναφορά σε παραδείγματα χημικών μετασχηματισμών που είναι ήδη γνωστά: ηλεκτρόλυση του νερού, ένωση σιδήρου και οξυγόνου που σχηματίζουν τη σκουριά, φωτοσύνθεση στα φυτά.

2^η Φάση: εκμαίευση ιδεών

Στη φάση αυτή σχεδιάστηκε να διεξαχθεί μια σύντομη συζήτηση με ερωτήσεις που σκοπό έχουν να αναδείξουν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με τις διδασκόμενες έννοιες.

Όσον αφορά τις έννοιες που διδάσκονται στο μάθημα (Διδακτική Ενότητα 2.7 Χημικές αντιδράσεις) έχουν καταγραφεί τόσο από τη βιβλιογραφία όσο και από το δείγμα της έρευνας στη διάρκεια του προ-ελέγχου οι παρακάτω εναλλακτικές ιδέες:

EA6) Οι χημικές ουσίες διαφοροποιούνται από τις ιδιότητές τους

EA7) Οι χημικές αντιδράσεις είναι διαδικασίες ανάμιξης

EA8) Στις χημικές αντιδράσεις δεν έχουμε διατήρηση της μάζας

EA9) Οι χημικές αντιδράσεις είναι μη αντιστρεπτές μεταβολές

EA10) Τα προϊόντα της αντίδρασης υπάρχουν σε λανθάνουσα κατάσταση στα

αντιδρώντα.

EA11) Στη χημική αλλαγή (αντίδραση) δεν έχουμε αλλαγή υλικού (ουσίας).

Δηλαδή οι ουσίες αλλάζουν ιδιότητες χωρίς να πάψουν να διατηρούν την ταυτότητά τους

EA12) Σύγχυση αλλαγής φυσικής κατάστασης (ή ανάμιξης) και χημικής αντίδρασης (χημική μεταβολή – φυσική μεταβολή) Έτσι στο βρασμό – για παράδειγμα - συμβαίνει διάσπαση του νερού σε O_2 και H_2 . Παρόμοια η πήξη περιγράφεται με όρους χημικού φαινομένου.

Προκειμένου να διερευνηθεί η ύπαρξη των παραπάνω αντιλήψεων στους μαθητές της Πειραματικής Ομάδας και να αναδειχθούν στην τάξη, πραγματοποιήθηκε συζήτηση με βάση ερωτήσεις όπως οι παρακάτω:

- *Μια χημική ουσία μπορεί να υπάρχει χωρίς τις ιδιότητές της (Σ2.7B, EA6);*
- *Πείτε μια ουσία που έχει μια χαρακτηριστική ιδιότητα (EA6).*
- *Για παράδειγμα το οινόπνευμα, ή το ασετόν μπορεί να πάψει να μυρίζει έτσι όπως μυρίζει αλλά να συνεχίσει να είναι οινόπνευμα ή ασετόν; (EA6).*
- *Αν μια ουσία πάψει να υπάρχει, αν για παράδειγμα μια χημική ένωση διασπαστεί, μπορεί να συνεχίζουν να υπάρχουν οι ιδιότητές της; Αν διασπαστεί το ασετόν θα συνεχίσει να υπάρχει η μυρωδιά του ασετόν; (EA6).*
- *Άλλο παράδειγμα το χλωριούχο νάτριο είναι λευκό και αλμυρό: αν διασπάσουμε αυτή τη χημική ένωση θα συνεχίζουμε να έχουμε λευκό χρώμα και αλμυρή γεύση; (EA6).*
- *Η χημική αντίδραση είναι μια μεταβολή. Έτσι το υδρογόνο και το οξυγόνο ενώνονται και σχηματίζουν τη χημική ένωση νερό. Πώς καταλαβαίνετε εσείς τον όρο 'χημική αντίδραση'; (Σ2.7A, EA11)*
- *Είναι με άλλα λόγια η 'χημική αντίδραση' ανάμειξη των χημικών στοιχείων που θα σχηματίσουν τη χημική ένωση, ή είναι κάτι διαφορετικό από ανάμειξη; Γιατί; Πώς το καταλαβαίνετε αυτό; Πώς σκέφτηκες και συμπεραίνεις ότι είναι ανάμειξη; (ή ότι δεν είναι ανάμειξη;); (Σ2.7A, EA7)*
- *Στην αρχή έχουμε τις ουσίες που λέμε αντιδρώντα. Ποιες ουσίες λέμε προϊόντα;*
- *Πότε εμφανίζονται τα προϊόντα;*

- *Λέμε ότι τα προϊόντα προκύπτουν ή σχηματίζονται από τα αντιδρώντα. Πώς το καταλαβαίνετε αυτό; (Σ2.7B, EA10)*
- *Τι νομίζετε ότι συμβαίνει (ότι ισχύει) με τις ουσίες που λέμε προϊόντα πριν αντιδράσουν οι ουσίες που τις λέμε αντιδρώντα; Υπάρχουν ή όχι; Πώς σκέφτηκες για να φτάσεις σ' αυτό το συμπέρασμα; (Σ2.7B, EA10)*
- *Αν χρησιμοποιήσουμε μια ζυγαριά για να μετρήσουμε τις μάζες των ουσιών σε μια αντίδραση: Ζυγίζουμε πρώτα τις ουσίες που λέμε αντιδρώντα (πριν την αντίδραση). Μετά γίνεται η αντίδραση και παράγονται τα προϊόντα. Ζυγίζουμε κατόπιν τα προϊόντα. Τι νομίζετε ότι βρίσκουμε (τα αντιδρώντα ζυγίζουν περισσότερο, τα προϊόντα ζυγίζουν περισσότερο, τα αντιδρώντα ζυγίζουν όσο και τα προϊόντα); (Σ2.7Γ, EA8)*
- *Μια χημική αντίδραση μπορεί να συμβεί «ανάποδα»; Μπορεί δηλαδή τα αντιδρώντα να πάρουν το ρόλο των προϊόντων και τα προϊόντα το ρόλο των αντιδρώντων; Παράδειγμα: στη φωτοσύνθεση αντιδρούν νερό και διοξείδιο του άνθρακα και σχηματίζονται προϊόντα γλυκόζη και οξυγόνο. Γίνεται να αντιδράσει η γλυκόζη με το οξυγόνο και να σχηματίσουν νερό και διοξείδιο του άνθρακα; (Σ2.7B, EA9)*
- *Η αλλαγή φυσικής κατάστασης: τήξη, πήξη, εξάτμιση είναι χημική αντίδραση; Γιατί; Πώς σκέφτηκες για να φτάσεις σ' αυτό το συμπέρασμα; (Σ2.7A, EA12)*

3^η Φάση: αναδόμηση των ιδεών

Στη φάση αυτή έγινε η επεξεργασία των διδασκόμενων εννοιών με αναλογίες. Στην παρούσα διδακτική ενότητα χρησιμοποιήθηκαν συνολικά τρεις αναλογίες: «Η χημική αντίδραση είναι σαν την κατασκευή ενός τοίχου», «η χημική αντίδραση είναι σαν την κατασκευή μίας λέξης από γράμματα», «η χημική αντίδραση είναι μια διαδικασία όπως η παρασκευή ενός κέικ».

Κατ' αρχήν χρησιμοποιήθηκε η αναλογία «Η χημική αντίδραση είναι σαν την κατασκευή ενός τοίχου» η οποία επεξεργάστηκε σύμφωνα με τα έξι στάδια του μοντέλου TWA που περιγράφονται παρακάτω.

Αναλογία 1η: «Η χημική αντίδραση είναι σαν την κατασκευή ενός τοίχου»

Στάδιο 1^ο: Εισαγωγή του στόχου (κείμενο σε πλάγια γράμματα)

Μια χημική ουσία χαρακτηρίζεται από τις ιδιότητές της και ταυτοποιείται από τις ιδιότητές της. Δηλαδή αυτά τα δύο - ουσία και ιδιότητες - πάνε μαζί, δεν μπορεί να ξεχωρίσει το ένα από το άλλο (Σ2.7B, EA6.).

Στις χημικές ουσίες παρατηρούμε να συμβαίνουν διάφορες μεταβολές.

Μια ομάδα μεταβολών είναι αυτές όπου οι ουσίες παραμένουν οι ίδιες, δηλαδή δεν σχηματίζεται καμιά καινούργια ουσία στο τέλος. Τέτοιες μεταβολές τις λέμε φυσικές μεταβολές ή φυσικά φαινόμενα. (Σ2.7A, EA12).

Σχίζουμε το χαρτί, σπάει ένα τζάμι. Πέφτει ένα φύλλο από ένα δέντρο. Χιονίζει. Λιώνει ο πάγος. Εξατμίζεται το νερό. Εξαχνώνεται η ναφθαλίνη. Όλα αυτά είναι φυσικές μεταβολές.

Η διάσπαση μιας χημικής ένωσης στα χημικά στοιχεία που την αποτελούν ή η σύνθεση μιας χημικής ένωσης από χημικά στοιχεία ανήκει σ' αυτήν την κατηγορία;

Κάθε φορά που σε μια μεταβολή σχηματίζεται μια καινούργια ουσία με διαφορετικές (βεβαίως) ιδιότητες λέμε ότι συμβαίνει χημική μεταβολή ή χημική αντίδραση. (Σ2.7A, EA6, EA11)

Η ηλεκτρόλυση του νερού, η καύση του άνθρακα με το οξυγόνο που παράγει διοξείδιο του άνθρακα, το σιδερένιο καρφί που στον αέρα (δηλαδή με το οξυγόνο) σχηματίζει τη σκουριά, όλα αυτά είναι παραδείγματα χημικών μεταβολών. (Σ2.7A, EA7)

Σε κάθε χημική αντίδραση στην αρχή έχουμε κάποια ή κάποιες ουσίες που λέγονται αντιδρώντα. Από αυτές σχηματίζονται άλλες ουσίες στο τέλος που λέγονται προϊόντα. (Σ2.7B, EA10)

Αυτή η διαδικασία μπορεί να γίνει και αντίστροφα. Από τα προϊόντα να πάμε στα αντιδρώντα. Για παράδειγμα: νερό και διοξείδιο του άνθρακα [στη φωτοσύνθεση] γίνονται γλυκόζη και οξυγόνο. Γλυκόζη και οξυγόνο [στην αναπνοή] γίνονται νερό και διοξείδιο του άνθρακα. (Σ2.7B, EA9, EA11)

Αν ζυγίσουμε τη μάζα, τα γραμμάρια των αντιδρώντων και τη μάζα των προϊόντων διαπιστώνουμε, σε κάθε περίπτωση, δηλαδή σε κάθε αντίδραση, ότι αυτές οι μάζες είναι ίσες. (Σ2.7Γ, EA8)

Η αλλαγή φυσικής κατάστασης δεν είναι χημική αντίδραση γιατί σε καμία περίπτωση δεν σχηματίζεται νέα ουσία (στην τήξη, πήξη, εξάτμιση κ.λπ. έχουμε στην αρχή και στο τέλος την ίδια ουσία π.χ. το νερό) (Σ2.7A, EA8)

Στάδιο 2^ο παρουσίαση της αναλογίας

Στο στάδιο αυτό κατ' αρχήν παρουσιάστηκε λεκτικά η αναλογία:

«Η χημική αντίδραση είναι σαν την κατασκευή ενός τοίχου»

Για την κατασκευή ενός τοίχου χρειάζονται κάποια αρχικά υλικά, όπως άμμος, νερό, ασβέστης, τούβλα κ.λπ. . Από αυτά τα οικοδομικά υλικά, τελικά θα προκύψει ο τοίχος (Σ2.7Α, Σ2.7Β, ΕΑ7, ΕΑ10, ΕΑ11). Τα υλικά αυτά, ζυγίζονται στην αρχή, όσο και ο τοίχος που θα χτιστεί στο τέλος (Σ2.7Γ, ΕΑ8). Ο τοίχος έχει άλλες ιδιότητες (χρώμα, σκληρότητα, κ.λπ.) σε σχέση με τα υλικά από τα οποία κατασκευάστηκε (Σ2.7Β, ΕΑ10). Το χτίσιμο είναι η διαδικασία μετατροπής των οικοδομικών υλικών σε τοίχο (Σ2.7Α, ΕΑ7).

Η διαδικασία αυτή του χτισίματος μοιάζει με τη διαδικασία της χημικής αντίδρασης, όπου χημικές ουσίες μετατρέπονται σε άλλες χημικές ουσίες. Ας δούμε τα κοινά τους χαρακτηριστικά.

Στάδιο 3^ο και 4^ο: Εντοπισμός και αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών στην αναλογία

Στο στάδιο αυτό έγινε ο εντοπισμός και η αντιστοίχιση των κοινών χαρακτηριστικών ανάμεσα στη βάση και στο στόχο της αναλογίας με τη βοήθεια του πρώτου μέρους του παρακάτω Πίνακα 4.8, με εργασία σε ομάδες. Κάθε ομάδα είχε στη διάθεσή της ένα τμήμα του πίνακα ημισυμπληρωμένο και καλούνταν να τον συμπληρώσει. Οι μαθητές καλούνταν να προχωρήσουν στη διαδικασία συμπλήρωσης με τη βοήθεια εποπτικού υλικού που τους δόθηκε. Όταν οι ομάδες τελείωσαν τη συμπλήρωση των πινάκων, τα αποτελέσματα διαβάστηκαν δυνατά και με τη σειρά στην ολομέλεια της τάξης. Οι ημιτελείς πίνακες προς συμπλήρωση καθώς και το εποπτικό υλικό παρατίθενται (Άσκηση 6^η) στο Παράρτημα ΙΙ.

Πίνακας 4.8

Αναλογία «η χημική αντίδραση είναι σαν την κατασκευή ενός τοίχου».

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Άμμος, νερό, ασβέστης, τούβλα κ.λπ.	χημικές ουσίες που λέγονται αντιδρώντα (Σ2.7B, EA10, EA11)
Τοίχος	Προϊόντα (ουσία ή ουσίες που σχηματίζονται μετά τη διαδικασία) (Σ2.7B, EA10, EA11)
Η μάζα των οικοδομικών υλικών είναι ίση με τη μάζα του τοίχου.	Η μάζα των αντιδρώντων είναι ίση με τη μάζα των προϊόντων (Σ2.7Γ, EA8)
Ο τοίχος έχει άλλο χρώμα, άλλη σκληρότητα κ.λπ., σε σχέση με τα υλικά νερό, τούβλα, σοβάς κ.λπ. .	Τα προϊόντα έχουν άλλη ταυτότητα και άλλες ιδιότητες σε σχέση με τα αντιδρώντα (Σ2.7B, EA10, EA11)
Χτίσιμο του τοίχου (διαδικασία μετατροπής των οικοδομικών υλικών σε τοίχο)	Χημική αντίδραση (διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα) (Σ2.7Α, EA7)
<i>Μη κοινά χαρακτηριστικά- Περιορισμοί</i>	
Ο τοίχος δεν μπορεί αν γκρεμιστεί να ξαναδώσει τα αρχικά οικοδομικά υλικά (π.χ. νερό, ασβέστη) και από αυτά να χτιστεί «άλλος τοίχος»	Τα προϊόντα μπορεί να ξαναμετασχηματιστούν σε αντιδρώντα και από αυτά να γίνει άλλη αντίδραση (Σ2.7Α, EA9)
Δεν υπάρχουν αέρια οικοδομικά υλικά	Υπάρχουν αέριες ουσίες όπως οξυγόνο, υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα

Στάδιο 5^ο και 6^ο : Εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών και περιορισμών

Ακολούθησε ο εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών ανάμεσα στη βάση και στο στόχο της αναλογίας. Η εργασία έγινε συλλογικά από όλη την τάξη. Οι απαντήσεις καταγράφηκαν στο κάτω μέρος του προηγούμενου πίνακα που αρχικά ήταν κενό.

Για την άρση του περιορισμού περί αντίστροφης πορείας μιας χημικής αντίδρασης που παρατίθεται στον παραπάνω Πίνακα 4.8 παρουσιάστηκε στη συνέχεια η αναλογία «γράμματα - λέξεις».

Αναλογία 2: «Η χημική αντίδραση ως κατασκευή λέξεων από γράμματα»

Η παρουσίαση και επεξεργασία της αναλογίας έγινε με την ίδια διαδικασία των έξι σταδίων που περιγράφηκε προηγουμένως, εκτός από το πρώτο στάδιο – εισαγωγή του στόχου που παραλείφθηκε αφού πρόκειται για τον ίδιο στόχο (χημική αντίδραση).

Στάδιο 2^ο: παρουσίαση της αναλογίας

Κατ' αρχήν παρουσιάστηκε η αναλογία λεκτικά:

«Η χημική αντίδραση είναι σαν την κατασκευή μιας λέξης από γράμματα».

Έχουμε τα γράμματα του αλφαβήτου, ή εδώ τα γράμματα στο σακούλι του σκραμπλ με τα οποία μπορούν να σχηματιστούν λέξεις (Σ2.7B, EA7). Για παράδειγμα τα γράμματα Α, Ο, Κ, Λ. Υπάρχουν όμως και έτοιμες λέξεις, γραμμένες, για παράδειγμα [ΑΝΑΣΤΑΣΗΣ] [ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΥΟ] . Ο αριθμός των γραμμάτων παραμένει σταθερός πριν σχηματίσουμε μια λέξη στο σκραμπλ (εδώ έχουμε 4 γράμματα: Α, Ο, Κ και Λ) και αφού τη σχηματίσουμε (η λέξη ... ΚΑΛΟ έχει 4 γράμματα) (Σ2.7Γ, EA8) . Μπορούμε επίσης να σχηματίσουμε νέες λέξεις αναγραμματίζοντας τις παλιές, ανασυνθέτοντας δηλαδή τα γράμματα από τα οποία αποτελούνται (Σ2.7Α, EA9, EA11).

Μια χημική αντίδραση είναι μια διαδικασία που μοιάζει με το συνδυασμό γραμμάτων για την κατασκευή λέξεων στο σκραμπλ. Ας δούμε τα κοινά χαρακτηριστικά τους:

Στάδιο 3^ο και 4^ο: Εντοπισμός και αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών στην αναλογία

Στο στάδιο αυτό έγινε ο εντοπισμός και η αντιστοίχιση των κοινών χαρακτηριστικών ανάμεσα στη βάση και στο στόχο της αναλογίας «η χημική αντίδραση είναι σαν την κατασκευή μιας λέξης από γράμματα» με τη βοήθεια ημισυμπληρωμένων πινάκων και κατάλληλου εποπτικού υλικού (βλέπε Παράρτημα ΙΙ, Άσκηση 7^η). Στο εποπτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε περιλαμβάνονταν παιχνίδι σκραμπλ, κατασκευασμένο από πλαστικό, με τη βοήθεια του οποίου φτιάχνονταν οι λέξεις. Στον παρακάτω Πίνακα 4.9 παρατίθεται το συνολικό αποτέλεσμα που ανακοινώθηκε στην ολομέλεια της τάξης αφού έγινε εργασία σε ομάδες για την εύρεση των κοινών και μη κοινών χαρακτηριστικών.

Πίνακας 4.9

Τα κοινά και μη κοινά χαρακτηριστικών στην αναλογία: «*Η χημική αντίδραση είναι σαν την κατασκευή μιας λέξης από γράμματα*»

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών	
Γράμματα (του αλφάβητου) που σχηματίζουν κάποιες λέξεις [Α, Ο, Κ, Λ] ή λέξεις που υπάρχουν έτοιμες από την αρχή [ΑΝΑΣΤΑΣΗΣ] [ΑΡΙΘΜΟΣ, ΔΥΟ]	χημικές ουσίες που λέγονται αντιδρώντα (και που εδώ είναι χημικά στοιχεία ή χημικές ενώσεις) (Σ2.7B, EA10, EA11)
Λέξεις που σχηματίζονται από τα παραπάνω γράμματα [ΚΑΛΟ] ή από τις λέξεις με αναγραμματισμό [ΣΑΣΑ, ΣΤΑΝΗ] [ΜΥΘΟΣ, ΡΑΔΙΟ] Νέες λέξεις που σχηματίζονται με αναγραμματισμό από προηγούμενες [ΝΗΚΟΣ ΣΚΟΝΗ]	Προϊόντα (ουσία ή ουσίες που σχηματίζονται μετά τη διαδικασία) (Σ2.7B, EA10, EA11) Προϊόντα (που εδώ είναι άλλες χημικές ενώσεις) (Σ2.7B, EA9, EA10, EA11)
Ο αριθμός των γραμμάτων ίδιος πριν και μετά το σχηματισμό νέων λέξεων.	Η μάζα των αντιδρώντων ίση με τη μάζα των προϊόντων (Σ2.7Γ, EA8, EA11)
Οι αρχικές λέξεις έχουν άλλη σημασία από τις τελικές.	Τα προϊόντα έχουν άλλη ταυτότητα και άλλες ιδιότητες σε σχέση με τα αντιδρώντα (Σ2.7B, EA10, EA11)
Αναγραμματισμός	Χημική αντίδραση (διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα) (Σ2.7Α, EA7, EA10, EA11)
<i>Μη κοινά χαρακτηριστικά - Περιορισμοί</i>	
Τα γράμματα του σκραμπλ και οι λέξεις που σχηματίζουν είναι φτιαγμένα από ένα υλικό	Οι χημικές ουσίες είναι διαφορετικά υλικά

Στάδιο 5^ο και 6^ο : Εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών - Περιορισμοί

Ακολούθησε ο εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών στην αναλογία, με διαδικασία παρόμοια με την προηγούμενη αναλογία. Διατυπώθηκαν γνώμες σε συζήτηση που έγινε με όλη την τάξη και καταγράφηκαν τα χαρακτηριστικά για τα οποία συμφωνήθηκε ότι υπάρχουν ανομοιότητες ανάμεσα στη βάση και στο στόχο στο κάτω μέρος του προηγούμενου πίνακα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην προσπάθεια αυτή εντοπίστηκαν από τα παιδιά επιπλέον κοινά χαρακτηριστικά στην αναλογία τα οποία επίσης καταγράφηκαν στον πίνακα στις κατάλληλες θέσεις. Τα νέα στοιχεία που εισήγαγαν τα παιδιά είναι τα εξής: Υπάρχουν απλές λέξεις και σύνθετες λέξεις, παρόμοια υπάρχουν απλές χημικές ουσίες (στοιχεία) και σύνθετες (χημικές ενώσεις). Ακόμα, όπως μια σύνθετη λέξη κατασκευάζεται από απλές λέξεις (για παράδειγμα: ‘αποδίδω’ προκύπτει από την ένωση των λέξεων από και ‘δίδω’) έτσι και μια σύνθετη

χημική ουσία (χημική ένωση π.χ. αμμωνία) φτιάχνεται από απλές ουσίες (χημικά στοιχεία π.χ. άζωτο και υδρογόνο).

Στη συνέχεια οι μαθητές ασχολήθηκαν με το σκραμπλ και προσπάθησαν να κάνουν «συνθέσεις» λέξεων ή αναγραμματισμούς. Παραθέτουμε μερικά παραδείγματα:

1) Με τα γράμματα Η, Ο, Κ, Ν, και Σ κατασκευάστηκαν οι λέξεις: ΝΗΚΟΣ, (η νίκη στα αρχαία ελληνικά), ΣΚΟΝΗ και ΣΟΝΗΚ (όνομα ηλεκτρονικής μάρκας).

2) Με τα γράμματα Α, Α, Η, Ο, Π, Σ, Σ, Τ κατασκευάστηκε η λέξη ΑΠΟΣΤΑΣΗ και από αυτήν προέκυψαν οι λέξεις ΑΠΟ και ΣΤΑΣΗ (κάτι σαν την ηλεκτρόλυση του νερού που από μια ουσία προκύπτουν δύο ουσίες). Ας σημειωθεί ότι εντοπίστηκε η διαφορά: ενώ στην ηλεκτρόλυση προκύπτουν στοιχεία, στην ανασύνθεση της λέξης προκύπτουν λέξεις, όχι γράμματα.

4^η Φάση: εφαρμογή

Στη φάση αυτή στόχος είναι να ανακαλυφθεί η αναλογία: «Η χημική αντίδραση ως παρασκευή κέικ», της οποίας η λεκτική περιγραφή φαίνεται παρακάτω:

“Η χημική αντίδραση είναι μια διαδικασία παρόμοια με την παρασκευή ενός κέικ”

Ένα κέικ για να φτιαχτεί χρειάζεται υλικά όπως αλεύρι, ζάχαρη, αυγά, βούτυρο κ.λπ. (Σ2.7Β, ΕΑ10). Το κάθε υλικό προστίθεται σε ορισμένη ποσότητα (Σ2.7Γ, ΕΑ8). Η μάζα των υλικών (και όχι ο όγκος) είναι ίση με τη μάζα του κέικ (Σ2.7Γ, ΕΑ8). Οι ιδιότητές τους όμως είναι εντελώς διαφορετικές (ΕΑ11). Άλλο χρώμα, άλλη υφή, άλλη γεύση έχουν τα αρχικά υλικά και άλλη το κέικ (Σ2.7Β, ΕΑ11). Τα υλικά μας μετατρέπονται σε κέικ με μια διαδικασία που την ακολουθούμε πιστά και ονομάζεται «παρασκευή του κέικ» (Σ2.7Α, ΕΑ11, ΕΑ12).

Παρόμοια και η χημική αντίδραση είναι μια διαδικασία μετατροπής κάποιων ουσιών σε άλλες.

Τα παιδιά χωρίστηκαν σε ομάδες. Κάθε ομάδα πήρε ένα φύλλο χαρτί με την αναλογία ημισυμπληρωμένη σε μορφή πίνακα. Τα μέλη της κάθε ομάδας συζήτησαν

μεταξύ τους, επεξεργάστηκαν το υλικό τους και τελικά η συμπλήρωση του πίνακα συζητήθηκε από όλη την τάξη. Στην τελική συζήτηση σχολιάστηκε και ο τυχόν εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών και οι εύστοχες παρατηρήσεις καταγράφηκαν εφόσον έγιναν αποδεκτές από όλους τους μαθητές.

Παρατίθεται ο πίνακας με την αναλογία συμπληρωμένη (Πίνακας 4.10) ενώ οι ημιτελείς εκδοχές του πίνακα παρατίθενται στο Παράρτημα II (Άσκηση 8^η).

Πίνακας 4.10

Αναλογία «Η χημική αντίδραση ως παρασκευή κέικ»

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Αλεύρι, ζάχαρη, αυγά, βούτυρο κ.λπ. Κέικ	χημικές ουσίες που λέγονται αντιδρώντα Προϊόντα (ουσία ή ουσίες που σχηματίζονται μετά τη διαδικασία)
Ορισμένη ποσότητα από το κάθε υλικό	Κάθε ουσία (αντιδρών) παίρνει μέρος στην αντίδραση με ορισμένη ποσότητα (Σ2.7Γ, ΕΑ8)
Η μάζα των υλικών (και όχι ο όγκος) είναι ίση με τη μάζα του κέικ	Η μάζα των αντιδρώντων είναι ίση με τη μάζα των προϊόντων (Σ2.7Γ, ΕΑ8)
Το κέικ έχει άλλο χρώμα, άλλη γεύση κ.λπ. , σε σχέση με τα υλικά ζάχαρη, αυγά κ.λπ.	Τα προϊόντα έχουν άλλη ταυτότητα και άλλες ιδιότητες σε σχέση με τα αντιδρώντα (Σ2.7Β, ΕΑ11)
παρασκευή του κέικ (διαδικασία μετατροπής των υλικών σε κέικ)	Χημική αντίδραση (διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα) (Σ2.7Α, ΕΑ11, ΕΑ12)
<i>Μη κοινά χαρακτηριστικά - Περιορισμοί</i>	
Το κέικ είναι μια τελική ουσία	Μια χημική αντίδραση μπορεί να έχει δύο προϊόντα
Το κέικ είναι στερεό	Τα προϊόντα σε μια αντίδραση μπορεί να είναι στερεά, αλλά και υγρά ή και αέρια
Μη αντιστρεπτότητα δηλαδή από το κέικ δεν μπορούμε να γυρίσουμε πίσω στα υλικά	Αντιστρεπτότητα δηλαδή από τα προϊόντα μπορούμε να ξαναοδηγηθούμε στα αντιδρώντα

Στη συνέχεια έγινε άλλη εργασία με όλες τις αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη διδακτική ενότητα. Κατασκευάστηκε ένα είδος σύνθεσης των αναλογιών, όπου το κάθε ένα από τα επί μέρους τμήματα αποτελούσε «κομμάτι» διαφορετικής αναλογίας, περιλάμβανε ορισμένη αντιστοίχιση μεταξύ των τομέων βάσης και στόχου και αφορούσε σε συγκεκριμένη εναλλακτική αντίληψη των μαθητών. Απώτερος στόχος της επεξεργασίας αυτής ήταν η υπέρβαση των

εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών, χρησιμοποιώντας κάθε φορά απόσπασμα διαφορετικής αναλογίας. Η επεξεργασία αυτή έγινε με συζήτηση με όλη την τάξη, ένα είδος καθοδηγούμενης ανακάλυψης. Στον Πίνακα 4.11 παρατίθενται τα «κομμάτια» αναλογιών που χρησιμοποιήθηκαν και οι εναλλακτικές αντιλήψεις στις οποίες οι αναλογίες αυτές στόχευαν μαζί με τους αντίστοιχους στόχους του αναλυτικού προγράμματος.

Πίνακας 4.11

Συνδυαστική επεξεργασία των αναλογιών για την υπέρβαση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών αναφορικά με την έννοια 'χημική αντίδραση'

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
Μια λέξη πάει πάντοτε μαζί με τη σημασία της. Δεν υπάρχει λέξη χωρίς σημασία και κάθε σημασία γίνεται κατανοητή από μια λέξη.	Οι χημικές ουσίες δεν διαφοροποιούνται από τις ιδιότητές τους και δεν μπορούν να υπάρξουν ανεξάρτητα οι μεν από τις δε. (Σ2.7B, EA6)
Κάθε υλικό ζαχαροπλαστικής έχει τη δική του αποκλειστικά χρήση. Άλλος ο τοίχος από κόκκινα τούβλα και σοβά και άλλος από υαλότουβλα και ακόμα άλλο πράγμα το κάθε οικοδομικό υλικό (νερό, ασβέστης) και άλλο ο τοίχος που χτίστηκε.	Κάθε χημική ουσία έχει τη δική της ταυτότητα (που είναι οι ιδιότητές της) Αν έχουμε διαφορετικές ιδιότητες σημαίνει ότι έχουμε και διαφορετικές ουσίες (Σ2.7B, EA11)
Το να αραδιάξεις σκόρπια ή τυχαία τούβλα και λοιπά οικοδομικά υλικά δεν σημαίνει ότι χτίζεις έναν τοίχο. Επίσης η ανάμειξη των υλικών ζαχαροπλαστικής δεν δίνει αυτόματα το κέικ. Ακόμα ανάμειξη γραμμάτων δεν συνθέτει λέξεις.	Η χημική αντίδραση δεν είναι ανάμειξη και τα προϊόντα δεν είναι μίγμα των αντιδρώντων (Σ2.7A, EA7)
Σε μια λέξη είναι σταθερός ο αριθμός γραμμάτων, σε ένα όχημα διατηρείται ο συνολικός αριθμός από εξαρτήματα, σε μια κατασκευή είναι σταθερός ο αριθμός από τουβλάκια.	Σε μια χημική αντίδραση η συνολική μάζα διατηρείται (Σ2.7Γ, EA8)
Οι λέξεις κατασκευάζονται από γράμματα με αναγραμματισμούς, οι οποίοι γίνονται και αντίστροφα. Η κατασκευή LEGO χτίζεται από τουβλάκια αλλά και γκρεμίζεται σε αυτά (η αναλογία μελετήθηκε αναλυτικά στην προηγούμενη ενότητα 2.6). Το όχημα συναρμολογείται από εξαρτήματα και αποσυναρμολογείται σε αυτά.	Μια χημική αντίδραση είναι διαδικασία που μπορεί να πραγματοποιηθεί και προς την αντίθετη κατεύθυνση (αντιστρεπτή) (Σ2.7A, EA9, EA10)

5^η Φάση: ανασκόπηση

Στη διάρκεια του βήματος της ανασκόπησης τέθηκαν ερωτήσεις αναστοχασμού, όπου οι μαθητές ενθαρρύνθηκαν να εκφράσουν τις ιδέες τους αναφορικά με τις έννοιες που διδάχθηκαν και να τις συγκρίνουν με τις ιδέες και τις απόψεις που είχαν σχετικά πριν τη διδασκαλία.

Για παράδειγμα

- *Σε μια χημική αντίδραση αλλάζουν οι ουσίες;*
- *Μπορεί μια ουσία να παραμείνει αναλλοίωτη αλλά να εκδηλώνει άλλες ιδιότητες; Αλλάξαμε γνώμη πάνω σ' αυτό;*
- *Τι καινούργιο μάθαμε;*
- *Μας βοήθησαν οι αναλογίες; Πώς βοήθησαν;*

4.8.1.3 Πειραματική διδακτική παρέμβαση με την εποικοδομητική προσέγγιση στη Διδακτική Ενότητα 2.8: «Άτομα και Μόρια»

Από τους στόχους του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2003) που αντιστοιχούν στη Διδακτική Ενότητα 2.8: *Άτομα και Μόρια* (Αβραμιώτης κ. συν., 2007α) στην παρούσα έρευνα μελετήθηκαν οι εξής:

Σ2.8B Να ορίζουν το άτομο και το μόριο

Σ2.8Γ Να διακρίνουν τα μόρια των χημικών στοιχείων από αυτά των χημικών ενώσεων

Σ2.8Ε Να ερμηνεύουν τη χημική αντίδραση σε επίπεδο ατόμων και μορίων

Σ.8Ζ Να κατανοούν την αναλογία ατόμων στο μόριο χημικής ένωσης

1^η Φάση: προσανατολισμός

Οι εισαγωγικές προτάσεις που εστίαζαν στο θέμα απαρτίζονταν αρχικά από προτάσεις σύνδεσης με τις προηγούμενες διδακτικές ενότητες και περιλάμβαναν τους όρους χημικό στοιχείο, χημική ένωση και χημική αντίδραση. Κατόπιν τέθηκαν ερωτήσεις προς συζήτηση πάνω στους όρους «ύλη», «δομή της ύλης», «σύσταση της ύλης».

Επίσης έγινε αναφορά σε παραδείγματα χημικών μετασχηματισμών που ήταν ήδη γνωστά: ηλεκτρόλυση του νερού, ένωση σιδήρου και οξυγόνου που σχηματίζουν τη σκουριά, φωτοσύνθεση στα φυτά.

2^η Φάση: εκμαίευση ιδεών

Στη φάση αυτή σχεδιάστηκε να διεξαχθεί μια σύντομη συζήτηση με ερωτήσεις που σκοπό είχαν να αναδείξουν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με τις διδασκόμενες έννοιες.

Όσον αφορά τις έννοιες που διδάσκονται στη Διδακτική Ενότητα 2.8 «Άτομα – Μόρια» έχουν καταγραφεί τόσο από τη βιβλιογραφία όσο και από το δείγμα της έρευνας στη διάρκεια του προ-ελέγχου οι παρακάτω εναλλακτικές ιδέες μαθητών:

EA13) Τα άτομα δεν διατηρούνται, μπορεί να εξαφανιστούν.

EA14) Τα άτομα είναι σκληρά σαν μπάλες μπιλιάρδου. Τα άτομα είναι σαν δομικοί λίθοι.

EA15) Τα άτομα των στοιχείων έχουν τις (μακροσκοπικές) ιδιότητες του εκάστοτε στοιχείου: χρώμα, σκληρότητα κ.λπ. Έτσι τα άτομα του σιδήρου είναι σκληρά, τα άτομα του υδραργύρου είναι υγρά, κ.ο.κ.

EA16) Τα μόρια διατηρούνται στις χημικές αντιδράσεις

Προκειμένου να διερευνηθεί η ύπαρξη των παραπάνω αντιλήψεων στους μαθητές της Π.Ο. και να αναδειχθούν στην τάξη, πραγματοποιήθηκε συζήτηση με βάση τις εξής ερωτήσεις:

- *Από τι αποτελείται η ύλη;*
- *Πώς τα φαντάζεστε αυτά από τα οποία αποτελείται η ύλη; (Σ2.8B, EA13)*
- *Όταν συμβαίνει μια μεταβολή (π.χ. εξάτμιση του νερού), αυτό που παράγεται τι είναι; Λοιπόν αυτό (έστω απάντησαν υδρατμός) συνεχίζει να υπάρχει; Από τι αποτελείται; Έχει βάρος;*
- *Όταν καίγεται το ξύλο αυτό που παράγεται τι είναι; Από τι αποτελείται; Έχει βάρος; (Σ2.8Γ, Σ2.8Ε, EA13, EA16)*
- *Τι νομίζετε λοιπόν, ένα υλικό από τι αποτελείται, πώς είναι φτιαγμένο; Δηλαδή είναι μικρά ξεχωριστά κομματάκια; «διακριτά» κομματάκια; (Σ2.8Γ, EA13)*
- *Ποια είναι (πώς λέγονται) τα πιο μικρά κομματάκια της ύλης; (Σ2.8B, EA13)*
- *Τα μόρια ή τα άτομα είναι πιο μικρά;*

- *Πώς είναι ένα άτομο; Μπορεί κάποιος να το περιγράψει; Να το ζωγραφίσει; (Σ2.8B, EA14)*
- *Ο χαλκός είναι κοκκινωπός. Τα άτομα του χαλκού έχουν χρώμα; (Σ2.8B, EA15)*
- *Ο σίδηρος είναι σκληρός και γκρίζος. Τα άτομα του σιδήρου πώς είναι;*
- *Το ιώδιο είναι μωβ. Τα άτομα του ιωδίου έχουν χρώμα;*
- *Ο άνθρακας (κάρβουνο) είναι στερεός και μαύρος. Τα άτομα του άνθρακα (του κάρβουνου) πώς νομίζετε ότι είναι;*
- *Το οξυγόνο είναι αέριο. Τα άτομα του οξυγόνου πώς είναι;*
- *Πώς είναι ένα μόριο; Μπορεί κάποιος να το περιγράψει; Να το ζωγραφίσει; (Σ2.8B)*
- *Ο γύψος είναι μαλακός και άσπρος. Τα μόρια του γύψου πώς νομίζετε ότι είναι;*
- *Ένας μαθητής είπε: «Τα μόρια του νερού είναι υγρά, σαν μικρές σταγόνες». Συμφωνείτε μαζί του; (Σ2.8B, EA15)*
- *Όταν γίνεται ένα χημικό φαινόμενο, για παράδειγμα όταν το σίδηρο σκουριάζει έχουμε μόρια σιδήρου; Άτομα σιδήρου; (Σ2.8B, Σ2.8Γ, EA16)*
- *Πώς το φαντάζεστε;*

3^η Φάση: αναδόμηση των ιδεών

Στο βήμα αυτό έγινε η επεξεργασία των διδασκόμενων εννοιών με αναλογίες. Στην παρούσα διδακτική ενότητα χρησιμοποιήθηκαν συνολικά τρεις αναλογίες: «Τα μόρια αποτελούνται από άτομα όπως μια κατασκευή LEGO από τουβλάκια», «το μόριο μιας χημικής ένωσης αποτελείται από άτομα όπως ένα όχημα αποτελείται από εξαρτήματα» και «το μόριο μοιάζει με μία λέξη που αποτελείται από γράμματα».

Κατ' αρχήν χρησιμοποιήθηκε η αναλογία «Τα μόρια χτίζονται από άτομα όπως η κατασκευή LEGO από τουβλάκια».

Στάδιο 1^ο εισαγωγή του στόχου (κείμενο σε πλάγια γράμματα)

Η ύλη είναι ασυνεχής και αποτελείται από μικροσκοπικά σωματίδια που λέγονται άτομα. Τα άτομα ονομάστηκαν έτσι γιατί δεν υπάρχουν άλλα πιο μικρά σωματίδια στα οποία να μπορούμε να τα κόψουμε (άτομα σημαίνει άτμητα).

Τα άτομα είναι άφθαρτα δηλαδή δεν τέμνονται και δεν καταστρέφονται ούτε όταν γίνεται μια χημική αντίδραση. (Σ2.8B, EA13)

Έχουν την τάση να ενώνονται και να σχηματίζουν μόρια.

Αν ενωθούν όμοια άτομα (π.χ. ένα άτομο υδρογόνου και άλλο ένα άτομο υδρογόνου) σχηματίζεται μόριο χημικού στοιχείου, εδώ το μόριο του υδρογόνου. (Σ2.8Γ, EA13)

Αν ενωθούν διαφορετικά άτομα (π.χ. ένα άτομο οξυγόνου και δύο άτομα υδρογόνου) σχηματίζεται μόριο χημικής ένωσης, εδώ το νερό.

Τα μόρια πάλι μπορεί να διασπαστούν και να ξανασχηματιστούν άτομα (Σ2.8 EA16, EA16). Τότε τα άτομα μπορεί να ενωθούν με άλλο τρόπο, να ενωθούν με άλλα άτομα και να σχηματιστούν άλλα μόρια, δηλαδή άλλη ουσία. Τότε λέμε ότι έχουμε χημική αντίδραση (Σ2.8E, EA16).

Ας πάρουμε για παράδειγμα την ηλεκτρόλυση του νερού. Κάθε μόριο νερού αποτελείται από άτομα υδρογόνου και οξυγόνου. Αν διασπαστεί ένα μόριο νερού θα προκύψουν δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Αν διασπαστούν δύο μόρια νερού θα προκύψουν τέσσερα άτομα υδρογόνου και δύο άτομα οξυγόνου. Αυτά τα άτομα τώρα ενώνονται με διαφορετικό συνδυασμό. Ένα άτομο υδρογόνου με ένα άτομο υδρογόνου σχηματίζουν ένα μόριο υδρογόνου. Ένα άτομο οξυγόνου και ένα άτομο οξυγόνου σχηματίζουν ένα μόριο οξυγόνου. Έτσι από τη διάσπαση των μορίων του νερού σχηματίστηκαν τελικά άλλα μόρια, αυτά του υδρογόνου και του οξυγόνου (Σ2.8Γ, EA15, EA16).

Στάδιο 2^ο παρουσίαση της αναλογίας

Αναλογία 1η: «Τα μόρια ως κατασκευή LEGO»

Στο στάδιο αυτό παρουσιάστηκε λεκτικά η αναλογία:

«Τα μόρια χτίζονται από άτομα όπως η κατασκευή LEGO από τουβλάκια»

Για να καταλάβουμε καλύτερα πώς «ένα μόριο διασπάται σε άτομα, ή πώς τα άτομα ανασυνδυάζονται και φτιάχνουν μόρια», καθώς και πώς γίνεται όλη αυτή η διαδικασία, ας πάρουμε ένα παράδειγμα: τα τουβλάκια και τις κατασκευές LEGO που μπορούμε να φτιάξουμε με αυτά.

Τα τουβλάκια είναι τα μικρά κομμάτια που χρησιμοποιούμε για να φτιάξουμε μια οποιαδήποτε κατασκευή. Υπάρχουν σε διαφορετικά σχήματα και χρώματα (Σ2.8Γ, EA14). Μπορούμε να τα ενώσουμε κάνοντας όποιο συνδυασμό θέλουμε και φτιάχνουμε μια κατασκευή, για παράδειγμα μια πολυκατοικία (Σ2.8B, EA13). Έπειτα αυτή την κατασκευή LEGO μπορούμε να την καταστρέψουμε (Σ2.8E, EA16), αποχωρίζοντας και απομακρύνοντας τα τουβλάκια το ένα από το άλλο. Έτσι προέκυψαν ξανά, απλά τουβλάκια. Αυτά τώρα μπορούμε να τα ενώσουμε με άλλο συνδυασμό και να προκύψει άλλη κατασκευή, για παράδειγμα μια γέφυρα (Σ2.8E, EA15). Μια κατασκευή LEGO μπορεί να αποτελείται από λίγα ή από πολλά τουβλάκια. Μπορεί να αποτελείται από όμοια (σε σχήμα και χρώμα) ή από διαφορετικά τουβλάκια (Σ2.8Γ, EA14). Κάθε φορά το χτίσιμο της κατασκευής από τουβλάκια, η καταστροφή της κατασκευής ή μια ανακατασκευή είναι μια διαδικασία όπου αλλάζουμε τον τρόπο που συνδυάζονται τα τουβλάκια (Σ2.8E, EA16), τα οποία (το κάθε ένα από αυτά ξεχωριστά) δεν παθαίνουν τίποτα (Σ2.8B, EA13).

Μπορούμε να θεωρήσουμε το μόριο μιας σύνθετης ουσίας σαν μια κατασκευή LEGO. Κάθε ένα από τα τουβλάκια LEGO μοιάζει με ένα άτομο του μορίου. Ας δούμε αναλυτικά τα κοινά χαρακτηριστικά τους.

Στάδιο 3^ο και 4^ο: Εντοπισμός και αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών στην αναλογία

Στο σημείο αυτό έγιναν οι παραπάνω ενέργειες με την εξής σειρά: ο εντοπισμός και η αντιστοίχιση των κοινών χαρακτηριστικών ανάμεσα στη βάση και στο στόχο της αναλογίας, η αντιστοίχιση αυτών των κοινών χαρακτηριστικών με τη βοήθεια πίνακα (βλέπε παρακάτω Πίνακας 4.12). Ο εντοπισμός και η αντιστοίχιση των κοινών χαρακτηριστικών έγινε με εργασία σε ομάδες και συμπλήρωση ημιτελών μορφών του Πίνακα 4.12 και ανακοίνωση των αποτελεσμάτων σε όλη την τάξη. Δηλαδή τα παιδιά χωρίστηκαν σε ομάδες και κάθε ομάδα πήρε μια διαφορετικά ημιτελή εκδοχή του παρακάτω πίνακα, την οποία κλήθηκε να συμπληρώσει. Οι ημιτελείς μορφές του

Πίνακα 4.12 όπως χρησιμοποιήθηκαν στην άσκηση παρατίθενται στο Παράρτημα II (Άσκηση 9^η).

Πίνακας 4.12

Αναλογία: Τα μόρια χτίζονται από άτομα όπως η κατασκευή LEGO από τουβλάκια

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Τουβλάκια	Άτομα
Τουβλάκια διαφορετικών χρωμάτων και μεγεθών	Άτομα διαφορετικών στοιχείων
Κατασκευή από τουβλάκια	Μόριο
Κατασκευή με όμοια ή με διαφορετικά τουβλάκια	Μόριο χημικού στοιχείου ή μόριο χημικής ένωσης (Σ2.8Γ, ΕΑ14, ΕΑ15)
Ο αριθμός των τούβλων σε μια κατασκευή σταθερός Αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στην κατασκευή	Ο αριθμός των ατόμων σταθερός σε μια χημική αντίδραση, αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στα μόρια (Σ2.8Β, ΕΑ13)
Καταστροφή μιας κατασκευής και με τα ίδια τουβλάκια σχηματισμός μιας άλλης	Χημική αντίδραση (διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα) (Σ2.8Ε, ΕΑ13, ΕΑ16)
Από τα τουβλάκια χτίζεται μια κατασκευή	Σύνθεση μορίου από άτομα (Σ2.8Γ, ΕΑ15)
Η κατασκευή χαλάει και ξανά προκύπτουν τα τουβλάκια	Το μόριο διασπάται και προκύπτουν άτομα (Σ2.8Β, ΕΑ16)
Το κάθε τουβλάκι δεν παθαίνει τίποτε στις παραπάνω διαδικασίες	Τα άτομα είναι άφθαρτα (Σ2.8Β, ΕΑ13)
<i>Μη κοινά χαρακτηριστικά - Περιορισμοί</i>	
Τα τουβλάκια είναι όλα από το ίδιο υλικό	τα άτομα /μόρια δεν είναι από το ίδιο υλικό
Τα τουβλάκια έχουν διαφορετικά χρώματα	τα άτομα /μόρια δεν έχουν χρώμα

Στάδια 5^ο και 6^ο: Εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών στην αναλογία και καταγραφή περιορισμών

Στη συνέχεια έγινε ο εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών ανάμεσα στη βάση και τον στόχο της αναλογίας και η καταγραφή των περιορισμών της αναλογίας. Ο εντοπισμός των μη κοινών χαρακτηριστικών έγινε με επεξεργασία – συζήτηση σε όλη την τάξη, μετά την ανακοίνωση των αποτελεσμάτων της εργασίας σε ομάδες των προηγούμενων σταδίων (3ο και 4ο). Όλα αυτά παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

Για την άρση του περιορισμού που προκύπτει από το γεγονός ότι όλα τα τουβλάκια είναι από το ίδιο υλικό και έχουν χρώματα (κάτι που δεν ισχύει για τα άτομα

και τα μόρια) παρουσιάστηκε η αναλογία «τα μόρια δομούνται από άτομα όπως το όχημα συναρμολογείται από εξαρτήματα». Η πορεία που ακολουθήθηκε για την παρουσίαση της αναλογίας ήταν αυτή των έξι σταδίων του μοντέλου TWA, από τα οποία στάδια παραλείφθηκε το πρώτο, καθώς η έννοια – στόχος είχε ήδη παρουσιαστεί.

Κατ' αρχήν παρουσιάστηκε λεκτικά η αναλογία:

«Τα μόρια δομούνται από άτομα όπως το όχημα συναρμολογείται από εξαρτήματα»

Ένα μόριο δομείται από άτομα όπως ένα όχημα συναρμολογείται από εξαρτήματα (Σ2.8B, EA14, EA15). Και αντίστροφα ένα όχημα μπορεί να αποσυναρμολογηθεί στα εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται (Σ2.8E, EA13, EA16). Κάθε εξάρτημα φροντίζουμε να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή ενός οχήματος και να μην παραμένει «σε αχρηστία». Κάθε όχημα περιλαμβάνει ορισμένο και σταθερό αριθμό από κάθε είδος εξαρτήματος (Σ2.8Γ, EA13).

Παρόμοια ένα μόριο χημικής ουσίας αποτελείται από άτομα. Ας προσπαθήσουμε να εντοπίσουμε τα κοινά χαρακτηριστικά.

Στάδιο 3^ο και 4^ο: Εντοπισμός και αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών στην αναλογία

Στο σημείο αυτό έγινε ο εντοπισμός των κοινών χαρακτηριστικών ανάμεσα στη βάση και στο στόχο της αναλογίας, με ομαδική συζήτηση με όλους τους μαθητές. Κατόπιν έγινε η αντιστοίχιση αυτών των κοινών χαρακτηριστικών με τη βοήθεια πίνακα (βλέπε παρακάτω Πίνακας 4.13). Η διαδικασία αυτή έγινε με την προβολή διαφάνειας power point, όπου εμφανίζονταν διαδοχικά κάθε σειρά του παρακάτω πίνακα με τη μία στήλη συμπληρωμένη και την άλλη κενή. Οι μαθητές καλούνταν να συμπληρώσουν το κενό (έννοια είτε της βάσης, είτε του στόχου) προτείνοντας ιδέες σε κοινή συζήτηση.

Στάδια 5ο και 6ο : Εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών στην αναλογία και καταγραφή περιορισμών

Στο σημείο αυτό έγινε ο εντοπισμός των μη κοινών χαρακτηριστικών ανάμεσα στη βάση και στο στόχο της αναλογίας και η καταγραφή των περιορισμών της αναλογίας με συζήτηση σε όλη την τάξη. Τα αποτελέσματα καταγράφονταν

ηλεκτρονικά στη συνέχεια της διαφάνειας. Όλα αυτά παρατίθενται στον παρακάτω Πίνακα 4.13 .

Πίνακας 4.13

Αναλογία: Τα μόρια δομούνται από άτομα όπως το όχημα συναρμολογείται από εξαρτήματα

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Εξαρτήματα	Άτομα
Ρόδες, πόρτες, καθίσματα κ.λπ.	Άτομα διαφορετικών στοιχείων
Όχημα	Μόριο
Ο αριθμός των εξαρτημάτων σταθερός Αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στη κατασκευή	Ο αριθμός των ατόμων σταθερός, αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στο μόριο (Σ2.8B, EA13)
Αποσυναρμολόγηση ενός οχήματος και με τα ίδια εξαρτήματα συναρμολόγηση ενός άλλου οχήματος	Χημική αντίδραση (διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα) (Σ2.8E, EA11 EA13, EA16)
Από τα εξαρτήματα συναρμολογείται ένα όχημα	Σύνθεση μορίου από άτομα (Σ2.8Γ, EA15)
Το όχημα αποσυναρμολογείται και ξανά προκύπτουν τα εξαρτήματα	Το μόριο διασπάται και προκύπτουν άτομα (Σ2.8B, EA16)
Το κάθε εξάρτημα δεν παθαίνει τίποτε στις παραπάνω διαδικασίες	Τα άτομα είναι άφθαρτα (Σ2.8B, EA13)
<i>Μη κοινά χαρακτηριστικά - Περιορισμοί</i>	
Τα εξαρτήματα και το όχημα είναι στερεά υλικά	Οι χημικές ουσίες μπορεί να είναι στερεά, υγρά ή αέρια

4^η Φάση: εφαρμογή

Στη φάση αυτή στόχος ήταν να ανακαλυφθεί και να αναδειχθεί η λειτουργικότητα της αναλογίας: «Τα μόρια δομούνται από άτομα όπως η λέξη κατασκευάζεται από γράμματα» όσον αφορά την προσέγγιση των εννοιών του μορίου και του ατόμου. Η λεκτική περιγραφή της αναλογίας φαίνεται παρακάτω:

«Τα μόρια δομούνται από άτομα όπως η λέξη κατασκευάζεται από γράμματα»

Ένα μόριο δομείται από άτομα όπως μια λέξη κατασκευάζεται από γράμματα (Σ2.8B, EA14, EA15). Και αντίστροφα μια λέξη μπορεί να αποσυντεθεί στα γράμματα από τα οποία αποτελείται (Σ2.8E, EA13, EA16). Η διαδικασία είναι γνωστή από το γνωστό παιχνίδι «σκραμπλ». Κάθε γράμμα φροντίζουμε να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή μιας λέξης και να μην παραμένει «σε αχρηστία». Κάθε λέξη περιλαμβάνει ορισμένο και σταθερό αριθμό από κάθε είδος γράμματος (Σ2.8Γ, EA13).

Το μόριο μιας χημικής ουσίας αποτελείται από άτομα όπως μια λέξη αποτελείται από γράμματα.

Στάδιο 3^ο και 4^ο: Εντοπισμός και αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών στην αναλογία

Στο σημείο αυτό έγιναν οι εξής ενέργειες: ο εντοπισμός των κοινών χαρακτηριστικών ανάμεσα στη βάση και στο στόχο της αναλογίας, με ομαδική συζήτηση – επεξεργασία με όλους τους μαθητές, στη συνέχεια η αντιστοίχιση αυτών των κοινών χαρακτηριστικών η οποία έγινε με εργασία σε ομάδες και συμπλήρωση ημιτελών μορφών του Πίνακα 4.14 που παρατίθεται παρακάτω και ανακοίνωση των αποτελεσμάτων σε όλη την τάξη. Οι ημιτελείς μορφές του παραπάνω πίνακα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εργασία σε ομάδες παρατίθενται στο Παράρτημα II (Άσκηση 10^η).

Στάδια 5^ο και 6^ο: Εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών στην αναλογία και καταγραφή περιορισμών

Στο σημείο αυτό έγινε ο εντοπισμός μη κοινών χαρακτηριστικών ανάμεσα στη βάση και τον στόχο της αναλογίας και η καταγραφή περιορισμών της αναλογίας. Η όλη διαδικασία έγινε με επεξεργασία – συζήτηση σε όλη την τάξη, με τη μορφή καταγισμού ιδεών. Όλα αυτά παρατίθενται στον παρακάτω Πίνακα 4.14.

Πίνακας 4.14

Αναλογία: Τα μόρια κατασκευάζονται από άτομα όπως η λέξη από γράμματα

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Γράμματα	Άτομα
Διαφορετικά γράμματα	Άτομα διαφορετικών στοιχείων
Λέξη	Μόριο
Λέξη με όμοια γράμματα (επιφώνημα)	Μόριο χημικού στοιχείου (Σ2.8Γ, ΕΑ14)
Λέξη με διαφορετικά γράμματα	Μόριο χημικής ένωσης (Σ2.8Γ, ΕΑ14)
Ο αριθμός των γραμμάτων σταθερός Αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στη λέξη	Ο αριθμός των ατόμων σταθερός, αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στο μόριο (Σ2.8Β, ΕΑ13)
Καταστροφή μιας λέξης και με τα ίδια γράμματα σχηματισμός μιας άλλης	Χημική αντίδραση: διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα (Σ2.8Ε, ΕΑ11 ΕΑ13, ΕΑ16)
Από τα γράμματα κατασκευάζεται η λέξη	Σύνθεση μορίου από άτομα (Σ2.8Γ, ΕΑ15)
Η λέξη χαλάει και ξανά προκύπτουν τα γράμματα	Το μόριο διασπάται και προκύπτουν άτομα (Σ2.8Β, ΕΑ16)
Τα γράμματα δεν «χαλάνε»	Τα άτομα είναι άφθαρτα (Σ2.8Β, ΕΑ13)
Μια συγκεκριμένη λέξη αποτελείται από ορισμένα γράμματα και σταθερό αριθμό από το καθένα. Για παράδειγμα η λέξη «ΟΛΟ» αποτελείται από ένα λάμδα και δύο όμικρον	Ένα μόριο αποτελείται από ορισμένα άτομα και σταθερό αριθμό από το καθένα. Το μόριο του νερού αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου
<i>Μη κοινά χαρακτηριστικά - Περιορισμοί</i>	
Τα γράμματα είναι ορατά	Τα άτομα είναι μικροσκοπικά, δεν φαίνονται με το μάτι
Οι λέξεις γράφονται σε ευθεία γραμμή	Τα μόρια δεν είναι ευθύγραμμα
Τα γράμματα είναι πιο λίγα (24)	Τα χημικά στοιχεία είναι πιο πολλά (περί τα εκατό)

Στη συνέχεια, οι μαθητές - χωρισμένοι σε ομάδες - ασχολήθηκαν με το σκραμπλ και προσπάθησαν να κατασκευάσουν λέξεις οι οποίες αναπαριστούσαν – συμβόλιζαν μόρια συγκεκριμένων χημικών ενώσεων, σύμφωνα με οδηγίες που δόθηκαν με τη μορφή πινάκων. Συγκεκριμένα σχηματίστηκαν έξι ομάδες και ασχολήθηκαν με τα μόρια του υπεροξειδίου του υδρογόνου, του μονοξειδίου του άνθρακα και του τριοξειδίου του σιδήρου (βλέπε Άσκηση 11α στο Παράρτημα II), με τα μόρια του νερού, του υδροκυανίου και του διοξειδίου του άνθρακα (βλέπε Άσκηση 11β στο Παράρτημα II) και με τα μόρια της αμμωνίας, του μονοξειδίου του αζώτου και του διοξειδίου του αζώτου (βλέπε Άσκηση 11γ στο Παράρτημα II).

Κατόπιν οι μαθητές –χωρισμένοι σε ομάδες των 4 ή 5 ατόμων- ασχολήθηκαν με τα τουβλάκια και προσπάθησαν να κάνουν κατασκευές LEGO, που μοντελοποιούσαν τη σύνθεση και διάσπαση τριών διαφορετικών χημικών ουσιών: του νερού, του διοξειδίου του άνθρακα και της αμμωνίας, σύμφωνα με οδηγίες που δόθηκαν με τη μορφή πινάκων. Οι πίνακες αυτοί παρατίθενται στο Παράρτημα II (Άσκηση 12α, 12β και 12γ.

Κατόπιν οι μαθητές – εργαζόμενοι σε ομάδες - κλήθηκαν να επιλύσουν προβλήματα που αφορούσαν στη κατανόηση και την περιγραφή της δομής μορίων τόσο στοιχείων όσο και χημικών ενώσεων – με τη βοήθεια αναλογιών.

Κάθε ομάδα καλούνταν – μέσω γραπτών οδηγιών στις οποίες συγκεκριμένα γράμματα και τουβλάκια LEGO με συγκεκριμένα χρώματα αντιστοιχίζονταν με άτομα συγκεκριμένων χημικών στοιχείων – να κατασκευάσει αναπαραστάσεις μορίων συγκεκριμένων χημικών στοιχείων και χημικών ενώσεων χρησιμοποιώντας τουβλάκια LEGO και γράμματα «σκραμπλ».

A.1) Κατασκευή μορίων χημικών στοιχείων από γράμματα «σκραμπλ»: Το επιφώνημα «αα!», «εε!», «οο!», «μμ!» με το μόριο ποιού χημικού στοιχείου μπορεί να παρομοιαστεί;

A.2) Κατασκευή μορίων χημικών στοιχείων από τουβλάκια. Πόσα και ποια τουβλάκια χρειάζεστε και πώς πρέπει να τα συνδυάσετε ώστε να κατασκευάσετε το μόριο του:

α) υδρογόνου H_2

β) οξυγόνου O_2

γ) αζώτου N_2

δ) ιωδίου I_2

B.1) Κατασκευή μορίων χημικών ενώσεων από γράμματα «σκραμπλ». Κατασκευάστε μία λέξη με το είδος και τον αριθμό των γραμμάτων που σας δίδονται και αντιστοιχίστε την με το μόριο μιας γνωστής χημικής ένωσης:

α) Με δύο μι και ένα άλφα (MAM που αντιστοιχεί στη χημική ουσία νερό [H_2O])

β) Με ένα νι και ένα άλφα (NA που αντιστοιχεί στη χημική ουσία μονοξείδιο του άνθρακα [CO])

γ) Με ένα νι και δύο άλφα (ANA που αντιστοιχεί στη χημική ουσία διοξείδιο του άνθρακα [CO₂])

δ) Με ένα ρο και δύο άλφα (APA που αντιστοιχεί στη χημική ουσία διοξείδιο του θείου [SO₂])

B.2) Κατασκευή μορίων χημικών ενώσεων από τουβλάκια: Πόσα και ποια τουβλάκια χρειάζεστε και πώς πρέπει να τα συνδυάσετε ώστε να κατασκευάσετε το μόριο του

α) νερού H₂O

β) μεθανίου CH₄

γ) τριοξειδίου του θείου SO₃

δ) διοξειδίου του άνθρακα CO₂

B.3) Κατασκευή μορίων χημικών ενώσεων από τουβλάκια: Πόσα και ποια τουβλάκια χρειάζεστε και πώς πρέπει να τα συνδυάσετε ώστε να κατασκευάσετε το μόριο του

α) του φωσφορικού οξέος (συστατικό κάποιων αναψυκτικών με μοριακό χημικό τύπο H₃PO₄)

β) του ανθρακικού οξέος (συστατικό των αναψυκτικών με μοριακό χημικό τύπο H₂CO₃)

γ) της αιθανόλης (το καθαρό ή αλλιώς άσπρο οινόπνευμα με μοριακό χημικό τύπο C₂H₆O)

δ) της ακετόνης (η δραστική ουσία του ασετόν με μοριακό χημικό τύπο C₃H₆O)

Κάθε ομάδα επεξεργάστηκε τα δεδομένα της και στο τέλος έγινε ανακοίνωση των αποτελεσμάτων στην τάξη. Για κάθε χημική ουσία (είτε χημικό στοιχείο είτε χημική ένωση) τονίζονταν η σημασία του δείκτη στο χημικό τύπο του αντίστοιχου μορίου που δηλώνει τον αριθμό των ατόμων του στοιχείου στο μόριό του, ή την αναλογία με την οποία συμμετέχει το είδος του κάθε συγκεκριμένου ατόμου στο μόριο της αντίστοιχης χημικής ένωσης. Για παράδειγμα στο μόριο της αιθανόλης ο δείκτης δύο για τον άνθρακα και ο δείκτης έξι για το υδρογόνο σημαίνουν ότι στο μόριο του οινόπνεύματος η αναλογία των ατόμων άνθρακα και υδρογόνου είναι 2:6.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι οι παραπάνω δραστηριότητες εκτελέστηκαν μετά την διδασκαλία των συμβόλων ατόμων και μορίων χημικών ουσιών.

5η Φάση: ανασκόπηση

Στη διάρκεια του βήματος της ανασκόπησης τέθηκαν ερωτήσεις αναστοχασμού, όπου οι μαθητές ενθαρρύνθηκαν να εκφράσουν τις ιδέες τους αναφορικά με τις έννοιες που διδάχθηκαν και να τις συγκρίνουν με τις ιδέες και τις απόψεις που είχαν σχετικά πριν τη διδασκαλία. Για παράδειγμα

- Σε μια χημική αντίδραση τα μόρια διατηρούνται; Τα άτομα διατηρούνται;
- Τα άτομα έχουν χρώμα; Είναι σκληρά ή μαλακά;
- Τα μόρια έχουν χρώμα; Είναι σκληρά ή μαλακά;
- Τι καινούργιο μάθαμε;
- Μας βοήθησαν οι αναλογίες;

4.8.2 Διδακτική παρέμβαση στην Ομάδα Ελέγχου

Η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην Ομάδα Ελέγχου απαρτιζόταν από τρεις διδακτικές ενότητες, κάθε μία από τις οποίες διήρκεσε δύο διδακτικές ώρες των 45 λεπτών, όπως και για την Πειραματική Ομάδα, (βλέπε και ενότητα 4.8.1).

Στην ομάδα ελέγχου για κάθε διδακτική ενότητα ακολουθήθηκε διαδικασία πέντε φάσεων σύμφωνη με ένα συμβατικό μοντέλο διδασκαλίας –όπου δηλαδή δεν λαμβάνονται υπόψη οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών και δεν εισάγονται διδακτικές αναλογίες- και συγκεκριμένα:

- 1) Εισαγωγικά χρησιμοποιήθηκαν προτάσεις προσανατολισμού και εστίασης στο υπό διαπραγμάτευση θέμα.
- 2) Κατόπιν αναζητούνταν γνώσεις των μαθητών συναφείς με τις έννοιες της εκάστοτε διδακτικής ενότητας, οι οποίες προέρχονταν από τη διδασκαλία συναφών εννοιών σε προηγούμενες διδακτικές ώρες.
- 3) Στην επόμενη φάση διεξαγόταν η ανάλυση και η επεξεργασία των εννοιών από τη διδάσκουσα.
- 4) Συμπερασματικά καταγράφονταν οι επιστημονικά αποδεκτές απόψεις σχετικά με τις έννοιες της κάθε διδακτικής ενότητας.
- 5) Ακολουθούσε μία φάση εμπέδωσης με ερωτήσεις, ασκήσεις και συζήτηση που εκτελούνταν είτε από όλη την τάξη, είτε σε μικρές ομάδες (δύο ατόμων).
- 6) Τέλος διεξαγόταν μια σύντομη αξιολόγηση στο υπό διαπραγμάτευση θέμα.

4.8.2.1 Διδακτική παρέμβαση με συμβατική διδασκαλία στη Διδακτική Ενότητα 2.6: «χημικές ενώσεις και χημικά στοιχεία»

Στην παρούσα διδακτική ενότητα τέθηκαν οι εξής τρεις στόχοι του Αναλυτικού Προγράμματος (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2003):

Σ2.6Α Να κατανοούν ότι το νερό είναι σύνθετη ουσία και έχει σταθερή σύσταση.

Σ2.6Β Να ορίζουν τα χημικά στοιχεία και να αναφέρουν παραδείγματα

Σ2.6Γ Να ορίζουν τις χημικές ενώσεις

Με βάση τους παραπάνω στόχους για την διδακτική επεξεργασία της Ενότητας αυτής, ακολουθήθηκαν τα παρακάτω πέντε βήματα:

I) Προσανατολισμός

Στην εισαγωγική αυτή φάση χρησιμοποιήθηκαν προτάσεις που εστιάζουν στο θέμα, όπως: Ας μιλήσουμε για ουσίες. Για χημικές ουσίες. Είναι πολλές άραγε ή λίγες; Μήπως θα βοηθούσε να τις ταξινομήσουμε; Διακρίνουμε δύο κατηγορίες χημικών ουσιών. Τις σύνθετες και τις απλές.

II) Αναζήτηση συναφών γνώσεων

Η αναζήτηση ύπαρξης συναφών γνώσεων από την πλευρά των μαθητών έγινε με ανιχνευτικές ερωτήσεις. Για το σκοπό αυτό καταστρώθηκε μια πιθανή σχάρα ερωτήσεων του τύπου:

- *Τι σημαίνει σύνθετος; Τι σημαίνει σύνθετη χημική ουσία;*
- *Τι σημαίνει απλός; Τι σημαίνει απλή χημική ουσία;*
- *Ποιες ουσίες νομίζετε ότι είναι σύνθετες και ποιες απλές;*
- *Τι μπορεί να συμβεί σε μια σύνθετη και τι σε μια απλή χημική ουσία;*

III) Ανάλυση και επεξεργασία εννοιών

Ακολούθησε η επεξεργασία των εννοιών της αντίστοιχης ενότητας με έμφαση α) στη διάκριση των χημικών ουσιών σε σύνθετες και απλές, β) στην περιγραφή διάσπασης της σύνθετης ουσίας νερό, γ) στον ορισμό σύνθετης και απλής χημικής ουσίας και δ) στην καταγραφή παραδειγμάτων σύνθετων και απλών χημικών ουσιών.

Αναλυτικά ο σχεδιασμός της φάσης αυτής όπως παρουσιάστηκε από τη διδάσκουσα παρατίθεται στο Παράρτημα III.

IV) Εμπέδωση

Κατ' αρχήν έγινε επεξεργασία των εννοιών που διδάχτηκαν, με ερωτήσεις και ασκήσεις. (Όπως για παράδειγμα: Ποιες ουσίες λέγονται απλές, ποιες λέγονται

σύνθετες; Τι σημαίνει η έκφραση: «τα χημικά στοιχεία συμμετέχουν ως συστατικά μιας χημικής ένωσης με σταθερή αναλογία;»).

Στη συνέχεια ζητήθηκε να αναφερθούν παραδείγματα χημικών ενώσεων και χημικών στοιχείων.

Κατόπιν ζητήθηκε να αναφερθούν παραδείγματα διάσπασης χημικών ενώσεων (νερό, αμμωνία, διοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου) και εξετάστηκαν οι περιπτώσεις αναλογίας μαζών και όγκων σε αυτές τις διασπάσεις. Τα παραδείγματα παρατίθενται αναλυτικά στο Παράρτημα III.

V) Αξιολόγηση

Δόθηκαν προφορικές ερωτήσεις παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στη φάση της εμπέδωσης.

Επίσης έγιναν ερωτήσεις που αφορούσαν στη διάκριση χημικών ενώσεων και μιγμάτων καθώς και στη διάκριση χημικών ενώσεων και χημικών στοιχείων.

Έγινε επίλυση ασκήσεων στον πίνακα που αφορούσαν στην εύρεση ποσοτήτων χημικών ουσιών και στηρίζονταν στις έννοιες σταθερή αναλογία μαζών και σταθερή αναλογία όγκων των συστατικών στοιχείων μιας χημικής ένωσης. Οι εκφωνήσεις των ασκήσεων παρατίθενται στο Παράρτημα III.

4.8.2.2 Διδακτική παρέμβαση με συμβατική διδασκαλία στη Διδακτική Ενότητα

2.7: «Χημική αντίδραση»

Στην παρούσα διδακτική ενότητα τέθηκαν οι παρακάτω στόχοι του Αναλυτικού Προγράμματος (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2003):

Σ2.7Α Να ορίζουν τη χημική αντίδραση και να αναφέρουν παραδείγματα

Σ2.7Β Να διακρίνουν τα αντιδρώντα από τα προϊόντα της χημικής αντίδρασης

Σ2.7Γ Να διατυπώνουν την αρχή διατήρησης της μάζας σε μια χημική αντίδραση

Η διδακτική επεξεργασία των εννοιών της διδακτικής αυτής ενότητας έγινε με το παρακάτω σχήμα:

I) Προσανατολισμός

Στο εισαγωγικό αυτό στάδιο χρησιμοποιήθηκαν προτάσεις που εστιάζουν στο θέμα, όπως: Ένα σκουριασμένο καρφί διαφέρει από ένα σιδερένιο καρφί; Γιατί σκουριάζει το καρφί; Τι ακριβώς γίνεται σ' αυτή τη διαδικασία; Άλλα σιδερένια αντικείμενα σκουριάζουν;

II) Αναζήτηση συναφών γνώσεων

Η αναζήτηση ύπαρξης συναφών γνώσεων από την πλευρά των μαθητών έγινε με ανιχνευτικές ερωτήσεις. Για το σκοπό αυτό καταστρώθηκε μια πιθανή σχάρα ερωτήσεων του τύπου:

- *Ξέρετε άλλα υλικά που να σκουριάζουν;*
- *Πώς θα μπορούσαμε να ονομάζουμε αυτή τη διαδικασία, δηλαδή το σκούριασμα;*
- *Υπάρχουν άλλες διαδικασίες όπως το σκούριασμα;*
- *Τι εννοούμε στη χημεία με τη λέξη «μεταβολή»;*

III) Ανάλυση και επεξεργασία εννοιών

Ακολούθησε η επεξεργασία των εννοιών της αντίστοιχης ενότητας με έμφαση στα εξής: α) διάκριση φυσικών μεταβολών (όπως η αλλαγή φυσικής κατάστασης κ.λπ.) από τις χημικές μεταβολές (δηλαδή τις χημικές αντιδράσεις), β) μελέτη της διαδικασίας της χημικής αντίδρασης και αναφορά παραδειγμάτων, γ) ταξινόμηση των παραδειγμάτων των χημικών αντιδράσεων και δ) μελέτη της αρχής διατήρησης της μάζας κατά τη διάρκεια της χημικής αντίδρασης.

Αναλυτικά ο σχεδιασμός της φάσης αυτής όπως παρουσιάστηκε από τη διδάσκουσα παρατίθεται στο Παράρτημα III.

IV) Εμπέδωση

Κατ' αρχήν έγινε επεξεργασία των εννοιών που διδάχτηκαν με ερωτήσεις και ασκήσεις (παραδείγματα ερωτήσεων και υποδείγματα ασκήσεων παρατίθενται στο Παράρτημα III).

Στη συνέχεια ζητήθηκε να αναφερθούν παραδείγματα φυσικών και χημικών μεταβολών. Κατόπιν ερευνήθηκαν τα αντιδρώντα και τα προϊόντα σε συγκεκριμένα παραδείγματα χημικών αντιδράσεων. Τέλος δόθηκαν διάφορα προβλήματα στους μαθητές (παρατίθενται στο Παράρτημα ΙΙΙ) όπου καλούνταν να εφαρμόσουν την αρχή διατήρησης της μάζας για τον υπολογισμό της ποσότητας ενός αντιδρώντος ή ενός προϊόντος σώματος της αντίδρασης.

V) Αξιολόγηση

Δόθηκαν προφορικές ερωτήσεις παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στη φάση της εμπέδωσης. Επίσης έγιναν ερωτήσεις που αφορούσαν στη διάκριση φυσικών και χημικών μεταβολών καθώς και στη διάκριση αντιδρώντων και προϊόντων χημικής αντίδρασης.

Έγινε επίλυση ασκήσεων στον πίνακα που στηρίζονταν αρχή διατήρησης της μάζας κατά τη διεξαγωγή μιας χημικής αντίδρασης. Επίσης λύθηκαν στον πίνακα τρεις σχετικές ασκήσεις από την αντίστοιχη ενότητα «χημικές αντιδράσεις», από το τετράδιο εργασιών. Αναλυτικά τα παραδείγματα και οι ασκήσεις παρατίθενται στο Παράρτημα ΙΙΙ.

4.8.2.3 Διδακτική παρέμβαση με συμβατική διδασκαλία στη Διδακτική Ενότητα 2.8 «Άτομα και Μόρια»

Από τους στόχους του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2003) που αντιστοιχούν στη Διδακτική Ενότητα 2.8: *Άτομα και Μόρια* στην παρούσα έρευνα μελετήθηκαν οι εξής:

Σ2.8B Να ορίζουν το άτομο και το μόριο

Σ2.8Γ Να διακρίνουν τα μόρια των χημικών στοιχείων από αυτά των χημικών ενώσεων

Σ2.8Δ Να αναπαριστούν μόρια με τη χρήση προσομοιωμάτων

Σ2.8Ε Να ερμηνεύουν τη χημική αντίδραση σε επίπεδο ατόμων και μορίων

Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφονται οι φάσεις της διδασκαλίας αυτής της ενότητας.

I) Προσανατολισμός

Στο εισαγωγικό αυτό στάδιο χρησιμοποιήθηκαν προτάσεις που εστιάζουν στο θέμα, όπως: Από τι αποτελείται η ύλη; Πώς είναι αυτά τα άτομα και τα μόρια; Πόσο μικρά είναι; Πώς μπορούμε να τα γνωρίσουμε και να τα μελετήσουμε αφού δεν τα βλέπουμε;

II) Αναζήτηση συναφών γνώσεων

Η ανάκληση πιθανών συναφών γνώσεων των μαθητών έγινε με σχετικές ερωτήσεις εκμαιευσής τους. Ενδεικτικές τέτοιες ερωτήσεις ήταν:

- *Πάντα υπήρχε η άποψη ότι η ύλη αποτελείται από μόρια και άτομα;*
- *Ποιες θεωρίες είχαν διατυπώσει σχετικά οι αρχαίοι έλληνες φιλόσοφοι;*
- *Ποιος και πότε «ανακάλυψε» τα μόρια και τα άτομα;*
- *Μπορούμε να τα δούμε με το μικροσκόπιο;*

III) Ανάλυση και επεξεργασία εννοιών

Η επεξεργασία της ενότητας αυτής εστιάστηκε: α) σε μια σύντομη ιστορική αναδρομή της ατομικής θεωρίας από τον Λεύκιππο ως τον Dalton και τα σημερινά δεδομένα, β) στην ατομικότητα των μορίων χημικών στοιχείων και το πλήθος και την αναλογία ατόμων στα μόρια χημικών ενώσεων, γ) στην απεικόνιση των ατόμων και μορίων και δ) στην περιγραφή χημικών εξισώσεων με τη βοήθεια ατόμων και μορίων. Αναλυτικά το κείμενο που χρησιμοποιήθηκε στο στάδιο αυτό, παρατίθεται στο Παράρτημα III.

IV) Εμπέδωση

Κατ' αρχήν έγινε επεξεργασία των εννοιών που διδάχτηκαν με ερωτήσεις και ασκήσεις, όπως για παράδειγμα: Τι είναι το άτομο και τι το μόριο; Ποια είδη ατόμων και μορίων γνωρίζετε; Τι είναι τα προσομοιώματα και σε τι μας χρησιμεύουν; Πώς μπορούμε να περιγράψουμε μια χημική αντίδραση με τη χρήση προσομοιωμάτων;

Στη συνέχεια δόθηκαν παραδείγματα διαφόρων ειδών μορίων - σχεδιασμένων με τη μορφή προσομοιωμάτων - για εξάσκηση (βλέπε Παράρτημα III).

Κατόπιν δόθηκαν στους μαθητές προβλήματα όπου καλούνταν με τη χρήση προσομοιωμάτων να περιγράψουν απλές χημικές αντιδράσεις.

Τέλος δόθηκαν προς επίλυση μικρά προβλήματα με μόρια χημικών ενώσεων (βλέπε αναλυτικά στο Παράρτημα ΙΙΙ).

V) Αξιολόγηση

Δόθηκαν προφορικές ερωτήσεις παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στη φάση της εμπέδωσης.

Έγινε στον πίνακα επίλυση σχετικών προβλημάτων τα οποία παρατίθενται στο Παράρτημα ΙΙΙ.

Κεφάλαιο 5ο ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται τα αποτελέσματα της ανάλυσης των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στα ερωτήματα του ερωτηματολογίου πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις. Κατ' αρχήν συγκρίνονται οι επιδόσεις πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις, για κάθε ομάδα ξεχωριστά, τόσο για κάθε μια από τις τρεις διδακτικές ενότητες που περιελάμβανε η διδακτική παρέμβαση, όσο και για κάθε μια από τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στις διδακτικές αυτές ενότητες. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η σύγκριση των επιδόσεων των δύο ομάδων του δείγματος (Πειραματική και Ελέγχου) μεταξύ τους για κάθε Διδακτική Ενότητα και για κάθε εναλλακτική αντίληψη.

5.2 Μεταβολές στις επιδόσεις των δύο ομάδων ως αποτέλεσμα των διδακτικών παρεμβάσεων

Όπως ήδη περιγράφηκε στο κεφάλαιο της Μεθόδου (βλ. ενότητα 4.6), τόσο για την Πειραματική Ομάδα όσο και για την Ομάδα Ελέγχου έγινε έλεγχος των επιδόσεων για κάθε μια από τις διδακτικές ενότητες της παρέμβασης με τη διενέργεια προ-ελέγχου και μετα-ελέγχου. Το συνολικό δυναμικό σκορ που θα μπορούσε να καταγραφεί (με αποδεκτές απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις) είναι 53 μονάδες. Για κάθε μαθητή του δείγματος (Πειραματικής ή Ομάδας Ελέγχου) καταγράφηκε η μεταβολή του συνολικού σκορ αποδεκτών απαντήσεων ανάμεσα στον προ-έλεγχο και τον μετα-έλεγχο για να διαπιστωθεί κατά πόσον σημειώθηκε βελτίωση, στασιμότητα ή οπισθοδρόμηση στην ορθότητα των απαντήσεων μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις (τα στοιχεία αυτά παρατίθενται σε πίνακα και σε διάγραμμα στο Παράρτημα IV).

Οι μεταβολές του συνολικού σκορ για τις δύο ομάδες του δείγματος, έχουν ως εξής: Για την Πειραματική Ομάδα ο μέσος όρος πριν τις διδακτικές παρεμβάσεις (14.55) υπερδιπλασιάζεται μετά από αυτές (31.23), [$t(21) = 13.76, p < .001$], ενώ για

την Ομάδα Ελέγχου ο μέσος όρος πριν τις παρεμβάσεις (17.05) αυξάνεται επίσης, αλλά λιγότερο θεαματικά (21.14), [$t(21) = 3.31, p = .003$].

Οι συγκρίσεις των επιδόσεων της κάθε ομάδας κατά τις δύο αυτές χρονικές στιγμές με τη χρήση του t test για ζευγαρωτά δείγματα (paired samples t -test), ανέδειξαν τα εξής ανά διδακτική ενότητα (βλ. Πίνακες 5.1, 5.2 και 5.3 που ακολουθούν): Για την Πειραματική Ομάδα οι διαφορές είναι σε κάθε περίπτωση στατιστικά σημαντικές. Συγκεκριμένα [$t(21) = 8.29, p < .001$] για τη Διδακτική Ενότητα 2.6: «Χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις», όπου το μέγιστο δυνατό σκορ ήταν 14, [$t(21) = 9.09, p < .001$] για τη Διδακτική Ενότητα 2.7: «Χημικές αντιδράσεις» - όπου το μέγιστο δυνατό σκορ ήταν 17 - και [$t(21) = 10.32, p < .001$] για τη Διδακτική Ενότητα 2.8: «Άτομα και μόρια» - όπου το μέγιστο δυνατό σκορ ήταν 22. Αντίστοιχα, οι μαθητές της Ομάδας Ελέγχου βελτίωσαν τα σκορ τους με στατιστικά σημαντικό τρόπο σε δύο περιπτώσεις και συγκεκριμένα στη Διδακτική Ενότητα 2.6: «Χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις» [$t(21) = 2.66, p = .015$] και στη Διδακτική Ενότητα 2.8: «Άτομα και μόρια» [$t(21) = 2.91, p = .008$].

Πίνακας 5.1

Διδακτική ενότητα 2.6: «Χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις». Οι επιδόσεις ανά ομάδα πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις (μέγιστο δυνατό σκορ απαντήσεων: 14 μονάδες)

Ομάδα		Μέσος όρος	Τυπική Απόκλιση	t	df	p
Πειραματική Ομάδα	Προ-έλεγχος	3.77	2.91	8.29	21	.000
	Μετα-έλεγχος	9.50	3.47			
Ομάδα Ελέγχου	Προ-έλεγχος	3.45	2.60	2.66	21	.015
	Μετα-έλεγχος	5.27	3.53			

Πίνακας 5.2

Διδακτική ενότητα 2.7: «Χημικές αντιδράσεις». Οι επιδόσεις ανά ομάδα πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις (μέγιστο δυνατό σκορ απαντήσεων: 17 μονάδες)

Ομάδα		Μέσος όρος	Τυπική Απόκλιση	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
Πειραματική Ομάδα	Προ-έλεγχος	4.55	1.47	9.09	21	.000
	Μετα-έλεγχος	8.77	2.49			
Ομάδα Ελέγχου	Προ-έλεγχος	6.05	1.99	0.30	21	.771
	Μετα-έλεγχος	6.27	3.34			

Πίνακας 5.3

Διδακτική ενότητα 2.8: «Άτομα και μόρια». Οι επιδόσεις ανά ομάδα πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις (μέγιστο δυνατό σκορ απαντήσεων: 22 μονάδες)

Ομάδα		Μέσος όρος	Τυπική Απόκλιση	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
Πειραματική ομάδα	Προ-έλεγχος	6.32	2.05	10.32	21	.000
	Μετα-έλεγχος	12.95	2.06			
Ομάδα ελέγχου	Προ-έλεγχος	7.55	2.18	2.91	21	.008
	Μετα-έλεγχος	9.64	2.74			

Σχετικά με την ομάδα εναλλακτικών αντιλήψεων που αντιστοιχούν στην Διδακτική Ενότητα 2.6 «Χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις» οι επιδόσεις της Πειραματικής Ομάδας στον μετα-έλεγχο καταγράφηκαν υψηλότερες σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις σε σχέση με τον προ-έλεγχο, όπως υποδεικνύουν τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.4. Συγκεκριμένα: όσον αφορά την αντίληψη (EA2) ότι τα χημικά στοιχεία μπορούν να διασπαστούν διαπιστώθηκε αυξημένη επίδοση [$t(21) = 5.37, p < .001$], σχετικά με την αντίληψη (EA3) ότι η χημική ένωση δεν έχει περισσότερα από δύο χημικά στοιχεία ως συστατικά υπήρξε επίσης βελτιωμένη επίδοση [$t(22) = 6.91, p < .001$]. Ομοίως στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις σημειώθηκαν αναφορικά με την αντίληψη (EA4) ότι το χημικό στοιχείο δεν διαφέρει

από τη χημική ένωση ή το μίγμα [$t(21) = 7.45, p < .001$], σχετικά με την αντίληψη (EA5) κατά την οποία η χημική ένωση συγγέεται με το χημικό στοιχείο [$t(21) = 7.88, p < .001$], όσον αφορά την αντίληψη (EA6) σύμφωνα με την οποία οι χημικές ενώσεις διαφοροποιούνται από τις ιδιότητές τους [$t(21) = 2.35, p = .029$] και τέλος σχετικά με την αντίληψη (EA7) ότι οι χημικές ενώσεις είναι μίγματα [$t(21) = 2.77$ και $p = .012$].

Πίνακας 5.4

Οι επιδόσεις της Πειραματικής Ομάδας πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις αναφορικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στην Διδακτική Ενότητα 2.6

Εναλλακτική αντίληψη		Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
(EA 1) τα πολυατομικά στοιχεία ταυτίζονται με τις χημικές ενώσεις (μέγιστο σκορ 1 μονάδα)	Προ-έλεγχος	0.59	0,50	0,62	21	0,540
	Μετα-έλεγχος	0.68	0.48			
(EA 2) τα χημικά στοιχεία μπορούν να διασπαστούν (μέγιστο σκορ 8 μονάδες)	Προ-έλεγχος	2.41	1.56	5,37	21	.000
	Μετα-έλεγχος	5.00	1.85			
(EA 3) η χημική ένωση έχει όχι περισσότερα από δύο χημικά στοιχεία (μέγιστο σκορ 8 μονάδες)	Προ-έλεγχος	1.86	1.13	6,91	21	.000
	Μετα-έλεγχος	4.77	1.69			
(EA 4) το χημικό στοιχείο συγγέεται με τη χημική ένωση και το μίγμα (μέγιστο σκορ 18 μονάδες)	Προ-έλεγχος	5.12	2.83	7,45	21	.000
	Μετα-έλεγχος	10.91	3.19			
(EA 5) η χημική ένωση δεν διαφοροποιείται από το χημικό στοιχείο (μέγιστο σκορ 16 μονάδες)	Προ-έλεγχος	4.41	2.61	7,88	21	.000
	Μετα-έλεγχος	10.14	3.20			
(EA 6) οι χημικές ουσίες διαφοροποιούνται από τις ιδιότητές τους (μέγιστο σκορ 2 μονάδες)	Προ-έλεγχος	.50	.60	2,35	21	.029
	Μετα-έλεγχος	.86	.64			
(EA 7) οι χημικές ενώσεις είναι μίγματα (και οι χημικές αντιδράσεις διαδικασίες ανάμιξης) (μέγιστο σκορ 7 μονάδες)	Προ-έλεγχος	2.14	1.13	2,77	21	.012
	Μετα-έλεγχος	3.09	1.63			

Οι επιδόσεις της Ομάδας Ελέγχου όσον αφορά τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στην Διδακτική Ενότητα 2.6: «Χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις» δεν βελτιώθηκαν με στατιστικά σημαντικό τρόπο για καμία από τις εναλλακτικές αντιλήψεις (βλ. Πίνακας 5.5).

Πίνακας 5.5

Οι επιδόσεις της Ομάδας Ελέγχου πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις αναφορικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στην Διδακτική Ενότητα 2.6

Εναλλακτική αντίληψη		Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
(EA 1) τα πολυατομικά στοιχεία ταυτίζονται με τις χημικές ενώσεις (μέγιστο σκορ 1 μονάδα)	Προ-έλεγχος	.36	0.49	0,33	21	.747
	Μετα-έλεγχος	.41	0.50			
(EA 2) τα χημικά στοιχεία μπορούν να διασπαστούν (μέγιστο σκορ 8 μονάδες)	Προ-έλεγχος	2.14	1.93	1,73	21	.098
	Μετα-έλεγχος	2.91	2.43			
(EA 3) η χημική ένωση έχει όχι περισσότερα από δύο χημικά στοιχεία (μέγιστο σκορ 8 μονάδες)	Προ-έλεγχος	1.91	1.93	1,84	21	.081
	Μετα-έλεγχος	2.68	2.84			
(EA4) το χημικό στοιχείο συγγέεται με τη χημική ένωση και το μίγμα (μέγιστο σκορ 18 μονάδες)	Προ-έλεγχος	5.23	3.13	1,76	21	.093
	Μετα-έλεγχος	6.59	3.32			
(EA 5) η χημική ένωση δεν διαφοροποιείται από το χημικό στοιχείο (μέγιστο σκορ 16 μονάδες)	Προ-έλεγχος	4.59	3.03	1,96	21	.064
	Μετα-έλεγχος	6.09	3.46			
(EA 6) οι χημικές ουσίες διαφοροποιούνται από τις ιδιότητές τους (μέγιστο σκορ 2 μονάδες)	Προ-έλεγχος	0.59	0.59	-0,46	21	.648
	Μετα-έλεγχος	0.50	0.60			
(EA 7) Οι χημικές ενώσεις είναι μίγματα (και οι χημικές αντιδράσεις διαδικασίες ανάμιξης) (μέγιστο σκορ 7 μονάδες)	Προ-έλεγχος	2.59	1.37	0,38	21	.710
	Μετα-έλεγχος	2.73	1.20			

Σχετικά με την ομάδα εναλλακτικών αντιλήψεων που αντιστοιχούν στην Διδακτική Ενότητα 2.7: «Χημικές αντιδράσεις» διαπιστώθηκε ότι οι επιδόσεις της Πειραματικής Ομάδας στον μετα-έλεγχο ήταν σαφώς υψηλότερες σε σχέση με τον προ-έλεγχο (βλ. Πίνακας 5.6). Συγκεκριμένα οι στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις στις επιδόσεις έχουν ως εξής: αναφορικά με την αντίληψη (EA8) ότι στις χημικές αντιδράσεις δεν έχουμε διατήρηση της μάζας [$t(21) = 3.70, p = .001$], σχετικά με την αντίληψη (EA9) ότι οι χημικές αντιδράσεις είναι μη αντιστρεπτές μεταβολές [$t(21) = 4.86, p < .001$], όσον αφορά την αντίληψη (EA10) ότι τα προϊόντα της αντίδρασης υπάρχουν σε λανθάνουσα κατάσταση στα αντιδρώντα [$t(21) = 5.69, p < .001$], αναφορικά με την αντίληψη (EA11) ότι στη χημική αντίδραση δεν έχουμε αλλαγή χημικής ουσίας [$t(21) = 6.50, p < .001$] και τέλος σχετικά με (EA12) τη σύγκριση μεταξύ

αλλαγής φυσικής κατάστασης ή ανάμιξης και χημικής αντίδρασης [$t(21) = 4.40, p < .001$].

Πίνακας 5.6

Οι επιδόσεις της Πειραματικής Ομάδας πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις αναφορικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στην Διδακτική Ενότητα 2.7

Εναλλακτική αντίληψη		Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
(EA 8) Στις χημικές αντιδράσεις δεν έχουμε διατήρηση της μάζας (μέγιστο σκορ 5 μονάδες)	Προ-έλεγχος	0.86	0.71	3.70	21	.001
	Μετα-έλεγχος	2.05	1.50			
(EA 9) Οι χημικές αντιδράσεις είναι μη ανιστρεπτές μεταβολές (μέγιστο σκορ 5 μονάδες)	Προ-έλεγχος	1.68	0.98	4.86	21	.000
	Μετα-έλεγχος	2.86	1.40			
(EA 10) τα προϊόντα της αντίδρασης υπάρχουν σε λανθάνουσα κατάσταση στα αντιδρώντα (μέγιστο σκορ 4 μονάδες)	Προ-έλεγχος	1.27	0.70	5.69	21	.000
	Μετα-έλεγχος	2.59	0.91			
(EA 11) στη χημική αντίδραση δεν έχουμε αλλαγή χημικής ουσίας (μέγιστο σκορ 8 μονάδες)	Προ-έλεγχος	2.09	0.92	6.50	21	.000
	Μετα-έλεγχος	4.18	1.71			
(EA 12) σύγχυση μεταξύ αλλαγής φυσικής κατάστασης και χημικής αντίδρασης (μέγιστο σκορ 6 μονάδες)	Προ-έλεγχος	1.32	0.84	4.40	21	.000
	Μετα-έλεγχος	2.73	1.49			

Οι επιδόσεις της Ομάδας Ελέγχου αναφορικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στη Διδακτική Ενότητα 2.7: «Χημικές αντιδράσεις» δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές μεταξύ προ- και μετα-ελέγχου (βλ. Πίνακα 5.7).

Πίνακας 5.7

Οι επιδόσεις της Ομάδας Ελέγχου πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις αναφορικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στην Διδακτική Ενότητα 2.7

Εναλλακτική αντίληψη	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	
(EA 8) Στις χημικές αντιδράσεις δεν έχουμε διατήρηση της μάζας (μέγιστο σκορ 5 μονάδες)	Προ-έλεγχος Μετα-έλεγχος	1.27 0.86	0.94 1.13	1.31	21	.206
(EA 9) Οι χημικές αντιδράσεις είναι μη αντιστρεπτές μεταβολές (μέγιστο σκορ 5 μονάδες)	Προ-έλεγχος Μετα-έλεγχος	1.73 2.18	0.71 1.50	1.40	21	.179
(EA 10) τα προϊόντα της αντίδρασης υπάρχουν σε λανθάνουσα κατάσταση στα αντιδρώντα (μέγιστο σκορ 4 μονάδες)	Προ-έλεγχος Μετα-έλεγχος	2.27 2.36	0.88 1.36	0.27	21	.793
(EA 11) στη χημική αντίδραση δεν έχουμε αλλαγή χημικής ουσίας (μέγιστο σκορ 8 μονάδες)	Προ-έλεγχος Μετα-έλεγχος	3.27 3.41	1.24 1.89	0.32	21	.752
(EA 12) σύγκριση μεταξύ αλλαγής φυσικής κατάστασης και χημικής αντίδρασης (μέγιστο σκορ 6 μονάδες)	Προ-έλεγχος Μετα-έλεγχος	1.45 2.14	1.18 1.32	1.98	21	.061

Όσον αφορά τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στη Διδακτική Ενότητα 2.8: «Άτομα και μόρια», οι επιδόσεις της Πειραματικής Ομάδας καταγράφηκαν αυξημένες κατά τον μετα-έλεγχο σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές κατά τον προ-έλεγχο για όλες τις αντιλήψεις. Τα αποτελέσματα παρατίθενται παρακάτω στον Πίνακα 5.8. Έτσι, για την εναλλακτική αντίληψη (EA13) ότι τα άτομα δεν διατηρούνται και μπορεί να εξαφανιστούν [$t(21) = 4.05, p = .001$], για την εναλλακτική αντίληψη (EA14) ότι τα άτομα είναι σκληρά σαν μπάλες μπιλιάρδου ή σαν τούβλα [$t(21) = 2.49, p = .021$], σχετικά με την αντίληψη (EA15) ότι τα άτομα των στοιχείων έχουν τις μακροσκοπικές ιδιότητες του εκάστοτε χημικού στοιχείου [$t(21) = 17.22, p < .001$], σχετικά με την αντίληψη (EA16) ότι τα μόρια διατηρούνται στις χημικές αντιδράσεις [$t(21) = 3.93, p = .001$] και τέλος όσον αφορά την αντίληψη (EA17) ότι η ύλη δεν αποτελείται από σωματίδια [$t(21) = 5.70, p < .001$] παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση των επιδόσεων της Πειραματικής Ομάδας.

Πίνακας 5.8

Οι επιδόσεις της Πειραματικής Ομάδας πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις αναφορικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στην Διδακτική Ενότητα 2.8

Εναλλακτική αντίληψη	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
(EA 13) τα άτομα δεν διατηρούνται μπορεί να εξαφανιστούν (μέγιστο σκορ 3 μονάδες)	Προ-έλεγχος Μετα-έλεγχος	0.77 1.95	0.97 0.95	4.05	21 .001
(EA14) τα άτομα είναι σκληρά σαν μπάλες μπυλιάρδου ή σαν τούβλα (μέγιστο σκορ 1 μονάδα)	Προ-έλεγχος Μετα-έλεγχος	0.05 0.27	0.21 0.46	2.49	21 .021
(EA 15) τα άτομα των στοιχείων έχουν τις (μακροσκοπικές) ιδιότητες του εκάστοτε στοιχείου (μέγιστο σκορ 8 μονάδες)	Προ-έλεγχος Μετα-έλεγχος	1.09 5.00	0.43 1.15	17.22	21 .000
(EA 16) τα μόρια διατηρούνται στις χημικές αντιδράσεις (μέγιστο σκορ 3 μονάδες)	Προ-έλεγχος Μετα-έλεγχος	0.73 2.00	0.98 0.87	3.93	21 .001
(EA 17) η ύλη δεν αποτελείται από σωματίδια (μέγιστο σκορ 2 μονάδες)	Προ-έλεγχος Μετα-έλεγχος	0.18 1.14	0.50 0.71	5.70	21 .000

Η Ομάδα Ελέγχου, όσον αφορά τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στη Διδακτική Ενότητα 2.8: «Άτομα και μόρια» σημείωσε βελτιωμένες επιδόσεις με στατιστικά σημαντικές διαφορές σε δύο περιπτώσεις (βλ. Πίνακα 5.9): όσον αφορά την εναλλακτική αντίληψη (EA15) ότι τα άτομα των στοιχείων έχουν τις μακροσκοπικές ιδιότητες του εκάστοτε χημικού στοιχείου [$t(21) = 4.66, p < .001$] και σχετικά με την αντίληψη (EA17) ότι η ύλη δεν αποτελείται από σωματίδια [$t(21) = 0.94, p = .009$].

Πίνακας 5.9

Οι επιδόσεις της Ομάδας Ελέγχου πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις αναφορικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στην Διδακτική Ενότητα 2.8

Εναλλακτική αντίληψη	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
(EA 13) τα άτομα δεν διατηρούνται μπορεί να εξαφανιστούν (μέγιστο σκορ 3 μονάδες)	Προ-έλεγχος	1.14	1.57	21	.131
	Μετα-έλεγχος	1.55			
(EA 14) τα άτομα είναι σκληρά σαν μπάλες μπιλιάρδου ή σκληρά σαν τούβλα (μέγιστο σκορ 1 μονάδα)	Προ-έλεγχος	0.09	1.82	21	.083
	Μετα-έλεγχος	0.23			
(EA 15) τα άτομα των στοιχείων έχουν τις (μακροσκοπικές) ιδιότητες του εκάστοτε στοιχείου (μέγιστο σκορ 8 μονάδες)	Προ-έλεγχος	2.02	4.66	21	.000
	Μετα-έλεγχος	3.68			
(EA 16) τα μόρια διατηρούνται στις χημικές αντιδράσεις (μέγιστο σκορ 3 μονάδες)	Προ-έλεγχος	0.77	2.89	21	.358
	Μετα-έλεγχος	1.36			
(EA 17) η ύλη δεν αποτελείται από σωματίδια (μέγιστο σκορ 2 μονάδες)	Προ-έλεγχος	0.32	0.94	21	.009
	Μετα-έλεγχος	0.50			

5.3 Σύγκριση επιδόσεων μεταξύ των ομάδων του δείγματος πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις

Η σύγκριση των επιδόσεων μεταξύ των δύο ομάδων (Πειραματικής και Ελέγχου) πραγματοποιήθηκε με χρήση του *t* στατιστικού τεστ ανεξάρτητων δειγμάτων (independent samples *t*-test). Αρχικά ελέγχθηκαν οι μέσοι όροι των δύο ομάδων του δείγματος κατά τον προ-έλεγχο, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο οι επιδόσεις τους ήταν ισοδύναμες και επομένως επέτρεπαν τη στατιστική σύγκρισή τους. Δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά (βλ. Πίνακα 5.10), επομένως μπορούσε να καταστεί δυνατή η σύγκρισή τους μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις. Στις αντίστοιχες επιδόσεις, όπως αυτές καταγράφηκαν μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις η Πειραματική Ομάδα εμφάνισε συνολικά υψηλότερες επιδόσεις και η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική [$t(42) = 6.10, p < .001$]. Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των επιδόσεων των

δύο ομάδων κατά τον προ-έλεγχο και τον μετα-έλεγχο παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.10

Έλεγχος συνολικής επίδοσης των ομάδων του δείγματος (μέγιστο δυνατό σκορ απαντήσεων: 53 μονάδες)

	<u>Πειραματική Ομάδα</u>	<u>Ομάδα Ελέγχου</u>			
	Μέσος όρος (τυπική απόκλιση)	Μέσος όρος (τυπική απόκλιση)	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
προ-έλεγχος	14.55 (4.48)	17.05 (4.88)	1.77	42	.084
μετα-έλεγχος	31.23 (5.52)	21.14 (5.44)	6.10	42	.000

Μια λεπτομερέστερη εξέταση των επιδόσεων των μαθητών ανά διδακτική ενότητα ανέδειξε με αναλυτικότερο τρόπο τις διαφορές των δύο ομάδων. Συγκεκριμένα, στο μετα-έλεγχο διαπιστώθηκε ότι η Πειραματική Ομάδα εμφάνισε καλύτερες επιδόσεις από την Ομάδα Ελέγχου σε κάθε μια από τις διδακτικές ενότητες που αποτέλεσαν αντικείμενο των διδακτικών παρεμβάσεων και μάλιστα οι διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες ήταν στατιστικά σημαντικές [$t(42) = 4.00, p < .001$] για τη Διδακτική Ενότητα 2.6 που αφορούσε τα χημικά στοιχεία και τις χημικές ενώσεις, [$t(42) = 2.82, p = .007$] για τη Διδακτική Ενότητα 2.7 που αφορούσε τις χημικές αντιδράσεις και [$t(42) = 4.55, p < .001$] για τη Διδακτική Ενότητα 2.8 που αφορούσε τα άτομα και τα μόρια, όπως φαίνεται και από τον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 5.11

Οι επιδόσεις των δύο ομάδων ανά διδακτική ενότητα κατά τον μετα-έλεγχο

	Πειραματική Ομάδα	Ομάδα Ελέγχου	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
	Μέσος όρος (τυπική απόκλιση)	Μέσος όρος (τυπική απόκλιση)			
Διδακτική Ενότητα 2.6: Στοιχεία και ενώσεις (μέγιστο σκορ: 14 μονάδες)	9.50 (3.47)	5.27 (3.53)	4.00	42	.000
Διδακτική Ενότητα 2.7: Χημικές αντιδράσεις (μέγιστο σκορ: 17 μονάδες)	8.77 (2.49)	6.27 (3.33)	2.82	42	.007
Διδακτική Ενότητα 2.8: Άτομα και μόρια (μέγιστο σκορ: 22 μονάδες)	12.95 (2.06)	9.34 (2.74)	4.55	42	.000

Προκειμένου να αναδειχθούν πιθανές διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες αναφορικά με την υπέρβαση εναλλακτικών αντιλήψεων που σχετίζονταν με τις έννοιες που διαπραγματεύθηκαν κατά τις διδακτικές παρεμβάσεις, πραγματοποιήθηκαν οι σχετικοί στατιστικοί έλεγχοι. Οι έλεγχοι διενεργήθηκαν με βάση τις απαντήσεις των μαθητών κατά τον μετα-έλεγχο στις ερωτήσεις που αντιστοιχούν σε διαφορετικές εναλλακτικές αντιλήψεις ομαδοποιημένες ανά διδακτική ενότητα. Έτσι, αναφορικά με την ομάδα εναλλακτικών αντιλήψεων που αντιστοιχούν στην Διδακτική Ενότητα 2.6: «Χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις» στον μετα-έλεγχο τα αποτελέσματα έχουν ως εξής: Οι μαθητές της Πειραματικής Ομάδας σημείωσαν υψηλότερες επιδόσεις από εκείνους της Ομάδας Ελέγχου στις περισσότερες εναλλακτικές αντιλήψεις και συγκεκριμένα όσον αφορά την αντίληψη (EA2) ότι τα χημικά στοιχεία μπορούν να διασπαστούν [$t(42) = 3.21, p = .003$], την αντίληψη (EA3) ότι η χημική ένωση δεν έχει περισσότερα από δύο χημικά στοιχεία ως συστατικά [$t(42) = 3.93, p < .001$], την ικανότητα διάκρισης (EA4) ανάμεσα στις έννοιες ‘χημικό στοιχείο’ ‘χημική ένωση’ και ‘μίγμα’ [$t(42) = 4.40, p < .001$] και την αντίληψη κατά την οποία (EA5) η χημική ένωση συγγέεται με το χημικό στοιχείο [$t(42) = 4.03, p < .001$]. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στον Πίνακα 5.12.

Πίνακας 5.12

Οι επιδόσεις των δύο ομάδων αναφορικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στη Διδακτική Ενότητα 2.6: «Χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις» κατά τον μετα-έλεγχο

Εναλλακτική αντίληψη	Πειραματική Ομάδα	Ομάδα Ελέγχου	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
	Μέσος όρος (τυπική απόκλιση)	Μέσος όρος (τυπική απόκλιση)			
(EA1) τα πολυατομικά στοιχεία ταυτίζονται με τις χημικές ενώσεις (μέγιστο σκορ 1 μονάδα)	.68 (.48)	.41 (.50)	1.85	42	.072
(EA2) τα χημικά στοιχεία μπορούν να διασπαστούν (μέγιστο σκορ 8 μονάδες)	5.00 (1.85)	2.91 (2.43)	3.21	42	.003
(EA3) η χημική ένωση έχει όχι περισσότερα από δύο χημικά στοιχεία (μέγιστο σκορ 8 μονάδες)	4.77 (1.69)	2.68 (1.84)	3.93	42	.000
(EA4) Η καθαρή ουσία (χημικό στοιχείο ή χημική ένωση) συγγέεται με το μίγμα (μέγιστο σκορ 18 μονάδες)	10.91 (3.19)	6.59 (3.32)	4.40	42	.000
(EA5) η χημική ένωση δεν διαφοροποιείται από το χημικό στοιχείο (μέγιστο σκορ 16 μονάδες)	10.14 (3.20)	6.09 (3.46)	4.03	42	.000
(EA6) οι χημικές ουσίες διαφοροποιούνται από τις ιδιότητές τους (μέγιστο σκορ 2 μονάδες)	.86 (.64)	.50 (.60)	1.95	42	.058
(EA7) Οι χημικές ενώσεις είναι μίγματα (και οι χημικές αντιδράσεις διαδικασίες ανάμιξης) (μέγιστο σκορ 7 μονάδες)	3.09 (1.63)	2.73 (1.20)	.84	42	.405

Ακολουθούν παραδείγματα απαντήσεων μαθητών που υποδεικνύουν την ύπαρξη εναλλακτικών αντιλήψεων:

«Το χημικό στοιχείο είναι μια ουσία ενώ η χημική ένωση είναι πολλές ουσίες» (μαθήτρια 10, Ο.Ε., EA4)

«[Σύνθετη ουσία είναι] όταν αναμειγνύονται πολλές ουσίες» (μαθητής 6, Π.Ο., EA4).

«[Σύνθετη ουσία είναι] όταν υπάρχουν δύο ουσίες για παράδειγμα νερό και μελάνι» (μαθητής 4, Ο.Ε., EA7)

Ο μετα-έλεγχος σχετικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στη Διδακτική Ενότητα 2.7: «Χημικές αντιδράσεις» κατέγραψε επίσης στατιστικά σημαντικές διαφορές με υψηλότερες επιδόσεις στην Πειραματική Ομάδα (βλ. Πίνακα 5.13), σχετικά με την αντίληψη ότι στις χημικές αντιδράσεις δεν έχουμε διατήρηση της μάζας [$t(42) = 2.96, p = .005$] και αναφορικά με την αντίληψη ότι τα προϊόντα της αντίδρασης υπάρχουν σε λανθάνουσα κατάσταση στα αντιδρώντα [$t(42) = 4.19, p < .001$].

Πίνακας 5.13

Οι επιδόσεις των δύο ομάδων αναφορικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στη Διδακτική Ενότητα 2.7: «Χημικές Αντιδράσεις» κατά τον μετα-έλεγχο

Εναλλακτική αντίληψη	Πειραματική Ομάδα	Ομάδα Ελέγχου	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
	Μέσος όρος (τυπική απόκλιση)	Μέσος όρος (τυπική απόκλιση)			
(EA8) Στις χημικές αντιδράσεις δεν έχουμε διατήρηση της μάζας (μέγιστο σκορ 5 μονάδες)	2.05 (1.50)	.86 (1.13)	2.96	42	.005
(EA9) Οι χημικές αντιδράσεις είναι μη αντιστρεπτές μεταβολές (μέγιστο σκορ 5 μονάδες)	2.86 (1.32)	2.18 (1.40)	1.66	42	.104
(EA10) τα προϊόντα της αντίδρασης υπάρχουν σε λανθάνουσα κατάσταση στα αντιδρώντα (μέγιστο σκορ 4 μονάδες)	2.59 (.91)	2.36 (1.36)	4.19	42	.000
(EA11) στη χημική αντίδραση δεν έχουμε αλλαγή χημικής ουσίας (μέγιστο σκορ 8 μονάδες)	4.18 (1.71)	3.41 (1.89)	1.42	42	.163
(EA12) σύγχυση μεταξύ αλλαγής φυσικής κατάστασης / ανάμιξης και χημικής αντίδρασης (μέγιστο σκορ 6 μονάδες)	2.73 (1.49)	2.14 (1.32)	1.40	42	.170

Στο παράδειγμα που ακολουθεί φαίνεται η σύγχυση μεταξύ ανάμιξης και χημικής αντίδρασης (EA12).

«[Χημική αντίδραση είναι] όταν ένα υλικό αναμιγνύεται με άλλο»
(μαθήτρια 11, Ο.Ε)

Ο αντίστοιχος μετα-έλεγχος αναφορικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στη Διδακτική Ενότητα 2.8: «Άτομα και μόρια» κατέγραψε υψηλότερες επιδόσεις με στατιστικά σημαντικό τρόπο στους συμμετέχοντες της Πειραματικής

Ομάδας ως εξής: αναφορικά με την αντίληψη (EA15) ότι τα άτομα ενός στοιχείου έχουν τις μακροσκοπικές ιδιότητες του στοιχείου [$t(42) = 3.11, p = .003$], σχετικά με την εναλλακτική αντίληψη κατά την οποία (EA16) τα μόρια διατηρούνται στις χημικές αντιδράσεις [$t(42) = 2.25, p = .03$] (στις οποίες, ως γνωστόν διατηρούνται μόνο τα άτομα). Τέλος, αναφορικά με την αντίληψη (EA17) σύμφωνα με την οποία η ύλη δεν αποτελείται από σωματίδια [$t(42) = 2.91, p = .006$]. Τα αποτελέσματα παρατίθενται αναλυτικά στον πίνακα που έπεται.

Πίνακας 5.14

Οι επιδόσεις των δύο ομάδων αναφορικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αντιστοιχούν στη Διδακτική Ενότητα 2.8 «Άτομα και μόρια» κατά τον μετα-έλεγχο

Εναλλακτική αντίληψη	Πειραματική Ομάδα		Ομάδα Ελέγχου		
	Μέσος όρος (τυπική απόκλιση)	Μέσος όρος (τυπική απόκλιση)	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
(EA13) τα άτομα δεν διατηρούνται μπορεί να εξαφανιστούν (μέγιστο σκορ 3 μονάδες)	1.96 (.95)	1.55 (1.01)	1.78	42	.174
(EA14) τα άτομα είναι σκληρά σαν μπάλες μπυλιάρδου ή σκληρά σαν τούβλα (μέγιστο σκορ 1 μονάδα)	.27 (.46)	.23 (.43)	.34	42	.735
(EA15) τα άτομα των στοιχείων έχουν τις (μακροσκοπικές) ιδιότητες του εκάστοτε στοιχείου (μέγιστο σκορ 8 μονάδες)	5.00 (1.54)	3.68 (1.62)	3.11	42	.003
(EA16) τα μόρια διατηρούνται στις χημικές αντιδράσεις (μέγιστο σκορ 3 μονάδες)	2.00 (.87)	1.36 (1.00)	2.25	42	.030
(EA17) η ύλη δεν αποτελείται από σωματίδια (μέγιστο σκορ 2 μονάδες)	1.14 (.71)	.50 (.74)	2.91	42	.006

Στο παράδειγμα που ακολουθεί φαίνεται η περιγραφή της χημικής αντίδρασης με μικροσκοπικούς όρους, απαλλαγμένη από εναλλακτικές αντιλήψεις και ειδικότερα από την EA16:

«[Όταν γίνεται μια χημική αντίδραση] αλλάζει ο τρόπος σύνδεσης των ατόμων» (μαθήτρια 20, Π.Ο.).

Τα ευρήματα που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους υποδεικνύουν τη βελτίωση στις επιδόσεις των μαθητών της Πειραματικής Ομάδας η

οποία ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από ό,τι στους μαθητές της Ομάδας Ελέγχου. Η γενική αυτή εικόνα αντανακλάται συστηματικά στις συνολικές επιδόσεις των δύο ομάδων, στις επιδόσεις τους ανά διδακτική ενότητα καθώς και ανά εναλλακτική αντίληψη. Η σημασία των αποτελεσμάτων αυτών θα συζητηθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Κεφάλαιο 6ο ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνονται η συζήτηση των αποτελεσμάτων που παρατέθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, καταγράφονται οι περιορισμοί της παρούσας έρευνας και παρατίθενται προτάσεις, τόσο ερευνητικές όσο και διδακτικές.

6.2 Συζήτηση των αποτελεσμάτων

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν τα επίπεδα κατανόησης των μαθητών του δείγματος αναφορικά με βασικές έννοιες της Χημείας όπως αυτές διδάχτηκαν – με ή χωρίς αναλογίες – σε μαθητές και μαθήτριες Β΄ Γυμνασίου. Οι δύο ομάδες του δείγματος, όπως έδειξε ο προ-έλεγχος ξεκίνησαν τις διδακτικές παρεμβάσεις έχοντας πλήθος εναλλακτικών αντιλήψεων. Το γεγονός αυτό αποτυπώθηκε στις απαντήσεις του ερωτηματολογίου κατά τον προ-έλεγχο, επαληθεύοντας τα ευρήματα πληθώρας προηγούμενων ερευνών (Ahtee & Varjola, 1998. Barker, 2000. Briggs & Holding, 1986. Chiu, 2007. Griffiths & Preston, 1992. Sanger, 2000. Stains και Talanquer, 2007b. Toth & Kiss, 2006) αναφορικά με την διαισθητική κατανόηση θεμελιωδών χημικών εννοιών.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές της Πειραματικής Ομάδας επέδειξαν σημαντική βελτίωση στη συνολική τους επίδοση μετά τη διδακτική παρέμβαση με αναλογίες. Ειδικότερα, σε κάθε μια από τις διδακτικές ενότητες που αποτέλεσαν αντικείμενο των διδακτικών παρεμβάσεων (Διδακτική Ενότητα 2.6: «Χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις», Διδακτική Ενότητα 2.7: «Χημικές αντιδράσεις» και Διδακτική Ενότητα 2.8: «Άτομα και μόρια») η Πειραματική Ομάδα εμφάνισε στον μετα-έλεγχο πολύ βελτιωμένες σε σχέση με τον προ-έλεγχο. Επομένως οι διδακτικές παρεμβάσεις με τη χρήση αναλογιών - για τις έννοιες που περιλαμβάνονται σ' αυτές τις Διδακτικές Ενότητες - οδήγησαν σε πολύ ικανοποιητικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Επιπλέον, η σύγκριση των επιδόσεων του προ-ελέγχου και αυτών του μετα-ελέγχου αναφορικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών της Πειραματικής

Ομάδας έδειξε ότι αυτοί κατόρθωσαν να υπερβούν σχεδόν όλες τις εναλλακτικές αντιλήψεις που συνδέονταν με τους διδακτικούς στόχους των τριών ενοτήτων που διαπραγματεύτηκαν οι διδακτικές παρεμβάσεις και συγκεκριμένα ότι:

- τα χημικά στοιχεία μπορούν να διασπαστούν (EA 2)
- η χημική ένωση έχει όχι περισσότερα από δύο χημικά στοιχεία (EA 3)
- το χημικό στοιχείο συγχέεται με τη χημική ένωση και το μίγμα (EA 4)
- η χημική ένωση δεν διαφοροποιείται από το χημικό στοιχείο (EA 5)
- οι χημικές ουσίες διαφοροποιούνται από τις ιδιότητές τους (EA 6)
- οι χημικές ενώσεις είναι μίγματα και οι χημικές αντιδράσεις διαδικασίες ανάμιξης (EA 7)
- στις χημικές αντιδράσεις δεν έχουμε διατήρηση της μάζας (EA 8)
- οι χημικές αντιδράσεις είναι μη αντιστρεπτές μεταβολές (EA 9)
- τα προϊόντα της αντίδρασης υπάρχουν σε λανθάνουσα κατάσταση στα αντιδρώντα (EA 10)
- στη χημική αντίδραση δεν έχουμε αλλαγή ουσίας. Δηλαδή οι ουσίες αλλάζουν ιδιότητες χωρίς να πάνε να διατηρούν την ταυτότητά τους (EA 11)
- σύγχυση αλλαγής φυσικής κατάστασης και χημικής αντίδρασης δηλαδή χημικής μεταβολής και φυσικής μεταβολής ή χημικής μεταβολής και ανάμιξης (EA 12)
- τα άτομα δεν διατηρούνται, μπορεί να εξαφανιστούν (EA 13)
- τα άτομα είναι σκληρά σαν μπάλες μπιλιάρδου, ή σαν δομικοί λίθοι (EA 14)
- τα άτομα των στοιχείων έχουν τις (μακροσκοπικές) ιδιότητες του εκάστοτε στοιχείου (EA 15)
- τα μόρια διατηρούνται στις χημικές αντιδράσεις (EA 16)
- η ύλη δεν αποτελείται από σωματίδια (EA 17)

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα μπορούν να συμβάλουν στην υπέρβαση σημαντικών εναλλακτικών αντιλήψεων ώστε να επιτευχθεί κατανόηση των υπό διαπραγμάτευση βασικών εννοιών της Χημείας. Το εύρημα αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με αυτά προηγούμενων ερευνών που ανέδειξαν την αξία των αναλογιών ως διδακτικών εργαλείων στις Φυσικές Επιστήμες (Bellocchi & Ritchie, 2011. Glynn & Takahashi, 1998. Harrison & Treagust, 1993. Lin et al., 1996. Nashon, 2004. Sarantopoulos & Tsaparlis, 2004. Yerrick et al., 2003).

Παρόμοια, σημαντικές διαφορές στο επίπεδο κατανόησης σημειώθηκαν ανάμεσα στις δύο ομάδες του δείγματος κατά τον μετα-έλεγχο. Η Πειραματική Ομάδα σημείωσε καλύτερες συνολικά επιδόσεις από εκείνες της Ομάδας Ελέγχου. Το εύρημα αυτό αποτυπώθηκε συστηματικά και για κάθε μία από τις τρεις διδακτικές ενότητες που αποτέλεσαν αντικείμενο των διδακτικών παρεμβάσεων (Διδακτική Ενότητα 2.6: «Χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις», Διδακτική Ενότητα 2.7: «Χημικές αντιδράσεις» και Διδακτική Ενότητα 2.8: «Άτομα και μόρια»). Επίσης, ενώ οι μαθητές της Πειραματικής Ομάδας υπερέβησαν όλες σχεδόν τις εναλλακτικές αντιλήψεις που σχετίζονταν με τις θεμελιώδεις έννοιες της Χημείας που διδάχτηκαν, οι μαθητές της Ομάδας Ελέγχου κατόρθωσαν να υπερβούν την εναλλακτική αντίληψη ότι η ύλη δεν αποτελείται από σωματίδια (EA17), καθώς και την αντίληψη ότι τα άτομα των στοιχείων έχουν τις (μακροσκοπικές) ιδιότητες του εκάστοτε στοιχείου (EA15). Επομένως, η χρήση διδακτικών αναλογιών βασισμένων στις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών φαίνεται να οδηγεί σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα από μια συμβατική διδασκαλία για βασικές έννοιες της Χημείας, γεγονός που επαληθεύει την κεντρική ερευνητική υπόθεση της διατριβής.

Στην παρούσα έρευνα υπήρξε μέριμνα ώστε οι διδακτικές αναλογίες που κατασκευάστηκαν να ανταποκρίνονται στο πολιτισμικό υπόβαθρο των μαθητών. Σχεδιάστηκαν κατάλληλα ώστε να εκπληρώνουν τα κριτήρια διδακτικής καταλληλότητας των πέντε διαστάσεων (βλέπε και ενότητα 2.4.5) και συγκεκριμένα: οριζόντια πληρότητα, κατακόρυφη πληρότητα, συστηματικότητα, καταλληλότητα του τομέα-βάσης και μεγάλη οντολογική απόσταση μεταξύ των εννοιολογικών τομέων της βάσης και του στόχου (Κουλαϊδής κ. συν., 2002). Τέλος, συνδυάστηκαν έτσι ώστε να συγκροτούν πλέγματα πολλαπλών αναλογιών κατάλληλων για κάθε διδακτική ενότητα όπου χρησιμοποιήθηκαν.

Ο προσεκτικός αυτός σχεδιασμός, συνδυασμός και έλεγχος καταλληλότητας των αναλογιών που χρησιμοποιήθηκαν πιστεύεται ότι τις κατέστησε σαφείς, προσιτές και ενδιαφέρουσες στους μαθητές. Οι ξεκάθαρες σχέσεις και αντιστοιχίσεις ανάμεσα στους δύο εννοιολογικούς τομείς της εκάστοτε αναλογίας αφενός απέτρεψαν αυθαίρετες ή ακατάλληλες αντιστοιχίσεις, ή ακόμα και υπεργενικεύσεις στη σκέψη των παιδιών, δηλαδή απέτρεψαν την εδραίωση προϋπαρχουσών εναλλακτικών αντιλήψεων ή τη δημιουργία νέων (Harrison, 2001. Harrison & Treagust, 2001. Orgill & Bodner, 2004). Αφ' ετέρου, η αντιστοιχίση των κοινών στοιχείων των δύο τομέων της αναλογίας οδήγησε τους μαθητές να σκέφτονται κρίσιμες πτυχές της έννοιας – στόχου

(για παράδειγμα ‘χημική ένωση’) με τους όρους της εκάστοτε έννοιας – βάσης (‘πολύπλοκο σαν κέικ’ ή ‘κατασκευή με τουβλάκια LEGO’, κ.λπ.). Η γνώση του οικείου τομέα – βάσης συνέβαλε στην κατανόηση του υπό κατάκτηση τομέα – στόχου.

Η εστίαση στις λεκτικές αναλογίες αποσκοπούσε στο να αποσαφηνιστεί ή και να επαναπροσδιοριστεί το νόημα λέξεων και φράσεων που αποτελούν επιστημονικές έννοιες, όπως χημικό στοιχείο, χημική ένωση κ.λπ. Επιπλέον, η χρήση πολλαπλών αναλογιών, δηλαδή η χρησιμοποίηση περισσότερων από έναν τομέων-βάσεων για κάθε μία από τις βασικές έννοιες κάθε διδακτικής ενότητας συνετέλεσε στο να αναδειχθούν και να φωτιστούν διαφορετικές πτυχές της εκάστοτε έννοιας-στόχου, ενώ ταυτόχρονα κάθε επόμενη αναλογία που προστίθονταν αντιστάθμιζε τους περιορισμούς ή τις αδυναμίες της προηγούμενης (Chiu & Lin, 2005. Ijoma & Onwukwe, 2011. Nashon, 2004). Ταυτόχρονα, οι πολλαπλές αναλογίες συνέβαλαν στην ενεργοποίηση όλων των μαθητών, καθώς με την ποικιλία τους κάλυπταν μεγάλο εύρος ενδιαφερόντων και περιοχών εξοικείωσής τους. Με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές υποστηρίζονταν μέσω των αναλογιών στη συμπλήρωση ή αναδιοργάνωση των αρχικών τους νοητικών μοντέλων, ώστε αυτά να είναι συμβατά με την επιστημονικά αποδεκτή εκδοχή για την εκάστοτε χημική έννοια.

Η μεγάλη βελτίωση που επέδειξαν οι μαθητές της Πειραματικής Ομάδας αναδεικνύει τον ευρέως διαπιστωμένο κεντρικό ρόλο της γλώσσας στη μάθηση, καθώς αυτή είναι που διαμορφώνει σε μεγάλο βαθμό τα γνωστικά πλαίσια των μαθητών (Βοσνιάδου, 1992α. Roth, 1998. Vygotsky, 1987). Η εντατική χρήση της γλώσσας ως εργαλείου επεξεργασίας των επιστημονικών εννοιών των διδακτικών παρεμβάσεων μέσω των λεκτικών αναλογιών που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διδακτική παρέμβαση και η ενεργός και δυναμική ενασχόληση των μαθητών της Πειραματικής Ομάδας με τις αναλογίες σε κάθε φάση της διδασκαλίας (αναδόμηση – εφαρμογή – ανασκόπηση) πιθανότατα συνέβαλαν στην εννοιολογική αλλαγή που παρατηρήθηκε. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης επέτρεψαν στους μαθητές να υπερβούν πολλές και σημαντικές εναλλακτικές αντιλήψεις για θεμελιώδεις χημικές έννοιες και να αναπτύξουν μια επαρκή κατανόησή τους. Παρόμοια ευρήματα υψηλών επιδόσεων με τη χρήση αναλογιών καταγράφονται στην έρευνα των Glynn & Takahashi (1998) οι οποίοι μελέτησαν βιολογικές έννοιες και συγκεκριμένα τη δομή και λειτουργία του κυττάρου, καθώς και στην έρευνα των Harrison & Treagust (1993) που αφορούσε την αποσαφήνιση της διάθλασης του φωτός σε μαθητές Λυκείου.

Αντίθετα, οι μαθητές της Ομάδας Ελέγχου - χωρίς τη διαμεσολάβηση των αναλογιών σε ένα εποικοδομητικού τύπου διδακτικό περιβάλλον - φάνηκε ότι δεν κατάφεραν να προσεγγίσουν με επιστημονικά συμβατό τρόπο τις υπό διδασκαλία έννοιες. Τα ευρήματα έδειξαν ότι η υπέρβαση των εναλλακτικών αντιλήψεων στη σκέψη τους δεν επετεύχθη, παρά σε πολύ περιορισμένο βαθμό.

Τα θετικά αποτελέσματα που καταγράφηκαν από τη χρήση διδακτικών αναλογιών στην παρούσα έρευνα επιβεβαιώνουν την καταλληλότητα του μοντέλου TWA (Glynn, 2007, βλέπε και ενότητα 2.4.3). Το μοντέλο αυτό είναι αρκετά πρόσφατο, αξιοποιεί τα θετικά σημεία προηγούμενων μοντέλων παρακάμπτοντας τις αδυναμίες τους και έχει χρησιμοποιηθεί σε πρόσφατες έρευνες με παρόμοια ευρήματα ως προς τη μαθησιακή του αποτελεσματικότητα (Brickman et al., 2008. Seipelt-Thiemann, 2012).

Συγκεκριμένα στην παρούσα έρευνα τα θετικά σημεία του μοντέλου που αξιοποιήθηκαν έχουν ως εξής: Κατ' αρχήν αναδείχτηκαν οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών. Ακολούθησε ρητός εντοπισμός και αντιστοίχιση των κοινών χαρακτηριστικών ανάμεσα στη βάση και στο στόχο κάθε αναλογίας. Κατόπιν γίνονταν εντοπισμός των μη κοινών χαρακτηριστικών των δύο εννοιολογικών τομέων της αναλογίας, ενώ δεν παραλείπονταν ρητή αναφορά στους περιορισμούς της. Αξίζει να τονιστεί ότι η χρήση πολλαπλών αναλογιών με συμπληρωματικό τρόπο επέτρεπε την εισαγωγή και επεξεργασία κάποιας αναλογίας εκεί ακριβώς που κάποια άλλη μόλις κατέρρεε. Επίσης, με την εισαγωγή περισσότερων της μιας βάσεων για κάθε στόχο, φωτίζονταν διαφορετικές όψεις της έννοιας - στόχου κάθε φορά.

Έτσι, οι αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα λειτούργησαν ως «σκαλωσιές» μάθησης με τη βυγκοτσική έννοια του όρου (Chaiklin, 2003. Podolefsky & Finkelstein, 2007. Shepardson, 1999) για θεμελιώδεις έννοιες της Χημείας όπως χημικό στοιχείο, χημική ένωση, χημική αντίδραση κ.λπ. Επομένως το διδακτικό πλαίσιο που συγκροτήθηκε στην πειραματική διδακτική παρέμβαση με τη χρήση αναλογιών και την αξιοποίηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών πιθανότατα επέτρεψε στους τελευταίους να εργαστούν εντός της Ζώνης Επικείμενης Ανάπτυξης, καθιστώντας δυνατή την υπέρβαση των εναλλακτικών αντιλήψεων για τις παραπάνω έννοιες. Η υπέρβαση αυτή αναμένεται με τη σειρά της να διευκολύνει την κατανόηση άλλων εννοιών της Χημείας όπως στοιχειομετρία, χημική κινητική, οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, αμφίδρομες αντιδράσεις και χημική ισορροπία, οι

οποίες διδάσκονται σε επόμενες σχολικές τάξεις και βαθμίδες και προϋποθέτουν την κατανόηση των θεμελιωδών εννοιών που διαπραγματεύτηκε η παρούσα έρευνα.

6.3 Περιορισμοί

Κάθε ερευνητική προσπάθεια υπόκειται σε περιορισμούς που τίθενται από την ίδια της τη στοχοθεσία, τις συγκεκριμένες μεθοδολογικές επιλογές και τη δυνατότητα γενίκευσης των συμπερασμάτων, όπως αυτά προκύπτουν από τα αποτελέσματά της. Έτσι, παρά τα πολύ θετικά ευρήματα που δικαιώνουν την κεντρική επιλογή της χρήσης των διδακτικών αναλογιών για βασικές έννοιες της Χημείας, στην παρούσα έρευνα καταγράφονται οι παρακάτω περιορισμοί:

Το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε είναι σχετικά μικρό, επομένως δεν μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό του μαθητικού πληθυσμού, οπότε τα αποτελέσματα δεν μπορούν εύκολα να γενικευτούν.

Ένα άλλο θέμα που συνδέεται με παρόμοιες έρευνες είναι ο έλεγχος της διατήρησης της κατακτημένης γνώσης για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά τις πειραματικές διδακτικές παρεμβάσεις (Calik et al., 2008. Hirashima, Horiguchi, Kashihara, & Toyoda, 1998). Τα χρονικά περιθώρια ενός σχολικού – διδακτικού έτους με τα απρόοπτα και τους περιορισμούς που θέτουν σε μια έρευνα σε πραγματικές συνθήκες τάξης τυπικής σχολικής μονάδας δεν επέτρεψαν τη διεξαγωγή ενός τέτοιου επανελέγχου, ώστε να διαπιστωθεί η σταθερότητα των επιστημονικά αποδεκτών αντιλήψεων που οικοδόμησαν οι μαθητές της Πειραματικής Ομάδας. Ωστόσο, η χρονική απόσταση ανάμεσα στη διδασκαλία της εκάστοτε χημικής έννοιας και στη διενέργεια του μετα-ελέγχου κυμαινόταν –σύμφωνα και με το χρονοδιάγραμμα της έρευνας (βλ. ενότητα 4.3)- από 20 ημέρες έως 3 μήνες. Η χρονική απόσταση των τριών περίπου μηνών ανάμεσα στη διδασκαλία την πρώτης διδακτικής ενότητας και στο μετα-έλεγχο παρέχει μια σαφή ένδειξη της σταθερότητας μέρους τουλάχιστον των γνώσεων που οικοδόμησαν οι μαθητές της Πειραματικής Ομάδας.

Ακόμα, οι διδασκαλίες τόσο στην Πειραματική Ομάδα όσο και στην Ομάδα Ελέγχου έγιναν από την ίδια εκπαιδευτικό. Αυτό ενέχει από την μια πλευρά το πλεονέκτημα της αποφυγής εισαγωγής της επιπλέον παραμέτρου που θα αποτελούσε η παρέμβαση δεύτερου εκπαιδευτικού. Από την άλλη πλευρά ωστόσο, υφίσταται ως

περιορισμός τυχόν υποσυνείδητη προκατάληψη της ερευνήτριας και διδάσκουσας υπέρ της Πειραματικής Ομάδας (Cochran-Smith & Lytle, 1999. McWilliam, 2004. Robson, 2007).

6.4 Προτάσεις

6.4.1 Ερευνητικές προτάσεις

Κατ' αρχήν χρήσιμο θα ήταν η παρούσα έρευνα να διενεργηθεί σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών, ώστε να διερευνηθεί περαιτέρω η αποτελεσματικότητα των συγκεκριμένων αναλογιών και να εξαχθούν πιο γενικεύσιμα συμπεράσματα. Χρήσιμο θα ήταν επίσης να περιλάβει συμμετέχοντες και από άλλες περιοχές (για παράδειγμα μεγάλα αστικά κέντρα ή αγροτικές περιοχές), ώστε να εξασφαλιστεί η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος.

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός πολλαπλών αναλογιών. Θα ήταν ενδιαφέρον να καταρτιστούν και να χρησιμοποιηθούν διαφορετικοί συνδυασμοί πολλαπλών αναλογιών για τη διερεύνηση της αντιμετώπισης της εναλλακτικής αντίληψης σύμφωνα με την οποία τα πολυατομικά στοιχεία ταυτίζονται με τις χημικές ενώσεις (EA1), καθώς για την αντίληψη αυτή δεν καταγράφηκαν ικανοποιητικά μαθησιακά αποτελέσματα στους μαθητές της Πειραματικής Ομάδας.

Επίσης, ενδιαφέρον θα είχε να χρησιμοποιηθούν οπτικές αναλογίες σε συνδυασμό με λεκτικές, ή εναλλακτικά με αυτές, για την διερεύνηση του πλεονεκτήματος της οπτικοποίησης των εννοιών που προσφέρουν οι αναλογίες αυτού του τύπου.

Ακόμη, σε μελλοντικές συναφείς έρευνες προτείνεται να προβλεφθεί χρόνος για διενέργεια επανελέγχου (delayed post-test) για να διαπιστωθεί κατά πόσον τα ιδιαίτερα ικανοποιητικά μαθησιακά αποτελέσματα που αναδείχθηκαν στην παρούσα έρευνα με τη χρήση διδακτικών αναλογιών έχουν μόνιμο χαρακτήρα. Επειδή δε, έχει διαπιστωθεί (Chiu, 2007. Eskilsson & Hellden, 2003. Stavridou & Solomonidou, 1989. Χατζηνικήτα, 1995) ότι οι εναλλακτικές αντιλήψεις σε πολλές περιπτώσεις είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές, έχει νόημα να δοκιμαστεί και η χρήση αναλογιών που

κατασκευάζονται από τους ίδιους τους μαθητές (student generated analogies), καθώς τέτοιες αναλογίες θεωρείται ότι οδηγούν σε αποτελεσματικότερη και μονιμότερη μάθηση (Pittman & Shani, 1997).

Τέλος, εκτιμάται ότι θα απέφερε σημαντικά οφέλη η επέκταση της έρευνας, τόσο σε μαθητές της Γ' Γυμνασίου, όσο και σε μαθητές των πρώτων τάξεων του Λυκείου σε άλλες διδακτικές ενότητες που πραγματεύονται έννοιες θεμελιώδεις για τη Χημεία (καθώς και άλλων γνωστικών περιοχών των Φυσικών Επιστημών) και που αποτελούν σημαντικές πτυχές του επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών και μελλοντικών πολιτών. Σε αυτές θα μπορούσαν να συμπεριλαμβάνονται έννοιες όπως η στοιχειομετρία, η ερμηνεία των μεταβολών των φυσικών καταστάσεων με τη χρήση του σωματιδιακού μοντέλου, οι χημικοί δεσμοί και οι χημικές αντιδράσεις ειδικού τύπου, όπου έχουν ανιχνευθεί αρκετές εναλλακτικές αντιλήψεις (Andersson, 1990. Ahtee & Varjola, 1998. Stavridou & Solomonidou, 1989. Stavy, 1990).

6.4.2 Διδακτικές προτάσεις

Από την παρούσα έρευνα απορρέουν ενδιαφέρουσες διδακτικές προτάσεις. Καθώς η χρήση αναλογιών όπως αυτές που εισήγαγε η παρούσα έρευνα (βλ. Πίνακα 4.3) αναδείχθηκε τόσο γόνιμη όσο και ωφέλιμη για τους μαθητές, η συστηματικότερη εφαρμογή και χρήση τους και η ένταξή τους στο αναλυτικό πρόγραμμα του διδακτικού αντικείμενου της Χημείας μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη.

Αναλογίες όπως αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα μπορούν να αξιοποιηθούν άμεσα στη διδασκαλία εννοιών όπως χημικά στοιχεία και ενώσεις, χημικές αντιδράσεις κ.λπ., εφόσον οι πειραματικές διδακτικές παρεμβάσεις που προτείνει η παρούσα έρευνα υλοποιήθηκαν σε ρεαλιστικές συνθήκες, στα πλαίσια του τυπικού αναλυτικού προγράμματος και οι δύο Ομάδες του δείγματος (Πειραματική και Ελέγχου) διδάχτηκαν τις παραπάνω έννοιες στην ίδια χρονική έκταση.

Με την έννοια αυτή, η κεντρική συνεισφορά της παρούσας διατριβής συνίσταται στο ότι εισάγει μια συγκροτημένη, συνεκτική, πρωτότυπη και εφαρμόσιμη διδακτική πρόταση για τη διαπραγμάτευση βασικών εννοιών της Χημείας με γνώμονα την υπέρβαση από τους μαθητές σημαντικών εναλλακτικών αντιλήψεων μέσω της χρήσης διδακτικών αναλογιών.

Όπως αναδείχθηκε από την παρούσα έρευνα, διδακτικές αναλογίες κατάλληλα σχεδιασμένες (και όχι αυτοσχεδιασμοί της στιγμής) από επιμορφωμένους εκπαιδευτικούς, προσφέρονται ιδιαίτερα για τη διδασκαλία εννοιών της Χημείας. Είναι δυνατή και ιδιαίτερα αποτελεσματική η διδασκαλία με εργαλείο τέτοιες αναλογίες επειδή:

- Κινητοποιείται το ενδιαφέρον των μαθητών.
- Αξιοποιείται το δυναμικό εργαλείο επικοινωνίας και νοητικής αναπαράστασης που λέγεται γλώσσα.
- Παρέχεται πλαίσιο εργασίας σε ρεαλιστικές συνθήκες υλοποίησης της διδασκαλίας, συμβατό με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών.
- Καλλιεργείται, ασκείται και αναπτύσσεται η αναλογική σκέψη και μέσω αυτής άλλες ικανότητες επιστημονικής σκέψης (επίλυση προβλημάτων, δημιουργική σκέψη) που αποτελούν σημαντικές πτυχές του επιστημονικού εγγραμματισμού.
- Και όλα τα παραπάνω απευθύνονται σε όλους τους μαθητές, καθώς λαμβάνονται υπόψη οι εναλλακτικές τους αντιλήψεις και υποστηρίζεται η υπέρβασή τους.

Η χρήση των αναλογιών τόσο από την πλευρά του διδάσκοντα όσο και από την πλευρά των μαθητών συμβάλλει στην ανάπτυξη και την καλλιέργεια της αναλογικής σκέψης. Αυτή με τη σειρά της συμβάλλει στην ανάπτυξη ανώτερων ψυχολογικών λειτουργιών όπως η λεκτικοποιημένη αντίληψη, η διαμεσολαβημένη μνήμη, η επίλυση προβλημάτων, η δημιουργική σκέψη (Βοσνιάδου, 1992β. Goswami, 2001. Holyoak & Thagard, 1997. Καρασαββίδης, 2008). Έτσι, η συστηματική και συγχρόνως εύστοχη χρήση αναλογιών μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη ευρύτερων εκπαιδευτικών στόχων και στην ανάπτυξη ικανοτήτων επιστημονικής σκέψης που θεωρούνται σημαντικές πτυχές του επιστημονικού εγγραμματισμού (Καράογλου & Κώτσης, 2015. Roberts, 2007).

Στην κατεύθυνση αυτή θα μπορούσε να συνεισφέρει και η συμπερίληψη περισσότερων και καλύτερα επεξεργασμένων αναλογιών στα διδακτικά εγχειρίδια, τα οποία φαίνεται να μην αξιοποιούν τις δυνατότητες των αναλογιών ως διδακτικών εργαλείων στις Φυσικές Επιστήμες (Κουλαϊδής κ. συν., 2002). Ταυτόχρονα, ωστόσο, τα σχολικά εγχειρίδια παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς θεωρείται ότι επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό τη δομή και το περιεχόμενο της διδασκαλίας (Hatzinikita et al., 2008. Καψάλης & Χαραλάμπους, 2008). Η ανάδειξη

των αναλογιών σε σημαντικό διδακτικό εργαλείο από τα σχολικά εγχειρίδια και η κατάλληλη και συστηματική ένταξή τους στα διδακτικά κείμενα θα προσανατόλιζε και τους εκπαιδευτικούς προς τη συστηματική χρήση τους στην τάξη, ενώ θα υποστήριζε και τους μαθητές στη χρήση τους.

6.5 Αντί επιλόγου

Οι αναλογίες είναι ένα χρήσιμο και δημοφιλές εργαλείο στη διδακτική πράξη (Aubusson et al., 2006. Harrison & Coll, 2008). Ωστόσο, για τη αποτελεσματική χρήση αναλογιών κατά τη διδασκαλία στην τάξη, όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 2.4.2, υπάρχουν όροι και περιορισμοί και συγκεκριμένα:

- χρειάζεται να υπάρχει μια δύσκολη και αφηρημένη έννοια για την οποία είναι ήδη γνωστό ότι οι μαθητές έχουν εναλλακτικές αντιλήψεις (Orgill & Bodner, 2004. Thiele & Treagust, 1994). Για παράδειγμα, στην παρούσα έρευνα φάνηκε ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να κάνουν τη διάκριση φυσικού και χημικού φαινομένου, ή τη διάκριση του μορίου χημικού στοιχείου από αυτό της χημικής ένωσης. Διαπιστώθηκε επίσης δυσκολία στη διάκριση χημικής ένωσης από το μείγμα, καθώς και στη διάκριση της έννοιας της χημικής αντίδρασης από αυτή της απλής ανάμειξης. Η αδυναμία διάκρισης μεταξύ εννοιών όπως οι παραπάνω αποτυπώθηκε σε ποικίλες εναλλακτικές αντιλήψεις που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας.
- χρειάζεται η αναλογία να είναι κατάλληλα σχεδιασμένη και να υποστηρίζει τη νοερή αναπαράσταση της έννοιας - στόχου από μέρους των μαθητών (Pittman & Shani, 1997. Treagust, 1993). Έτσι, για τους σκοπούς της διατριβής αυτής κατασκευάστηκαν αναλογίες όπως «η χημική ένωση είναι σαν το όχημα που συναρμολογείται από εξαρτήματα», ή «σαν τη λέξη που κατασκευάζεται από γράμματα», «η χημική αντίδραση είναι όπως το ψήσιμο ενός κέικ ή «σαν το χτίσιμο ενός τοίχου», «όπως τα γράμματα συνθέτουν λέξεις, ή όπως τα εξαρτήματα συναρμολογούνται σε οχήματα, έτσι και τα χημικά στοιχεία συγκροτούν χημικές ενώσεις». Ας σημειωθεί ότι ο σχεδιασμός των παραπάνω αναλογιών αποτέλεσε πρωτότυπη εργασία για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας.

- ο τομέας βάση πρέπει να περιλαμβάνει έννοιες οικείες στους μαθητές (Κουλαϊδής κ. συν., 2002. Treagust, 1993). Έτσι, στην παρούσα έρευνα «η κατασκευή ενός κέικ» ή «το χτίσιμο ενός τοίχου» αποτέλεσαν οικείους τομείς - βάσεις για την έννοια – στόχο της χημικής αντίδρασης. Επίσης «η λέξη» ή «το όχημα» αποτέλεσαν οικείους τομείς - βάσεις για την έννοια – στόχο της χημικής ένωσης. Ακόμα «το γράμμα», ή «το εξάρτημα» αποτέλεσαν οικείους τομείς - βάσεις για την έννοια – στόχο του χημικού στοιχείου.
- η αναλογία δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε έννοιες που απαιτούν απομνημόνευση, ούτε να απομνημονεύεται η ίδια (Nashon, 2004. Orgill & Bodner, 2004). Για το λόγο αυτό, επιλέχθηκαν κατάλληλες έννοιες όπως χημικό στοιχείο, χημική ένωση, χημική αντίδραση κ.λπ. και αναλογίες που αντλήθηκαν από το καθημερινό πλαίσιο των μαθητών, όπως στα παραδείγματα που αναφέρθηκαν παραπάνω. Η επεξεργασία των αναλογιών αυτών έγινε με εποικοδομητικού τύπου εργασίες και δραστηριότητες μέσα στην τάξη, όπως για παράδειγμα σύνθεση πληροφοριών με βάση εποπτικό υλικό και συμπλήρωση πινάκων, όπου οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες εξερευνώντας τη χρησιμότητα και τα όρια της εκάστοτε αναλογίας και εφαρμόζοντας τις νέες τους γνώσεις.

Αν οι παράγοντες αυτοί δεν ληφθούν σοβαρά υπόψη από τον εκάστοτε διδάσκοντα, οι αναλογίες σαν άλλο 'δίκικοπο μαχαίρι' μπορεί τελικά να βλάψουν, δηλαδή να προκαλέσουν ή να εδραιώσουν εναλλακτικές αντιλήψεις (Aubusson et al., 2006).

Τέλος, όπως αναδείχτηκε από προηγούμενες μελέτες (Harrison & Coll, 2008. Nashon, 2004. Orgill, & Bodner, 2004) και επαληθεύτηκε από την παρούσα έρευνα, οι αναλογίες αυξάνουν το ενδιαφέρον των μαθητών και τους καθιστούν ενεργούς και δραστήριους κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Η χρήση αναλογιών επομένως, καθιστά τη διδακτική διαδικασία ελκυστική και αποτελεσματική συγχρόνως.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Abraham, M.R., & Westbrook, S.L. (1994). A Cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.
- Αβραμιώτης, Σ., Αγγελόπουλος, Β., Καπελώνης, Γ., Σινιγάλιας, Π., Σπαντίδης, Δ., Τρικαλίτη, Α., & Φίλος Γ. (2007α). *Χημεία Β' Γυμνασίου. Βιβλίο του μαθητή*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
- Αβραμιώτης, Σ., Αγγελόπουλος, Β., Καπελώνης, Γ., Σινιγάλιας, Π., Σπαντίδης, Δ., Τρικαλίτη, Α., & Φίλος Γ. (2007β). *Χημεία Β' Γυμνασίου. Βιβλίο του καθηγητή*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
- Ahtee, M., & Varjola, I. (1998). Students' understanding of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, 20(3), 305-316.
- Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformation. *Studies in Science Education*, 18(1), 53-85.
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπασιμίπα, Λ. (2007). *Φυσική Β' Γυμνασίου. Βιβλίο του μαθητή*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
- Αράπογλου, Α., Μαβόγλου, Χ., Οικονομάκος, Η., & Φύτρος, Κ. (2006). *Πληροφορική Α' Β' και Γ' Γυμνασίου. Βιβλίο του μαθητή*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
- Aubusson, P.J., Harisson, A.G., & Ritchie, S.M. (2006). Metaphor and Analogy: Serious thought in science education. In P.J. Aubusson, A.G. Harisson, and S.M. Ritchie (Eds), *Metaphor and analogy in science education* (pp.1-10). Dordrecht: Springer.
- Awan, A.S., Khan, T.M., Mohsin, M.N., & Doger, A.H. (2011). Students' misconceptions in learning basic concept 'composition of matter' in chemistry. *International Journal of Applied Science and Technology*, 1(4), 161-167.
- Ayas, A., & Demirbas, A. (1997). Turkish secondary students' conceptions of introductory chemistry concepts. *Journal of Chemical Education*, 74(5), 518-521.
- Azure, J.A. (2005). Junior secondary school students' ideas of chemical change. *African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences*, 5, 77-86.
- Bachelard, G. (1993). *The new scientific spirit*. Boston: Beacon Press.

- Barker, V. (2000). Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas. *A report prepared for the Royal Society of Chemistry, 2*. Ανακτήθηκε από: <http://chemsoc.org/learnnet/miscon/htm> (25/05/2012).
- Barker, V., & Millar, R. (1999). Students reasoning about chemical reactions: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of Science Education, 21*(6), 645-665.
- Bean, T.W., Searles, D., & Cowen, S. (1990). Test-based analogies. *Reading Psychology, 11*(4), 323-333.
- Bellocchi, A., & Ritchie, S.M. (2011). Investigation and theorizing discourse during analogy writing in chemistry. *Journal of Research in Science Teaching, 48*(7), 771-792.
- Bent, H. (1984). Uses (and abuses) of models in teaching chemistry. *Journal of Chemical Education, 61*(9), 774-777.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B-S., & Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education, 63*(1), 64-66.
- Blake, A. (2004). Helping young children to see what is relevant and why: supporting cognitive change in earth science using analogy. *International Journal of Science Education, 26*(15), 1855-1873.
- Βλάχος, Ι. (2004). *Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Η πρόταση της Εποικοδόμησης*. Αθήνα: Γρηγόρη.
- Bliss, J. (2001). Από την πρακτικοβιωματική γνώση στη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης: το «παράδειγμα» του Piaget (μετάφραση Κ. Δημόπουλος). Στο Κ. Δημόπουλος και Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Τόμος Α' (σελ. 189-216). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Βοσνιάδου, Σ. (1992α). *Κείμενα εξελικτικής ψυχολογίας. Τόμος Β': Σκέψη*. Αθήνα: Gutenberg.
- Βοσνιάδου, Σ. (1992β). *Κείμενα εξελικτικής ψυχολογίας. Τόμος Α': Γλώσσα*. Αθήνα: Gutenberg.
- Brickman, P., Glynn, S. M., & Graybeal, G. (2008). Introducing students to cases in biology. *Journal of College Science Teaching, 37*(3), 12-16.
- Briggs, H., & Holding, B. (1986). *Aspects of secondary students' understanding of elementary ideas in chemistry*. Leeds: Center for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.

- Brook, A., Briggs, H., & Driver, R. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter*. Leeds: Center for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Brown, B.A. (2007). It is no slang that can be said about this stuff: Language, identity and appropriating science discourse. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(1), 96-126.
- Brown, B.A., & Spang, E. (2008). Double talk: Synthesising everyday and science language in the classroom. *Science Education*, 92(4), 708-732.
- Brown, B.A., & Ryoo, K. (2008). Teaching science as a language: A “content-first” approach to science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(5), 529-553.
- Bryce, T., & MacMillan, K. (2005). Encouraging conceptual change: The use of bridging analogies in the teaching of action-reaction forces and the ‘at rest’ condition in physics. *International Journal of Science Education*, 27(6), 737-763.
- Calik, M., & Ayas, A. (2005). A comparison of level of understanding of eight-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 638-667.
- Calik, M., Ayas, A., Coll, R. K. (2009). Investigating the effectiveness of an analogy activity in improving students’ conceptual change for solution chemistry concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(4), 651-676.
- Chaiklin, S. (2003) The Zone of Proximal Development in Vygotsky's analysis of learning and instruction. In Kozulin, A., Gindis, B., Ageyev, V. and Miller, S. (Eds), *Vygotsky's Educational Theory and Practice in Cultural Context*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chiu, M-H. (2007). A national survey of students’ conceptions in chemistry in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 29(4), 421-452.
- Chiu, M-H., & Lin, J-W. (2005). Promoting fourth graders’ conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 429-464.
- Clement, J.J. (1998). Expert novice similarities and instruction using analogies. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1271-1286.

- Cokelez, A., Dumon, A., & Taber, K. S. (2008). Upper secondary French students, chemical transformations and the "register of models": a cross-sectional study. *International Journal of Science Education*, 30(6), 807-836.
- Cochran-Smith, M. & Lytle, S.L. (1999). The teacher research movement: A decade later. *Educational Researcher*, 28(7), 15-25.
- Coll, R. (2006). The role of models, mental models and analogies in chemistry teaching. In P.J. Aubusson, A.G. Harrison, and S.M. Ritchie (Eds), *Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer.
- Coll, R., & Taylor I. (2001). Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students. *Research in Science & Technological Education*, 19(2), 171-191.
- Coll, R., Taylor I. (2005). The role of models and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198.
- Γραμμένος, Σ. (2004). *Σχεδιασμός και ανάπτυξη αλληλεπιδραστικού εποικοδομητικού λογισμικού, για μια καινοτόμο διδακτική προσέγγιση της έννοιας της πυκνότητας και αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων*. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή. Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Dagher, Z.R. (1995a). Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 259-270.
- Dagher, Z.R. (1995b). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education*, 79(3), 295-312.
- De Vos, W., & Vendonk, A.H. (1987). A new road to reactions Part 4. The substance and its molecules. *Journal of Chemical Education*, 64(8), 692-694.
- Dindar, A., Bektas, O., & Celik, A. (2010). What are the pre-service chemistry teachers' explanations on chemistry topics? *International Journal of Research in Teacher Education*, 1(3), 32-41.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A., (1993). *Οι ιδέες των παιδών στις) επιστήμες*. Αθήνα: Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Τροχαλία .
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). *Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13(1), 105-122.

- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in Science Education. In W. Schnotz, S. Vosniadou and M. Carretero (Eds), *New perspectives on conceptual change* (pp. 263-282). Amsterdam: Pergamon.
- Eilam, B. (2004). Drops of water and of soap solution: Students' constraining mental models of the nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 970-993.
- Eilks, I., Moellering, J., & Valanidis, N. (2007). Seventh-grade students' understanding of chemical reactions: Reflections from an action research interview study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4), 271-286.
- Eskilsson, O., & Hellden, G. (2003). A longitudinal study on 10-12 year-olds' conceptions on the transformations of matter. *Chemical Education: Research and Practice*, 4(3), 291-304.
- Fleer, M. (2009). Understanding the dialectical relations between everyday concepts and scientific concepts within play-based programs. *Research in Science Education*, 39(2), 281-306.
- Gabel, D. L., Samuel, K. V., & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695-697.
- Garnett, P.J., Garnett, P.J., & Hackling, M.W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 95(1), 69-95.
- Gauvain, M. (1998). Thinking in niches: Sociocultural influences on cognitive development. In D. Faulkner, K. Lettelton, and M. Woodhead (Eds), *Learning relationships in the classroom* (pp.67-89). London: Routledge.
- Gee, J.P. (1999). *An introduction to discourse analysis: Theory and method*. New York: Routledge Press.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7(2), 155-170.
- Gentner, D. (1989). The mechanism of analogical learning. In S. Vosniadou and A. Ortony (Eds), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 199-241). Cambridge: Cambridge University Press.

- Gentner, D. (2002). Psychology of mental models. In N. J. Smelser and P. B. Bates (Eds), *International encyclopedia of the social and behavioral sciences* (pp. 9683-9687). Amsterdam: Elsevier Science.
- Gilbert, J.K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115–130.
- Gilbert, J.K., Osborne, R.J. & Fensham P.J. (1982), Children's Science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4) 623-633.
- Gineste, M-D., & Gilbert, L. (1995). Les analogies dans l'acquisition de concepts en biologie chez des élèves de 10-11 ans. *Didaskalia*, 7, 27-41.
- Glynn, S. M. (1994). *Teaching science with analogies: A strategy for teachers and textbook authors* (Reading Research Rep. No. 15). University of Georgia: National Reading Research Center.
- Glynn, S. M. (2007). Methods and strategies: The Teaching-With-Analogies Model. *Science and Children*, 44(8), 52-55.
- Glynn, S.M., & Takahashi, T. (1998). Learning from analogy - enhanced science text. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(10), 1129 – 1149.
- Goswami, U. (1991). Analogical reasoning: What develops? A review of research and theory. *Child Development*, 62(1), 1–22.
- Goswami, U. (1992). *Analogical reasoning in children*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Goswami, U. (2001). Analogical reasoning in children. In D. Gentner, K. J. Holyoak, and B. N. Kokinov (Eds), *The analogical mind: Perspectives from cognitive science* (pp. 437–470). Cambridge, MA: MIT Press.
- Goswami, U., & Brown, A. (1990). Melting chocolate and melting snowmen: Analogical reasoning and causal relations. *Cognition*, 35(1), 69–95.
- Griffiths, A.K., & Preston, K.R. (1992). Grade – 12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611-628.
- Guerra-Ramos, M.-T. (2011). Analogies as tools for meaning making in elementary science education: How do they work in classroom settings? *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(7), 29-39.
- Haidar, A.H. (1997). Prospective chemistry teachers' conceptions of the conservation of matter and related concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 181-197.

- Halliday, M. A. K., & Martin, J. R. (1993). *Writing science: Literacy and discursive power*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Harrison A. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students. *Research in Science Education*, 31(3), 401-435.
- Harrison, A. (December, 2003). Exciting teaching and learning when multiple models are used to explain chemistry ideas. Paper presented at the annual meeting of NZAARE, Auckland, New Zealand.
- Harrison, A. G., & Coll, R. K. (2008). *Using analogies in middle and secondary science classrooms. The FAR Guide –an interesting way to teach with analogies*. California: Corwin Press.
- Harrison, A. G., & De Jong, O. (2005). Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(10), 1135-1159.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1993). Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1291 – 1307.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2001). Conceptual change using multiple interpretive perspectives: Two case studies in secondary school chemistry. *Instructional Science*, 29(1), 45–85, 2001.
- Hatzinikita, V. (2005/2006). Pupils' linear causal reasoning patterns in changes of matter. *The International Journal of Learning*, 12(10), 43-54.
- Hatzinikita, V., & Koulaidis, V. (1998). Représentations des élèves de l'école primaire sur les changements des systèmes physico-chimiques: système de classification. *Didaskalia*, 12, 91-112.
- Hatzinikita, V., Koulaidis, V., & Hatzinikitas, A. (2005). Modeling children's understanding and explanations concerning changes in matter. *Research in Science Education*, 35, 471-495.
- Hatzinikita, V., Dimopoulos, K. & Christidou, V. (2008). PISA test items and school textbooks related to science: A textual comparison. *Science Education*, 92(4), 664-687.
- Hesse, J.J., & Anderson, C.W. (1992). Students' conceptions of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(3), 277-299.
- Heywood, D., & Parker, J. (1997). Confronting the analogy: primary teachers exploring the usefulness of analogies in the teaching and learning of electricity. *International Journal of Science Education*, 19(8), 869-885.

- Hirashima, T., Horiguchi, T., Kashihara, A., & Toyoda, J. (1998). Error-based simulation for error-visualization and its management. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 9(1–2), 17–31.
- Holyoak, K.J. & Thagard, P. (1997). The analogical mind. *American Psychologist*, 52(1), 35-44.
- Horton, C. (2007). Student alternative conceptions in chemistry. *California Journal of Science Education*, 7(2), 1-82.
- Howe, A.C. (1996). Development of science concepts within a Vygotskian framework. *Science Education*, 80(1), 35-51.
- Ijioma, B.C., & Onwukwe, E.O. (2011). Using culturally-based analogical concepts in teaching secondary school science: Model of a lesson plan. *International Journal of Science and Technology Education Research*, 2(1), 1-5.
- Johnson, P. (1998). Progression in children’s understanding of a “basic” particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.
- Justi, R., & Gilbert, J.K. (2006). Models and Modelling in Chemical Education. In J.K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D.F. Treagust, and J.H. Van Driel (Eds), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp.47-68). New York: Kluwer Academic Publishers.
- Καράογλου, Γ., & Κώτσης, Κ. (2015). Επιστημονικός εγγραμματισμός ενηλίκων πολιτών και ο ρόλος της κατεύθυνσης σπουδών στο Λύκειο. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 8(1-2), 21-33.
- Καρασαββίδης, Η. (2008). Η εννοιολογική αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες υπό το πρίσμα της κοινωνικοπολιτιστικής ψυχολογίας. Στο: Β. Χρηστίδου (Επιμ.), *Εκπαιδεύοντας τα παιδιά στις Φυσικές επιστήμες* (σελ. 77-89). Θεσσαλονίκη: Αδελφοί Κυριακίδη.
- Καψάλης, Α., & Χαραλάμπους, Δ. (2008). *Σχολικά εγχειρίδια – θεσμική εξέλιξη και σύγχρονη προβληματική*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Kazembe, T. (2010). Use of portfolios to correct alternative conceptions and enhance learning. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 2(1), 26-43.
- Κόκκοτας, Π. (1998). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Γρηγόρη.
- Κόκκοτας, Π. (2008). *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης* (Τόμος Β΄). Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.

- Κουλαϊδής, Β. (1995). *Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου. Γνωστική, επιστημολογική και διδακτική προσέγγιση*. Αθήνα: Gutenberg.
- Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Σκλαβενίτη, Σ., & Χρηστίδου, Β. (2002). *Τα κείμενα της τεχνο-επιστήμης στον δημόσιο χώρο*. Αθήνα: Μεταίχμιο
- Kwen, B.H. (2010). A burning issue for chemistry teachers. *Teaching and learning*, 15(2), 52-60.
- Lagoke, B.A., Jegede, O.J., & Oyebanji, P.K., (1997). Towards an elimination of the gender gulf in science concept attainment through the use of environmental analogs. *International Journal of Science Education*, 19(4), 365-380.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chikago Press.
- Lee, O., Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D., & Blakeslee, T.D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249-270.
- Lemke, J.L., (1990). *Talking Science: Language, Learning and Values*. Norwood, New York: Ablex.
- Lerman, S. (1996). Intersubjectivity in mathematics learning: A challenge to the radical constructivist paradigm? *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(2), 133-150.
- Lin, H. S., Shiaou, B. R., & Lawrenz, F. (1996). The effectiveness of teaching science with pictorial analogies. *Research in Science Education*, 26(4), 495-511.
- Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρακόπουλος, Δ., Θεοδωρακόπουλος, Π., & Κάλλης Α. (1999). *Χημεία Α' Λυκείου*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
- Lynch, P.P. (1996). Students' alternative frameworks for the nature of matter: a cross-cultural study of linguistic and cultural interpretations. *International Journal of Science Education*, 18(6), 743-752.
- Matlen, B.J., Vosniadou, S., Jee, B.D., & Ptouchkina, M. (2011). Enhancing the comprehension of science text through visual analogies. In L. Carlson, C. Holscher, and T. Shipley (Eds), *Proceedings of the 34th annual conference of the Cognitive Science Society* (pp.2910–2915). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Maskill, R., Cachapuz, A. F.C., & Koulaïdis, V. (1997). Young pupils ideas about the microscopic nature of matter in three different European countries. *International Journal of Science Education*, 19(6), 631-645.

- Matthews, M.R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- Matthews, M.R. (2003). Constructivism in the classroom: Epistemology, history, and empirical evidence. *Teacher Education Quarterly*, 30(2), 51-64.
- May D.B., Hammer D., & Roy P. (2006). Children's analogical reasoning in a third-grade science discussion. *Science Education*, 90(2), 316 – 330
- Mayo, J.A. (2006). Reflective pedagogy through analogy construction. *Southeastern Journal of Psychology* 1, 1-6.
- McNeil, K.L., Lizotte, D.J., Krajcik, J., & Marx, R.W. (2004, April). Supporting students' construction of scientific explanations using scaffolding curriculum materials and assessments. Paper presented in the annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA. Retrieved from <http://hice.org/aera2004.html>
- McWilliam, E. (2004). Whither practitioner research. *The Australian Educational Researcher*, 31(2), 113-126.
- Mortimer, E.F. (1998). Multivoicedness and univocality in classroom discourse: an example from theory of matter. *International Journal of Science Education*, 20(1), 67-82.
- Nashon, S. M. (2004). The nature of analogical explanations: High school physics teachers use in Kenya. *Research in Science Education*, 34(4), 475-502.
- Nakhleh, M.B., & Samarapungavan, A. (2005). Middle school childrens' beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 581-612.
- Nakhleh, M.B., & Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 777-805.
- Nakhleh, M.B. (1992). Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 190-196.
- Nerssesian, N. J., (2008). Mental modelling in conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 391 – 415). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- O'Donogue, D. (1997). An integrated analogy model for creative reasoning. In T. Veale (Ed.), *Proceedings of the International Mind II Conference on Computational Models of Creative Cognition*. Dublin City University, The Netherlands: John Benjamins.

- Ogborn J., Mariani C., & Martins I. (1994). *Common Sense Understanding of Science Final Summary Report*. London: University of London, Institute of Education.
- Ogborn, I., & Martins. I. (1996). Metaphorical understandings and scientific ideas. *International Journal of Science Education* 18(6), 631-652.
- Orgil, M.K., & Bodner, G. (2004). What research tell us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(1), 15-32.
- Oliveira, M. T., & Cachapuz, A. F. (1992). Pupils' understanding of atomic structure and the interactive use of analogy. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA.
- Ortony A. (1984). *Metaphor and Thought*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1985). *Learning in Science: The Implications of Children's Science*. London: Heinemann.
- Osborne, R.J., Bell, B.F., & Gilbert, J.K. (1983). Science teaching and children's views of the world. *European Journal of Science Education*, 5(1), 1-14.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών Φυσικής και Χημείας. Ανακτήθηκε από: http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf
- Piaget, J. (1967). The mental development of the child. In D. Elkind (Ed.), *Six psychological studies* (pp. 3-73). New York: Random House.
- Piaget, J. (1977). *The development of thought. Equilibration of cognitive structures*. New York: Viking.
- Papageorgiou, G., Grammaticopoulou, M., & Johnson, P. M. (2010). Should we teach primary pupils about chemical change? *International Journal of Science Education*, 32(12),1647-1664.
- Papageorgiou, G., & Johnson, P. (2005). Do particle ideas help or hinder pupils' understanding of phenomena? *International Journal of Science Education*, 27(11), 1299-1317.
- Pittman, K., & Shani, B-H. (1997, March). The role of prior knowledge in analogy use. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=ED407658>
- Podolefsky, N.S., & Finkelstein, N.D. (2007). Analogical scaffolding and the learning of abstract ideas in physics: An example from electromagnetic waves. *Physical Review Physical Education Research*, 3. Retrieved from <http://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevSTPER.3.020104>

- Πουρκός, Μ. (2006). Εισαγωγή στις κοινωνικο-ιστορικο-πολιτισμικές προσεγγίσεις στην Ψυχολογία και την Εκπαίδευση. Στο Μ. Πουρκός (Επ.), *Κοινωνικο-Ιστορικο-Πολιτισμικές προσεγγίσεις στην Ψυχολογία και την Εκπαίδευση*. Αθήνα: Ατραπός.
- Quale, A. (2002). The role of metaphor in science epistemology: A constructivist perspective and consequences for science education. *Science & Education*, 11(5), 443-457.
- Ραβάνης, Κ. (1999). Οι φυσικές επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση, Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Rapp, D. (2005). Mental Models: Theoretical issues for visualizations in science education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 43–60). The Netherlands: Springer.
- Rigas, P., & Valanides, N. (2004). *Teaching Biology with written analogies* (Unpublished master's thesis) University of Cyprus, Cyprus.
- Ritchie, S.M., Aubusson, P.J., & Harisson, A.G. (2006). Metaphorically thinking. In P.J. Aubusson, A.G. Harisson, and S.M. Ritchie (Eds), *Metaphor and analogy in science education* (pp.189-196). Dordrecht: Springer.
- Richland, L.E., Morrison, R.G., & Holyoak, K.J. (2006). Children's development of analogical reasoning: Insights from scene analogy problems. *Journal of Experimental Child Psychology*, 94(3), 249–273.
- Robbins, J. (2005). “Brown paper packages”? A sociocultural perspective on young children's ideas in science. *Research in Science Education*, 35(2-3), 151-172.
- Roberts, D. A. (2007). Scientific Literacy/Science Literacy. In S. K. Abell and N. G. Lederman (Eds). *Handbook of Research on Science Education* (pp. 729-780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Robson, C. (2007). *Η έρευνα του πραγματικού κόσμου*. Αθήνα:Gutenberg.
- Roth, W. M (1998). Learning process studies: Examples from physics. *International Journal of Science Education*, 20(9), 1019- 1024.
- Sanger, M. (2000). Using particulate drawings to determine and improve students' conceptions of pure substances and mixtures. *Journal of Chemical Education*, 77(6), 762-766.
- Sarantopoulos, P., & Tsaparlis, G. (2004). Analogies in Chemistry teaching as a means of attainment of cognitive and affective objectives: A longitudinal study in a

- naturalistic setting, using analogies with a strong social content. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(1), 33-50.
- Schwamb, K.B. (1990). Mental Models: A survey. Available at <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.55.1155&rep=rep1&type=pdf>.
- Scott, P. (1998). Teacher talk and meaning making in science classrooms: a Vygotskian analysis and review. *Studies in Science Education*, 32(1), 45-80.
- Schmidt, H. J. (1997). Students' misconceptions – looking for a pattern. *Science Education*, 81(2), 123–135.
- Seipelt-Thiemann, R.L. (2012). Analogies for teaching mutant allele dominance concepts. *Creative Education*, 3, 884-889.
- Shepardson, D.P. (1999). Learning science in a first grade science activity: a Vygotskian perspective. *Science Education*, 83(5), 621-638.
- Sirhan, D. (2007). Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 2-20.
- Smith, C., Wisner, M., Anderson, C., & Krajcik, J. (2006). Implications of research on children's learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and atomic-molecular theory. *Measurement*, 14(1&2), 1-98.
- Solomonidou, C., & Stavridou, H. (1994). Les transformations des substances en jeu de l'enseignement de la réaction chimique. *Aster*, 18, 75-95.
- Solomonidou, C., & Stavridou, H. (2000). From inert object to chemical substance: Students' initial conceptions and conceptual development during an introductory experimental chemistry sequence. *Science Education*, 84(3), 382-400.
- Stains, M., & Talanquer, V. (2007a). Element or compound? *Journal of Chemical Education*, 84(5), 880-883.
- Stains, M., & Talanquer, V. (2007b). Classification of chemical substances using particulate representations of matter: An analysis of student thinking. *International Journal of Science Education*, 29(5), 643-661.
- Σταυρίδου, Ε. (1995). Μοντέλα φυσικών επιστημών και διαδικασίες μάθησης. Αθήνα: Σαββάλας.
- Stavridou, E., & Solomonidou, C. (1989). Physical phenomena – chemical phenomena: do pupils make the distinction? *International Journal of Science Education*, 11(1), 83-92.

- Stavridou, E., & Solomonidou, C. (1998). Conceptual reorganization and the construction of the chemical reaction concept during secondary education. *International Journal of Science Education*, 20(2), 205- 221.
- Stavy, R. (1990). Childrens' conceptions of changes in the state of matter: from liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 247- 266.
- Sutton, C.R. (1992). *Words, science and learning. Developing science and technology series*. Taylor and Francis, Bristol, PA 19007.
- Thiele, R. B., & Treagust, D.F. (1991). Using analogies in secondary chemistry teaching. *The Australian Science Teacher Journal*, 37(2), 10-24.
- Thiele, R. B., & Treagust, D.F. (1994). An Interpretive Examination of High School Chemistry Teachers' Analogical Explanations. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(3), 227-242.
- Thiele, R.B. & Treagust, D.F. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17(7), 783- 795.
- Thomas, G.P., & McRobbie, C.J. (1999). Using metaphor to probe students' conceptions of chemistry learning. *International Journal of Science Education*, 21(6), 667-685.
- Thiele, R.B., Venville, G.J., & Treagust, D.F. (1995). A comparative analysis of analogies in secondary biology and chemistry textbooks used in Australian schools. *Research in Science Education*, 25(2), 221-230.
- Toth, Z., & Kiss, E. (2006). Using particulate drawings to study 13-17 years olds' understanding of physical and chemical composition of matter as well as the state of matter. *Practice and Theory in Systems of Education*, 1, 109-125.
- Treagust, D.F. (1993). The evolution of an approach for using analogies in teaching and learning science. *Research in Science Education*, 23(1), 293-301.
- Treagust, D.F., Duit, R., Joslin, P., & Lindauer, I. (1992). Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice. *International Journal of Science Education*, 14(4), 413-422.
- Tsai, C-C. (1999). Overcoming junior high school students' misconceptions about microscopic views of phase change: A study of an analogy activity. *Journal of Science Education and Technology*, 8(1), 83-91.
- Tsaparlis, G. (2003). Chemical phenomena versus chemical reactions. Do students make the connection? *Chemistry education research and practice*, 4(1), 33-43.

- Τσατσαρώνη, Α., & Κουλαϊδής, Β. (2001). Επιστημονική γνώση και φυσικο-επιστημονική σχολική γνώση: απλοποίηση ή αναπλαισίωση; Στο Κ. Δημόπουλος και Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Τόμος Α' (σελ. 131-151). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Τσίπης, Κ.Α. (1997). *Χημεία II Καταστάσεις της ύλης*. Θεσσαλονίκη: Ζήτη.
- Τσίπης, Κ.Α. (1996). *Χημεία I Άτομα και Μόρια*. Θεσσαλονίκη: Ζήτη.
- Valanidis, N., Nikolaidou, A., & Eilks, I. (2003). Twelfth-grade students' understandings of oxidation and combustion: using action research to improve teachers' practical knowledge and teaching practice. *Journal of Science and Technology Education*, 21(2), 59-75.
- Vosniadou, S. (1989). Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: A developmental perspective. In S. Vosniadou and A. Ortony, (Eds) *Similarity and Analogical Reasoning* (pp. 413-437). New York: Cambridge University Press.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society*. Cambridge: Harvard University Press.
- Vygotsky, L. (1987). *Σκέψη και γλώσσα*. Αθήνα: Γνώση.
- Wilson, J.M. (1999). Using words about thinking: Content analysis of chemistry teachers' classroom talk. *International Journal of Science Education* 21(10), 1067-1084.
- Wilson, E., & Spink, A. (2005). Meaning making in chemistry lessons. *Electronic Journal of Literacy through Science* 4(2). Ανακτήθηκε στις 28 Απριλίου 2011 από http://cjlt.ucdavis.edu/current_issue/articles/wilson.pdf
- Wong, E.D. (1993). Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1259-1272.
- Χατζηνικήτα, Β. (1995). *Οι αναπαραστάσεις των μαθητών του Δημοτικού για τις μεταβολές της ύλης. Είδη, αιτιακές σχέσεις και μηχανισμοί* (Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή). Πανεπιστήμιο Πατρών/Π.Τ.Δ.Ε., Πάτρα.
- Χατζηνικήτα, Β. (2001). Επιστημονική και καθημερινή γνώση: Το επιστημολογικό εμπόδιο. Στο Κ. Δημόπουλος και Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Τόμος Α' (σελ. 51-74). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Χατζηνικήτα Β. Χρηστίδου Β. (2001α). Σημασία της έρευνας σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών. Στο Κ. Δημόπουλος και Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των*

- Φυσικών Επιστημών*, Τόμος Α' (σελ. 51-74). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Χατζηνικήτα, Β. & Χρηστίδου, Β. (2001β). Πρακτικο-βιωματική γνώση των μαθητών: γενικά χαρακτηριστικά. Στο Κ. Δημόπουλος και Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Τόμος Α' (σελ. 51-74). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Χόκινς, Σ. (1988). *Το χρονικό του χρόνου*. Αθήνα: Κάτοπτρο.
- Χρηστίδου, Β. (1997). *Μελέτη των Αντιλήψεων των Μαθητών του Δημοτικού Σχολείου για τη Μείωση του Όζοντος και το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου. Μοντέλα σκέψης, Μεταφορές και Επιστημολογικά εμπόδια*. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πάτρα.
- Χρηστίδου, Β. (2001). Ο ρόλος των ρητορικών σχημάτων: Η μεταφορά και η αναλογία ως μηχανισμοί σκέψης και κατανόησης στις Φυσικές Επιστήμες. Στο Β. Χατζηνικήτα και Κ. Δημόπουλος (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Τόμος Β' (σελ. 293-320). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Χρηστίδου, Β. & Κουλαϊδής, Β. (2000). Οι αναλογίες ως διδακτικό εργαλείο: μελέτη των σχολικών εγχειριδίων Στα *Πρακτικά του 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και η Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σελ. 51-60). Λευκωσία, Μάιος 2000.
- Yanowitz, K.L. (2001). Using analogies to improve elementary school students' inferential reasoning about scientific concepts. *School Science and Mathematics*, 101(3), 133-142.
- Yerrick, R.K., Doster, E., Nugent, J.S., Parke, H.M., & Crawley, F.E. (2003). Social interaction and the use of analogy: An analysis of preservice teachers' talk during physics lessons. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 443-463.
- Zeitoun, H.H. (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science and Technological Education*, 2, 107-125.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Ι

Ερωτηματολόγιο συλλογής δεδομένων προ- και μετα-ελέγχου

1) Τι σημαίνει για σένα η έκφραση: «μια χημική ουσία είναι ‘απλή’»;

.....

2) Τι σημαίνει για σένα η έκφραση: «μια χημική ουσία είναι ‘σύνθετη’»;

.....

3) Τι νομίζεις ότι είναι το χημικό στοιχείο;

.....

4) Κύκλωσε την απάντηση με την οποία συμφωνείς:

Διαφέρει το χημικό στοιχείο από τη χημική ένωση; ΝΑΙ ΟΧΙ

Αν στην παραπάνω ερώτηση απάντησες ‘ΝΑΙ’, σε τι νομίζεις ότι διαφέρει ένα χημικό στοιχείο από μία χημική ένωση; Αν σε βοηθά, χρησιμοποίησε παραδείγματα στοιχείων και ενώσεων.

.....

5) Δίπλα στις προτάσεις που ακολουθούν να βάλεις ένα (Σ) αν συμφωνείς, ή ένα (Δ) αν διαφωνείς

Οι χημικές ενώσεις είναι μίγματα διαφορετικών χημικών στοιχείων.	
Ένα μίγμα μπορεί να αποτελείται είτε από χημικές ενώσεις, είτε από στοιχεία, είτε και από τα δύο	
Αν σε ένα δοχείο αναμείξουμε υδρογόνο και οξυγόνο, το μίγμα που θα προκύψει θα είναι νερό.	
Ένα χημικό στοιχείο είναι καθαρή ουσία, ενώ μια χημική ένωση όχι.	
Τόσο τα χημικά στοιχεία όσο και οι χημικές ενώσεις είναι καθαρές ουσίες.	
Όταν ένα μόριο αποτελείται από δύο ή τρία ίδια άτομα, τότε πρόκειται για χημική ένωση.	
Τα χημικά στοιχεία είναι τα ‘συστατικά’ από τα οποία φτιάχνονται οι χημικές ενώσεις.	
Ένα χημικό στοιχείο μπορεί να διασπαστεί σε απλούστερα συστατικά.	

6) Από τι νομίζεις ότι αποτελούνται οι ουσίες; Να επιλέξεις την απάντηση που νομίζεις ότι ισχύει.

α) Μερικές ουσίες αποτελούνται από σωματίδια

β) Όλες οι ουσίες αποτελούνται από σωματίδια

γ) Καμία ουσία δεν αποτελείται από σωματίδια

7) Τι νομίζεις ότι είναι μια χημική αντίδραση;

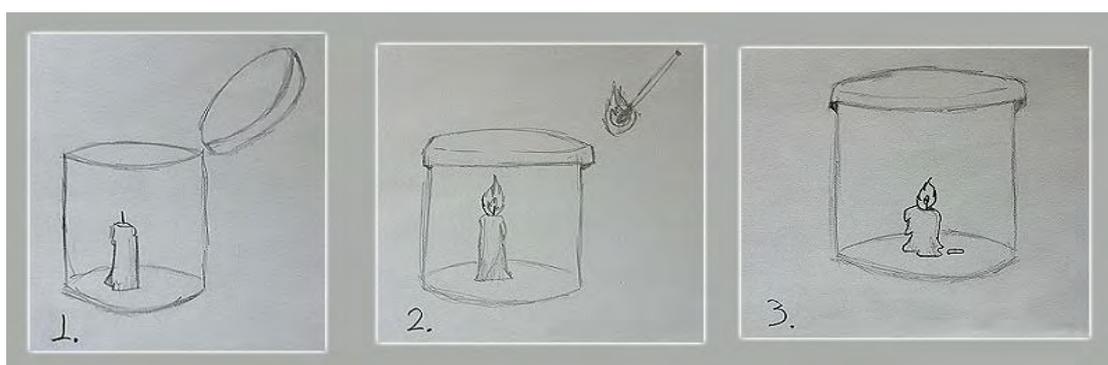
.....

.....

.....

.....

8) Στερεώνουμε ένα κερί μέσα σε ένα βάζο (Σχέδιο 1), ανάβουμε το κερί και κλείνουμε αμέσως το καπάκι (Σχέδιο 2). Το κερί καίγεται (Σχέδιο 3).



Τι νομίζεις ότι συμβαίνει με τη μάζα του συστήματος; Να επιλέξεις την απάντηση που θεωρείς ότι ισχύει:
α) Το σύστημα (βάζο – κερί – καπάκι) ζυγίζει μετά την καύση (Σχέδιο 3) λιγότερο απ' ό τι πριν από αυτή (Σχέδιο 2).

β) Το σύστημα (βάζο – κερί – καπάκι) ζυγίζει μετά την καύση (Σχέδιο 3) το ίδιο με πριν από αυτή (Σχέδιο 2).

γ) Το σύστημα (βάζο – κερί – καπάκι) ζυγίζει μετά την καύση (Σχέδιο 3) πιο πολύ απ' ό τι πριν από αυτή (Σχέδιο 2).

Να εξηγήσεις με λίγα λόγια την επιλογή σου.

.....

.....

.....

.....

9) Αφήνουμε ένα σιδερένιο καρφί στον αέρα. Μετά από μερικές εβδομάδες παρατηρούμε ότι σε μερικά σημεία του έχει αρχίσει να εμφανίζεται σκουριά.

Στις δύο προτάσεις που ακολουθούν να επιλέξεις κάθε φορά την απάντηση που θεωρείς ότι ισχύει.

- A) Τι γίνεται με τη μάζα του καρφιού που σκουριάζει;
- α) Το σκουριασμένο καρφί ζυγίζει το ίδιο σε σχέση με το καρφί πριν σκουριάσει
 - β) Το σκουριασμένο καρφί ζυγίζει λιγότερο σε σχέση με το καρφί πριν σκουριάσει
 - γ) Το σκουριασμένο καρφί ζυγίζει περισσότερο σε σχέση με το καρφί πριν σκουριάσει
- B) Η σκουριά που σχηματίστηκε αποτελείται:
- α) από σίδηρο
 - β) από μια άλλη ουσία
 - γ) από σίδηρο και μια άλλη ουσία

10) Όταν πέσει ξύδι στο μάρμαρο, παρατηρούμε ότι παράγονται φυσαλίδες (αφρίζει). Να επιλέξεις την απάντηση που θεωρείς ότι ισχύει:

- α) Οι φυσαλίδες που παρατηρούμε αποτελούνται από ξύδι
- β) Οι φυσαλίδες που παρατηρούμε αποτελούνται από μάρμαρο
- γ) Οι φυσαλίδες που παρατηρούμε αποτελούνται από μια νέα ουσία που παράχθηκε όταν το ξύδι και το μάρμαρο ήρθαν σε επαφή

11) Όταν τηγανίζουμε ένα αυγό, το ασπράδι του από διαφανές, υγρό και κιτρινωπό που ήταν γίνεται άσπρο και πηκτό. Τι νομίζεις ότι συμβαίνει; Να επιλέξεις την απάντηση που θεωρείς ότι ισχύει:

- α) Με το ψήσιμο το ασπράδι άλλαξε όψη, αλλά η ουσία του παραμένει ίδια.
- β) Η θερμότητα έκανε το ασπράδι να πήξει, όπως το νερό που γίνεται παγάκι στην κατάψυξη.
- γ) Με το ψήσιμο το ασπράδι άλλαξε στην όψη γιατί έχει σχηματιστεί μια νέα ουσία

12) Αν ζεστάνουμε νερό σε μια κατσαρόλα πάνω στο ηλεκτρικό μάτι, σε λίγο το νερό αρχίζει να βράζει. Να επιλέξεις την απάντηση που θεωρείς ότι ισχύει:

- α) Οι φυσαλίδες που παράγονται περιέχουν αέρα που ήταν διαλυμένος στο νερό
- β) Οι φυσαλίδες που παράγονται περιέχουν αέριο υδρογόνο ή/και οξυγόνο
- γ) Οι φυσαλίδες που παράγονται περιέχουν θερμότητα
- δ) Οι φυσαλίδες που παράγονται περιέχουν νερό που έγινε αέριο, δηλαδή υδρατμό.

13) Δίπλα στις προτάσεις που ακολουθούν να βάλεις ένα (Σ) αν συμφωνείς, ή ένα (Δ) αν διαφωνείς.

Ένα χημικό φαινόμενο διαφέρει από ένα φυσικό στα εξής:

το φυσικό συμβαίνει στη φύση και το χημικό στο εργαστήριο	
μόνο στο φυσικό μπορεί να συμβεί και το αντίστροφο (π.χ. κινείται σταματά και ξανά κινείται)	

μόνο στο χημικό μπορεί να συμβεί και το αντίστροφο (π.χ. στη φωτοσύνθεση παράγεται οξυγόνο, στην αναπνοή ξοδεύεται οξυγόνο)	
μόνο στο φυσικό αλλάζουν οι ουσίες (μία ή περισσότερες ουσίες)	
μόνο στο χημικό αλλάζουν οι ουσίες (μία ή περισσότερες ουσίες)	

14) Τι νομίζεις ότι υπάρχει ανάμεσα στα άτομα; Να επιλέξεις την απάντηση που θεωρείς σωστή.

- α) Ανάμεσα στα άτομα υπάρχει κάποιο άγνωστο υλικό
- β) Ανάμεσα στα άτομα υπάρχει αέρας
- γ) Ανάμεσα στα άτομα υπάρχουν μεταλλικά ελατήρια
- δ) Ανάμεσα στα άτομα δεν υπάρχει τίποτε

15) Τι νομίζεις ότι υπάρχει ανάμεσα στα μόρια μιας ουσίας; Να επιλέξεις την απάντηση που θεωρείς σωστή.

- α) Ανάμεσα στα μόρια δεν υπάρχει απολύτως τίποτε
- β) Ανάμεσα στα μόρια υπάρχει αέρας
- γ) Ανάμεσα στα μόρια υπάρχει κάποιο υλικό

16) Δίπλα στις προτάσεις που ακολουθούν να βάλεις ένα (Σ) αν συμφωνείς, ή ένα (Δ) αν διαφωνείς

Τα άτομα του σιδήρου είναι σκληρά	
Τα άτομα του χαλκού είναι πορτοκαλί	
Τα μόρια του σαπουνιού είναι μαλακά	
Τα μόρια της ζάχαρης είναι στερεά, άσπρα και γλυκά	
Τα μόρια του αλατιού είναι αλμυρά	
Τα μόρια του πάγου είναι κρύα	
Τα μόρια του κάρβουνου μαύρα	
Τα μόρια του νερού είναι σαν μικρές σταγόνες	

17) Δίπλα στις προτάσεις που ακολουθούν να βάλεις ένα (Σ) αν συμφωνείς, ή ένα (Δ) αν διαφωνείς

Όταν γίνεται μια χημική αντίδραση αλλάζει ο τρόπος σύνδεσης των μορίων	
Όταν γίνεται μια χημική αντίδραση αλλάζει ο τρόπος σύνδεσης των ατόμων	
Όταν γίνεται μια χημική αντίδραση διατηρούνται τα άτομα	
Όταν γίνεται μια χημική αντίδραση διατηρούνται τα μόρια	

Πίνακας I.1

Ομαδοποίηση ερωτήσεων του ερωτηματολογίου ανά διδακτική ενότητα των παρεμβάσεων

Ερωτήσεις που αντιστοιχούν στην ενότητα 2.6: 1, 2, 3, 4, 6
Ερωτήσεις που αντιστοιχούν στην ενότητα 2.7: 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
Ερωτήσεις που αντιστοιχούν στην ενότητα 2.8: 5, 14, 15, 16, 17

Πίνακας I.2

Συνεισφορά των επί μέρους ερωτήσεων του ερωτηματολογίου στην ανίχνευση διαφορετικών εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών.

Εναλλακτική αντίληψη	Επί μέρους ερωτήσεις του ερωτηματολογίου
EA1 Τα πολυατομικά στοιχεία ταυτίζονται με τις χημικές ενώσεις	5
EA2 Τα χημικά στοιχεία [είναι στερεά και] μπορούν να διασπαστούν	3, 4, 5
EA3 Η χημική ένωση έχει δύο στοιχεία, αν υπάρχουν περισσότερα πρόκειται για μίγμα	3, 4, 5
EA4 Σύγχυση μεταξύ χημικού στοιχείου, χημικής ένωσης και μίγματος	1, 2, 3, 4, 5
EA5 Σύγχυση ανάμεσα στο χημικό στοιχείο και τη χημική ένωση	1, 2, 3, 4, 5
EA6 Οι χημικές ουσίες διαφοροποιούνται από τις ιδιότητές τους (δεν θεωρούνται ταυτόσημες)	9, 11
EA7 Οι χημικές ενώσεις είναι μίγματα (και αντίστοιχα οι χημικές αντιδράσεις είναι διαδικασίες ανάμιξης)	5
EA8 Στις χημικές αντιδράσεις δεν έχουμε διατήρηση της μάζας	8, 9
EA9 Οι χημικές αντιδράσεις είναι μη αντιστρεπτές μεταβολές	7, 13
EA10 Τα προϊόντα της αντίδρασης υπάρχουν σε λανθάνουσα κατάσταση στα αντιδρώντα	10, 12, 13
EA11 Στη χημική αντίδραση δεν έχουμε αλλαγή υλικού (ουσίας). Δηλαδή οι ουσίες αλλάζουν ιδιότητες χωρίς να πάνε να διατηρούν την ταυτότητά τους	7, 9, 10, 11, 13
EA12 Σύγχυση αλλαγής φυσικής κατάστασης ή ανάμιξης και χημικής αντίδρασης (χημική μεταβολή – φυσική μεταβολή, ή χημική μεταβολή-ανάμιξη)	7, 11, 12, 13
EA13 Τα άτομα δεν διατηρούνται, μπορεί να εξαφανιστούν	17
EA14 Τα άτομα είναι σκληρά σαν μπάλες μπιλιάρδου. Τα άτομα είναι σαν δομικοί λίθοι	16
EA15 Τα άτομα των στοιχείων έχουν τις (μακροσκοπικές) ιδιότητες του εκάστοτε στοιχείου.	16
EA16 Τα μόρια διατηρούνται στις χημικές αντιδράσεις	17
EA17 Η ύλη δεν αποτελείται από σωματίδια	6

Παράρτημα II

Υλικό που χρησιμοποιήθηκε στις διδακτικές παρεμβάσεις με την Πειραματική Ομάδα

ΑΣΚΗΣΗ 1^η

«Η χημική ένωση ως κατασκευή με τουβλάκια LEGO»- Αναλογία 1^η

Αναλογία 1^η : Ημιτελής πίνακας I

<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Τουβλάκια	
Κατασκευή LEGO	
Διαφορετικά τουβλάκια συναρμολογούνται σε κατασκευή	

Αναλογία 1^η : Ημιτελής πίνακας II

<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
συγκεκριμένο είδος και αριθμός από κάθε τουβλάκι στην κατασκευή	
σκόρπια τουβλάκια δεν είναι κατασκευή	
Τουβλάκια /κατασκευές ανακατεμένα	

Αναλογία 1^η : Ημιτελής πίνακας III

<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
η κατασκευή συναρμολογείται από τουβλάκια και μετά μπορεί να αποσυναρμολογείται	
το τουβλάκι δεν αποσυναρμολογείται	
με λίγα (σε είδος και αριθμό) τουβλάκια – πολλοί συνδυασμοί/ κατασκευές	
Τα τουβλάκια έχουν διαφορετικά χρώματα, μεγέθη, σχήματα	

Αναλογία 1^η : ΕΠΟΠΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

<p>Έχουμε διαφορετικά τουβλάκια LEGO που μπορούν να συναρμολογηθούν σε διάφορες κατασκευές (επίδειξη του εποπτικού υλικού τουβλάκια LEGO) .</p> <p>Μια κατασκευή (π.χ. γέφυρα, τραπέζι κ.λ.π) έχει διάφορα τουβλάκια, αλλά επίσης, έχει συγκεκριμένο αριθμό από κάθε είδος από τα τουβλάκια.</p> <p>Τα σκόρπια τουβλάκια δεν είναι κατασκευή.</p> <p>Η κατασκευή (π.χ. το τραπέζι) συναρμολογείται από τουβλάκια και μετά μπορεί να αποσυναρμολογηθεί και να έχουμε πάλι σκέτα τουβλάκια.</p> <p>Το τουβλάκι – κανένα τουβλάκι - δεν αποσυναρμολογείται.</p> <p>Τα τουβλάκια έχουν διαφορετικά χρώματα, μεγέθη, σχήματα.</p>
--

Μια χημική ένωση είναι σαν μια κατασκευή LEGO.

Τα χημικά στοιχεία καθώς ενώνονται συνθέτουν τη χημική ένωση.

Υπάρχουν διάφορα χημικά στοιχεία που μπορούν να ενωθούν και να φτιάξουν μια χημική ένωση.

Μια χημική ένωση αποτελείται από συγκεκριμένα χημικά στοιχεία.

Μια χημική ένωση μπορεί να διασπαστεί σε χημικά στοιχεία, ενώ τα χημικά στοιχεία μπορούν να ενωθούν και να συνθέσουν μια χημική ένωση.

Το χημικό στοιχείο δεν διασπάται.

Κάθε χημικό στοιχείο έχει καθορισμένες χημικές ιδιότητες.

ΑΣΚΗΣΗ 2^η

«Η χημική ένωση ως τοίχος» - Αναλογία 2^η

Αναλογία 2^η Ημιτελής πίνακας Ι

<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Οικοδομικά υλικά	
	Χημική ένωση
	Διαφορετικά χημικά στοιχεία συνθέτουν μια χημική ένωση

Αναλογία 2^η: Ημιτελής πίνακας II

<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Λαμβάνονται σταθερές ποσότητες από το κάθε υλικό	
	Χημικοί δεσμοί στο εσωτερικό της χημική ένωσης
Δεν αρκεί απλώς η παρουσία ή μια τυχαία ανάμειξη των υλικών. Για να ολοκληρωθεί η κατασκευή του τοίχου απαιτούνται διάφορες διαδικασίες με αυστηρά καθορισμένη σειρά.	

Αναλογία 2^η: Ημιτελής πίνακας III

<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
	Η χημική ένωση είναι σύνθετη ουσία που έχει σχηματιστεί από δύο ή περισσότερες απλές, τα χημικά στοιχεία
Ο τοίχος έχει διαφορετική όψη και ιδιότητες από αυτή των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του.	
Πρόκειται για ένα νέο υλικό με διαφορετικές ιδιότητες από τα αρχικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.	

Αναλογία 2^η: ΕΠΟΠΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Ο τοίχος χτίζεται από οικοδομικά υλικά: Πρόκειται για απλά υλικά (ασβέστης, άμμος, νερό, τούβλα) με συγκεκριμένες και διαφορετικές ιδιότητες το καθένα: π.χ. το νερό είναι υγρό και διαφανές, η άμμος στερεή και σε μορφή κόκκων, τα τούβλα στερεά και μεγάλα σε μέγεθος . Η σύνδεση μεταξύ των υλικών είναι σταθερή στην τελική κατασκευή. Για να χτιστεί ο τοίχος λαμβάνονται σταθερές ποσότητες από το κάθε υλικό. Τα διαφορετικά αυτά υλικά συνδυάζονται και στο τέλος παραμένουν σταθερά στη θέση τους. Απλή παρουσία των υλικών ή τυχαία ανάμιξη δεν οδηγεί στο να χτιστεί τοίχος. Το αποτέλεσμα είναι ένα νέο υλικό σώμα, ο τοίχος, με διαφορετική όψη και ιδιότητες από τα αρχικά υλικά από τα οποία φτιάχτηκε .

Η χημική ένωση αποτελείται από χημικά στοιχεία. Διαφορετικά χημικά στοιχεία συνθέτουν μια χημική ένωση. Τα χημικά στοιχεία συμμετέχουν με σταθερές ποσότητες, σε γραμμάρια, στη χημική ένωση. Υπάρχουν χημικοί δεσμοί στο εσωτερικό της χημική ένωσης. Δεν αρκεί απλή παρουσία των χημικών στοιχείων ή ανάμειξή τους για να σχηματιστεί χημική ένωση. Ο σχηματισμός χημικής ένωσης, είναι μια πολύπλοκη διαδικασία συνδυασμού των χημικών στοιχείων. Η χημική ένωση είναι σύνθετη ουσία που έχει σχηματιστεί από δύο ή περισσότερες απλές, τα χημικά στοιχεία. Η χημική ένωση έχει διαφορετικές ιδιότητες από τις ιδιότητες των χημικών στοιχείων που την σχηματίζουν. Όταν σχηματίζεται νέα ουσία εμφανίζονται νέες ιδιότητες και το αντίστροφο: αλλαγή στις ιδιότητες σημαίνει αλλαγή ουσίας

ΑΣΚΗΣΗ 3^η

«Η χημική ένωση ως όχημα» - Αναλογία 3^η

Αναλογία 3^η: Ημιτελής Πίνακας I

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
	Χημικά στοιχεία
Όχημα	
	Διαφορετικά χημικά στοιχεία συνθέτουν μια χημική ένωση
Συγκεκριμένα εξαρτήματα και ορισμένος αριθμός από το καθένα	
	Χημικοί δεσμοί

Αναλογία 3^η: Ημιτελής Πίνακας II

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Για να σχηματιστεί το όχημα δεν αρκεί να συγκεντρωθούν τα εξαρτήματα μαζί, πρέπει να οργανωθούν και να συνδεθούν κατάλληλα	
	Η χημική ένωση είναι σύνθετη ουσία που έχει σχηματιστεί από δύο ή περισσότερες απλές, τα χημικά στοιχεία
Το όχημα συναρμολογείται ή αποσυναρμολογείται ξανά – αν χρειαστεί – στα εξαρτήματα	
	Ένα χημικό στοιχείο δε διασπάται σε άλλη ουσία
Ένα όχημα (π.χ. φορτηγό) έχει μία καρότσα, δύο πόρτες και τέσσερις ρόδες 1 προς 2 προς 4	

Αναλογία 3^η: Ημιτελής Πίνακας III

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Εξαρτήματα	
	Χημική ένωση
Διαφορετικά εξαρτήματα συναρμολογούνται στο όχημα	
	Συγκεκριμένα χημικά στοιχεία και σταθερές ποσότητες σε γραμμάρια των στοιχείων στη χημική ένωση
Σταθερή σύνδεση μεταξύ των εξαρτημάτων	

Αναλογία 3^η: Ημιτελής Πίνακας IV

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
	Δεν αρκεί απλή παρουσία των χημικών στοιχείων ή ανάμειξή τους. Ο σχηματισμός χημικής ένωσης, είναι μια πολύπλοκη διαδικασία συνδυασμού των χημικών στοιχείων
Το όχημα είναι ένα πολύπλοκο αντικείμενο που έχει κατασκευαστεί από πολλά απλά αντικείμενα τα εξαρτήματα	
	Η ένωση συντίθεται από τα στοιχεία αλλά και διασπάται σε αυτά
Ένα εξάρτημα δεν μπορεί να αποσυναρμολογηθεί περαιτέρω	
	Τα χημικά στοιχεία στην ένωση βρίσκονται πάντα σε σταθερή αναλογία

Αναλογία 3^η: ΕΠΟΠΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Ένα όχημα αποτελείται από εξαρτήματα. Για ένα συγκεκριμένο είδος οχήματος απαιτούνται ορισμένα είδη εξαρτημάτων και συγκεκριμένος αριθμός από το καθένα (π.χ. ένα φορτηγό αποτελείται από ρόδες [6], καρότσα [1], πόρτες [2] κλπ). Διαφορετικά είδη οχημάτων έχουν διαφορετικά εξαρτήματα (καρότσα τα φορτηγά, κυλινδρικές δεξαμενές τα βυτία κλπ) . Τα εξαρτήματα συγκρατούνται σταθερά στη θέση τους με κάποιο είδος συνδεσμολογίας. Για να κατασκευαστεί ένα όχημα απαιτείται όχι μόνο να συγκεντρωθούν μαζί όλα τα εξαρτήματα, αλλά και να οργανωθούν σε σύνολο και να συνδεθούν κατάλληλα μεταξύ τους . Είναι δυνατόν να αποσυναρμολογηθεί ένα όχημα και τα εξαρτήματά του να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή κάποιου άλλου οχήματος. Ένα εξάρτημα δεν αποσυναρμολογείται περεταίρω. Ένα όχημα (π.χ. φορτηγό) έχει μία καρότσα, δύο πόρτες και τέσσερις ρόδες 1 προς 2 προς 4.

Μια χημική ένωση αποτελείται από χημικά στοιχεία. Κάθε χημική ένωση αποτελείται από συγκεκριμένα και πάντα τα ίδια χημικά στοιχεία (π.χ. το νερό αποτελείται από υδρογόνο και οξυγόνο). Διαφορετικοί συνδυασμοί χημικών στοιχείων συνθέτουν διαφορετικές χημικές ενώσεις. Στις χημικές ενώσεις υπάρχουν χημικοί δεσμοί. Δεν αρκεί απλή παρουσία των χημικών στοιχείων ή ανάμειξή τους. Ο σχηματισμός χημικής ένωσης, είναι μια πολύπλοκη διαδικασία συνδυασμού των χημικών στοιχείων. Η ένωση συντίθεται από τα στοιχεία αλλά και διασπάται σε αυτά. Ένα χημικό στοιχείο δεν μπορεί να διασπαστεί. Τα χημικά στοιχεία στην ένωση βρίσκονται πάντα σε σταθερή αναλογία.

Ωστόσο υπάρχουν και μη κοινά χαρακτηριστικά ανάμεσα στο όχημα και στη χημική ένωση.

ΑΣΚΗΣΗ 4^η

«Η χημική ένωση ως λέξη» Αναλογία 4^η

Αναλογία 4^η : Ημιτελής πίνακας I

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Γράμματα	
Λέξη	
	Διαφορετικά χημικά στοιχεία συνθέτουν μια χημική ένωση
	Συγκεκριμένα χημικά στοιχεία και σταθερές ποσότητες σε γραμμάρια των στοιχείων σχηματίζουν μια χημική ένωση
Για να σχηματιστεί μια λέξη δεν αρκεί να συγκεντρωθούν τα γράμματα μαζί, πρέπει να οργανωθούν και να συνδεθούν κατάλληλα	

Αναλογία 4^η: Ημιτελής πίνακας II

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Η λέξη είναι ένα πολύπλοκο σύνολο που έχει κατασκευαστεί από πολλά απλά «μέρη», τα γράμματα	
Η λέξη σχηματίζεται από τα γράμματα ή - αν χρειαστεί - «σπάει» και μας ξαναδίνει τα γράμματα	
	Ένα χημικό στοιχείο δε διασπάται σε άλλη ουσία
	Τα χημικά στοιχεία στην ένωση βρίσκονται πάντα σε σταθερή αναλογία

Αναλογία 4^η: Ημιτελής πίνακας III

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
	Χημικά στοιχεία
	Χημική ένωση
Διαφορετικά γράμματα σχηματίζουν τη λέξη	
Συγκεκριμένα γράμματα και ορισμένος αριθμός από το καθένα σχηματίζουν μια λέξη	

Αναλογία 4^η: Ημιτελής πίνακας IV

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
	Η χημική ένωση είναι σύνθετη ουσία που έχει σχηματιστεί από δύο ή περισσότερες απλές, τα χημικά στοιχεία
	Η ένωση συντίθεται από τα στοιχεία αλλά και διασπάται σε αυτά
Ένα γράμμα δεν μπορεί να «σπάσει» περαιτέρω και να μας δώσει κάτι άλλο	
Η λέξη (π.χ. μάθημα) έχει 2 μ, 2 α, 1 θ και 1 η. 2:2:1:1	

Αναλογία 4^η: Εποπτικό υλικό

Κάθε λέξη αποτελείται από γράμματα. Διαφορετικά γράμματα σχηματίζουν τη λέξη. Συγκεκριμένα γράμματα και ορισμένος αριθμός από το καθένα σχηματίζουν μια λέξη. Για να σχηματιστεί μια λέξη δεν αρκεί να συγκεντρωθούν τα γράμματα μαζί, πρέπει να οργανωθούν και να συνδεθούν κατάλληλα. Η λέξη είναι ένα πολύπλοκο σύνολο που έχει κατασκευαστεί από πολλά απλά «μέρη», τα γράμματα. Η λέξη σχηματίζεται από τα γράμματα ή - αν χρειαστεί - «σπάει» και μας ξαναδίνει τα γράμματα. Ένα γράμμα δεν μπορεί να «σπάσει» περαιτέρω και να μας δώσει κάτι άλλο. Η λέξη (π.χ. μάθημα) έχει 2 μ, 2 α, 1 θ και 1 η. Δηλαδή αναλογία γραμμάτων 2:2:1:1.

Κάθε χημική ένωση συντίθεται από χημικά στοιχεία. Διαφορετικά χημικά στοιχεία συνθέτουν μια χημική ένωση. Συγκεκριμένα χημικά στοιχεία και σταθερές ποσότητες σε γραμμάρια των στοιχείων σχηματίζουν μια χημική ένωση. Δεν αρκεί απλή παρουσία των χημικών στοιχείων ή ανάμειξή τους. Ο σχηματισμός χημικής ένωσης, είναι μια πολύπλοκη διαδικασία συνδυασμού των χημικών στοιχείων. Η χημική ένωση είναι σύνθετη ουσία που έχει σχηματιστεί από δύο ή περισσότερες απλές, τα χημικά στοιχεία. Η ένωση συντίθεται από τα στοιχεία αλλά και διασπάται σε αυτά. Ένα χημικό στοιχείο δε διασπάται σε άλλη ουσία. Τα χημικά στοιχεία στην ένωση βρίσκονται πάντα σε σταθερή αναλογία.

ΑΣΚΗΣΗ 5^η

(Στην παρούσα άσκηση οι λέξεις σε παρένθεση δεν δίνονταν στους μαθητές, αλλά είναι οι συμπληρώσεις που αναμενόταν να κάνουν εφόσον είχαν κατανοήσει τις έννοιες που αναπτύχθηκαν κατά τη διδασκαλία)

Η αμμωνία – όπως και το νερό – είναι μια χημική ουσία σύνθετη δηλαδή είναι μια χημική ένωση. Αποτελείται από άζωτο και υδρογόνο.

Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις με τη βοήθεια των αναλογιών που γνωρίζετε (κατασκευή LEGO, γράμματα και λέξεις, όχημα και εξαρτήματα κλπ)

1) Όπως μια κατασκευή LEGO μπορεί να διασπαστεί στα τουβλάκια, έτσι μια χημική ένωση μπορεί να διασπαστεί σε _____ (στοιχεία)

Η ένωση αμμωνία διασπάται σε _____ (δύο) χημικά στοιχεία το _____ (άζωτο) και το _____ (υδρογόνο).

2) Όπως τα τουβλάκια δεν μπορούν να διασπαστούν περισσότερο έτσι και _____ (τα χημικά στοιχεία) δεν μπορούν να διασπαστούν περισσότερο. Συγκεκριμένα τα χημικά στοιχεία _____ (άζωτο και υδρογόνο) από τα οποία αποτελείται η αμμωνία _____ (δεν διασπώνται περαιτέρω).

3) Όπως ένα όχημα συναρμολογείται από εξαρτήματα έτσι και μια χημική ένωση μπορεί να _____ (συντεθεί από χημικά στοιχεία).

Για παράδειγμα η αμμωνία μπορεί να συντεθεί από _____ (άζωτο) και _____ (υδρογόνο).

4) Όπως σε ένα όχημα υπάρχει ορισμένος αριθμός από εξαρτήματα π.χ. ρόδες, τιμόνι κ.λπ. έτσι για να συντεθεί ορισμένη ποσότητα αμμωνίας χρειάζεται _____ (ορισμένη ποσότητα αζώτου) και _____ (ορισμένη ποσότητα υδρογόνου) .

Χρειάζονται πάντα οι ίδιες ποσότητες σε γραμμάρια αζώτου και υδρογόνου για να συντεθεί η αμμωνία π.χ. 14 γραμμάρια αζώτου και 3 γραμμάρια υδρογόνου σχηματίζουν 17 γραμμάρια αμμωνίας. Αναλογία αζώτου προς υδρογόνο = 14/3, όπως για την κατασκευή μιας λέξης π.χ. αααχ! χρειάζονται τέσσερα γράμματα δηλαδή _____ (τρία άλφα) και _____ (ένα χι).

5) Όπως μέσα στο σακούλι που έχουμε τα τουβλάκια αυτά δεν αποτελούν κατασκευή αλλά είναι απλώς ανακατεμένα ή επίσης τα γράμματα του σκραμπλ δεν φτιάχνουν λέξεις αλλά είναι σκόρπια και ανακατεμένα, έτσι αν μέσα σε ένα δοχείο αναμείξουμε άζωτο και υδρογόνο δεν θα σχηματιστεί _____ (αμμωνία δηλαδή χημική ένωση) αλλά θα έχουμε _____ (μίγμα των δύο αυτών στοιχείων).

6) Για να σχηματιστεί η αμμωνία δεν αρκεί απλή ανάμιξη των στοιχείων που την αποτελούν όπως για την κατασκευή μιας λέξης _____
 _____ (δεν αρκεί απλό ανακάτεμα των γραμμάτων).

ΑΣΚΗΣΗ 6^η

«Η χημική αντίδραση είναι σαν την κατασκευή ενός τοίχου». Αναλογία 5^η

Αναλογία 5^η Ημιτελής πίνακας I

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Άμμος, νερό, ασβέστης, τούβλα κλπ	
τοίχος	
Η μάζα των οικοδομικών υλικών ίση με τη μάζα του τοίχου.	

Αναλογία 5^η Ημιτελής πίνακας II

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
	χημικές ουσίες που λέγονται αντιδρώντα
	Προϊόντα (ουσία ή ουσίες που σχηματίζονται μετά τη διαδικασία)
	Η μάζα των αντιδρώντων ίση με τη μάζα των προϊόντων

Αναλογία 5^η Ημιτελής πίνακας III

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Άμμος, νερό, ασβέστης, τούβλα κλπ	
	Προϊόντα (ουσία ή ουσίες που σχηματίζονται μετά τη διαδικασία)
Η μάζα των οικοδομικών υλικών ίση με τη μάζα του τοίχου.	

Αναλογία 5^η Ημιτελής πίνακας IV

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Ο τοίχος έχει άλλο χρώμα, άλλη σκληρότητα κ.λπ., σε σχέση με τα υλικά νερό, τούβλα, σοβάς κ.λπ.	
Χτίσιμο του τοίχου (διαδικασία μετατροπής των οικοδομικών υλικών σε τοίχο)	
Ο τοίχος μπορεί να γκρεμιστεί και να ξαναδώσει τα οικοδομικά υλικά και από αυτά να χτιστεί «άλλος τοίχος»	

Αναλογία 5^η Ημιτελής πίνακας V

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
	Τα προϊόντα έχουν άλλη ταυτότητα και άλλες ιδιότητες σε σχέση με τα αντιδρώντα
	Χημική αντίδραση (διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα
	Τα προϊόντα μπορεί να ξαναμετασχηματιστούν σε αντιδρώντα Και από αυτά να γίνει άλλη αντίδραση

Αναλογία 5^η Ημιτελής πίνακας VI

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Ο τοίχος έχει άλλο χρώμα, άλλη σκληρότητα κ.λπ., σε σχέση με τα υλικά νερό, τούβλα, σοβάς κ.λπ.	
	Χημική αντίδραση (διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα
Ο τοίχος μπορεί να γκρεμιστεί και να ξαναδώσει τα οικοδομικά υλικά και από αυτά να χτιστεί «άλλος τοίχος»	

Αναλογία 5^η Εποπτικό υλικό

Αρχικά έχουμε διάφορα οικοδομικά υλικά όπως άμμος, νερό, ασβέστης, τούβλα κ.λπ. Από αυτά τελικά κατασκευάζεται κάποιος τοίχος. Η μάζα των οικοδομικών υλικών που χρησιμοποιούμε είναι ίση με τη μάζα του τοίχου που χτίζεται. Ο τοίχος έχει άλλο χρώμα, άλλη σκληρότητα κ.λπ., σε σχέση με τα υλικά νερό, τούβλα, σοβάς κ.λπ. Η διαδικασία μετατροπής των οικοδομικών υλικών σε τοίχο λέγεται χτίσιμο του τοίχου.

Αρχικά έχουμε κάποιες χημικές ουσίες που λέγονται αντιδρώντα. Η ουσία ή οι ουσίες που σχηματίζονται μετά τη διαδικασία λέγονται προϊόντα. Η μάζα των αντιδρώντων είναι ίση με τη μάζα των προϊόντων. Τα προϊόντα έχουν άλλη ταυτότητα και άλλες ιδιότητες σε σχέση με τα αντιδρώντα. Χημική αντίδραση είναι η διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα.

ΑΣΚΗΣΗ 7^η

«η χημική αντίδραση είναι σαν την κατασκευή μιας λέξης από γράμματα».

Αναλογία 6^η

Αναλογία 6^η Ημιτελής πίνακας I

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
Γράμματα (του αλφάβητου) που σχηματίζουν κάποιες λέξεις [Α, Ο, Κ, Λ] ή λέξεις που υπάρχουν έτοιμες από την αρχή [ΑΝΑΣΤΑΣΗΣ] [ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΥΟ]	
Λέξεις που σχηματίζονται από τα παραπάνω γράμματα [ΚΑΛΟ] ή από τις λέξεις με αναγραμματισμό [ΣΑΣΑ ΣΤΑΝΗ] [ΜΥΘΟΣ ΡΑΔΙΟ]	
Νέες λέξεις που σχηματίζονται από τις προηγούμενες με αναγραμματισμό [ΛΑΚΟΣ ΚΑΛΟΣ] [ΣΠΑΘΙ ΣΠΙΘΑ]	

Αναλογία 6^η Ημιτελής πίνακας II

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
	χημικές ουσίες που λέγονται αντιδρώντα (και που εδώ είναι χημικά στοιχεία ή χημικές ενώσεις)
	Προϊόντα (ουσία ή ουσίες που σχηματίζονται μετά τη διαδικασία)
	Προϊόντα (που εδώ είναι άλλες χημικές ενώσεις)

Αναλογία 6^η Ημιτελής πίνακας III

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
	Η μάζα των αντιδρώντων ίση με τη μάζα των προϊόντων
	Τα προϊόντα έχουν άλλη ταυτότητα και άλλες ιδιότητες σε σχέση με τα αντιδρώντα
	Χημική αντίδραση (διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα)

Αναλογία 6^η Ημιτελής πίνακας IV

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
Ο αριθμός των γραμμάτων ίδιος πριν και μετά το σχηματισμό νέων λέξεων.	
Οι αρχικές λέξεις έχουν άλλη σημασία από τις τελικές.	
Αναγραμματισμός	

Αναλογία 6^η Ημιτελής πίνακας V

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
Νέες λέξεις που σχηματίζονται από τις προηγούμενες με αναγραμματισμό [ΛΑΚΟΣ ΚΑΛΟΣ] [ΣΠΑΘΙ ΣΠΙΘΑ]	
	Η μάζα των αντιδρώντων ίση με τη μάζα των προϊόντων
Οι αρχικές λέξεις έχουν άλλη σημασία από τις τελικές.	
Αναγραμματισμός	Χημική αντίδραση (διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα)

Αναλογία 6^η Ημιτελής πίνακας VI

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
Γράμματα (του αλφάβητου) που σχηματίζουν κάποιες λέξεις [Α, Ο, Κ, Λ] ή λέξεις που υπάρχουν έτοιμες από την αρχή [ΑΝΑΣΤΑΣΗΣ] [ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΥΟ]	
Λέξεις που σχηματίζονται από τα παραπάνω γράμματα [ΚΑΛΟ] ή από τις λέξεις με αναγραμματισμό [ΣΑΣΑ ΣΤΑΝΗ] [ΜΥΘΟΣ ΡΑΔΙΟ]	
	Προϊόντα (που εδώ είναι άλλες χημικές ενώσεις)
Ο αριθμός των γραμμάτων ίδιος πριν και μετά το σχηματισμό νέων λέξεων.	

Αναλογία 6^η Εποπτικό υλικό

Έχουμε τα γράμματα του αλφαβήτου, ή εδώ τα γράμματα στο σακούλι του σκραμπλ με τα οποία μπορούν να σχηματιστούν λέξεις. Για παράδειγμα τα γράμματα Α, Ο, Κ, Λ. Υπάρχουν όμως και έτοιμες λέξεις, γραμμένες, για παράδειγμα [ΑΝΑΣΤΑΣΗΣ] [ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΥΟ] . Ο αριθμός των γραμμάτων παραμένει σταθερός πριν σχηματίσουμε μια λέξη στο σκραμπλ (εδώ έχουμε 4 γράμματα: Α, Ο, Κ και Λ) και αφού τη σχηματίσουμε (η λέξη ΚΑΛΟ έχει 4 γράμματα). Μπορούμε επίσης να σχηματίσουμε νέες λέξεις αναγραμματίζοντας τις παλιές, ανασυνθέτοντας δηλαδή τα γράμματα από τα οποία αποτελούνται (για παράδειγμα από τη λέξη [ΑΝΑΣΤΑΣΗΣ] σχηματίζονται οι λέξεις [ΣΑΣΑ ΣΤΑΝΗ] και από τις λέξεις [ΑΡΙΘΜΟΝ ΔΥΟ] σχηματίζονται οι λέξεις [ΜΥΘΟΣ ΡΑΔΙΟ]). Οι αρχικές λέξεις έχουν άλλη σημασία από τις τελικές.

Πριν ξεκινήσει η χημική αντίδραση υπάρχουν χημικές ουσίες που λέγονται αντιδρώντα (και που μπορεί να είναι χημικά στοιχεία ή χημικές ενώσεις).

Προϊόντα λέγονται η ουσία ή οι ουσίες που σχηματίζονται μετά τη διαδικασία. Τα προϊόντα είναι άλλες χημικές ουσίες (στοιχεία ή ενώσεις).

Η μάζα των αντιδρώντων ίση με τη μάζα των προϊόντων.

Τα προϊόντα έχουν άλλη ταυτότητα και άλλες ιδιότητες σε σχέση με τα αντιδρώντα.

Χημική αντίδραση είναι η διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα.

ΑΣΚΗΣΗ 8^η

«Η χημική αντίδραση είναι σαν Παρασκευή ενός κέικ». Αναλογία 7^η

Αναλογία 7^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας I

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
αλεύρι, ζάχαρη, αυγά, βούτυρο κ.λπ.	
	Προϊόντα (ουσία ή ουσίες που σχηματίζονται μετά τη διαδικασία)
Ορισμένη ποσότητα από το κάθε υλικό	

Αναλογία 7^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας II

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
	χημικές ουσίες που λέγονται αντιδρώντα
κέικ	
	Κάθε ουσία (αντιδρών) παίρνει μέρος στην αντίδραση με ορισμένη ποσότητα

Αναλογία 7^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας III

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Η μάζα των υλικών (και όχι ο όγκος) ίση με τη μάζα του κέικ.	
	Τα προϊόντα έχουν άλλη ταυτότητα και άλλες ιδιότητες σε σχέση με τα αντιδρώντα
παρασκευή του κέικ (διαδικασία μετατροπής των υλικών σε κέικ)	

Αναλογία 7^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας IV

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
	Η μάζα των αντιδρώντων ίση με τη μάζα των προϊόντων
Το κέικ έχει άλλο χρώμα, άλλη γεύση κ.λπ., σε σχέση με τα υλικά ζάχαρη, αυγά κ.λπ.	
	Χημική αντίδραση (διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα)

Αναλογία 7^η Εποπτικό Υλικό

Για ένα κέικ χρειάζονται υλικά όπως αλεύρι, ζάχαρη, αυγά, βούτυρο κ.λπ. Το κάθε υλικό προστίθεται σε ορισμένη ποσότητα. Η μάζα των υλικών (και όχι ο όγκος) είναι ίση με τη μάζα του κέικ. Οι ιδιότητες των υλικών είναι εντελώς διαφορετικές από αυτές του κέικ. Άλλο χρώμα, άλλη υφή, άλλη γεύση έχουν τα αρχικά υλικά και άλλη το κέικ. Τα υλικά μας μετατρέπονται σε κέικ με μια διαδικασία που την ακολουθούμε πιστά και ονομάζεται «παρασκευή του κέικ».

Σε κάθε χημική αντίδραση οι χημικές ουσίες που υπάρχουν στην αρχή, λέγονται αντιδρώντα. Από την άλλη πλευρά, προϊόντα λέμε τις ουσίες (ή την ουσία) που σχηματίζονται μετά τη διαδικασία. Αυτή τη διαδικασία μετασχηματισμού ονομάζουμε χημική αντίδραση. Τα προϊόντα έχουν άλλη ταυτότητα και άλλες ιδιότητες σε σχέση με τα αντιδρώντα. Η μάζα των αντιδρώντων ίση με τη μάζα των προϊόντων.

ΑΣΚΗΣΗ 9^η

«Τα μόρια χτίζονται από άτομα όπως η κατασκευή LEGO από τουβλάκια».
Αναλογία 8^η

Αναλογία 8^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας I

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Τουβλάκια	
Τουβλάκια διαφορετικών χρωμάτων και μεγεθών	
Κατασκευή	
Κατασκευή με όμοια ή με διαφορετικά τουβλάκια	
Ο αριθμός των τούβλων σταθερός στην κατασκευή Αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους	

Αναλογία 8^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας II

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
	Άτομα
	Άτομα διαφορετικών στοιχείων
	Μόριο
	Μόριο χημικού στοιχείου ή μόριο χημικής ένωσης
	Ο αριθμός των ατόμων σταθερός στη χημική αντίδραση, αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στο μόριο

Αναλογία 8^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας III

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Κατασκευή με όμοια ή με διαφορετικά τουβλάκια	
Καταστροφή μιας κατασκευής και με τα ίδια τουβλάκια σχηματισμός μιας άλλης	
Από τα τουβλάκια χτίζεται μια κατασκευή	
Η κατασκευή χαλαρεί και ξανά προκύπτουν τα τουβλάκια	
Το κάθε τουβλάκι δεν παθαίνει τίποτε στις παραπάνω διαδικασίες	

Αναλογία 8^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας IV

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Κατασκευή με όμοια ή με διαφορετικά τουβλάκια	
	Άτομα διαφορετικών στοιχείων
Από τα τουβλάκια χτίζεται μια κατασκευή	
	Μόριο χημικού στοιχείου ή μόριο χημικής ένωσης
Το κάθε τουβλάκι δεν παθαίνει τίποτε στις παραπάνω διαδικασίες	

Αναλογία 8^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας V

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
	Μόριο χημικού στοιχείου ή μόριο χημικής ένωσης
Τουβλάκια διαφορετικών χρωμάτων και μεγεθών	
	Σύνθεση μορίου από άτομα
Κατασκευή με όμοια ή με διαφορετικά τουβλάκια	
	Τα άτομα είναι άφθαρτα

Αναλογία 8^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας VI

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Τουβλάκια	
	Άτομα διαφορετικών στοιχείων
Κατασκευή	
	Μόριο χημικού στοιχείου ή μόριο χημικής ένωσης
Ο αριθμός των τούβλων σταθερός Αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στη κατασκευή	

Αναλογία 8^η Εποπτικό υλικό

Τα τουβλάκια είναι τα μικρά κομμάτια που χρησιμοποιούμε για να φτιάξουμε μια οποιαδήποτε κατασκευή. Υπάρχουν σε διαφορετικά σχήματα και χρώματα. Μπορούμε να τα ενώσουμε κάνοντας όποιο συνδυασμό θέλουμε και φτιάχνουμε μια κατασκευή, για παράδειγμα μια πολυκατοικία. Έπειτα αυτή την κατασκευή LEGO μπορούμε να την καταστρέψουμε, αποχωρίζοντας και απομακρύνοντας τα τουβλάκια το ένα από το άλλο. Έτσι προέκυψαν ξανά, απλά τουβλάκια. Αυτά τώρα μπορούμε να τα ενώσουμε με άλλο συνδυασμό και να προκύψει άλλη κατασκευή, για παράδειγμα μια γέφυρα. Μια κατασκευή LEGO μπορεί να αποτελείται από λίγα ή από πολλά τουβλάκια. Μπορεί να αποτελείται από όμοια (σε σχήμα και χρώμα) ή από διαφορετικά τουβλάκια. Κάθε φορά το χτίσιμο της κατασκευής από τουβλάκια, ή η καταστροφή της κατασκευής ή μια ανακατασκευή είναι μια διαδικασία όπου αλλάζουμε τον τρόπο που συνδυάζονται τα τουβλάκια, τα οποία (το κάθε ένα από αυτά ξεχωριστά) δεν παθαίνουν τίποτα.

Τα πιο μικροσκοπικά σωματίδια της ύλης είναι τα άτομα. Τα άτομα διαφορετικών στοιχείων είναι διαφορετικά μεταξύ τους ενώ τα άτομα του ίδιου στοιχείου είναι όμοια. Τα άτομα συνδυάζονται, ενώνονται και φτιάχνουν το μόριο. Όμοια άτομα ενώνονται και σχηματίζουν μόριο χημικού στοιχείου. Διαφορετικά άτομα ενώνονται και φτιάχνουν μόριο χημικής ένωσης. Τα μόρια μπορούν να διασπώνται και να ξανασχηματίζονται άτομα. Ο αριθμός των ατόμων σε μια χημική αντίδραση παραμένει σταθερός, αλλάζουν όμως οι θέσεις και οι συνδυασμοί των ατόμων στα μόρια. Σε μια χημική αντίδραση τα μόρια καταστρέφονται, αλλά τα άτομα παραμένουν άφθαρτα.

ΑΣΚΗΣΗ 10^η

«Τα μόρια κατασκευάζονται από άτομα όπως η λέξη από γράμματα». Αναλογία 9^η

Αναλογία 9^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας I

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Γράμματα	
Διαφορετικά γράμματα	
Λέξη	
Λέξη με όμοια γράμματα (επιφώνημα)	
Λέξη με διαφορετικά γράμματα	

Αναλογία 9^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας II

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
	Άτομα
	Άτομα διαφορετικών στοιχείων
	Μόριο
	Μόριο χημικού στοιχείου
	Μόριο χημικής ένωσης

Αναλογία 9^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας III

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
Ο αριθμός των γραμμάτων σταθερός Αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στη λέξη	
	Χημική αντίδραση: διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα
Από τα γράμματα κατασκευάζεται η λέξη	
	Το μόριο διασπάται και προκύπτουν άτομα
Τα γράμματα δεν «χαλάνε»	

Αναλογία 9^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας IV

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
	Ο αριθμός των ατόμων σταθερός, αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στο μόριο
Καταστροφή μιας λέξης και με τα ίδια γράμματα σχηματισμός μιας άλλης	
	Σύνθεση μορίου από άτομα
Η λέξη χαλάει και ξανά προκύπτουν τα γράμματα	
	Τα άτομα είναι άφθαρτα

Αναλογία 9^η Ημισυμπληρωμένος Πίνακας V

ΒΑΣΗ	ΣΤΟΧΟΣ
<i>Αντιστοίχιση κοινών χαρακτηριστικών</i>	
	Άτομα
Λέξη	
	Χημική αντίδραση: διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα
Μια συγκεκριμένη λέξη αποτελείται από ορισμένα γράμματα και σταθερό αριθμό από το καθένα. Για παράδειγμα η λέξη «ΟΛΟ» αποτελείται από ένα λάμδα και δύο όμικρον	

Αναλογία 9^η Εποπτικό υλικό

Μια λέξη κατασκευάζεται από γράμματα. Και αντίστροφα μια λέξη μπορεί να αποσυντεθεί στα γράμματα από τα οποία αποτελείται. Η διαδικασία είναι γνωστή από το γνωστό παιχνίδι «σκραμπλ». Κάθε γράμμα φροντίζουμε να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή μιας λέξης και να μην παραμένει «σε αχρηστία». Κάθε λέξη περιλαμβάνει ορισμένο και σταθερό αριθμό από κάθε είδος γράμματος. Υπάρχουν λέξεις με όμοια γράμματα (τα επιφωνήματα «αα»! «ωω»! κ.λπ., υπάρχουν και λέξεις με διαφορετικά γράμματα. Μπορούμε με τα γράμματα να φτιάξουμε μια λέξη και μετά να την «χαλάσουμε» και να ξαναπροκύψουν τα γράμματα, με τα οποία μπορούμε να φτιάξουμε άλλη ή άλλες λέξεις. Μια συγκεκριμένη λέξη αποτελείται από ορισμένα γράμματα και σταθερό αριθμό από το καθένα. Για παράδειγμα η λέξη «ΟΛΟ» αποτελείται από ένα λάμδα και δύο όμικρον. Τα γράμματα δεν «χαλάνε».

Τα μόρια αποτελούνται από άτομα. Τα μόρια των χημικών στοιχείων αποτελούνται από όμοια άτομα, ενώ αυτά των χημικών ενώσεων αποτελούνται από διαφορετικά άτομα. Τα μόρια διασπώνται και προκύπτουν άτομα και αυτά τα άτομα με διαφορετικούς συνδυασμούς «φτιάχνουν» άλλα μόρια. Αυτή η διαδικασία είναι η χημική αντίδραση. Τα άτομα είναι άφθαρτα, δηλαδή δεν διασπώνται. Κάθε μόριο αποτελείται από ορισμένα είδη ατόμων και από σταθερό αριθμό ατόμων από κάθε είδος. Το μόριο του νερού αποτελείται από ένα άτομο οξυγόνου και δύο άτομα υδρογόνου.

ΑΣΚΗΣΗ 11^η

A) Αναπαράσταση σύνθεσης των μορίων του υπεροξειδίου του υδρογόνου, του μονοξειδίου του άνθρακα και του τριοξειδίου του σιδήρου με γράμματα «σκραμπλ»

Ο αριθμός των γραμμάτων σταθερός.	Ο αριθμός των ατόμων σταθερός.
A) Με τα γράμματα [A, A, M, M] να κατασκευαστεί η πρώτη λέξη B) Με τα γράμματα [N, A] να κατασκευαστεί η δεύτερη λέξη Γ) Με τα γράμματα [A, A, A, K, K] να κατασκευαστεί η τρίτη λέξη	A) Το μόριο του υπεροξειδίου του υδρογόνου (οξυζενέ) αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και δύο άτομα οξυγόνου B) Το μόριο του μονοξειδίου του άνθρακα αποτελείται από ένα άτομο άνθρακα και ένα άτομο οξυγόνου Γ) Το μόριο του τριοξειδίου του σιδήρου (σκουριά του σιδήρου) αποτελείται από δύο άτομα σιδήρου και τρία άτομα οξυγόνου

ΑΣΚΗΣΗ 11^η

B) Αναπαράσταση σύνθεσης των μορίων του νερού, του διοξειδίου του άνθρακα και του υδροκυανίου με γράμματα «σκραμπλ»

Ο αριθμός των γραμμάτων σταθερός.	Ο αριθμός των ατόμων σταθερός.
A) Με τα γράμματα [A, A, P] να κατασκευαστεί η πρώτη λέξη B) Με τα γράμματα [Λ, O, O] να κατασκευαστεί η δεύτερη λέξη Γ) Με τα γράμματα [Π, P, O] να κατασκευαστεί η τρίτη λέξη	A) Το μόριο του διοξειδίου του άνθρακα αποτελείται από ένα άτομο άνθρακα και δύο άτομα οξυγόνου B) Το μόριο του νερού αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου Γ) Το μόριο του υδροκυανίου (ένα ισχυρό δηλητήριο) αποτελείται από ένα άτομο υδρογόνου, ένα άτομο άνθρακα και ένα άτομο αζώτου

ΑΣΚΗΣΗ 11^η

Γ) Αναπαράσταση σύνθεσης των μορίων της αμμωνίας, του μονοξειδίου του αζώτου και του διοξειδίου του αζώτου με γράμματα «σκραμπλ»

Ο αριθμός των γραμμάτων σταθερός.	Ο αριθμός των ατόμων σταθερός.
A) Με τα γράμματα [A, A, A, X] να κατασκευαστεί η πρώτη λέξη	A) Το μόριο της αμμωνίας αποτελείται από τρία άτομα υδρογόνου και ένα άτομο αζώτου
B) Με τα γράμματα [Ω, X] να κατασκευαστεί η δεύτερη λέξη	B) Το μόριο του μονοξειδίου του αζώτου αποτελείται από ένα άτομο αζώτου και ένα άτομο οξυγόνου
Γ) Με τα γράμματα [X, Ω, Ω] να κατασκευαστεί η τρίτη λέξη Σημείωση: οι λέξεις που ψάχνουμε είναι επιφωνήματα	Γ) Το μόριο του διοξειδίου του αζώτου αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου και ένα άτομο αζώτου

ΑΣΚΗΣΗ 12^η

A) Μοντελοποίηση σύνθεσης και διάσπασης του μορίου του νερού με τουβλάκια - κατασκευές LEGO

Ο αριθμός των τούβλων σταθερός.	Ο αριθμός των ατόμων σταθερός.
Αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στην κατασκευή	Αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στο μόριο
A) Με τέσσερα λευκά τουβλάκια και δύο κόκκινα μπορούμε να φτιάξουμε ή την κατασκευή δύο σετ (δύο) λευκών τούβλων και ένα σετ (δύο) κόκκινων τούβλων ή την κατασκευή δύο σετ: λευκό-κόκκινο-λευκό Να γίνει η πρώτη κατασκευή με κατάλληλη σύνδεση των λευκών και των κόκκινων τούβλων μεταξύ τους.	Από τέσσερα άτομα υδρογόνου και δύο άτομα οξυγόνου μπορεί να προκύψουν ή α) δύο μόρια υδρογόνου και ένα μόριο οξυγόνου ή β) δύο μόρια νερού Από τα άτομα υδρογόνου και οξυγόνου συντίθενται τα μόρια υδρογόνου και οξυγόνου.
Καταστροφή μιας κατασκευής και με τα ίδια τουβλάκια σχηματισμός μιας άλλης	Χημική αντίδραση (διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα)
Στη συνέχεια να χαλάσει η κατασκευή και από τα τουβλάκια που θα προκύψουν να γίνει η δεύτερη κατασκευή με διαφορετική, προφανώς, σύνδεση των τούβλων μεταξύ τους.	Τα μόρια οξυγόνου και υδρογόνου μπορούν να διασπαστούν και να σχηματίσουν άτομα υδρογόνου και οξυγόνου τα οποία στη συνέχεια συνδέονται μεταξύ τους με άλλο τρόπο και συντίθενται μόρια νερού.

ΑΣΚΗΣΗ 12^η

B) Μοντελοποίηση σύνθεσης και διάσπασης του μορίου του διοξειδίου του άνθρακα με τουβλάκια - κατασκευές LEGO

Ο αριθμός των τούβλων σταθερός	Ο αριθμός των ατόμων σταθερός
Αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στη κατασκευή	Αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στο μόριο
A) Με δύο κόκκινα μπορούμε να φτιάξουμε ή την κατασκευή δύο σετ (δύο) κόκκινων τούβλων ενώ παράλληλα κρατάμε και ένα τουβλάκι μαύρου χρώματος	Από δύο άτομα οξυγόνου μπορεί να προκύψει ένα μόριο οξυγόνου. Το μόριο του άνθρακα αποτελείται από ένα άτομο
Καταστροφή μιας κατασκευής και με τα ίδια τουβλάκια σχηματισμός μιας άλλης	Χημική αντίδραση (διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα
Στη συνέχεια να χαλάσει η κατασκευή και από τα τουβλάκια που θα προκύψουν να γίνει κατασκευή που να περιλαμβάνει και τα τρία τουβλάκια (τα δύο κόκκινα και το μαύρο ανάμεσά τους) με διαφορετική, προφανώς, σύνδεση των τούβλων μεταξύ τους.	Το μόριο του οξυγόνου μπορεί να διασπαστεί και να σχηματίσει άτομα οξυγόνου τα οποία στη συνέχεια συνδέονται μεταξύ τους και με το άτομο του άνθρακα με άλλο τρόπο και συντίθεται μόριο διοξειδίου του άνθρακα.

ΑΣΚΗΣΗ 12'

Γ) Μοντελοποίηση σύνθεσης και διάσπασης του μορίου της αμμωνίας με τουβλάκια - κατασκευές LEGO

Ο αριθμός των τούβλων σταθερός	Ο αριθμός των ατόμων σταθερός
Αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στην κατασκευή	Αλλάζουν οι θέσεις και οι συνδυασμοί τους στο μόριο
Με έξι λευκά τουβλάκια και δύο κίτρινα μπορούμε να φτιάξουμε ή την κατασκευή τρία σετ (δύο) λευκών τούβλων και ένα σετ (δύο) κίτρινων τούβλων ή την κατασκευή δύο σετ: λευκό-κίτρινο-λευκό-λευκό Να γίνει η πρώτη κατασκευή με κατάλληλη σύνδεση των λευκών και των κίτρινων τούβλων μεταξύ τους.	Από έξι άτομα υδρογόνου και δύο άτομα αζώτου μπορεί να προκύψουν ή α) τρία μόρια υδρογόνου και ένα μόριο αζώτου ή β) δύο μόρια αμμωνίας Από τα άτομα υδρογόνου και αζώτου συντίθενται τα μόρια υδρογόνου και αζώτου.
Καταστροφή μιας κατασκευής και με τα ίδια τουβλάκια σχηματισμός μιας άλλης	Χημική αντίδραση (διαδικασία μετατροπής των αντιδρώντων σε προϊόντα)
Στη συνέχεια να χαλάσει η κατασκευή και από τα τουβλάκια που θα προκύψουν να γίνει η δεύτερη κατασκευή (δύο σετ: λευκό-κίτρινο-λευκό-λευκό) με διαφορετική, προφανώς, σύνδεση των τούβλων μεταξύ τους.	Τα μόρια αζώτου και υδρογόνου μπορούν να διασπαστούν και να σχηματίσουν άτομα αζώτου και υδρογόνου τα οποία στη συνέχεια συνδέονται μεταξύ τους με άλλο τρόπο και συντίθενται μόρια αμμωνίας.

Παράρτημα III

Υλικό που χρησιμοποιήθηκε στις διδακτικές παρεμβάσεις με την Ομάδα Ελέγχου

Διδακτική παρέμβαση με συμβατική διδασκαλία (Ομάδα Ελέγχου) στη Διδακτική Ενότητα 2.6: «χημικές ενώσεις και χημικά στοιχεία»

III) Ανάλυση και επεξεργασία εννοιών

Η επεξεργασία των εννοιών της αντίστοιχης ενότητας έγινε ως εξής:

Έχουμε δύο μεγάλες κατηγορίες για τις χημικές ουσίες: τις σύνθετες και τις απλές ουσίες. Το νερό που πίνουμε είναι μια χημική ουσία: είναι άραγε σύνθετη ή απλή;

Στη Χημεία, όταν λέμε ότι μια χημική ουσία είναι «σύνθετη» εννοούμε ότι μπορεί να διασπαστεί σε άλλες ουσίες πιο απλές κι ακόμα ότι μπορεί να συντεθεί από αυτές τις απλές ουσίες. Μια απλή χημική ουσία δεν μπορεί να διασπαστεί σε άλλες ουσίες.

Υπάρχουν διάφορες συσκευές που μπορούν να μας βοηθήσουν να διαπιστώσουμε αν μια χημική ουσία είναι σύνθετη, δηλαδή αν μπορεί να διασπαστεί. Σ' αυτήν την εικόνα (όπως φαίνεται στη σελίδα 48 του σχολικού εγχειριδίου της Χημείας Β' Γυμνασίου) βλέπουμε μια τέτοια συσκευή. Αν βάλουμε μέσα σ' αυτή τη συσκευή νερό, αυτό με τη βοήθεια του ηλεκτρικού ρεύματος διασπάται: μετατρέπεται σε δύο αέρια, που τα συλλέγουμε σ' αυτούς εδώ τους δύο σωλήνες (όπως φαίνεται στην εικόνα).

Για να προσέξουμε λίγο αυτούς τους σωλήνες. Στον πρώτο σωλήνα βλέπουμε ότι ο όγκος του αερίου είναι 500 ml. Στον δεύτερο σωλήνα ο όγκος του αερίου είναι 250 ml. Δηλαδή παρατηρούμε ότι ο όγκος του αερίου στο πρώτο σωλήνα, είναι διπλάσιος από τον όγκο του αερίου στο δεύτερο σωλήνα. Λέμε ότι η αναλογία των όγκων των δύο αερίων είναι 2:1.

Ποια είναι αυτά τα αέρια; Το πρώτο αέριο αν δοκιμάσουμε να το κάψουμε, καίγεται με χαρακτηριστικό κρότο. Αυτό σημαίνει ότι το αέριο αυτό είναι το υδρογόνο.

Το δεύτερο αέριο βοηθά στην καύση οποιουδήποτε καύσιμου υλικού (κερί, κάρβουνο κ.λπ.). Η καύση γίνεται χωρίς κανένα κρότο. Το αέριο αυτό είναι το οξυγόνο.

Το νερό μπορεί να διασπαστεί σε δύο διαφορετικές ουσίες που έχουν διαφορετικές ιδιότητες: στο υδρογόνο και το οξυγόνο. Το νερό είναι σύνθετη ουσία.

Το υδρογόνο αν δοκιμάσουμε να το διασπάσουμε, θα συμπεράνουμε ότι κάτι τέτοιο δεν γίνεται.

Το ίδιο και το οξυγόνο, δεν διασπάται σε άλλες ουσίες.

Το υδρογόνο και το οξυγόνο, είναι απλές ουσίες.

Όταν διασπάται το νερό σχηματίζεται υδρογόνο και οξυγόνο και ο όγκος του πρώτου είναι διπλάσιος από τον όγκο του δεύτερου. Λέμε ότι οι αναλογίες όγκων υδρογόνου και οξυγόνου είναι 2:1. Δηλαδή αν ο όγκος του υδρογόνου είναι 500 ml ο όγκος του οξυγόνου θα είναι 250 ml.

Αν ζυγίσουμε αυτά τα αέρια, το καθένα ξεχωριστά, θα διαπιστώσουμε τα εξής:

Το υδρογόνο ζυγίζει μισό γραμμάριο (0,5g) και το οξυγόνο ζυγίζει 4 γραμμάρια. Διαπιστώνουμε δηλαδή ότι η μάζα του οξυγόνου είναι οκταπλάσια από τη μάζα του υδρογόνου. Με άλλα λόγια η αναλογία μαζών των αερίων υδρογόνο/ οξυγόνο είναι 1/8.

Το οξυγόνο, το υδρογόνο και κάθε άλλη απλή χημική ουσία λέγεται χημικό στοιχείο.

Το νερό και κάθε άλλη σύνθετη χημική ουσία λέγεται χημική ένωση.

Μια χημική ένωση μπορεί να συντεθεί από χημικά στοιχεία.

Το νερό μπορεί να συντεθεί από υδρογόνο και οξυγόνο.

Οι ποσότητες του υδρογόνου και του οξυγόνου που θα χρησιμοποιήσουμε για να συνθέσουμε το νερό, πρέπει να είναι συγκεκριμένες, ή με άλλα λόγια να έχουν μια σταθερή και ορισμένη αναλογία. Για το υδρογόνο και το οξυγόνο από τα οποία συντίθεται το νερό, η αναλογία είναι 1/8 στη μάζα (στα γραμμάρια) και 2/1 στον όγκο (στα मिलीλίτρα).

Ας δούμε μερικά παραδείγματα χημικών ενώσεων. (Γράφτηκε στον πίνακα μια στήλη με ονόματα χημικών ενώσεων: διοξείδιο του άνθρακα, οινόπνευμα, ακετόνη, χλωριούχο νάτριο κ.ά.)

Ας δούμε και μερικά παραδείγματα χημικών στοιχείων. (Γράφτηκε στον πίνακα μια στήλη με ονόματα χημικών στοιχείων: άζωτο, χλώριο, ιώδιο, φώσφορος, άνθρακας, σίδηρος, χαλκός, μόλυβδος, άργυρος, χρυσός, υδράργυρος, ασβέστιο κ.ά.)

Τέλος ας σημειωθεί ότι και τα χημικά στοιχεία χωρίζονται σε δύο υπο-κατηγορίες τα μέταλλα και τα αμέταλλα.

IV) Εμπέδωση

Τα παραδείγματα που χρησιμοποιήθηκαν στο βήμα αυτό, έχουν ως εξής:

- 1) Το νερό διασπάται σε υδρογόνο και οξυγόνο με αναλογίες α) μαζών 1:8 και β) όγκων 2:1. Αναλογία μαζών 1:8 σημαίνει ότι αν διασπαστεί ορισμένη ποσότητα νερού και σχηματιστεί 1 γραμμάριο υδρογόνου, ταυτόχρονα σχηματίζονται 8 γραμμάρια οξυγόνου. Αν διασπαστεί μια άλλη ποσότητα νερού και σχηματιστούν 10 γραμμάρια υδρογόνου, ταυτόχρονα σχηματίζονται 80 γραμμάρια οξυγόνου και ούτω καθ' εξής. Αναλογία όγκων 2:1 σημαίνει ότι αν διασπαστεί ορισμένη ποσότητα νερού και σχηματιστούν 2 ml υδρογόνου, ταυτόχρονα σχηματίζεται 1 ml οξυγόνου. Αν διασπαστεί μια άλλη ποσότητα νερού και σχηματιστούν 20 ml υδρογόνου, ταυτόχρονα σχηματίζονται 10 ml οξυγόνου και ούτω καθ' εξής.
- 2) Η αμμωνία διασπάται σε υδρογόνο και άζωτο με αναλογίες α) μαζών 3:14 και β) όγκων 3:1. Αναλογία μαζών 3:14 σημαίνει ότι αν διασπαστεί ορισμένη ποσότητα αμμωνίας και σχηματιστούν 3 γραμμάρια υδρογόνου, ταυτόχρονα σχηματίζονται 14 γραμμάρια αζώτου. Αν διασπαστεί μια άλλη ποσότητα αμμωνίας και σχηματιστούν 15 (3x5) γραμμάρια υδρογόνου, ταυτόχρονα σχηματίζονται 70 (14x5) γραμμάρια οξυγόνου και ούτω καθ' εξής. Αναλογία όγκων 3:1 σημαίνει ότι αν διασπαστεί ορισμένη ποσότητα αμμωνίας και σχηματιστούν 3 ml υδρογόνου, ταυτόχρονα σχηματίζεται 1 ml αζώτου. Αν διασπαστεί μια άλλη ποσότητα αμμωνίας και σχηματιστούν 20 ml υδρογόνου, ταυτόχρονα σχηματίζονται 60 ml αζώτου και ούτω καθ' εξής.
- 3) Το διοξείδιο του άνθρακα διασπάται σε οξυγόνο και άνθρακα με αναλογία μαζών 8:3. Χρησιμοποιήθηκαν παρόμοια αριθμητικά παραδείγματα.
- 4) Το τριοξείδιο του θείου διασπάται σε θείο και οξυγόνο με αναλογία μαζών 8:9. Χρησιμοποιήθηκαν παρόμοια αριθμητικά παραδείγματα.

V) Αξιολόγηση

Οι εκφωνήσεις των ασκήσεων που χρησιμοποιήθηκαν στο βήμα αυτό έχουν ως εξής:

Η αναλογία μαζών του άνθρακα και του οξυγόνου στο διοξείδιο του άνθρακα είναι 8/3.

Πόσα γραμμάρια άνθρακα χρειάζονται για να αντιδράσουν με 15 γραμμάρια οξυγόνου;

Το υδρογόνο και το άζωτο συνθέτουν την αμμωνία με αναλογία μαζών 3/14. Πόσα γραμμάρια αζώτου χρειάζεται να αντιδράσουν με 18 γραμμάρια υδρογόνου;

Διδακτική παρέμβαση με συμβατική διδασκαλία στη Διδακτική Ενότητα 2.7 «Χημική αντίδραση»

III) Ανάλυση και επεξεργασία εννοιών

Αρχικά αναφέρθηκαν παραδείγματα φυσικών μεταβολών (τήξη πάγου, εξάτμιση οινοπνεύματος, βρασμός νερού και άλλα φαινόμενα αυτής της κατηγορίας όπως η βροχή, το χιόνι, η θραύση αντικειμένου).

Κατόπιν αναφέρθηκαν παραδείγματα μεταβολών όπως η φωτοσύνθεση (γνωστή ως φαινόμενο από μαθήματα προηγούμενων σχολικών τάξεων), η οξείδωση (το σκούριασμα μεταλλικών αντικειμένων), η καύση (υλικών όπως το ξύλο ή το πετρέλαιο), η ηλεκτρόλυση του νερού (που μελετήθηκε στην προηγούμενη Διδακτική Ενότητα 2.6 «Χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις»).

Στη συνέχεια αναζητήθηκαν τυχόν διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες μεταβολών και τονίστηκε ότι: Α) Στις φυσικές μεταβολές η χημική ουσία παραμένει η ίδια, αυτό που αλλάζει είναι – συνήθως - η φυσική κατάσταση. Έτσι στην τήξη του πάγου, για παράδειγμα, το στερεό νερό μετατρέπεται σε υγρό νερό. Β) Στη δεύτερη ομάδα μεταβολών που χαρακτηρίστηκαν χημικές μεταβολές ή χημικές αντιδράσεις, η χημική ουσία δεν παραμένει η ίδια, μετασχηματίζεται σε άλλη ή σε άλλες χημικές ουσίες. Έτσι, για παράδειγμα, στη διάσπαση του νερού το νερό μετασχηματίζεται σε υδρογόνο και οξυγόνο.

Συζητήθηκαν και τα υπόλοιπα παραδείγματα που αναφέρθηκαν παραπάνω και δόθηκε ο ορισμός της χημικής αντίδρασης: *Χημικός μετασχηματισμός ή χημική αντίδραση ονομάζεται κάθε μεταβολή στην οποία σχηματίζεται τουλάχιστον μία νέα ουσία, η οποία δεν υπήρχε στην αρχή. Σε κάθε χημική αντίδραση έχουμε κάποιες χημικές ουσίες στην αρχή που ονομάζονται αντιδρώντα. Αυτές μετασχηματίζονται σε άλλες ουσίες που προκύπτουν στο τέλος και ονομάζονται προϊόντα.*

Κατόπιν τα διάφορα παραδείγματα χημικών αντιδράσεων (όπως φωτοσύνθεση, ανάφλεξη μαγνησίου κ.ά.) ταξινομήθηκαν σε τρίστηλο πίνακα όπως φαίνεται παρακάτω:

Πίνακας ταξινόμησης χημικών αντιδράσεων

Όνομα αντίδρασης	Αντιδρώντα	Προϊόντα
φωτοσύνθεση	Νερό + διοξείδιο του άνθρακα	Γλυκόζη + οξυγόνο
Ηλεκτρόλυση νερού	νερό	Υδρογόνο + οξυγόνο
Καύση άνθρακα	Άνθρακας + οξυγόνο	Διοξείδιο του άνθρακα
ανάφλεξη μαγνησίου	μαγνήσιο + οξυγόνο	Οξείδιο του μαγνησίου

Στη συνέχεια, το τελευταίο παράδειγμα του πίνακα που περιελάμβανε την ανάφλεξη του μαγνησίου, περιγράφηκε αναλυτικά (Αβραμιώτης κ. συν., 2007α).

Τέλος έγινε η μελέτη της αρχής διατήρησης της μάζας - που ισχύει κατά τη διάρκεια της έκβασης μιας χημικής αντίδρασης - με τα παρακάτω αριθμητικά παραδείγματα:

Παραδείγματα για τη μελέτη της αρχής διατήρησης της μάζας

1^ο παράδειγμα

74 γραμμάρια διαλύματος νιτρικού μολύβδου αντιδρούν με 67 γραμμάρια διαλύματος ιωδιούχου καλίου και παράγεται διάλυμα ιωδιούχου μολύβδου το οποίο διαπιστώνουμε ότι ζυγίζει 141 γραμμάρια. Δηλαδή το προϊόν ζυγίζει όσο και το άθροισμα των αντιδρώντων ($74\text{γρ.} + 67\text{γρ.} = 141\text{γρ.}$).

2^ο παράδειγμα

Το μαγνήσιο αντιδρά με το οξυγόνο, αναφλέγεται και σχηματίζει οξείδιο του μαγνησίου. 24 γραμμάρια μαγνησίου αντιδρούν με 32 γραμμάρια οξυγόνου και σχηματίζονται 56 γραμμάρια οξειδίου του μαγνησίου.

3^ο παράδειγμα

Η αναλογία μαζών του άνθρακα και του οξυγόνου στο διοξείδιο του άνθρακα είναι 8/3. Αν διασπαστούν 44 γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα, πόσα γραμμάρια οξυγόνου και πόσα γραμμάρια άνθρακα σχηματίζονται;

4^ο παράδειγμα

Κατά τη φωτοσύνθεση αντιδρούν 264 γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα με 108 γραμμάρια νερού και σχηματίζονται 192 γραμμάρια οξυγόνου και ορισμένη ποσότητα γλυκόζης. Να υπολογιστούν τα γραμμάρια της γλυκόζης που σχηματίστηκαν.

IV Εμπέδωση

Οι ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στη φάση αυτή ήταν του τύπου:

- *Πότε μια μεταβολή λέγεται φυσική και πότε χημική;*
- *Τι είναι η χημική αντίδραση;*
- *Ποιες ουσίες λέμε αντιδρώντα και ποιες προϊόντα σε μια χημική αντίδραση;*
- *Τι λέει η αρχή διατήρησης της μάζας για τη χημική αντίδραση;*

Οι ασκήσεις που μελετήθηκαν στη φάση αυτή ήταν:

A) αντιδράσεις παρόμοιες με αυτές που πίνακα της προηγούμενης φάσης (ανάλυση και επεξεργασία εννοιών) όπως για παράδειγμα: Το άζωτο ενώνεται με το υδρογόνο και συνθέτουν αμμωνία. Ποια είναι τα αντιδρώντα και ποια τα προϊόντα αυτής της αντίδρασης;

B) ασκήσεις που στηρίζονται στην αρχή διατήρησης της μάζας παρόμοια με τα αντίστοιχα παραδείγματα της προηγούμενης φάσης (ανάλυση και επεξεργασία εννοιών).

V Αξιολόγηση

Παραδείγματα και ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στο στάδιο αυτό:

1^ο παράδειγμα:

Αντιδρούν έξι γραμμάρια άνθρακα και δεκαέξι γραμμάρια οξυγόνου οπότε σχηματίζονται ορισμένα γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα. Πόσα είναι αυτά;

2^ο παράδειγμα:

Αν διασπαστούν 90 γραμμάρια νερού, πόσα γραμμάρια οξυγόνου και πόσα γραμμάρια υδρογόνου σχηματίζονται; (Είναι γνωστό ότι η αναλογία μαζών υδρογόνου και οξυγόνου στο νερό είναι 1/8).

Οι τρεις σχετικές ασκήσεις από την αντίστοιχη ενότητα «χημικές αντιδράσεις», από το τετράδιο εργασιών, οι οποίες λύθηκαν στον πίνακα παρατίθενται παρακάτω.

A) Το θείο που περιέχεται στα καύσιμα, όταν καίγεται παράγεται διοξείδιο του θείου. Αυτό αντιδρά με το οξυγόνο και σχηματίζεται τριοξείδιο του θείου. Όταν βρέχει το τριοξείδιο του θείου αντιδρά με το νερό και μετατρέπεται σε θειικό οξύ. Η βροχή που περιέχει θειικό οξύ λέγεται όξινη βροχή. Στο παραπάνω κείμενο σημείωσε ποιες αντιδράσεις πραγματοποιούνται και αναγνώρισε τα αντιδρώντα και τα προϊόντα.

B) Όταν θερμαίνεται ο ανθρακικός χαλκός διασπάται και σχηματίζονται οξείδιο του χαλκού και διοξείδιο του άνθρακα, που είναι αέριο. Ένας μαθητής ζύγισε 30,9 γραμμάρια ανθρακικό χαλκό και στη συνέχεια τα θέρμανε μέσα σε μια κάψα πορσελάνης (ειδικό δοχείο). Αφού ολοκληρώθηκε η διάσπαση ζύγισε το στερεό οξείδιο του χαλκού που σχηματίστηκε και το βρήκε 19,9 γραμμάρια. Πόσα γραμμάρια είναι η μάζα του αερίου διοξειδίου του άνθρακα που επίσης σχηματίστηκε από τη διάσπαση αυτή;

Γ) Όταν καίγονται 2,4 γραμμάρια μαγνησίου σχηματίζονται 4 γραμμάρια οξειδίου του μαγνησίου. Υπολόγισε σε ποια αναλογία μαζών ενώνονται το μαγνήσιο και το οξυγόνο στο οξείδιο του μαγνησίου.

Διδακτική παρέμβαση με συμβατική διδασκαλία στη Διδακτική Ενότητα 2.8 «Άτομα Μόρια»

III) Ανάλυση και επεξεργασία εννοιών

Έγινε αρχικά μια ιστορική αναδρομή της ατομικής θεωρίας. Παρατέθηκαν οι απόψεις των αρχαίων ελλήνων φιλοσόφων σχετικά με τη δομή της ύλης με έμφαση στη θεωρία των Λεύκιππου και Δημόκριτου για τους «ατόμους». Στα δεδομένα αυτά αντιπαρατέθηκαν οι ενέργειες του Dalton που οδήγησαν στην πειραματική επαλήθευση της ύπαρξης των ατόμων.

Κατόπιν έγινε αναφορά στα διαφορετικά χημικά στοιχεία και επομένως στα διαφορετικά είδη ατόμων που υπάρχουν. Συζητήθηκε ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να συνδυαστούν και να ενωθούν τα άτομα αυτά ώστε να προκύψουν μόρια. Καταγράφηκαν τα διαφορετικά είδη ατόμων (όσα και τα γνωστά διαφορετικά χημικά

στοιχεία) καθώς και τα δύο είδη μορίων δηλαδή αυτά των χημικών στοιχείων και αυτά των χημικών ενώσεων.

Ακολουθως αναζητήθηκαν τρόποι περιγραφής, σχεδιασμού, απεικόνισης, αναπαράστασης των σωματιδίων που χαρακτηρίστηκαν «άτομα» και «μόρια». Εξηγήθηκε τι είναι και πώς χρησιμοποιούνται τα προσομοιώματα ατόμων. Στη συνέχεια έγινε η περιγραφή χημικής αντίδρασης σε μοριακό επίπεδο με τη χρήση προσομοιωμάτων τόσο στο επίπεδο (χρωματιστοί κύκλοι) όσο και στο χώρο (χρωματιστά σφαιρίδια). Ως παράδειγμα χρησιμοποιήθηκε η αντίδραση «διάσπαση του νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο».

Καταγράφηκαν οι μοριακοί τύποι βασικών χημικών στοιχείων (όπως του σιδήρου, ασβεστίου αλλά και υδρογόνου, αζώτου, θείου κ.λπ.) και συνηθισμένων χημικών ενώσεων (όπως νερό, διοξείδιο του άνθρακα, αμμωνία, οινόπνευμα, μεθάνιο, τριοξείδιο του θείου κ.λπ.).

Μετρήθηκε – κάθε φορά – ο αριθμός των ατόμων που συμμετέχουν στο σχηματισμό του μορίου (για τα χημικά στοιχεία). Μετρήθηκε το είδος και ο αριθμός των ατόμων κάθε είδους χημικού στοιχείου που συμμετέχουν στο σχηματισμό μορίου (για τις χημικές ενώσεις). Αναφέρθηκε ότι ο αριθμός αυτός ονομάζεται δείκτης και εκφράζει την ατομικότητα στα μόρια των χημικών στοιχείων και την αναλογία με την οποία συμμετέχει το άτομο κάθε είδους χημικού στοιχείου στο μόριο χημικής ένωσης.

IV) Εμπέδωση

Τα παραδείγματα διαφόρων ειδών μορίων που δόθηκαν ήταν σχεδιασμένα με τη μορφή προσομοιωμάτων και ζητήθηκε από τους μαθητές να αναγνωριστεί και να ταυτοποιηθεί το καθένα ως μόριο χημικού στοιχείου ή χημικής ένωσης. Στη δεύτερη περίπτωση (μόριο χημικής ένωσης) ζητήθηκε επίσης να εντοπιστεί το είδος, καθώς και ο αριθμός των ατόμων από το κάθε είδος, που απαρτίζουν το μόριο.

Έπειτα δόθηκαν στους μαθητές προβλήματα όπου καλούνταν με τη χρήση προσομοιωμάτων να περιγράψουν απλές χημικές αντιδράσεις:

- καύση του άνθρακα με οξυγόνο προς σχηματισμό διοξειδίου του άνθρακα
- διάσπαση της αμμωνίας σε άζωτο και υδρογόνο
- σύνθεση υδροχλωρίου από υδρογόνο και χλώριο

- σύνθεση υδροϊωδίου από ιώδιο και υδρογόνο

Κατόπιν δόθηκαν προς επίλυση μικρά προβλήματα με τα παρακάτω μόρια χημικών ενώσεων: μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα, υδροχλώριο, υδροϊώδιο, μεθάνιο, οξείδιο του αζώτου, οξείδιο του θείου, οξείδιο του σιδήρου και οξείδιο του χαλκού. Τα ερωτήματα αναφέρονταν στο είδος των ατόμων και τον αριθμό των ατόμων κάθε είδους στο μόριο της ένωσης καθώς και στον υπολογισμό της αναλογίας των ατόμων στο μόριο χημικής ένωσης από τον μοριακό τύπο.

V) Αξιολόγηση

Χρησιμοποιήθηκαν προφορικές ερωτήσεις του τύπου:

- Τι είναι το άτομο και τι το μόριο;
- Ποια είδη ατόμων και μορίων γνωρίζετε;
- Τι είναι τα προσομοιώματα και σε τι μας χρησιμεύουν;
- Πώς μπορούμε να περιγράψουμε μια χημική αντίδραση με τη χρήση προσομοιωμάτων;

Έγινε στον πίνακα επίλυση των εξής προβλημάτων

A) Να αναπαρασταθούν με προσομοιώματα τα μόρια

- της αιθανόλης
- της γλυκόζης
- της ακετόνης

B) Να περιγραφούν με προσομοιώματα οι παρακάτω χημικές αντιδράσεις:

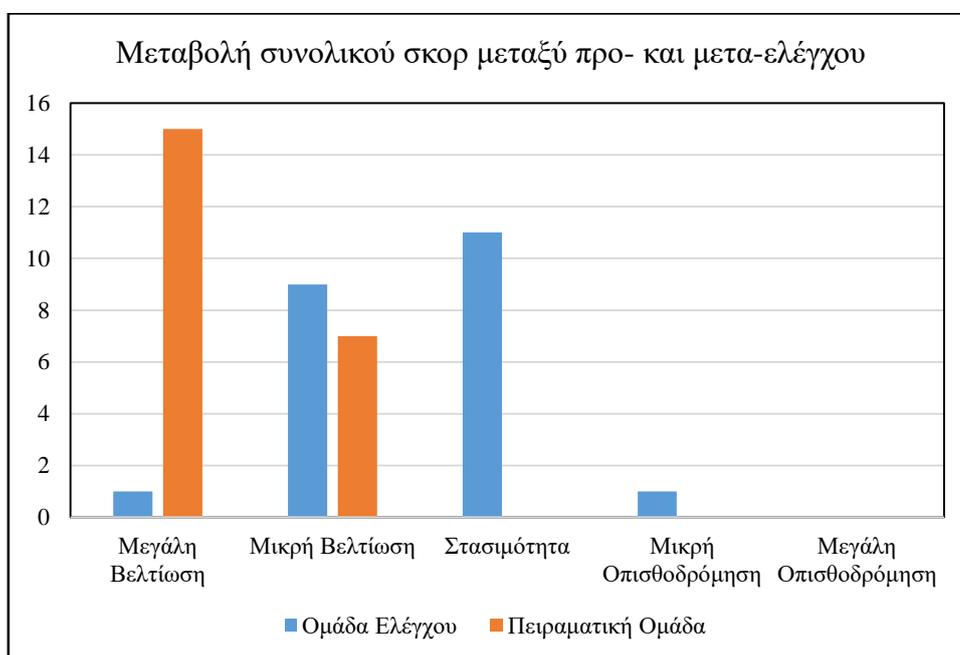
- καύση θείου με οξυγόνο
- καύση αζώτου με οξυγόνο
- σύνθεση μεθανίου από άνθρακα και υδρογόνο

Παράρτημα IV

Μεταβολές στις συνολικές επιδόσεις της Πειραματικής Ομάδας και της Ομάδας Ελέγχου

Πίνακας μεταβολής συνολικού σκορ των ομάδων του δείγματος μεταξύ προ- και μετα-ελέγχου.

	Μεγάλη Βελτίωση	Μικρή Βελτίωση	Στασιμότητα	Μικρή Οπισθοδρόμηση	Μεγάλη Οπισθοδρόμηση
Ομάδα Ελέγχου	1	9	11	1	0
Πειραματική Ομάδα	15	7	0	0	0



Υπόμνημα όρων:

- α) Μεγάλη Βελτίωση: αύξηση του σκορ στον μεταέλεγχο άνω του 30%
- β) Μικρή Βελτίωση: αύξηση του σκορ στον μεταέλεγχο μεταξύ 10 και 30%
- γ) Στασιμότητα: μεταβολή του σκορ στον μεταέλεγχο +/- 10%
- δ) Μικρή Οπισθοδρόμηση: ελάττωση του σκορ στον μεταέλεγχο μεταξύ 10 και 30%
- ε) Μεγάλη Οπισθοδρόμηση: ελάττωση του σκορ στον μεταέλεγχο άνω του 30%