

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ
ΤΟΥ ΜΟΡΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ ΣΤΗ Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ:
ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΝΟΗΜΑΤΙΚΗ
ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Γ. ΚΟΛΙΟΥΛΗΣ

ΧΗΜΙΚΟΣ, Msc

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το επιστημονικό μου ενδιαφέρον για ενασχόληση με τη Διδακτική της Χημείας με οδήγησε σε μια πρώτη γνωριμία με τον κ. Τσαπαρλή η οποία ξεκινά από το φθινόπωρο του 2002. Έκτοτε, ξεκίνησε κοντά του μια γόνιμη περίοδος μαθητείας και συνεργασίας, πρώτος καρπός της οποίας υπήρξε η εκπόνηση μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης κατά το χρονικό διάστημα 2003-2005. Στη συνέχεια, η περίοδος αυτή επεκτάθηκε μέχρι σήμερα με την εκπόνηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Με την ολοκλήρωση της όλης προσπάθειας και τη συγγραφή της διατριβής αυτής, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Καθηγητή κ. Τσαπαρλή, ο οποίος αποτέλεσε για μένα μια «αστείουτητη πηγή» γνώσεων, πολύτιμης βοήθειας, αγαστής συνεργασίας όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Πολλοί είναι εκείνοι που στα χρόνια αυτά με βοήθησαν και μου συμπαραστάθηκαν με διάφορους τρόπους και τους ευχαριστώ όλους.

Ιδιαίτερα όμως νιώθω την ανάγκη να πω ευχαριστώ:

Στα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής Επίκουρη Καθηγήτρια Αναλυτικής Χημείας του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων κ. Κονιδάρη Κωνσταντίνα και Επίκουρη Καθηγήτρια της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων κ. Πλακίση Αικατερίνη οι παρατηρήσεις και τα σχόλια των οποίων μου ήταν ιδιαίτερα χρήσιμες στην ολοκλήρωση της ερευνητικής μου προσπάθειας.

Στους χημικούς, καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης Δρα Παπαφώτη Γεώργιο, Ζηκοβέλη Βασίλη (Msc), για τις επισημάνσεις και παρατηρήσεις τους κατά τη διαμόρφωση του ερωτηματολογίου της έρευνας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη Δρα Γεωργούση Κυριακή, φυσικό-Σχολική Σύμβουλο Φυσικών Επιστημών Άρτας, Πρέβεζας και Θεσπρωτίας κατά το χρονικό διάστημα διεξαγωγής της έρευνας για τη συμβολή της στην υλοποίηση της δοκιμαστικής έρευνας σε μαθητές Γ' Γυμνασίου, έρευνα η οποία συνέβαλε στη διαμόρφωση της τελικής μορφής του ερωτηματολογίου της έρευνας.

Στους καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης κ.κ Μποκογιάννη Χρυσόστομο, Σπάχο Ιωάννη, Κλίση Μαρίνα, Ίσσαρη Άννα και Μπουλουξή Αριστέα τόσο για τις χρήσιμες απόψεις τους όσον αφορά στην αξιολόγηση του πειραματικού διδακτικού υλικού, όσο και για τη διεξαγωγή της έρευνας στα σχολεία τους. Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους ανεξαιρέτως τους μαθητές της Β' Γυμνασίου των σχολείων που συμμετείχαν στην έρευνα.

Στη χημικό κ. Παππά Ελένη, κάτοχο Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και υποψήφια διδάκτορα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, για τη συμβολή της στη διαμόρφωση του κεφαλαίου της μεθοδικής αξιολόγησης των ερωτήσεων του πειραματικού διδακτικού υλικού.

Στην εκπαιδευτικό, Δρα Νταλαούτη Παρασκευή για τη συμβολή της στη βιβλιογραφική μου ενημέρωση σε θέματα σχετικά με τη δομή της ύλης μέσω της διδακτορικής της διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω ιδιαίτερα το Δρα Καμπουράκη Κωνσταντίνο, φυσικό-Διευθυντή του 2^{ου} Ενιαίου λυκείου Φιλιππιάδας, για την ουσιαστική συμβολή του στην στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων της έρευνας, διαδικασία ιδιαίτερα χρονοβόρα και απαιτητική.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου διότι η εκπόνηση της διατριβής αυτής πραγματοποιήθηκε σε μια δύσκολη περίοδο της ζωής μου και η ολοκλήρωσή της οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στην αμέριστη συμπαράσταση και στήριξή τους.

Η διατριβή αυτή αφιερώνεται στους γονείς μου Γιώργο και Ελευθερία Κολιούλη

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Τσαπαρλής Γεώργιος, Καθηγητής Τμήματος Χημείας Πανεπιστημίου Ιωαννίνων,
επιβλέπων καθηγητής

Κονιδάρη Κωνσταντίνα, Επίκουρη Καθηγήτρια Αναλυτικής Χημείας Πανεπιστημίου
Ιωαννίνων

Πλακίτση Αικατερίνη, Επίκουρη Καθηγήτρια Διδακτικής Φυσικών Επιστημών
Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	3
1.1 Η διδακτική της Χημείας	3
1.2 Γιατί να διδασκόμαστε διδακτική της Χημείας	4
1.3 Οι έρευνες στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών	5
1.4 Αντικειμενικοί στόχοι της διδακτικής της Χημείας	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΙ ΘΕΩΡΙΕΣ ΤΟΥ PIAGET ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗ ΝΟΗΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΓΥΜΝΑΣΙΑΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ	9
2.1 Εισαγωγή	9
2.2 Θεωρία του Piaget για την οικοδόμηση της γνώσης	9
2.2.1 Ερευνητική μελέτη της εφαρμογής της θεωρίας της οικοδόμησης της γνώσης του Piaget στην Παιδαγωγική	11
2.3 Θεωρία του Piaget για τη νοητική ανάπτυξη	12
2.3.1 Ερευνητική μελέτη της εφαρμογής της θεωρίας της νοητικής ανάπτυξης του Piaget στην Παιδαγωγική	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ	21
3.1 Αρχές και θεωρίες μάθησης	21
3.2 Εποικοδομισμός	24
3.3 Οι απόψεις για τη μάθηση του J. BRUNER	27
3.4 Εναλλακτικές ιδέες	28
3.5 Εννοιολογική αλλαγή	29
3.6 Το μοντέλο διδασκαλίας του A.H JOHNSTONE	32
3.7 Ποιοτική και ποσοτική έρευνα	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Η ΜΟΡΙΑΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΥΛΗΣ	39
4.1 Διδακτικές προσεγγίσεις της σωματιδιακής δομής της ύλης και προτάσεις	39

4.2 Η οπτικοποίηση της σωματιδιακής συμπεριφοράς	47
4.3 Η κατηγοριοποίηση των αντιλήψεων των παιδιών για την ύλη, τις μεταβολές της και τη δομή της	52
4.4 Σύνοψη ερευνητικών δεδομένων για τα φαινόμενα που σχετίζονται με τη δομή της ύλης	60
4.4.1 Η ύλη	60
4.4.2 Καταστάσεις της ύλης	61
4.4.3 Θερμική διαστολή	65
4.4.4 Διάλυση	66
4.4.5 Αλλαγή κατάστασης	72
4.4.6 Διατήρηση ύλης	75
4.5 Η έννοια της χημικής ουσίας	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Η ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΕΥΝΑ	83
5.1 Η προβληματική της παρούσας έρευνας	83
5.2 Η πρόταση Garafalo: Καθυστερώντας την εισαγωγή των μορίων και των ατόμων	92
5.3 Η ταυτότητα της έρευνας	96
5.3.1 Συνοπτική παρουσίαση του πειραματικού διδακτικού υλικού Χημείας Β΄ Γυμνασίου	96
5.3.2 Αρχική αξιολόγηση του πειραματικού υλικού από εκπαιδευτικούς	99
5.3.3 Η μέθοδος της έρευνας	111
5.3.4 Το ερωτηματολόγιο της έρευνας	112
5.4 Αξιοπιστία βαθμολογικού σχήματος	113
5.5 Πειραματικά δεδομένα για τις επιμέρους ερωτήσεις στο σύνολο των σχολείων	114
Παράρτημα Α: Αρχικό ερωτηματολόγιο	115
Παράρτημα Β: Το ερωτηματολόγιο έπειτα από την εκπαιδευτική παρέμβαση	118
Παράρτημα Γ: Δοκιμαστική έρευνα	121
Παράρτημα Δ: Τελικό ερωτηματολόγιο	124
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ Ι: ΟΙ ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΑ ΔΥΟ ΣΧΟΛΙΚΑ ΕΤΗ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	127
6.1 Ποιοτικές συγκρίσεις των επιδόσεων των μαθητών	127
6.2 Στατιστική επεξεργασία των συνολικών βαθμολογιών των μαθητών στο αρχικό	

και τελικό τεστ κάθε σχολείου χωριστά κατά το σχολικό έτος 2006-2007	130
6.3 Στατιστική επεξεργασία των συνολικών βαθμολογιών των μαθητών στο αρχικό και τελικό τεστ κάθε σχολείου χωριστά κατά το σχολικό έτος 2007-2008	133
6.4 Στατιστική επεξεργασία των συνολικών βαθμολογιών των μαθητών του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα υπόλοιπα Γυμνάσια στο αρχικό και τελικό τεστ κατά το σχολικό έτος 2006-2007	136
6.5 Στατιστική επεξεργασία των συνολικών βαθμολογιών των μαθητών των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό και τελικό τεστ κατά το σχολικό έτος 2006-2007	139
6.6 Στατιστική επεξεργασία των συνολικών βαθμολογιών των μαθητών κάθε Γυμνασίου χωριστά και των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό και τελικό τεστ για τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007 & 2007-2008)	142
6.7 Στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA των συνολικών βαθμολογιών των μαθητών των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό και τελικό τεστ για τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007 & 2007-2008)	145
6.8 Συμπεράσματα	149
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ II: ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ	151
7.1 Διαχωρισμός των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου σε κατηγορίες (Principal Component Analysis)	151
7.2 Στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών των μαθητών στις δύο ομάδες ερωτήσεων στο αρχικό και τελικό τεστ όλων των Γυμνασίων συνολικά κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007 & 2007-2008)	154
7.3 Συμπεράσματα	160
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ III: ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	163
8.1 Στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά στο αρχικό και τελικό τεστ στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας κατά το σχολικό έτος 2006-2007	163
8.2 Στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά στο αρχικό και τελικό τεστ στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας κατά το σχολικό	

έτος 2007-2008	171
8.3 Στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό τεστ κατά το σχολικό έτος 2006-2007	179
8.4 Στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό και τελικό τεστ κατά το σχολικό έτος 2007-2008	185
8.5 Στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο τελικό τεστ	191
8.6 Συμπεράσματα	197

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

9.1 Αναλυτική παρουσίαση και σχολιασμός αποτελεσμάτων στις επιμέρους ερωτήσεις στο αρχικό τεστ (pre test) και για τα δύο σχολικά έτη της έρευνας (2006-07 & 2007-08)	199
9.2 Αναλυτική παρουσίαση και σχολιασμός αποτελεσμάτων στις επιμέρους ερωτήσεις στο τελικό τεστ (post test)	212
9.3 Στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA των βαθμολογιών των μαθητών στο μακροσκοπικό και μικροσκοπικό σκέλος της ερώτησης 3 των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό τεστ κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας και στο τελικό τεστ	223
9.4. Υπολογισμός δεικτών διάκρισης στην ερώτηση 1 στο τελικό τεστ	226

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΜΕΘΟΔΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

A. Εισαγωγή	229
B. Θεωρητικό μέρος	230
1. Τα είδη των ερωτήσεων	230
2. Είδη ερωτήσεων στα σχολικά βιβλία	239
3. Σχέσεις Ερωτήσεων και Απαντήσεων και οι νοητικές διεργασίες που ενεργοποιούν	241

Γ. Μέθοδος ερευνητικής εργασίας	244
Δ. Αξιολόγηση	245
1. Μεθοδολογία-Ευρήματα	245
Ε. Γραφήματα αξιολόγησης	253
1. Ποσοτική σύγκριση % ερωτήσεων δηλωτικής με διαδικαστικής γνώσης για της δύο κατηγορίες ερωτήσεων	253
2. Ποσοτική σύγκριση ερωτήσεων δηλωτικής γνώσης βασικού επιπέδου και ανώτερου επιπέδου	254
3. Αναλυτική αξιολόγηση κάθε ενότητας	255
4. Αξιολογικό γράφημα για το σύνολο του πειραματικού διδακτικού υλικού της Χημείας.	262
5. Παράθεση γραφήματος αξιολόγησης του σχολικού εγχειριδίου της Χημείας Β΄ Γυμνασίου και σύγκριση αυτού με το πειραματικό διδακτικό υλικό της Χημείας	263
6. Σύγκριση σχολικού εγχειριδίου Β΄ Γυμνασίου Χημείας και πειραματικού διδακτικού υλικού	263
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	265
11.1. Ποιοτικές συγκρίσεις των συνολικών βαθμολογιών	265
11.2. Στατιστική επεξεργασία των συνολικών βαθμολογιών	266
11.3. Διαχωρισμός των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου σε ομάδες και στατιστική επεξεργασία των ομάδων αυτών	268
11.4. Στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά στο αρχικό και τελικό τεστ στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας κατά το σχολικό έτος 2006-2007 & 2007-2008	269
11.5. Ποιοτική ανάλυση κάθε ερώτησης χωριστά στο αρχικό και τελικό τεστ στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας	270
11.6. Αξιολόγηση του πειραματικού διδακτικού υλικού	274
11.7. Τελικά σχόλια και παρατηρήσεις	275
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	279
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	309
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΜΟΡΙΟΥ ΣΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΙ ΥΓΡΑ- ΑΕΙΚΙΝΗΤΑ ΜΟΡΙΑ- ΤΑ ΜΟΡΙΑ ΣΤΑ ΑΕΡΙΑ	313

**Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ- Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΜΟΛ- Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ
ΧΗΜΙΚΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ**

,

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα έρευνα διδάχθηκαν (με άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου) σε πειραματική διδασκαλία τα τρία μαθήματα τα σχετικά με την έννοια του μορίου από ένα νέο πειραματικό διδακτικό υλικό (βιβλίο) χημείας για τη β' τάξη του γυμνασίου. Μολονότι ζητήθηκε άδεια από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο και για τη διδασκαλία της έννοιας του ατόμου μέσω των αντίστοιχων μαθημάτων, η άδεια αυτή δεν χορηγήθηκε τελικά για τα ίδια σχολεία λόγω έλλειψης διδακτικού χρόνου.

Το υλικό στοχεύει στην ενθάρρυνση της εποικοδομητικής διδασκαλίας και της εννοιολογικής νοηματικής μάθησης. Σκοπός μας ήταν να ελέγξουμε το αν το πειραματικό διδακτικό υλικό μπορεί να συμβάλει στο να δομηθεί από τους μαθητές νοηματικά και εποικοδομητικά η έννοια και οι ιδιότητες του μορίου. Η εφαρμογή έγινε από τέσσερις έμπειρους εκπαιδευτικούς σε τέσσερα δημόσια γυμνάσια, ένα πειραματικό (σχολείο υψηλών επιδόσεων των μαθητών) και τρία άλλα αστικά, δύο συνεχόμενες σχολικές χρονιές (2006-07 και 2007-08). Οι μαθητές απάντησαν στο ίδιο τεστ δύο φορές, πριν και μετά από την πειραματική διδασκαλία. Μεθοδολογικά η μέθοδος που εφαρμόστηκε είναι αυτή της *εξέτασης και επανεξέτασης* (test – retest method).

Βρέθηκε ότι οι επιδόσεις των μαθητών βελτιώθηκαν σημαντικά (και στατιστικά σημαντικά) σε όλα τα σχολεία αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση μέσω του πειραματικού διδακτικού υλικού και ήταν παρόμοιες τις δύο σχολικές χρονιές. Το πειραματικό γυμνάσιο σημείωσε αρκετά υψηλότερες επιδόσεις τόσο στο αρχικό όσο και τελικό τεστ, ενώ τα άλλα τρία σχολεία είχαν παρόμοιες μεταξύ τους επιδόσεις. Τέλος, αξιοσημείωτο είναι ότι τη δεύτερη σχολική χρονιά χρησιμοποιήθηκε το νέο σχολικό εγχειρίδιο χημείας β' γυμνασίου, αλλά δεν παρατηρήθηκαν διαφορές σε σχέση με το προηγούμενο σχολικό εγχειρίδιο. Διαφαίνεται λοιπόν, ότι και η νέα προσπάθεια προσέγγισης της έννοιας του μορίου μέσω του νέου σχολικού εγχειριδίου (τρέχον) δεν βοηθά τους μαθητές να άρουν τις δυσκολίες-παρανοήσεις που προκύπτουν από την προσέγγιση επιστημονικών θεμάτων όπως η δομή της ύλης.

Συμπερασματικά, είναι πολύ πιθανό ότι η εποικοδομητική προσέγγιση της έννοιας του μορίου, όπως αυτή δομείται στο πειραματικό διδακτικό υλικό, βελτίωσε σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών της β' τάξης του γυμνασίου στην επαφή τους με θέματα δομής της ύλης. Ουσιαστικά, οι μαθητές βοηθούνται να ξεπεράσουν κάποιες εννοιολογικές δυσκολίες όταν επιχειρούν να κατανοήσουν χημικές έννοιες όπως η έννοια του μορίου, όταν δηλαδή προσπαθούν να μεταβούν νοητικά από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο της ύλης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

1.1. Η Διδακτική της Χημείας

Απαραίτητη προϋπόθεση στον σχεδιασμό της διδασκαλίας ενός μαθήματος είναι ο καθορισμός των σκοπών ή στόχων των οποίων επιδιώκεται η επίτευξη με την διδασκαλία.

Το χαρακτηριστικό των γενικών σκοπών είναι η ασάφεια και η γενικότητά τους ή και η αοριστία τους και η έλλειψη ακριβείας και ενέργειας.

Οι έκδηλοι ή συγκεκριμένοι σκοποί είναι άμεσα παρατηρήσιμοι και ελεγχόμενοι, εκδηλούμενοι ως συγκεκριμένο θετικό ή αρνητικό αποτέλεσμα στην επίδοση των μαθητών. Με αυτούς, ο διδάσκων προσδιορίζει επακριβώς σε ποια ερωτήματα θα πρέπει να μπορούν να δίνουν απάντηση οι μαθητές, τι αναμένει από αυτούς να ξέρουν και να μπορούν να επιτύχουν στο τέλος ενός μαθήματος ή μιας ολόκληρης σειράς μαθημάτων.

Είναι προφανώς απαραίτητο να ξεκαθαριστεί εξ αρχής τι είναι ή τι μπορεί να είναι η Διδακτική της Χημείας, ώστε να γίνει σαφές το τι θα καλυφθεί στα μαθήματα αυτά.

Η απλούστερη και ίσως πιο επείγουσα μορφή Ειδικής Διδακτικής είναι ένας κατάλογος οδηγιών, διευκρινήσεων, επεξηγήσεων, επεκτάσεων, προτάσεων για την συστηματική διδασκαλία καθενός μαθήματος. Με άλλα λόγια, είναι αυτό που τώρα πια άρχισε να διαδίδεται και στον τόπο μας, το «Βιβλίο του Εκπαιδευτικού», το οποίο πρέπει να συνοδεύει κάθε μάθημα, κάθε σχολικό βιβλίο.

Σε ένα δεύτερο επίπεδο, ως Ειδική Διδακτική θεωρούμε την παρουσίαση και μελέτη των θεωριών και απόψεων για την διδασκαλία των διαφόρων κεφαλαίων του γνωστικού αντικείμενου, μιας και το καθένα έχει τις ιδιαιτερότητές του.

Σε ένα τρίτο επίπεδο, μπορούμε να δεχθούμε ότι η Ειδική Διδακτική συνίσταται στην εφαρμογή των σύγχρονων αρχών της Ψυχοπαιδαγωγικής για την νοηματική ανάπτυξη, την διδασκαλία και την μάθηση στο επιμέρους γνωστικό αντικείμενο της διδασκαλίας.

Τέλος, σε ένα τέταρτο και υψηλότερο επίπεδο, η Διδακτική ενδιαφέρεται για τον σχεδιασμό των αναλυτικών προγραμμάτων, τον καθορισμό των γενικών και των επιμέρους αντικειμενικών στόχων της διδασκαλίας, την συγγραφή των διδακτικών βιβλίων και την επιλογή των λοιπών εκπαιδευτικών μέσων (πειράματα, διαφάνειες, ηλεκτρονικοί υπολογιστές κ.λ.π.). (Στις αρμοδιότητες της Διδακτικής εμπίπτει και ο σχεδιασμός των εκπαιδευτικών εργαστηρίων.) (Τσαπαρλής, 1991a)

Η «Χημεία του δασκάλου» τοποθετείται μεταξύ της «Χημείας του χημικού» και της «Χημείας του μαθητή».

Ο δάσκαλος της χημείας είναι αυτός που οφείλει να δημιουργήσει τις διδακτικές καταστάσεις, ώστε να περάσει τις χημικές έννοιες με τον κατάλληλο τρόπο στο μαθητή, χωρίς να προδώσει την επιστήμη, και να μυήσει τον αμύητο μαθητή στις επιστημονικές αλήθειες. Ο δάσκαλος οφείλει να κατέχει άριστα:

- α) *την επιστήμη που θα διδάξει*
- β) *τους διδακτικούς τρόπους της προσέγγισης των εννοιών γνωρίζοντας τους μηχανισμούς της μάθησης, δηλαδή τις διεργασίες που γίνονται στο μυαλό του μαθητή, και τη διαχείριση της σκέψης (θεωρίες μάθησης)*
- γ) *τις νοητικές δυνατότητες του υποκειμένου της μάθησης, ανάλογα με τη βιολογική ηλικία και τη νοητική του ωριμότητα.*

Τόσο στη χημεία όσο και στις άλλες φυσικές επιστήμες οι διδάσκοντες συναντούν μεγάλες δυσκολίες στη διδασκαλία τους όπως και οι μαθητές στην εκμάθησή τους. Αυτό αποτελεί ένα ισχυρό και αποδεκτό από όλους κίνητρο για έρευνα στη διδακτική των φυσικών επιστημών. Εξάλλου οι κοινωνικές απαιτήσεις, που επικυρώνουν τις διδακτικές πράξεις αποσκοπώντας στην οικειοποίηση της γνώσης και στη μετάγχιση των επιστημονικών γνώσεων, αποτελούν ένα δεύτερο ενδιαφέρον σημείο για τη διδακτική έρευνα. (Γεωργιάδου, 1988)

1.2. Γιατί να διδασκόμαστε Διδακτική της Χημείας

Είναι ευρέως διαδεδομένο ότι για να είναι κανείς καλός δάσκαλος, αρκεί καταρχήν να κατέχει καλά το προς διδασκαλία γνωστικό αντικείμενο. Περαιτέρω, η διαίσθηση και η πείρα θεωρούνται ως οδηγοί για το καλό μάθημα. Κατ' ακολουθίαν, θεωρείται απλώς διακοσμητικό, αν όχι περιττό στοιχείο η εκπαίδευση στις λεγόμενες επιστήμες της αγωγής: Ψυχολογία, Παιδαγωγικά, Γενική και Ειδική Διδακτική.

Οι εσφαλμένες αυτές αντιλήψεις – και θα δικαιολογήσουμε αμέσως γιατί πρέπει να είναι εσφαλμένες – έχουν τόσο διαποτίσει και διαπεράσει γενιές εκπαιδευτικών και προπάντων πανεπιστημιακών, ώστε και σήμερα ο καθηγητής της Χημείας «εφοδιάζεται» μόνον με τις αντίστοιχες επιστημονικές γνώσεις του κλάδου του, και ξεκινά μόνος και αβοήθητος την εκπαιδευτική του καριέρα. Πόσο μάλλον τα 'χει χαμένα όταν διαπιστώνει ότι όχι μόνον δεν έχει εκπαιδευθεί ως δάσκαλος, αλλά και συχνά καλείται να διδάξει πράγματα για τα οποία δεν ξέρει περισσότερα από όσα και ο ίδιος ως μαθητής διδάχθηκε. Περαιτέρω δυσκολεύεται να αντιληφθεί και την χρησιμότητα όσων προχωρημένων Μαθηματικών, Φυσικής και Χημείας διδάχθηκε στο πανεπιστήμιο. Μια γνωστή πρόσθετη δυσκολία είναι ότι

καλείται ο Φυσικός π.χ. να διδάξει Χημεία ή Βιολογία, χωρίς να έχει την σωστή υποδομή από το πανεπιστήμιο στα μαθήματα αυτά. (Η Χημεία π.χ. ανήκει στα κατ' επιλογήν μαθήματα στο Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων από το ακαδ. Έτος 1983-84).

Θα δούμε τώρα γιατί για να διδάξεις κάτι καλά δεν αρκεί απλώς να το ξέρεις καλά. (Αυτό είναι μεν μια αναγκαία συνθήκη για την καλή διδασκαλία, όχι όμως και ικανή). Όπως για να διδάξει κανείς ένα μάθημα, πρέπει και να το έχει διδαχθεί και/ή μελετήσει καλά, έτσι και για να διδάξει κανείς ένα μάθημα, πρέπει και να έχει διδαχθεί το **πώς να διδάξει** το μάθημα αυτό.

Το να απαιτούμε επομένως από τον πρωτοδιοριζόμενο καθηγητή Φυσικών να ανακαλύψει μόνος του τους νόμους της Διδακτικής θα ήταν σαν να του ζητούσαμε να ανακαλύψει μόνος του και τους νόμους της Φυσικής, της Χημείας κ.λ.π. Όπως λοιπόν για να διδάξει κανείς Χημεία, πρέπει και να έχει διδαχθεί Χημεία, έτσι και για να διδάξει σωστά την Χημεία, θα πρέπει να έχει διδαχθεί και το πώς πρέπει να διδάσκεται η Χημεία.

Η Χημεία και άλλες φυσικές επιστήμες έχουν ένα σωρό αφηρημένες, δύσκολες για τους μαθητές έννοιες. Δεν είναι συνεπώς παράξενο ότι η διδασκαλία – τους συναντά πολλά προβλήματα. Βέβαια, ο καθηγητής, με την διδακτική πείρα που αποκτά συν τω χρόνω, εντοπίζει σιγά-σιγά τα σημεία της Χημείας που δημιουργούν συνήθως δυσκολία και σύγχυση στους μαθητές. Θα πρέπει όμως να παραδεχθούμε ότι ο καθένας από μας δεν μπορεί να ανακαλύψει όλες τις δυσκολίες, σε όλη τους την έκταση και το βάθος, ούτε να προτείνει γρήγορα για όλα τρόπους καλύτερης διδασκαλίας. Είναι επομένως προφανές ότι πολλά έχουμε να κερδίσουμε με το να μοιραζόμαστε την δική μας πείρα με τους άλλους συναδέλφους στο σχολείο, στην πόλη ή στο χωριό, στην χώρα και σε όλο τον κόσμο.

Συχνά όμως ούτε και η πείρα αρκεί αφεαυτής για να διευκρινήσει και να λύσει όλα τα προβλήματα. Εξάλλου, πολλές φορές είναι δύσκολο να δεχθούμε τις απόψεις, την πείρα κάποιου άλλου. Έρχεται λοιπόν η επιστημονική έρευνα, που με αυστηρό και αντικειμενικό τρόπο, βασιζόμενη σε απαντήσεις σε ερωτηματολόγια (τεστ), σε παρατηρήσεις εκτελέσεως πειραμάτων και άλλων δραστηριοτήτων, σε συνεντεύξεις μαθητών και σε άλλους τρόπους, επιχειρεί να ρίξει φως σε διάφορες πλευρές της διδασκαλίας και να μας δώσει πιο πειστικές απαντήσεις στις απορίες μας. (Τσαπαρλής, 1991α).

1.3. Οι έρευνες στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών

Οι τομείς έρευνας σήμερα στη διδακτική των φυσικών επιστημών μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις μείζονες κατηγορίες:

1. Έρευνες σχετικά με τις προσλαμβάνουσες ιδέες (*conceptions*) και τη δικαιολόγησή τους σε διάφορους κλάδους των φυσικών επιστημών.

2. Έρευνες στην επίλυση προβλημάτων. Οι γνώσεις και τα πορίσματα των ερευνών της πρώτης ομάδας εμπεριέχονται εν μέρει στη δεύτερη (εννοιολογική αλλαγή ή εννοιολογική και μεθοδολογική αλλαγή) και αντανakλούν σιωπηρά μια επιλογή υποθέσεων πάνω στη μάθηση των φυσικών επιστημών.

3. Στην τρίτη ομάδα οι λέξεις κλειδιά που υπεισέρχονται στις δραστηριότητες της έρευνας είναι αυτές του «μοντέλου» και της «μοντελοποίησης». Πρόκειται για προτάσεις διδακτικής στρατηγικής, δηλαδή σχεδιασμένης τακτικής για τη διδασκαλία εννοιών και διαδικασιών.

Για κάθε δάσκαλο που διδάσκει σε σύνολο μαθητών με διαφορετικές δυνατότητες – όπως συμβαίνει σε μια συνηθισμένη τάξη – και καταφεύγει στη διδακτική πιστεύοντας ότι το να διδάσκεις δεν είναι Τέχνη αλλά Επιστήμη όπως ισχυρίζεται ο Beverly C. Pestel, η αξία της «στρατηγικής», ως υποκινητής μιας αποτελεσματικής παρέμβασης στο εκπαιδευτικό γίγνεσθαι, εμφανίζεται γοητευτική. Πάντως ο πλέον προσφιλής χώρος διεύρυνσης για τους διδακτικούς της χημείας είναι ο *εννοιολογικός* και εκεί προσανατολίζονται οι περισσότερες έρευνες σε Ευρώπη και Αμερική. Παραμένει όμως ακόμη σε επίπεδο διαπιστώσεων χωρίς να προτείνεται σαφώς η διδακτική ακολουθία των χημικών εννοιών. (Γεωργιάδου, 1988)

1.4. Αντικειμενικοί Στόχοι της Διδακτικής της Χημείας

Οι αντικειμενικοί στόχοι της διδακτικής της Χημείας, είναι σε γενικές γραμμές οι ακόλουθοι:

1) Να γνωρίσουν οι καθηγητές Φυσικών τις σύγχρονες θεωρίες νοηματικής αναπτύξεως και μαθήσεως, με έμφαση στην εφαρμογή τους στην διδασκαλία της Χημείας στην Μέση Εκπαίδευση. Ειδικότερα, να γνωρίσουν τα βασικά στοιχεία της θεωρίας του Ελβετού Ψυχολόγου Jean Piaget, καθώς και τις συνέπειές της για την διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Περαιτέρω, να είναι σε θέση να διαπιστώνουν το στάδιο νοητικής αναπτύξεως των μαθητών τους.

2) Να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν και να περιγράφουν τις αφηρημένες και δυσνόητες έννοιες της Χημείας, καθώς επίσης να γνωρίζουν και/ή να προτείνουν τρόπους για την καλύτερη διδασκαλία αυτών των εννοιών, χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα των συγχρόνων ερευνών για την ανάπτυξη και ερμηνεία του κριτικού λογισμού.

3) Να πειστούν ότι η διδασκαλία της Χημείας δεν πρέπει να συνίσταται απλώς σε μια αυτοσκοπούσα, απομονωμένη και ξερή μετάδοση γνώσεων, αλλά συγχρόνως πρέπει να

συμβάλλει και στην ανάπτυξη των νοητικών ικανοτήτων των μαθητών. Τούτο θα συντελέσει ταυτόχρονα και στην καλύτερη μετάδοση των γνώσεων για το φυσικό και χημικό περιβάλλον.

4) Στα πλαίσια των προηγούμενων στόχων, η διδασκαλία της Χημείας πρέπει να πάψει να εντοπίζεται σε αλγεβρικούς και αριθμητικούς υπολογισμούς επί μαθηματικών και χημικών εξισώσεων. Απαιτείται να τονίζεται η βαθύτερη ποιοτική κατανόηση των φυσικών και χημικών φαινομένων, χωρίς τις περιπλοκές του μαθηματικού φορμαλισμού. Ένας σημαντικός στόχος των μαθημάτων αυτών είναι επομένως να πειστούν οι καθηγητές για την αναγκαιότητα να μετατοπιστεί η έμφαση στις καθαυτό χημικές έννοιες και σχέσεις, ιδιαίτερα στο γυμνάσιο.

5) Στην επίτευξη του στόχου (3) συμβάλλει κατεξοχήν η λύση ασκήσεων και προβλημάτων. Στα μαθήματα αυτά θα επιχειρηθεί να γνωρίσουν οι καθηγητές μερικές από τις σύγχρονες επιστημονικές απόψεις για την λύση των προβλημάτων. Σημειώνεται εδώ ότι και κατά την λύση των προβλημάτων δεν πρέπει να χάνεται η φυσική εικόνα και απλώς να επιδίδονται οι μαθητές σε αλγεβρικούς και αριθμητικούς υπολογισμούς· έτσι επιτυγχάνεται και ο στόχος (4).

6) Είναι περιττό να τονιστεί η χρησιμότητα του πειράματος στην διδασκαλία της Χημείας. Εδώ θα συναντήσουμε επιστημονικά επιχειρήματα για την αναγκαιότητα του πειράματος προκειμένου να επιτευχθούν οι περισσότεροι από τους άλλους στόχους.

7) Τα πρότυπα (μοντέλα) και οι αναλογίες μπορεί να βοηθήσουν σημαντικά στην κατανόηση πολλών δύσκολων εννοιών.

8) Η επαφή με την πρωτογενή έρευνα και τα πορίσματά της για την διδασκαλία της Χημείας, τόσο σε γενικά και μεθοδολογικά προβλήματα όσο και σε επιμέρους θέματα, καθώς και οι προσωπικές εμπειρίες και απόψεις καθιερωμένων δασκάλων.

9) Να καταδειχθεί ο τρόπος της επιστημονικής έρευνας και παρουσιάσεως των αποτελεσμάτων της έρευνας επί θεμάτων Διδακτικής της Χημείας. Θα επιδιωχθεί έτσι η ενθάρρυνση των εκπαιδευτικών στο να σχεδιάζουν και πραγματοποιούν τις προσωπικές των έρευνες· και όχι μόνον αυτό, αλλά και να παρουσιάζουν σε διαλέξεις, σεμινάρια ή συνέδρια και να δημοσιεύουν σε εκπαιδευτικά περιοδικά τις απόψεις και εμπειρίες τους και τα αποτελέσματα των ερευνών τους. (Τσαπαρλής, 1991a)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΟΙ ΘΕΩΡΙΕΣ ΤΟΥ PIAGET ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗ ΝΟΗΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΓΥΜΝΑΣΙΑΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

2.1. Εισαγωγή

Ο Jean Piaget ερευνήσε ποιοτικά τα προβλήματα της νοητικής ανάπτυξης των παιδιών προσπαθώντας να προσδιορίσει όχι μόνο τις συνθήκες γένεσης της γνώσης, αλλά και την οικοδόμησή της δηλαδή τη μετάβασή της από τις κατώτερες στις ανώτερες μορφές. Κατ' αυτόν, κάθε άτομο διαρκώς οικοδομεί και ανασυνγκροτεί ενεργητικά τη γνώση του. Επομένως ο Piaget πράγματι διαφοροποιείται από την παραδοσιακή θεώρηση της γνώσης που με τη μορφή πιστών αντιγράφων απεικονίζει την πραγματικότητα στο μυαλό του ατόμου και είναι αληθινή μόνο αν αυτή η πραγματικότητα είναι ανεξάρτητη. Έτσι δε θεωρεί τη γνώση σαν ένα ταίριασμα ή μια αντιστοίχιση της πραγματικότητας, ούτε το μυαλό σαν ένα «μαύρο κουτί» εισόδου ερεθισμάτων και εξόδου αντιδράσεων, για το εσωτερικό του οποίου μπορεί μόνο να μαντέψει κάποιος τι συμβαίνει (Von Glasersfeld, 1985).

Αποτέλεσμα της ερευνητικής μελέτης του Piaget είναι η διατύπωση της θεωρίας της οικοδόμησης της γνώσης και της νοητικής ανάπτυξης. Με αυτά τα μοντέλα μάθησης αντιμετώπισε το πρόβλημα της απόκτησης της γνώσης όχι από τη σκοπιά της εξελικτικής ψυχολογίας αλλά επιστημονικά, επειδή πίστευε ότι αυτός ήταν ο μοναδικός τρόπος απάντησής του (Beistel, 1975).

2.2. Θεωρία του Piaget για την οικοδόμηση της γνώσης

Η θεωρία αυτή, που είναι γνωστή και ως γνωσιολογικός κονστρουκτιβισμός, δέχεται πως η γνώση είναι η οικοδόμηση της πραγματικότητας από τα γνωστικά όντα. (Tobin, 1990 / Apleton, 1993). Ως φιλοσοφική θέση θεωρεί ότι η οικοδόμηση αυτή, άμεσα και συγκεκριμένα, πραγματοποιείται από το άτομο, όταν αυτό ανακαλύψει και μελετήσει την πραγματικότητα. Βέβαια η πραγματικότητα αυτή είναι μια επινόηση του ατόμου που, επειδή πιστεύει πως υπάρχει ανεξάρτητα απ' αυτόν, αποτελεί όχι μόνο τη βάση των πράξεών του αλλά και των κοσμοθεωριών του. Πράγματι το άτομο απαντά στις αισθητηριακές του εμπειρίες που προκύπτουν από την αλληλοεπίδρασή του με τον κόσμο, και δομεί στο μυαλό

του τις γνώσεις του στην προσπάθειά του να καταλάβει τις διάφορες καταστάσεις ή τα φαινόμενα που αντιμετωπίζει.

Οι απαραίτητες υποκειμενικές γνώσεις του ατόμου για τον κόσμο, οι οποίες προκύπτουν από την παραπάνω νοητή προσπάθειά του, ονομάζονται δομές ή σχήματα. Τα σχήματα αυτά τα χρησιμοποιεί για να κάνει προβλέψεις για νέες εμπειρίες και για να εξηγεί τις προβλέψεις αυτές. Η γνώση λοιπόν δομείται από το άτομο με ατομικά ή με κοινωνικά μέσα και επομένως η μάθηση δε μπορεί να μεταδοθεί λεκτικά από το διδάσκοντα στο μαθητή. (Frank, 1989 / Kelly, 1995 / Vygotsky, 1978). Τονίζεται πως οι νοητικές δομές του μαθητή δε συμφωνούν πάντα με τις επιστημονικές έννοιες που εκπροσωπούν και τότε αναφέρονται ως παρανοήσεις ή εναλλακτικές έννοιες. Για το συγκεκριμένο όμως μαθητή έχουν λογική, αφού ταιριάζουν με την άποψη που έχει δομήσει μέσω των εμπειριών του.

Η ροή των ερεθισμάτων από τον εξωτερικό κόσμο στη γνωστική δομή του μαθητή ονομάστηκε από τον Piaget αφομοίωση. Αυτή ακολουθείται πάντα από σύγκριση των αφομοιούμενων δεδομένων με τα υπάρχοντα σχήματα της νοητικής του δομής. Ως αποτέλεσμα αυτής της σύγκρισης προκύπτουν τρεις δυνατότητες για το μαθητή:

α. **Της απόρριψης**, κατά την οποία ο μαθητής θεωρεί τα δεδομένα των εμπειριών του χωρίς αξία με αποτέλεσμα να τα αρνείται. Τότε το αρχικό σχήμα παραμένει ανέπαφο. Πράγματι τα προϋπάρχοντα σχήματα δείχνουν αδράνεια η οποία πρέπει να υπερνικηθεί ώστε να αναδομηθούν.

β. **Της απάθειας**, κατά την οποία ο μαθητής αποδεσμεύεται γνωστικά και αρνείται να μάθει επειδή αδιαφορεί.

γ. **Της συμμόρφωσης**, κατά την οποία ο μαθητής εμπιστεύεται τα εμπειρικά του δεδομένα. Εάν συμφωνούν με το γνωστικό του αντικείμενο, το αντίστοιχο σχήμα παραμένει ανέπαφο. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται ισορρόπηση. Εάν όμως διαφοροποιούνται, ο μαθητής εκπλήσσεται, απογοητεύεται ή αισθάνεται αμηχανία και οδηγείται σε κατάσταση ανισορροπίας. Τότε προσπαθεί να αναθεωρήσει το προϋπάρχον σχήμα του, ώστε να εναρμονιστεί με τα δεδομένα δηλαδή προσπαθεί να επιτύχει ισορρόπηση και έτσι να προσαρμοσθεί. Είναι προφανές ότι αυτό επιτυγχάνεται όταν ο ίδιος ο μαθητής δομεί τη νοητική του δομή και όχι από διαλέξεις του διδάσκοντος.

Ο μαθητής μέσα από διαρκείς διαδικασίες αφομοίωσης και συμμόρφωσης επιτυγχάνει να «ισορροπήσει» ως προς το διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον και έτσι προσαρμόζεται σε αυτό (Δανασής-Αφεντάκης, 1993). Η προσαρμογή επομένως του μαθητή μπορεί να θεωρηθεί το αποτέλεσμα της ισορροπίας που αποκαθίσταται μεταξύ της αφομοίωσης και της συμμόρφωσης. Οι διαδικασίες αυτές είναι διαρκείς και μακροχρόνιες και οδηγούν το μαθητή

με τα ατομικά του μέσα σε διαρκείς δομήσεις και αναδομήσεις της γνωστικής του δομής την οποία έτσι τροποποιεί και επεκτείνει. Επομένως η γνώση προκύπτει ως το αποτέλεσμα μιας μακρόχρονης εποικοδομητικής πορείας (Piaget, 1967).

2.2.1. Ερευνητική μελέτη της εφαρμογής της θεωρίας της οικοδόμησης της γνώσης του Piaget στην Παιδαγωγική.

Οι εποικοδομητικές θέσεις του Piaget περιγράφουν γενικές καταστάσεις ατόμων χρησιμότερες για ένα διδακτικό πλαίσιο, ενώ δημιουργεί έντονα προβλήματα η μετάφραση των ιδεών του για ένα «επιστημονικό υποκείμενο» έναντι ενός «ψυχολογικού υποκειμένου». Βέβαια το φιλοσοφικό ενδιαφέρον του Piaget για την ανάπτυξη της γνώσης και όχι της ανάπτυξης των μαθητών, αντιστοιχεί σε μια ιδανική κατάσταση, η οποία αγνοεί τις εξατομικευμένες διαφορές, τις ιδιαίτερες προτιμήσεις αλλά και τις ειδικές γνώσεις τους. Από τη στιγμή όμως της εμφάνισης των ατομικών ιδιαιτεροτήτων των μαθητών, η ανάπτυξη της γνώσης φάνηκε τελείως διαφορετική. Έτσι παρ' όλο που οι εποικοδομητικές ιδέες του Piaget χρησιμοποιήθηκαν και θα ξαναχρησιμοποιηθούν στη σύνταξη αναλυτικών προγραμμάτων ιδίως για τις φυσικές επιστήμες, αφήνουν πολλά ερωτηματικά στις πρακτικές εφαρμογές τους αφού οι καθηγητές πρέπει να διδάξουν «πραγματικούς» και όχι «επιστημονικά» λογικούς μαθητές, δηλαδή «ψυχολογικά» και όχι «επιστημονικά» υποκείμενα (Bliss, 1995).

Αντίθετα οι εποικοδομητικές θέσεις του Kelly (1995) στηρίζονται στο άτομο και στη μοναδικότητα των δομών του. Παράλληλα βοηθούν το διδάσκοντα στην έρευνα των απόψεων των μαθητών και στην προσπάθειά του για ενσωμάτωσή τους στις διαδικασίες της διδασκαλίας και της μάθησης. Όμως λόγω των δυσκολιών που παρουσιάζονται οι περισσότερες έρευνες αυτής της μορφής περιγράφουν «τυπικές» και όχι «ατομικές» δομές (Osborne & Wittrock, 1985).

Οι εποικοδομητικές απόψεις του Piaget και του Kelly αγνοούν το ρόλο του διδάσκοντος, γονέα ή κηδεμόνα. Έτσι πολλοί στηρίχθηκαν στις αντίστοιχες απόψεις του Vygotsky (1978) ο οποίος δέχεται πως η οικοδόμηση των γνώσεων των μαθητών υποβοηθείται ανεπίσημα από τους γονείς και επίσημα από τους διδάσκοντες (Bliss, 1995). Δηλαδή οι ενήλικες με τους οποίους έρχεται σε επαφή ο μαθητής δρουν σαν στηρικτικό πλαίσιο κατά τη δόμηση των γνώσεών του ή σαν υποκατάστατο είδος συνείδησης γι' αυτόν, μέχρις ότου γίνει ικανός να κυριαρχεί στις πράξεις του μέσω της δικής του συνείδησης και ελέγχου (Bruner, 1986).

Άλλοι ερευνητές στηρίχθηκαν σε νεώτερες ερμηνείες της θεωρίας του Piaget (Von Glasersfeld, 1985, 1989). Σύμφωνα με αυτές ο πραγματικός κόσμος δεν υπάρχει, αλλά είναι

δημιούργημα της ανθρώπινης σκέψης του μαθητή όταν δρα πάνω σε διάφορα αντικείμενα. Τα τελευταία επίσης δεν υπάρχουν πραγματικά αλλά είναι νοητικές κατασκευές (Wheatly, 1991). Τα παραπάνω όμως δεν είναι παρά παρερμηνείες της εποικοδομητικής θεωρίας ενός ρεαλιστή Piaget που θεωρεί πως ο μαθητής δομεί τη γνώση του μέσα από πραγματικές πράξεις σε πραγματικά αντικείμενα.

Παράλληλα άλλοι ερευνητές θεωρούν τον εποικοδομητισμό ως μια ιδεολογία που με τη μορφή παιδαγωγικής θεωρίας εξηγεί πως πρέπει να φέρονται στα παιδιά, πως πρέπει να δημιουργούνται και να εφαρμόζονται τα αναλυτικά προγράμματα και στη συνέχεια πώς να διεξάγεται μία διδασκαλία. Άλλοι επίσης ερευνητές στηρίζονται στις κοινές απόψεις για τον εποικοδομητισμό που δέχονται ότι το παιδί μαθαίνει για τον κόσμο μέσα από τις εμπειρίες του. Ορισμένοι όμως διδάσκοντες των φυσικών επιστημών θεωρούν τον εποικοδομητισμό ως ευαίσθητη προσέγγιση της διδασκαλίας, κατά την οποία τα παιδιά εξερευνούν ενεργά το φυσικό κόσμο (Bliss, 1995). Κατ' άλλους τελικά ο εποικοδομητισμός προσφέρει ένα ρεαλιστικό πλαίσιο για αποτελεσματική διδασκαλία και μάθηση. Η μάθηση στηρίζεται σε προηγούμενες εμπειρίες του μαθητή, η δε γνώση του ελέγχεται από τη βιωσιμότητά της όταν εφαρμόζεται για την επίλυση των προβλημάτων που αντιμετωπίζει (Tobin, 1995).

Το μεγαλύτερο μέρος των εργασιών του Piaget επικεντρώθηκε στον τρόπο με τον οποία τα μικρά παιδιά δομούν τη γνώση τους. Αντίθετα είναι περιορισμένες οι αντίστοιχες εργασίες για τη δόμηση της γνώσης των μαθητών της Β/βάθμιας εκπαίδευσης και ειδικά στις φυσικές επιστήμες. Πράγματι το εποικοδομητικό μοντέλο του Piaget δεν περιγράφει πώς δομείται η γνώση των εννοιών του ηλεκτρισμού, της θερμότητας, του φωτός ή της ύλης (Anderson, 1984). Παρ' όλο ότι ο Piaget ασχολήθηκε ως το τέλος της ζωής και με αντίστοιχα θέματα για τη Β/βάθμια εκπαίδευση (Piaget, 1974), το 1974 δόθηκε για τις εργασίες αυτές μια πολύ μικρή περίληψη χωρίς αρκετές εξηγήσεις, με αποτέλεσμα να έχει μάλλον περιορισμένη αξία. Έτσι τα τελευταία χρόνια έγινε διεθνής στροφή της έρευνας στη διδακτική των φυσικών επιστημών προς αυτή την κατεύθυνση.

2.3. Θεωρία του Piaget για τη νοητική ανάπτυξη

Η θεωρία αυτή δέχεται πως τα παιδιά από τη γέννηση ως την ενηλικίωσή τους περνάνε από διάφορα στάδια νοητικής και ψυχικής ανάπτυξης παράλληλα προς τη σωματική. Άτομα τα οποία βρίσκονται στο ίδιο στάδιο νοητικής ανάπτυξης διαθέτουν κοινό γνωσιολογικό πυρήνα, ο οποίος ονομάζεται «επιστημονικό υποκείμενο» (Ράπτης, 1983). Δηλαδή το επιστημονικό υποκείμενο είναι το σύνολο των κοινών γνωστικών δομών των ατόμων του ίδιου νοητικού επιπέδου (Beth & Piaget, 1966 / Niaz 1993 / Lawson, 1993).

Τα στάδια της νοητικής ανάπτυξης και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματά τους είναι (Κόκοτας, 1988 / Τσαπαρλής, 1991α):

α. **Αισθησιοκινητικό στάδιο**, το οποίο διαρκεί από τη γέννηση έως την ηλικία των 2 ετών. Χαρακτηρίζεται από ενστικτώδεις λειτουργίες χωρίς σκέψη και αίσθηση χώρου-χρόνου.

β. **Προσυλλογιστικό στάδιο**, το οποίο διαρκεί από την ηλικία των 2-7 ετών. Χαρακτηρίζεται από εγωκεντρισμό και διαισθητικές λειτουργίες χωρίς λογική διαδικασία και αίσθηση της διατήρησης. Κατ' αυτό δημιουργείται η αίσθηση του χώρου και του χρόνου.

γ. **Συγκεκριμένο στάδιο**, το οποίο διαρκεί από την ηλικία των 7 ετών και 11 ετών. Είναι το στάδιο της συγκεκριμένης συλλογιστικής που χαρακτηρίζεται από καλή αίσθηση του χώρου, του χρόνου και της διατήρησης. Κατ' αυτό αναπτύσσονται οι ικανότητες των παρακάτω πράξεων: πρόσθεσης, αφαίρεσης, πολλαπλασιασμού, διαίρεσης, ταξινόμησης, αντικατάστασης, αντιστοίχισης, αντιστρεψιμότητας, αιτιολόγησης συγκεκριμένων γεγονότων.

δ. **Τυπικό στάδιο**, το οποίο αρχίζει από την ηλικία των 11 ετών και μπορεί να ολοκληρωθεί μέχρι τα 15 έτη. Χαρακτηρίζεται από αφαιρετική σκέψη. Κατ' αυτό αναπτύσσεται η ικανότητα συλλογισμού με φράσεις και υποθέσεις χωρίς άμεση εποπτεία, η διατύπωση υποθέσεων, η εξαγωγή συμπερασμάτων, η συγκράτηση πληροφοριών η οπτική επεξεργασία δεδομένων, ο έλεγχος μεταβλητών που επηρεάζουν μια κατάσταση.

Η σειρά των νοητικών σταδίων είναι αμετάβλητη και βαθμιαία ενώ η υπερπήδησή τους είναι αδύνατη. Η ταχύτητα της μετάβασης από το ένα στάδιο στο άλλο δεν είναι σταθερή, όπως και η διάρκεια κάθε σταδίου. Τονίζεται όμως πως η ηλικία που χαρακτηρίζει τους μαθητές κάθε σταδίου έχει υπολογισθεί χονδρικώς και επηρεάζεται άμεσα από το ίδιο το άτομο και την κουλτούρα του. Πράγματι υπάρχουν άτομα που συγκριτικά με την ηλικία τους βρίσκονται σε κατώτερο στάδιο. Ειδικότερα το τυπικό στάδιο εμφανίζεται συχνά σε μεγαλύτερη ηλικία από την αναμενόμενη. Επίσης είναι σημαντικό ότι πολλά άτομα δεν φτάνουν ποτέ σ' αυτό ή και αν φτάσουν δεν το ολοκληρώνουν. Σημειωτέον ότι στα στάδια διακρίνονται και υποστάδια. Έτσι στο συγκεκριμένο στάδιο υπάρχουν τα υποστάδια 2Α, 2Β ενώ για το τυπικό στάδιο υπάρχουν τα υποστάδια 3Α, 3Β. Ακόμη ανάμεσα στα στάδια συγκεκριμένης και τυπικής συλλογιστικής τοποθετείται ένα μεταβατικό στάδιο που συμβολίζεται ως 2Β/3Α ή ως 2Β (Τσαπαρλής Γ., 1991α).

Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη νοητική ανάπτυξη είναι η κληρονομικότητα μέσω της ωρίμανσης, η φυσική εμπειρία, η κοινωνική μεταβίβαση της παιδείας και η εξισορρόπηση. Οι τρεις πρώτοι χαρακτηρίζονται από την παθητικότητα του μαθητή και από

μόνοι τους θεωρούνται ανεπαρκείς, ο δε τελευταίος ολοκληρώνει τη νοητική του ανάπτυξη αφού μέσα από συνεχείς εξισορροπήσεις των νέων εννοιών με αυτές που ήδη έχει, μεταβαίνει από το ένα στάδιο νοητικής ανάπτυξης στο άλλο (Duckworth, 1962).

Κατά τον Piaget δεν είναι δυνατή η πρόωρη μετάβαση του παιδιού στα διάφορα στάδια. Όμως με τη βοήθεια της εκπαίδευσης μπορούν να προσδιορισθούν τα όρια αντίληψης των μαθητών στις διάφορες ηλικίες. Έτσι ο σχεδιασμός των μαθημάτων μπορεί να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε οι διδασκόμενες έννοιες να βρίσκονται μέσα σ' αυτά τα όρια. Επομένως δέχεται, αντίθετα από τις απόψεις που του αποδίδουν συχνά, πως η καλή παιδαγωγική μπορεί να έχει κάποιο αποτέλεσμα στη νοητική ανάπτυξη του μαθητή. Έτσι η προτροπή του Piaget «αφήστε το παιδί να μάθει μόνο του», απλά δείχνει πως η σχολική προσπάθεια είναι αναποτελεσματική. Επομένως δεν είναι δυνατόν ο διδάσκων μόνο όταν διδάσκεται να διερευνά την αντίληψη του μαθητή. Πρέπει να του δώσει την ευκαιρία να πειραματισθεί, να χειρισθεί όργανα και σύμβολα, να θέσει ερωτήσεις, να ζητήσει απαντήσεις, να τις συνδυάσει με αυτές που βρήκε σε άλλες περιπτώσεις και να τις συγκρίνει με αυτές των άλλων μαθημάτων, ώστε να μάθει καλλίτερα μια νέα έννοια και να μην την κακοσχηματίσει ακούγοντάς την ή διαβάζοντάς την μόνο. Έτσι μπορεί να προλάβει ή να διορθώσει πιθανές παρανοήσεις. Βέβαια η όλη διαδικασία είναι χρονοβόρος για το διδάσκοντα, ο οποίος με ερωτήσεις προσπαθεί να καταλάβει τι εννοούν οι μαθητές του και πόσο δυσκολεύονται να τον καταλάβουν.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι σκοπός της εκπαίδευσης δεν είναι η απόκτηση πολλών γνώσεων για τους μαθητές αλλά η δυναμικότητα δημιουργίας, ανακάλυψης, εφεύρεσης και η εμφάνιση κριτικής, ελεγκτικής και αποδεικτικής ικανότητας. Έτσι θα μπορεί ο μαθητής να αντιμετωπίζει με επιτυχία τα διάφορα προβλήματα που του παρουσιάζονται. Οι ικανότητες αυτές είναι απαραίτητες σήμερα, αφού είναι προφανείς οι διάφοροι κίνδυνοι από τα «σλόγκαν», τις μαζικές απόψεις και τις ετοιμοπαράδοτες τάσεις της σκέψης που διαρκώς του δίνονται (Duckworth, 1962).

Στα σχολεία της Β/βάθμιας εκπαίδευσης, βάσει των σταδίων νοητικής ανάπτυξης του Piaget υπάρχουν μαθητές τριών τύπων συλλογιστικής:

- α. **Συγκεκριμένης** συλλογιστικής, που είναι οι νεότεροι και χειρότεροι μαθητές, οι οποίοι περιορίζονται στη χρήση της σκέψης των συγκεκριμένων ενεργειών.
- β. **Μεταβατικής** συλλογιστικής, που είναι οι μαθητές, οι οποίοι αρχίζουν να σκέφτονται χωρίς εποπτεία και να προσεγγίζουν την αφηρημένη σκέψη.
- γ. **Τυπικής** συλλογιστικής, που είναι οι μεγαλύτεροι και ικανότεροι μαθητές, οι οποίοι χειρίζονται αφηρημένες έννοιες και διάφορα προβλήματα.

Η τυπική συλλογιστική δεν είναι τόσο πολύ μια ικανότητα συνδεδεμένη με τα γνωστικά στάδια νοητικής ανάπτυξης αλλά μια λειτουργία στο βαθμό που έχουν αναπτυχθεί στο μαθητή «εικόνες» και «πλούσια σχήματα», ως αποτέλεσμα μιας κατάλληλης εκπαίδευσής του. Τα σχήματα αυτά επιτρέπουν συλλογιστική συνδυασμών, συσχετίσεων, υποθέσεων, αναλογιών, απομόνωσης και ελέγχου μεταβλητών. Έτσι στην πραγματικότητα η τυπική συλλογιστική είναι μια συλλογή στρατηγικών που εξαρτώνται άμεσα από το προς διδασκαλία θέμα και όχι μια γενική γνωστική δομή (Mellar & Bliss, 1993 / Mellar, 1987, 1981 / Case 1991 / Samarapungavan & Milikorski, 1992 / Van Hiele, 1986).

Οι ερευνητές μελέτησαν ιδιαίτερα το λειτουργικό σχήμα της αναλογιστικής συλλογιστικής, το οποίο χαρακτηρίζει την τυπική συλλογιστική και ενδιαφέρει ιδιαίτερα τις φυσικές επιστήμες. Παρ' όλο δε που κατά τον Piaget είναι ένα γενικό γνωστικό σχήμα, αποδείχθη ότι εξαρτάται από το μαθησιακό πλαίσιο προς το οποίο συνδέεται άμεσα (Karplus & Peterson, 1970 / Karplus and Karplus, 1972 / Karplus, Karplus & Wollman, 1974).

Από το 1970 άρχισαν προσπάθειες βελτίωσης της τυπικής συλλογιστικής με κατάλληλο υλικό διδασκαλίας και επιστημονικά προγράμματα (Lawson & Wollman, 1976 / Karplus, Lawson & Wollman, 1977). Βέβαια έχειδειχθεί ότι ορισμένοι μαθητές, παρ' όλο που προσέγγισαν την τυπική συλλογιστική και χρησιμοποιούν άνετα την αναλογική συλλογιστική της, δεν αντιμετωπίζουν όλα τα διδασκόμενα θέματα με την ίδια συλλογιστική. Γι' αυτό πρέπει ο διδάσκων, πριν να διδάξει ένα θέμα στους μαθητές του, να περιμένει να βρεθούν σε ετοιμότητα ώστε να το καταλάβουν. Έτσι δε φαίνεται ο διδάσκων να βοηθά την νοητική ανάπτυξη των μαθητών του, αλλά να τη χρησιμοποιεί (Driver, 1983).

2.3.1. Ερευνητική μελέτη της εφαρμογής της θεωρίας της νοητικής ανάπτυξης του Piaget στην Παιδαγωγική.

Παρ' όλο που ο Piaget δεν υπήρξε δάσκαλος και η θεωρία του της νοητικής ανάπτυξης είναι αποτέλεσμα παρατηρήσεων, η επίδρασή του στην εκπαίδευση υπήρξε καθοριστική. Πράγματι απετέλεσε ένα θεωρητικό πλαίσιο στήριξης της διδασκαλίας (Shayer, 1976). Βέβαια πάντα υπάρχει ο φόβος της λανθασμένης εφαρμογής της θεωρίας αυτής σε μια πλήρη θεμελίωση της εκπαίδευσης επάνω της (Ginsburg, 1985). Ιδιαίτερα τονίσθηκε η μεγάλη επίδρασή της στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών αν και σε ορισμένες περιπτώσεις τα αποτελέσματά της υπήρξαν απογοητευτικά αφού στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν αυτά τα σαφή όρια που προτείνει ο Piaget (Phillips, 1971).

Ορισμένοι νεώτεροι ερευνητές προσπάθησαν να επιβεβαιώσουν τη θεωρία του Piaget ακολουθώντας στις εργασίες του τις τεχνικές του (Siegel & Brainerd, 1978), (Elkind &

Flavell, 1969). Άλλοι ερευνητές χρησιμοποίησαν τη θεωρία αυτή για την αξιολόγηση των αναλυτικών προγραμμάτων (Ginsburg & Oppen, 1979). Πρότειναν η δόμησή τους να στηρίζεται άμεσα στα νοητικά επίπεδα που καθόρισε ο Piaget (Kohlberg & Mayre, 1972). Επίσης πρότειναν η υλοποίησή τους να πραγματοποιείται από διδάσκοντες σωστά εκπαιδευμένους, ώστε να έχουν κατανοήσει σε βάθος τη θεωρία του Piaget. Παράλληλα προσπάθησαν να ταιριάζουν το περιεχόμενο των αναλυτικών προγραμμάτων στην αυθόρμητη νοητική ανάπτυξη των μαθητών με προσχεδιασμένες ενέργειες μέσα στην τάξη. Οι ενέργειες αυτές περιλαμβάνουν παρατηρήσεις, επίλυση ασκήσεων, διατύπωση ερωτήσεων, έρευνα κ.λ.π. στηρίζονται δε σε έννοιες κλειδιά τις οποίες είχε ήδη περιγράψει ο Piaget όπως ταξινόμηση, βάρος, μήκος, όγκος, κύκλος ζωής, αίτιο-αποτέλεσμα κ.λ.π. (Harlem, Darwin & Murphy's, 1977 a,b).

Με τη βοήθεια της θεωρίας του Piaget προσδιορίστηκαν τα επίπεδα νοητικής ανάπτυξης των μαθητών, δηλαδή τα όρια αντίληψης και ικανοτήτων τους (Ginsburg & Oppen, 1979). Βέβαια έχειδειχθεί πως πραγματικά είναι πολύ δύσκολο να προσδιορισθεί το επίπεδο νοητικής ανάπτυξης των μαθητών, αφού αρκετοί αντιμετωπίζουν άλλα θέματα με ένα είδος συλλογιστικής και άλλα με διαφορετικό είδος (Scardamalia, 1977). Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε ως ένα βαθμό με τη χρήση τεστ ποικίλων θεμάτων από διαφορετικές περιοχές γνώσεων (Bliss, 1995). Επίσης τονίζεται ότι η εκτελεστική ικανότητα του μαθητή να αντιμετωπίσει ένα θέμα συσχετίζεται με την προϋπάρχουσα ικανότητά του να αντιμετωπίζει ιδανικές καταστάσεις όπως αυτές θεωρούνται από τον Piaget (Brown & Desforages, 1979) και δε δείχνει τις δυνατότητές του (Bliss, 1995). Όμως παρ' όλο που αρκετές θεωρίες ισχυρίζονται ότι επιβεβαίωσαν την ύπαρξη των σταδίων νοητικής ανάπτυξης του Piaget, διαφωνούν με τα χρονολογικά όριά τους. Πράγματι για την προσέγγιση των διαφόρων σταδίων νοητικής ανάπτυξης παρουσιάζεται μια υστέρηση δύο ετών για όλους τους μαθητές έναντι των Σουηδών. Επίσης κατέληξαν ότι δεν υπάρχουν χρονολογικά όρια για τα διάφορα στάδια νοητικής ανάπτυξης αλλά μια αντιστοίχσή τους με τη νοητική ηλικία των διαφόρων θεμάτων (Carpenter, 1955). Σε σχετικές έρευνες φάνηκε πως μόνο το 30% των εννιάχρονων μαθητών έχουν αποκτήσει συγκεκριμένη συλλογιστική, ποσοστό που φτάνει το 75% για δεκατετράχρονους, ενώ μόνο ένα 25% των τελευταίων έχουν προσεγγίσει την τυπική συλλογιστική (Shayer & Adey, 1981). Επίσης απεδείχθη πως ένα 75% των πρωτοετών φοιτητών δεν έχουν αποκτήσει τυπική συλλογιστική (Beistel, 1975 / Mchkinnon & Renner, 1971). Πολλές έρευνες κατέληξαν στο ότι αρκετοί φοιτητές λειτουργούν με συγκεκριμένη συλλογιστική, ενώ σπανίως χρησιμοποιούν γενικά αφηρημένα λειτουργικά σχήματα (Lawson & Renner, 1974 / Rowell & Renner, 1976). Παράλληλα σε έρευνες που έγιναν με Άγγλους

μαθητές 11-16 ετών, μόνο ένα 20% αυτών αποκτούν τυπική συλλογιστική στην ηλικία των 16 ετών (Shayer, Kucheman & Wylain, 1976). Επομένως θεωρήθηκε υπερβολικά αισιόδοξη η άποψη του Piaget για ολοκλήρωση του συγκεκριμένου σταδίου της συλλογιστικής στην ηλικία των 12 ετών (Beard, 1969). Έτσι αρχικά για τους μαθητές των πρώτων τάξεων του γυμνασίου, που διαθέτουν κυρίως συγκεκριμένη συλλογιστική, προτείνονται μέθοδοι διδασκαλίας με συγκεκριμένες τεχνικές (Beard, 1969). Στη συνέχεια προτείνεται οι διδασκόμενες έννοιες να χωρισθούν σε συγκεκριμένες και τυπικές και η διδασκαλία τους να καθορίζεται ανάλογα με το νοητικό επίπεδο των μαθητών, αφού οι μαθητές της συγκεκριμένης συλλογιστικής δε μπορούν να διαχειρισθούν αφηρημένες έννοιες (Lawson & Renner, 1975). Τελικά επιδιώκεται το ταίριασμα των γνωστικών απαιτήσεων της διδασκόμενης έννοιας με τις νοητικές ικανότητες του μαθητή. Βέβαια δέχονται πως δεν είναι δυνατός ο ακριβής προσδιορισμός αυτών των απαιτήσεων για κάθε διδασκόμενο θέμα αφού δεν υπάρχει σαφής ορισμός της τυπικής συλλογιστικής η ύπαρξη της οποίας διαπιστώνεται μόνο πειραματικά (Jekins, 1978). Επίσης ορισμένοι επιστήμονες επιλέγουν τι πρέπει και τι δεν πρέπει να διδαχθεί σε ορισμένες ηλικίες και ορισμένα νοητικά επίπεδα (Macguire, 1981 / Shayer, 1970 / Inge & Shayer, 1971 / Shayer & Adey, 1981). Ομοίως για να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα των πρωτοετών φοιτητών που δεν έχουν αποκτήσει τυπική συλλογιστική προτείνεται για διδασκαλία ένας κατάλογος εννοιών με στόχο την ενεργοποίηση της νοητικής ανάπτυξής τους (Beistel, 1975). Τονίζεται ιδιαίτερα ότι τα στάδια κάθε διδασκαλίας πρέπει ν' ακολουθούν την αυξανόμενη λογική πολυπλοκότητα που παρουσιάζει η νοητική ανάπτυξη των μαθητών. Επίσης τονίζεται ότι οι νοητικές απαιτήσεις των διδασκόμενων εννοιών πρέπει να εμπίπτουν στα όρια της νοητικής αντίληψης των μαθητών τους. Έτσι κάθε θέμα διδασκαλίας του αναλυτικού προγράμματος αναλύθηκε σε δύο επίπεδα. Το πρώτο καθόρισε το κατώτερο νοητικό επίπεδο που θα έπρεπε να έχουν οι μαθητές και το οποίο μπορεί να κρατήσει το ενδιαφέρον τους για το θέμα. Το δεύτερο καθόρισε το απαραίτητο νοητικό επίπεδο το οποίο θα δώσει στο μαθητή τη δυνατότητα να κατανοήσει το θέμα. Δηλαδή έγινε προσπάθεια να δειχθεί ποτέ μία έννοια πρέπει να έλθει σε επαφή με το μαθητή ώστε να διεγείρει το ενδιαφέρον του και τότε θα μπορέσει να διδαχθεί σε βάθος (Shayer, 1991). Παρ' όλο που πολλοί χρησιμοποίησαν τις παραπάνω αναλύσεις, υπάρχουν άλλοι που πιστεύουν ότι για να διδαχθεί μία έννοια πρέπει ο μαθητής να παρουσιάσει γι' αυτήν μια ετοιμότητα. Αυτό οδήγησε άλλους να παραιτηθούν από τη διδασκαλία κάποιων εννοιών που τις θεώρησαν δύσκολες για το επίπεδο των μαθητών τους και άλλους να προσπαθούν να δημιουργήσουν προϋποθέσεις για τη νοητική ωρίμανση των μαθητών τους και έτσι να προκαλέσουν την ετοιμότητά τους για μάθηση και όχι να περιμένουν την επίτευξή της (Bruner, 1968).

Η χρήση της θεωρίας της νοητικής ανάπτυξης και οι παιδαγωγικές εφαρμογές της συνάντησαν σοβαρά προβλήματα τόσο στο σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων όσο και στις διαδικασίες διδασκαλίας-μάθησης. Τα δείγματα που χρησιμοποίησε ο Piaget ήταν μικρά. Έτσι οι μετρήσεις του δεν έχουν στατιστικά εκτιμητική αξία. Γι' αυτό αρκετοί επιστήμονες δε συμφωνούν με τα πορίσματά του (Boyle, 1969).

Οι περισσότερες εργασίες του Piaget περιγράφουν τις λειτουργίες του παιδιού στην περιοχή της συγκεκριμένης συλλογιστικής, κυρίως από την ηλικία των 4-14 ετών. Ελάχιστες εργασίες του ασχολούνται με την περιοχή της τυπικής συλλογιστικής (Bliss, 1995). Συγκεκριμένα μέχρι το 1986, επί συνόλου 129 δημοσιεύσεων, περίπου 40 ασχολούνται με την ανάπτυξη των ιδεών των μαθητών από 13-14 ετών, ενώ μόνο 2 περιέχουν δεδομένα που αφορούν συλλογιστική εφήβων και νεαρών ενηλίκων ατόμων (Vuyk, 1981). Παρ' όλα αυτά ο Piaget υποτίμησε τόσο πολύ την αξία της συγκεκριμένης συλλογιστικής ώστε τελικά τη θεώρησε ως ένα απλό βήμα για την απόκτηση της τυπικής συλλογιστικής. Δυστυχώς σπάνια συζήτησε τη φύση και το περιεχόμενο των συγκεκριμένων απεικονίσεων (Bliss, 1995). Αντίθετα είχε ίσως θεοποιήσει την τυπική συλλογιστική. Όμως η τελευταία αμφισβητείται από πολλούς ερευνητές ειδικά στο χώρο της διδακτικής των φυσικών επιστημών, στην περιγραφή των «τυπικών λειτουργιών» της, στην υπεροχή της ως «χώρου ειδικών γνώσεων», έναντι των «γενικών λειτουργικών σχημάτων» και της αντίληψης της σπουδαιότητας του κοινωνικού-μορφωτικού περιεχομένου της μάθησης (Wason, 1966, 1978 / Wason, P. & Green, D, 1984 / Evans, 1989 / Johnson-Laird, 1972 / Keil, 1986 / Carey, 1985 / Kuhn, 1977).

Ο Piaget δεν εξήγησε πλήρως τα χαρακτηριστικά των μορφωμένων εφήβων ή ενηλίκων (Beard, 1969) και δεν εξήγησε γιατί έννοες με την ίδια νοητική δομή δεν παρουσιάζουν επεξεργασία ίδια διάρκειας ή γιατί οι μαθητές δε χρησιμοποιούν σ' όλες τις περιπτώσεις τις ίδιες στρατηγικές σκέψης. Παράλληλα προσδιόρισε με μεγάλη δυσκολία ακριβώς τα είδη των θεμάτων τα οποία μπορεί ν' αντιμετωπίσει με επιτυχία ένας έφηβος ή ένας ενήλικας, ενώ ποτέ δεν τα προσδιόρισε για ένα παιδί (Lowell, 1974).

Η ερμηνεία του Piaget για την νοητική ανάπτυξη θεωρείται ανεπαρκής αφού εξαρτάται από μια περιγραφική δομή και έτσι δεν παρέχει ικανοποιητικά μέσα για την πρόληψη της νοητικής μεταβολής (Child, 1986). Πράγματι η θεωρία του Piaget είναι σαφώς περιγραφική για την ικανότητα του μαθητή να σκέπτεται και την πιθανή συμπεριφορά του για κάθε νοητικό επίπεδο το οποίο θεωρείται σαν μια ομαδοποίηση ηλικιών (Kempa, 1982). Βέβαια η θεωρία αυτή είναι ένα ικανοποιητικό μοντέλο που καθορίζει την ιδανική συμπεριφορά των ατόμων για κάθε στάδιο νοητικής ανάπτυξης αλλά δεν εξηγεί πώς συλλέγεται και οργανώνεται το υλικό των νοητικών διεργασιών ή πώς η μνήμη και η

προσοχή περιορίζουν τις αντιδράσεις των μαθητών (Pascual-Leone, 1970 / Brown-Desforjes, 1979).

Ύστερα από ειδικές μελέτες θεωρήθηκαν προβληματικά τα παρακάτω σημεία της θεωρίας του Piaget:

α. Τα προτεινόμενα στάδια νοητικής ανάπτυξης δημιουργούν μια εσφαλμένη εντύπωση απότομης και όχι ομαλής μετάβασης από το ένα στο άλλο κατά τη νοητική ανάπτυξη.

β. Οι νοητικές λειτουργίες κάθε σταδίου είναι στην πράξη πολυπλοκότερες απ' ό τι προτείνει ο Piaget θεωρητικά.

γ. Οι διάφορες μεταβλητές πολιτιστικών αλληλεπιδράσεων περιορίζουν τη χρησιμότητα μιας τέτοιας έννοιας.

δ. Η επίδραση του περιβάλλοντος είναι πολύ μεγαλύτερη απ' ό τι δείχνει ο Piaget (Ausubel, 1964).

Ως αποτέλεσμα των προηγούμενων, για τη διδασκαλία της Χημείας σε γυμνασιακό επίπεδο και για την αντιμετώπιση των μαθησιακών δυσκολιών των μαθητών θεωρείται προτιμότερη η χρήση μοντέλου μάθησης βασισμένου στη θεωρία του Ausubel και όχι στη θεωρία του Piaget (Dawson, 1978).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

3.1. Αρχές και θεωρίες μάθησης

Στο σχολείο κυριαρχούν συνήθως δύο αλληλένδετες διαδικασίες, η διδασκαλία και η μάθηση. Η σύνδεση και η αλληλεπίδραση των διαδικασιών είναι προφανής, αφού σκοπός της διδασκαλίας είναι η παροχή βοήθειας από το δάσκαλο στο μαθητή για να διευκολυνθεί η μάθηση του τελευταίου. Έτσι η σχολική μάθηση βασίζεται κυρίως στη διδασκαλία και η επιτυχία μιας διδασκαλίας κρίνεται συνήθως από την ικανότητα του μαθητή να συγκρατεί μόνιμα και να χρησιμοποιεί σωστά τη διδαχθείσα γνώση, από το βαθμό δηλαδή που έχει επιτευχθεί η μάθηση. Μια διδασκαλία θα αποδειχθεί χρήσιμη, ποιοτικά ανώτερη και αποτελεσματική, όταν ο δάσκαλος λαμβάνει υπόψη του τις αρχές και τους νόμους της μάθησης, τα χαρακτηριστικά γνωρίσματά της, καθώς και τους κυριότερους παράγοντες που την επηρεάζουν.

Από σχετικές με τη μάθηση έρευνες έχουν προκύψει κάποιες αρχές, οι οποίες μπορούν να εφαρμοσθούν στη διδακτική πράξη και να την επηρεάσουν αποτελεσματικά. Τέτοιες αρχές είναι:

α) **Η ετοιμότητα για μάθηση**, σύμφωνα με την οποία κανένας μαθητής δεν πρέπει να υποχρεωθεί να εκτελέσει κάποιο μαθησιακό έργο, αν δεν είναι έτοιμος γι' αυτό, αν δηλαδή δεν είναι αρκετά ώριμος στο μυαλό και στο σώμα για ν' αναλάβει μια τέτοια προσπάθεια. Αρκετοί ερευνητές, όπως ο Piaget, Thorndike, Maslow και Bruner (Κολιάδης, 1997), θεωρούν ότι η ετοιμότητα για μάθηση επηρεάζεται από το περιβάλλον και τις εμπειρίες που δέχονται τα παιδιά από αυτό.

β) **Η επανάληψη**, η σημασία της οποίας είχε επισημανθεί και υπερτονισθεί κατά την αρχαιότητα. Είναι γνωστή η λατινική παροιμιώδης φράση «Repetitio est mater studiorum», δηλαδή «Η επανάληψη είναι μήτηρ της μαθήσεως». Σήμερα όμως εκφράζονται αμφιβολίες για το μέγεθος της συμβολής της στη μάθηση, κυρίως όταν οδηγεί σε μηχανική επανάληψη.

γ) **Η συνάφεια**, σύμφωνα με την οποία μάθηση δημιουργείται, όταν βρεθούν χρονικά ή τοπικά πλησίον ένας ερεθισμός και μια αντίδραση του ατόμου. Η συνάφεια αποτελεί το κύριο χαρακτηριστικό για όλες τις συνειρμικές ή συμπεριφορικές θεωρίες μάθησης, σύμφωνα με τις οποίες αν κάποιος εκδηλώνει ορισμένη συμπεριφορά σε

συγκεκριμένη κατάσταση, αυτή η συμπεριφορά θα επαναληφθεί με την επανεμφάνιση της ίδιας κατάστασης.

δ) **Η ενίσχυση**, που αναφέρεται συνήθως σε κάθε μορφής αμοιβή που έρχεται ως επακόλουθο μιας αντίδρασης του οργανισμού σ' ένα ερέθισμα. Έτσι, μια πράξη Α μαθαίνεται ευκολότερα, όταν αμέσως μετά απ' αυτήν ακολουθήσει μια παλιά και ευχάριστη πράξη Β, έτσι ώστε να φαίνεται η Β ως πιθανό ενδεχόμενο της Α. Η αποτελεσματικότητα της ενίσχυσης στη μάθηση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, ένας από τους οποίους αναφέρεται στον τρόπο και το χρόνο παροχής της στους μαθητές.

ε) **Η παρώθηση**, που είναι η δυναμική εκείνη διαδικασία που κινητοποιεί και κατευθύνει την ανθρώπινη συμπεριφορά προς την υλοποίηση κάποιων σκοπών. Είναι δηλαδή η παρώθηση μια υποθετική διαδικασία ή μια σειρά υποθετικών διαδικασιών, η οποία θέτει σε κίνηση, κατευθύνει, υποστηρίζει και τέλος σταματά μια ακολουθία συμπεριφοράς που είναι προσανατολισμένη σε κάποιο σκοπό. Η παρουσία ή η απουσία της παρώθησης εξηγεί το γεγονός ότι κάποιοι μαθητές θέλουν να μάθουν, ενώ κάποιοι άλλοι αδιαφορούν, αλλά και δημιουργεί την ανάγκη να παρακινήσει ο δάσκαλος το ενδιαφέρον των μαθητών για συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο.

Αποτέλεσμα των πολλών ερευνών που έχουν γίνει, από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, για το φαινόμενο της μάθησης ήταν η δημιουργία θεωριών μάθησης που άσκησαν βαθιά επιρροή στην οργάνωση και διεξαγωγή της διδασκαλίας.

Οι πρώτες θεωρίες μάθησης ήταν άμεσα επηρεασμένες από το συμπεριφορισμό, που έχει τις ρίζες του στο ρεαλισμό, και προσπάθησαν να ερμηνεύσουν την ανθρώπινη μάθηση (Κολιάδης, 1977):

α) Με το πρότυπο της **κλασικής εξαρτημένης μάθησης**, όπου έχουμε τη δημιουργία υποκατάστατων αντανakλαστικών (Pavlov, Watson, Guthrie).

β) Ως **δοκιμή και πλάνη – επιτυχία** (Thorndike).

γ) Με τη **συντελεστική μάθηση**, όπου έχουμε επανάληψη μιας αντίδρασης μετά από θετική ενίσχυση (Skinner).

Σημειώνεται ότι η κεντρική θέση του συμπεριφορισμού είναι η άποψη ότι ο οργανισμός αποτελεί «εξαρτημένη μεταβλητή» των περιβαλλοντικών επιδράσεων, από τους οποίους σχεδόν αποκλειστικά διαμορφώνεται, εδραιώνεται και ελέγχεται η συμπεριφορά.

Παράλληλα σχεδόν με την εμφάνιση και ανάπτυξη του συμπεριφορισμού, άρχισε βαθμιαία να διαφαίνεται ότι οι στηριγμένες στον απόλυτο συμπεριφορισμό θεωρίες δεν επαρκούσαν για την ερμηνεία της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Έτσι δεν μπορούσαν να ερμηνεύσουν πλήρως το φαινόμενο της μάθησης, αφού η συνάφεια μεταξύ ερεθισμού και

αντίδρασης δεν κρίθηκε επαρκής για να ερμηνεύσει ικανοποιητικά το πώς αποκτά ο άνθρωπος τη γνώση, ιδιαίτερα όταν επιδιώκεται ουσιαστική κατανόηση πολύπλοκων αντικειμένων.

Έχουμε έτσι την **ενορατική μάθηση** των Wertheimer, Koffka, Kohler, Lewin, την **εμπρόσθετη-σκόπιμη μάθηση** και τους «**νοητικούς χάρτες**» ή «**χάρτες εννοιών**» του Tolman (Κολιάδης, 1997), που απομακρύνονται από το απόλυτο συμπεριφοριστικό πρότυπο και επικεντρώνουν το ενδιαφέρον τους γύρω από την ανθρώπινη σκέψη και τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος νους αντιλαμβάνεται, συλλαμβάνει τις σχέσεις των πραγμάτων, σκέπτεται και αντιδρά στις διάφορες καταστάσεις.

Εισάγεται έτσι μια νέα θεώρηση για την ανθρώπινη μάθηση και προετοιμάζεται το πεδίο επιστημονικής έρευνας για τις επερχόμενες **γνωστικές** θεωρίες μάθησης, τις οποίες εισάγουν οι επιστημονικές έρευνες των πρώιμων γνωστικών ψυχολόγων Piaget, Bruner, Ausubel, κ.ά. Οι μελέτες των ερευνητών εστιάζονται τώρα στη διερεύνηση των **γνωστικών δομών** και των **εσωτερικών διαδικασιών** του ανθρώπου, με τις οποίες αυτός έρχεται σε επαφή και κατανοεί τον κόσμο που τον περιβάλλει.

Οι γνωστικοί ψυχολόγοι υποστηρίζουν ότι η μάθηση είναι αποτέλεσμα διεργασιών που γίνονται στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Όμως παρά το ότι αναγνωρίζουν τη σημασία των νοητικών λειτουργιών κατά τη διαδικασία της μάθησης, ο καθένας σχηματίζει τη δική του υπόθεση και δίνει τη δική του ερμηνεία στο φαινόμενο της μάθησης.

Κατά τον J. Piaget, πηγή της γνώσης είναι η δράση. Ως αποτέλεσμα της δράσης, νέα αντικείμενα και γεγονότα ενσωματώνονται στα υπάρχοντα νοητικά σχήματα. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **αφομοίωση**. Η αφομοίωση, στο βαθμό που τα νέα σχήματα διαφέρουν από τα υπάρχοντα, δημιουργεί ένα είδος **ανισορροπίας** στον οργανισμό, η οποία αίρεται με τη **συμμόρφωση**, που είναι συγγενής προς τη μάθηση. Τα νοητικά σχήματα μεταβάλλονται, προσαρμόζονται, για ν' ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των νέων αντικειμένων. Αυτό επιτυγχάνεται ή με την ένταξη των νέων αντικειμένων στις υπάρχουσες γνωστικές δομές, ή με τη δημιουργία νέων σχημάτων, ή με την προσαρμογή των παλιών σχημάτων στα νέα δεδομένα. Αυτή η τάση του ανθρώπινου οργανισμού για αποκατάσταση της ισορροπίας καλείται **εξισορρόπηση** (Κολιάδης, 1997). Η αφομοίωση και η συμμόρφωση είναι, επομένως, δύο πλευρές ενός νομίσματος, οι θεμελιώδεις και συμπληρωματικές διαδικασίες που γίνονται ταυτόχρονα σε κάθε ενέργεια προσαρμογής (Bliss, 1994, 1995).

Βασικά αντικείμενα της έρευνας του J. Bruner ήταν η δομή της γνώσης, η αναπαράσταση των γνώσεων, η ανακαλυπτική-ευρετική μάθηση και η διαισθητική σκέψη. Πιστεύει ότι η γνώση της δομής των αντικειμένων, δηλαδή η γνώση των βασικών σχέσεων

και αρχών που διέπουν τα αντικείμενα, συντελεί κατά πολύ στην αποτελεσματική μάθησή τους. Ο Bruner υποστηρίζει την αποκαλυπτική-ευρετική μάθηση, κατά την οποία ο μαθητής με τις δικές του δυνάμεις προσπαθεί να εμβαθύνει στο αντικείμενο και ν' ανακαλύψει τις θεμελιώδεις αρχές και σχέσεις που διέπουν τα επιμέρους στοιχεία του. Εδώ η λογική σκέψη του ατόμου παίζει σημαντικό ρόλο, όμως θεωρεί επίσης ότι το άτομο πρέπει να προχωρήσει παραπέρα και να καλλιεργήσει τη διαισθητική σκέψη, που του επιτρέπει να κάνει πνευματικά άλματα, να πρωτοτυπεί, να εφευρίσκει και να συλλαμβάνει ριζοσπαστικές λύσεις σε προβληματικές καταστάσεις (Κολιάδης, 1997).

Ο D. Ausubel διατύπωσε μια δική του άποψη για τη μάθηση, την οποία αποκάλεσε νοηματική λεκτική ή νοηματική παραληπτική μάθηση. Υποστηρίζει ότι η νοηματική μάθηση είναι μια διαδικασία σύνδεσης, συσχέτισης και ενσωμάτωσης κατά ιεραρχικό τρόπο των νέων γνώσεων με τις γνώσεις που προϋπάρχουν στη γνωστική δομή του ατόμου, με τις οποίες πρέπει να έχουν κάποια κοινά σημεία αλλιώς η μάθηση θα είναι μηχανική, θα στηρίζεται στην απομνημόνευση. Επομένως μεταξύ νοηματικής μάθησης και γνωστικής δομής υπάρχει μια αμφίδρομη σχέση αλληλεξάρτησης και αλληλεπίδρασης. Κατά την άποψή του, το σχολείο στοχεύει στη δημιουργία μιας καλά οργανωμένης γνωστικής δομής στο μαθητή, η οποία εκφράζει κάποιο νόημα και είναι η συνισταμένη αλληλοεξαρτώμενων επιμέρους γνώσεων. Αυτή η γνωστική δομή κρίνεται απαραίτητη για την επιβίωση και την ενσωμάτωση του μαθητή στην κοινωνία (Κολιάδης, 1997).

3.2. Ο Εποικοδομισμός

Οι μελέτες των πιο πάνω αλλά και άλλων γνωστικών ψυχολόγων αποτελούν τα πρόδρομα γνωστικά εποικοδομιστικά μοντέλα μάθησης, αν και οι ρίζες του εποικοδομισμού μπορούν να αναζητηθούν στο έργο του Giambattista Vico «Η καινούργια επιστήμη» στις αρχές του 18^{ου} αιώνα (Κουλαϊδής, 1994). Τα εποικοδομιστικά μοντέλα μάθησης, ενώ προτάσσουν τα γνωστικά έναντι των συμπεριφοριστικών μοντέλων μάθησης, δεν αποδέχονται τις απόψεις του Ausubel αλλά εκείνες της ευρετικής-ανακαλυπτικής του Bruner. Τα μοντέλα αυτά θεωρούν απαραίτητο το ρόλο του δασκάλου για την καθοδήγηση της μάθησης, αλλά δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στη δημιουργία κινήτρων στους μαθητές, για να μπορέσουν να αναπτύξουν και να διευρύνουν τις γνώσεις που κατέχουν με το δικό τους τρόπο και όχι να καθοδηγούνται από προκαθορισμένες ενέργειες (Κολιάδης, 1997).

Η θεωρία που περισσότερο από κάθε άλλη στηρίζει τη σύγχρονη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών είναι ο εποικοδομισμός (Τσαπαρλής, 2000 / Taber 2000). Είναι σήμερα ευρέως αποδεκτό, τουλάχιστο στις γενικές γραμμές, ότι η μάθηση είναι μια ενεργός

διαδικασία, η οποία λαμβάνει χώρα στο μυαλό του μαθητή και κατά τη διάρκεια της, πληροφορίες από διάφορες πηγές στο περιβάλλον, επανερμηνεύονται σε όρους προϋπάρχουσας γνώσης και κατανόησης. Είναι γενικά αποδεκτό ότι η νοηματική μάθηση απαιτεί ο μαθητής να κατανοήσει τη νέα γνώση σε όρους της υπάρχουσας γνωστικής δομής.

Η γνώση του φυσικού κόσμου ερμηνεύεται από δύο διαμετρικά αντίθετα φιλοσοφικά ρεύματα το ρεαλισμό και τον εμπειρισμό. Σύμφωνα με το ρεαλισμό, οι φυσικές έννοιες και οι φυσικοί νόμοι υπάρχουν αυτοτελώς ως αντικειμενική πραγματικότητα και οι επιστήμονες αυτό που κάνουν είναι να ανακαλύπτουν αυτήν την αντικειμενική επιστημονική γνώση. Κατά συνέπεια οι δάσκαλοι διδάσκουν αυτήν την αντικειμενική γνώση στους μαθητές. Αντίθετα, σύμφωνα με τον εμπειρισμό αυτά που γνωρίζουμε ως φυσική επιστήμη δεν είναι τίποτε άλλο παρά τα δημιουργήματα των επιστημόνων (της επιστημονικής σκέψης). Ο εποικοδομισμός βρίσκεται ανάμεσα στις ακραίες εκδοχές των δύο αυτών φιλοσοφικών ρευμάτων και θεωρείται εναρμονισμένος με τον εμπειρισμό, με αποτέλεσμα να εμπλέκεται στη μεταξύ τους διαμάχη και να δέχεται την ανάλογη κριτική (Κόκκοτας, 1997). Ο εποικοδομισμός της γνώσης, δηλαδή δεν είναι τίποτε άλλο παρά αυτή ακριβώς η εμπειρική προσέγγιση του φυσικού κόσμου. Σύμφωνα με τους εποικοδομιστές, κάθε άτομο οικοδομεί τη δική του γνώση με μια ενεργητική και όχι παθητική διαδικασία, με τέτοιο τρόπο ώστε οι εννοιολογικές δομές που σχηματίζει (η γνώση δηλαδή) να είναι βιώσιμες στον κόσμο των εμπειριών του, μέσα στην παράδοση της σκέψης και της γλώσσας του (Glaserfeld, 1989a, 1989b).

Από την εποικοδομική πλευρά, η μάθηση είναι το προϊόν της **αυτοοργάνωσης**. Η γνώση ποτέ δεν αποκτάται παθητικά, διότι δεν μπορούμε να χειρισθούμε τη νέα γνώση παρά εάν την αφομοιώσουμε σε μια γνωστική δομή που ήδη υπάρχει. Πράγματι το άτομο δεν αντιλαμβάνεται μια εμπειρία ως νέα, εφόσον αυτή δεν προκαλεί κάποια διαταραχή, σχετική με κάποιο αναμενόμενο αποτέλεσμα. Μόνο σε αυτήν την περίπτωση η εμπειρία μπορεί να οδηγήσει σε αφομοίωση και γι' αυτό σε μια νέα εννοιολογική δομή που φέρνει μια νέα ισορροπία. Η νέα αυτή εννοιολογική δομή, στο βαθμό που είναι επαρκής και σε νέες καταστάσεις, προκαλεί εμπειρίες επιτυχίας. Η βίωση τέτοιων εμπειριών παρακινεί διανοητικά τους μαθητές να θέλουν να κατασκευάσουν νέες εννοιολογικές δομές και έτσι να αναπτύξουν τη γνώση και κατανόησή τους.

Ο εποικοδομισμός είναι μια ποικιλόμορφη σύνθεση. Έτσι κατά τους Good, Wandersee και Julien έχει τις εξής παραλλαγές: διαλεκτικός εποικοδομισμός, εμπειρικός, επεξεργασίας πληροφοριών, μεθοδολογικός, πιαζετιανός, μεταεπιστημολογικός, πραγματιστικός, ρεαλιστικός, κοινωνικός, κοινωνικοϊστορικός (Κόκκοτας, 1997). Ενώ ο Ernest αναφέρει τέσσερις μορφές που είναι επεξεργασίας πληροφοριών, ασθενής, κοινωνικός

και ριζοσπαστικός εποικοδομισμός (Ernest, 1994). Ακριβώς για αυτό το λόγο, στην ύπαρξη δηλαδή πολλών μορφών, η απάντηση στο «Τι είναι ο εποικοδομισμός;» όχι μόνο είναι δύσκολο να δοθεί, αλλά μπορεί να αμφισβητηθεί ακόμη και η δυνατότητα να τεθεί αυτή η ερώτηση (Βλάχος, 1997 στο Κόκκοτας, 1997).

Παρά τις πολλές μορφές, μπορούν να διακριθούν τρεις σημαντικές, βασικές, παραλλαγές του εποικοδομισμού, ο **ψυχολογικός ή γνωστικός εποικοδομισμός** του Piaget, ο **κοινωνικός εποικοδομισμός** του Durkheim και ο **ριζοσπαστικός εποικοδομισμός** του von Glasersfeld.

Κατά τον **ψυχολογικό εποικοδομισμό** του Piaget η νοηματική ανάπτυξη του ατόμου συντελείται μέσω μιας δυναμικής αλληλεπίδρασης του ατόμου με το φυσικό κόσμο, μια διαδικασία που είναι προσωπική-εξατομικευμένη. Μέσα από αυτήν την αλληλεπίδραση δημιουργεί το άτομο τις δικές του εννοιολογικές δομές που, στο εύρος των εμπειριών που είναι βιώσιμες, αποφέρουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα χωρίς εννοιολογικές συγκρούσεις και αντιθέσεις.

Ο **κοινωνικός εποικοδομισμός**, που ανάγεται στο έργο του Durkheim, θεωρεί σημαντική για τη δόμηση της γνώσης τη γλώσσα και την επίδραση του κοινωνικού περιβάλλοντος. Οι άνθρωποι οικοδομούν τη γνώση όχι μόνο με ατομικές διαδικασίες, αλλά κυρίως με τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις μια και ο άνθρωπος είναι κοινωνικό ον και η ανάπτυξη της γνώσης του βασίζεται στις προηγούμενες εμπειρίες του και το κοινωνικό του περιβάλλον (Wheatley, 1991). Ο κοινωνικός εποικοδομισμός θεωρεί ότι το μοντέλο για τον κόσμο είναι αυτό που έχει δομηθεί από την κοινωνία, με βάση τις κοινές εμπειρίες για την υπάρχουσα φυσική πραγματικότητα. Αυτή η κατασκευασμένη από τους ανθρώπους πραγματικότητα αλληλεπιδρά και διαμορφώνεται συνεχώς, για να ταιριάζει με την οντολογική πραγματικότητα, αν και ποτέ δε θα μπορέσει να δώσει μια «αληθινή εικόνα» από αυτή (Ernest, 1994). Μια μορφή κοινωνικής αλληλεπίδρασης είναι προφανώς και η διδασκαλία.

Τέλος, κατά την πιο πρόσφατη εκδοχή, το **ριζοσπαστικό εποικοδομισμό** του von Glasersfeld (1989a), η γνώση δεν αντανάκλα μια «αντικειμενική πραγματικότητα», αλλά αποτελεί αποκλειστικά τη διάταξη και οργάνωση ενός κόσμου αποτελούμενου από τις εμπειρίες μας. Η γνώση αυτή μπορεί να προσαρμόζεται στις εκάστοτε νέες εμπειρίες. Οι μαθητές οικοδομούν ενεργητικά νέες σημασίες με τη χρησιμοποίηση των εννοιολογικών δομών που ήδη έχουν, για να ερμηνεύσουν νέες πληροφορίες με τρόπο που να δίνουν νόημα σ' αυτές. Οι μαθητές φτιάχνουν νέους συνδέσμους μεταξύ επιλεγμένων όψεων των εισερχομένων ερεθισμάτων και των εννοιών που ήδη υπάρχουν στη μακρόχρονη μνήμη.

Αυτή η εποικοδόμηση σημασιών ενσωματώνεται μετά στη μακρόχρονη μνήμη και αποτελεί ναι νέα εννοιολογική δομή.

3.3. Οι απόψεις για τη μάθηση του J. BRUNER

Ο Bruner, Αμερικανός ψυχολόγος, δε φαίνεται να έχει αναπτύξει μια συστηματική θεωρία για την ίδια τη μάθηση, αλλά από τα έργα του υπονοάται μια γενικευμένη θεωρία σχετική με την ουσία της μάθησης, χωρίς να επιχειρείται ερμηνεία ψυχολογικών φαινομένων, πράγμα που θεωρεί προς το παρόν απεγνωσμένη προσπάθεια. Έτσι είναι φρονιμότερο να μιλούμε για απόψεις παρά για αυτοτελή θεωρία.

Αντίποδας της νοηματικής παραληπτικής μάθησης του Ausubel που λειτουργεί απαγωγικά (abductive) αποτελεί η **νοηματική ανακαλυπτική** που προτείνει ο J. Bruner και λειτουργεί επαγωγικά (inductive). Αν και βαθιά επηρεασμένος από τον Piaget όσον αφορά την ανακαλυπτική διαδικασία της μάθησης, διαφοροποιείται στη νοηματική ανάπτυξη (Bruner, 1965). Κάνει λόγο για κάτι που μοιάζει με «βηματισμούς» στην προοδευτική πορεία της ανθρώπινης ανάπτυξης και μάθησης. Για τον Bruner η νοηματική ανάπτυξη παραλληλίζεται με μια κλίμακα που έχει απότομες αναβάσεις, μοιάζει να είναι ένα ζήτημα εναλλαγής εκρηκτικών παρορμήσεων και χαλαρώσεων. Οι αναπτυξιακές αυτές εκτινάξεις φαίνεται να πυροδοτούνται μόνο όταν αρχίζουν να αναπτύσσονται ορισμένες ικανότητες (Bruner, 1996). Δεν ταυτίζει όμως τις εκτινάξεις αυτές με την αλλαγή σταδίου, με την έννοια που δίνει στο στάδιο ο Piaget. Μάλιστα επιμένει ισχυριζόμενος ότι όλοι οι μαθητές είναι δυνατό να μάθουν οτιδήποτε σε οποιαδήποτε ηλικία, εφόσον βέβαια υπάρχει η κατάλληλη δομή και οργάνωση της ύλης, καθώς και η απαραίτητη μεθόδευση της διδασκαλίας (Bruner, 1960). Εξάλλου ο Bruner δεν έμεινε στη διατύπωση αντιθέσεων ως προς την έννοια του σταδίου νοητικής ανάπτυξης, αλλά προχώρησε σε θέσεις προτείνοντας κατάλληλα σχεδιασμένες διδασκαλίες, ώστε να αποδείξει του ισχυρισμούς του (Bruner, 1966).

Ας δούμε συνοπτικά τις απόψεις του Bruner, όπως αναπτύσσονται από τον Ε. Κολιάδη (Κολιάδης, 1990). Ο Bruner δε συμμερίζεται την άποψη ενός απλού εμπλουτισμού και συσσώρευσης γνώσεων. Ο μαθητής πρέπει να αποκτήσει και να οικειοποιηθεί τη γνώση με δική του αυτενέργεια και μπορεί να αυτοκατευθύνεται ο ίδιος μέσα σε μια διαδικασία ερευνητικής-ανακαλυπτικής μάθησης, και ταυτόχρονα γίνεται ικανός να χρησιμοποιεί τις γνώσεις για την απόκτηση νέων πληροφοριών. Η άποψη του Bruner είναι προσανατολισμένη στη μεθοδική διαδικασία των επιστημών. Γι' αυτό ο Bruner προσδιορίζει τη μάθηση από την αρχή ως **διαδικασία λύσης προβλημάτων**.

Η θεωρία του Bruner υιοθετεί ως καλύτερη μορφή διδασκαλίας την ερευνητική-ανακαλυπτική μέθοδο, όπου ο μαθητής μαθαίνει στρατηγικές για να λύνει τα μελλοντικά προβλήματα, δηλαδή το παιδί **«μαθαίνει πώς να μαθαίνει»**. Είναι αντίθετος με τη νοηματική παραληπτική μάθηση του Ausubel πιστεύοντας ότι παρεμποδίζει τη μάθηση της μάθησης. Η νοηματική ανακαλυπτική μέθοδος είναι **«παιδοκεντρική»** και δίνει αρκετό χώρο δράσης στο μαθητή, ο οποίος μπορεί να αυτοκατευθύνει την απόκτηση των γνώσεων.

Από την τακτική του να **«μαθαίνει πώς να μαθαίνει»** ο μαθητής αναπτύσσει και **«γνωστική στρατηγική»** (cognitive strategy) (Bruner, 1971) που αναφέρεται στο πώς ο μαθητής μπορεί να ελέγξει τις νοητικές λειτουργίες: τη σκέψη, την προσοχή, τη μνήμη, τις νοητικές δεξιότητες, γενικά τη συμπεριφορά. Εδώ σημειώνεται μια προσέγγιση με τις διαδικασίες του *εκτελεστικού ελέγχου* των θεωριών της επεξεργασίας των πληροφοριών.

3.4. Εναλλακτικές ιδέες

Από πολύ νωρίς, πριν ακόμα φοιτήσουν στο σχολείο, τα παιδιά στην προσπάθειά τους να δώσουν νόημα στον κόσμο μέσα στον οποίο ζουν, αρχίζουν, μέσω των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων και μέσα από την κοινωνική επαφή και τη γλώσσα, να οικοδομούν ένα ευρύ φάσμα ιδεών για το πώς λειτουργεί ο κόσμος, να κατασκευάζουν τις απόψεις τους και τη δική τους ερμηνεία για το φυσικό κόσμο. Οι ιδέες αυτές χρησιμοποιούνται για να προβλέψουν και να ερμηνεύσουν ό,τι υποπίπτει στην αντίληψή τους, είναι επαρκείς για την ερμηνεία των φαινομένων και συγκροτούν μια αυτοσυνεπή ως ένα βαθμό γνωστική δομή.

Αυτές οι ιδέες που έχουν τα παιδιά για τα φυσικά φαινόμενα πριν καν τα διδαχτούν στο σχολείο, και που πολλές φορές επηρεάζονται ελάχιστα από την παραδοσιακή ή την πειραματική διδασκαλία (Ψύλλος, Κουμαράς & Καριώτογλου, 1993), παίζουν κυρίαρχο ρόλο στη μάθηση. Ο τρόπος που οι μαθητές παρατηρούν, ερωτούν, καταλήγουν σε συμπεράσματα και γενικά αντιλαμβάνονται τη διδασκόμενη ύλη, αλλά και ότι διαβάζουν στα σχολικά εγχειρίδια, επηρεάζεται από τα διαφορετικά ερμηνευτικά σχήματα που έχουν δημιουργήσει. Όταν ο μαθητής ακούσει ή διαβάσει μια επιστημονική πρόταση, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το νόημα που θα δώσει να μην είναι το ίδιο με εκείνο που ήθελε να αποδώσει ο δάσκαλος ή εκείνο στο οποίο αποβλέπει ο συγγραφέας του εγχειριδίου.

Ένας βασικός λόγος για αυτό είναι ότι για να την κατανοήσει, πρέπει να χρησιμοποιήσει την ερμηνεία που ο ίδιος έχει δώσει στις χρησιμοποιούμενες λέξεις, που πολλές φορές είναι η καθημερινή ερμηνεία. Είναι λοιπόν πολύ πιθανό η ερμηνεία που ο μαθητής δίνει στις λέξεις να μην είναι εκείνη που είχε στο μυαλό του ο δάσκαλος ή ο

συγγραφέας του σχολικού εγχειριδίου (Gilbert, Osborne & Fensham, 1982). Η πιθανότητα αυτή γίνεται μάλιστα μεγαλύτερη αν η γλώσσα που χρησιμοποιείται δεν του είναι οικεία.

Μερικές από τις ιδέες που χρησιμοποιούν τα παιδιά για το φυσικό κόσμο είναι τόσο εδραιωμένες, που δεν αλλάζουν με τη διδασκαλία. Έτσι, παρόλο που μερικά παιδιά μπορούν να εφαρμόσουν τις επιστημονικές ιδέες σε προβλήματα των εξετάσεων, αποτυγχάνουν να τις εφαρμόσουν εκτός του σχολείου για να ερμηνεύσουν μερικά φαινόμενα. Οι ιδέες των παιδιών είναι δυνατόν να παραμένουν όχι μόνο μετά τη διδασκαλία, αλλά και μετά την ενηλικίωσή τους (Κόκκοτας, 1997).

Οι ιδέες αυτές των μαθητών, που σχετίζονται με την εμπειρική προσέγγιση του φυσικού κόσμου, είναι κατά κανόνα διαφορετικές από τις επικρατούσες επιστημονικές απόψεις και ονομάζονται **εναλλακτικές ιδέες** (Gilbert & Swift, 1985), ή **εναλλακτικές δομές** (Driver & Easley, 1978), ή **παρανοήσεις** (Novak, 1988).

Οι Skelly και Hall (1993) έχουν χωρίσει τις ιδέες των μαθητών σε δύο κατηγορίες, αυτές που οφείλονται στις εμπειρίες των μαθητών και σε αυτές που οφείλονται στη διδασκαλία μέσα ή έξω από το σχολείο. Ο όρος εναλλακτικές ιδέες σύμφωνα με αυτούς αφορά και αναφέρεται μόνο στις παρανοήσεις της πρώτης κατηγορίας. Άλλοι συγγραφείς όμως ορίζουν ως εναλλακτική ιδέα κάθε έννοια που διαφέρει σημαντικά από ό, τι είναι κοινωνικά συμφωνημένο από την επιστημονική κοινότητα (Gilbert, Osborne & Fensham, 1982), οπότε ονομάζουν ως εναλλακτικές ιδέες τις παρανοήσεις και των δύο πιο πάνω κατηγοριών.

Οι παρανοήσεις που δημιουργούνται κατά τη διδασκαλία της χημείας είναι σχεδόν αποκλειστικά παρανοήσεις που ανήκουν στη δεύτερη κατηγορία μιας και το αντικείμενο της χημείας δε σχετίζεται με την καθημερινή εμπειρία. Ιδιαίτερα αυτό ισχύει για παρανοήσεις που αφορούν την ατομική δομή και θέματα κβαντικής χημείας. Οι παρανοήσεις αυτές μπορούν να αποδοθούν σε σύγχυση μοντέλων, γλωσσικές δυσκολίες, υπεργενικεύσεις και προϋπάρχουσες παρανοήσεις (που όμως οφείλονται και αυτές στη διδασκαλία) (Taber, 2001). Ακολουθώντας το διαχωρισμό των Skelly και Hall, θα ονομάζουμε στην εργασία αυτή τις ιδέες των μαθητών ως παρανοήσεις και όχι ως εναλλακτικές ιδέες.

3.5. Εννοιολογική αλλαγή

Οι μαθητές θα πρέπει σύμφωνα με την εποικοδομιστική προσέγγιση να καθοδηγηθούν από το δάσκαλο στη δόμηση της γνώσης. Στόχος του δασκάλου φυσικών επιστημών γενικότερα, της χημείας ειδικότερα, είναι να εφοδιάσει τους μαθητές με εννοιολογικές δομές όσο το δυνατό πιο κοντά με εκείνες που έχουν συμφωνηθεί από τη διεθνή επιστημονική

κοινότητα. Να φτάσει δηλαδή ο μαθητής να μοιράζεται, σε κάποιο επίπεδο, τις επικρατούσες θεωρίες της επιστήμης (Millar, 1989). Η διαδικασία αυτή της μετάβασης των μαθητών από τις αρχικές τους ιδέες στις επιστημονικές ιδέες ονομάζεται **εννοιολογική αλλαγή**.

Για να πετύχει το στόχο αυτό ο δάσκαλος, δεν αρκεί να γνωρίζει τη «σωστή» γνώση, πρέπει να γνωρίζει και τις σχετικές παρανοήσεις των μαθητών. Δεν αρκεί να διδάσκει «σωστά» τη νέα γνώση, πρέπει να μπορεί να τροποποιεί τις παρανοήσεις των μαθητών (Ψύλλος, Κουμαράς & Καριώτογλου, 1993).

Οι εναλλακτικές ιδέες και παρανοήσεις πολλές φορές αντιστέκονται σθεναρά σε αλλαγές και μπορεί να επηρεάσουν τη μεταγενέστερη μάθηση, προκαλώντας και νέες παρανοήσεις. Οι αντιστάσεις παρουσιάζονται κυρίως σε έννοιες όπου οι ιδέες των μαθητών είναι καλά ριζωμένες, διότι υποστηρίζονται από τις καθημερινές εμπειρίες και έχουν αποδειχθεί επιτυχείς σε πολλές περιπτώσεις. Η αντικατάσταση και αναδιοργάνωση του εννοιολογικού πλαισίου απαιτεί σύγκρουση του μαθητή με τις υπάρχουσες έννοιες. Έτσι η νέα έννοια είναι κατανοητή, πιστευτή και γόνιμη (Posner κ.ά., 1982).

Δύο μοντέλα που περιγράφουν τη στρατηγική που απαιτείται ώστε να επιτευχθεί η εννοιολογική αλλαγή παρατίθενται στη συνέχεια.

Το πρώτο έχει προταθεί από τους Anderson (1992), Minstrell (1992) και Roth (1989) και συνήθως απαιτεί τα ακόλουθα στοιχεία:

- α) Οι μαθητές ευαισθητοποιούνται και συνειδητοποιούν ότι οι ιδέες τους δεν μπορούν να λύσουν ένα πρόβλημα.
- β) Οι απόψεις των μαθητών αναπτύσσονται και αποσαφηνίζονται μέσα από επιδείξεις, πειράματα και ερωτήσεις.
- γ) Έτσι οι απόψεις των μαθητών αποδεικνύονται ανεπαρκείς.
- δ) Εισάγονται οι νέες ιδέες οι οποίες λύνουν το πρόβλημα.
- ε) Επιδεικνύονται περαιτέρω εφαρμογές των νέων εννοιών.

Το δεύτερο έχει προταθεί από τους Posner, Strike, Hewson και Gertzog (1992) και σύμφωνα με αυτούς δεν αποτελεί ένα μοντέλο διδασκαλίας αλλά μάλλον ένα κατάλογο απαιτήσεων, ώστε μια έννοια να αντικατασταθεί λογικά από κάποια άλλη. Οι απαιτήσεις αυτές είναι:

- α) Η παλιά άποψη να είναι μη ικανοποιητική, να προκαλέσει στο μαθητή *δυσανεμία* (dissatisfaction): Ο μαθητής πρέπει να εκτεθεί σε φαινόμενα τα οποία οι υπάρχουσες εννοιολογικές του δομές δεν μπορούν να ερμηνεύσουν. Οι άνθρωποι δεν αλλάζουν εύκολα τις έννοιες που παίζουν ένα κεντρικό ρόλο στη σκέψη τους αν δε νιώσουν ότι έχουν γίνει μη λειτουργικές. Ακόμη και σε αυτήν την περίπτωση, θα προσπαθήσουν να

αντιμετωπίσουν τα νέα προβλήματα με τις λιγότερες δυνατές αλλαγές στα νοητικά τους σχήματα.

β) Η νέα άποψη να είναι *κατανοητή* (intelligibility): Οι μαθητές πρέπει να μπορούν να αναπαραστήσουν νοερά τη νέα έννοια, να έχει δηλαδή η νέα έννοια έστω κάποιο ελάχιστο νόημα γι' αυτούς. Μια νέα έννοια θα αντικαταστήσει μια μη λειτουργική όταν ο μαθητής αρχίσει να την αντιλαμβάνεται.

γ) Η νέα άποψη να είναι *εύλογη* και *αληθοφανής* (plausibility): Η νέα έννοια πρέπει να φαίνεται ότι λύνει προβλήματα που η παλιά δεν μπορούσε.

δ) Η νέα άποψη να είναι *καρποφόρα* (Fruitfulness): Η νέα έννοια να οδηγεί στην πιθανότητα επιπρόσθετων εφαρμογών, να εμφανίζεται ότι έχει δυναμική να είναι ένα παραγωγικό εργαλείο σκέψης.

Η εννοιολογική αλλαγή σπάνια είναι μια απότομη ανταλλαγή του ενός συνόλου σημασιών με ένα άλλο σύνολο. Πιο συχνά είναι μια βαθμιαία διαδικασία που περιλαμβάνει **εννοιολογική προσθήκη** (Gunstone, 1994) κατά την οποία γίνεται γνωστική αναδόμηση, χωρίς όμως απαραίτητα να σβήνει τις προϋπάρχουσες έννοιες. Έτσι η εννοιολογική αλλαγή μπορεί να θεωρηθεί ως αντικατάσταση ή προσθήκη διαφορετικών εννοιών. Τελικά και παρά το γεγονός ότι η μάθηση περιλαμβάνει πράγματι την αναδόμηση των ιδεών, αυτό δε σημαίνει απαραίτητα την εγκατάλειψη των προγενέστερων ιδεών. Υπάρχει πάντα η πιθανότητα να υπάρχουν στον μαθητή παράλληλα ή πολλαπλά εννοιολογικά σχήματα που ασχολούνται με ιδιαίτερες όψεις των φυσικών επιστημών σε διαφορετικά πλαίσια (Solomon, 1983). Η διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής προχωρεί διαμέσου της σταδιακής τροποποίησης των νοητικών μοντέλων για το φυσικό κόσμο (Βοσνιάδου, 1994). Μια προσπάθεια, λοιπόν, εννοιολογικής αλλαγής μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα:

α) Την απόρριψη της νέας έννοιας και τη διατήρηση του αρχικού, διαισθητικού, νοητικού μοντέλου.

β) Την προσπάθεια αφομοίωσης της νέας έννοιας των επιστημονικών απόψεων δηλαδή, στις υπάρχουσες νοητικές δομές. Θα υπάρχει έτσι ένας συνδυασμός των αρχικών εννοιών με τις νέες έννοιες.

γ) Την αποδοχή ενός νέου νοητικού μοντέλου που απηχεί τις επιστημονικές απόψεις.

Θα υπάρχουν έτσι μετά την προσπάθεια για εννοιολογική αλλαγή τρία είδη νοητικών μοντέλων, τα διαισθητικά, τα συνθετικά και τα επιστημονικά αντίστοιχα (Vosniadou, 1992 / Ιωαννίδης & Βοσνιάδου, 1994).

3.6. Το μοντέλο διδασκαλίας του A.H. JOHNSTONE

Η Joint Committee on Chemical Education στη Βρετανία θεώρησε, στις αρχές της δεκαετίας του '80, ότι έπρεπε να ληφθούν κάποια μέτρα ώστε να προνοηθεί στο εκπαιδευτικό τους πρόγραμμα μια συνιστώσα της χημείας, που να είναι «Χημεία για Όλους» (Chemistry for All), για μαθητές από 16 ετών και πάνω. Ζητήθηκε λοιπόν από τον A.H. Johnstone να υποστηρίξει μια πρόταση πάνω σ' αυτό.

Η Χημεία σε τρία επίπεδα:

Μακροσκοπικό-Μικροσκοπικό-Συμβολικό

Με το άρθρο του «macro- and microchemistry» (Johnstone 1982) υποστηρίζει για πρώτη φορά τρία επίπεδα διδασκαλίας της χημείας.

«Εκείνοι από μας που είναι ακαδημαϊκοί χημικοί έχουν μια άποψη επί του αντικειμένου τουλάχιστον τριών επιπέδων.

Υπάρχει ένα επίπεδο στο οποίο μπορούμε να δούμε και να χειριστούμε υλικά, να περιγράψουμε τις ιδιότητές τους με όρους όπως πυκνότητα, χρώμα, ευφλεκτότητα και άλλες ανάλογες. Ενδιαφερόμαστε επίσης για τη δυνατότητα συνένωσης ενός υλικού μέσα σε ένα άλλο με τις συνέπειες αλλαγής των ιδιοτήτων.

Ένα δεύτερο επίπεδο είναι το συμβολικό στο οποίο προσπαθούμε να παραστήσουμε χημικές ουσίες με τύπους και τις αλλαγές τους με εξισώσεις. Αυτό είναι μέρος της γλώσσας των μνημένων του αντικειμένου.

Το τρίτο επίπεδο είναι ατομικό και μοριακό, ένα επίπεδο στο οποίο επιχειρούμε να ερμηνεύσουμε το γιατί οι χημικές ουσίες έχουν τον τρόπο να συμπεριφέρονται έτσι.

Επικαλούμαστε άτομα, μόρια, ιόντα, δομές, ισομερή, πολυμερή κτλ. να μας δώσουν μια νοητική εικόνα από την οποία να κατευθύνουμε τη σκέψη μας και να τη φέρουμε σε αναλογία με το περιγραφικό επίπεδο που μνημονεύθηκε παραπάνω. Αυτά τα τρία επίπεδα θα μπορούσαν να ονομαστούν:

1^ο: περιγραφικό & λειτουργικό,

2^ο: αναπαραστασιακό ή συμβολικό,

3^ο: επεξηγηματικό (ερμηνευτικό).

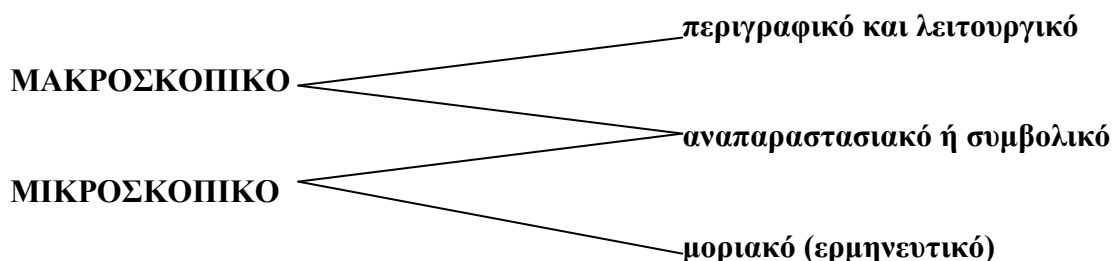
Εξασκημένοι οι χημικοί πηδούν ελεύθερα από επίπεδο σε επίπεδο σε μια σειρά νοητικών γυμνασιακών ασκήσεων. Είναι πολύ δύσκολο τελικά να διαχωρίσει κανείς αυτά τα επίπεδα. Π.χ. όταν κοιτάζουμε ένα τμήμα βενζολίου, είμαστε σχεδόν σίγουροι ότι βλέπουμε εξάγωνο και ανατρέχουμε στον εκτοπισμό του ηλεκτρονιακού νέφους, το ίδιο εύκολα όπως σε ευφλεκτότητα και τοξικότητα. Η ηλεκτρόλυση υδατικού διαλύματος χλωριούχου χαλκού με ηλεκτρόδια από λευκόχρυσο φέρουν στη μνήμη εικόνες από κατιόντα χαλκού και ανιόντα

χλωρίου να κατευθύνονται σε αντίθετες κατευθύνσεις, προσλαμβάνοντας ή χάνοντας ηλεκτρόνια και μετατρέπόμενα στα ηλεκτρόδια σε κρυστάλλους μεταλλικού χαλκού και μόρια χλωρίου (διατομικά ασφαλώς!).

Εντούτοις ένα παιδί βλέποντας τα ίδια φαινόμενα για πρώτη φορά μάλλον βλέπει κάτι διαφορετικό, διότι λειτουργεί στο περιγραφικό/λειτουργικό επίπεδο. Βλέπει ένα καφετί απόθεμα στο αρνητικό ηλεκτρόδιο και βλέπει φυσαλίδες στο άλλο. Οι φυσαλίδες του αερίου έχουν άσχημη οσμή και μπορούν να αποχρωματίσουν ένα κομματάκι χρωματισμένο χαρτί. Το χρώμα του διαλύματος γίνεται πιο χλωμό μέχρις ότου ξεθωριάσει ολόκληρο.

Αυτό είναι ακριβώς το επίπεδο στο οποίο οι περισσότεροι από μας, κατά μέσο όρο τώρα ή στην κατοπινή μας καριέρα, διδαχθήκαμε στο σχολείο. Σ' αυτό προστέθηκε το συμβολικό επίπεδο σε άλλη σχολική βαθμίδα. Όμως με τους νεωτερισμούς που εισήγαγε η μεταρρύθμιση με τις καινούριες εκδόσεις των βιβλίων του 60 και 70, η χημεία στράφηκε περισσότερο στην επιβολή του τρίτου επιπέδου ...».

Κατά τον Johnstone η χημεία δε χρειάζεται «τίποτε μικρότερο από ένα τούβλο», το οποίο είναι περιγραφικό και λειτουργικό και το οποίο θα μπορούσε να είναι ο «πυρήνας» για την εκπαίδευση του καθενός. Μπορεί να είναι ή να μην είναι απαραίτητο να ακολουθείται από συμβολικό επίπεδο. Το τρίτο επεξηγηματικό επίπεδο το περιλαμβανόμενο στη μικροχημεία δεν είναι απαραίτητο για τον πυρήνα εκπαίδευσης κάθε πολίτη.



Ο Johnstone δίνει μια αναλογία μεταξύ αυτού του επιχειρήματος και της χρήσης του αυτοκινήτου. Για την πλειονότητα του κόσμου το αυτοκίνητο υπάρχει στο περιγραφικό/λειτουργικό επίπεδο. Γνωρίζουν πώς να το οδηγούν, μπορούν να περιγράψουν ελαττώματα σ' αυτό και να βρουν πολύ ευχαρίστηση και αξία στη χρήση του. Ορισμένα πηγαίνουν μακρύτερα και μπορούν να χρησιμοποιούν ένα συμβολικό λεξιλόγιο όπως καρμπυρατέρ, διανομέας, έμβολο, αναφλεκτήρας κ.ά. Λίγοι ωστόσο βλέπουν την ανάγκη, να φροντίζουν μόνοι τους για τη συντήρησή του, να γνωρίζουν λεπτομερώς τις εξηγήσεις των απότερων σημείων της λειτουργίας της μηχανής, του μίγματος του καυσίμου, για πρόσθετα λαδιών και εκπομπές καυσαερίων.

Αυτή η μακροχημεία του κάθε πολίτη, του «John Citizen» όπως τον αποκαλεί, μπορεί να φαίνεται μια πολύ φτωχή μορφή του αντικειμένου. Απλώς μια οδηγία στη μάθηση ρουτίνας, εξέμεση και αποστέρηση τόσο της ουσιώδους ομορφιάς (όπως την αντιλαμβάνονται οι χημικοί) όσο και του ενυπάρχοντος υπόβαθρου του αντικειμένου. Αλλά πιστεύει ότι αυτό είναι μακριά από την αλήθεια.

Κατά τους φιλοσόφους της παιδαγωγικής Hirst και Phenix, μεταξύ όλων των άλλων, η εκπαίδευση του καθενός θα έπρεπε να συνίσταται στο να θέτει ερωτήματα από το φυσικό κόσμο. Ερωτήματα που μπορεί να είναι διαφορετικού τύπου, που να απαιτούν διαφορετικές ερμηνείες. Άλλα ερωτήματα μπορεί να απαντηθούν μόνο με ένα πείραμα. Όπως μια ερώτηση θα μπορούσε να είναι:

Πώς μπορώ να ξέρω αν αυτή η πράσινη πέτρα περιέχει χαλκό;

Ένα πείραμα κατά το οποίο παράγεται από την πέτρα χαλκός μπορεί να απαντήσει σ' αυτό. Το πλέον άμεσο πείραμα, θερμαίνοντας την πέτρα με γαιάνθρακα, θα ήταν προτιμότερο από το να τη διαλύσει κανείς σε οξύ και να ηλεκτρολύσει στη συνέχεια το διάλυμα, που απαιτεί περισσότερα στάδια. Εντούτοις ερωτήματα όπως *«είναι αυτή η πράσινη πέτρα πιο χαριτωμένη από αυτήν εδώ;»* είναι έξω από τη δικαιοδοσία της πειραματικής χημείας.

Η μακροσκοπική χημεία μπορεί να δίνει πολλές ευκαιρίες για να επεξηγεί επιστημονικές ερωτήσεις μέσω του σχεδιασμού πειραμάτων, του ελέγχου τους και των χρήσιμων και έγκυρων ερμηνειών. Ο Johnstone θεωρεί αλαζονικό από μέρους των χημικών να υποθέτουν πως για να είναι σεβαστή η διδασκόμενη χημεία και να ενδιαφέρει τον καθένα πρέπει να εξελίσσεται ταυτόχρονα και στα τρία επίπεδα. Πιστεύει ότι δεν είναι στα ενδιαφέροντα όλων ή δεν το επιθυμούν ή ακόμη δεν είναι ικανοί όλοι να εκτελούν νοητικές γυμναστικές ασκήσεις, εκτεινόμενοι από επίπεδο σε επίπεδο, όπως έχουν οι χημικοί την ευχέρεια να κάνουν. Αντίθετα θα έβρισκαν διασκεδαστικό, ενδιαφέρον και ικανοποιητικό να κινούνται στο μακρο-επίπεδο.

Η μακροσκοπική χημεία μπορεί να αποτελέσει κοινό παρονομαστή για όλους, ένα υπόβαθρο για την καθημερινή επιστήμη, υποστήριξη για τη χρήση του αυτοκινήτου, τη χημεία του «κήπου», για κόλλες, πλαστικά, καύσιμα, ρύπανση του περιβάλλοντος κτλ. Επίσης μια περιοχή γενικού ενδιαφέροντος, που θα μπορούσε επαρκώς να αντιμετωπιστεί από μια «μακροχημεία για όλους και για μικροχημεία για ορισμένους» είναι οι κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνέπειες της χημείας. Θέματα όχι ιδιαίτερα φωτισμένα, τουλάχιστο για το μέσο πολίτη, από παρόμοιες μελέτες. Μια γνώση των μακροσκοπικών ιδιοτήτων των υλικών θα μπορούσε να κάνει αίσθηση για τη σχετική ρυπαντική ικανότητα των διαφόρων πλαστικών έναντι των «φυσικών» υλικών, θα έδινε τη δυνατότητα επιλογής υλικών με τη

βοήθεια των αισθήσεων, για να υλοποιηθούν διάφορες δοκιμασίες: θα ενθάρρυνε σε ασφαλέστερη δουλειά στο σπίτι και στην εργασία και θα έριχνε φως στις βιομηχανικές αποφάσεις, οι οποίες επηρεάζουν τον καθένα.

Εξάλλου, κατά τον Johnstone, κάθε υπαινιγμός ότι η μακροσκοπική μελέτη είναι νοητικά κατώτερη μπορεί να ανατραπεί με το επιχείρημα ότι και στην κλασική θερμοδυναμική εκτεινόμαστε μόνο σε μακροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο. Όσοι την εξασκούν έδειξαν την ισχύ της μακροσκοπικής μελέτης, χωρίς να επικαλεστούν μικρο-επίπεδο.

Ο Johnstone επανέρχεται ενισχύοντας τις απόψεις του εκ νέου, μετά από δέκα περίπου χρόνια με την εργασία του «Thinking about thinking» (Johnstone, 1991). Για να δικαιολογήσει την έλλειψη ενθουσιασμού από μέρους των μαθητών, στην ύλη της χημείας που πραγματεύονται τα αναλυτικά προγράμματα. Μετά τις επαναστατικές αλλαγές στις Αγγλοσαξωνικές χώρες το 1960, εκφράζει τις ανησυχίες του και ερμηνεύει με βάση ένα μοντέλο μάθησης, τις δυσκολίες που αντιμετωπίζει ο μαθητής στην κατανόηση της χημείας.

Πιστεύει ότι έχει παραμεληθεί η **παιδαγωγική-διδασκτική** συνιστώσα, ενώ όλη η προσοχή δόθηκε στη «**χημική**» συνιστώσα, με αποτέλεσμα ενώ οι χημικοί αισθάνονται δικαιωμένοι και ικανοποιημένοι, οι μαθητές αισθάνονται απογοητευμένοι. Χαρακτηριστική είναι η μείωση του αριθμού των εγγραφομένων φοιτητών στα κολλέγια και τα πανεπιστήμια της Βρετανίας, σε τμήματα χημείας. Και αποδίδει αυτό στο ασυμβίβαστο της διαδικασίας για τη μάθηση με την «**προσλαμβάνουσα έννοια**» (conception) των ενηλίκων για τη χημεία.

Στη διδακτική παρουσίαση της χημείας, ο Johnstone διακρίνει τρεις κύριες συνιστώσες ή επίπεδα:

α) το μακροσκοπικό επίπεδο (macro) που αντιπροσωπεύει: το *αισθητό (ορατό, από κτλ.) και το χρησιμοποιήσιμο*.

β) το μικροσκοπικό ή μοριακό επίπεδο (sub-micro) που αναφέρεται σε: *άτομα, μόρια, δομές, δεσμούς, αλληλεπίδραση μορίων που οδηγούν σε χημικές αντιδράσεις, μηχανισμούς αντιδράσεων*.

γ) το αναπαραστατικό ή συμβολικό επίπεδο που πραγματεύεται: *χημικά σύμβολα, εξισώσεις και στοιχειομετρικούς υπολογισμούς*.

Οι τρεις συνιστώσες μπορούν να προσομοιαστούν ως γωνίες ενός τριγώνου.

(Παρατηρούμε μια αλλαγή στη σειρά διδασκαλίας των τριών συνιστωσών, αν και δεν είναι απολύτως σαφής με την τοποθέτηση των συνιστωσών στις κορυφές του τριγώνου.)

Ο Johnstone επισημαίνει ότι ο κοινός άνθρωπος όταν σκέφτεται γύρω από τη χημεία, σκέφτεται αποκλειστικά σε μακροσκοπικό επίπεδο, σε αντίθεση με τον επιστήμονα χημικό ή

το διδάσκοντα της χημείας, που σκέπτεται ταυτόχρονα και στα τρία επίπεδα. Η σκέψη του θα μπορούσε να παρασταθεί με μια ακολουθία σημείων στο εσωτερικό του τριγώνου που αντιστοιχούν και στις τρεις συνιστώσες ανά πάσα στιγμή. Π.χ. ο όρος **βενζόλιο**, για ένα χημικό, φέρνει στο νου ένα οσμηρό, εύφλεκτο, καρκινογόνο υγρό με δομή κανονικού εξαγώνου, και χημικό τύπο C_6H_6 . Θα ήταν μεγάλο λάθος να φανταζόμαστε, ισχυρίζεται ο Johnstone, ότι όλοι ή οι περισσότεροι μαθητές μας μπορούν να μας ακολουθήσουν στο εσωτερικό του τριγώνου. Η νοητική εκγύμναση της λειτουργίας στο εσωτερικό του τριγώνου απαιτεί από τους μαθητές μας να χρησιμοποιούν ιδέες οι οποίες δε βρίσκονται φυσιολογικά στη μακροπρόθεσμη μνήμη τους σε τάξη, ώστε να λειτουργεί η αντιληπτική ροή ή να τους βοηθά να οργανώσουν την πληροφορία στην περιορισμένη μνήμη εργασίας.

Η δική μας αντίληψη ως προς το τι είναι σημαντικό, ενδιαφέρον και κατανοητό εξαρτάται κατά μείζονα λόγο από το τι υπάρχει ήδη στη μακροπρόθεσμη μνήμη εργασίας τους.

Οι κανονικοί τρόποι σκέψης σχετικά με το φυσικό κόσμο είναι από τη φύση τους μακροσκοπικοί και οι έννοιες σχετίζονται με αισθητά αντικείμενα.

Π.χ. πώς το παιδί σχηματίζει την έννοια *γάτα* και τη διαχωρίζει από την αντίστοιχη *σκύλος*; Στην αρχή κάθε τετράποδο μπορεί να το αποκαλεί *σκύλο* αλλά με τη βοήθεια των γονιών του συναντά παραδείγματα ζώων με κοινά χαρακτηριστικά που τους αποδίδεται η ετικέτα *γάτα*. Σύντομα το παιδί θα επιτρέπει να εντάσσονται σ' αυτή την έννοια (ή κατηγορία) γάτες ενός χρώματος που δε συνάντησε προηγουμένως. Μπορεί ακόμη να κατατάξει στις *γάτες* και μια *τίγρη*, αν και το μέγεθός της είναι πολύ διαφορετικό. Όλα αυτά γίνονται με ένα δίκτυο επεξεργασίας στη μακροπρόθεσμη μνήμη.

Τι γίνεται στην προκειμένη περίπτωση με την έννοια *στοιχείο*; Μπορούμε να επιδείξουμε στους μαθητές λίγη μαύρη σκόνη (άνθρακα), καστανή (πυρίτιο) και κίτρινη (θείο), και να πούμε ότι όλα είναι στοιχεία και ότι καθένα συνίσταται από άτομα του ίδιου είδους. Από αυτές τις πληροφορίες δε βοηθιέται ο μαθητής να συμπεράνει την έννοια *στοιχείο*. Στην έκθεση των εννοιών με σημασία για τους μαθητές, η έννοια του ατόμου δεν είναι διαθέσιμη και σχεδιάζεται πάνω σε μια ιδέα που οι μαθητές δεν έχουν φυσιολογικά, ως στέρεο οικοδόμημα στη μακροπρόθεσμη μνήμη.

Το πρόβλημα οξύνεται όταν επιδεικνύουμε παραδείγματα ενώσεων: μια μαύρη σκόνη (CuO), μια καστανή (PbO_2), και μια κίτρινη (PbO). Τι υπάρχει προσιτό στο μαθητή ώστε να διακρίνει στοιχεία από ενώσεις; Μόνο μέσα από την ατομική σύσταση μπορούμε να εξασφαλίσουμε τη διαφορά. Ούτε όταν δείχνεται πειραματικά το πώς εξάγεται ο χαλκός από το οξειδίο του, βοηθιέται περισσότερο ο αρχάριος. Αποτελεί απόδειξη ότι ο Cu είναι

απλούστερης σύστασης απ' ό,τι το CuO ; Κάποιος μπορεί ακόμη να δείξει ότι το CuO προέρχεται από το Cu . Αυτό είναι ένα είδος διλήμματος, το οποίο φέρνει τη χημική θεωρία τόσο αργοπορημένα στην επιφάνεια της ιστορίας της ανθρώπινης διανοητικής εξέλιξης. Γι' αυτό το *φλογιστόν* επέζησε για τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι υποστηρικτές του δεν ήταν ανόητοι η φύση των εννοιών ήταν τόσο συνολικά διαφορετική από την πλειονότητα των εννοιών του φυσικού κόσμου.

Προσπαθώντας να «περάσουμε» τις έννοιες του στοιχείου και της *ένωσης*, πρέπει ταυτόχρονα να «περάσουμε» τις μικροσκοπικές έννοιες του ατόμου και του μορίου και να παραστήσουμε όλα αυτά με σύμβολα, τύπους και εξισώσεις. Βρισκόμαστε στο εσωτερικό του τριγώνου, πριν να το καταλάβουμε, και λίγοι από τους μαθητές μας μπορούν να μας παρακολουθούν σ' αυτό με κάποια ευκολία. Αυτό το νέο είδος έννοιας παίρνει πολύ χρονικό διάστημα να αναπτυχθεί. Αλλά εφόσον το έχουμε ενσωματώσει στη μακροπρόθεσμη μνήμη, μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε ως ένα δυναμικό τρόπο αντιμετώπισης του κόσμου.

3.7. Ποιοτική και ποσοτική έρευνα

Η έρευνα στις κοινωνικές επιστήμες ταξινομείται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, την ποσοτική και την ποιοτική. Η ταξινόμηση αυτή γίνεται με κριτήρια τον τρόπο συλλογής, επεξεργασίας και παρουσίασης των δεδομένων τους.

Οι ποσοτικές έρευνες βασίζονται κατεξοχήν στην επεξεργασία και παρουσίαση των δεδομένων με αριθμούς, πίνακες, κατανομές, στατιστική ανάλυση κ.ο.κ. Οι ποιοτικές έρευνες παρουσιάζουν τα δεδομένα τους κυρίως ως λεκτικά σύνολα.

Η επιστημονική έρευνα στην εκπαίδευση και κατά συνέπεια στη διδακτική άρχισε να αναπτύσσεται στα τέλη του 19^{ου} αιώνα με ιδιαίτερη αύξηση το 2^ο μισό του 20^{ου} αιώνα. Οι πρώτες έρευνες στην εκπαίδευση, ακολουθώντας το παράδειγμα των θετικών επιστημών, ήταν ποσοτικές. Οι ποσοτικές έρευνες κυριάρχησαν στην επιστημονική κοινότητα μέχρι και τη δεκαετία του 1960, οπότε και άρχισαν να γίνονται αποδεκτές ποιοτικές έρευνες ως επιστημονικές έρευνες με απαιτήσεις (Αθανασίου, 2000).

Σήμερα γίνεται αποδεκτό ότι η διαφορά ανάμεσα σε αυτά τα δύο είδη επιστημονικής έρευνας βρίσκεται στον τρόπο που συλλέγονται και παρουσιάζονται οι πληροφορίες μιας έρευνας και ό,τι η διαφορά αυτή δε συνεπάγεται από μόνη της την ποιότητα στη μια ή την άλλη μορφή έρευνας (Αθανασίου, 2000). Σε ένα ερευνητικό πρόγραμμα τα δύο είδη έρευνας δρουν συμπληρωματικά. Έτσι οι ποιοτικές έρευνες, που κατά κανόνα γίνονται σε μικρότερα δείγματα, παρέχουν τη λεπτομέρεια της παρατήρησης η οποία υποδεικνύει ερμηνείες των αποτελεσμάτων της ποσοτικής εργασίας (Keeves στο De Landsheere, 1996).

Ο συνδυασμός των ποιοτικών και ποσοτικών μεθόδων στην έρευνα της διδακτικής των φυσικών επιστημών έχει αναγνωρισθεί στη βιβλιογραφία (Niaz, 1997a / Tobin, 1993 / Yeany, 1992). Σημειώνει χαρακτηριστικά ο Tobin (1993): «Με την πάροδο του χρόνου έμαθα να συνδυάζω στην έρευνά μου ανάμεσα σε δεδομένα διαφορετικών τύπων, όπως είναι τα ποσοτικά και τα ποιοτικά δεδομένα, τα οποία μπορούν να συνεισφέρουν συμπληρωματικά στη επίλυση των προβλημάτων».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΜΟΡΙΑΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

4.1. Διδακτικές προσεγγίσεις της σωματιδιακής δομής της ύλης και προτάσεις

Υπάρχει μια ποικιλία προσεγγίσεων στη διδασκαλία του σωματιδιακού μοντέλου. Σε πολλά εγχειρίδια του γυμνασίου αυτό παρουσιάζεται ως ένα γνωστό γεγονός και στη συνέχεια γίνεται προσπάθεια εξήγησης ποικίλων φαινομένων. Δεν δίνεται στους μαθητές η ευκαιρία να κατανοήσουν ότι η σωματιδιακή θεωρία είναι ένα θεωρητικό μοντέλο και όχι ένα σύνολο από αντικειμενικά στοιχεία (δεδομένα) και δεν εκτιμούν την τεράστια ισχύ και τους σκοπούς της. Η ιδέα του μοντέλου ως μια θεωρητική δόμηση στην επιστήμη, ωστόσο, δεν συζητιέται συνήθως ή μνημονεύεται σύντομα σε μερικές προτάσεις. Για παράδειγμα τα κείμενα στην Β' τάξη του ελληνικού Γυμνασίου παρουσιάζουν το μοντέλο ως τρία γνωστά δεδομένα: 1) η ύλη αποτελείται από σωματίδια άτομα ή μόρια, 2) υπάρχει κενό μεταξύ ατόμων και μορίων, 3) τα άτομα ή μόρια είναι σε συνεχή κίνηση. Στη συνέχεια τα κείμενα κινούνται στην εξήγηση ποικίλων φαινομένων στη βάση αυτών των όψεων. Πολλά από τα φαινόμενα που εξηγούνται έχουν να κάνουν με την ύλη σε αέρια κατάσταση, η οποία όμως δεν κατανοείται από τους μαθητές (Lee et al. 1993, Smith et al. 1997, Stavy 1991). Για παράδειγμα η διάχυση αερίων φέρνεται ως παράδειγμα που δείχνει τη συνεχή κίνηση των αερίων.

Μια εκτεταμένη εισαγωγή στο σωματιδιακό μοντέλο, βασισμένη σε εποικοδομητικές προοπτικές μάθησης και σε συζητήσεις χαρακτηριστικών σχετικών επιστημολογικών θεωριών, έγινε στα πλαίσια του προγράμματος Children's Learning in Science (CLIS 1987) (Scott 1992, Johnston 1990). Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε από τους Driver και συνεργάτες και χρησιμοποιήθηκε σε μαθητές 8^{ης} τάξης (Β' Γυμνασίου). Η ενότητα εμφανίστηκε να οδηγεί τους μαθητές πολύ φυσικά στο συμπέρασμα ότι η ύλη είναι σωματιδιακή και βασίζεται στην ικανότητα να εκτιμούν τις εμπειρικές ενδείξεις. Ένα από τα ισχυρά σημεία του προγράμματος αυτού είναι ο τεράστιος σεβασμός στις αρχικές ιδέες των μαθητών και η σημασία που δίνει στην προετοιμασία του υποβάθρου για την δόμηση της σωματιδιακής θεωρίας με:

α. εμπλοκή των μαθητών σε δημιουργία δικών τους εμπειριών με διάφορα φαινόμενα σχετικά με την ύλη, β. εμπλοκή των μαθητών σε ένα μυστήριο φόνου σχεδιασμένο να τονίσει ότι μια καλή εξήγηση λογαριάζεται σε ένα φάσμα ενδείξεων ή πειστηρίων, γ. Εξερεύνηση από τους μαθητές αρχικά των τρόπων που τα στερεά, υγρά και αέρια διαφέρουν μεταξύ τους και αναγνώριση ενός προτύπου ιδιοτήτων που διαφέρουν μεταξύ τους. Μετά από αυτές τις αρχικές ασκήσεις, οι μαθητές προκαλούνται να αναπτύξουν μια θεωρία εξήγησης γιατί η ύλη σε διαφορετικές καταστάσεις έχει διαφορετικές ιδιότητες και τι συμβαίνει όταν το νερό αλλάζει καταστάσεις. Οι μαθητές δουλεύουν σε μικρές ομάδες κάνοντας αφίσες των ιδεών τους σχετικά με τι συμβαίνει στο εσωτερικό ενός στερεού, υγρού και αερίου και μετά παρουσιάζουν και συζητούν τις ιδέες τους σε όλη την τάξη. Παρόλο που σωματιδιακές ιδέες υπήρχαν σε κάποιες αφίσες των μαθητών, κάποιοι μαθητές έδιναν μόνο μακροσκοπικές εξηγήσεις και για άλλους πολλά κεντρικά στοιχεία του σωματιδιακού μοντέλου ή αγνοούνταν εντελώς ή παρανοούνταν. Για παράδειγμα, οι μαθητές σκέφτονται ότι υπάρχει μάλλον αέρας μεταξύ των σωματιδίων παρά άδειος χώρος, μπερδεύοντας τα σωματίδια του αέρα με κόκκους σκόνης μέσα στον αέρα, δεν θεωρούσαν τα σωματίδια σε κίνηση ή δεν είχαν ιδέα τι συγκρατεί τα άτομα μεταξύ τους. Σε αυτό το σημείο ο δάσκαλος απασχολούσε τους μαθητές να προσπαθήσουν να φτάσουν σε ομοφωνία σχετικά με βασικά θέματα και αναλάμβανε να παρακινήσει τους μαθητές να αποδεχτούν το σωματιδιακό μοντέλο. Το πρόγραμμα προσφέρει μόνο περιορισμένη καθοδήγηση στο πώς να προχωράς τέτοια θέματα, ειδικά το θέμα του κενού χώρου. Επιπλέον δεν εμπλέκεται το πρόγραμμα με θέματα όπως αν κάθε σωματίδιο έχει μάζα και καταλαμβάνει χώρο. Οι μαθητές ήταν εξοικειωμένοι με τις έννοιες του ατόμου και του μορίου, αλλά διατηρούσαν εναλλακτικές ιδέες και δυσκολεύτηκαν να συνδέσουν “θεωρίες- παιχνίδια” και επιστημονικές δραστηριότητες, ενώ δεν υπήρχε καμιά αξιολόγηση της επίδρασης του προγράμματος στους μαθητές ατομικά (Johnston 1990). Εν τούτοις, το πρόγραμμα αυτό είναι υποδειγματικό από πολλές απόψεις, ειδικά στην προσπάθεια των σπουδαστών να εξερευνήσουν πώς η μοριακή θεωρία παρέχει τις εξηγήσεις για ένα ευρύ φάσμα των φαινομένων.

Κάποια προγράμματα σπουδών προσπαθούν να εισαγάγουν το σωματιδιακό μοντέλο μέσω ανοικτών δραστηριοτήτων, παρουσιάζοντας στους μαθητές ενδιαφέροντα φαινόμενα για εξήγηση και ενθαρρύνοντάς τους να δημιουργήσουν και

να εκτιμήσουν ανταγωνιστικές εξηγήσεις γι' αυτά. Για παράδειγμα το πρόγραμμα σπουδών "The Models of Matter" των Berger et al. (1979) εμπλέκει τους μαθητές 6^{ης} τάξης να εκτιμήσουν πόσο καλά εξηγούν διαφορετικά μοντέλα την ανάμειξη και την διάλυση. Παρουσιάστηκαν ποικίλα μοντέλα συμπεριλαμβανομένου του μοντέλου "ώθησης" (μείγμα πραγμάτων επειδή ένα υλικό ωθεί και μπαίνει στο άλλο), το μοντέλο "ανατάραξης" (μείγμα πραγμάτων επειδή αυτά αναταράσσονται μαζί) και το μοντέλο "μικρών μορίων" (μείγμα πραγμάτων επειδή αποτελούνται από μικρά μόρια που κινούνται). Η υπόθεση των υπευθύνων για την ανάπτυξη προγράμματος σπουδών ήταν ότι οι σπουδαστές θα έβλεπαν σαφώς τα πλεονεκτήματα των μικρών μορίων προκειμένου να διαμορφώσουν εξήγηση φαινομένων. Εντούτοις προσεκτική έρευνα για το πώς αποκρίθηκαν οι σπουδαστές στο πρόγραμμα σπουδών αποκάλυψε ότι αυτό δεν συνέβη (Berkheimer et al. 1990). Οι μαθητές προτίμησαν το εννοιολογικά απλούστερο μοντέλο "ώθησης" ή της μείξης από το μοντέλο "μικρών μορίων". Αυτό δημιούργησε μια αδέξια στιγμή για τους δασκάλους δεδομένου ότι το υπόλοιπο του προγράμματος σπουδών προϋπόθετε ότι οι μαθητές αρχικά θα αποδέχονταν το μοντέλο μικρών μορίων και στη συνέχεια θα ερευνούσαν τη δυνατότητά του να εξηγήσει ένα ευρύ φάσμα άλλων φαινομένων. Συνεπώς, οι δάσκαλοι έπρεπε συχνά απλά να πουν στους σπουδαστές ότι μικρά μόρια ήταν το καλύτερο μοντέλο προκειμένου να συνεχίσουν με την επόμενη ενότητα.

Τα προβλήματα που αντιμετώπισαν οι μαθητές 6^{ης} τάξης με το πρόγραμμα "Models of Matter" των Berger et al. (1979) οδήγησε τους Berkheimer et al. (1990) να προτείνουν ακόμη μια προσέγγιση για την διδασκαλία που θεώρησαν ότι είναι πιο πολύ θεμελιωμένη σε αρχές νοητικών αλλαγών. Θεώρησαν ότι η φύση των παρανοήσεων των μαθητών, που εμποδίζουν την κατανόηση της σωματιδιακής θεωρίας, δεν λαμβάνονταν υπόψη ούτε στις προσεγγίσεις τις βασισμένες σε κείμενα ούτε σε προσεγγίσεις ανοιχτής αναζήτησης. Γι' αυτό ανέπτυξαν ένα αναθεωρημένο πρόγραμμα με τίτλο "Matter and Molecules" (Berkheimer et al. 1988) που αφιέρωσε σχεδόν τόσο χρόνο για την διδασκαλία των μακροσκοπικών φαινομένων όσο και για την διδασκαλία του σωματιδιακού μοντέλου της ύλης. Στην ανάπτυξη της νέας ενότητας έδωσαν ιδιαίτερη έμφαση σε μια απευθείας προσέγγιση, πώς να δώσουν καλά σχηματισμένες εξηγήσεις για τα φαινόμενα με όρους κινητικής θεωρίας, και εγκατέλειψαν την ιδέα της σύγκρισης διαφορετικών μοντέλων της ύλης προκειμένου να δώσουν ορθές εξηγήσεις. Ισχυρίζονται ότι οι μαθητές των μέσων σχολείων είναι

επιστημολογικά απροετοίμαστοι να ασχοληθούν με τέτοια σύνθετα θέματα και ότι η θεώρηση εναλλακτικών μοντέλων θα μπορούσε απλώς να προκαλέσει νοητική σύγχυση παρά διαμόρφωση επιστημολογικής άποψης. Περαιτέρω οι ερευνητές συμφώνησαν ότι επειδή τα επιστημονικά μοντέλα αναπτύσσονται για να απαντήσουν σε ένα ευρύ φάσμα αποδείξεων, παρά είναι βασισμένα σε δεδομένα από κριτικά πειράματα, είναι απλοϊκό να περιμένουμε ότι οι μαθητές θα αποδεχτούν το σωματιδιακό μοντέλο μέσω θεώρησης περιορισμένων πειραματικών αποδείξεων. Ιδιαίτερη προσοχή δίνουν και στην επιλογή φαινομένων, καθώς πολλά προγράμματα έχουν χρησιμοποιήσει φαινόμενα που οι σπουδαστές δεν καταλαβαίνουν ή έχουν μπερδέματα σε μακροσκοπικό επίπεδο (Berkheimer et al. 1990). Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι μαθητές που διδάχτηκαν από την αναθεωρημένη ενότητα με τίτλο “Matter and Molecules” (Berkheimer et al. 1988) σημείωσαν σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα από αυτούς που διδάχτηκαν την ενότητα “Models of Matter” των Berger et al. (1979) σε 9 από τις 10 κατηγορίες φαινομένων, ενώ σημείωσαν παρόμοια αποτελέσματα στην ενότητα της θερμικής διαστολής.

Οι Snir et al. (2003) ισχυρίζονται ότι οι μαθητές μέσης εκπαίδευσης είναι ικανοί να εκτιμήσουν ανταγωνιστικά μοντέλα της ύλης (η ύλη είναι συνεχής, η ύλη αποτελείται από διακριτά σωματίδια που ακουμπούν το ένα στο άλλο και η ύλη συνίσταται από διακριτά σωματίδια με χώρο μεταξύ τους) αν δοθεί περισσότερη προσοχή στο θέμα αυτό. Περιορίστηκαν στην περιγραφή της ασυνέχειας της ύλης με απλά σωματίδια, χωρίς να ορίζουν την φύση αυτών των σωματιδίων, και αποφάσισαν να αγνοήσουν την συνεχή κίνηση των σωματιδίων και τις δυνάμεις μεταξύ των σωματιδίων, αλλά δίνοντας έμφαση στο ότι ακόμα και τα μικρά σωματίδια έχουν μάζα και όγκο. Χρησιμοποιούν ένα λογισμικό με ανταγωνιστικά μοντέλα για την εξήγηση μακροσκοπικών φαινομένων με στερεά και υγρά, όπως η ανάμειξη νερού και οινόπνευματος, η θερμική διαστολή μιας μεταλλικής μπάλας και ο συνδυασμός θείου και χαλκού σε διαφορετικές αναλογίες. Κάθε φαινόμενο θεωρούν ότι έχει ένα απροσδόκητο αποτέλεσμα γρίφο για τους μαθητές, που πιστεύουν ότι η ύλη είναι συνεχής αλλά που μπορεί να εξηγηθεί εύκολα αν υποθέσουμε ότι η ύλη συνίσταται από σωματίδια. Το λογισμικό παρουσιάζει σε προσομοίωση ένα εργαστηριακό πείραμα και δίνει την ευκαιρία στους μαθητές αρχικά να σκεφτούν και να παρατηρήσουν τα κεντρικά δεδομένα. Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση μοντέλων που δίνουν στους μαθητές την ευκαιρία να εξερευνήσουν τα μοντέλα και να

επιλέξουν αποτελεσματικές εξηγήσεις για τα φαινόμενα που παρουσίαζαν τα πειράματα. Οι μαθητές εμπλέκονται με σαφή μεταγνωστική συζήτηση της φύσης των μοντέλων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές που είχαν καλή μακροσκοπική κατανόηση της ύλης ήταν πιο πιθανό να θεωρήσουν το σωματιδιακό μοντέλο ως καλό μοντέλο (μαθητές 5^{ης}, 6^{ης} και 7^{ης} τάξης), και έχουν μια ισχυρή διάρκειας εσωτερίκευση και διατήρηση των κεντρικών υποθέσεων (7^{ης} τάξης). Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές μέσω των σχολείων είναι σε θέση να ασχοληθούν με επιστημολογικά θέματα, όπως τα μοντέλα που εισάγουν στην σωματιδιακή θεωρία της ύλης, μόνο αν έχουν καλή μακροσκοπική κατανόηση της ύλης και συγκεκριμένα κατανόηση των μεγεθών μάζα, όγκος και πυκνότητα. Για πολλούς μαθητές προκύπτουν προβλήματα κατανόησης της σωματιδιακής θεωρίας σε μακροσκοπικό επίπεδο. Παρόμοια συμπεράσματα αναφέρουν και οι Driver και συνεργάτες, Johnston 1990, Berkheimer et al. 1990.

Οι Nussbaum & Novick (1982) σχεδίασαν και εφάρμοσαν μια σειρά 10 μαθημάτων που κάλυπταν τη σωματιδιακή φύση των αερίων, με σκοπό την μελέτη της δυναμικής της εννοιολογικής αλλαγής για μαθητές 6^{ης} τάξης δημοτικού σχολείου. Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων οι μαθητές διδάχθηκαν σχετικά με τα σωματίδια και τον κενό χώρο, τη σωματιδιακή κίνηση και την πρόκληση σωματιδιακής κίνησης. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι οι εννοιολογικές αλλαγές ξεκινούν ως αποτέλεσμα κάποιας εννοιολογικής σύγκρουσης ανάμεσα στην προηγούμενη αντίληψη του παιδιού και σε στοιχεία που την αντικρούουν, δηλαδή από ένα αντιφατικό γεγονός. Ένα τέτοιο αντιφατικό γεγονός είναι η επίδειξη της συμπιεστότητας του αέρα, η οποία μπορεί να οδηγήσει στην πρόταση του κενού χώρου. Η ανάλυση έδειξε ότι οι μαθητές δεν εγκαταλείπουν εύκολα τις προαντιλήψεις τους και παρουσιάζουν την τάση να αφομοιώνουν τις καινούριες πληροφορίες στις προηγούμενες αντιλήψεις τους, δομώντας μεικτές αντιλήψεις (εναλλακτικές σωματιδιακές αντιλήψεις). Οι ερευνητές συνιστούν να δίνεται στους μαθητές η ευκαιρία να εκφράζουν τις αρχικές τους απόψεις.

Μια εκτεταμένη σειρά μαθημάτων για μαθητές 7^{ης} τάξης σχετικά με τη μοριακή θεωρία έχει αναπτυχθεί από τον Nussbaum (1997) και επικεντρώνεται στην εξήγηση της συμπιεστότητας και της ελαστικότητας του αέρα. Στο πρόγραμμα αυτό μια κεντρική νοητική δυσκολία που εμποδίζει τους μαθητές να κατανοήσουν τη βασική ιδέα ότι η ύλη συνίσταται από διακριτά σωματίδια, θεωρείται ότι είναι η

έλλειψη της επιστημονικής κατανόησης από τους μαθητές του κενού χώρου. Η διδασκαλία της σωματιδιακής θεωρίας, βασισμένη σε μια ανάλυση της σχετικής ιστορίας της επιστήμης, περιλαμβάνει την εξής ακολουθία: 1. Μάθηση με συζήτηση ουσιωδών ιδεών ώστε να ξεκαθαριστούν οι προϋπάρχουσες ιδέες και να αναπτυχθεί επιστημολογική άποψη και για το πώς λειτουργεί η επιστήμη. 2. Εκκίνηση της διδασκαλίας με την συζήτηση της έννοιας του κενού που δίνει τη δυνατότητα ασυνέχειας και κίνησης. 3. Εισαγωγή της μελέτης του σωματιδιακού μοντέλου με την έρευνα της συμπεριφοράς του αέρα και των άλλων αερίων. Ιστορικά η αέρια κατάσταση είναι η σωστή αφετηρία για την θεμελίωση της ιδέας της ύπαρξης του κενού. 4. Εισαγωγή αναλογιών και “πειραμάτων κλειδιών” όπως του Pascal, του Boil με το μαλλί ή με το ελατήριο για συμπιεστότητα ή η αναλογία Torricelli της ατμόσφαιρας, τα οποία έχουν επηρεάσει την ιστορία της επιστήμης. Το συμπέρασμα της εργασίας είναι ότι η μελέτη του σωματιδιακού μοντέλου είναι μια μακρά διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής, που συνοδεύεται από αντιπαράθεση ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους λανθασμένων ιδεών και συμπεριλαμβάνει στάδια που εναλλάσσονται από πρόοδο και οπισθοδρόμηση. Απαιτείται να αναπτυχθεί μια σπειροειδής διαδικασία κατά τη διάρκεια μακροχρόνιας σειράς μαθημάτων και μελέτης. Επίσης οι λανθασμένες ιδέες μπορεί να έχουν ένα θετικό ρόλο, καθώς είναι το ακατέργαστο υλικό για κριτική διερεύνηση που μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερα επίπεδα κατανόησης. Η εξέλιξη της ιστορίας είναι μια ατέλειωτη διαλεκτική διαδικασία θέσης, αντίθεσης και σύνθεσης.

Για τον Millar (1990), η “κανονική” διδασκαλία των σωματιδίων δεν έχει καμιά χρήση στα παιδιά που την απορρίπτουν γιατί την θεωρούν αδρανή γνώση. Η θεωρία σωματιδίων δεν πρέπει να διδάσκεται ως μια μεμονωμένη διδακτική ενότητα. Η επιστήμη πρέπει να διδάσκεται με προσεχτικά σχεδιασμένες ακολουθίες, οι οποίες θα πρέπει να οδηγούν το μαθητή “από καθημερινά γνωστικά περιβάλλοντα σε επιστημονικές έννοιες”. Οι μαθητές 14-16 ετών μπορούν να διδαχθούν στοιχεία της σωματιδιακής θεωρίας και μόνον όσα συνεισφέρουν στην κατανόηση καθημερινών φαινομένων. Ο Millar αναφέρει τη δυσκολία των μαθητών να κατανοούν το αέριο ως πραγματικό υλικό που συνίσταται από κινούμενα σωματίδια μέσα σε κενό. Προτείνει την αναβολή μελέτης αερίων και εισαγωγή τους μόνον όταν απαιτείται η εξήγηση συμπεριφοράς στερεών. Η διδασκαλία αερίων πρέπει να βασίζεται σε χημικές αντιδράσεις παραγωγής αερίου με διατήρηση ύλης. Η θεωρία σωματιδίων

παρουσιάζεται από τον Millar με αρκετά θετικό τρόπο, ως εξήγηση παρατηρήσεων συγκεκριμένων δραστηριοτήτων. Επιλέγει επίδειξη παρά αφηρημένες συζητήσεις και πορεία από τον μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο. Στην εργασία του γίνεται μικρή ιστορική αναφορά σε χημικές αντιδράσεις του Dalton. Δεν αισθανόταν ότι η σωματιδιακή θεωρία χρειάζεται αναδόμηση ιδεών των μαθητών. Για τον Millar χρειάζεται η εμπέδωση της ύπαρξης λεπτοδομών, που δεν είναι αντιληπτές. Προτείνει τη μελέτη υφασμάτινης κλωστής με μεγεθυντικό φακό και μικροσκόπιο για μικροδομή των ινών και εισαγωγή μικροσκοπικού επιπέδου μακρομορίων. Σημαντική είναι η πρότασή του για την έννοια της κλίμακας των διαστάσεων των σωμάτων, η οποία κατά την άποψή του πρέπει να προηγηθεί της ανάπτυξης των σωματιδιακών μοντέλων. Η εποικοδομητική άποψη μάθησης (αναδόμηση σημασιών παρά βαθμιαία διαδικασία με την οποία τα πράγματα αλλάζουν ή διευρύνονται) δεν υπαινίσσεται αναγκαστικά και τις εποικοδομητικές μεθόδους διδασκαλίας δηλαδή εκμείευση προϋπαρχουσών, συγκρούσεις και οικοδόμηση νέων. Η επιστήμη πρέπει να διδάσκεται με οποιονδήποτε τρόπο που είναι πιο πρόσφορος για ενεργή εμπλοκή μαθητή, για να προθυμοποιηθούν να αναλάβουν σοβαρή διανοητική εργασία αναδόμησης σημασιών.

Η διδασκαλία της σωματιδιακής δομής των Méheut & Chomat (1990) διαφέρει από τις συστάσεις του Millar (1990). Αυτοί θεωρούν ως ουσιώδεις απόψεις τα αμετάβλητα σωματίδια ως συστατικά της ύλης, ενώ ο κενός χώρος και η κίνηση είναι οι μεταβλητοί παράγοντες. Η “ατομική άποψη” του Piaget δεν συμπεριλαμβάνει το ουσιώδες “αμετάβλητο” μέγεθος των σωματιδίων. Ακόμα και αν το παιδιά σκεφτόταν για τα σωματίδια με τον τρόπο του Piaget, δεν είχαν λόγο ή ανάγκη να θεωρούν τα σωματίδια αμετάβλητα. Η ύπαρξη αμετάβλητων σωματιδίων στη παρέμβασή τους δεν εκμαιεύτηκε αλλά παρουσιάστηκε εξ αρχής. Η προσέγγισή τους είναι βασισμένη σε πειράματα εξ ολοκλήρου με αέρια και αέρα. Μελετώνται οι αλλαγές στη πίεση, στον όγκο και η διάχυση δυο αερίων. Η μελέτη αερίων θεωρείται πιο καλό μέσο για μελέτη μεταβολών κενού χώρου και κίνησης σωματιδίων. Οι Méheut & Chomat (1990) δεν αναφέρθηκαν σε εναλλακτικές ιδέες ούτε έγινε ανάλυση ιστορικότητας για αναγνώριση ή αντιμετώπιση γνωστικών δυσκολιών.

Ο De Vos (1990) θεωρεί σημαντική τη πιστοποίηση γνώσεων από το μακροσκοπικό επίπεδο για την μικροσκοπική περιγραφή. Επισημαίνει ότι η διαίσθηση των μαθητών λειτουργεί με τον τρόπο που λειτουργούσαν οι εναλλακτικές

ιδέες και οι διαισθητικές διαδικασίες στους επιστήμονες. Περιορίσε τη σπουδή των σωματιδίων σε πέντε ποσότητες ήτοι μάζα, χώρο, χρόνο, μηχανική ενέργεια και ηλεκτρικό φορτίο, δηλαδή ακολουθεί την επιστημολογική αρχή υπαγωγής μεγάλου αριθμού φαινομένων σε ελάχιστο αριθμό υποθέσεων (ξυράφι του Ockham). Οι σπουδαστές αυθόρμητα και διαισθητικά δεν μπορούν να εφαρμόσουν τον κανόνα και λόγω των ιδιαίτερων προβλημάτων που έχουν οι μαθητές με την σωματιδιακή θεωρία διερωτάται αν είναι προφανής για τους μαθητές η επιλογή, ως βασικά χαρακτηριστικά του μοντέλου, των πέντε ποσοτήτων που προαναφέραμε και όχι άλλων όπως χρώμα, γεύση, τοξικότητα, θερμοκρασία και ελαστικότητα. Σε ανάλυση περιεχομένου έδειξε ότι οι ορισμοί του εγχειριδίου ήταν μερικές φορές ανακριβείς και συντελούσαν σε σχηματισμό εναλλακτικών ιδεών. Η γενική του στρατηγική έχει ξεκάθαρο επιστημολογικό προσανατολισμό. Στο χαμηλότερο επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης δεν είναι πολύ σημαντικό ποιο σωματιδιακό μοντέλο μαθαίνει ένα παιδί. Είναι πολύ σημαντικό να διατηρηθεί κάτι από την αβεβαιότητα και δοκιμαστικότητα, τα οποία είναι χαρακτηριστικά των μοντέλων. Αυτό δεν σημαίνει ότι πρέπει να διδαχθεί μια επιστημονική θεωρία για ανάπτυξη και εφαρμογή μοντέλων. Σημαίνει ακόμη ότι τα παιδιά πρέπει να πειραματίζονται, να εργάζονται με ιδέες χωρίς να είναι σίγουρα ότι αυτές είναι ορθές ή λάθος. Δουλεύοντας με μοντέλα δεν είναι απλά μια διανοητική υπόθεση, αλλά επίσης και συναισθηματική. Χρειάζεται δημιουργικότητα και στον ίδιο βαθμό πειθαρχία και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ανατροπή, καθώς και σε ικανοποίηση. Αυτός ο τρόπος να δουλεύεις με μοντέλα ενθαρρύνεται αν ο δάσκαλος δεν παρουσιάζει τα σωματιδιακά μοντέλα ως δεδομένα που ανακαλύπτονται από διάσημο επιστήμονα, αλλά ρωτά τους σπουδαστές για τις δικές τους ιδέες, τις συζητάνε όλοι μαζί και δοκιμάζουν τις συνέπειές τους με κατάλληλα πειράματα.

Οι Ben-Zvi et al. υποστηρίζουν ότι η ταυτόχρονη γνωστική λειτουργία σε τρία επίπεδα (μακροσκοπικές ιδιότητες, άτομα - μόρια, ερμηνεία των μακροσκοπικών ιδιοτήτων από τις ιδιότητες των σωματιδίων) είναι η σημαντικότερη δυσκολία για τη μάθηση Χημείας σε μαθητές άνω των 15 ετών. Προτείνουν την ανάδειξη του ατόμου, όπως το πρότεινε ο Dalton, ως αφετηρία των αναλυτικών προγραμμάτων και την εξέλιξή του ως την κβαντική θεωρία, καθώς και συνδυασμό της περιγραφής των χημικών φαινομένων με την ενέργεια.

Αντίθετα για τον ten Voorde (1990) οι μαθητές δεν έχουν λόγους να αναζητήσουν μια περιγραφή των φαινομένων με άτομα και μόρια, διότι έχουν ικανοποιητικά μέσα περιγραφής και ερμηνείας των φαινομένων. Αναγνωρίζει επίσης ότι η καθομιλούμενη γλώσσα παίζει ρόλο στη δυσκολία μάθησης των σωματιδιακών μοντέλων και της Χημείας γενικότερα, διότι προτείνονται, ως ορολογίες, λέξεις οι οποίες έχουν διαφορετικό νόημα στη καθημερινή ζωή ή άλλες που βρίσκονται έξω από το καθημερινό λεξιλόγιο και δεν είναι εύκολο να αποκτήσουν το επιθυμητό νόημα.

4.2. Η οπτικοποίηση της σωματιδιακής συμπεριφοράς

Ως οπτικοποίηση στη μαθησιακή διαδικασία ορίζεται ο οπτικός ερμηνευτικός πειραματισμός, η οπτική αναπαράσταση πληροφοριών ή νοητικών εικόνων. Η οπτικοποίηση αποτελεί ένα εργαλείο για ανακάλυψη, κατανόηση επικοινωνία και διδασκαλία (Μικρόπουλος 2006). Η σωματιδιακή συμπεριφορά, ωστόσο, δεν οπτικοποιείται εύκολα από τους μαθητές (Ben-zvi et al. 1986). Οι αρχάριοι δομούν τύπους οπτικοποίησης ή νοητικά μοντέλα που είναι ανεπαρκή ή ανολοκλήρωτα και που διαφέρουν από αυτά των ειδικών τόσο στο μακροσκοπικό όσο και στο υπομικροσκοπικό επίπεδο (Gabel et al. 1987, Bunce & Gabel 2002).

Για τις Bunce & Gabel (2002) για να κατανοήσουν οι μαθητές πώς λειτουργεί μια διαδικασία και να οπτικοποιήσουν ένα νοητικό μοντέλο ενός συστήματος, που να είναι σε συνέπεια με προηγούμενη γνώση, απαιτούνται επεξηγηματικές επιδείξεις, μια σαφής διδασκαλία σωματιδιακής αλληλεπίδρασης σύμφωνα με το μοντέλο Mayer (1993). Το μοντέλο του Mayer των επεξηγηματικών επιδείξεων βασίζεται και στο μοντέλο παροχής πληροφοριών και την θεωρία της νοηματικής μάθησης του Ausubel. Η χρήση των απλών επεξηγήσεων που στοχεύουν στην εστίαση της προσοχής των μαθητών σε ειδικά στοιχεία της εξήγησης και οδηγούν τους μαθητές να δομήσουν την δική τους εσωτερική σύνδεση μεταξύ των μερών της, είναι σύμφωνα με την διαδικασία παροχής πληροφοριών, όπου οι μαθητές πρέπει να κωδικοποιούν κάθε στοιχείο, πριν να εξεταστεί η αλληλεπίδραση. Ο Mayer, όπως ο Ausubel, κάνει διάκριση μεταξύ της καθαρής απομνημόνευσης των παραγόντων και της ισχυρής κατανόησης. Σύμφωνα με αυτόν, οι μαθητές υψηλής προηγούμενης γνώσης μπορεί να είναι ικανοί να δομήσουν ένα νοητικό μοντέλο ενός συστήματος χρησιμοποιώντας

μόνο τις πληροφορίες που δίνονται σε κείμενο, ενώ οι μαθητές χαμηλής προηγούμενης γνώσης μπορεί να μην είναι ικανοί να δομήσουν ένα χρήσιμο νοητικό μοντέλο του συστήματος, χρησιμοποιώντας μόνο πληροφορίες του κειμένου. Η σαφής διδασκαλία της σωματιδιακής αλληλεπίδρασης, όπως ατομική, μοριακή ή ιοντική, εφοδιάζει τους δασκάλους με επεξηγηματικές επιδείξεις που κατά τον Mayer βοηθούν τους μαθητές να αποκτήσουν νοηματική μάθηση, αρκεί αυτές οι εξηγήσεις να αναφέρονται σε παρατηρήσιμα χημικά φαινόμενα.

Οι Bunce & Gabel (2002) αναφέρουν ότι η σαφής διδασκαλία της σωματιδιακής θεωρίας παρέχει στους λιγότερο ικανούς μαθητές ένα νοητικό μοντέλο απαραίτητο για χρήση της προηγούμενης γνώσης για τη λύση καινοτόμων προβλημάτων. Οι παραπάνω ερεύνησαν πώς επιδρούν στην επίδοση οι αναπαραστάσεις της ύλης που παρουσιάστηκαν σε μια πειραματική ομάδα και μια ομάδα ελέγχου. Η πειραματική ομάδα διδάχθηκε τη δομή της ύλης με τρεις αναπαραστάσεις της ύλης: μακροσκοπική, σωματιδιακή και συμβολική ενώ η ομάδα ελέγχου μόνο μακροσκοπική και συμβολική. Η συνολική επίδοση για τις τρεις αναπαραστάσεις ήταν υψηλότερη στην πειραματική ομάδα. Η διδασκαλία σωματιδιακής αναπαράστασης δεν είχε σημαντική επίδραση στην επίδοση των αγοριών, αλλά βελτίωσε σημαντικά τις επιδόσεις των κοριτσιών που διδάχτηκαν την σωματιδιακή αναπαράσταση σε σχέση με κείνα που δεν διδάχτηκαν σωματιδιακή αναπαράσταση. Για τους Noh & Scharmann (1997) τα εικονογραφικά υλικά σε μοριακό επίπεδο βοηθούν τους μαθητές να δομήσουν επιστημονικώς ορθές έννοιες σε σχέση με την παραδοσιακή, εντούτοις, η χρήση των εικονογραφικών υλικών δεν είχε καμία διευκολυντική επίδραση στη δυνατότητα επίλυσης προβλήματος.

Επεξηγηματικές επιδείξεις, που οδηγούν σε νοηματική κατανόηση, είναι και τα στατικά διαγράμματα με χαρτί και μολύβι ή προσομοιώσεις σε υπολογιστή. Τα εποπτικά αυτά μέσα μπορούν να βοηθήσουν να αντιμετωπιστούν μαθησιακά εμπόδια κατά την προσέγγιση εννοιών που περιγράφουν τη δομή της ύλης, καθώς έχει υποστηριχθεί ότι προκύπτουν ως ένα βαθμό και από την έλλειψη εποπτείας (Poza 2001). Η στατική οπτικοποίηση δύο διαστάσεων, δηλαδή σχέδια με τελίτσες και κύκλους που παριστάνουν άτομα, ιόντα και μόρια, φαίνεται να αυξάνει την κατανόηση σε όλα τα επίπεδα, αισθητηριακό, σωματιδιακό και συμβολικό (Gabel & Bunce 1991). Από τη σκοπιά της διπλής κωδικής θεωρίας του Paivio (1986), εικόνες και λέξεις ενεργοποιούν τη φαντασία και τους λεκτικούς κώδικες. Οι εικόνες

πλεονεκτούν έναντι των λέξεων, γιατί οι λέξεις για τις εικόνες είναι περισσότερο διαθέσιμες από ότι, οι εικονικοί κώδικες για τις λέξεις και επειδή οι εικόνες είναι πιθανό να είναι διπλά κωδικοποιημένες. Οι προσομοιώσεις αναπαριστούν ένα αντικείμενο ή μια κατάσταση με τη βοήθεια λογισμικών που προσφέρουν δυνατότητες χειρισμού συνθηκών και παραμέτρων για μελέτη. Οι προσομοιώσεις θέτουν το μαθητή σε καταστάσεις παρόμοιες με την πραγματικότητα, που τους παρέχουν ανάδραση σε πραγματικό χρόνο για αποφάσεις, δράσεις και ερωτήματα. Ταυτόχρονα είναι απαραίτητα δυναμικές, παρέχοντας επιλογή των μεταβλητών εκείνων που θεωρούνται σημαντικές σύμφωνα με τον απαιτούμενο διδακτικό μετασχηματισμό, παρέχουν κίνητρα στο μαθητή με την αξιοποίηση πολλαπλών αναπαραστάσεων και καθιστούν φανερό για το παιδί τη σχέση των επιδράσεων τους με την εξέλιξη του φαινομένου που προσομοιώνεται (Ράπτης και Ράπτη 2002).

Τα στατικά μοντέλα, όπως διαφάνειες ή διαγράμματα με κιμωλίες, μπορούν να βοηθούν τη δημιουργία νοητικών μοντέλων, αποτυχαίνουν όμως να εικονίσουν τη δυναμική φύση πολλών εννοιών που υπεισέρχονται στη χημεία. Με ηλεκτρονικούς υπολογιστές έχουμε τη δυνατότητα να παρέχουμε δυναμικές ακολουθίες (animation) ατόμων και μορίων σε αντίθεση με τα στατικά μοντέλα. Η δυναμική εξέλιξη αυτών των σωματιδιακών αναπαραστάσεων μπορεί να αυξήσει την νοηματική κατανόηση με προώθηση σχηματισμού δυναμικών νοητικών μοντέλων για τα φαινόμενα πιο συνεπών με τα επιστημονικά, καθώς προωθούν βαθύτερη κωδικοποίηση πληροφοριών από εκείνα των στατικών μοντέλων. Οι μεγάλες δυνατότητες αναπαράστασης μοντέλων που προσφέρουν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές προτείνονται να ενταχθούν στη διδασκαλία (Gilbert et al. 2003, Korobilis et al. 2003, Ardac & Akaygun 2005, Zacharia 2005). Οι αναπαραστάσεις των μοντέλων με ηλεκτρονικό υπολογιστή βοηθούν στη μετάβαση μεταξύ μακροσκοπικού / πραγματικού και υπομικροσκοπικού / συμβολικού επιπέδου (Gilbert et al. 2003, Kosma & Russel 1997, Treagust & Chittleborough 2001, Aiello – Nicosia & Sperandeo – Mineo 2000) και παρέχουν σημαντικά ορθά οπτικά μοντέλα για μικροσκοπικές διαδικασίες που δεν οπτικοποιούνται εύκολα. Η χρήση μοντέλων, προσομοιώσεων και οπτικοποιήσεων ως βάση για τη σχεδίαση και ανάπτυξη εκπαιδευτικών πληροφορικών περιβαλλόντων φέρνει θετικά αποτελέσματα στην οικοδόμηση της γνώσης στις φυσικές επιστήμες (Μικρόπουλος 2002) και στη

διδασκαλία μικρόκοσμου και μακρόκοσμου σε εν ενεργεία και μελλοντικούς δασκάλους (Μικρόπουλος κ.ά. 2001).

Τα ευρήματα έρευνας των Williamson & Abraham (1995) ήταν ότι η νοητική κατανόηση της δομής της ύλης ήταν σημαντικά αυξημένη σε μαθητές που πήραν διαδοχική δυναμική απεικόνιση της σωματιδιακής συμπεριφοράς. Οι μαθητές παρουσίασαν λιγότερες παρανοήσεις, και κατανόησαν τη διατήρηση ύλης, διατηρώντας τα σωματίδια. Οι Ardac & Akaygun (2004) αναφέρουν ότι οι μαθητές που παρακολούθησαν διδασκαλία βασισμένη σε πολυμέσα με έμφαση στη μοριακή δομή ξεπέρασαν τους μαθητές που παρακολούθησαν κανονική διδασκαλία τόσο στη συνολική επίδοση όσο και στην ευκολία με την οποία αναπαρίσταναν την ύλη σε μοριακό επίπεδο. Οι ίδιοι προτείνουν ότι η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας με πολυμέσα μπορεί να βελτιωθεί και να έχει διάρκεια αν οι μαθητές παρακολουθούν τη σχέση μεταξύ διαφορετικών αναπαραστάσεων του ίδιου φαινομένου. Σύμφωνα με τους Barak & Dori (2005) η χρήση τεχνολογιών πληροφόρησης, δόμησης μοριακών μοντέλων και δραστηριότητες αναζήτησης στο διαδίκτυο, βοηθούν τους σπουδαστές να μετακινούνται νοητικά στα τρία επίπεδα κατανόησης της χημείας: το συμβολικό, το μακροσκοπικό, το υπομικροσκοπικό και επιπλέον η χρήση τεχνολογιών μπορεί να ενδυναμώσει την κατανόηση χημικών εννοιών, θεωριών και μοριακής δομής αλλά και την διαδικασία απόκτησης της γνώσης.

Βασισμένη στην προσέγγιση του Mayer για τις επεξηγηματικές επιδείξεις και των τριών επιπέδων κατά Johnstone είναι η εργασία των Tasker & Dalton (2006) που χρησιμοποίησαν το πρόγραμμα VisChem. Οι παραπάνω καταλήγουν ότι η αποτελεσματική χρήση των δυναμικών αναπαραστάσεων απαιτεί η προσοχή των σπουδαστών να εστιάζεται σε κεντρικά χαρακτηριστικά γνωρίσματά τους, να αποφεύγεται η υπερφόρτωση της εργαζόμενης μνήμης και να προωθείται η εννοιολογική κατανόηση και η ολοκλήρωση με την προγενέστερη γνώση. Οι σπουδαστές ενδέκατης τάξης (Β' Λυκείου) που εμπλέκονταν σε συζήτηση ενώ χρησιμοποιούσαν το πρόγραμμα eChem (Wu et al. 2001) έκαναν αξιοσημείωτες αναφορές για τη σύνδεση μεταξύ οπτικών και νοητικών όψεων των αναπαραστάσεων. Αυτό με τη σειρά του μπορεί να βαθύνει την κατανόηση χημικών εννοιών και αναπαραστάσεων. Τα ευρήματα επίσης προτείνουν ότι τα μοντέλα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή μπορούν να βοηθήσουν στη δημιουργία νοητικών μοντέλων.

Οι μαθητές επιδεικνύουν προτίμηση σε ορισμένους τύπους αναπαράστασης και δεν χρησιμοποιούν όλους τους τύπους μοντέλων τριών διαστάσεων εναλλακτικά.

Οι Παπαγεωργίου κ.ά (2007) διερεύνησαν το βαθμό στον οποίο ένα κατάλληλο λογισμικό προσομοιώσεων της σωματιδιακής δομής της ύλης μπορεί να βοηθήσει μαθητές Στ' δημοτικού να κατανοήσουν καλύτερα τη δομή της ύλης και να ερμηνεύσουν με βάση αυτήν φαινόμενα τήξης και εξάτμισης, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την εξάτμιση. Για τις ανάγκες της έρευνας σχεδιάστηκαν δύο παράλληλες διδακτικές παρεμβάσεις, 6 ωρών η καθεμιά, στις οποίες γινόταν μελέτη των φαινομένων με χρήση της σωματιδιακής θεωρίας της ύλης, με και χωρίς τη χρήση του υπολογιστικού αντίστοιχα. Για τη συλλογή των δεδομένων το δείγμα υποβλήθηκε σε κλινικές συνεντεύξεις πριν και μετά τις παρεμβάσεις. Από τα αποτελέσματα της έρευνας προκύπτει ότι η διδασκαλία της σωματιδιακής θεωρίας βοήθησε τους μαθητές και των δύο ομάδων να κατανοήσουν σε σημαντικό βαθμό τα υπό μελέτη θέματα. Ωστόσο οι μαθητές που έκαναν χρήση του λογισμικού, χωρίς να έχουν θεαματικές διαφοροποιήσεις από τους υπόλοιπους, φάνηκε να έχουν μεγαλύτερη πρόοδο στην εξέλιξη των σωματιδιακών τους ιδεών και σε γενικές γραμμές έδωσαν περισσότερο συνεπείς και ποιοτικά καλύτερες ερμηνείες. Έτσι η πορεία που έχει ήδη ξεκινήσει στα Ελληνικά δημοτικά σχολεία με την εισαγωγή της σωματιδιακής θεωρίας μπορεί να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο με το σχεδιασμό και τη χρήση κατάλληλων λογισμικών προσομοίωσης.

Η χρήση σωματιδιακών διαγραμμάτων έχει προταθεί ότι βοηθά και τα αγόρια και τα κορίτσια. Υπάρχουν κάποια πειραματικά δεδομένα που προτείνουν ότι αγόρια και κορίτσια μαθαίνουν με διαφορετικό τρόπο, κάτι που οφείλεται σε διαφορετικά επίπεδα χωρικής ικανότητας μετρημένης με τεστ χωρικής ικανότητας με χαρτί και μολύβι (Halpern 1992). Άλλες μελέτες αντικρούουν αυτό το εύρημα των διαφορετικών επιπέδων χωρικής ικανότητας, αποδίδοντάς το σε τεχνούργημα της περίπτωσης του τεστ (Goldstein et al. 1990). Ο Wong (1988) πρότεινε ότι ο λόγος για τις διαφορές φύλου στη μάθηση, όπως επιδεικνύεται σε λύση μαθηματικών προβλημάτων, δεν είναι αποτέλεσμα χωρικής ικανότητας αλλά μάλλον μια διαφορά στη ικανότητα των κοριτσιών να δημιουργούν απλά εποπτικά μέσα. Ο Johnson (1984) σημείωσε ότι παρέχοντας στα κορίτσια ένα διάγραμμα βελτιώνεται η ικανότητα λύσης προβλήματος, αλλά ο Friedman (1995) πρότεινε ότι τα κορίτσια είναι λιγότερο πιθανό να δημιουργούν δικά τους εποπτικά μέσα από ότι τα αγόρια. Τα

σωματιδιακά διαγράμματα, χρησιμοποιημένα ως απλές επιδείξεις της αλληλεπίδρασης ατόμων, μορίων και ιόντων, μπορεί να επιδρούν στην διαφορετική επίτευξη αγοριών και κοριτσιών, όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Kahle 1990, Scantlebury et al. 1992).

Οι Bunce & Gabel (2002) έδειξαν ότι η διδασκαλία σωματιδιακής φύσης της ύλης έχει μια διαφορετική επίδραση σε κορίτσια από ότι στα αγόρια. Κορίτσια με την ίδια τυπική συλλογιστική με τα αγόρια, είχαν προηγούμενη χαμηλότερη επίδοση απ' ότι τα αγόρια. Τα κορίτσια που διδάχτηκαν σωματιδιακή φύση της ύλης σημείωσαν υψηλότερο σκορ απ' ότι αυτά που δεν διδάχτηκαν. Επίσης βελτίωσαν την συνολική επίδοση ισοδύναμα με τα αγόρια που διδάχτηκαν. Η διαφορά μεταξύ αγοριών και κοριτσιών μπορεί να οφείλεται σε επιδέξια ή μη χρήση των επεξηγηματικών επιδείξεων κατά Mayer. Από την στιγμή που παρέχει στα κορίτσια ένα νοητικό μοντέλο, η επίτευξη στη λύση προβλήματος είναι ισοδύναμη. Για τις Bunce & Gabel (2002) τα αγόρια συγκρινόμενα με κορίτσια έχουν καλύτερη επίδοση σε τεστ χωρικής ικανότητας μέχρι και αυτά να πάρουν σειρά μαθημάτων και να εξαφανιστούν οι διαφορές χωρικής ικανότητας. Μια περισσότερο οπτικοποιημένη αναπαράσταση της χημικής αλληλεπίδρασης έχει σημαντική επίδραση στην επίδοση αγοριών και κοριτσιών για διάφορες αναπαραστάσεις της ύλης ακόμη και στο συμβολικό επίπεδο.

4.3. Η κατηγοριοποίηση των αντιλήψεων των παιδιών για την ύλη, τις μεταβολές της και τη δομή της

Οι μετασχηματισμοί της ύλης, όπως οι μαθητές τους αντιλαμβάνονται, έχουν κατηγοριοποιηθεί από διάφορους ερευνητές.

Η Anderson (1986, 1990) πρότεινει μια εμπειρική μορφή της αιτιότητας με τις εξής κατηγορίες: 1. Ταυτολογίες (Tautology). Τα παιδιά δεν διερωτώνται ούτε μπαίνουν σε προβληματισμό για το φαινόμενο στο οποίο αναφέρεται η ερώτηση και θεωρούν ότι “πάντα έτσι συμβαίνει”. 2. Εξαφάνιση υλικού (Disappearance). Στις περιπτώσεις όπου το υλικό παύει να είναι αισθητηριακά αντιληπτό (π.χ. τέλεια καύση, εξάτμιση), οι μαθητές αυθόρμητα απαντούν ότι το υλικό ή ένα σημαντικό μέρος του έχει εξαφανιστεί. 3. Μετάθεση υλικού (Displacement). Οι ουσίες εμφανίζονται ή εξαφανίζονται μετά από αλλαγές. Στην περίπτωση αυτή οι μαθητές εξηγούν την εμφάνιση μιας νέας ουσίας (με βάση τα αισθητηριακά της

χαρακτηριστικά) θεωρώντας ότι αυτή προέρχεται από το εσωτερικό κάποιας άλλης ουσίας από εκείνες που λαμβάνουν μέρος στην αντίδραση. Εξαφάνιση και μετάθεση σχετίζονται με άμεση αντίληψη. 4. Τροποποίηση υλικού (Modification). α. Οι ουσίες τροποποιούνται διατηρώντας την ταυτότητά τους, δηλαδή οι ουσίες αλλάζουν την εμφάνισή τους αλλά συνεχίζουν να είναι οι ίδιες. Η κατηγορία αποτελεί ορθή απάντηση για φυσικές αλλαγές όπως διάλυση και αλλαγές της κατάστασης. β. Οι ουσίες τροποποιούνται ως προς το ποσό, δηλαδή η ουσία συνεχίζει να είναι ίδια αλλά το ποσό διαφέρει. Οι κατηγορίες αναφέρονται και από Gomez (1995). 5. Μεταστοιχείωση (Transmutation). Οι ουσίες αλλάζουν σε άλλες. Τροποποίηση και μεταστοιχείωση χρησιμοποιούν και τα δυο ένα ευκαιριακό μοντέλο: μια ουσία μπορεί να τροποποιηθεί σε διαφορετικό τύπο ή να μεταστοιχειωθεί σε άλλη ουσία με τη δράση ενός παράγοντα όπως η θερμοκρασία. Αυτό είναι παρόμοιο με τις πρωταρχικές δράσεις που τα παιδιά χρησιμοποιούν να παράγουν τις εξηγήσεις της ύλης. 6. Χημική αντίδραση - αλληλεπίδραση (Interaction). Η κατηγορία χημικής αντίδρασης εμπλέκει την ανάπτυξη ενός περισσότερο περιεκτικού μοντέλου που εξηγεί τη διαδικασία στα πλαίσια της αλληλεπίδρασης μεταξύ διαφορετικών ουσιών. Μόνο ένας περιορισμένος αριθμός μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αποδέχεται τη χημική αλληλεπίδραση. Οι κατηγορίες αυτές ταυτοποιούνται και από άλλους ερευνητές (Βλάχος 1999, Driver 1985, Driver et al. 1994).

Σε μελέτη της Χατζηνικήτα (1995) οι μεταβολές που αναγνωρίζουν Έλληνες μαθητές 11-12 ετών σε μια ομάδα κατάλληλα επιλεγμένων φυσικών και χημικών φαινομένων είναι αλλαγές που περιγράφονται ως μεταβολές της θέσης, μορφής, διάταξης, συγκρότησης και αισθητηριακού ερεθίσματος: 1. Μεταβολές στη μορφή. Οι μεταβολές αναφέρονται σε αισθητηριακά χαρακτηριστικά όπως γεύση, οσμή, χρώμα και ενώ αλλάζουν ορισμένες ιδιότητες η ύπαρξη και η φύση της διατηρούνται αναλλοίωτες. 2. Μεταβολές στη θέση. Φαινόμενα όπως ο διασκορπισμός, η βύθιση ή επίπλευση περιγράφονται με ρήματα κίνησης ή αλλαγής θέσης. 3. Μεταβολές στη διάταξη. Με λέξεις όπως “αναμείχθηκαν”, “έγιναν ένα” περιγράφονται μεταβολές στις οποίες αλλάζει η διάταξη των σωματιδίων που συγκρατούν το σύστημα ενώ η φύση τους παραμένει αναλλοίωτη. 4. Μεταβολές στη συγκρότηση. Αλλάζει η συγκρότηση της ουσίας σε ένα σύνολο μικροσκοπικών σωμάτων ενώ η ύπαρξή της και η φύση της διατηρούνται αναλλοίωτες. Έτσι κατά τη διάλυση αλατιού σε νερό τα

στερεά υλικά διασπάστηκαν ή διασκορπίστηκαν σε πολύ μικρά κομματάκια που δεν μπορούν να δουν.

Η κατηγοριοποίηση των μεταβολών που παρατηρούνται στην ύλη μπορεί να γίνει και με το σχήμα δράστης – υποκείμενο – αποτέλεσμα ή το σχήμα αίτιο – παθών - αποτέλεσμα. Για τα καθημερινά φαινόμενα της σχολικής επιστήμης ο Brosnan (1990) αναφέρει ότι οι αλλαγές που συνθέτουν μια μεταβολή γίνονται από τη δράση κάποιου παράγοντα άμεσα ή έμμεσα πάνω σε κάποιον άλλο (αιτιώδεις παράγοντες). Επίσης η ουσία που υφίσταται τη δράση αντιδρά σχηματίζοντας μια τρίτη προστατευτική ουσία. Σε άλλες περιπτώσεις αλλαγών οι αιτίες δεν θεωρούνται εξωτερικές αλλά εγγενείς στις ουσίες που εμπλέκονται στα φαινόμενα και οι μεταβολές είναι απλά εκδήλωση των εγγενών αυτών ιδιοτήτων (μη αιτιώδεις παράγοντες). Ο Brosnan διακρίνει δυο περιπτώσεις: Μπορεί η ύπαρξη μιας ουσίας να σχετίζεται με την έκφραση των φυσιολογικών ιδιοτήτων της άλλης (συσχετιστική) ή η ύπαρξη εξωτερικού παράγοντα εμποδίζει ή αναχαιτίζει την φυσιολογική φορά των πραγμάτων (φυσιολογική υπό αναστολή). Οι μη αιτιακοί παράγοντες θεωρούνται εγγενείς και φυσιολογικές εκδηλώσεις των ιδιοτήτων των σωμάτων και όχι ως αιτίες που προκαλούν τις μεταβολές όπως οι αιτιώδεις παράγοντες. Το ότι οι μαθητές θεωρούν τις μεταβολές φυσιολογικές και δεν προτείνουν αιτίες για την ερμηνεία των μεταβολών σχετίζεται με την κατηγορία “ταυτολογία”, την οποία προτείνει ο Anderson. Ο Brosnan αναφέρει επίσης ότι για κάποιους μαθητές οι μεταβολές γίνονται για κάποιο σκοπό, όπως χρησιμότητα στον άνθρωπο ή ότι τα σώματα συμπεριφέρονται σαν να έχουν θέληση ή αντιδρούν στη δράση άλλων σωμάτων (τελεολογία ή ανιμισμός).

Οι Mariani & Ogborn (1990), (1991) προσδιόρισαν τις οντολογικές κατηγορίες και τα χαρακτηριστικά τους που χρησιμοποιούνται στην περιγραφή και εξήγηση φαινομένων στο πλαίσιο της καθημερινής ζωής. Για τους παραπάνω η δράση ή η δυνατότητα δράσης πάνω στα αντικείμενα αποφέρουν στοιχεία που διαφοροποιούν τα αντικείμενα από τις αιτίες που προκαλούν τις μεταβολές. Τα αποτελέσματα της δράσης μπορούν να διαφοροποιούν τις έννοιες του χώρου και του χρόνου. Οι οντολογικές κατηγορίες χρησιμοποιούνται για να γίνουν διακρίσεις μεταξύ οντοτήτων που θεωρούνται εντοπισμένες (π.χ. ένα αντικείμενο), από τις διάσπαρτες (π.χ. αέρας) καθώς επίσης μεταξύ δυναμικών (π.χ. ήχος) και στατικών (π.χ. αντικείμενο). Οι ιδέες των παιδιών για την ύλη και τις μεταβολές της είναι σε

μεγάλο βαθμό απαντήσεις στα εξής ερωτήματα: τι μπορείς να κάνεις σε αυτό, από τι είναι φτιαγμένο, τι μπορεί αυτό να προκαλέσει; Ειδικά για την ύλη οι παραπάνω ερευνητές προσδιορίζουν ότι αυτή διακρίνεται από άλλες μη υλικές οντότητες (ήχος, φως), θεωρείται στατική αδρανής (μη δυναμική) και εντοπισμένη με την μορφή των αντικειμένων. Επίσης οι μαθητές θεωρούν την ύλη ως στερεό ή κάποιο είδος πράγματος, ότι μπορείς να την αγγίζεις, ότι είναι πραγματική και όχι νοητική οντότητα, ότι μπορεί να καταστραφεί ή να διατηρήσει την ύπαρξή της σε διάφορες μεταβολές, ότι μπορεί να βρεθεί σε μακροσκοπικές ή μικροσκοπικές διαστάσεις ή ότι έχει σωματιδιακή φύση. Τα παραπάνω στοιχεία προσδιορίστηκαν σε μαθητές 14 έως 17 ετών και έχουν φανερό το στοιχείο της επίδρασης της επιστήμης για τα καθημερινά φαινόμενα. Για τους μαθητές μικρής ηλικίας οι παραπάνω ερευνητές συμφωνούν με συμπεράσματα άλλων ερευνητών ότι ισχύουν οι ακόλουθοι κανόνες: Όλες οι μεταβολές προκαλούνται από κάποια αιτία και αυτή είναι συνήθως υλική. Αν δεν υπάρχει αλλαγή, δεν υπάρχει λόγος να αναζητηθεί η αιτία ή αλλιώς η σταθερότητα δεν παρακινεί τους μαθητές να αναζητήσουν τα αίτια της. Η μάθηση των εννοιών σχετικά με την ύλη, τις μεταβολές της και την σωματιδιακή δομή είναι δύσκολη καθώς οι μαθητές αντιμετωπίζουν προβλήματα τα οποία εκφράζουν την αρχική τους γνώση και τις γνωστικές τους δυνατότητες. Ένα πρόβλημα σχετίζεται με τις οντότητες που δεν είναι αισθητηριακά αντιληπτές. Για τους μαθητές όταν η ύλη δεν είναι αισθητηριακά αντιληπτή, δεν υπάρχει. Η κατηγορία αυτή εναρμονίζεται με την κατηγορία “εξαφάνιση” που προτείνει ο Anderson. Τα αισθητηριακά ερεθίσματα της γεύσης, της οσμής και του χρώματος θεωρούνται δευτερεύουσες και ανεξάρτητες ποιοτικές ιδιότητες των σωμάτων οι οποίες συνεχίζουν να υπάρχουν και όταν ακόμη το υλικό σώμα παύει να είναι αισθητηριακά αντιληπτό ή να υπάρχει. Έτσι αναφέρουν ότι η ζάχαρη κατά τη διάλυση παύει να υπάρχει αλλά μένει η γλυκιά της γεύση ή κατά την εξάτμιση μένει η μυρωδιά. Ένα άλλο πρόβλημα σχετίζεται με την θεώρηση της ύλης ως συνεχή και η διδασκαλία σωματιδίων παράγει συνθετικά μοντέλα στα οποία τα σωματίδια είναι ενταγμένα σε ένα συνεχές.

Οι Haidar & Abraham (1991) ταξινομούν τις αντιλήψεις των παιδιών σε έναν αριθμό εναλλακτικών απαντήσεων, που εξαρτώνται από την φύση της έννοιας. Αυτές είναι: 1. η μίξη για τα φαινόμενα διάχυσης και διάλυσης, 2. σειριακές δράσεις π.χ. φαινόμενα όπως διάλυση, έκχυση ή διάχυση θεωρούνται ως δυο διαδικασίες που συμβαίνουν η μια μετά την άλλη ενώ συμβαίνουν δυο αυτόματες και συνεχείς

διαδικασίες, 3. η πρωταρχική δράση ή μακροσκοπικές εξηγήσεις. Οι μαθητές έχουν δυσκολία στη θεώρηση περισσότερων από ένα παραγόντων που επιδρούν στη διαδικασία. Για παράδειγμα, στη διαδικασία διάλυσης κάποιοι μαθητές πιστεύουν ότι το νερό παίζει τον κύριο ρόλο, 4. θερμидική θεωρία: την εναλλακτική αυτή αντίληψη την ταυτοποίησε ο Erickson (1980). Κάποιοι σπουδαστές διατηρούν την ιδέα, που βρίσκεται στην αρχαία ελληνική επιστήμη και πιστεύουν ότι η θερμότητα είναι μια ουσία που μπορεί να έλκεται, να απορροφάται και να πιάσει χώρο. Κάποιοι σπουδαστές λένε ότι η περίσσια ζάχαρη δεν διαλύεται στο νερό, επειδή η θερμότητα που παρουσιάστηκε στο νερό είχε κιόλας καταναλωθεί από το προηγούμενο ποσό ζάχαρης που προστέθηκε, 5. μη διαφοροποίηση μεταξύ χημικών και φυσικών αλλαγών, 6. δικαιολόγηση με χρήση φυσικών χαρακτηριστικών, όπως το βάρος, ο όγκος και η πυκνότητα, 7. απόδοση της διάλυσης ως υγροποίηση.

Για τη δομή της ύλης οι Renstrom et al. (1990) έχουν αναφέρει 6 ιεραρχικά επίπεδα κατανόησης της σύστασης της ύλης από παιδιά ηλικίας 12 - 15 ετών, που ποικίλουν από την απλούστερη απλοϊκή κατανόηση έως μια μοντέρνα επιστημονική: η ύλη ως ομοιογενής και συνεχής, η ύλη ως μια μονάδα (κύτταρο), η ύλη ως μια μονάδα από μικρά άτομα, η ύλη ως σωρός από σωματίδια, η ύλη συνίσταται από βασικά σωματίδια και η ύλη είναι σύστημα από σωματίδια.

1. Η ύλη ως ομοιογενής και συνεχής, που δεν αλλάζει. Στο επίπεδο αυτό είναι δύσκολο να περιγράψουμε ιδιότητες που κάνουν τις ουσίες διαφορετικές. Αφού η ύλη δεν αλλάζει, μπορεί να σχηματιστεί από το μηδέν ή μπορεί να εξαφανιστεί εντελώς, συγκεκριμένα όταν σπάσει σε μικρότερα σωματίδια. Μια ορισμένη ουσία μπορεί να υπάρχει παράλληλα με άλλη ουσία, ή μπορεί να μεταφέρεται ή να αλλάζει μέσω άλλης. Έτσι το νερό και ο αέρας μπορούν να υπάρχουν σε πολλές άλλες ουσίες. Για παράδειγμα ο βρασμός εξηγείται με αέρα που εμπλέκεται στη διάρκεια τέτοιων διαδικασιών. Με την προϋπαρξη δυο τύπων ουσιών τα φαινόμενα γίνονται ευκολότερα να εξηγηθούν. Η αλλαγή τότε αποδίδεται σε άλλες ουσίες που γίνονται η εστία των εξηγήσεων. Τα πρωτότυπα των αερίων και υγρών δηλαδή ο αέρας ή το νερό χρησιμοποιούνται να εξηγήσουν τη διαδικασία βρασμού. Ο Holding (1987) ανέφερε ότι το 20% μαθητών 17 ετών ακόμα χρησιμοποιούν το μοντέλο για την εξήγηση της σύστασης της ύλης. Η συνεχής θεωρία επικρατεί στα υγρά και αέρια, αλλά αναφέρεται και για τα στερεά. Τα στερεά, ωστόσο, θεωρούνται ως κάτι φτιαγμένο από σωματίδια (Osborne & Schollum 1983). Αυτό επίσης εφαρμόζεται

στις πέτρες που συνίστανται κυρίως από άμμο, λάσπη και χώμα ή αλλιώς οι πέτρες σχηματίζονται από συνδυασμό μικρότερων σωματιδίων σε σωρό (Symington et al. 1985).

2. Η ύλη ως αποτελούμενη από μονάδα (κύτταρο) με δέρμα και πυρήνα. Οι βασικές μονάδες δεν έχουν τις ιδιότητες των ατόμων. Θεωρούνται ως μεγάλα σωματίδια, σταγόνες, κρύσταλλοι, κόκκοι. Τα σωματίδια κολλάνε το ένα στο άλλο. Αυτή η “σωματιδιακή σύσταση” επιτρέπει την διαφοροποίηση των ουσιών, οι οποίες με τα προηγούμενα μοντέλα δεν είναι δυνατό. Ένας τύπος ουσίας μπορεί να υπάρχει σε διαφορετικούς τύπους, δηλαδή μια σταγόνα νερού ή άλλου υγρού είναι ένα παράδειγμα μια τέτοιας βασικής μονάδας. Το εξωτερικό μέρος της σταγόνας, που είναι πολύ λεπτή, παρουσιάζει τον ένα τύπο ενώ το εσωτερικό τον άλλο. Η επιφάνεια της σταγόνας γίνεται αντιληπτή με μετακίνηση ή παραμόρφωση σταγόνων. Διαφορετικοί τύποι της ίδιας ουσίας (πυρήνας και δέρμα) οδηγούν σε εξηγήσεις αλλαγής φάσης. Έτσι στη διάρκεια της θέρμανσης το δέρμα λιώνει και το υγρό βγαίνει έξω. Οι De Vos & Verdonk (1985) περιγράφουν παρόμοια μοντέλα με “θεωρία αυγού”. Όταν σπάμε ένα αυγό, ο κρόκος θα βγει, παρόμοια σε χημικά πειράματα εμφανίζεται χρώμα ή μυρωδιά. Για πολλά παιδιά ένα άτομο χαλκού παρουσιάζεται ως μικρό κομμάτι στερεού μετάλλου και ένα άτομο υδραργύρου σαν μια σταγόνα υγρού (Zen –Zvi et al. 1988). Παρόμοια κάποια στερεά, όπως η ζάχαρη, λαμβάνονται σαν να περιέχουν γλυκιά γεύση μέσα στη ζάχαρη (Sanmatri et al. 1994).

3. Η ύλη ως μια μονάδα από μικρά άτομα. Είναι η αντίληψη του κέικ με σταφίδες. Το επίπεδο αυτό είναι προϊόν μια λαθεμένης αντίληψης του ορισμού ότι η ύλη απο **ε**λείται από **ά**το **μ**α. Τα **ά**το **μ**α μπο **ρ** **ν** να έχο **ν** την ίδια ύλη **ό** **π**ως το περιβάλλον τους ή μπορούν να έχουν δικές τους ιδιότητες (αλλά δεν σπάνε). Αποτέλεσμα της προσέγγισης αυτής, ότι υπάρχουν άτομα σαν σταφίδες στην ύλη, είναι το παράδοξο “ο σίδηρος συνίσταται από άτομα και τα άτομα είναι φτιαγμένα από σίδηρο”. Παρόμοια οι Lee et al. (1993) αναφέρουν ότι τα παιδιά πιστεύουν πως υπάρχουν μόρια στις ουσίες αλλά μια ουσία δεν συνίσταται από μόρια. Κάποια παιδιά πιστεύουν ότι υπάρχει ένα είδος “γενικής ουσίας” ή ένα είδος “υλικού”. Ένα παρόμοιο μοντέλο περιγράφηκε από Griffiths & Preston (1992). Αυτή η χρήση παρανόησης στη χημική βιβλιογραφία (το νερό είναι μόρια νερού), βαθαίνει την σύγχυση μεταξύ μοριακών σωματιδίων και ουσιών (Selley 1978).

4. Η ύλη ως σωρός από σωματίδια. Στο επίπεδο αυτό κάθε ουσία συνίσταται από άπειρα διαιρετά σωματίδια, που δεν συνίστανται από την ουσία.

5. Η ύλη συνίσταται από μονάδες σωματιδίων. Η ύλη συνίσταται από βασικά σωματίδια, που δεν διαιρούνται σε άλλα σωματίδια και που έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά (όπως μορφή και δομή) και που εξηγούν τις μακροσκοπικές ιδιότητες της ύλης.

6. Η ουσία ως σύστημα από σωματίδια. Διαφορετικές μακροσκοπικές ουσίες μπορούν να θεωρηθούν στα πλαίσια ιδιοτήτων, σωματιδίων και συστήματος αυτών.

Ο Johnson (1998c) αναφέρει δυο διακριτές περιοχές ανάπτυξης των σωματιδιακών μοντέλων των μαθητών: μια συνεχή – σωματιδιακή διάσταση και μια μακροσκοπική - αθροιστική διάσταση. Αναφέρει τα εξής μοντέλα για τη δομή της ύλης:

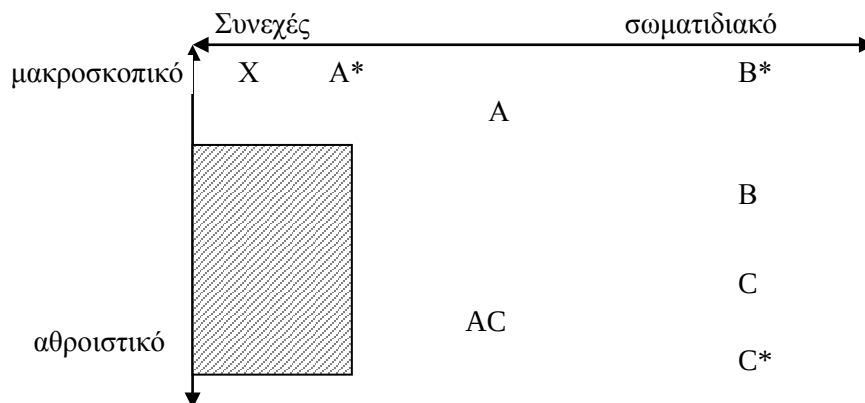
Μοντέλο Χ: Οι ουσίες είναι συνεχείς. Δεν σχεδιάζονται σωματίδια.

Μοντέλο Α: Τα σωματίδια είναι μέσα σε συνεχείς ουσίες. Τα σωματίδια απεικονίζονται αλλά οι ουσίες λέγεται ότι είναι μεταξύ των σωματιδίων. Τα σωματίδια είναι επιπλέον στην ουσία. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία βαθμών προφίλ για τα σωματίδια (ασθενές ή ισχυρό) και σύνδεσης με την ουσία.

Μοντέλο Β: Τα σωματίδια είναι οι ουσίες αλλά με μακροσκοπικά χαρακτηριστικά. Δεν υπάρχει τίποτε μεταξύ των σωματιδίων. Τα ξεχωριστά σωματίδια έχουν τις ίδιες ποιότητες με το μακροσκοπικό δείγμα – κυριολεκτικά τα σωματίδια είναι μικρά κομμάτια της ύλης.

Μοντέλο Γ: Τα σωματίδια είναι οι ουσίες και οι ιδιότητες μιας κατάστασης είναι αθροιστικές ιδιότητες των σωματιδίων. Τα σωματίδια σχεδιάζονται και λέγεται ότι είναι η ουσία.

*Ανάμειξη μοντέλων ΧΑ, ΧΒ, ΒΓ, W (δεν γίνεται διάκριση ΒΓ). Τα ** είναι ακραία μορφή μοντέλου.



Διάγραμμα 4.1.: Μοντέλα ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας (Johnson, 1998c)

Λίγοι μαθητές χρησιμοποιούν το μοντέλο B για την υγρή κατάσταση αλλά χρησιμοποιούν το μοντέλο A για την αέρια κατάσταση. Κάποιοι μαθητές χρησιμοποιούν το μοντέλο B για διαφορετικές ουσίες σε διαφορετικές καταστάσεις αλλά χρησιμοποιούν το μοντέλο C για την ίδια ουσία σε διαφορετικές καταστάσεις, δηλαδή τα σωματίδια δεν αλλάζουν σε αλλαγές κατάστασης. Για τον Johnson (1998c) περισσότεροι μαθητές προοδεύουν κατά μια οριζόντια μετακίνηση ή τουλάχιστον στη διάρκεια μια διάστασης. Η ιδέα της εσωτερικής κίνησης μπορεί να είναι πολύ απαιτητική αλλά φαίνεται ότι με αυτή, ως όψη του μοντέλου, τα παιδιά μπορούν να περάσουν στο μοντέλο C (αν όχι στο C*). Ο ίδιος έκανε σημαντικές επισημάνσεις που αφορούν τη διδασκαλία. Κατά την εισαγωγή της θεωρίας δίνεται μεγάλη έμφαση ακριβώς στην όψη της εσωτερικής κίνησης και συχνά χρησιμοποιούνται πολύ απαιτητικές καταστάσεις: π.χ. σε πάρα πολλά προγράμματα εισαγωγής κινητικής θεωρίας χρησιμοποιείται η κίνηση Braun και τα πειράματα διάχυσης. Αν, ωστόσο, η σωματιδιακή κίνηση περιγράφεται απλά ως ικανότητα κίνησης αυτό είναι σύμφωνο με το μοντέλο A. Τα εγχειρίδια ενθαρρύνουν το μοντέλο A, όταν για παράδειγμα αναφέρουν φράσεις όπως “τα σωματίδια στα στερεά”. Επίσης το μοντέλο B μπορεί να ενθαρρυνθεί και ισχυροποιηθεί, όταν κατά τη διδασκαλία αναφέρεται ότι τα σωματίδια είναι το τελικό αποτέλεσμα ενός εκτενούς μοριακού διαχωρισμού (de Vos & Verdonk 1987a). Επιπλέον το μοντέλο B μπορεί να ισχυροποιηθεί με ταξινόμηση σε θερμοκρασία δωματίου δειγμάτων στερεών, υγρών, αερίων. Είναι μια συνηθισμένη δραστηριότητα που προάγει τρεις τύπους ουσιών και έτσι τρεις τύπους

σωματιδίων (στερεά σωματίδια, υγρά σωματίδια, αέρια σωματίδια) (Johnson 1996). Αν οι μαθητές είναι να προχωρήσουν στο μοντέλο C, που μπορεί να εξηγήσει ότι διαφορετικές ουσίες είναι σε διαφορετικές καταστάσεις, τότε πρέπει να δοθεί έμφαση στις δυνάμεις μεταξύ των σωματιδίων. Ο Johnson (1998c) επισημαίνει ότι πρέπει να ληφθεί υπόψιν και η κλίμακα χρόνου στην οποία θα αναπτυχθεί το βασικό σωματιδιακό μοντέλο. Τα παιδιά φαίνεται ότι θα χρειαστούν χρόνο για να φτάσουν στις βασικές όψεις του σωματιδιακού μοντέλου. Υπάρχει ο κίνδυνος να δυσκολευτούν με τις σωματιδιακές όψεις αλλά παράλληλα να προωθούνται μοντέλα όπως το A, B και να παραλείπονται οι κεντρικές όψεις του C. Προτείνει να δοθεί στα παιδιά η δυνατότητα να δείξουν τι καταλαβαίνουν. Τα μοντέλα A ή B μπορούν να θεωρηθούν αρχικά απαραίτητα στάδια εισαγωγής προς την επιστημονική άποψη και όχι εναλλακτικές απόψεις. Ίσως το B είναι ένα καλό αρχικό μοντέλο, αλλά αυτό μπορεί να είναι μια συνειδητή απόφαση ως μέρος του σχεδιασμού προγράμματος και όχι τυχαία. Το σωματιδιακό μοντέλο μπορεί να ιδωθεί ως μέσο να κατανοήσουν οι μαθητές ότι τα αέρια είναι ουσίες, μια ουσία μπορεί να βρεθεί σε αέρια κατάσταση, ότι υπάρχουν διαφορετικά αέρια που είναι διαφορετικές ουσίες και να ανοιχτεί ο δρόμος κατανόησης χημικών αλλαγών (Johnson 1998a, b, Papageorgiou & Johnson 2005). Παρόμοια ο Eilam (2004) αναφέρει τέσσερις τύπους αναπαράστασης της γνώσης για τη φύση της ύλης. Μια μακροσκοπική άποψη, μια στατική σωματιδιακή, μια πιθανώς δυναμική σωματιδιακή με έλλειψη σαφούς σωματιδιακής κίνησης και μια δυναμική σωματιδιακή κίνηση.

4.4. Σύνοψη ερευνητικών δεδομένων για τα φαινόμενα που σχετίζονται με τη δομή της ύλης

4.4.1. Η ύλη

Η έννοια της ύλης καθορίζεται από εντατικά κριτήρια (χρώμα, ουσία, κατάσταση ύλης) σε αντίθεση με την έννοια του αντικειμένου που καθορίζεται από εκτατικά κριτήρια (αντικείμενο, σχήμα, μέγεθος) (Krnell et al. 1998). Η διαφοροποίηση μεταξύ αντικειμένων και ουσιών εμφανίζεται γύρω στην ηλικία των 9 ετών, όπου η πλειονότητα των μαθητών χρησιμοποιούν τις οίσεις ως πρώτο κριτήριο για την ταξινόμηση αντικειμένων (Krnell et al. 2003, Russell et al. 1991). Τα παιδιά

μπορούν να αναπτύξουν την έννοια της ύλης μαθαίνοντας να διακρίνουν μεταξύ αντικειμένων και ουσιών μέσω της δράσης πάνω στα υλικά (Krnell et al. 1998). Για παράδειγμα τα στερεά διακρίνονται από τα υγρά από τις πρωταρχικές δράσεις όπως κράτημα, σπάσιμο / βάρος ενώ στα υγρά οι πρωταρχικές δράσεις είναι χύσιμο, μεταφορά από το ένα δοχείο στο άλλο και ροή. Συχνά η χρήση δράσεων πάνω στα υλικά οδηγεί σε ανάπτυξη πρωτοτύπων που αναπαριστούν συγκεκριμένους τύπους ύλης. Παράδειγμα η πρωταρχική δράση χύσιμο του νερού δημιουργεί το πρωτότυπο νερό για τα υγρά. Η εστίαση στην ύλη και όχι στο αντικείμενο και η παρατήρηση ότι οι εκτατικές ιδιότητες αλλάζουν ενώ οι εντατικές όχι, μπορεί να γίνει με πειραματισμό, συγκεκριμένα αλέθοντας και σπάζοντας αντικείμενα ή παίζοντας με το νερό (Vogelezang 1987). Συγκρίνοντας τις ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων μπορούμε να παρατηρήσουμε μια μείωση του αριθμού των εκτατικών ιδιοτήτων. Το στερεό ως αντικείμενο έχει ορισμένο σχήμα, όγκο, βάρος, το υγρό έχει όγκο και βάρος, ενώ τα αέρια έχουν βάρος. Αυτό δείχνει μια πρόοδο από το αντικείμενο - στερεό σε ύλη - αέριο. Η ανάπτυξη της έννοιας της ύλης ακολουθεί το παρακάτω σχέδιο: αντικείμενα (μακροεπίπεδο), ύλη (μακροεπίπεδο), αντικείμενο (μικροεπίπεδο). Δουλεύοντας με αντικείμενα κυριαρχεί το σχήμα και επισκιάζει τις άλλες εκτατικές ιδιότητες (μάζα, όγκος) που είναι περισσότερο σημαντικές στα υγρά. Τα υγρά είναι ουσίες που έχουν κάποιες ιδιότητες και των στερεών και αερίων. Γι' αυτό το λόγο είναι ένας καλός ενδιάμεσος για παρατήρηση των διαφορών στις καταστάσεις της ύλης. Τα αέρια έχοντας την εκτατική ιδιότητα της μάζας είναι πιο κοντά στην έννοια της ύλης αλλά στην ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης η έννοια του αερίου ως ύλη αναπτύσσεται αργά και αυτό μέσω ιδιοτήτων που αντικειμενοποιούν τα αέρια. Οι Krnell et al. (2003) προτείνουν ότι τα υγρά, που είναι ευκολότερο να τα αντιληφθούμε ως ύλη παρά τα στερεά, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την κατανόηση των ιδιοτήτων της ύλης. Παρόμοια οι Benson et al. (1993) συστήνουν ότι τα υγρά, ως ορατές ουσίες, θα μπορούσαν να είναι το πρώτο μοντέλο για κατανόησης αερίων ή αέρα.

4.4.2. Καταστάσεις της ύλης

Στερεά. Για την ταξινόμηση των υλικών ως στερεά οι μαθητές χρησιμοποιούν εντατικά κριτήρια, όπως αν είναι μαλακά, σκληρά, αν έχουν συγκεκριμένο σχήμα, αν ζυμώνονται, αν λιώνουν εύκολα, αν μπορούν να γίνουν ορατά και να πιαστούν, αν το

αντικείμενο είναι κοφτερό, που σχετίζεται με την εντατική ιδιότητα άκαμπτο, αν είναι βαρύ που σχετίζεται με την εντατική ιδιότητα της πυκνότητας και το χρώμα. Συγκεκριμένα σκληρά αντικείμενα, που θεωρούνται συνεχή και ομογενή, ταξινομούνται ως στερεά (Jones 1984). Τα σώματα τυποποιούνται ως στερεά αν μπορούμε να τα δούμε, να τα πιάσουμε, να τα κρατάμε ή αν είναι άκαμπτα, σκληρά ή βαριά (Mortimer 1993, Lee et al. 1993). Παιδιά 7-12 ετών έχουν λίγα προβλήματα (80% σωστές απαντήσεις) στο να κάνουν διακρίσεις μεταξύ στερεών και υγρών, συγκεκριμένα με σκληρά και άκαμπτα αντικείμενα. Ωστόσο άλλες ουσίες, όπως αυτές χωρίς σχήμα, που μπορούν να ζυμωθούν (Stavy & Stachel 1985, Jones et al. 1989) ή είναι εύκολο να λιώσουν (Jones et al. 1989) ή είναι σκόνες (Stavy & Stachel 1985) ή είναι κοκκώδεις (Ryan 1990) προκαλούν περισσότερα προβλήματα κατά την ταξινόμησή τους ως στερεές ή υγρές. Αυτή η ταξινόμηση εξαρτάται από το μέγεθος των σωματιδίων: όσο μεγαλύτερο, τόσο πιο εύκολα θεωρούνται στερεές οι ουσίες. Τα σωματίδια κυρίως θεωρούνται ως μικρά κομμάτια μιας στερεάς ουσίας και όχι ως άτομα ή μοριακών διαστάσεων σωματίδια. Τα μέταλλα φαίνονται να έχουν τα λιγότερα προβλήματα και ταξινομούνται ως στερεά (Stavy & Stachel 1985). Τα ίδια προβλήματα συμβαίνουν στα μίγματα, συγκεκριμένα με μίγματα στερεών και νερό: αν ένα μίγμα περιέχει περισσότερο νερό, ταξινομείται ως υγρό. Όπου υπάρχει άδειος χώρος μεταξύ σωματιδίων ή φαίνεται ότι μπορεί να υπάρχει (ζάχαρη), αυτή η περίπτωση γίνεται περισσότερο ενδιαφέρουσα απ' ό,τι οι ιδιότητες των ουσιών (Jones et al. 1989). Τα στερεά περιγράφονται χρησιμοποιώντας πρωτότυπα (ζάχαρη ή αλάτι για σκόνες), χρώμα ή μέγεθος σωματιδίων (σκόνη, κρύσταλλοι) (Solomonidou et al. 1994). Δυσκολίες παρουσιάζονται κατά την περιγραφή του πάγου. Δεν είναι στερεό επειδή μπορεί να αλλάξει σε υγρό (Jones et al. 1989). Εδώ η ακαμψία φαίνεται ως εσωτερική ιδιότητα των στερεών και δεν αλλάζει, οπότε αν μια ουσία μπορεί να χάσει την ακαμψία της δεν μπορεί να είναι στερεά (Jones 1984). Στον καθορισμό κριτηρίων για ταξινόμηση στερεών ένας μεγάλος αριθμός ανεξάρτητα από την ηλικία συνδέει την έννοια του στερεού με την έννοια του βάρους, κυρίως μέσω της πρωταρχικής δράσης του κρατήματος. Η Driver (1989) αναφέρει ότι τα στερεά συχνά συνδέονται με το βάρος στην περιγραφή καύσης. Μάλιστα η στάχτη που παράγεται σαν σκόνη είναι ελαφρύτερη επειδή είναι σκόνη και τα αέρια και ο καπνός δεν έχουν βάρος. Ομοίως η έννοια του σκληρού συνδέεται με το βάρος (Russell et al. 1991).

Υγρά. Τα παιδιά χρησιμοποιούν αυθόρμητα νωρίς τη λέξη “υγρό” για ουσίες που ρέουν και μοιάζουν με το πρωτότυπο υγρό, το νερό. Το κύριο κριτήριο για διάκριση μεταξύ στερεών και υγρών είναι η ικανότητα να μεταφέρονται ή να χύνονται (μπορούν αν ρέουν) (Jones 1984). Παρόμοια οι Lee et al. (1993) αναφέρουν ότι δωδεκάχρονοι μαθητές θεωρούν ως υγρά ουσίες που είναι νωπές και ρέουν. Ωστόσο τα παιδιά έχουν προβλήματα με παχύρευστα υγρά (Jones 1984) και με υγρά που έχουν χρώμα ή είναι αδιαφανή, όπως το γάλα (Jones et al. 1989). Σχεδόν όλα τα παιδιά (σε ποσοστό 86-96% ανεξάρτητα από την ηλικία) ταυτοποιούν άγνωστα άχρωμα υγρά ως νερό. Όταν ρωτηθούν να αποδείξουν ότι τα υγρά είναι νερό, τα πιο μικρά παιδιά προτείνουν χύσιμο ή ανάδευση (δράση). Τα μεγαλύτερα προσθέτουν επιπλέον αποδείξεις όπως γεύση, μυρωδιά, αφή (υγρασία). Μεταξύ αυτών των μαθητών, το 1/3 θεωρεί το να το πιεις είναι ο καλύτερος τρόπος να ορίσεις ένα υγρό. Άλλο κριτήριο για τον καθορισμό υγρών είναι το περιεχόμενο σε νερό (Russell et al. 1991).

Αέρια. Τα παιδιά έχουν μεγαλύτερη δυσκολία στην αντίληψη των αερίων. Τα αντιληπτικά στοιχεία για ανίχνευση και ταυτοποίηση αερίων είναι ασθενέστερα από τα υγρά. Μπορούμε να αισθανθούμε τον αέρα όταν κινούμαστε ή φυσάει. Αυτό σχετίζεται με την καθημερινή χρήση του αέρα ως κίνηση του αέρα (Russell et al. 1991). Η κίνηση είναι η πιο συχνή ιδιότητα που αποδίδεται στα αέρια. Ο Sere (1986) αναφέρει ότι πολλά εντεκάχρονα παιδιά πιστεύουν ότι ο αέρας μεταφέρει θερμότητα επειδή μπορούν να δουν τον αέρα να κινείται πάνω από ζεστά αντικείμενα. Για να γεμίσει ένα δοχείο με αέρα πιστεύουν ότι πρέπει να τοποθετηθεί το στόμιο προς την κατεύθυνση του ρεύματος (όπως για να γεμίσουμε ένα μπουκάλι με νερό, διατηρείται η αναλογία με το νερό ως πρωτότυπο για συνεχείς ουσίες). Παιδιά δημοτικού απεικονίζουν τη δημιουργία κενού όπως όταν μεταγγίζουμε υγρό από ένα μπουκάλι στο άλλο (Novick & Nussbaum 1981). Ο αέρας μέσα στο δοχείο δεν έχει τις ίδιες ιδιότητες με αυτόν έξω από το δοχείο. Τα νερό εμφανίζεται ως πρωτότυπο αυθόρμητα για κατανόηση συμπεριφοράς αερίων. Πολλοί μαθητές ξέρουν ότι ο ζεστός αέρας σηκώνεται αλλά δεν ξέρουν ότι ο κρύος αέρας πέφτει. Το 40% των παιδιών πιστεύουν ότι ο αέρας όταν θερμανθεί, μετατρέπεται σε άλλο αέριο (Prieto et al. 1993) ίσως σχετίζοντας την θέρμανση με καύση. Παρόλο που τα παιδιά ξέρουν κάποιες ιδιότητες του αέρα, δεν συγκρίνουν τον αέρα με άλλα αέρια ισχυριζόμενοι ότι τα αέρια δεν έχουν τις ίδιες ιδιότητες (δεν μπορείς να γεμίσεις μπαλόνι με

βουτάνιο). Περιγράφοντας τις ιδιότητες του αέρα δίνουν αρνητικές περιγραφές (χωρίς χρώμα) ενώ η γεύση δεν αναφέρεται. Ο αριθμός εκείνων που λένε ότι ο αέρας είναι ενδιαφέρον για τη ζωή αυξάνει με την ηλικία (Russell et al. 1991). Ωστόσο ο αέρας δεν αναφέρεται ως αέριο. Τα αέρια θεωρούνται κάτι επικίνδυνο και καύσιμο. Μόνο αργότερα τα δωδεκάχρονα παιδιά σε ποσοστό 88% πιστεύουν ότι ο αέρας είναι επίσης αέριο (Bargellini et al. 1993). Ο αέρας είναι κάτι που αναπνέουμε (Andersson 1980). Οι μαθητές 9 έως 12 ετών δεν έχουν γενικές ιδέες για αέρια ή κατανόηση της φύσης αερίων (Stavy 1988). Ένα ποσοστό 25-45% των μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ηλικίας 12-13 ετών καταλαβαίνουν τα αέρια ως συνεχείς και στατικές ουσίες, ενώ 46% ισχυρίζονται ότι δεν υπάρχει άδειος χώρος μεταξύ σωματιδίων στα αέρια (Kircher 1981). Οι Novick & Nussbaum (1978) αναφέρουν ότι το 40% μαθητών 13-14 ετών καταλαβαίνουν τα αέρια ως συνεχή ύλη. Μια άλλη μελέτη που περικλείει και φοιτητές χημείας, δείχνει ότι οι μαθητές καταλαβαίνουν τα αέρια ως συνεχή: 87% των παιδιών 7-9 ετών δίνουν τα αέρια συνεχή. Η επί τοις εκατό αναλογία μειώνεται με την ηλικία (74% 11-12 ετών, 46% 13-14 ετών και 12% φοιτητών χημείας) (Benson et al. 1993). Οι Knel et al. (1998) αναφέρουν ότι 3% των φοιτητών θεωρούν τα αέρια συνεχή. Αφού τα αέρια θεωρούνται συνεχή εξηγείται γιατί μετακινούνται όταν πιέζονται ή διαστέλλονται. Οι Lee et al. (1993) αναφέρουν ότι μαθητές 11-12 ετών νομίζουν ότι όταν τα αέρια πιέζονται σε ένα δοχείο, περισσότερος αέρας βρίσκεται στο πάτο. Ομοίως ο αέρας σε ένα δωμάτιο δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένος. Μπορεί να ρέει παρόμοια με το νερό και συμπιέζεται επειδή είναι μαλακότερος από το νερό. Ο αέρας θεωρείται συνεχής από το 46% των παιδιών. Αφού ο αέρας είναι συνεχής εξηγείται γιατί δεν μπορούμε να τον αιχμαλωτίσουμε ή να τον μεταφέρουμε. Μια συχνή εξήγηση είναι ότι ο αέρας είναι ένα μεγάλο ποσό (Sere 1986).

Τα αέρια συχνά ταξινομούνται ως οντότητες συνδεδεμένες με κάτι αόρατο, κάτι μη υλικό, ως μια μορφή ενέργειας. Αυτό γιατί οι μαθητές βρίσκουν δυσκολίες να κάνουν διάκριση μεταξύ θερμότητας και κινούμενου αέρα που σχηματίζεται πάνω από κάποιο θερμαντικό σώμα (Lee et al. 1993). Ο Sere (1986) αναφέρει ότι η ιδέα του βάρους των αερίων είναι νέα για τους μαθητές. Είναι ευκολότερο για μαθητές να αποφασίσουν, αν τα αέρια έχουν βάρος, αν έχουν χρώμα. Επίσης ισχυρίζονται ότι το βάρος του αέρα εξαρτάται από την θερμοκρασία. Ο αέρας διαστέλλεται με την θερμοκρασία και γίνεται βαρύτερος (Sere 1986). Σχεδόν 40% μαθητών 13-15 ετών

πιστεύουν ότι τα αέρια δεν έχουν βάρος (Stavy 1988). Οι Prieto et al. (1993) αναφέρουν ότι τα $\frac{3}{4}$ των δεκαεξάχρονων θεωρούν ότι τα αέρια δεν έχουν βάρος ή έχουν αρνητικό βάρος. Παρόμοιες μελέτες με δωδεκάχρονα παιδιά στη Σουηδία έδειξαν ίδια αποτελέσματα στο 50% των μαθητών (Renstrom et al. 1990). Μόνο 12% ανέφεραν ότι ο αέρας δεν μπορεί να συμπιεστεί γιατί καταλαμβάνει χώρο. Το 70% των παιδιών νομίζουν ότι η ποσότητα του αέρα (πιθανόν ο όγκος) είναι ανάλογη με το βάρος ενώ οι υπόλοιποι πιστεύουν το αντίθετο. Όσο περισσότερος είναι ο αέρας, τόσο ελαφρύτερος είναι. Συμπιέζοντας τον αέρα σε σύριγγα, οι μισοί μαθητές 11 ετών ισχυρίζονται ότι η ποσότητα του αέρα είναι ίδια (τίποτε δεν μπαίνει ή φεύγει) ή εξηγούν το φαινόμενο με αντιστροφή (μετά από την πίεση, το πιστόνι γυρίζει στην αρχική θέση) (Sere 1986). Η Driver (1989) αναφέρει ότι 50% εντεκάχρονων και 25% δεκαεξάχρονων μαθητών πιστεύουν ότι ο αέρας δεν έχει βάρος. Αυτό ελέγχθηκε με ένα πείραμα στο οποίο υπήρχαν δυο δοχεία το καθένα σε κάθε πλευρά μιας ζυγαριάς και το ένα δοχείο εφοδιάστηκε με αέρα με μια σύριγγα. Η ερώτηση ήταν πιο δοχείο ήταν βαρύτερο. Ένας μεγάλος αριθμός απαντήσεων (ποσοστό 36%) σχετίζει την μυρωδιά με τον αέρα. Η μυρωδιά μπορεί να λαμβάνεται, γιατί μετακινείται μέσω του αέρα παρόλο που η μυρωδιά συχνά δεν συνδέεται με αέρια αλλά με την δράση του μυρίσματος. Ο δραστηκός ρόλος της μύτης φαίνεται τόσο ενδιαφέρον που τα μικρότερα παιδιά καταλογίζουν τη μυρωδιά στη μύτη τους, ταυτολογικά δηλαδή μυρίζουν μια μυρουδιά και το ποσοστό αυξάνει με την ηλικία (50% των απαντήσεων) (Russell et al. 1991). Όταν παιδιά 5-11 ετών ρωτηθούν γιατί μια οσμή μπορεί να μυριστεί ακόμα και αν το μπουκάλι είναι μακριά από μας, η απάντηση συχνά σχετίζεται με την δράση (επειδή μυρίζει) και τη μύτη. Αυτός ο τύπος κυριαρχεί μεταξύ μικρών παιδιών. Το φαινόμενο σχετίζεται με τις ιδιότητες της ύλης μόνο σε μεγαλύτερα παιδιά (23%).

4.4.3. Θερμική διαστολή

Για τους μαθητές οι ουσίες, ειδικά οι στερεές, ζαρώνουν όταν θερμαίνονται. Η διαστολή αερίων εξηγείται με όρους κίνησης του αέρα (ο ζεστός αέρας σηκώνεται) (Lee et al. 1993). Τα αντικείμενα διαστέλλονται λόγω της δύναμης της θερμότητας (Wiser 1995). Οι παραπάνω εναλλακτικές ιδέες οφείλονται στο ότι οι μαθητές δεν χρησιμοποιούν ατομικά μοντέλα για την εξήγηση της θερμικής διαστολής (Lee et al. 1993) και έχουν έλλειψη κατανόησης ότι τα άτομα και τα μόρια είναι σε σταθερή

κίνηση (Nussbaum 1985). Επίσης οφείλονται σε εναλλακτικές ιδέες σχετικά με την ύλη και τα αέρια, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω.

4.4.4. Διάλυση

Τα παιδιά βασίζονται σε άμεσα αντιληπτικά στοιχεία για την ερμηνεία της διάλυσης και κάποιες φορές χρησιμοποιούν λιώσιμο πάγου ως πρότυπο διάλυσης. Η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων στην διάλυση είναι παρόμοια με αυτή της αλλαγής κατάστασης: μετατόπιση, μετασχηματισμός, εξαφάνιση (Krnal et al. 1998). Μόνο ένα ποσοστό 7-9% ηλικίας 11-12 ετών είναι ικανά να εξηγήσουν την διαδικασία της διάλυσης σε μακροσκοπικό επίπεδο επειδή πιστεύουν ότι η ζάχαρη εξαφανίζεται ή λιώνει (Lee et al. 1993). Παρόμοια άλλες έρευνες έδειξαν ότι οι μαθητές περιγράφουν τη διάλυση ως εξαφάνιση διαλυμένης ουσίας (Piaget & Inhelder 1974, Prieto et al. 1989, Slone & Bokhurst 1992, Bargellini et al. 1993).

Η αναλογία των παιδιών που νομίζουν ότι η ζάχαρη δεν διατηρείται στο νερό μειώνεται με την ηλικία από 69% στην ηλικία 4-6 ετών σε 0% στην ηλικία 12-14 ετών (Slone & Bokhurst 1992). Αυτό το είδος εξήγησης, δηλαδή μη διατήρηση, είναι το πρώτο στάδιο της περιγραφής των Piaget & Inhelder (1974) της εξήγησης τριών σταδίων για τη διάλυση. Το δεύτερο στάδιο κατά Piaget & Inhelder (1974) είναι η διατήρηση, υγροποίηση της ζάχαρης. Το ποσοστό των μαθητών, που πιστεύουν ότι γίνεται υγροποίηση, είναι 7% στις ηλικίες 4-6 ετών και 74% στις ηλικίες 12-14 ετών (Slone & Bokhurst 1992). Εξηγήσεις διάλυσης ως υγροποίηση βρίσκονται και σε άλλες έρευνες (Driver 1989, Prieto 1989, Lee et al. 1993) Οι Osborne et al. (1982) έκαναν παρόμοιες παρατηρήσεις διάλυσης ως τήξη όταν μελέτησαν τις κατανοήσεις των χημικών εννοιών των παιδιών της Νέας Ζηλανδίας. Ο Jones (1984) συσχετίζει την κατανόηση της διάλυσης και τήξης με δηλώνοντας ότι η διάλυση είναι στην πραγματικότητα λιώσιμο με παρουσία νερού. Από αυτή τη λογική η χρήση της λέξης στέγνωμα προκύπτει από την περιγραφή της μετάβασης από την υγρή στην στερεή φάση. Στην καθημερινή γλώσσα η λέξη στεγνό σχετίζεται πάντα με κάτι στερεό και η λέξη βρεγμένο με κάτι υγρό.

Στο τρίτο στάδιο των εξηγήσεων για τη διάλυση που περιγράφηκε από Piaget & Inhelder (1974) τα παιδιά δίνουν ατομιστικές εξηγήσεις, χρησιμοποιώντας κυρίως τη λέξη “σπάει”, που αντιπροσωπεύουν το 13% σε ομάδα παιδιών 12-14 ετών. Στην

περιγραφή της διαδικασίας της διάλυσης τα παιδιά αναφέρουν ότι το νερό σπάει τους κρυστάλλους ζάχαρης ή το νερό σπρώχνει τα σωματίδια ζάχαρης και τα χωρίζει (Driver 1989). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται από Hatzinikita & Koulaidis (1997) και Haidar & Abraham (1991).

Οι Sanmatri et al. (1994) αναφέρουν ότι τα παιδιά κατά την εξήγηση διάλυσης νομίζουν ότι οι ιδιότητες μεταφέρονται από μια ουσία σε μια άλλη. Μέρος των εξηγήσεων μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια ουσιαστικοποίηση των ιδιοτήτων: η ζάχαρη δίνει τις ιδιότητες στο νερό ή το νερό παίρνει ιδιότητες από τη ζάχαρη (24% των απαντήσεων). Υπάρχουν ιδέες τέτοιες όπως η ζάχαρη περιέχει άλλη ουσία (ζαχαρίνη, γλυκόζη), η οποία δίνει στην ζάχαρη τη γλυκιά γεύση της. Η ζάχαρη ως μια ουσία διατηρεί τις ιδιότητες στο 10% των απαντήσεων.

Η διάλυση συχνά περιγράφεται ως μίγμα με την έννοια της μετατόπισης ή εκτόπισης, (Anderson 1990) και όχι ως μια αλληλεπίδραση των σωματιδίων ζάχαρης με το νερό. Επίσης ενδιαφέρουσες είναι οι εξηγήσεις της διάλυσης από μαθητές Λυκείου που δίνονται με περιγραφές των ιδιοτήτων των αντικειμένων: η κιμωλία δεν διαλύεται επειδή είναι πολύ βαριά ή η διάλυση ισοδυναμεί με την τήξη ή την υγροποίηση (Haidar & Abraham 1991). Φυσικές και χημικές αλλαγές συνήθως μπερδεύονται στη διαδικασία της διάλυσης: είναι πολύ δύσκολο για τους μαθητές να διαφοροποιούν εκείνες τις εντατικές ιδιότητες της ύλης, που δείχνουν ότι η διαλυμένη ουσία διατηρεί την ταυτότητά της, όταν διαλυθεί, από κείνες που σχετίζονται με τις αλλαγές κατάστασης. Οι Prieto κ.ά. βρήκαν ότι μαθητές 11-14 ετών εξηγούν την ανάμιξη ως μια διαδικασία στην οποία οι ουσίες διατηρούν τις ιδιότητές τους. Άλλα παιδιά ισχυρίζονται ότι μια νέα ουσία σχηματίζεται, έτσι η διάλυση είναι μια χημική αντίδραση. Στις εικόνες που ζωγραφίζουν σχεδόν οι μισοί μαθητές έδειξαν τη διαλυμένη ζάχαρη ως μια συνεχή ουσία (Prieto et al. 1989). Οι Hatzinikita & Koulaidis (1997), που μελέτησαν τις απαντήσεις των μαθητών 10-12 ετών σχετικά με αλλαγές, βρήκαν ότι οι εξηγήσεις δεν διαφέρουν όσον αφορά τις χημικές και φυσικές αλλαγές. Εξηγήσεις με βάση τις αλλαγές της μορφής κυριαρχούν (αλλαγή χρώματος, γεύσης, μυρωδιάς, ορατότητα). Λιγότερο γνωστά φαινόμενα επίσης περιγράφονται σε αυτό το επίπεδο. Περισσότερο γνωστά φαινόμενα περιγράφονται με την διαδικασία των αλλαγών (το νερό διαλύει, τα σωματίδια γίνονται μικρότερα και μικρότερα), τη σύνθεση (τα σωματίδια αλατιού και νερού συνδυάζονται και μαζί σχηματίζουν νέο σώμα), ή τις αλλαγές στη θέση (τα σωματίδια αφήνουν τον κρύσταλλο αλατιού και

ανακατεύονται με το νερό). Μια παρόμοια ταξινόμηση των απαντήσεων που έδειξε μπερδεύματα μεταξύ φυσικών και χημικών αλλαγών χρησιμοποιήθηκε από Krnel et al. (1998).

Η διατήρηση βάρους στη διάρκεια της διάλυσης είναι προβληματική. Μη διατήρηση μπορεί να συμβεί όταν τα παιδιά νομίζουν ότι η διαλυμένη ουσία εξαφανίζεται, όταν αυτή λιώνει επειδή τα υγρά ζυγίζουν λιγότερο, ή όταν αυτή σπάει σε μικρότερα σωματίδια και τα μικρότερα σωματίδια ζυγίζουν λιγότερο. Μελέτες στο ηλικιακό φάσμα 9-15 ετών βρήκαν ότι το ποσοστό των μαθητών που σκέφτονται ότι το βάρος ή η μάζα χάθηκαν στη διάρκεια της διάλυσης ήταν μεταξύ 40%-66% (Driver 1989, Johnston & Scott 1991, Bargellini et al. 1993). Οι Hatzinikita & Koulaidis (1997) ανέφεραν ότι τα παιδιά σκέφτονται ότι η ζάχαρη που διαλύθηκε στο νερό δεν συνεισφέρει στο βάρος του διαλύματος. Ωστόσο αυτό είναι διαφορετικά αν ένα υγρό ή ένα μη διαλυτό αντικείμενο προστίθεται στο νερό (Johnston & Scott 1991). Η πλειονότητα των παιδιών σε αυτή την περίπτωση σκέφτονται ότι το βάρος του νερού και του αντικειμένου προστίθενται.

Ο μαθητές έχουν δυσκολίες να δώσουν μικροσκοπικές εξηγήσεις σε ατομικό, ιοντικό και μοριακό επίπεδο. Στην έρευνα της Ahtee (1994) με χρήση γραπτού ερωτηματολογίου μελετήθηκαν οι ιδέες των Φινλανδών μαθητών 13, 14, 15 ετών για τη διάλυση του κοινού μαγειρικού αλατιού και εντοπίστηκαν οι παρανοήσεις που αυτοί παρουσιάζουν. Τα συμπεράσματα έδειξαν ότι μεγάλο ποσοστό μαθητών περιέγραψαν τις μεταβολές αλατιού κυρίως σε μακροσκοπικό επίπεδο και ελάχιστοι στο μικροσκοπικό επίπεδο. Το ίδιο συνέβη και για μαθητές που είχαν διδαχθεί στο σχολείο το φαινόμενο της διάλυσης στα αντίστοιχα μαθήματα χημείας, όπως ας πούμε οι μαθητές 15 ετών. Η Ahtee (1994) ανέφερε ότι μόνο 3% των μικρών παιδιών δίνουν μικροσκοπικές εξηγήσεις ενώ στην ηλικία των 11 ετών δίνουν μικροσκοπικές εξηγήσεις το 20% και στην ηλικία των 14 ετών το 30% των μαθητών. Η Pfundt (1981) αναφέρει ότι κάποιοι σπουδαστές δεν θεωρούν τα μικρότερα και αόρατα σωματίδια στα οποία διασπάται η ουσία κατά τη διάλυση ως κύρια δομικά υλικά της ύλης που προϋπάρχουν, αλλά τα θεωρούν ως τελική μονάδα στην διαδικασία της διάλυσης, επειδή η συνεχής ύλη μπορεί κάτω από ορισμένες συνθήκες να διαιρεθεί σε μικρά σωματίδια που διατηρούν τις ιδιότητες της ύλης ενώ το μέγεθός τους εξαρτάται από τις συνθήκες διαίρεσης. Το μέγεθος των κόκκων που σχηματίζονται εξαρτάται από τη διαδικασία ανακατέματος και δεν είναι ίσοι κόκκοι αλλά άλλοι

είναι μικρότεροι και άλλοι μεγαλύτεροι. Οι μεγαλύτεροι θα μπορούσαν να κρατηθούν στο φίλτρο και το φιλτραρισμένο υγρό θα είναι λιγότερο γλυκό. Ο Valanides (2000) αναφέρει ότι η αντίληψη αυτή προέρχεται από την εμπειρία φιλτραρίσματος ως μέθοδος διαχωρισμού στερεού από υγρό. Επίσης κάποιοι σπουδαστές θεωρούν ότι το διάλυμα δεν είναι ομογενές και έχει μεγαλύτερη πυκνότητα στον πάτο του δοχείου. Τα μόρια της στερεάς ουσίας είναι βαρύτερα από τα μόρια νερού και έχουν την τάση να βυθίζονται ενώ έχουν ίδιες ιδιότητες με το στερεό και δεν κινούνται. Αντίθετα οι Longden et al. (1991), αναφέρουν καλύτερη περιγραφή της διάλυσης με σωματίδια παρά σε καθημερινό πλαίσιο. Οι Longden et al. (1991) εργάστηκαν με παιδιά δυο διαφορετικών ηλικιακών ομάδων (11-12 ετών και 13-14 ετών) που ρωτήθηκαν να ζωγραφίσουν και να γράψουν σχετικά με την διάλυση με δυο τρόπους. Πρώτα απαιτήθηκε μια αναπαράσταση καθημερινής παρατηρήσιμης διαδικασίας ενώ η δεύτερη ζητούσε μια αναπαράσταση διάλυσης σε σωματιδιακούς όρους. Ένα μεγαλύτερο ποσοστό παιδιών και στις δυο ηλικίες έδωσε μια ακριβή σωματιδιακή περιγραφή ενώ μικρό ποσοστό έδωσε σωστές απαντήσεις μέσα στα πλαίσια καθημερινής ζωής παρά μια σωστή όψη της παρατηρήσιμης διαδικασίας. Επιπλέον, ενώ η κατανόηση της σωματιδιακής περιγραφής βελτιώθηκε με την ηλικία, υπήρξε μικρή ολική βελτίωση της κατανόησης της καθημερινής έννοιας. Η συνέπεια απαντήσεων μεταξύ των δυο αναπαραστάσεων, σωματιδιακής και καθημερινής, βελτιώθηκε με την ηλικία.

Η διαδικασία της διάλυσης μπορεί να θεωρηθεί και ως χημική αλλαγή, ως συνδυασμός ή πρόσθεση από κοινού μορίων με διαφορετικό είδος χωρίς πραγματική επίδραση στις βασικές ιδιότητες. Ο σχηματισμός νέων μορίων λαμβάνεται ως αποτέλεσμα της πρόσθεσης ή της ανάμιξης των αρχικών μορίων μάλλον παρά ως σχηματισμός ενός νέου σωματιδίου με διαφορετικές ιδιότητες από κείνες των αρχικών μορίων (Anderson 1990, Meheut et al. 1985). Μετά τη διάλυση ή το λιώσιμο τα μόρια μπορεί να υπάρχουν σε υγρό τύπο (Valanides 2000).

Πολλοί μαθητές δεν φαίνεται να αναγνωρίζουν τον ρόλο του διαλύτη. Ο διαλύτης θεωρείται σε όλες τις περιπτώσεις ως ένα παθητικός παράγοντας που απορροφά τους κόκκους στερεού προκαλώντας τη διάλυση (Lee et al. 1993). Η Ahtee (1994) αναφέρει ότι οι μαθητές εστίασαν στο αλάτι και γενικά αγνόησαν το νερό που εκτιμούν ότι απλά είναι παρόν στη διάλυση.

Άλλες έρευνες έχουν ερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για τη διάλυση και εστιάζουν κυρίως στην ιδέα της διατήρησης μάζας στη διάρκεια της διάλυσης (Osborne & Cosgrove 1983, Longden et al. 1991). Κάποιες άλλες έρευνες εστιάζουν στην διαδικασία της διάλυσης και στις ποιοτικές όψεις της διάλυσης όπως η διαλυτότητα (Gennaro 1981), η συμπύκνωση (Gabel et al. 1987), ή πως εξωτερικοί παράγοντες, όπως το ανακάτεμα και η αλλαγή θερμοκρασίας, επιδρούν στην διαδικασία της διάλυσης ενός στερεού σε ένα υγρό. Οι Blanco & Prieto (1997) αναφέρουν ότι η αντίληψη ότι η διάλυση είναι ένα προσωρινό και αντιστρέψιμο φαινόμενο κυριαρχεί και επιμένει μεταξύ σπουδαστών ηλικίας 12-18 ετών. Οι μαθητές θεωρούν ότι χωρίς ανακάτεμα οι ουσίες κατακάθονται στο πάτο του δοχείου και δεν υπάρχει διάλυση χωρίς ανακάτεμα. Οι ιδέες αυτές φαίνεται να σχετίζονται με καθημερινές εμπειρίες με διαλύματα στα οποία υπάρχει κατακάθι στο πάτο του δοχείου. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρει και Valanides (2000). Οι Blanco & Prieto (1997) προτείνουν την επίδειξη πειραμάτων διάλυσης με γνωστές ουσίες, όπως το αλάτι και η ζάχαρη σε νερό που να αφεθούν για αρκετή ώρα και με άλλες αδιάλυτες ουσίες που να αφεθούν για πολύ χρόνο και αν ανακατευθούν ή θερμανθούν, οπότε να εντοπίζεται ότι δεν αυξάνει η διάλυση. Προτείνεται επίσης η ανάλυση του ρόλου της ανάδευσης και θέρμανσης. Η αιτία της διάλυσης δεν ανήκει σε μια φυσική ιδιότητα όπως η πυκνότητα και απαιτείται η εισαγωγή σωματιδιακών μοντέλων για ιδέα αλληλεπίδρασης και κίνησης. Άλλες έρευνες εστιάζουν στο πώς οι αντιλήψεις των παιδιών σχετίζονται με καθημερινές εμπειρίες ή τη δόμηση της επιστήμης (Prieto et al. 1989) και στην ταυτοποίηση της φυσικής και λογικομαθηματικής γνώσης των παιδιών για τη διάλυση ζάχαρης ή τη σχέση των δυο τύπων της γνώσης (Slone & Bokhurst 1992). Οι Slone & Bokhurst (1992) στην έρευνά τους σε μαθητές 4-13 ετών κατέληξαν στα εξής αποτελέσματα: α. απορρίπτεται η υπόθεση ότι η φυσική γνώση προηγείται της λογικομαθηματικής γνώσης. Μάλιστα η ανάπτυξη φυσικής γνώσης για τη διάλυση της ζάχαρης στο νερό στα παιδιά ακολουθεί τα τρία στάδια που προτείνονται από Piaget & Inhelder (1974). β. η σπάνια χρήση σωματιδιακών ιδεών από την πλευρά των μαθητών ερμηνεύεται με την παραδοχή ότι ο ατομισμός είναι προϊόν του σχολείου. γ. οι σωματιδιακές ιδέες αποτελούν μια πιο ώριμη οικοδόμηση γνώσης από ότι η υγροποίηση. Μάλιστα αυτό το τελευταίο πόρισμα είναι σύμφωνο με τα ευρήματα των Piaget & Inhelder (1974). Οι ερευνητές δεν αναφέρουν το ρόλο του νερού ή του διαλύτη στη διάρκεια της διάλυσης (Slone & Bokhurst 1992).

Άλλες έρευνες έγιναν σε διαφορετικά πλαίσια και συμπέραναν ότι οι δάσκαλοι παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα αντιλήψεων παρόμοιων με κείνων των μαθητών (Atwood & Atwood 1996, Bendall et al. 1993, Haidar 1997). Οι παρανοήσεις των μαθητών προκύπτουν όχι μόνο με την επίδραση του μαθητή με τον φυσικό και κοινωνικό κόσμο (Strauss 1981), και τα βιβλία (Cho et al. 1985) αλλά επίσης και ως αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης με τους δασκάλους (Gilbert & Zylberstajn 1985). Η γνώση των δασκάλων και οι αντιλήψεις τους ενδυναμώνουν ή περιορίζουν τις μάθηση των παιδιών (Goodwin 1995). Ο Carlsen (1993) προσδιόρισε μια σχέση μεταξύ γνώσης των δασκάλων για την ύλη που υ διδάσκουν και το υ γνωστικού επιπέδου των ερωτήσεών τους ή την κυριαρχία στην τάξη. Όταν ο δάσκαλος έχει λιγότερη γνώση για το θέμα, είναι πιο πιθανό να βασιστεί σε χαμηλού επιπέδου ερωτήσεις και να δώσει στους μαθητές λιγότερες ευκαιρίες να μιλήσουν. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης αναγνωρίζει επίσης το ρόλο που παίζει η προηγούμενη γνώση. Ο Valanides (2000) ερεύνησε πώς υποψήφιοι δάσκαλοι περιγράφουν μακροσκοπικές (χρώμα, προτίμηση, όγκος, πυκνότητα, εύφλεκτο) και μικροσκοπικές (είδος και κίνηση μορίων) αλλαγές των ιδιοτήτων των ουσιών κατά τη διάλυση άλατος ή ζάχαρης στο νερό, κατά τη μίξη του νερού και οиноπνεύματος ή κατά το φιλτράρισμα ή τη θέρμανση των αντίστοιχων διαλυμάτων νερού. Η πλειονότητα των φοιτητών παρουσίαζε αντιληπτική παρά εννοιολογική κατανόηση της μοριακής φύσης της ύλης και είχε δυσκολίες να συσχετίσει μακροσκοπικές αλλαγές με τα αόρατα μοριακά γεγονότα (διάταξη και κίνηση των μορίων). Τα μόρια έχουν τις παρατηρήσιμες ιδιότητες της ύλης και συνδυάζονται μαζί για να δώσουν τα νέα μόρια, χωρίς να αντιλαμβάνονται τις αλλαγές στη δομή και τις ιδιότητες της ύλης ή χωρίς να είναι σε θέση να διακρίνουν τις φυσικές από τις χημικές αλλαγές. Η επικράτηση και η ποικιλομορφία των αντιλήψεων αυτών δείχνου ν ό τ η μο ρακή δο μή της ύλης δεν γίνεται κατανο ηή επαρκώς και τα διδακτικά υλικά και οι διδακτικές παρεμβάσεις βασισμένες σε εννοιολογικές αλλαγές πρέπει να είναι σχεδιασμένες και εφαρμοσμένες και για την επαγγελματική και συνεχή επιμόρφωση των δασκάλων, για να αποφεύγεται η διάχυση παρερμηνειών μέσα στις τάξεις του δημοτικού.

4.4.5. Αλλαγή κατάστασης

Τήξη

Ως πρωτότυπο τήξης οι μαθητές χρησιμοποιούν την τήξη του πάγου. Η πλειονότητα των παιδιών 12-15 ετών καταλαβαίνουν το μετασχηματισμό του νερού από στερεή σε υγρή κατάσταση, αλλά δεν είναι ικανοί να γενικεύσουν εντελώς το φαινόμενο σε άλλες ουσίες. Για παράδειγμα όταν λιώνει κερί πιστεύουν ότι σχηματίζεται νερό (Andersson 1990). Στην τήξη άλλων ουσιών σε ποσοστό 44% δίνουν παρόμοιες εξηγήσεις, δηλαδή, όταν το βούτυρο λιώνει, σχηματίζεται νερό ή παρόμοιες ουσίες (Krnell et al. 1998). Όταν συζητάνε την τήξη, συνήθως χρησιμοποιούν τις λέξεις “διαλύεται”, “μετατρέπεται σε νερό”. Περισσότερο συχνά απαντούν ότι το νερό που σχηματίζεται, έχει διαφορετικές ιδιότητες από το τρεχούμενο νερό (Osborne & Cosgrove 1983). Επίσης οι μαθητές χρησιμοποιούν μακροσκοπικές εξηγήσεις, όταν αναφέρονται σε μικροσκοπικό επίπεδο. Σχέδια μαθητών λυκείου έδειξαν διαφορετικούς τύπους σωματιδίων σε διαφορετικές καταστάσεις της ύλης: τα μόρια αερίων είναι στρογγυλά, τα μόρια υγρών έχουν ακανόνιστα σχέδια, τα μόρια στερεών είναι σαν κύβοι (Haidar & Abraham 1991).

Εξάτμιση, βρασμός και συμπύκνωση

Δυο προβλήματα παρουσιάζονται στην εξήγηση εξάτμισης. Το πρώτο σχετίζεται με το γεγονός ότι οι μαθητές βασίζονται σε αντιληπτικά στοιχεία και ισχυρίζονται ότι τα υγρά απλά εξαφανίζονται ή πάνε κάπου κατά τη διάρκεια της εξάτμισης. Το δεύτερο αφορά την παρανόηση ότι το αέριο που σχηματίζεται είναι αέρας. Για το 1/3 των μαθητών ηλικίας 5-7 ετών το νερό εξαφανίζεται στην διάρκεια της εξάτμισης, ενώ άλλοι την αντιλαμβάνονται ως εκτόπισμα. Μεγαλύτερα παιδιά 8 έως 11 ετών καταλαβαίνουν κυρίως το φαινόμενο ως εκτόπισμα, το 1/3 ως μετασχηματισμό και κάποιοι από αυτούς ισχυρίζονται ότι αυτός ο μετασχηματισμός γίνεται με ορατό τρόπο (Russell et al. 1989). Μικρότερα παιδιά πιστεύουν ότι τίποτε δεν συμβαίνει στο νερό (αυτό αναφέρεται ως εκτόπισμα), παιδιά ηλικίας 5-9 ετών ισχυρίζονται ότι το νερό έχει απορροφηθεί από το δοχείο (7 ετών) ή ότι πηγαίνει στη θερμαντική πηγή (εκτόπισμα) (Beveridge 1985). Ακόμα ένα ποσοστό 20% σπουδαστών 20 ετών πιστεύουν ότι το νερό εξαφανίζεται κατά το στέγνωμα (Osborne & Cosgrove 1983). Τα παιδιά εξηγούν την αέρια κατάσταση ως “αόρατα σωματίδια νερού” ή ένα “μίγμα από αέρα και νερό” ή “το νερό αλλάζει σε αέρα” (ο αέρας είναι

το πρωτότυπο για την αέρια κατάσταση). Σε κάποιες περιπτώσεις το νερό αναφέρεται ως μίγμα νερού και θερμότητας (ουσιαστικοποίηση της θερμότητας) (Bar & Galili 1994). Αυτή η παρατήρηση υποστηρίχθηκε και από την μελέτη στην Ελλάδα σε παιδιά 11-12 ετών (Hatzinikita & Kokkotas 1994) που δείχνουν ότι το 30% αυτών πιστεύουν ότι στη διάρκεια βρασμού οι φουσκάλες προέρχονται από την θερμότητα, ενώ οι Bargellini et al. (1993) αναφέρουν ότι 4% των παιδιών 11-12 ετών δίνουν παρόμοιες απαντήσεις. Παρατηρήσεις και ιδέες ότι οι φουσκάλες είναι φτιαγμένες από αέρα, δίνονται στη μελέτη των Renstrom et al. (1990) και Osborne & Cosgrove (1983). Ο ζεστός αέρας που προέρχεται από την θερμική πηγή, εισχωρεί στον πάτο του δοχείου, έρχεται μέσα στο υγρό και εξαφανίζεται στον αέρα. Περισσότεροι από τους μισούς μαθητές 13-16 ετών πιστεύουν ότι το νερό περιέχει αέρα που φεύγει σαν φουσκάλες. Υπάρχουν επίσης ιδέες ότι τα μόρια του νερού διασπώνται σε οξυγόνο και υδρογόνο (Osborne & Cosgrove 1983). Μια παρόμοια εξήγηση μπορεί να παρατηρηθεί σε μεγαλύτερους σπουδαστές ηλικίας 15-17 ετών που ισχυρίζονται ότι οι φουσκάλες είναι από αέρα ή θερμότητα ή ότι το νερό γίνεται αέρας και ο αέρας γίνεται νερό (Dibar & Colinvaux 1989). Επίσης οι μαθητές πιστεύουν ότι το νερό και ο αέρας είναι το ίδιο πράγμα. Η Σταυρίδου (1995) αναφέρει ότι οι περισσότεροι υποψήφιοι δάσκαλοι πίστευαν ότι ο ατμός ήταν αέρας ή ότι οι φυσαλίδες ήταν κενές. Στην ερώτηση σχετικά με την εξάτμιση της ακετόνης, μόνο οι μισοί μαθητές ηλικίας 12-13 ετών απάντησαν ότι η ακετόνη διατηρείται (Stavy 1990).

Παρόμοια προβλήματα έχουν τα παιδιά στην εξήγηση συμπύκνωσης, αν και θεωρείται δυσκολότερη από την εξάτμιση. Τα παιδιά δυσκολεύονται να δεχτούν ότι στον αέρα υπάρχει ατμός. Κανένας δεκαπεντάχρονος μαθητής δεν αναφέρει ατμό στον αέρα (Dibar & Colinvaux 1989). Λιγότεροι από 20% δεκάχρονων μαθητών δίνουν μια ορθή απάντηση στην ερώτηση “μπορεί ο ατμός να αλλάξει σε νερό”. Ακόμη δυσκολότερο ήταν να εξηγήσουν την συμπύκνωση σε κρύες επιφάνειες (20% ορθές σε 13χρονα σύμφωνα με Bar & Trevis (1991) και 10% για Osborne & Cosgrove (1983). Μεγαλύτερα παιδιά 15-17 ετών δίνουν παρόμοιες εξηγήσεις για συμπύκνωση ισχυριζόμενοι ότι αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί ως εκτόπισμα (το νερό που ήταν μέσα στο δοχείο, τώρα είναι έξω) ή ότι δεν είναι ικανοί να καθορίσουν διαφορές μεταξύ ύλης και ενέργειας (το νερό έξω φτιάχτηκε από κρύο). Στη διάρκεια συμπύκνωσης το υ ατμο ύ πο υ συμβαίνει πάνω από το νερό πο υ βράζει, υπήρχαν

απαντήσεις που ισχυρίζονταν ότι το νερό που βράζει γίνεται καπνός (Dibar & Colinaux 1989).

Κάποια σημεία σχετικά με την αλλαγή κατάστασης αναφέρονται παρακάτω. Οι Osborne και Cosgrove (1983) μελέτησαν τις απόψεις των μαθητών 12 έως 17 ετών για το βρασμό, την εξάτμιση σε θερμοκρασία δωματίου, την συμπύκνωση και την τήξη. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι μαθητές διατηρούν διάφορες μη επιστημονικές αντιλήψεις και οι ερευνητές ήταν μάλλον απαισιόδοξοι στα συμπεράσματά τους. Τα παιδιά χρησιμοποιούν τις ετικέτες, όπως την εξάτμιση και τη συμπύκνωση, η κατανόηση όμως των όρων δεν υποστηρίζεται από επιστημονικές έννοιες. Απόψεις όπως *“ο αέρας που είναι στις φυσαλίδες του νερού που βράζει ή το κρύο από το ποτήρι με τον πάγο προκαλεί τη συμπύκνωση”*, σημειώνονται και από μεγαλύτερα παιδιά παρά την επίσημη διδασκαλία. Οι παραπάνω ερευνητές διαπίστωσαν ότι μερικές μη επιστημονικές ιδέες, όπως ότι το νερό διασπάται σε υδρογόνο και το οξυγόνο κατά την εξάτμιση, αυξάνουν με την ηλικία. Οι Bar & Travis (1991) μελέτησαν τις απόψεις μαθητών δημοτικού. Τα συμπεράσματά τους ήταν σύμφωνα με εκείνα των Osborne και Cosgrove (1983) για τα μεγαλύτερα παιδιά, με μερικές σημαντικές διαφορές στις λεπτομέρειες. Οι Bar and Travis (1991) υποστηρίζουν ότι τα παιδιά 6-13 ετών, έχουν σχεδόν σωστή άποψη για το βρασμό, συγχέουν μόνο τον ατμό με τον υδρατμό. Αυτό το εύρημα έχει εξεταστεί από Johnson (1998a), ο οποίος υποστηρίζει ότι οι συντάκτες δεν έχουν πληροφορίες σχετικά με τι καταλαβαίνουν οι μαθητές ως αέριο. Οι Bar and Travis έλαβαν κατά λέξη δηλώσεις όπως *“το νερό εξαφανίστηκε”* ενώ στην πραγματικότητα τα παιδιά χρησιμοποιούν συχνά λέξεις όπως *“υδρατμός”*, *“ατμός”*, *“υγρασία”*, *“αέριο”* και *“αέρας”* αόριστα ακόμα και εναλλακτικά. Εναλλακτική χρήση αυτών των όρων έχουν αναφέρουν και Russell et al. (1991). Ένα σημαντικό ζήτημα για την έρευνα σχετικά με τις ιδέες των παιδιών αφο^ρ το π^ως μπο^ρ ^ναι να καταλάβουμε τι εννοούν, όταν χρησιμοποιούν τέτοιους όρους και σε συγκεκριμένα πλαίσια (Johnson και Gott 1996, Johnson 1998b). Οι Bar & Galili (1994) μελέτησαν την εξάτμιση με μαθητές 6-13 ετών. Οι συγγραφείς αναζήτησαν κανόνες στην κατανόηση της εξάτμισης και κατανόηση της αέριας κατάστασης της ύλης, συγκεκριμένα του αέρα. Βρήκαν ότι τα παιδιά, που οι δικαιολογήσεις τους είναι πιο κοντά στις επιστημονικές, έχουν μια περισσότερο ολοκληρωμένη θεώρηση του αέρα και της αέριας κατάστασης. Με βάση τα δεδομένα τους σχημάτισαν την υπόθεση ότι η έννοια της εξάτμισης αναπτύσσεται στα ακόλουθα στάδια: α. εξαφάνιση, β.

απορρόφηση, γ. μεταστοιχείωση, εξαφάνιση, δ. διασπορά - εξάτμιση. Οι δυσκολίες στην εξάτμιση – διασκορπισμό οφείλονται στο γεγονός ότι το νερό που βράζει και πηγαίνει προς τα πάνω είναι σε αντίθεση με τις εμπειρίες τους σύμφωνα με τις οποίες το νερό κυλάει. Έτσι το νερό χρειάζεται ένα είδος δύναμης (θερμότητα) να το σπρώξει προς τα πάνω. Οι Bar & Galili (1994) συμπέραναν μια ουσιαστική εξάρτηση των απόψεων των παιδιών από το πλαίσιο, ένα εύρημα που με συνέπεια υποστηρίζεται στην πρόσφατη βιβλιογραφία (diSessa 1988, Driver 1989, Galili & Bar 1997, Tytler 1998a). Οι Hatzinikita and Koulaidis (1997) ερεύνησαν τις ιδέες των μαθητών για τη διατήρηση στις φυσικές αλλαγές. Έδωσαν ένα ερωτηματολόγιο σε ένα μεγάλο δείγμα 4297 μαθητών δημοτικού και γυμνασίου στην Ελλάδα. Το ερωτηματολόγιο ανίχνευε τις ιδέες των παιδιών για θέματα όπως εξάτμιση, βρασμός, συμπύκνωση και διατήρηση μάζας. Σε απαντήσεις για το στέγνωμα του νερού περίπου ένα ποσοστό 20% ηλικίας 10–11 ετών σκέφτηκαν ότι το νερό εξαφανίζεται ή απορροφάται από το πιάτο. Λιγότεροι μαθητές από το 20% ηλικίας 13–18 ετών σκέφτονται ότι το νερό μετασχηματίζεται σε αέριο. Όταν οι μαθητές ερωτήθηκαν από τι αποτελούνται οι φουσκάλες στο νερό που βράζει, ένα ποσοστό γύρω στο 20% ηλικίας 10–13 ετών σκέφτηκαν ότι οι φουσκάλες αποτελούνται από θερμότητα ενώ περίπου το 25% ηλικίας 14–18 ότι οι φουσκάλες αποτελούνται από υδρογόνο και οξυγόνο. Ο Johnson (1998a, 1998b) σε μια διαχρονική μελέτη των απόψεων σπουδαστών σε μία περίοδο τριών ετών (ηλικία 11-14 ετών) της εξάτμισης και της συμπύκνωσης, προσδιόρισε διάφορα κρίσιμα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της αλλαγής κατάστασης. Υποστηρίζει ότι οι απόψεις των σπουδαστών γι' αυτά τα διαφορετικά φαινόμενα (βρασμός και δημιουργία φουσκάλων, εξάτμιση, συμπύκνωση) είναι και συνεπείς και συναφείς και ότι η κατανόηση της αέριας κατάστασης είναι κρίσιμη στην ανάπτυξη των αλλαγών της ύλης. Για την κατανόηση της αέριας κατάστασης το σωματιδιακό μοντέλο μπορεί να ιδωθεί ως μέσο μιας πρώτης εγκατάστασης της πιθανότητας ένα δείγμα μιας ουσίας να είναι σε αέρια κατάσταση. Παρόμοια θεωρούν και οι Papageorgiou & Johnson (2005).

4.4.6. Διατήρηση ύλης

Αν μια ουσία θα διατηρηθεί ή όχι στη διάρκεια μιας μεταβολής εξαρτάται από τον τρόπο που οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη φυσική ή χημική μεταβολή (Holding 1987, Driver 1985). Για παράδειγμα όταν οι μαθητές βλέπουν μια συγκεκριμένη

μεταβολή, όπου επικρατεί η φανερή εξαφάνιση κάποιου ή κάποιων υλικών, τότε είναι απίθανο να θεωρήσουν ότι η μάζα διατηρείται. Επιπλέον οι ιδέες των μαθητών για την φυσική κατάσταση ενός υλικού έχει βρεθεί ότι τους επηρεάζει στον τρόπο με τον οποίο ερμηνεύουν μια μεταβολή. Αν για παράδειγμα θεωρούν ότι τα αέρια δεν έχουν βάρος, τότε είναι απίθανο να πιστέψουν ότι το συνολικό βάρος ή η μάζα διατηρείται σε αντιδράσεις που μετέχουν αέρια. Η Driver (1989) αναφέρει ότι τα στερεά συχνά συνδέονται με το βάρος στην περιγραφή της καύσης. Μάλιστα η στάχτη που παράγεται είναι ελαφρύτερη επειδή είναι σκόνη και τα αέρια και ο καπνός δεν έχουν βάρος. Σχεδόν το 70% μαθητών 11-12 ετών ισχυρίζονται ότι το βάρος αυξάνει όταν τα υγρά αλλάζουν σε στερεά ενώ σε αντίστροφη διαδικασία σε κλειστό σύστημα το βάρος μειώνεται (60% των απαντήσεων) (Hatzinikita & Kokkotas 1994). Η Ahtee (1994) αναφέρει ότι 37% μαθητών 13 ετών πιστεύουν ότι η μάζα και ο όγκος σε ένα παγάκι δεν αλλάζει με το λιώσιμο. Ωστόσο, όταν ένα παγάκι μπει στο νερό το ολικό βάρος γίνεται μεγαλύτερο από το συνολικό βάρος του νερού και του κύβου από πάγο (ποσοστό 40% 9-10 ετών). Επίσης το βάρος αυξάνει με την αλλαγή του επιπέδου της επιφάνειας του νερού (Bargellini et al. 1993) και αν ο πάγος λιώνει το νερό που προκύπτει ζυγίζει λιγότερο. Οι Lee et al. (1993) αναφέρουν ότι λόγω της δυνατότερης σύνδεσης τα στερεά είναι βαρύτερα από τα υγρά. Επίσης το υγρό κερί όταν λιώνει πιστεύεται (13 ετών) ότι είναι ελαφρύτερο από το στερεό, έτσι το βάρος μειώνεται με την τήξη (Boujaoude 1991). Η έννοια διατήρησης μάζας, όταν το αντικείμενο μεταβάλλεται, ευρέως εξαρτάται από την ηλικία των παιδιών. Έρευνα των Bar & Gallini (1994) έχει δείξει ότι η πλειονότητα των μαθητών 5 ετών δεν κατανοούν τη διατήρηση μάζας στις φυσικές αλλαγές. Μικρότερα παιδιά αποδίδουν βάρος μόνο σε βαριά αντικείμενα ενώ τα ελαφρά θεωρούνται χωρίς βάρος (9 ετών). Η επί τοις εκατό αναλογία αυτών που καταλαβαίνουν τη διατήρηση μάζας αυξάνει με την ηλικία (από 40% σε ηλικία 6 ετών σε 75% σε ηλικία 7 ετών). Το βάρος μπορεί να είναι ένα κριτήριο για την ποσότητα της ουσίας. Τα μικρότερα παιδιά ορίζουν το βάρος ως μια δύναμη που πιέζει προς τα κάτω ενώ τα μεγαλύτερα το ορίζουν ως μια ποσότητα της ουσίας που επιτρέπει τη διατήρηση βάρους όταν τα αντικείμενα μετασχηματίζονται (Bar & Gallini 1994). Οι ιδέες των μαθητών για τη διατήρηση φαίνεται να επηρεάζονται από το αν οι μαθητές βλέπουν τα υλικά ως συνεχή ή ασυνεχή (Holding 1987, Piaget & Inhelder 1974). Σε έρευνα του Holding βρέθηκε ότι, αν και οι μαθητές μπορεί να πιστεύουν στην έννοια της διατήρησης όταν έχουν μια αρχική συνεχή αντίληψη για αυτήν, οι πρόσφατα οικοδομημένες ατομικές αντιλήψεις μπορούν για

ένα μικρό χρονικό διάστημα να υπονομεύσουν την ικανότητα να διατηρούν τη μάζα σε μια μεταβολή. Για παράδειγμα σε μεταβολές, όπου ένας μαθητής φαντάζεται ένα υλικό διεσπαρμένο σε πολύ μικρά σωματίδια, μπορεί να θεωρηθεί ότι τέτοια σωματίδια έχουν αμελητέο βάρος ή ότι όσο πιο απλωμένα είναι, τόσο λιγότερο βαριά είναι. Οι μακροσκοπικές ιδέες χρησιμοποιούνται σε μικροσκοπικό επίπεδο και πιστεύεται ότι τα μόρια στον πάγο είναι βαρύτερα από κείνα στο νερό και αυτά του ατμού ακόμα ελαφρύτερα (50% των 17 ετών). Σε κάποιες περιπτώσεις εμπλέκεται η θερμότητα: ζεστά αντικείμενα είναι ελαφρύτερα από τα κρύα (Mortimer 1993). Σε μια μελέτη σχετικά με την αντίληψη των αερίων ως μη υλικά βρέθηκε ότι το 80% των μαθητών 12–13 ετών δεν αντιλαμβάνονται την ιδέα της διατήρησης της ουσίας σε πειράματα εξάτμισης. Ακόμα και κείνοι οι μαθητές που καταλάβαιναν την διατήρηση της ουσίας συνέχιζαν να λαθεύουν σχετικά με το βάρος και την διατήρηση μάζας. Όσο μειώνονταν τα αισθητά υλικά του προγράμματος, τόσο αύξανε η μη διατήρηση μάζας (Mas et al. 1987).

Τέλος αναφέρουμε κάποιες έρευνες που εξετάζουν την ερμηνεία καθημερινών φαινομένων με τη χρήση σωματιδιακού μοντέλου και τους παράγοντες που την επηρεάζουν.

Οι Haidar & Abraham (1991) συγκρίνουν την εφαρμοσμένη και θεωρητική γνώση για επιλεγμένες έννοιες (διάλυση, διάχυση, έκχυση και καταστάσεις της ύλης) βασισμένες στην σωματιδιακή θεωρία. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι περισσότεροι από το 40% των μαθητών επιδεικνύουν εναλλακτικές αντιλήψεις των εννοιών που κάλυπτε το τεστ. Η μελέτη έδειξε ότι η ικανότητα τυπικής συλλογιστικής των μαθητών και οι προϋπάρχουσες γνώσεις σχετίζονται και παίζουν σημαντικό ρόλο με τις αντιλήψεις τους και την χρήση σωματιδιακής θεωρίας. Επίσης οι γνώσεις των μαθητών παρουσιάζονται σημαντικά διαφορετικές στην περίπτωση που μια ερώτηση είναι διατυπωμένη στην επιστημονική και στην περίπτωση που είναι διατυπωμένη στην καθημερινή γλώσσα.

Οι Abraham et al. (1992) εξέτασαν κατά πόσο οι παρανοήσεις των μαθητών για πέντε χημικές έννοιες επηρεάζονται από την κριτική ικανότητα που αυτοί διαθέτουν, και σε ποιο βαθμό τα ίδια τα σχολικά βιβλία ενθαρρύνουν τις παρανοήσεις. Οι παραπάνω διερεύνησαν πέντε χημικές έννοιες μεταξύ αυτών και πώς αντιλαμβάνονται τα παιδιά το φαινόμενο της διάλυσης συγκρίνοντας τι συμβαίνει κατά τη διάλυση αλατιού και άμμου στο νερό. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν

ότι: α) υπάρχει μικρή συσχέτιση μεταξύ του νοητικού επιπέδου των μαθητών και του βαθμού επιτυχίας στις απαντήσεις που έδωσαν και για τις πέντε χημικές έννοιες που μελετήθηκαν, αν και το μικρό ποσοστό των παιδιών με τυπική σκέψη που εντοπίστηκε έκανε τα αποτελέσματα μη πειστικά, β) το επίπεδο κατανόησης των πέντε χημικών εννοιών και η φύση των παρανοήσεων που παρουσίασαν οι μαθητές έδειξαν μια γενική αποτυχία των σχολικών βιβλίων στο να διδάξουν κριτική γνώση των χημικών εννοιών.

Οι Abraham et al.(1994) εξέτασαν την κατανόηση πέντε χημικών εννοιών όπως οι χημικές αλλαγές, η διάλυση στερεού σε νερό, η διατήρηση ατόμων, η περιοδικότητα και η αλλαγή κατάστασης από μαθητές κατώτερου και ανώτερου δευτεροβάθμιου σχολείου και κολεγίου. Το ποσό της εμπειρίας με το φαινόμενο (επίπεδο τάξης) και η ικανότητα δικαιολόγησης (αναπτυξιακό επίπεδο) εξετάστηκαν ως πιθανές πηγές διαφορών στην κατανόηση. Διαφορές στην κατανόηση σε σχέση με το επίπεδο τάξης βρέθηκαν να είναι σημαντικές για τις έννοιες των χημικών αλλαγών, διάλυσης, διατήρησης και περιοδικότητας. Αρκετοί μαθητές κολεγίου παρουσίασαν καλή κατανόηση των χημικών αλλαγών, της περιοδικότητας και αλλαγής κατάστασης. Η χρήση των όρων άτομο, ιόν και μόριο αυξάνει με το επίπεδο της τάξης. Η ικανότητα δικαιολόγησης αποδείχθηκε να είναι σημαντικός παράγοντας για την κατανόηση διατήρησης ατόμων και περιοδικότητας. Η ικανότητα δικαιολόγησης, αλλά όχι το φύλο και η χωρική ικανότητα, σχετίζεται επίσης με την ικανότητα των μαθητών δευτεροβάθμιου σχολείου να κάνουν μεταφράσεις μεταξύ τριών αναπαραστάσεων της δομής της ύλης (τύπος, ηλεκτρονική διαμόρφωση και μοντέλο ball-and-stick) (Keig & Rubba 1993).

4.5. Η έννοια της χημικής ουσίας

Η έννοια της χημικής ουσίας είναι σημαντική για τη διδασκαλία στη χημεία αφενός γιατί επηρεάζει την οικοδόμηση και λειτουργία άλλων βασικών εννοιών (χημική αντίδραση) και αφετέρου γιατί συμβάλλει στη κατανόηση φαινομένων καθημερινής ζωής, όπως διάφορες μορφές ρύπανσης του περιβάλλοντος (Stavridou & Solomonidou 1989, Stavridou et al. 1994). Ωστόσο οι έρευνες (Vogezelang 1987, Jones et al. 1989, Driver 1994b, Krnel et al. 1998, Stavridou and Solomonidou 1998) έδειξαν ότι οι μαθητές δεν λαμβάνουν την χημική ουσία με επιστημονικό τρόπο,

καθώς σχηματίζουν αρχικές έννοιες βασισμένες σε προσωπική και κοινωνική εμπειρία. Οι χημικές ουσίες στην καθημερινή ζωή λαμβάνονται ως αντικείμενα με εξωτερικό σχήμα ή τύπο που εξαρτάται από μια ή δυο αντιληπτικές ιδιότητες και χρησιμοποιούνται ως αδρανές αντικείμενο για μια από τις ιδιότητες τους. Η καθημερινή γλώσσα επιδρά ισχυρά στην δόμηση τέτοιων εννοιών. Για παράδειγμα, καθημερινές εκφράσεις όπως το γάλα ξινίζει, τα φύλλα των δέντρων γίνονται κίτρινα, θεωρούν τα υλικά να αλλάζουν από μόνα τους χωρίς αλληλεπίδραση με άλλα ή με την ενέργεια ή απλώς να αποκτούν νέες ιδιότητες. Περιγραφή των ουσιών στα πλαίσια καθημερινής χρήσης δίνουν μαθητές διαφορετικών πολιτισμών και γλωσσών (Lynch & Jones 1995). Χρήση καθημερινής γλώσσας και όχι επιστημονικής κάνουν ακόμη και τεταρτοετείς φοιτητές χημείας για την εξήγηση χημικών αντιδράσεων ως αυθόρμητων ή όχι, χρησιμοποιώντας καθημερινή γλώσσα και όχι επιστημονικούς όρους που είχαν διδαχτεί (Ribeiro et al. 1990). Η έννοια επίσης της αλληλεπίδρασης και της χημικής αλλαγής αγνοείται από μεγάλο μέρος των μαθητών. Ο Johnson (2002) αναφέρει ότι οι μαθητές δεν έχουν την έννοια της ουσίας στην καθημερινή τους σκέψη, στις ιδέες που φέρνουν στο σχολείο. Οι μαθητές ταυτοποιούν τις ουσίες με βάση τη γνωστή ή φανταστική ιστορία ενός δείγματος. Ο σίδηρος και η σκουριά είναι η ίδια ουσία σε διαφορετικούς τύπους και δείγματα άνθρακα που προέρχονται από ξύλο ή ζάχαρη είναι διαφορετικές ουσίες. Οι μαθητές ισχυρίζονται ότι οι ουσίες συνδέονται με κάποιες ιδιότητες όπως η μυρωδιά, η γεύση ή το χρώμα που αλλάζουν στη διάρκεια των μετασχηματισμών ενώ η ουσία αυτή καθ' εαυτή διατηρείται (Pfundt 1981, Schollum & Osborne 1985, de Vos & Verdonk 1985). Όμως η ουσία δεν χαρακτηρίζεται από μια μόνο ιδιότητα χρήσης, αλλά ταυτοποιείται από ένα σύνολο χαρακτηριστικών ιδιοτήτων (Solomonidou et al. 1994). Περίπου το 60%-70% ενός δείγματος αποτελούμενο από Βέλγους και Δανούς μαθητές, ηλικίας 13 ετών, βρέθηκε να κατανοεί τον όρο “απλή ουσία” ως μη μείγμα. Ωστόσο ένα ποσοστό περίπου 13-17% του ίδιου δείγματος έδινε το νόημα του “χωρίς βλαβερά συστατικά”. Όταν διερευνήθηκε η σημασία της λέξης “απλή” μόνο το 45% του δείγματος είχε την ιδέα του μη αναμεμιγμένου ή του καθαρού και το 48% του δείγματος είχε ιδέες που περιελάμβαναν χαρακτηρισμούς όπως “καθαρή”, “λαμπερή”, “όμορφη”, “όπως έπρεπε να είναι”, “ακριβής” (Bouma et al. 1990). Οι Solomonidou & Stavridou (2000) εισήγαγαν μια ειδικά σχεδιασμένη σειρά μαθημάτων που απέβλεπε στην ανάδειξη αρχικών ιδεών και τροποποίηση προς τις επιστημονικά αποδεκτές. Οι μαθητές παρατήρησαν και εξέφρασαν τις ιδέες τους σχετικά με 11 μη γνωστές ουσίες.

Ορισμένα νοητικά βήματα των μαθητών στη διάρκεια της πειραματικής εισαγωγής ήταν: Από την συγκεκριμένη ουσία στην άγνωστη ουσία με ιδιότητες, από το αδρανές μείγμα στην ιδέα της αλληλεπίδρασης, από την ιδέα του διαχωρισμού μιας ουσίας από τις ιδιότητές της στην ιδέα της προϋπαρξής των νέων προϊόντων, οι αλλαγές της ουσίας και οι ιδιότητές της.

Ενώ επιστημονικά η λέξη “υλικό” έχει πολύ γενικευμένο περιεχόμενο, η λέξη “χημική ουσία” έχει τη συγκεκριμένη σημασία ενός ομογενούς είδους της ύλης με καθορισμένη σύσταση. Οι Briggs & Holding (1986) συστήνουν την πρώιμη χρήση του όρου “καθαρή ουσία” ή “απλή ουσία” για να βοηθήσουμε τα παιδιά να αναπτύξουν μια επιστημονική άποψη για τη “χημική ουσία”. Ο Vogelezang (1987) επισημαίνει τη σπουδαιότητα της έννοιας της χημικής ουσίας και υποστηρίζει την ανάγκη για ορθές καθημερινές εκφράσεις προτείνοντας διατήρηση ουσίας στη διάρκεια αλλαγών των ιδιοτήτων της. Ο ίδιος αναφέρει ότι τα παιδιά περιγράφουν τις χημικές ουσίες ως μείγματα και όχι ως απλές ουσίες που περιέχουν δύο ή περισσότερα στοιχεία, χημικώς ενωμένα και με καθορισμένες αναλογίες μάζας. Προτείνει μια ακολουθία τριών βημάτων για την διδασκαλία της χημικής ουσίας, δηλαδή από το πράγμα στην ουσία, μετά στην ομογενή ουσία και τελικά στην χημική ουσία. Θεωρεί απαραίτητη την προσεχτική χρήση των λέξεων που σχετίζονται με αντικείμενα, υλικά και με απλές ουσίες, με μια διάκριση από πολύ νωρίς των εννοιών “αντικείμενο” και “ουσία”. Διάκριση μεταξύ υλικού και αντικειμένου σε σχέση με τις ιδιότητες πριν από την εισαγωγή της έννοιας της χημικής ουσίας προτείνεται και στην βιβλιογραφία (Dickinson 1987, Johnson 2002, Krmel et al. 1998, 2003, Solomonidou & Stavridou 2000, Skamp 2005).

Η οικοδόμηση της έννοιας της χημικής ουσίας δεν μπορεί να γίνει στο πλαίσιο της καθημερινής ζωής. Συνήθως δεν επιτρέπεται για λόγους ασφαλείας να παίζουν οι μαθητές με χημικές ουσίες καθημερινής χρήσης, γεγονός που έχει ως συνέπεια να μαθαίνουν τα αντικείμενα και τα υλικά κατασκευής τους (ονόματα οικογενειών ουσιών) (Russell et al. 1991) και μετά να αναπτύσσουν παραστάσεις των ουσιών ως αντικείμενα βασισμένες στην λειτουργία των υλικών (ιδιότητα υλικών κοινής χρήσης). Όταν η διδασκαλία της χημείας δεν δίνει προσοχή στην δόμηση της έννοιας της χημικής ουσίας, η απόκτηση των επιστημονικών κριτηρίων για την διάκριση κοινών χημικών και φυσικών φαινομένων εμποδίζεται (Stavridou & Solomonidou 1989, Stavridou & Solomonidou 1998) και δεν κατανοούνται οι χημικές αλλαγές

(Johnson 2002). Η ευθύνη για την επίτευξη του στόχου αυτού ανήκει στο σχολείο και ιδιαίτερα στην πειραματική διδασκαλία της Χημείας.

Στην παρούσα εργασία υιοθετούμε τις προτάσεις των Σταυρίδου και Σολομωνίδου, που έχουν εργαστεί πάνω στην οικοδόμηση της έννοιας της χημικής ουσίας. Οι παραπάνω προτείνουν ότι η διδασκαλία της χημείας θα πρέπει να αρχίσει με την “προσέγγιση της χημικής ουσίας”, εμπλέκοντας τους σπουδαστές σε κατάλληλες δραστηριότητες και νοητικές εργασίες και δίνοντας την ευκαιρία να αναπτύξουν μια κατάλληλη επιστημονική γλώσσα για να εκφράσουν τους μετασχηματισμούς της ύλης. Οι ουσίες πρέπει να λαμβάνονται ως οντότητες που έχουν δικές τους φυσικές και χημικές ιδιότητες. Οι ιδιότητες αυτές είναι αξεχώριστες από τις ουσίες και οι μαθητές θα πρέπει να μάθουν να αναζητούν τι διατηρείται και τι μεταβάλλεται στη διάρκεια των μεταβολών. Οι μαθητές πρέπει να είναι ικανοί να διακρίνουν δυο κατηγορίες ιδιοτήτων: 1) Ιδιότητες που αλλάζουν χωρίς να επηρεάζουν την ταυτότητα της ουσίας (όπως αυτές στις αλλαγές στην κατάσταση της ύλης, 2) ιδιότητες που μπορούν να θεωρηθούν ως δακτυλικά αποτυπώματα των ουσιών (όπως σημείο βρασμού και τήξης), η αλλαγή των οποίων σημαίνει μετασχηματισμό της ουσίας σε νέα ουσία ή ουσίες. Στο μακροσκοπικό επίπεδο η έννοια της χημικής ουσίας πρέπει να γίνει σταδιακά, αρχίζοντας από την ποσότητα της ουσίας, τις ιδιότητες της ουσίας (πυκνότητα, σημείο βρασμού), τον τύπο με τον οποίο η ουσία εμφανίζεται (στερεό, υγρό, αέριο) και την κατάσταση στην οποία υπάρχει (σε δεδομένες πίεση και θερμοκρασία).

Η δόμηση της έννοιας της χημικής ουσίας πρέπει να προηγείται της σωματιδιακής δομής της. Αυτή είναι απαραίτητη συνθήκη για να βοηθηθούν οι μαθητές να συνδέσουν λειτουργικά τις οντότητες σε εμπειρικό επίπεδο και οντότητες σε ατομικό επίπεδο (ουσίες και μόρια, νέες ουσίες και νέα μόρια). Η συνήθης διδασκαλία δεν βοηθά την οικοδόμηση της έννοιας της χημικής ουσίας στο εμπειρικό επίπεδο και προχωρά κατευθείαν στο επίπεδο του συμβολισμού χημικών ουσιών, με αποτέλεσμα δυσκολίες χρήσης ατομικών μοντέλων στην περιγραφή και εξήγηση χημικών αλληλεπιδράσεων (Papadimitriou et al. 1997, Σταυρίδου 1995, Vogelezang 1987, Σολομωνίδου & Σταυρίδου 2000, Stavridou & Solomonidou 1989, Stavridou et al. 1994, Σολομωνίδου & Σταυρίδου 1994). Ο Johnson (1996, 1998a,b,c), θεωρεί ότι η κατανόηση της έννοιας της ουσίας και μάλιστα με χρήση της σωματιδιακής θεωρίας

της ύλης είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή προσέγγιση των αλλαγών κατάστασης της ύλης.

Θεωρούμε ότι το πέρασμα σε χημικές αλλαγές μπορεί να γίνει αφού οικοδομηθεί η έννοια της ουσίας και μόνο με παρατηρήσιμες αλλαγές που δεν εμπλέκουν παραγωγή αερίου. Ο δάσκαλος πρέπει να ενθαρρύνει τους μαθητές να σκέφτονται ότι τα προϊόντα είναι νέες ουσίες, παρά προϊόντα που έχουν σχέση με τις αρχικές. Πρέπει να χρησιμοποιηθούν νέα ονόματα, όπως η καπνιά είναι άνθρακας, ακόμη και αέρια να ονομαστούν όπως π.χ. διοξείδιο του άνθρακα. Αυτό δεν σημαίνει ότι οι μαθητές κατανοούν τις χημικές αλλαγές και πιθανό θα πιστεύουν ότι οι αρχικές ουσίες υπάρχουν ακόμη, αλλά έτσι μπαίνει μια βάση για την οικοδόμηση των νοητικών αλλαγών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Η ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΕΥΝΑ

5.1. Η προβληματική της παρούσας έρευνας

Έρευνες για τις ιδέες των μαθητών σχετικά με την φύση της ύλης δείχνουν ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στην κατανόηση σωματιδιακών ιδεών (Herron, 1978 / Johnstone, 1991 / Τσαπαρλής 1994a / Τσαπαρλής, 1997b).

Οι έννοιες που σχετίζονται με τη σωματιδιακή φύση της ύλης, το μόριο, το άτομο, τα διάφορα σωματίδια, είναι δύσκολο να αποκτήσουν νόημα ακόμα και μετά από διδασκαλία. Πολύ δε περισσότερο όταν είναι γνωστό ότι τα παιδιά αναπτύσσουν πριν από τη διδασκαλία νοήματα και αντιλήψεις στο πλαίσιο της καθημερινής ζωής για έννοιες, όπως άτομο, μόριο, σωματίδιο, ένωση στοιχείο κ.λπ. (Maskill et al. 1997). Τις αντιλήψεις αυτές πρέπει να γνωρίζει ο εκπαιδευτικός προκειμένου να είναι αποτελεσματικός κατά τη διδασκαλία.

Οι μαθητές δεν χρησιμοποιούν αυθόρμητα τις έννοιες του ατόμου και του μορίου στην εξήγηση φαινομένων (Andersson 1986, de Vos & Vendronk 1987a) και διατηρούν συνεχή παρά σωματιδιακά μοντέλα της ύλης, αν και τα διδάσκονται (Ben-Zvi 1987, Renstrom 1987). Μαθησιακές δυσκολίες σχετίζονται με την περιγραφή της ύλης ως ασυνεχούς, δηλαδή αποτελούμενης από σωματίδια και κενό μεταξύ αυτών. Οι Novick & Nussbaum (1978) αναφέρουν ότι ακόμα και μετά τη διδασκαλία της κινητικής θεωρίας των αερίων, πάνω από το 10% ενός δείγματος από δεκατριάχρονα και δεκατετράχρονα παιδιά απεικόνισαν το σωματιδιακό μοντέλο του αέρα ως ένα συνεχές μοντέλο υγρού, όταν ο αέρας ψύχεται επαρκώς και υγροποιείται. Οι μαθητές δεν εφαρμόζουν το σωματιδιακό μοντέλο στα υγρά. Οι ίδιοι ερευνητές ζήτησαν παράσταση αερίου σε δοχείο πριν και μετά την αφαίρεση αέρα με αντλία. Γύρω στο 60% του δείγματος υπέδειξε ότι το αέριο αποτελείται από σωματίδια, 46% ότι υπάρχει κενός χώρος μεταξύ των σωματιδίων, και 50% είπε ότι η εσωτερική κίνηση είναι υπαίτια για την κατανομή των σωματιδίων στο χώρο.

Ο Nussbaum (1985/1993) σε μια ανασκόπηση δεδομένων που προέκυψαν από έρευνες που αναφέρονταν στις ιδέες των παιδιών σχετικά με την σωματιδιακή φύση της ύλης, διαπίστωσε ότι σημαντικό ποσοστό του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε

στην έρευνα (ηλικίας 14 ετών), μετά την διδασκαλία, απέτυχε να εσωτερικεύσει σημαντικά χαρακτηριστικά του σωματιδιακού μοντέλου και καταλήγει στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές προσεγγίζουν τη μάθηση του σωματιδιακού μοντέλου με ένα σχετικά σταθερό μοντέλο, στο οποίο η ύλη γίνεται αντιληπτή βασικά ως συνεχής και στατική. Οι ιδέες των παιδιών σχετικά με την σωματιδιακή φύση της ύλης στην αέρια φάση δείχνουν ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να καταλάβουν την ύπαρξη κενού μεταξύ σωματιδίων του αερίου και πιστεύουν ότι μεταξύ των σωματιδίων του αερίου υπάρχουν “σκόνη και άλλα σωματίδια”, “άλλα αέρια, όπως το οξυγόνο και το άζωτο”, “αέρας”, ότι “τα σωματίδια είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο και δεν υπάρχει κενός χώρος μεταξύ τους”.

Η μελέτη του Holding (1987) των εικονικών αναπαραστάσεων του εσωτερικού ενός κρυστάλλου ζάχαρης σε 600 περίπου παιδιά έδειξε ότι, σε καθεμιά από τις ηλικίες 8, 10, 15, 17 ετών, οι ιδέες εξελίσσονται σταδιακά από ένα συνεχές μοντέλο για τη δομή της ύλης σε ένα μοντέλο “συνεχών κομματιών” και καταλήγουν σε αυτό που διδάσκεται στο σχολείο και αφορά τις αναπαραστάσεις των σωματιδίων της ύλης. Το ποσοστό του τελευταίου μοντέλου αυξανόταν με την ηλικία. Πραγματικά, μόνο γύρω από το 20% των μαθητών, ηλικίας 17 ετών, διατηρούσαν ακόμα μια συνεχή (μη σωματιδιακή) άποψη για τη δομή της ύλης. Άλλες τάσεις που αυξάνονταν με την ηλικία ήταν: των τυχαίων δομών που εξελίσσονται σε πιο πειθαρχημένες, των μη μορφοποιημένων ατόμων που αντικαθίστανται με μορφοποιημένα, και δομών χωρίς δεσμούς που εξελίσσονται σε δομές που έχουν δεσμούς. Η ίδια μελέτη έδειξε ότι, αν και τα παιδιά οικοδομούν την ιδέα ότι ένα άτομο ή μόριο είναι η πιο μικρή δομική μονάδα μιας ουσίας, αυτά συχνά έχουν δυσκολία να εκτιμήσουν το πόσο μικρά είναι τα άτομα και τα μόρια. Σε ένα επόμενο στάδιο, που συνειδητοποίησαν το πόσο μικρά είναι, οδηγήθηκαν σε μηδενική ή αμελητέα μάζα.

Η έννοια του κενού μεταξύ πυρήνα και ηλεκτρονίων είναι δύσκολη υπόθεση τόσο για τα παιδιά όσο και για τους ενήλικες, που αυθόρμητα σκέφτονται την ύλη σαν συνεχή, άρα χωρίς κενό (Pfundt 1981, Renstrom 1987). Οι Ben-zvi et al. (1988) προτείνουν ότι οι μαθητές 15-16 ετών αντιμετωπίζουν δυσκολία στην κατανόηση των μοντέλων των σωματιδίων που αναπαριστώνται με συμπαγείς μπάλες που ενώνονται μεταξύ τους με μικρές ράβδους, και ταυτόχρονα δυσκολεύονται να αντιληφθούν ότι εκατομμύρια σωματιδίων παίρνουν μέρος σε κάθε παρατηρούμενη μεταβολή. Οι

Piaget & Inhelder (1974) αναφέρουν ότι μερικά παιδιά δημιουργούν αυθόρμητα την ιδέα ότι τα υλικά είναι φτιαγμένα από “μικρά κομματάκια” ή μόρια ή άτομα. Περαιτέρω έρευνα έδειξε ότι τα παιδιά αποδίδουν στα “άτομα” χαρακτηριστικά, τα οποία είναι αρκετά διαφορετικά από αυτά που τους αποδίδουν οι επιστήμονες. Οι μαθητές συχνά αντιμετωπίζουν τα “άτομα” ως “μικρά κομματάκια στερεού” ή ως “μικρές σταγόνες υγρού” τα οποία είναι ακίνητα, ανομοιόμορφα και χωρίς συνεκτική δύναμη. Τέτοιες ιδέες μπορεί να θεωρηθούν ως ενδιάμεσα μοντέλα από μια συνεχή (μη σωματιδιακή) άποψη για την ύλη προς το ατομικό, επιστημονικό μοντέλο. Η Pfundt (1981) έχει δείξει ότι τα παιδιά θεωρούν αρχικά το άτομο ως “ένα μικρό κομμάτι υλικής ουσίας” ή ως το τελικό κομμάτι της υλικής ουσίας το οποίο δημιουργήθηκε από τη σταδιακή διαίρεση του υλικού. Φαίνεται ότι τα παιδιά πιστεύουν ότι τέτοια “κομματάκια” ποικίλουν στο μέγεθος και στο σχήμα, δεν έχουν καθόλου κενό χώρο μεταξύ τους και έχουν παρόμοιες ιδιότητες με το υλικό από το οποίο προέρχονται.

Οι μαθητές κατανοούν τις ιδιότητες του σωματιδιακού μοντέλου “μία κάθε φορά”, αλλά δεν μπορούν να συγκεντρώσουν όλες αυτές τις ιδιότητες μαζί σε μια μοναδική σύλληψη της συμπεριφοράς των μορίων που δομούν το στερεό. Σε έρευνα των Dow et al. (1978) μαθητές 12 και 13 ετών που είχαν διδαχθεί σύμφωνα με το πρόγραμμα ολοκληρωμένων φυσικών επιστημών της Σκωτίας (Scottish Intergrated Science Course), μπορούσαν να απεικονίσουν τη στερεά κατάσταση ως μια οργανωμένη διάταξη μορίων, δεν έδιναν όμως καμιά εξήγηση για τη διατήρηση δομής των στερεών, ούτε μπορούσαν να εξηγήσουν τη μη συμπιεστικότητα των στερεών και τις δονήσεις των μορίων. Συχνά θεωρούν ότι τα άτομα του στερεού έχουν όλες ή τις περισσότερες μακροσκοπικές ιδιότητες αυτού. Συχνά αποδίδουν στα μεμονωμένα σωματίδια, και όχι σε μεγάλο αριθμό αυτών, μακροσκοπικές ιδιότητες όπως ότι αυτά είναι στερεά, κρύα, ή ζεστά, έχουν χρώμα, είναι στην ίδια φυσική κατάσταση όπως και το υλικό από το οποίο προέρχονται. Οι ιδέες των παιδιών για τα υγρά είναι αρκετά διαφορετικές από την επιστημονική ιδέα ότι τα υγρά αποτελούνται από μικροσκοπικά, αόριστα μόρια που κινούνται συνεχώς και κυλούν το ένα πάνω στο άλλο. Πριν από τη διδασκαλία, τα παιδιά τείνουν να αντιμετωπίσουν τα υγρά ως συνεχή (μη σωματιδιακά) και ακίνητα. Οι παρανοήσεις απορρέουν από την αντιμετώπιση της υγρής κατάστασης ως ενδιάμεσης μεταξύ στερεάς και αέριας. Επίσης περιμένουν ότι τα μόρια θα επιβραδυνθούν με τη πάροδο του χρόνου.

Εναλλακτικές αντιλήψεις διατηρούν οι μαθητές για το σχήμα, τη διάταξη και την απόσταση των σωματιδίων. Ένα μέρος της εργασίας των Dow et al. (1978) αποτέλεσαν τα σχέδια που δείχνουν το σχήμα, τη διάταξη και την απόσταση των ατόμων / μορίων σε ένα τυπικό στερεό, υγρό και αέριο. Σχεδόν όλα τα διαγράμματα των μαθητών δείχνουν σωματίδια και στις τρεις καταστάσεις, αλλά περίπου τα μισά δείχνουν τα σωματίδια στην υγρή και αέρια κατάσταση να είναι μικρότερα από κείνα της στερεάς κατάστασης. Από συνεντεύξεις με μερικούς από τους μαθητές φάνηκε ότι δεν ήταν απλά θέμα αλλαγής κλίμακα στα σχέδιά τους, αλλά αντανakλούσε την άποψη που υπήρχε πίσω από αυτά ότι η μοριακή διάμετρος ελαττώνεται προοδευτικά από το στερεό στο υγρό και από το υγρό στο αέριο. Όσον αφορά την απόσταση των σωματιδίων στα σχέδια, η πλειονότητα των σχεδίων απεικόνισε τα σωματίδια του στερεού να έχουν κανονική διάταξη συγκριτικά με την άτακτη διάταξη στο υγρό και το αέριο. Πολλά πάντως σχέδια δείχνουν μια σημαντική αύξηση της απόστασης των σωματιδίων στην στερεή και υγρή κατάσταση. Οι συγγραφείς αυτής της εργασίας αναφέρουν ότι, ενώ οι λόγοι των μοριακών αποστάσεων στα στερεά, υγρά και αέρια βρίσκονται σε αναλογία $1/1/10$, τα διαγράμματα των παιδιών παρουσιάζουν αξιοσημείωτη συνέπεια στο να δείχνουν αποστάσεις με λόγους $1/2-3/5-8$. Η μέση απόσταση τείνει δηλαδή να υποτιμηθεί στο αέριο και να υπερτιμηθεί σημαντικά στο υγρό. Αν και η πλειονότητα των μαθητών έδειξε ότι τα σωματίδια στην υγρή και αέρια κατάσταση κινούνται, περίπου το $1/3$ δεν έδειξε ότι υπάρχει κάποια κίνηση στην στερεή κατάσταση. Παρόμοια σχέδια παιδιών λυκείου έδειξαν διαφορετικούς τύπους σωματιδίων σε διαφορετικές καταστάσεις της ύλης: τα μόρια αερίων είναι στρογγυλά, τα μόρια υγρών έχουν ακανόνιστα σχέδια, τα μόρια στερεών είναι σαν κύβοι (Haidar & Abraham 1991).

Οι Hatzinikita & Kokkotas (1994), εξετάζοντας τις σωματιδιακές απεικονίσεις που αποδόθηκαν από τους μαθητές και σπουδαστές για την στερεή στην αέρια κατάσταση, αφού τους δόθηκε η αντίστοιχη στην υγρή, κατέληξαν ότι η μεγάλη πλειονότητα των μαθητών και ακόμα περισσότεροι σπουδαστές, περιορίστηκαν σε μια μη συνεχή αναπαράσταση του νερού, ενώ ένας μικρός αριθμός των μαθητών εμφανίστηκε να καταλάβει την ύλη ως αποκλειστικά συνεχή. Εκείνοι που μετακινήθηκαν ταυτόχρονα από το συνεχές στο σωματιδιακό μοντέλο ή έθεταν τα σωματίδια σε συνεχή ύλη “σαν το κέικ που φουσκώνει” ή πρόβαλλαν μακροσκοπικές ιδιότητες σε σωματίδια (ζωγραφίζοντας τα σωματίδια σαν κύβους ή ατμό). Η

διατήρηση του αριθμού των σωματιδίων και η σταθερότητα του μεγέθους των σωματιδίων ήταν κάτι άγνωστο σε μεγάλο ποσοστό, με τους σπουδαστές να γνωρίζουν λιγότερα από τους μαθητές, γεγονός που αντικατοπτρίζει την άγνοια των σπουδαστών ή απλώς την έλλειψη προσοχής. Σε αντίθεση, η σταθερότητα του σχήματος των σωματιδίων ήταν ένα χαρακτηριστικό που θεωρούνταν σημαντικό και στις δυο ομάδες. Όσον αφορά την τακτικότητα των σωματιδίων, η ταυτόχρονη αντίληψη του στερεού ως τάξη και των αερίων ως μη τάξη, εξακριβώνεται στο 1/3 των μαθητών και στους μισούς των σπουδαστών (ο ατμός σχεδιάζεται ως μη τάξη). Όσον αφορά την εγγύτητα των σωματιδίων στον πάγο και στον ατμό η παραπάνω μελέτη έδειξε ότι οι περισσότεροι από τους μισούς μαθητές και τα 2/3 των σπουδαστών ζωγράφισαν σωματιδιακά συστήματα που αντιστοιχούν σε στερεά και αέρια με τέτοιο τρόπο που η αναλογία του συγκεκριμένου χώρου στα στερεά, υγρά και αέρια είναι με τη σειρά 1 / 2–3 / 5. Και οι δύο ομάδες εμφανίστηκαν να αγνοούν εντελώς την μικροσκοπική περιγραφή της ανωμαλίας της διαστολής του νερού, όταν αυτό στερεοποιείται (απόλυτα δικαιολογημένη μεταξύ των μαθητών μια και αποκλειστικά διδάσκονται μακροσκοπική περιγραφή). Κανένα υποκείμενο δεν έδειξε μια βαθιά κατανόηση του σωματιδιακού μοντέλου, ενώ αντίθετα έχουν κατανοηθεί μόνο κάποιες όψεις των σωματιδιακών μοντέλων, ακόμα και από σπουδαστές που έχουν συστηματικά διδαχθεί στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Έτσι η έρευνα έδειξε ότι μεταξύ μαθητών υπάρχουν μη επιστημονικές αντιλήψεις σχετικά με τις αλλαγές στις καταστάσεις της ύλης, που εμμένουν και στους σπουδαστές παρά την εκπαίδευσή τους. Οι ερευνητές προτείνουν ανάπτυξη μιας σειράς δραστηριοτήτων σύμφωνα με το εκπαιδευτικό επίπεδο της ομάδας στόχου για αναδόμηση τέτοιων αντιλήψεων.

Ένα σημαντικό ποσοστό μαθητών, από όλο το ηλικιακό φάσμα, διατηρεί εναλλακτικές αντιλήψεις σχετικά με τα μόρια και άτομα, όπως ότι τα σωματίδια περιέχονται στην ουσία, τα σωματίδια δομούν την ουσία αλλά έχουν μακροσκοπικά χαρακτηριστικά. Με τη διδασκαλία τα παιδιά, αποκτούν γνώσεις για τη δομή της ύλης και για κάποια επιστημονικά μοντέλα. Όμως οι γνώσεις αυτές, όχι μόνο ξεχνιούνται γρήγορα, “αποβάλλονται” όταν δεν συνδεθούν με την πραγματικότητα (καθημερινή και επιστημονική), αλλά και στερούνται ουσιαστικής λειτουργικότητας και συνιστούν στείρα γνώση. Όταν η διδασκαλία δεν βοηθά τα παιδιά να κάνουν διάκριση μεταξύ μοντέλου και πραγματικότητας, τα παιδιά προβάλλουν

μακροσκοπικές ιδιότητες στα άτομα και τα μόρια. Χρησιμοποιούν μακροσκοπικό τύπο δικαιολόγησης, μεταβιβάζουν δηλαδή την παρατηρήσιμη συμπεριφορά της ύλης στην κλίμακα ατόμων και μορίων. Αυτή η διαισθητική στρατηγική δικαιολόγησης φαίνεται να είναι πηγή πολλών εναλλακτικών αντιλήψεων που οι σπουδαστές διατηρούν για τα χημικά συστήματα. Μια παρατηρήσιμη ιδιότητα της ύλης, όπως η κάλυψη της επιφάνειας ενός αντικειμένου με χρώμα, η επιβράδυνση κίνησης λόγω τριβής ανάγεται στις ιδιότητες των μορίων δημιουργώντας εναλλακτικές απόψεις (Andersson 1986, 1990, Nakhleh 1992, Garnett et al. 1995). Επίσης αναφέρουν ότι τα μόρια χρωστικής βάφουν τα μόρια νερού ή καθώς το νερό αλλάζει φάση από το αέριο σε υγρό και σε στερεό, τα σωματίδια μειώνονται σε μέγεθος (Haidar 1991). Ο φωσφόρος είναι κίτρινος, άρα τα άτομά του είναι κίτρινα, το νερό είναι ζεστό, άρα και τα άτομά του είναι ζεστά, ένα σώμα λιώνει άρα τα άτομα αυτού του σώματος λιώνουν, ο σίδηρος διαστέλλεται όταν θερμαίνεται, άρα τα άτομα διαστέλλονται, μια ουσία είναι μαλακή (π.χ. κερί), άρα και τα μόριά της είναι μαλακά καθώς μια μαλακή ουσία δεν μπορεί να αποτελείται από σκληρά μόρια (de Vos & Vendronk 1987b). Τα άτομα του στερεού χαλκού βρίσκεται κι αυτά σε στερεή κατάσταση (Ben-zvi et al. 1986).

Έρευνα των Brook et al. (1984) σε δείγμα 300 μαθητών / τριών ηλικίας 15 ετών στην Αγγλία για τη σωματιδιακή φύση της ύλης έδειξε ότι περισσότεροι από το 50% των μαθητών χρησιμοποίησαν σωματιδιακές ιδέες, χωρίς απαραίτητη κατανόηση άλλων ουσιαστικών όψεων του μοντέλου. Το υπόλοιπο του δείγματος δεν αναφέρθηκε σε σωματίδια στις απαντήσεις του. Στην καλύτερη περίπτωση, ένας στους πέντε μαθητές έδωσε σχεδόν πλήρεις απαντήσεις βασισμένες σε αποδεκτές σωματιδιακές ιδέες (αυτή η αναλογία αυξήθηκε σε έναν στους τρεις μαθητές που είχαν διδαχθεί Φυσική ή Χημεία). Τουλάχιστον ένας στους τρεις μαθητές χρησιμοποίησε εναλλακτικές σωματιδιακές ιδέες (μεικτές αντιλήψεις), τέτοιες όπως ότι τα σωματίδια διαστέλλονται, τα σωματίδια ζεσταίνονται, τα σωματίδια συμπεριφέρονται ανιμιστικά. Περίπου ένας στους τέσσερις μαθητές έδωσε μακροσκοπικές απαντήσεις, χωρίς αναφορά στις σωματιδιακές ιδέες.

Το μέγεθος των μορίων εξαρτάται από τη θερμοκρασία, ενώ το μέγεθος, το σχήμα και το βάρος ατόμων και μορίων μεταβάλλεται κατά την αλλαγή φυσικής κατάστασης. Για παράδειγμα, το νερό στη στερεή κατάσταση έχει μεγαλύτερα και βαρύτερα μόρια. Τα μόρια στα στερεά είναι μεγάλα, ενώ στα αέρια είναι τα πιο

μικρά. Υπάρχουν περιπτώσεις που το σχήμα των μορίων εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου (αφού οι μαθητές γνωρίζουν ότι τα υγρά παίρνουν το σχήμα του δοχείου) (Griffiths & Preston 1992). Παρόμοιες απαντήσεις παρατηρήθηκαν σε μελέτες παιδιών ηλικίας 13-15 ετών από την Πορτογαλία που δείχνουν τα σωματίδια στα στερεά μεγάλα, ενώ στα αέρια τα πιο μικρά (Pereira & Pestana 1991). Σε έρευνα των Kokkotas & Hatzinikita (1994), τα μόρια του νερού είναι διαφορετικά στην υγρή και στην αέρια φάση. Μόνο 25,6% του δείγματος (152 φοιτητές) απαντά ότι τα μόρια του νερού σε υγρή και αέρια φάση είναι τα ίδια και δίνει μια αποδεκτή αιτιολόγηση. Το 22,3% απαντά μεν ότι είναι τα ίδια αλλά χωρίς να τα αιτιολογεί. Αξιοσημείωτο είναι ότι 26,3% των φοιτητών πιστεύουν λανθασμένα ότι τα μόρια είναι διαφορετικά στο υγρό νερό και στον ατμό (χωρίς αιτιολόγηση), το 8% ότι είναι διαφορετικά διότι, όπως αναφέρουν, τα μόρια του ατμού είναι μεγαλύτερα από τα μόρια του νερού ή γιατί τα μόρια του ατμού είναι σε αέρια κατάσταση, ενώ τα μόρια του νερού είναι σε υγρή κατάσταση. Τέλος το 17,8% των φοιτητών δεν γνωρίζει και δεν απαντά. Σε παρόμοια συμπεράσματα καταλήγει και έρευνα των Μαρνέλη & Σπυροπούλου (1993).

Η γραφή των χημικών εξισώσεων και η τοποθέτηση συντελεστών γίνεται με μηχανιστικό τρόπο, χωρίς οι μαθητές απαραίτητα να αντιλαμβάνονται τι συμβολίζει και τι αναπαριστά η χημική εξίσωση. Σε έρευνα του Yarroch (1985), οι μισοί μαθητές 17 ετών τοποθέτησαν σωστά τους συντελεστές σε μια χημική εξίσωση, αλλά δεν ήταν σε θέση να δώσουν με ένα σχήμα μια αναπαράσταση της εξίσωσης στο σωματιδιακό ή το μοριακό επίπεδο. Οι μαθητές αναπαράστηκαν σωστά το συνολικό αριθμό σωματιδίων (ατόμων), που υπήρχαν στην εξίσωση, χωρίς να αποδώσουν το χημικό τύπο των ουσιών και χωρίς να πάρουν υπόψη τους συντελεστές στην εξίσωση. Ο Yarroch κατέληξε ότι οι συντελεστές και οι δείκτες για τους μαθητές είναι απλώς αριθμοί που διέφεραν λόγω της θέσης που είχαν στην εξίσωση, χωρίς να αναγνωρίζεται κάποια ιδιαίτερη χημική σημασία. Όταν τους ζητήθηκε να αναπαραστήσουν στο ατομικό – υπομικροσκοπικό επίπεδο τη χημική εξίσωση $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$, αναπαράστηκαν το, μεν υδρογόνο $3H_2$ με έξι άτομα υδρογόνου στη σειρά και την αμμωνία $2NH_3$ με δύο άτομα αζώτου και έξι άτομα υδρογόνου στη σειρά.

Γενικά οι μαθητές έχουν δυσκολίες στο να αναπτύξουν σαφείς και ικανοποιητικές νοητικές παραστάσεις σε σχέση με διάφορα φυσικά και χημικά

φαινόμενα στο μοριακό – υπομικροσκοπικό επίπεδο (Ben-Zvi et al. 1987, Nurrenbern & Piccering 1987, Garnett et al. 1995). Μετά τη διδασκαλία της σχολικής γνώσης, αναμένεται οι μαθητές να εγκαταλείψουν μια συνεχή (μη σωματιδιακή) άποψη για τις χημικές ενώσεις και να κατανοήσουν ότι κάθε στοιχείο ή ένωση μπορεί να αναπαρασταθεί ως μία δομή ή πρότυπο των δομικών λίθων που την αποτελούν – άσχετα αν αυτοί οι δομικοί λίθοι είναι άτομα, μόρια ή ιόντα. Επιπροσθέτως, αναμένεται ότι θα εκτιμήσουν ότι τέτοιοι δομικοί λίθοι συγκρατούνται μεταξύ τους με δυνάμεις (χημικούς δεσμούς) και ότι δεν είναι απλώς ανακατεμένοι ή κολλημένοι μαζί.

Σε αντίθεση με τους παραπάνω στόχους, πολλές έρευνες έχουν δείξει ότι, στις πολλαπλές ατομικές διαδρομές προς την επιστημονική άποψη, οι μαθητές μπορεί να παράγουν μια ποικιλία ενδιάμεσων συνθετικών νοητικών μοντέλων της δομής των υλικών. Οι Briggs & Holding (1986) βρήκαν ότι παιδιά ηλικίας 15 ετών, παρόλη την εμπειρία τους με σχετικές εργασίες, φαίνεται να αγνοούν ότι στις περισσότερες ενώσεις οι αναλογίες των στοιχείων είναι καθορισμένες. Πολύ πριν να διδαχθούν ότι το χημικό στοιχείο περιέχει μόνο ένα είδος ατόμων (ότι δηλαδή έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό), έχουν ακούσει ότι ένα χημικό στοιχείο είναι μια ουσία που δεν μπορεί να διασπαστεί σε απλούστερες. Παρόλο που η αντίληψη αυτή εισάγεται σε ηλικία 11 ή 12 ετών, μόνο 25% ενός δείγματος ήταν σε θέση να την εφαρμόσουν. Αρκετά παιδιά βασίζονται περισσότερο στην αίσθηση παρά σε κριτήρια συμπεριφοράς και ως εκ τούτου δημιουργούν εναλλακτικές απόψεις όπως “το αλάτι είναι στοιχείο”. Επίσης οι Ben-Zvi et al. (1988) σε μελέτη αναπαραστάσεων των μορίων μιας χημικής ένωσης βρήκαν ότι το 1/3 από τους μαθητές απεικόνιζαν το N_2O_4 είτε ως συνδεδεμένα κομμάτια ή ως ασύνδετα κομμάτια N_2 και O_4 . Αυτό το προσθετικό μοντέλο αναπαράστασης παρουσιάστηκε σταθερά σε παρόμοιες ερωτήσεις σε διαφορετικές έρευνες. Στην αέρια κατάσταση απεικονίζεται η απόσταση μεταξύ ατόμων του μορίου πολύ μεγαλύτερη από την πραγματική (Novick & Nussbaum 1978, Brook et al. 1984, Nussbaum, 1985, Johnston & Driver 1989; Lee et al. 1993).

Οι Briggs & Holding (1986) ερεύνησαν την ιδέα ότι ένα στοιχείο είναι φτιαγμένο από ένα είδος ατόμων και βρήκαν ότι γύρω στο 75% δεκαπεντάχρονων μπορούσαν να αναγνωρίσουν μία σωματιδιακή αναπαράσταση ενός αερίου στοιχείου. Ο Selley (1978) υποστηρίζει ότι στα σχολικά εγχειρίδια και στη συζήτηση στην τάξη

οι χημικές ενώσεις και τα σωματίδια που τις αποτελούν συχνά συγχέονται. Οι μαθητές συναντούν δυσκολίες στην ανάπτυξη μιας επαρκούς αντίληψης του χημικού συνδυασμού των στοιχείων, μέχρις ότου αυτοί μπορέσουν να ερμηνεύσουν το συνδυασμό σε σωματιδιακό επίπεδο. Ωστόσο το να κατέχουν οι μαθητές τη σωματιδιακή άποψη δεν εξασφαλίζει και την κατανόηση των χημικών συνδυασμών των στοιχείων (Novick & Nussbaum 1978). Από αυτούς που κατέχουν το σωματιδιακό μοντέλο, εξήγησαν το σχηματισμό του “άσπρου καπνού” από ατμούς αμμωνίας και ατμούς υδροχλωρικού οξέος, λέγοντας ότι έγινε συνδυασμός των αερίων σε ποσοστό 55% ή ότι απλώς δημιουργείται ένα μείγμα όταν οι ατμοί συναντώνται σε ποσοστό 30%. Τα αντίστοιχα ποσοστά αυτών που είχαν συνεχή άποψη ήταν 18% και 51% αντίστοιχα.

Οι Laverty and McGarvey (1991) ερεύνησαν τις σωματιδιακές αναπαραστάσεις για το χημικό συνδυασμό μαγνησίου και οξυγόνου προκειμένου να σχηματιστεί χημική ένωση. Οι τύποι των χημικών συνδυασμών των σωματιδίων που απεικονίστηκαν περιελάμβαναν: τυχαία ανάμειξη σωματιδίων, σωματίδια οξυγόνου να “περικυκλώνουν” σωματίδια μαγνησίου, δύο σωματίδια μαγνησίου και ένα οξυγόνου, ή ένα σωματίδιο μαγνησίου και δύο οξυγόνου συνδεδεμένα, μια συγκέντρωση συνδεδεμένων σωματιδίων μαγνησίου και οξυγόνου τακτοποιημένα εναλλακτικά και περιγραφόμενα ως “τα ίδια σε όλη την πορεία”. Σύγχυση δημιουργήθηκε στη χρήση σωματιδιακού – στερεοχημικού μοντέλου για τις ιοντικές ουσίες. Στο στερεοχημικό μοντέλο του χλωριούχου νατρίου, τα 6 ραβδάκια γύρω από κάθε μπάλα ερμηνεύτηκαν ως ένας ιοντικός δεσμός και πέντε φυσικοί δεσμοί. Μόνο 2/28 είπαν ότι τα ξυλάκια απλώς συγκρατούν τις μπάλες στη θέση τους.

Δεν είναι σπάνιο το φαινόμενο ακόμα και καθηγητές που διδάσκουν Φ.Ε. να διατηρούν εναλλακτικές ιδέες για τη φύση και τις ιδιότητες των μορίων (Τσαπαρλής 1993). Ο Kikas (2004) σε έρευνα ιδεών διαφορετικών ομάδων υποψηφίων δασκάλων, δημοτικού και χημείας, έδειξε όχι μόνο ποικίλες εναλλακτικές αντιλήψεις αλλά και διαφορές μεταξύ των φαινομένων και της ομάδας δασκάλων. Οι Taylor & Coll (2002) έδειξαν ότι μεταξύ υποψηφίων δασκάλων που είχαν διδαχθεί κινητική θεωρία στο δευτεροβάθμιο σχολείο, λίγοι μπορούσαν να την εφαρμόσουν αποτελεσματικά όταν εξηγούσαν μεταβολές της ύλης και επίσης παρά το γεγονός ότι προέρχονταν από διαφορετικές πολιτισμικές ομάδες, εξέφρασαν τις ίδιες εναλλακτικές αντιλήψεις. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι δάσκαλοι στο δημοτικό σχολείο σε κάποιες περιοχές της

φυσικής που διδάσκουν, αν όχι σε όλες, μπορούν να θεωρηθούν αρχάριοι (Smith & Neale 1989). Μένουν στις επιφανειακές δομές, δηλαδή στα αντικείμενα που αναφέρονται στο πρόβλημα, σε αντίθεση με τους ειδικούς που ψάχνουν τις υπονοούμενες επιστημονικές αρχές που εμπλέκονται στα προβλήματα (Chi et al. 1981). Ωστόσο μια εποικοδομητική διδακτική παρέμβαση, με χρήση μοντέλων και αναλογιών, μπορεί να βοηθήσει τους δασκάλους να δομήσουν ένα καλύτερο νοητικό μοντέλο για την κινητική θεωρία, και ειδικά τη σχέση σωματιδίων και ενέργειας, που στη συνέχεια χρησιμοποιούν αποτελεσματικά για εξήγηση καθημερινών αλλαγών της ύλης (Taylor & Coll 2002).

Τέλος, ο Τσαπαρλής σε εργασία του (1997a) συνοψίζει τους λόγους στους οποίους οφείλεται η δυσκολία των μαθητών να κατανοήσουν έννοιες όπως η ατομική και μοριακή δομή. Όσον αφορά στα επίπεδα νοητικής ανάπτυξης κατά Piaget, είναι εξαιρετικά δύσκολο να κατανοήσουν οι μαθητές τις έννοιες της ατομικής και μοριακής δομής, διότι απαιτούν αυξημένη νοητική ανάπτυξη, μιας που δεν είναι δυνατό να διδαχθούν κάνοντας χρήση των εμπειριών των μαθητών. Άρα είναι εξαιρετικά δύσκολη η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον «απόμακρο» κόσμο των ατόμων και των μορίων, από μαθητές που δεν βρίσκονται στο αντίστοιχο επίπεδο νοητικής ανάπτυξης. Σύμφωνα με τη νοηματική μάθηση του Ausubel, οι μαθητές επιδέχονται νέες πληροφορίες που προστίθενται σε ότι ήδη γνωρίζουν. Εφόσον οι έννοιες σχετικές με τον «κόσμο» των ατόμων, πρέπει να οικοδομηθούν σε μια νέα βάση, χωρίς προϋπάρχουσες πληροφορίες είναι δύσκολο για τους μαθητές να κατανοήσουν τις έννοιες αυτές. Μέσα στην τάξη, υπάρχει πιθανότητα να προκληθεί σύγχυση στους μαθητές από τις συνεχείς παλινδρομήσεις του διδάσκοντος ανάμεσα σε μακροσκοπικές παρατηρήσεις, στη συμπεριφορά των μορίων και στις συμβολικές αναπαράστάσεις που χρησιμοποιούνται για να συνδέσουν τα δύο προηγούμενα.

5.2. Η πρόταση Garafalo: Καθυστερώντας την εισαγωγή των μορίων και ατόμων

Σε πρόσφατη εργασία του (Garafalo και συν., 2001), προτείνεται η «καθυστερημένη» εισαγωγή των θεμάτων της ατομικής και μοριακής δομής στο 2^ο εξάμηνο ενός Προγράμματος Σπουδών Χημείας. Σε πολλά Προγράμματα Σπουδών, θέματα όπως η ατομική και μοριακή δομή εισάγονται νωρίς, παρόλο που οι έννοιες αυτές δεν σχετίζονται άμεσα με τις εμπειρίες των μαθητών από την καθημερινή τους

ζωή. Ακόμη, αν κάνει κανείς μια ιστορική αναδρομή της εξέλιξης της Χημείας ως επιστήμης, θα διαπιστώσει ότι οι έννοιες αυτές εμφανίζονται σχετικά αργά,.

Κατά συνέπεια, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι οι σημερινοί μαθητές Χημείας δυσκολεύονται να καταλήξουν σε επιστημονικά συμπεράσματα όσον αφορά στο υπομικροσκοπικό επίπεδο της ύλης, στηριζόμενοι σε μακροσκοπικές παρατηρήσεις. Σε παλαιότερη εργασία (Nakhleh, 1992), παρέχεται σημαντικός όγκος πληροφοριών σχετικά με τις δυσκολίες μαθητών όλων των ηλικιών ν' αντιληφθούν και να χρησιμοποιήσουν το επιστημονικό αποδεκτό μοντέλο ότι η ύλη αποτελείται από μόρια που βρίσκονται σε συνεχή κίνηση.

Στο τέλος του προηγούμενου εδαφίου αναφέρθηκε η εργασία του Τσαπαρλή (1997a) σχετικά με τις δυσκολίες κατανόησης της ατομικής και μοριακής δομής. Αρκετές εργασίες συνηγορούν στα παραπάνω δεδομένα. Οι Hesse & Anderson (1992), καθώς και ο Johnstone (2000a, 1991a) επισημαίνουν ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν προβλήματα μεταβαίνοντας από τη μακροσκοπική παρατήρηση στην ατομική περιγραφή και στη συμβολική αναπαράσταση και αντιστρόφως. Άλλοι ερευνητές, (Haidar & Abraham, 1991, Abraham και συν., 1994) θεωρούν ότι η νοητική ικανότητα και οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών παίζουν ρόλο στην ανάπτυξη των αντιλήψεων των μαθητών, άρα και στη χρήση της θεωρίας περί σωματιδιακού μοντέλου της ύλης. Τέλος άλλη έρευνα (Johnstone, 1991b) καταδεικνύει ότι μόνο το 25% μαθητών βιολογίας γυμνασίου μπορούν να διατυπώνουν υποθέσεις στηριζόμενες σε μακροσκοπικές παρατηρήσεις. Οι μαθητές αυτοί, πρέπει να διδάσκονται πώς να διαφοροποιούν τις σχετικές από τις άσχετες πληροφορίες όταν αξιολογούν ένα επιστημονικό θέμα.

Όλα τα παραπάνω, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τεκμηρίωσή της «καθυστερημένης» εισαγωγής της ατομικής και μοριακής δομής σε Εισαγωγικά Προγράμματα Σπουδών Χημείας:

1) Η Χημεία συνεπάγεται παρατηρήσιμα δεδομένα σε μακροσκοπικό επίπεδο, συνδεδεμένα με συμπεράσματα σε υπομικροσκοπικό επίπεδο και συμβολικές αναπαραστάσεις. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η παρατήρηση προηγείται των θεωριών και μοντέλων, μία προσέγγιση «καθυστερημένης εισαγωγής» ατομικών μοντέλων και θεωριών είναι επιστημονικά πιο συνεπής με την εξέλιξη της Χημείας ως Επιστήμης.

2) Η γνώση της συμπεριφοράς των ουσιών, οι σχετικές ατομικές μάζες, οι χημικές ενώσεις και η γεωμετρία των μορίων προϋπήρχαν της γνώσης της ατομικής δομής. Άρα η παραπάνω σειρά με την οποία αποσαφηνίστηκαν ιστορικά οι έννοιες

αυτές, παρέχει πληρέστερη εικόνα σχετικά με την εξέλιξη της επιστήμης της Χημείας και καλύτερη εκτίμηση των προβληματισμών των επιστημόνων που πραγματεύονταν τις έννοιες αυτές.

3) Η επιστημονική έρευνα δείχνει ότι η παροχή μεγάλου όγκου πληροφοριών προκαλεί σύγχυση στους μαθητές, ιδιαίτερα δε όταν αυτοί πρόκειται να επεξεργαστούν θέματα υψηλής νοητικής ικανότητας. Συνεπώς, μία προσέγγιση «καθυστερημένης» εισαγωγής θεμάτων όπως η ατομική δομή, βοηθά τους μαθητές να αφομοιώσουν θέματα σχετικά με τη σύνδεση του μακροσκοπικού κόσμου και του υπομικροσκοπικού επιπέδου της ύλης.

Ο Garafalo ασχολείται με την βελτίωση του Προγράμματος Σπουδών του Κολλεγίου των Επιστημών Υγείας της Μασσαχουσέτης (MCPHS) από τα μέσα της δεκαετίας του '80 (Garafalo & Lo Presti, 1986, Garafalo, Lo Presti & La Sala, 1998, Garafalo & Lo Presti 1993, Cohen και συν., 2000). Παράλληλα, διδάσκει Χημεία σε πρωτοετείς φοιτητές του Κολλεγίου χρησιμοποιώντας την εποικοδομητική μέθοδο διδασκαλίας (Ausubel, 1978, Resnick, 1983, Arons, 1990) από τις αρχές της δεκαετίας του '90. Γίνεται μια συστηματική προσπάθεια στην τάξη η εισαγωγή μιας έννοιας να συνοδεύεται από μια επίδειξη στην τάξη, συνδυαζόμενη με εμπειρίες των φοιτητών από την καθημερινή τους ζωή. Με αυτόν τον τρόπο οι φοιτητές αφομοιώνουν καλύτερα έννοιες μη προερχόμενες από τον «ορατό» κόσμο γύρω μας. Η παραπάνω διαδικασία προέκυψε από την εποχή που το Πρόγραμμα Σπουδών Χημείας του Κολλεγίου περιλάμβανε τρία εξάμηνα, χωρίς να υπάρχει εργαστηριακή δραστηριότητα κατά τις πρώτες 10 εβδομάδες.

Φύλλα εργασίας για το σπίτι δίδονταν στους φοιτητές, τα οποία συνήθως περιελάμβαναν εφαρμογές της συγκεκριμένης έννοιας που εισάγεται πλέον επαγωγικά. Οι απαντήσεις ζητούνταν από τους φοιτητές κατόπιν παρέλευσης μερικών ημερών, έτσι ώστε να ενθαρρυνθεί η αλληλεπίδραση με τους συμμαθητές, καθώς και η αναζήτηση πληροφοριών σε άλλα επιστημονικά εγχειρίδια. Η αλλαγή του συστήματος το ακαδημαϊκό έτος 1996-97 με ένα εξάμηνο να αφιερώνεται πλέον στη Χημεία, έδωσε την ευκαιρία στους φοιτητές ν' ασχοληθούν πιο εκτεταμένα με έννοιες όπως η κινητική θεωρία, οι νόμοι των αερίων, η ατομική θεωρία κ.ά., μέσω απλών εργαστηριακών ασκήσεων. Έρευνες (Pickering, 1988) έδειξαν ότι οι απλές εργαστηριακές ασκήσεις που δεν υποβάλλουν τους μαθητές σε πολύπλοκες διαδικασίες, ενδείκνυνται περισσότερο σε εισαγωγικά έτη.

Τα τελευταία χρόνια οι χαμηλές επιδόσεις στο πρώτο τεστ του πρώτου εξαμήνου έχουν οδηγήσει σε μια σταθερή ελάττωση του αριθμού των εννοιών που εισάγονται τις πρώτες εβδομάδες του Προγράμματος Σπουδών. Ορισμένες έννοιες έχουν παραλειφθεί τελείως, ενώ άλλες έχουν μεταφερθεί σε άλλες τάξεις. Για παράδειγμα πριν από το ακαδημαϊκό έτος 1997-98, η έννοια της ενέργειας εισαγόταν πριν από τις χημικές μεταβολές και τα αέρια, με αποτέλεσμα οι φοιτητές να παραπονούνται ότι διδάσκονταν περισσότερο Φυσική παρά Χημεία. Ταυτόχρονα θεωρούσαν ότι εισάγονται πολλές έννοιες σε μικρό χρονικό διάστημα. Συγκεκριμένα πολύ λίγος χρόνος αφιερωνόταν στην ατομική θεωρία, καθώς και στη διάκριση μεταξύ ενώσεων, μειγμάτων και στοιχείων. Όλες αυτές οι δυσκολίες των φοιτητών συντέλεσαν στο να διαμορφωθεί ένα πρόγραμμα Σπουδών που συμβαδίζει κατά κάποιο τρόπο με την ιστορική εξέλιξη της Επιστήμης της Χημείας. Οι ενότητες που διδάσκονται στο πρώτο εξάμηνο σπουδών στα πλαίσια ενός διαθεματικού πλαισίου προσέγγισης των Φυσικών Επιστημών, είναι οι εξής:

1. Μαθηματικά αξιώματα
2. Μετρήσεις μεγεθών
3. Ύλη και οι ιδιότητές της
4. Κίνηση σωμάτων
5. Η έννοια της δύναμης
6. Ατομική θεωρία
7. Εισαγωγή στον περιοδικό πίνακα
8. Η έννοια της ενέργειας
9. Χημική ισορροπία
10. Σύσταση της ύλης

Με το νέο αυτό Πρόγραμμα Σπουδών που εφαρμόζεται για τρία συνεχόμενα έτη, (1998-2001), γίνεται προσπάθεια να ξεπεραστούν όλες οι μαθησιακές δυσκολίες των φοιτητών που αναφέρθηκαν νωρίτερα. Πράγματι το ποσοστό των πρωτοετών φοιτητών Χημείας στο Κολλέγιο με χαμηλή επίδοση στο τέλος του πρώτου εξαμήνου το ακαδημαϊκό έτος 2000-2001, ήταν περίπου 17%. Το ίδιο ακαδημαϊκό έτος, σε δείγμα 75% του συνολικού αριθμού των πρωτοετών φοιτητών (87 από 116 φοιτητές), 10 φοιτητές θεώρησαν ότι το επίπεδο της ύλης του εξαμήνου είναι πολύ υψηλό, ενώ 20 φοιτητές θεώρησαν ότι είναι ιδιαίτερα χαμηλό. Οι υπόλοιποι είπαν ότι είναι κατάλληλο και προσαρμοσμένο στο επίπεδο σπουδών τους. Τέλος, όλα τα παραπάνω επαληθεύουν έρευνες που δείχνουν ότι οι μαθητές επιτυγχάνουν υψηλότερες

επιδόσεις όταν κατά τη διδασκαλία αποφεύγεται η άσκοπη μετάβαση ανάμεσα στο μακροσκοπικό, υπομικροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο της ύλης (Georgiadou & Tsaparlis, 2000).

5.3 . Η ταυτότητα της έρευνας

5.3.1. Συνοπτική παρουσίαση του πειραματικού διδακτικού υλικού Χημείας Β΄ Γυμνασίου

Το πειραματικό διδακτικό υλικό της Β΄ Γυμνασίου, αποτελείται από τις εξής ενότητες και τα αντίστοιχα μαθήματα:

Πίνακας 5.1. Περιεχόμενα πειραματικού διδακτικού υλικού Χημείας Β΄ Γυμνασίου

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επιστήμη της χημείας

ΕΝΟΤΗΤΑ Α: ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΚΑΙ ΤΟ

ΥΠΕΔΑΦΟΣ

1. Το έδαφος και το υπέδαφος
2. Ιδιότητες της ύλης
3. Καταστάσεις της ύλης
4. Ουσίες και μίγματα
5. Διαχωρισμός μιγμάτων στις συστατικές τους ουσίες

ΕΝΟΤΗΤΑ Β: ΤΟ ΝΕΡΟ

6. Το νερό
7. Διαλύματα
8. Προβλήματα με το νερό

ΕΝΟΤΗΤΑ Γ: ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

9. Η έννοια της χημικής αντίδρασης
10. Χημικές αντιδράσεις σε υδατικά διαλύματα
11. Χημικές ενώσεις και χημικά στοιχεία
12. Γνωρίζουμε περισσότερο τα χημικά στοιχεία

ΕΝΟΤΗΤΑ Δ: Ο ΑΕΡΑΣ

13. Ο ατμοσφαιρικός αέρας
14. Το οξυγόνο και το άζωτο
15. Περισσότερα για την καύση
16. Προβλήματα με τον αέρα

ΕΝΟΤΗΤΑ Ε: ΜΟΡΙΑ

17. Η έννοια του μορίου σε στερεά και υγρά
18. Αεικίνητα μόρια
19. Η έννοια του μορίου σε αέρια

ΕΝΟΤΗΤΑ ΣΤ: ΑΤΟΜΑ

20. Οι δύο πρώτοι νόμοι της χημείας
21. Η έννοια του ατόμου
22. Οι χημικοί τύποι και η έννοια του μολ
23. Η έννοια της χημικής εξίσωσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ:ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

1. Μέτρηση μήκους
2. Μέτρηση επιφάνειας και όγκου
3. Μάζα των σωμάτων
4. Η πυκνότητα ενός υλικού
5. Ατμοσφαιρική πίεση
6. Μεταβολές των αερίων

Οι αρχές που ακολουθήθηκαν για τη συγγραφή του διδακτικού υλικού είναι οι ακόλουθες:

1) Σπειροειδής διδασκαλία. Η σπειροειδής διδασκαλία είναι χρήσιμη και απαραίτητη για πολλούς λόγους. Πρώτα-πρώτα δεν είναι δυνατόν να εξαντληθεί ένα θέμα σε μία τάξη, κυρίως λόγω των δυσκολιών που παρουσιάζουν πολλές έννοιές του. Έπειτα, με τη σπειροειδή διδασκαλία γίνεται επανάληψη. Και η «επανάληψη μήτηρ μαθήσεως».

2) Πειραματική διδασκαλία. Η χωρίς πείραμα διδασκαλία της Φυσικής και της Χημείας, που είναι ο κανόνας στη χώρα μας, είναι εκ των προέρων καταδικασμένη σε αποτυχία. Κάθε άλλη προσπάθεια του δασκάλου (μελέτη, ερωτήσεις, ασκήσεις) είναι λειψή. Περαιτέρω, η συνεργασία των μαθητών σε ομάδες των 2, 3 ή 4 μαθητών θεωρείται πολύ σημαντική τόσο για τη μάθηση, όσο και για την ανάπτυξη ικανοτήτων επικοινωνίας. Αλλά και η εκτέλεση των πειραμάτων ως επιδείξεων, όπου αυτό επιβάλλεται λόγω ελλείψεως πολλαπλών οργάνων, προτείνεται να γίνεται όχι από τον καθηγητή, αλλά από δυάδες μαθητών που θα καθοδηγούνται από τον καθηγητή. Στο βιβλίο τα αποτελέσματα των πειραμάτων ούτε περιγράφονται ούτε δείχνονται σε σχήμα ή σε φωτογραφία κατά κανόνα. Έτσι, το βιβλίο λειτουργεί ως εργαστηριακός οδηγός, με κενό χώρο όπου ζητείται από τους μαθητές να καταγράψουν τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά τους.

3) Νοηματική μάθηση –Περιορισμός της απομνημόνευσης. Η έμφαση στη νοηματική μάθηση είναι αναπόφευκτη σε ένα πρόγραμμα με τους τεθέντες στόχους και αρχές. Η απομνημόνευση περιορίζεται στα απολύτως απαραίτητα. Στην κατεύθυνση αυτή, σε κάθε μάθημα υπάρχει το τμήμα «Το μάθημα σε ερωτήσεις». Οι ερωτήσεις αυτές εξυπηρετούν τρεις απαιτήσεις: α) Να διατυπώσουν τους αντικειμενικούς στόχους. β) Να λειτουργήσουν σαν ένα είδος επισκόπησης-περίληψης. γ) Να δώσουν στους μαθητές τις ερωτήσεις εκείνες, των οποίων η γνώση των απαντήσεων θα πιστοποιεί ότι ο μαθητής ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στις απαιτήσεις του μαθήματος.

4) Απλότητα φαινομένων και αρχών.

5) Ποιοτική προσέγγιση – Απλές ποσοτικές σχέσεις – Όχι μαθηματικές εξισώσεις με σύμβολα – Όχι γραφικές παραστάσεις. Η ποιοτική προσέγγιση προηγείται της ποσοτικής. Οι ποσοτικές σχέσεις είναι απλές. Έμφαση δίδεται στις πράξεις της αριθμητικής, ιδίως στη διαίρεση. Η σημασία του λόγου δύο μεγεθών που περιγράφει ο Arons (Τσαπαρλής, 1991α, σελ. 123) είναι ένα σπουδαίο

εργαλείο για την κατανόηση μαθηματικών σχέσεων μεταξύ φυσικών μεγεθών. Τελικά προχωρούμε μέχρι ευθείες και αντίστροφες αναλογίες. Οι μαθηματικές σχέσεις διατυπώνονται με λόγια μόνον και όχι συμβολικά. Εξάλλου, αποκλείσαμε εντελώς τις γραφικές παραστάσεις, οι οποίες προκαλούν δυσκολίες στους μαθητές (ΕΕΦ, Παράρτημα Αγρινίου, 1995).

6) Σεβασμός στην επιστημονική αυστηρότητα. Η προσήλωση στην επιστημονική αυστηρότητα πιστεύουμε ότι πρέπει να είναι αυτοσκοπός και μέσο της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες. Έτσι, όταν αναφέρουμε το σημείο ζέσεως μιας ουσίας, αναφέρουμε κατά κανόνα και την ατμοσφαιρική πίεση. Η χαλαρή και ελλειπής διατύπωση όχι μόνο εγκαθιστά εσφαλμένες αντιλήψεις στους μαθητές, αλλά διαμορφώνει και στους ίδιους μια ασέβεια προς την αυστηρότητα. Αναπόσπαστο μέρος της επιστημονικής αυστηρότητας είναι η σωστή χρήση της γλώσσας: σκέψη και γλώσσα αλληλοεξαρτώνται και αλληλοεπηρεάζονται.

7) Σύνδεση με τη ζωή. Πέρα από την καθαυτό γνωστική-μορφωτική τους αξία, η Φυσική και η Χημεία έχουν πολλές και μεγάλες εφαρμογές στη ζωή μας. Η σύνδεσή τους με τη ζωή και την κοινωνία γίνεται: α) Μέσα στο κανονικό μάθημα. β) Σε ειδικά ένθετα (π.χ. «Πώς αντιμετωπίζουμε μια πυρκαϊά»). γ) Στο τελικό τμήμα κάθε μαθήματος «Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφθείς και να καταλάβεις γιατί».

8) Παρανοήσεις και εναλλακτικές ιδέες των μαθητών. Οι παρανοήσεις που προκαλούνται από εσφαλμένη ή ελλειπή διδασκαλία, αλλά και από τη συνολική προσχολική και εξωσχολική ζωή των μαθητών (εναλλακτικές ιδέες) έχουν αποτελέσει το κεντρικό θέμα των περισσότερων ερευνών στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών κατά την τελευταία δεκαετία. Γι' αυτό, λαμβάνοντας υπόψη τόσο σιωπηρώς όσο και ρητώς, τα ειδικά ένθετα «Να έχεις υπόψη σου» επιδιώκουν συχνά να προλάβουν την πρόκληση παρανοήσεων.

9) Εποικοδομητική-ενεργητική μάθηση. Όλη η προσπάθειά μας εστιάζεται σε μια εποικοδομητική διδασκαλία και μάθηση. Αυτό είναι και ο σημαντικότερος νεωτερισμός του βιβλίου αυτού. Καταρχήν η εφαρμογή εποικοδομητικής διδασκαλίας είναι έργο και ευθύνη του εκπαιδευτικού και δευτερευόντως του διδακτικού βιβλίου. Για να βοηθήσουμε όμως τον δάσκαλο, έχουμε μετατρέψει το βιβλίο σε οδηγό διδασκαλίας. Στην ενεργητική μάθηση συμβάλλει και η έμφαση στο απλό πείραμα που εκτελούν οι μαθητές σε ομάδες. Όπως συνιστά ο Arons, πρώτα δίδεται η ιδέα κι έπειτα το όνομα (Τσαπαρλής, 1991,

σελ. 125). Ακόμη, οι ορισμοί είναι λειτουργικοί που διατυπώνουν πρώτοι οι μαθητές ή υποβοηθούνται στην διατύπωσή τους.

10) Νοητική ανάπτυξη – Κριτική σκέψη. Με κατάλληλες παρεμβάσεις, επιδιώκεται συχνά η ανάπτυξη ικανοτήτων τυπικής συλλογιστικής. Ο έλεγχος των μεταβλητών και οι αναλογίες είναι δύο τέτοιες ικανότητες που χειρίζονται με μεγάλη προσοχή. Εξάλλου, δεν αποφεύγονται οι αφηρημένες έννοιες. Με το τελικό τμήμα κάθε μαθήματος «Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφθείς και να καταλάβεις γιατί», καλείται ο μαθητής να δώσει απαντήσεις σε πιο απαιτητικές ερωτήσεις. Με τον τρόπο αυτόν, επιδιώκεται η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης. Επιπλέον, μερικές φορές καλείται ο μαθητής να προτείνει πειραματική μεθοδολογία, καλλιεργώντας έτσι τη δημιουργική σκέψη του.

5.3.2. Αρχική αξιολόγηση του πειραματικού υλικού από εκπαιδευτικούς

Πριν από τη διδακτική παρέμβαση μέσω του πειραματικού διδακτικού υλικού στα σχολεία της έρευνας, κρίθηκε σκόπιμο να γίνει μία αρχική αξιολόγησή του από τους καθηγητές που θα δίδασκαν την έννοια του μορίου στους μαθητές της Β' τάξης του Γυμνασίου των σχολείων που διδάσκουν. Στην έρευνα συμμετείχαν τρεις χημικοί και ένας γεωλόγος. Κανένας από τους καθηγητές αυτούς δεν ανήκε ποτέ ούτε ανήκει στην ερευνητική ομάδα του Γ. Τσαπαρλή. Επίσης μία εκ των τεσσάρων εκπαιδευτικών έχει αποκτήσει μεταπτυχιακό δίπλωμα ειδίκευσης στη Διδακτική Φυσικών Επιστημών.

Σε κάθε καθηγητή δόθηκαν ένα αντίτυπο του βιβλίου και οδηγίες για την αξιολόγησή του. Ουσιαστικά ζητήθηκε να λάβουν υπόψη το σχολικό βιβλίο Χημείας της Β' γυμνασίου (Γεωργιάδου κ.α.) και το σχετικό υλικό του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου που αφορά στο Πρόγραμμα Σπουδών της Β' Γυμνασίου (δόθηκε επίσης). Ενημερώθηκαν επίσης, ότι ουδείς εκ των συγγραφέων του πειραματικού διδακτικού υλικού συμμετείχε στην σύνταξη του τρέχοντος ή του νέου προγράμματος σπουδών.

Οι εκπαιδευτικοί επεξεργάστηκαν το υλικό κατά τη διάρκεια των θερινών τους διακοπών (Ιούλιος-Αύγουστος 2006). Πριν από την έναρξη του σχολικού έτους (2006-2007), κατόπιν συνεννόησης, κανονίστηκαν συνεντεύξεις των συγγραφέων με τους αξιολογητές. Οι καθηγητές κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτήσεις σχετικές με τις εντυπώσεις τους κατά την ανάγνωση του βιβλίου παρατηρήσεις, διορθώσεις κ.λ.π. Οι συνεντεύξεις ηχογραφήθηκαν κατόπιν σύμφωνης γνώμης των εκπαιδευτικών. Τα ευρήματα της απομαγνητοφώνησης των συνεντεύξεων δίνονται παρακάτω:

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ

- **Ποια είναι η γενική σου εντύπωση από την ανάγνωση του πειραματικού διδακτικού υλικού;**

X₁: Ωθεί στο πείραμα, συνεπές στον τρόπο χτισίματος της γνώσης, τα μοντέλα μπαίνουν προσεκτικά. Λαμβάνει υπόψη παρανοήσεις των μαθητών, ωθεί στην παρατήρηση, περιγραφή, ερμηνεία. Δεν στηρίζεται σε απευθείας αναφορά στους ορισμούς των εννοιών, αλλά στην αναγκαιότητα εισαγωγής τους.

Γ: Αρκετά καλή η δομή, τα πειράματα βοηθούν διότι είναι απλά, όπως και το ένθετο «το μάθημα σε ερωτήσεις» στο τέλος κάθε μαθήματος. Η σειρά της δομής μπορεί να εναλλάσσεται, κυρίως όσον αφορά στο εισαγωγικό μέρος.

X₃: Ωραία η δομή. Γενικά πολύ καλή εντύπωση. Χρησιμοποιεί πείραμα, μπαίνει στον μικρόκοσμο σταδιακά.

X₂: Η δομή διευκολύνει αρκετά και επιτρέπει στον καθηγητή παραλλαγές στη σειρά διδασκαλίας, ιδιαίτερα δε στο εισαγωγικό κομμάτι του διδακτικού υλικού.

- **Τι σου έκανε περισσότερο θετική εντύπωση;**

X₁: Τα περισσότερα μαθήματα περιλαμβάνουν πειράματα, ωθούν το μαθητή να προβληματιστεί κατά τη διάρκεια του μαθήματος, ενώ στο τέλος κάθε μαθήματος υπάρχουν συνοπτικές ερωτήσεις και θέματα αυξημένης λειτουργίας της κριτικής σκέψης του μαθητή.

Γ: Η επιλογή απλών και χρήσιμων διδακτικά πειραμάτων.

X₃: Χρησιμοποιεί πείραμα, μπαίνει στον μικρόκοσμο σταδιακά.

X₂: Τα πειράματα που είναι απλά, διδακτικά, εφαρμόσιμα με απλό εργαστηριακό εξοπλισμό.

- **Τι δεν σου άρεσε περισσότερο;**

X₁: Θα μπορούσε να ξεκινήσει κανείς τη διδασκαλία του υλικού αυτού, αρχίζοντας απευθείας από το 4^ο μάθημα «ουσίες και μείγματα».

Γ: Κάποιοι ορισμοί π.χ. χημική ένωση, χημικό στοιχείο κ.λ.π., θα μπορούσαν να έχουν δοθεί λίγο νωρίτερα. Επιπλέον, σε κάποια διαθεματικά θέματα να μην επεκταθούμε τόσο, διότι το μάθημα είναι μονόωρο και πρέπει να εξοικονομηθεί χρόνος για τη διδασκαλία των εννοιών του μορίου και του ατόμου.

X₃: Υπάρχουν πολλές έννοιες μαζεμένες μέχρι τη σελ. 31, που ίσως δυσκολέψουν τα παιδιά. Στην ενότητα «Έδαφος και υπέδαφος» γίνεται νύξη σε έννοιες που ίσως δεν ταιριάζουν απόλυτα στην ενότητα αυτή.

X₂: Κάποια εισαγωγικά θέματα να διδαχθούν πιο σύντομα, σαν ελεύθερη συζήτηση λόγω του μονόωρου του μαθήματος.

➤ **Πώς κρίνεις το μακρύ μακροσκοπικό εισαγωγικό μέρος που επεκτείνεται μέχρι την έννοια του μορίου;**

X₁: Αν υπήρχε περισσότερος διδακτικός χρόνος στο αναλυτικό πρόγραμμα θα ήταν ιδανικό να γίνεται παράλληλα και εφαρμογή πειραμάτων.

Γ: Θίγονται βασικά θέματα, προσαρμοσμένα στις απαιτήσεις των παιδιών.

X₃: Θα μπορούσε η έννοια του μορίου να εισαχθεί λίγο νωρίτερα. Από τη σελ. 31 και μετά θα μπορούσαν να γίνουν κάποιες αλλαγές στη δομή.

X₂: Το κομμάτι αυτό παρουσιάζει αρκετό ενδιαφέρον, με σημαντικά και σύγχρονα θέματα.

➤ **Πώς κρίνεις την προσπάθεια εισαγωγής επαγωγικά πρώτα της έννοιας του μορίου και μετά της έννοιας του ατόμου σε αντίθεση με το σχολικό βιβλίο;**

X₁: Πολύ καλή η προσπάθεια, προτιμότερη έναντι του σχολικού βιβλίου.

Γ: Καλύτερα έτσι, σωστή η προσπάθεια εισαγωγής της έννοιας του μορίου και μετά του ατόμου επαγωγικά.

X₃: Πολύ σωστή, καλύτερη σε σχέση με το σχολικό βιβλίο.

X₂: Πολύ καλύτερα, αξίζει να εφαρμοσθεί στην πράξη.

➤ **Πώς κρίνεις το ένθετο «το μάθημα σε ερωτήσεις»;**

X₁: Βοηθούν το μαθητή να μην παπαγαλίζει, αν μπορεί να απαντά στις ερωτήσεις αυτές, κατέχει την ύλη του μαθήματος.

Γ: Βοηθά και τον καθηγητή και το μαθητή.

X₃: Βοηθά πολύ. Λύνει το πρόβλημα της προετοιμασίας. Χρειάζεται μικρή παρέμβαση από τον καθηγητή.

X₂: Αποτελεί «τράπεζα ερωτήσεων» για τον καθηγητή και περιορίζει, την παπαγαλία των μαθητών.

➤ **Υπάρχει κοινή μεθοδολογική προσέγγιση Φυσικής – Χημείας;**

X₁: Γίνεται αυτό.

Γ: Υπάρχει αυτή η προσέγγιση.

X₃: Υπάρχουν κάποια κοινά θέματα. Το παράρτημα και τα εισαγωγικά θέματα εξυπηρετούν το σκοπό αυτό. Δεν διακρίνεται ιδιαίτερη κοινή μεθοδολογική προσέγγιση.

X₂: Υπάρχει ολόκληρη ενότητα για τον στόχο αυτό.

➤ **Δίνεται έμφαση στη δομή της ύλης;**

X₁: Μεγάλη έμφαση.

Γ: Γίνεται σε σημαντικό βαθμό.

X₃: Δίνεται. Σωστά δεν εισέρχεται το υλικό στη δομή του ατόμου (υποατομικά σωματίδια)

X₂: Δύο ολόκληρες ενότητες για το στόχο αυτό.

**ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΟ ΕΝΙΑΙΟ
ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ
ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑΣ**

➤ **Έρχονται οι μαθητές σε επαφή με σύγχρονες ιδέες και θέματα από το χώρο της Χημείας;**

X₁: Ναι, γίνεται αυτό.

Γ: Αρκετά καλό στον τομέα αυτό.

X₃: Γίνεται προσπάθεια στον τομέα αυτό.

X₂: Πολύ καλό, από τα δυνατά σημεία του υλικού.

➤ **Είναι τα θέματα αυτά προσαρμοσμένα στο επίπεδο νοητικής ανάπτυξης και τα ενδιαφέροντα των μαθητών;**

X₁: Είναι.

Γ: Καλύπτει αρκετά τα παιδιά. Επίσης, έχουν αφαιρεθεί δύσκολες έννοιες όπως π.χ. το M.B. κ.λ.π.

X₃: Είναι αρκετά προσαρμοσμένα και σχετίζονται με την καθημερινή ζωή.

X₂: Βοηθά αρκετά στον τομέα αυτό. Σωστά αποφεύγεται η χρήση δυσνόητων εννοιών.

➤ **Υπάρχουν λάθη όσον αφορά στην επιστημονική εγκυρότητα του υλικού;**

X₁: Δεν υπάρχουν ιδιαίτερα επιστημονικά σφάλματα.

Γ: Αρκετά καλό επιστημονικά. Θα μπορούσε να προβληματίσει λίγο κατά πόσο μια καθαρή ουσία είναι 100% καθαρή, π.χ. το H_2SO_4 σε διάλυμα δεν είναι 100% καθαρή ουσία.

Χ₃: Όχι ιδιαίτερα. Οι έννοιες ύλη και ενέργεια δεν είναι διαφορετικές.

Χ₂: όχι ιδιαίτερα, άλλωστε πρέπει να είμαστε κάπως ανεκτικοί στο θέμα αυτό σε μικρές τάξεις.

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΕΙΔΙΚΟΙ ΣΚΟΠΟΙ

- **Υπάρχει προσπάθεια κάλυψης οικολογικών θεμάτων;**

Χ₁: Γίνεται νύξη στα οικολογικά και άλλα προβλήματα.

Γ: Γίνεται προσπάθεια κάλυψης οικολογικών θεμάτων, περιβάλλοντος.

Χ₃: Γίνεται, κυρίως στις ενότητες ΕΔΑΦΟΣ – ΥΠΕΔΑΦΟΣ, ΝΕΡΟ, ΑΕΡΑΣ.

Χ₂: Θίγονται οικολογικά θέματα.
- **Γίνεται στο υλικό αυτό προσπάθεια να κατανοούν τον κόσμο γύρω τους και να αποκωδικοποιούν τον τρόπο με τον οποίο αυτός λειτουργεί;**

Χ₁: Επιτυγχάνεται ο στόχος αυτός.

Γ: Γίνεται ικανοποιητικά, περισσότερο δε σε σχέση με το σχολικό βιβλίο.

Φ: Γίνεται καλή προσπάθεια.

Χ₂: Ακόμη και από το εισαγωγικό μέρος διαφαίνεται η προσπάθεια αυτή.
- **Υπάρχει σύνδεση της Χημείας με την καθημερινή ζωή;**

Χ₁: Επιτυγχάνεται ο σκοπός αυτός.

Γ: Γίνεται ικανοποιητικά, περισσότερο δε σε σχέση με το σχολικό βιβλίο.

Χ₃: Γίνεται επίσης.

Χ₂: Ακόμη και από το εισαγωγικό μέρος διαφαίνεται η προσπάθεια αυτή.
- **Ποια η σύσταση των υλικών; Πώς, πότε και γιατί αλλάζουν; Δίνονται απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά;**

Χ₁: Ναι, δίνονται

Γ: Γίνεται αυτό, απλά μπορούν να δοθούν και κάποιοι ορισμοί όπως στοιχείο, χημική ένωση κ.λ.π.

Χ₃: Γίνεται από την αρχή.

Χ₂: Γίνεται ικανοποιητική αναφορά στην ενότητα Γ στο ζήτημα αυτό.

- **Ανακαλύπτει ο μαθητής μόνος του τις απαντήσεις στα ερωτήματά του;**
X₁: Γίνεται μεγάλη προσπάθεια στο σημείο αυτό, ο μαθητής συμπληρώνει μόνος του τις απαντήσεις πάνω στο βιβλίο, είτε αυτές αφορούν στα πειράματα, είτε σε άλλα σημεία του μαθήματος.
Γ: Καταβάλλεται σημαντική προσπάθεια.
X₃: Από την αρχή, από τα δυνατά σημεία του βιβλίου.
X₂: Ναι, γίνεται αυτό.
- **Γίνεται προσπάθεια οι μαθητές να αποκτήσουν γνώσεις που αφορούν θεωρίες, νόμους και θεμελιώδεις αρχές της Χημείας, ώστε να είναι ικανοί να παρατηρούν, να περιγράφουν και να ερμηνεύουν χημικά φαινόμενα;**
X₁: Ναι, γίνεται.
Γ: Συμβαίνει αυτό.
X₃: Πολύ καλή προσπάθεια. Καλά δομημένο στο σημείο αυτό. Στα άτομα γίνεται πολύ έντονα.
X₂: Επιτυγχάνεται.

ΣΤΟΧΟΙ, ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ,
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ,
ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- **Υπάρχει ιστορική ανασκόπηση των αντιλήψεων για τη δομή της ύλης;**
X₁: Ναι, υπάρχει.
Γ: Υπάρχει.
X₃: Υπάρχει, τόσο ώστε να μην γίνεται κουραστικό το υλικό στο σημείο αυτό.
X₂: Υπάρχουν ιστορικές απόψεις.
- **Γίνεται αναφορά στις χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για την πρόληψη και την κατάσβεση των πυρκαγιών;**
X₁: Γίνεται.
Γ: Υπάρχει αντίστοιχο μάθημα.
X₃: Στην ενότητα της καύσης.
X₂: Υπάρχουν αντίστοιχες αναφορές.
- **Θίγεται το θέμα της τρύπας του όζοντος;**
X₁: Ναι, θίγεται.
Γ: Καλύπτεται.
X₃: Ναι, θίγεται.

X₂: Αναλυτικά.

➤ **Αντιμετωπίζεται η σύνδεση του νερού με τη ζωή;**

X₁: Κατά κόρον.

Γ: Όχι απλά καλύπτεται, αλλά θα μπορούσε να περιοριστεί στη διδασκαλία για εξοικονόμηση χρόνου.

X₃: Βέβαια.

X₂: Αρκετά μεγάλη έκταση, ίσως θα μπορούσε να περιοριστεί λίγο για να διδαχθούν τα μόρια και τα άτομα περισσότερο.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

➤ **Η κατανόηση των εννοιών και η απόκτηση ουσιαστικής γνώσης επιτυγχάνονται, όταν βασίζονται σε προηγούμενες γνώσεις, εμπειρίες και βιώματα των μαθητών. Η διδασκαλία πρέπει να βοηθά τους μαθητές να ανακαλύπτουν μόνοι τους τη γνώση όταν αυτό είναι εφικτό. Γίνεται αυτό;**

X₁: Ναι, γίνεται.

Γ: Σε υπέρκορο βαθμό.

X₃: Ναι, γίνεται κυρίως με τα φύλλα εργασίας, δηλ. τις ερωτήσεις, όπου οι μαθητές εκφράζουν κατά κάποιο τρόπο τις γνώσεις τους και χτίζεται σιγά-σιγά το επιστημονικό μοντέλο.

X₂: Επιτυγχάνεται σε αρκετά μεγάλο βαθμό.

➤ **Προωθείται η δημιουργική δράση, ο πειραματισμός και η καλλιέργεια ελεύθερης σκέψης και έκφρασης του μαθητή;**

X₁: Ναι, κυρίως η δημιουργική δράση και ο πειραματισμός.

Γ: Σε υπέρκορο βαθμό.

X₃: Προωθείται, δίδεται έμφαση από τη σελ. 31 και μετά.

X₂: Σε κάθε μάθημα υπάρχουν απλά και χρήσιμα πειράματα.

➤ **Υπάρχει σαφής εργαστηριακός προσανατολισμός στο υλικό αυτό;**

X₁: Υπάρχει σε απόλυτο βαθμό.

Γ: Από τα δυνατά σημεία του βιβλίου.

X₃: Ναι υπάρχει. Το υλικό λειτουργεί ταυτόχρονα και ως εργαστηριακός οδηγός.

X₂: Σε κάθε μάθημα υπάρχουν απλά και διδακτικά πειράματα.

- **Υπάρχουν εργασίες και δραστηριότητες από το χώρο ενδιαφερόντων των μαθητών;**
X₁: Υπάρχουν.
Γ: Δεν το πρόσεξα ιδιαίτερα.
X₃: Υπάρχουν.
X₂: Υπάρχουν.
- **Υπάρχει ταυτόχρονη ενασχόληση της ομάδας και πολύπλευρη προσέγγιση της γνώσης; Η ανάλυση και ο σχεδιασμός δίνει έναυσμα για δουλειά στην αίθουσα ή στο σπίτι;**
X₁: Επιτυγχάνονται.
Γ: Γίνονται όλα.
X₃: Οι πειραματικές ασκήσεις πραγματοποιούνται μέσω ομάδας. Το ένθετο «Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί», δίνει έναυσμα για δουλειά στο σπίτι.
X₂: Δεν το πρόσεξα όσον αφορά στην συνεργατική μάθηση. Όμως τα πειράματα, καθώς και το ένθετο «Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί», δίνουν έναυσμα για δουλειά στην αίθουσα και στο σπίτι.
- **Υπάρχει σπειροειδής τρόπος διδασκαλίας;**
X₁: Υπάρχει, αν και εκπληρώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό από τάξη σε τάξη.
Γ: Γίνεται. Για παράδειγμα, γίνεται αναφορά στις ουσίες και μείγματα στην αρχή και μετά επανερχόμαστε πάλι στο μάθημα χημικές ενώσεις και χημικά στοιχεία.
X₃: Ναι. Π.χ., και στα μόρια γίνεται εκ νέου αναφορά στις καταστάσεις της ύλης.
X₂: Επαναλαμβάνονται κάποιες έννοιες, π.χ. ουσίες, μείγματα κ.λπ.
- **Γίνεται μετάβαση από το ειδικό στο γενικό, από τα εύκολα στα δύσκολα;**
X₁: Γίνεται.
Γ: Ναι.
X₃: Όλη η ροή πηγαίνει έτσι.
X₂: Γίνεται.
- **Αναδεικνύεται η αναγκαιότητα εισαγωγής των εννοιών. Οι γενικεύσεις υποστηρίζονται από παραδείγματα που αντλούν ιδέες από το περιβάλλον και τις προσωπικές εμπειρίες των μαθητών;**

X₁: Επιτυγχάνεται σε μεγάλο βαθμό.

Γ: Γίνεται αυτό.

X₃: Αναδεικνύεται. Δεν εισάγεται τίποτα αξιωματικά.

X₂: Ναι, αναδεικνύεται.

- **Πραγματοποιούνται πειράματα, γίνεται προαγωγή του διαλόγου και της ομαδικότητας στην τάξη;**

X₁: Γίνεται σε μεγάλο βαθμό.

Γ: Πραγματοποιείται.

X₃: Κατά κόρον.

X₂: Γίνεται, κυρίως δε η εισαγωγή πειραμάτων.

- **Παροτρύνει το μαθητή να παρατηρεί και να συγκρίνει;**

X₁: Επιτυγχάνεται.

Γ: Ναι τον παροτρύνει.

X₃: Ναι, γίνεται.

X₂: Γίνεται αυτό

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

- **Ποια η γνώμη σου σχετικά με την οργάνωση του βιβλίου;**

X₁: Ανταποκρίνεται στους σκοπούς και τους στόχους του ΔΕΠΠΣ, συνδυάζει τις γνώσεις της Χημείας με διαπιστώσεις, προβληματισμούς του μαθητή από την καθημερινή ζωή και το άμεσο περιβάλλον. Έχει αρκετά καλή δομή, προωθεί δε διδακτική μεθοδολογία. Η γλώσσα είναι κατανοητή, κάποια τυπογραφικά λάθη είναι συνήθη.

Γ: Αρκετά καλή η δομή, καλύπτει απόλυτα τους στόχους του ΔΕΠΠΣ. Η γλώσσα είναι κατανοητή, απλή για τους μαθητές. Δεν ενόχλησε η γλώσσα του βιβλίου. Επισημάνθηκαν πάνω στο βιβλίο κάποια τυπογραφικά λάθη.

X₃: Τα κεφάλαια ΕΔΑΦΟΣ-ΥΠΕΔΑΦΟΣ, ΝΕΡΟ, ΑΕΡΑΣ είναι διαφορετικά σε σχέση με τα υπόλοιπα. Έχουν δηλ. διαφορετική δομή και υπάρχουν έννοιες που ίσως δεν ανήκουν στα κεφάλαια αυτά.

X₂: Καλύπτει η δομή απόλυτα τους στόχους του ΔΕΠΠΣ. Το βιβλίο είναι κατανοητό, περιεκτικό, με απλά πειράματα, αναπτύσσει μεθοδολογία. Η γλώσσα βοήθησε στην κατανόηση του βιβλίου. Υπάρχουν κάποια τυπογραφικά λάθη.

Συζήτηση-Συμπεράσματα

Συνολικά διαφαίνεται ότι όλοι οι αξιολογητές συμφωνούν ότι το διδακτικό υλικό ικανοποιεί τους στόχους, τους ειδικούς σκοπούς του νέου Διαθεματικού Ενιαίου Πλαισίου Προγραμμάτων Σπουδών Φυσικής και Χημείας.

Ειδικότερα, οι καθηγητές-αξιολογητές θεωρούν ότι τα δυνατά σημεία του βιβλίου είναι:

- α) ωθεί το πείραμα
- β) είναι συνεπές στον τρόπο χτισίματος της γνώσης
- γ) η χρήση των μοντέλων γίνεται προσεκτικά
- δ) λαμβάνει υπόψη παρανοήσεις των μαθητών
- ε) ωθεί στην παρατήρηση, περιγραφή, ερμηνεία
- στ) δεν στηρίζεται σε απευθείας αναφορά στους ορισμούς των εννοιών, αλλά στην αναγκαιότητα εισαγωγής τους
- ζ) η δομή του βιβλίου διευκολύνει αρκετά και επιτρέπει στον καθηγητή παραλλαγές στη σειρά διδασκαλίας, ιδιαίτερα δε στο εισαγωγικό κομμάτι του διδακτικού υλικού
- η) τα πειράματα είναι απλά, διδακτικά, εφαρμόσιμα με απλό εργαστηριακό εξοπλισμό.

Οι επισημάνσεις των καθηγητών ως προς τη διδακτική μεθοδολογία του βιβλίου (Εποικοδομισμός, Πειραματική διδασκαλία, Σπειροειδής διδασκαλία) είναι οι ακόλουθες:

- ❖ σε κάθε μάθημα υπάρχουν απλά και διδακτικά πειράματα, το βιβλίο μπορεί να λειτουργήσει ταυτόχρονα και ως εργαστηριακός οδηγός
- ❖ όλες οι έννοιες εισάγονται με επαγωγικό – εποικοδομητικό τρόπο και όχι με τον παραδοσιακό αξιωματικό τρόπο, βοηθώντας τους μαθητές να δομήσουν νοητικά τις έννοιες που πραγματεύεται το παρόν διδακτικό υλικό
- ❖ υπάρχει σπειροειδής τρόπος διδασκαλίας, π.χ. στην αρχή του βιβλίου γίνεται αναφορά στις ουσίες και μείγματα (Μάθημα 4), ενώ στο μάθημα Χημικές ενώσεις και χημικά στοιχεία (Μάθημα 11) γίνεται εκ νέου αναφορά στις έννοιες αυτές.

Ακόμα, στην ενότητα περί μορίων (ΕΝΟΤΗΤΑ Ε) γίνεται εκ νέου αναφορά στις καταστάσεις της ύλης (Μάθημα 3).

Κατά τη διάρκεια συνεντεύξεων, δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στον τρόπο εισαγωγής των εννοιών του μορίου και του ατόμου στο παρόν πειραματικό διδακτικό

υλικό. Άλλωστε, κατά τη συγγραφή του βιβλίου αυτού, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στα μαθήματα σχετικά με τη δομή της ύλης (ΕΝΟΤΗΤΑ Ε, ΕΝΟΤΗΤΑ ΣΤ).

Στο σημείο αυτό οι καθηγητές-αξιολογητές δηλώνουν πραγματικά ενθουσιασμό με τη νέα προσέγγιση των εννοιών των μορίων και των ατόμων. Δηλώνουν ότι είναι πολύ καλή η προσπάθεια εισαγωγής επαγωγικά πρώτα της έννοιας του μορίου και μετά της έννοιας του ατόμου σε αντίθεση με το σχολικό βιβλίο, όπου συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Κρίνουν σωστή την καθυστερημένη εισαγωγή των μορίων και ατόμων (πλην ενός αξιολογητή), ύστερα από ένα μακροσκοπικό εισαγωγικό μέρος.

Τέλος, επισημαίνουν ότι θα ήταν αρκετά ενδιαφέρουσα η διδασκαλία του νέου αυτού βιβλίου στο γυμνάσιο, ιδιαίτερα οι ενότητες «ΜΟΡΙΑ» και «ΑΤΟΜΑ».

Ως προς τις τεχνικές προσεγγίσεις του βιβλίου («Μάθημα σε ερωτήσεις», «Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί» κ.λ.π.), καταγράφησαν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

Το ένθετο «το μάθημα σε ερωτήσεις» αποτελεί «τράπεζα ερωτήσεων» για τον καθηγητή περιορίζοντας ταυτόχρονα την παπαγαλία των μαθητών. Έτσι, αν μπορεί ο μαθητής ν' απαντά στις ερωτήσεις αυτές, κατέχει απόλυτα την ύλη του αντίστοιχου μαθήματος. Με το ένθετο «για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί», ο μαθητής χτίζει σιγά-σιγά το επιστημονικό μοντέλο, καλλιεργώντας με τον τρόπο αυτό την κριτική του σκέψη. Επιπλέον, δίνεται το έναυσμα για δουλειά στην αίθουσα και στο σπίτι.

Μετά την απομαγνητοφώνηση των συνεντεύξεων, προέκυψαν προτάσεις-επισημάνσεις των αξιολογητών ως προς τη βελτίωση του βιβλίου αυτού. Οι παρατηρήσεις αυτές συνοψίζονται ως εξής:

- ❖ η διδασκαλία του υλικού θα μπορούσε να ξεκινήσει αρχίζοντας απευθείας από το 4^ο μάθημα «ουσίες και μείγματα»
- ❖ μέχρι τη σελ. 31, υπάρχουν πολλές έννοιες μαζεμένες που ίσως δυσκολέψουν τα παιδιά
- ❖ η έννοια του μορίου θα μπορούσε να εισαχθεί λίγο νωρίτερα
- ❖ κάποια εισαγωγικά θέματα να διδαχθούν πιο σύντομα, σαν ελεύθερη συζήτηση λόγω του μονόωρου του μαθήματος για να εξοικονομηθεί χρόνος για τη διδασκαλία των εννοιών του μορίου και του ατόμου
- ❖ συνήθη τυπογραφικά λάθη

Η απάντηση των συγγραφέων του βιβλίου στις δύο πρώτες παρατηρήσεις (αλληλένδετες μεταξύ τους), είναι ότι δεν μπορεί να ξεκινήσει να μιλά κανείς για «ουσίες και μείγματα», αν προηγουμένως δεν έχει αναφερθεί σε έννοιες ιδιαίτερα σημαντικές για τη δόμηση του τρόπου σκέψης των μαθητών. Τέτοιες έννοιες είναι η ύλη και η ενέργεια, οι φυσικές και χημικές μεταβολές, (χωρίς όμως να γίνεται διάκριση μεταξύ τους λόγω του ότι αυτή απαιτεί την γνώση της χημικής αντίδρασης), οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των υλικών. Ταυτόχρονα δίνεται η δυνατότητα στον καθηγητή να μην κουράσει τους μαθητές, διδάσκοντας π.χ. το μάθημα «Εδαφος και Υπέδαφος» σαν ελεύθερο ανάγνωσμα, εξοικονομώντας χρόνο για να επιμείνει στις απολύτως απαραίτητες για τη διδασκαλία του έννοιες. Θα πρέπει οπωσδήποτε να παραδεχτούμε ότι οι έννοιες που εισάγονται στο εισαγωγικό μάθημα (ύλη, ενέργεια, αλληλεπίδραση) είναι δύσκολες. Πάντως η έννοια της ενέργειας δεν χρησιμοποιείται στα μαθήματα και μπορεί να παραληφθεί χωρίς ουσιαστικά να επηρεάσει το υπόλοιπο υλικό. Απαιτούνται τότε κάποιες τροποποιήσεις στο εισαγωγικό μάθημα και στο μάθημα για τη χημική αντίδραση.

Όσον αφορά στην καθυστερημένη ή μη εισαγωγή της έννοιας του μορίου πρέπει να επισημανθούν τα ακόλουθα:

Η διεθνής βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι οι μαθητές συναντούν μαθησιακές δυσκολίες όταν επιχειρούν να κατανοήσουν χημικές έννοιες όπως η έννοια του μορίου, όταν δηλ. προσπαθούν να μεταβούν νοητικά από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο της ύλης και αντίστροφα.

Ειδικότερα, διάφοροι ερευνητές (Piaget και Inhelder 1974, Dow, Anld και Wilson 1978, Novick και Nussbaum 1978,1981, Brook, Briggs και Driver 1984, Haidar, A. & Abraham, M. 1991, Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W. & Berkheime, G. D. 1993, Abraham, M., Williamson, V. & Westbrook, S. 1994, Bunce, D. M. & Gabel, D. 2002) έχουν ασχοληθεί με τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών περί μορίων.

Παρατηρήσεις σχετικές με τις φυσικές ιδιότητες (φυσική κατάσταση και θερμοκρασία) των μεμονωμένων μορίων από καθηγητές Φυσικών Επιστημών έχουν καταγραφεί σε εργασία του Τσαπαρλή (Δεκ. 1997 – Ιαν. 1998). Σε άλλες έρευνες (Herron, 1978 / Johnstone, 1991 / Τσαπαρλής 1994a / Τσαπαρλής, 1997b) έχει διατυπωθεί η άποψη ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες σε θέματα σχετικά με τη δομή της ύλης. Πρόσφατη έρευνα (Garafalo και συν., 2001) συνιστά «καθυστερημένη» εισαγωγή θεμάτων όπως η μοριακή και ατομική δομή στο δεύτερο

εξάμηνο, ώστε να μπορούν οι μαθητές να ξεπεράσουν τις δυσκολίες που προκύπτουν από τις έννοιες αυτές. Κατ' επέκταση η σύνδεση ανάμεσα στο μακροσκοπικό στο συμβολικό και στο υπομικροσκοπικό επίπεδο της ύλης θα συμβάλλει σημαντικά στη δόμηση του τρόπου σκέψης και της νοηματικής ικανότητας των μαθητών (Γεωργιάδου & Τσαπαρλής, 1998 / Georgiadou & Tsaparlis, 2000 / Johnstone, 2000).

Οι συγγραφείς συμφωνούν απόλυτα με την επισήμανση ότι κάποια εισαγωγικά θέματα μπορούν να συμπυκνωθούν διδακτικά, για να εξοικονομηθεί χρόνος για τις ενότητες των μορίων και ατόμων λόγω του μονόωρου του μαθήματος. Άλλωστε, δίνεται η δυνατότητα στον διδάσκοντα να επιλέξει κάποια μαθήματα να διδαχθούν είτε ως ελεύθερο ανάγνωσμα, είτε μέσω συζήτησης μέσα στην τάξη.

Συμπερασματικά όλοι οι καθηγητές – αξιολογητές συμφωνούν ότι το διδακτικό υλικό ικανοποιεί τους στόχους, τους ειδικούς σκοπούς του νέου Διαθεματικού Ενιαίου Πλαισίου Προγραμμάτων Σπουδών Φυσικής και Χημείας. Προς την κατεύθυνση αυτή, όλοι αποδέχτηκαν πρόταση των συγγραφέων για συμμετοχή τους στην έρευνα στα σχολεία που διδάσκουν.

5.3.3. Η μέθοδος της έρευνας

Έπειτα από άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, τα μαθήματα για τα μόρια από το πειραματικό διδακτικό υλικό διδάχθηκαν σε τέσσερα δημόσια γυμνάσια. Ένα από τα σχολεία αυτά (Γυμνάσιο 1) είναι πειραματικό γυμνάσιο της Αττικής. Ως γνωστόν, η επιλογή των μαθητών στα πειραματικά γυμνάσια γίνεται με κλήρωση και σε αυτά φοιτούν συνήθως μαθητές υψηλών επιδόσεων (κάτι που οπωσδήποτε χαρακτηρίζει το Γυμνάσιο 1). Από τα υπόλοιπα τρία σχολεία, ένα είναι στην Αττική και τα άλλα δύο είναι αστικά σχολεία της επαρχίας.

Σε κάθε σχολείο δίδαξε ένας έμπειρος εκπαιδευτικός. Δύο από τους εκπαιδευτικούς (ένας άντρας και μία γυναίκα) είχαν ήδη συμμετάσχει στην αρχική αξιολόγηση του πειραματικού διδακτικού υλικού, ενώ μία από τους υπόλοιπους δύο εκπαιδευτικούς είναι κάτοχος μεταπτυχιακού διπλώματος στη διδακτική των φυσικών επιστημών. Στην έρευνα συμμετέσχαν τρεις χημικοί και ένας γεωλόγος. Κανένας από τους καθηγητές αυτούς δεν ανήκε ποτέ ούτε ανήκει στην ερευνητική ομάδα του Γ. Τσαπαρλή.

Σε πρώτη φάση συντάχθηκε ένα αρχικό ερωτηματολόγιο για τα μόρια που δόθηκε σε έμπειρους εκπαιδευτικούς για διορθώσεις και παρατηρήσεις. Σε δεύτερη φάση, κατόπιν συνεννόησης με τη σχολική σύμβουλο και τον διευθυντή ενός γυμνασίου, το

ερωτηματολόγιο δόθηκε σε μαθητές της γ' τάξης γυμνασίου που είχαν ήδη διδαχθεί την έννοια του μορίου στην προηγούμενη τάξη. Αυτό έγινε για να διαπιστωθεί αν όντως οι μαθητές αυτοί μεταφέρουν λανθασμένες αντιλήψεις και παρανοήσεις σχετικά με την έννοια του μορίου. Αφού λήφθηκαν υπόψη οι απαντήσεις των μαθητών αυτών, συντάχθηκε η τελική μορφή του ερωτηματολογίου της έρευνας. Το τελικό ερωτηματολόγιο τέθηκε υπόψη του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου ως τμήμα της αίτησης χορήγησης άδειας για την έρευνα. Εν συνεχεία, το ερωτηματολόγιο δόθηκε στους τέσσερις εκπαιδευτικούς της έρευνας για τυχόν διευκρινίσεις και προτάσεις για βελτίωση. Οι εκπαιδευτικοί δίδαξαν αρχικά τα αντίστοιχα μαθήματα που αφορούν στα μόρια από το σχολικό βιβλίο χημείας β' γυμνασίου, σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα. Κατόπιν δόθηκε από τους καθηγητές, χωρίς προειδοποίηση, στους μαθητές το ερωτηματολόγιο της έρευνας για να απαντήσουν σε διάστημα μιας σχολικής ώρας 45 λεπτών (αρχικό τεστ / pre test). Αμέσως μετά διδάχθηκαν από το πειραματικό διδακτικό υλικό τα αντίστοιχα μαθήματα που αφορούν στην έννοια του μορίου σε στερεά, υγρά και αέρια: (i) *Η έννοια του μορίου σε στερεά και υγρά*, (ii) *Αεικίνητα μόρια*, (iii) *Η έννοια του μορίου στα αέρια*.

Μετά τη διδακτική αυτή παρέμβαση, δόθηκε εκ νέου στους ίδιους μαθητές το ίδιο ερωτηματολόγιο (τελικό τεστ / post test), με την ίδια χρονική διάρκεια απάντησης. Μεθοδολογικά η μέθοδος που εφαρμόστηκε είναι αυτή της *εξέτασης και επανεξέτασης* (test – retest method). Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε και τις δύο σχολικές χρονιές διεξαγωγής της έρευνας. Τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια παραλήφθηκαν από τους συγγραφείς προς διόρθωση και επεξεργασία των πειραματικών αποτελεσμάτων.

Επισημαίνεται ότι κατά το δεύτερο σχολικό έτος διεξαγωγής της έρευνας (σχολικό έτος 2007-2008) άλλαξε το σχολικό βιβλίο χημείας της β' γυμνασίου με νέο. Κατά συνέπεια, δόθηκε η δυνατότητα στους ερευνητές να αξιολογήσουν και να συγκρίνουν τις δύο διδακτικές προσεγγίσεις της έννοιας του μορίου (από το σχολικό βιβλίο και από το πειραματικό διδακτικό υλικό) τόσο με το προηγούμενο (Γεωργιάδου κ.ά.) όσο και με το τρέχον σχολικό εγχειρίδιο (Αβραμιώτης κ.ά.).

5.3.4. Το ερωτηματολόγιο της έρευνας

Το αρχικό ερωτηματολόγιο δόθηκε σε τρεις έμπειρους εκπαιδευτικούς για τυχόν διορθώσεις-παρατηρήσεις προς βελτίωση. Αφού έγιναν οι ανάλογες τροποποιήσεις, το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε μαθητές γ' Γυμνασίου ενός αστικού

σχολείου που είχαν διδαχθεί τα μαθήματα σχετικά με την έννοια του μορίου στην προηγούμενη τάξη. Η διαδικασία αυτή έλαβε χώρα κατόπιν συνεννόησης με τη σχολική σύμβουλο και το διευθυντή του σχολείου. Αφού λήφθηκαν υπόψη οι απαντήσεις των μαθητών, συντάχθηκε η τελική μορφή του ερωτηματολογίου που δόθηκε στους μαθητές β' Γυμνασίου των σχολείων της έρευνας. Και αυτό το ερωτηματολόγιο είχε προηγουμένως τεθεί υπόψη του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου. Το τελικό ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από 8 ερωτήσεις, από τις οποίες η πρώτη περιείχε 18 προτάσεις σωστού λάθους για την έννοια και τις ιδιότητες των μορίων. Οι επόμενες 7 ερωτήσεις ήταν ανοικτού τύπου και με αυτές οι μαθητές καλούνταν να σχεδιάσουν μόρια ή να απαντήσουν για ιδιότητες των μορίων.

Ειδικότερα, στην ερώτηση 2 ζητείται από τους μαθητές να αναπαραστήσουν χρησιμοποιώντας κυκλάκια τα μόρια του νερού και του οιοπνεύματος στην στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση.

Στην ερώτηση 3 απαιτείται μία μακροσκοπική εξήγηση και μία μικροσκοπική εξήγηση για το ότι τα μόρια διαφορετικών ουσιών είναι διαφορετικά.

Η ερώτηση 4 είναι κατά κάποιο τρόπο μία παραλλαγή της ερώτησης 2 υπό την έννοια ότι ζητείται εκ νέου από τους μαθητές να αναπαραστήσουν τα μόρια του νερού και του οιοπνεύματος, αλλά μόνο στην υγρή κατάσταση.

Η ερώτηση 5 απαιτεί από τους μαθητές να ερμηνεύσουν την κίνηση των μορίων του νερού στην στερεά κατάσταση (πάγος).

Στην ερώτηση 6 ζητείται από τους μαθητές να απαντήσουν στηριζόμενοι στις ελκτικές δυνάμεις και στην κίνηση των μορίων ενός υγρού σώματος.

Η ερώτηση 7 είναι πολλαπλής επιλογής και απαιτεί την ερμηνεία του φυσικού φαινομένου της διαστολής μιας μεταλλικής σφαίρας με βάση τα μόρια.

Τέλος, η ερώτηση 8 είναι ακόμα μια ερώτηση όπου συνδυάζει το φυσικό φαινόμενο της διάλυσης μιας στερεάς ουσίας σε ένα υγρό και την σχηματική αναπαράσταση των μορίων των δύο ουσιών (στερεά και υγρή).

Στο σύνολο του ερωτηματολογίου, διακρίναμε τις ερωτήσεις με βάση τη στατικότητα (στατική εικόνα) και τη μεταβλητότητα (μεταβολή). Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι ερωτήσεις 2, 3, 4 ενώ στη δεύτερη οι ερωτήσεις 5, 6, 7, 8.

5.4 . Αξιοπιστία βαθμολογικού σχήματος

Για να ελεγχθεί η αξιοπιστία του βαθμολογικού σχήματος, επελέγησαν τυχαία δέκα απαντημένα ερωτηματολόγια και από τα τέσσερα γυμνάσια της έρευνας τα

οποία βαθμολογήθηκαν τόσο από τον ερευνητή όσο και από έναν έμπειρο εκπαιδευτικό σύμφωνα με βαθμολογικό σχήμα (κλίμακα με βάση το 100) στο οποίο κατέληξαν οι δύο βαθμολογητές.

Η συνάφεια μεταξύ των δύο βαθμολογητών (εκπαιδευτικός-ερευνητής) υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τους συντελεστές συνάφειας Pearson (r) και Spearman (ρ). Η συνάφεια είναι θετική και με τους δύο συντελεστές και οι τιμές είναι πλησίον της μονάδας ($r = 0,990$, $\rho = 0,976$). Κατά συνέπεια η συνάφεια μεταξύ των δύο βαθμολογητών είναι πολύ υψηλή.

Πίνακας 5.2: Περιγραφή των βαθμολογιών των δύο βαθμολογητών

	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠ. ΑΠΟΚΛΙΣΗ	N
Βαθμ. 1 (ερευνητής)	58,5	23,0	10
Βαθμ. 2 (εκπαιδευτικός)	56,6	22,5	10

5.5. Πειραματικά δεδομένα για τις επιμέρους ερωτήσεις στο σύνολο των σχολείων

Πίνακας 5.3: Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις των βαθμολογιών των μαθητών σε κάθε επιμέρους ερώτηση στο σύνολο των σχολείων κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΣΧΟΛ. ΕΤΟΣ 2006-07 N=85 (Post test)		ΣΧΟΛ. ΕΤΟΣ 2006-07 N=80 (Pre test)		ΣΧΟΛ. ΕΤΟΣ 2007-08 N=99 (Pre test)	
	M.O	T.A	M.O	T.A	M.O	T.A
1	18,4412	4,0816	17,3775	3,8873	17,1667	3,4272
2	6,1600	4,1024	4,4700	3,8673	2,4364	2,6764
3	4,8353	5,4223	2,0500	2,4951	2,7475	3,9469
4	3,1765	2,4210	2,8125	2,4960	1,7267	2,8459
5	6,2588	4,8456	4,0250	4,9118	4,3823	8,1459
6	3,2706	5,1695	0,4250	1,6595	1,2316	8,1459
7	3,7059	2,2029	3,2500	2,3999	3,8384	2,1223
8	8,9647	6,7001	3,8125	5,1592	4,6768	4,7095

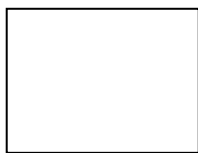
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

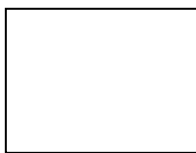
1. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος:

- Η ύλη όπως τη βλέπουμε είναι συνεχής, δεν αποτελείται δηλαδή από δομικές μονάδες/σωματίδια.
- Τα μόρια είναι οι δομικές μονάδες της ύλης (δηλαδή πολλά μόρια μιας ουσίας αποτελούν μαζί την ουσία)
- Τα μόρια είναι ορατά με το μάτι
- Τα μόρια είναι πάρα πολύ μικρά
- Το νερό που περιέχεται σε ένα ποτήρι αποτελείται από πάρα πολλά μόρια
- Τα μόρια είναι τα ελάχιστα σωματίδια ύλης που μπορούμε να δούμε
- Τα μόρια δεν φτιάχνουν την ύλη, αλλά είναι μέσα σ' αυτή, όπως οι σταφίδες στο κέικ (π.χ. σε ένα ποτήρι νερό, τα μόρια του νερού είναι βουτηγμένα μέσα στο νερό)
- Το ένα απομονωμένο μόριο μιας στερεάς ουσίας είναι στερεό
- Στις στερεές ουσίες, οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων τους είναι πολύ ισχυρές
- Υπάρχει σημαντικός χώρος ανάμεσα στα μόρια μιας αέριας ουσίας
- Τα μόρια μιας αέριας ουσίας βρίσκονται σε συνεχή και άτακτη κίνηση
- Όταν το νερό παγώνει, τα μόριά του ψύχονται και γίνονται ελαφρότερα
- Τα μόρια στον πάγο, στους υδρατμούς και στο υγρό νερό έχουν όλα το ίδιο σχήμα και μέγεθος
- Τα μόρια δεν εξασκούν το ένα στο άλλο ελκτικές δυνάμεις
- Μεταξύ των μορίων μιας στερεάς ουσίας π.χ ζάχαρης, υπάρχουν μόρια αέρα
- Τα μόρια μιας αέριας ουσίας κινούνται αλλά με την πάροδο του χρόνου σταματάνε
- Όταν ζεστάνουμε μια ουσία, τα μόριά της κινούνται γρηγορότερα
- Τα μόρια μιας σκληρής ουσίας είναι σκληρά

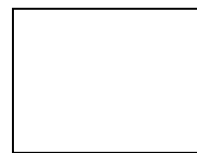
2. Να αναπαραστήσεις χρησιμοποιώντας 10 κυκλάκια κάθε φορά τα μόρια του νερού στη στερεά (πάγος), υγρή (υγρό νερό) και αέρια κατάσταση (υδρατμοί), σε καθένα από τα κουτιά 1, 2 και 3 αντίστοιχα.



1 (πάγος)



2 (υγρό νερό)



3 (υδρατμοί)

Να κάνεις το ίδιο (χρησιμοποιώντας ξανά 10 κυκλάκια κάθε φορά) για τα μόρια του οινόπνευματος στη στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση, σε τρία νέα κουτιά.



1 (οινόπνευμα στερεό)



2 (οινόπνευμα υγρό)



3 (οινόπνευμα αέριο)

3. Σε μια παγωμένη λίμνη βλέπουμε να επιπλέουν στην επιφάνεια διάφανα κομμάτια πάγου. Το παγωμένο νερό μοιάζει εξωτερικά με γυαλί. Γιατί είναι και δεν θα μπορούσε να είναι γυαλί;

4. Σχεδίασε τα μόρια στο νερό και στο οινόπνευμα παριστάνοντας τα μόρια με κυκλάκια (χρησιμοποίησε 10 κυκλάκια κάθε φορά). Μην ξεχνάς ότι οι δύο ουσίες είναι υγρές.



Νερό



Οινόπνευμα

5. Κάποιος φίλος σου λέει ότι αν βάλουμε νερό στην κατάψυξη και το αφήσουμε αρκετό χρόνο εκεί, τότε τα μόρια θα σταματήσουν να κινούνται. Έχει δίκιο; Να εξηγήσεις την απάντησή σου.

6. Αν γεμίσεις μια σύριγγα με νερό, τραβώντας το έμβολο προς τα έξω και κλείνοντας το άλλο άκρο με το δάχτυλό σου, θα διαπιστώσεις ότι δεν μπορείς να συμπιέσεις το νερό μέσα στη σύριγγα, πατώντας το έμβολο προς τα μέσα. Γιατί; Εξήγησε την απάντησή σου χρησιμοποιώντας τα μόρια.

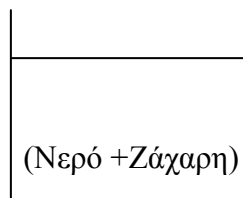
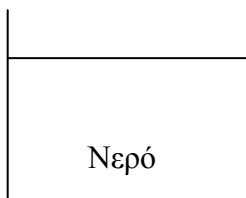
7. Τρεις φίλοι σου διαφωνούν σχετικά με το λόγο που μια μεταλλική μπάλα έγινε μεγαλύτερη όταν ζεστάθηκε. Να τι λένε:

- i. Ο πρώτος υποστηρίζει ότι η μπάλα έγινε μεγαλύτερη γιατί η θερμότητα έκανε τα μόρια του μετάλλου να διασταλούν.
- ii. Ο δεύτερος υποστηρίζει ότι η μπάλα έγινε μεγαλύτερη γιατί προστέθηκαν μόρια θερμότητας σ' αυτήν.
- iii. Ο τρίτος υποστηρίζει ότι η μπάλα έγινε μεγαλύτερη γιατί τα μόρια του μετάλλου κινούνταν γρηγορότερα, ενώ τα ίδια μόρια δεν αλλάζουν ούτε σχήμα ούτε μέγεθος.

Ποιος από τους τρεις έχει δίκιο;.....

8. α) Αν σου δώσουν δύο ποτήρια, το ένα να περιέχει καθαρό νερό και το άλλο νερό με ζάχαρη διαλυμένη εντελώς στο νερό, μπορείς με το μάτι να ξεχωρίσεις ποιο είναι το ποτήρι με το νερό και ποιο με το ζαχαρόνερο; ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

β) Αν μπορούσες να δεις τα μόρια των ουσιών στα δύο ποτήρια πώς θα τα έδειχνες ; Να το δείξεις παριστάνοντας τα μόρια με κυκλάκια.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β
ΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΠΕΙΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ
ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

1. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος:

- **Η ύλη είναι συνεχής, δεν αποτελείται δηλαδή από δομικές μονάδες/σωματίδια.**
- **Τα μόρια είναι οι δομικές μονάδες της ύλης (δηλαδή πολλά μόρια μιας ουσίας μαζί αποτελούν την ουσία)**
- **Τα μόρια είναι ορατά**
- Τα μόρια είναι πάρα πολύ μικρά
- Το νερό που περιέχεται σε ένα ποτήρι αποτελείται από πάρα πολλά μόρια
- **Τα μόρια είναι τα μικρότερα σωματίδια ύλης που μπορούμε να δούμε**
- **Τα μόρια είναι μέσα στην ύλη όπως οι σταφίδες στο κέικ (π.χ. σε ένα ποτήρι νερό, τα μόρια του νερού είναι βουτηγμένα μέσα στο νερό)**
- Το ένα απομονωμένο μόριο μιας στερεάς ουσίας είναι στερεό
- Στις στερεές ουσίες, οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων τους είναι πολύ ισχυρές
- **Υπάρχει πολύς χώρος ανάμεσα στα μόρια μιας αέριας ουσίας**
- Τα μόρια μιας αέριας ουσίας βρίσκονται σε συνεχή και άτακτη κίνηση
- **Όταν το νερό παγώνει, τα μόριά του ψύχονται και γίνονται μικρότερα**
- Τα μόρια στον πάγο, στους υδρατμούς και στο υγρό νερό έχουν όλα το ίδιο σχήμα και μέγεθος
- Τα μόρια δεν εξασκούν το ένα στο άλλο ελκτικές δυνάμεις
- **Σ' ένα κόκκο ζάχαρης, ανάμεσα στα μόρια της ζάχαρης υπάρχουν μόρια αέρα**
- Τα μόρια μιας αέριας ουσίας κινούνται αλλά με την πάροδο του χρόνου σταματάνε
- Όταν ζεστάνουμε μια ουσία, τα μόριά της κινούνται γρηγορότερα
- Τα μόρια μιας σκληρής ουσίας είναι σκληρά

2. Να αναπαραστήσεις χρησιμοποιώντας 10 κυκλάκια κάθε φορά τα μόρια του νερού στη στερεά (πάγος), υγρή (υγρό νερό) και αέρια κατάσταση (υδρατμοί), σε καθένα από τα κουτιά 1, 2 και 3 αντίστοιχα.



1 (πάγος)



2 (υγρό νερό)



3 (υδρατμοί)

Να κάνεις το ίδιο (χρησιμοποιώντας ξανά 10 κυκλάκια κάθε φορά) για τα μόρια του οινόπνευματος στη στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση, σε τρία νέα κουτιά.



1 (οινόπνευμα στερεό)



2 (οινόπνευμα υγρό)



3 (οινόπνευμα αέριο)

3. Σε μια παγωμένη λίμνη βλέπουμε να επιπλέουν στην επιφάνεια διάφανα κομμάτια πάγου. Το παγωμένο νερό μοιάζει εξωτερικά με γυαλί. Γιατί **τα κομμάτια αυτά** είναι νερό και δεν θα μπορούσε να είναι γυαλί;
4. Σχεδίασε τα μόρια στο νερό και στο οινόπνευμα παριστάνοντας τα μόρια με κυκλάκια (χρησιμοποίησε 10 κυκλάκια κάθε φορά). Μην ξεχνάς ότι οι δύο ουσίες είναι υγρές.



Νερό



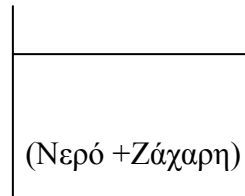
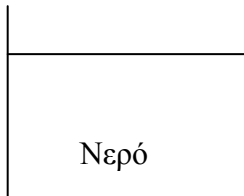
Οινόπνευμα

5. Κάποιος φίλος σου λέει ότι αν βάλουμε νερό στην κατάψυξη και το αφήσουμε αρκετό χρόνο εκεί, τότε τα μόρια θα σταματήσουν να κινούνται. Έχει δίκιο; Να εξηγήσεις την απάντησή σου.
6. Γεμίζεις μια σύριγγα με νερό. Κλείνοντας το ανοιχτό άκρο με το δάχτυλό σου, προσπαθείς να συμπίεσεις το νερό μέσα στη σύριγγα, πατώντας το έμβολο προς τα μέσα. Διαπιστώνεις ότι δεν μπορείς. Γιατί; Εξήγησε την απάντησή σου χρησιμοποιώντας τα μόρια.
7. Τρεις φίλοι σου εξηγούν το λόγο που μια μεταλλική **σφαίρα** έγινε μεγαλύτερη όταν ζεστάθηκε. Να τι λένε:
- i. Ο πρώτος: Πιστεύω ότι η **σφαίρα** έγινε μεγαλύτερη γιατί η θερμότητα έκανε τα μόρια του μετάλλου να διασταλούν (**να μεγαλώσουν**).
 - ii. Ο δεύτερος: Εγώ πιστεύω υποστηρίζει ότι η **σφαίρα** έγινε μεγαλύτερη γιατί προστέθηκαν μόρια θερμότητας σ' αυτήν.
 - iii. Ο τρίτος: Διαφωνώ. Πιστεύω ότι **τα ίδια μόρια δεν αλλάζουν ούτε σχήμα ούτε μέγεθος. Η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί τα μόρια του μετάλλου κινούνταν γρηγορότερα.**

Ποιος από τους τρεις έχει δίκιο;.....

8. α) Σου δίνουν δύο ποτήρια, το ένα να περιέχει καθαρό νερό και το άλλο νερό με ζάχαρη διαλυμένη εντελώς στο νερό, μπορείς με το μάτι να ξεχωρίσεις ποιο είναι το ποτήρι με το νερό και ποιο με το ζαχαρόνερο; ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

β) Αν μπορούσες να δεις τα μόρια στα δύο ποτήρια πώς θα ήταν αυτά ; Ζωγράφισε τα μόρια σε κάθε ποτήρι, παριστάνοντάς τα με κυκλάκια.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

2. Να αναπαραστήσεις χρησιμοποιώντας 10 κυκλάκια κάθε φορά τα μόρια του νερού στη στερεά (πάγος), υγρή (υγρό νερό) και αέρια κατάσταση (υδρατμοί), σε καθένα από τα κουτιά 1, 2 και 3 αντίστοιχα.



1 (πάγος)

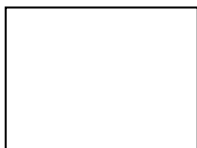


2 (υγρό νερό)

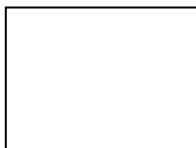


3 (υδρατμοί)

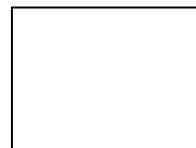
Να κάνεις το ίδιο (χρησιμοποιώντας ξανά 10 κυκλάκια κάθε φορά) για τα μόρια του οινόπνευματος στη στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση, σε τρία νέα κουτιά.



1 (οινόπνευμα στερεό)



2 (οινόπνευμα υγρό)



3 (οινόπνευμα αέριο)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Εννέα μαθητές απάντησαν σωστά στην ερώτηση αυτή.

Πέντε μαθητές αναπαριστούν λανθασμένα τα μόρια του νερού στην υγρή και αέρια κατάσταση συγχέοντάς τες μεταξύ τους.

Τρεις μαθητές συγχέουν τη δομή ανάμεσα στην στερεά και στην υγρή κατάσταση.

Επτά μαθητές απαντούν λάθος καθώς αναπαριστούν τα μόρια του νερού και του οινόπνευματος συγχέοντας τις τρεις δομές μεταξύ τους.

3. Σε μια παγωμένη λίμνη βλέπουμε να επιπλέουν στην επιφάνεια διάφανα κομμάτια πάγου. Το παγωμένο νερό μοιάζει εξωτερικά με γυαλί. Γιατί τα κομμάτια αυτά είναι νερό και δεν θα μπορούσε να είναι γυαλί;

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Έντεκα μαθητές απαντούν σωστά στην ερώτηση αυτή.

Έντεκα μαθητές απαντούν λάθος στην ερώτηση αυτή κυρίως θεωρώντας ότι το γυαλί έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό γι αυτό βουλιάζει.

Δύο μαθητές δεν απαντούν καθόλου στην ερώτηση.

4. Σχεδίασε τα μόρια στο νερό και στο οινόπνευμα παριστάνοντας τα μόρια με κυκλάκια (χρησιμοποίησε 10 κυκλάκια κάθε φορά). Μην ξεχνάς ότι οι δύο ουσίες είναι υγρές.



Νερό



Οινόπνευμα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Έξι μαθητές απαντούν σωστά

Πέντε μαθητές αναπαριστούν σωστά μόνο τα μόρια του νερού.

Δεκατρείς μαθητές απαντούν λάθος, είτε αναπαριστώντας τα μόρια των δύο ουσιών χρησιμοποιώντας τα ίδια κυκλάκια, είτε αναπαριστώντας το νερό και το οινόπνευμα σαν να είναι στερεές ουσίες.

5. Κάποιος φίλος σου λέει ότι αν βάλουμε νερό στην κατάψυξη και το αφήσουμε αρκετό χρόνο εκεί, τότε τα μόρια θα σταματήσουν να κινούνται. Έχει δίκιο; Να εξηγήσεις την απάντησή σου.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Δεκαεπτά μαθητές απαντούν σωστά

Επτά μαθητές απαντούν λάθος ισχυριζόμενοι ότι όταν το νερό παγώνει, τα μόρια σταματούν να κινούνται

6. Γεμίζεις μια σύριγγα με νερό. Κλείνοντας το ανοιχτό άκρο με το δάχτυλό σου, προσπαθείς να συμπίεσεις το νερό μέσα στη σύριγγα, πατώντας το έμβολο προς τα μέσα. Διαπιστώνεις ότι δεν μπορείς. Γιατί; Εξήγησε την απάντησή σου χρησιμοποιώντας τα μόρια.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Εννέα μαθητές απαντούν εν μέρει στην ερώτηση αυτή, κυρίως χρησιμοποιώντας γνώσεις από τη Φυσική σχετικά με τη συμπίεσιότητα των υγρών. Επίσης επιχειρούν να εξηγήσουν με όχι πλήρη τρόπο τη διάταξη και κίνηση των μορίων στα υγρά

Δεκατρείς μαθητές απαντούν λάθος εστιάζοντας τις απαντήσεις τους στον τρόπο που πιέζουμε το έμβολο, καθώς και στο κλείσιμο του ανοιχτού άκρου με το δάχτυλό μας

Δύο μαθητές δεν απαντούν καθόλου στην ερώτηση αυτή

7. Τρεις φίλοι σου εξηγούν το λόγο που μια μεταλλική σφαίρα έγινε μεγαλύτερη όταν ζεστάθηκε. Να τι λένε:

- i. Ο πρώτος: Πιστεύω ότι η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί η θερμότητα έκανε τα μόρια του μετάλλου να διασταλούν (να μεγαλώσουν).

- ii. Ο δεύτερος: Εγώ πιστεύω υποστηρίζει ότι η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί προστέθηκαν μόρια θερμότητας σ' αυτήν.
- iii. Ο τρίτος: Διαφωνώ. Πιστεύω ότι τα ίδια μόρια δεν αλλάζουν ούτε σχήμα ούτε μέγεθος. Η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί τα μόρια του μετάλλου κινούνταν γρηγορότερα.

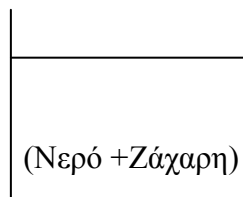
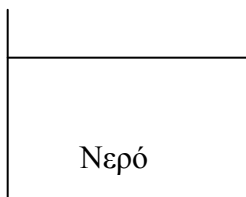
Ποιος από τους τρεις έχει δίκιο;.....

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Δεκαπέντε μαθητές απαντούν σωστά

Εννέα μαθητές απαντούν λάθος επιλέγοντας την απάντηση i.

8. α) Σου δίνουν δύο ποτήρια, το ένα να περιέχει καθαρό νερό και το άλλο νερό με ζάχαρη διαλυμένη εντελώς στο νερό, μπορείς με το μάτι να ξεχωρίσεις ποιο είναι το ποτήρι με το νερό και ποιο με το ζαχαρόνερο; ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐
- β) Αν μπορούσες να δεις τα μόρια στα δύο ποτήρια πώς θα ήταν αυτά ; Ζωγράφισε τα μόρια σε κάθε ποτήρι, παριστάνοντάς τα με κυκλάκια.



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οχτώ μαθητές απαντούν σωστά

Τέσσερις μαθητές απαντούν σωστά την 8^α, ενώ αναπαριστούν σωστά μόνο τα μόρια του νερού

Δώδεκα μαθητές απαντούν λάθος θεωρώντας ότι μπορούμε να ξεχωρίσουμε με το μάτι τις ουσίες στα δύο ποτήρια

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

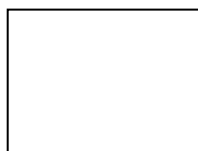
ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

1. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος:

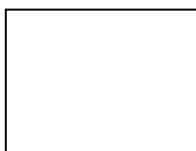
- Η ύλη είναι συνεχής, δεν αποτελείται δηλαδή από δομικές μονάδες/σωματίδια.
- Τα μόρια είναι οι δομικές μονάδες της ύλης (δηλαδή πολλατά μόρια μιας ουσίας μαζί αποτελούν την ουσία)
- Τα μόρια είναι ορατά
- Τα μόρια είναι πάρα πολύ μικρά
- Το νερό που περιέχεται σε ένα ποτήρι αποτελείται από πάρα πολλά μόρια
- Τα μόρια είναι τα μικρότερα σωματίδια ύλης που μπορούμε να δούμε
- Τα μόρια είναι μέσα στην ύλη όπως οι σταφίδες στο κέικ (π.χ. σε ένα ποτήρι νερό, τα μόρια του νερού είναι βουτηγμένα μέσα στο νερό)
- Το ένα απομονωμένο μόριο μιας στερεάς ουσίας είναι στερεό
- Στις στερεές ουσίες, οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων τους είναι πολύ ισχυρές
- Υπάρχει πολύς χώρος ανάμεσα στα μόρια μιας αέριας ουσίας
- Τα μόρια μιας αέριας ουσίας βρίσκονται σε συνεχή και άτακτη κίνηση
- Όταν το νερό παγώνει, τα μόριά του ψύχονται και γίνονται μικρότερα
- Τα μόρια στον πάγο, στους υδρατμούς και στο υγρό νερό έχουν όλα το ίδιο σχήμα και μέγεθος
- Τα μόρια δεν εξασκούν το ένα στο άλλο ελκτικές δυνάμεις
- Σ' ένα κόκκο ζάχαρης, ανάμεσα στα μόρια της ζάχαρης υπάρχουν μόρια αέρα
- Τα μόρια μιας αέριας ουσίας κινούνται αλλά με την πάροδο του χρόνου σταματάνε
- Όταν ζεστάνουμε μια ουσία, τα μόριά της κινούνται γρηγορότερα
- Τα μόρια μιας σκληρής ουσίας είναι σκληρά

2. α) Αν με το παρακάτω κυκλάκι παραστήσω ένα (1) μόριο νερού, να δείξεις κι εσύ πώς θα παρίστανες με κυκλάκι ένα (1) μόριο οιοπνεύματος.

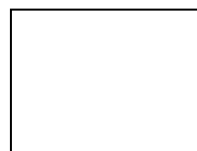
β) Να αναπαραστήσεις χρησιμοποιώντας 10 κυκλάκια κάθε φορά τα μόρια του νερού στη στερεά (πάγος), υγρή (υγρό νερό) και αέρια κατάσταση (υδρατμοί), σε καθένα από τα κουτιά 1, 2 και 3 αντίστοιχα.



1(πάγος)

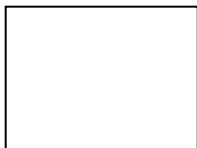


2 (υγρό νερό)

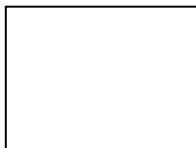


3 (υδρατμοί)

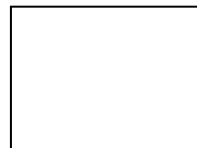
γ) Να κάνεις το ίδιο (χρησιμοποιώντας ξανά 10 κυκλάκια κάθε φορά) για τα μόρια του οιοονπνεύματος στη στερεά , υγρή και αέρια κατάσταση , σε τρία νέα κουτιά .



1(οιονόπνευμα στερεό)



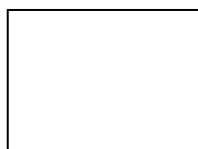
2 (οιονόπνευμα υγρό)



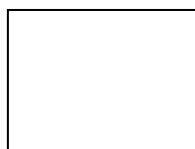
3 (οιονόπνευμα αέριο)

3. Σε μια παγωμένη λίμνη βλέπουμε να επιπλέουν στην επιφάνεια διάφανα κομμάτια πάγου. Το παγωμένο νερό μοιάζει εξωτερικά με γυαλί. Γιατί τα κομμάτια αυτά είναι νερό και δεν θα μπορούσε να είναι γυαλί; **Να δώσεις μια απάντηση μακροσκοπική (χωρίς να χρησιμοποιήσεις μόρια) και μια απάντηση με βάση τα μόρια του νερού και τα μόρια του γυαλιού.**

4. Σχεδίασε τα μόρια στο νερό και στο οιοονόπνευμα παριστάνοντας τα μόρια με κυκλάκια (χρησιμοποίησε 10 κυκλάκια κάθε φορά). Μην ξεχνάς ότι οι δύο ουσίες είναι υγρές.



Νερό



Οιονόπνευμα

5. Κάποιος φίλος σου λέει ότι αν βάλουμε νερό στην κατάψυξη και το αφήσουμε αρκετό χρόνο εκεί, τότε τα μόρια θα σταματήσουν να κινούνται. Έχει δίκιο; Να εξηγήσεις την απάντησή σου.

6. Γεμίζεις μια σύριγγα με νερό. Κλείνοντας το ανοιχτό άκρο με το δάχτυλό σου, προσπαθείς να συμπιέσεις το νερό μέσα στη σύριγγα, πατώντας το έμβολο προς τα μέσα. Διαπιστώνεις ότι δεν μπορείς. Γιατί; Εξήγησε την απάντησή σου χρησιμοποιώντας τα μόρια.

7. Τρεις φίλοι σου εξηγούν το λόγο που μια μεταλλική σφαίρα έγινε μεγαλύτερη όταν ζεστάθηκε. Να τι λένε:

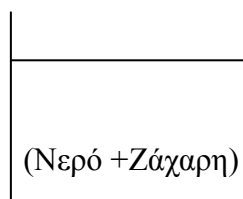
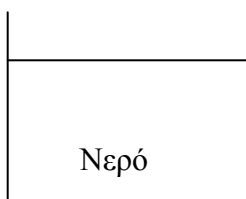
- i. Ο πρώτος: Πιστεύω ότι η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί η θερμότητα έκανε τα μόρια του μετάλλου να διασταλούν (να μεγαλώσουν).
- ii. Ο δεύτερος: Εγώ πιστεύω υποστηρίζει ότι η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί προστέθηκαν μόρια θερμότητας σ' αυτήν.

- iii. Ο τρίτος Διαφωνώ. Πιστεύω ότι τα ίδια μόρια δεν αλλάζουν ούτε σχήμα ούτε μέγεθος. Η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί τα μόρια του μετάλλου κινούνταν γρηγορότερα.

Ποιος από τους τρεις έχει δίκιο;.....

8. α) Σου δίνουν δύο ποτήρια, το ένα να περιέχει καθαρό νερό και το άλλο νερό με ζάχαρη διαλυμένη εντελώς στο νερό, μπορείς με το μάτι να ξεχωρίσεις ποιο είναι το ποτήρι με το νερό και ποιο με το ζαχαρόνερο; ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

β) Αν μπορούσες να δεις τα μόρια στα δύο ποτήρια πώς θα ήταν αυτά ; Ζωγράφισε τα μόρια σε κάθε ποτήρι, παριστάνοντάς τα με κυκλάκια.

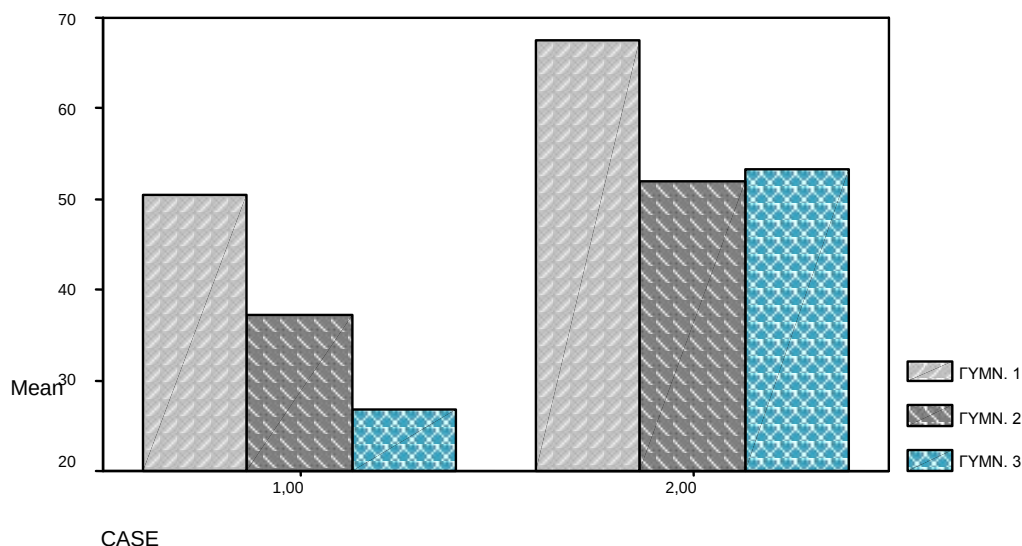


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

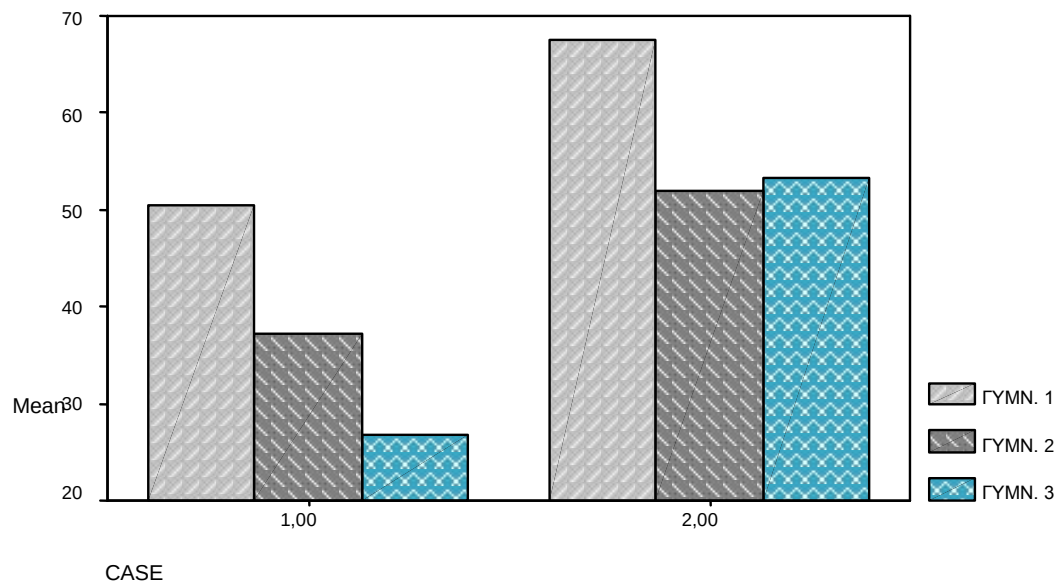
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ Ι: ΟΙ ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΑ ΔΥΟ ΣΧΟΛΙΚΑ ΕΤΗ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

6.1. Ποιοτικές συγκρίσεις των επιδόσεων των μαθητών

Αρχικά, με βάση τις συνολικές βαθμολογίες στο αρχικό τεστ και στο τελικό τεστ, συγκρίνουμε τις επιδόσεις των τμημάτων του κάθε γυμνασίου χωριστά πριν και μετά από τη διδακτική παρέμβαση. Η σύγκριση αυτή έλαβε χώρα δύο φορές συνολικά, μία για κάθε σχολικό έτος διεξαγωγής της έρευνας. Τα σχήματα 1&2 είναι ιστογράμματα που δίνουν τη συγκριτική παρουσίαση συνολικών βαθμολογιών (αρχικό και τελικό τεστ) για κάθε ένα από τα σχολικά έτη της έρευνας χωριστά (2006-2007&2007-08). Τα διαγράμματα κουτιού-μουςτακιού του Σχήματος 3 δίνουν τη συγκριτική παρουσίαση συνολικών βαθμολογιών (αρχικό και τελικό τεστ) για τα σχολικά έτη 2006-2007 (Σχήμα 3α) και 2007-08 (Σχήμα 3β). Στα διαγράμματα κουτιού-μουςτακιού, το κουτί δείχνει το εύρος των τιμών παραλείποντας το υψηλότερο και το χαμηλότερο 25%. Η γραμμή δείχνει το μέσο όρο των επιδόσεων των μαθητών, ενώ τα μουςτάκια δείχνουν τον υψηλότερο και τον χαμηλότερο βαθμό.



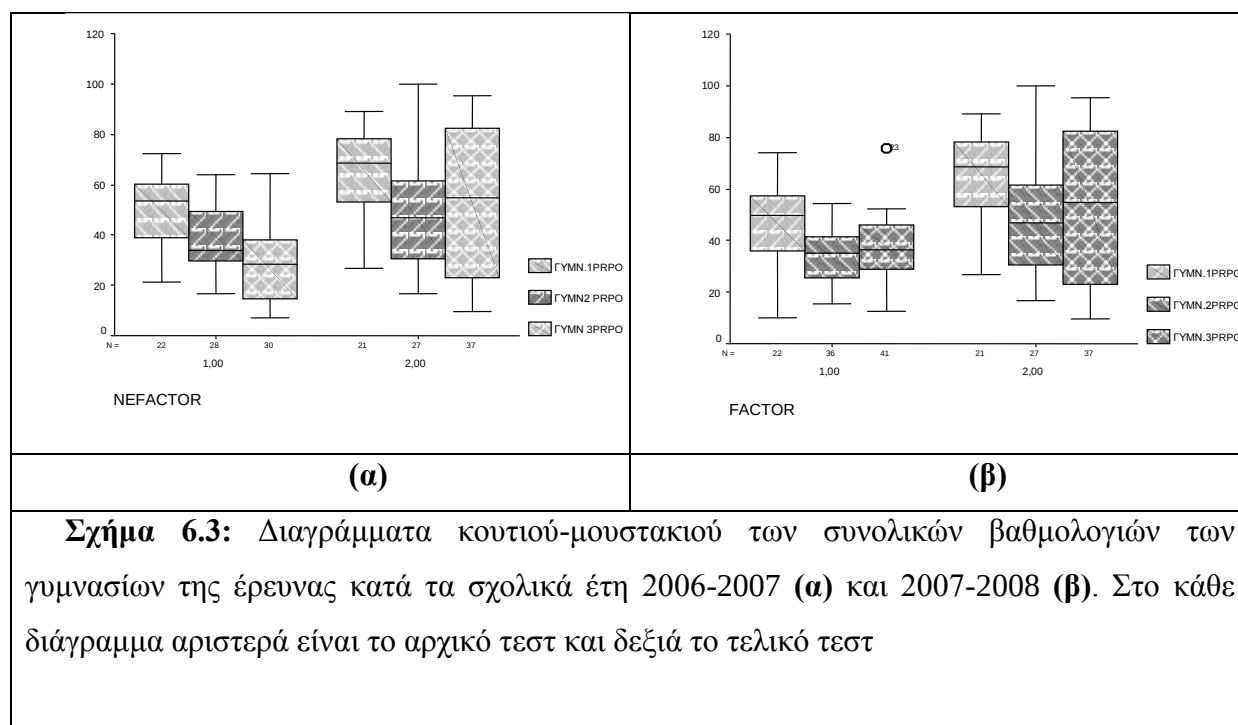
Σχήμα 6.1: Ιστόγραμμα των συνολικών βαθμολογιών των γυμνασίων της έρευνας κατά το σχολικό έτος 2006-2007 . Το αρχικό τεστ βρίσκεται στο αριστερό μέρος, το τελικό τεστ στο δεξί μέρος



Σχήμα 6.2: Ιστόγραμμα των συνολικών βαθμολογιών των γυμνασίων της έρευνας κατά το σχολικό έτος 2007-2008 . Το αρχικό τεστ βρίσκεται στο αριστερό μέρος, το τελικό τεστ στο δεξιό μέρος

Πίνακας 6.1: Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις των συνολικών επιδόσεων των μαθητών κάθε γυμνασίου κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας. Με * επισημαίνονται οι τυπικές αποκλίσεις

	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 3	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 4
ΣΧΟΛ. ΕΤΟΣ 2006-2007				
Pre test	50,5 (16,2*)	37,8 (12,2*)	29,6 (15,9*)	
Post test	67,5 (16,1*)	48,9 (22,3*)	51,6 (29,3*)	50,4 (16,9*)
ΣΧΟΛ. ΕΤΟΣ 2007-2008				
Pre test	47,1 (16,0*)	34,0 (9,5*)	37,2 (12,3*)	-



Σχήμα 6.3: Διαγράμματα κουτιού-μουςτακιού των συνολικών βαθμολογιών των γυμνασίων της έρευνας κατά τα σχολικά έτη 2006-2007 **(α)** και 2007-2008 **(β)**. Στο κάθε διάγραμμα αριστερά είναι το αρχικό τεστ και δεξιά το τελικό τεστ

Από το Σχήμα 3α (για το σχολικό έτος 2006-2007) καταδεικνύεται η σημαντική βελτίωση των βαθμολογιών των μαθητών των γυμνασίων της έρευνας αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση μέσω της διδασκαλίας της έννοιας του μορίου από το πειραματικό διδακτικό υλικό. Συγκεκριμένα, ο μέσος όρος της βαθμολογίας των ερωτηματολογίων του πειραματικού γυμνασίου (Γυμνάσιο 1) από 50,5 (με άριστα το 100) στο αρχικό τεστ αυξήθηκε σε 67,5 στο τελικό τεστ. Οι μέσοι όροι για το Γυμνάσιο 2 ήταν 37,8 και 48,9, ενώ για το Γυμνάσιο 3 ήταν 29,6 και 51,6 αντίστοιχα. Επισημαίνεται, ότι, στη συγκριτική αυτή παρουσίαση δεν έχει συμπεριληφθεί το τέταρτο γυμνάσιο της έρευνας διότι το ερωτηματολόγιο της έρευνας δόθηκε από την καθηγήτρια της τάξης στους μαθητές μόνο μία φορά μετά από τη διδασκαλία του πειραματικού υλικού, ενώ δεν δόθηκε μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας από το σχολικό βιβλίο. Η μέση επίδοση της βαθμολογίας των μαθητών του γυμνασίου αυτού στο τελικό τεστ ήταν 50,4, παραπλήσια των αντίστοιχων των δύο προηγούμενων γυμνασίων. Αξιοσημείωτο είναι ότι οι επιδόσεις στο τελικό τεστ του δεύτερου, του τρίτου και του τέταρτου σχολείου είναι παραπλήσιες μεταξύ τους και με την επίδοση στο αρχικό τεστ του πρώτου σχολείου.

Από τα δεδομένα που αφορούν στη δεύτερη σχολική χρονιά διεξαγωγής της έρευνας (2007-2008) (Σχήμα 3β), σημειώνονται εκ νέου σημαντικά καλύτερες επιδόσεις των μαθητών με τη νέα διδακτική προσέγγιση της έννοιας του μορίου μέσω του πειραματικού διδακτικού υλικού. Συγκεκριμένα, ο μέσος όρος της βαθμολογίας

των ερωτηματολογίων του πειραματικού γυμνασίου (Γυμνάσιο 1) από **47,1** στο αρχικό τεστ αυξήθηκε σε **67,5** στο τελικό τεστ. Οι μέσοι όροι για το Γυμνάσιο 2 ήταν **34,0** και **48,9** αντίστοιχα, ενώ για το Γυμνάσιο 3 ήταν **37,2** και **51,6** αντίστοιχα. Επισημαίνεται, ότι στη συγκριτική αυτή παρουσίαση δεν έχει συμπεριληφθεί το τέταρτο γυμνάσιο της έρευνας διότι το σχολείο αυτό αποφάσισε να μην συμμετάσχει στην υλοποίηση της έρευνας τη δεύτερη σχολική χρονιά. Παρατηρούμε ότι οι επιδόσεις και τα φαινόμενα δεν διαφοροποιούνται αισθητά από εκείνα της προηγούμενης σχολικής χρονιάς. Εξάλλου, και εδώ οι επιδόσεις στο τελικό τεστ του δεύτερου και του τρίτου σχολείου είναι παραπλήσιες μεταξύ τους και με την επίδοση στο αρχικό τεστ του πρώτου σχολείου.

Συμπερασματικά, διαφαίνεται ότι η νοηματική και εποικοδομητική προσέγγιση της έννοιας του μορίου, όπως αυτή δομείται στο πειραματικό διδακτικό υλικό, βελτιώνει σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών της β' τάξης του γυμνασίου, οι οποίοι για πρώτη φορά έρχονται σε επαφή με επιστημονικά θέματα δομής της ύλης. Ουσιαστικά, οι μαθητές βοηθούνται να μεταβούν νοητικά από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο της ύλης.

6.2. Στατιστική επεξεργασία των συνολικών βαθμολογιών των μαθητών στο αρχικό και τελικό τεστ κάθε σχολείου χωριστά κατά το σχολικό έτος 2006-2007

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών των γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό (pre test) και τελικό τεστ (post test) κατά το σχολικό έτος 2006-2007, υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία με το στατιστικό κριτήριο *t* για ανεξάρτητα δείγματα, αφού πρώτα ελέγχθηκε και επιβεβαιώθηκε η κανονικότητα των τιμών με τη δοκιμασία Kolmogorov-Smirnov. Τα αποτελέσματα μελετήθηκαν στατιστικά με τη βοήθεια του στατιστικού υπολογιστικού προγράμματος SPSS 16.0 for Windows **(να λαμβάνονται υπόψη μόνο τα πρώτα δύο δεκαδικά ψηφία).**

Πίνακας 6.2: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών του Γυμνασίου 1 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
ΓΥΜΝΑΣΙΟ1 PRETEST	22	50,4818	16,2441	263,872	21,30	72,20
ΓΥΜΝΑΣΙΟ1 POSTTEST	21	67,4667	16,0462	257,480	26,90	89,20

Πίνακας 6.3: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για το γυμνάσιο 1 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)*

ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	3,448	41	16,9848	4,9264	26,9339	7,0358
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	3,449	40,949	16,9848	4,9250	26,9314	7,0383

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{45,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.3, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 6.4: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών του Γυμνασίου 2 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
ΓΥΜΝΑΣΙΟ2 PRETEST	28	37,8500	12,1921	148,649	16,70	64,00
ΓΥΜΝΑΣΙΟ2 POSTTEST	27	48,9148	22,2737	496,116	16,90	100,00

Πίνακας 6.5: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για το γυμνάσιο 2 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)*

ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	2,296	53	11,0648	4,8182	20,7289	1,4007
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	2,274	39,981	11,0648	4,8666	20,9007	1,2290

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{60,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.5, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 6.6: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών του Γυμνασίου 3 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
ΓΥΜΝΑΣΙΟ3 PRETEST	30	29,6367	15,9623	254,795	6,90	64,20
ΓΥΜΝΑΣΙΟ3 POSTTEST	37	51,5838	29,3084	858,981	9,70	95,20

Πίνακας 6.7: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για το γυμνάσιο 3 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)*

ΓΥΜΝΑΣΙΟ 3	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	3,679	65	21,9471	5,9647	33,8595	10,0348
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	3,898	57,590	21,9471	5,6311	33,2206	10,6736

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{80,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.7, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

6.3. Στατιστική επεξεργασία των συνολικών βαθμολογιών των μαθητών στο αρχικό και τελικό τεστ κάθε σχολείου χωριστά κατά το σχολικό έτος 2007-2008

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών των γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό (pre test) και τελικό τεστ (post test) κατά το σχολικό έτος 2007-2008, υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία με το στατιστικό κριτήριο t για ανεξάρτητα δείγματα, αφού πρώτα ελέγχθηκε και επιβεβαιώθηκε η κανονικότητα των τιμών με τη δοκιμασία Kolmogorov-Smirnov. Τα αποτελέσματα μελετήθηκαν στατιστικά με τη βοήθεια του στατιστικού υπολογιστικού προγράμματος SPSS 16.0 for Windows.

Πίνακας 6.8: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών του Γυμνασίου 1 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
ΓΥΜΝΑΣΙΟ1 PRETEST	22	47,1227	15,9713	427,150	10,00	74,20
ΓΥΜΝΑΣΙΟ1 POSTTEST	21	67,4667	16,0462	302,563	26,90	89,20

Πίνακας 6.9: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για το γυμνάσιο 1 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)*

ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	4,166	41	20,3439	4,8837	30,2067	10,4811
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	4,165	40,888	20,3439	4,8842	30,2087	10,4792

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{45,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.9, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 6.10: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών του Γυμνασίου 2 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
ΓΥΜΝΑΣΙΟ2 PRETEST	36	34,0333	9,4895	205,031	15,30	54,20
ΓΥΜΝΑΣΙΟ2 POSTTEST	27	48,9148	22,2737	513,456	16,90	100,00

Πίνακας 6.11: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για το γυμνάσιο 2 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)*

ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	3,604	61	14,8815	4,1297	23,1394	6,6236
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	3,257	33,105	14,8815	4,5690	24,1761	5,5868

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{60,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.11, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 6.12: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών του Γυμνασίου 3 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
ΓΥΜΝΑΣΙΟ3 PRETEST	41	37,1756	12,3433	196,875	12,50	75,80
ΓΥΜΝΑΣΙΟ3 POSTTEST	37	51,5838	29,3084	736,254	9,70	95,20

Πίνακας 6.13: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για το γυμνάσιο 3 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)*

ΓΥΜΝΑΣΙΟ 3	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	2,879	76	14,4082	5,0044	24,3753	4,4411
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	2,776	47,355	14,4082	5,1896	24,8462	3,9702

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{80,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.13, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

6.4. Στατιστική επεξεργασία των συνολικών βαθμολογιών των μαθητών του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα υπόλοιπα Γυμνάσια στο αρχικό και τελικό τεστ χωριστά κατά το σχολικό έτος 2006-2007

Διαπιστώνοντας, ότι, οι μαθητές του Πειραματικού Γυμνασίου (Γυμνάσιο 1) εμφανίζουν τις υψηλότερες επιδόσεις τόσο στα αρχικό όσο στο τελικό τεστ, τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών του Γυμνασίου αυτού σε σχέση με τις επιδόσεις των μαθητών των υπόλοιπων Γυμνασίων της έρευνας, υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία με το στατιστικό κριτήριο t για ανεξάρτητα δείγματα, αφού πρώτα ελέγχθηκε και επιβεβαιώθηκε η κανονικότητα των τιμών με τη δοκιμασία Kolmogorov-Smirnov. Τα αποτελέσματα μελετήθηκαν στατιστικά με τη βοήθεια του στατιστικού υπολογιστικού προγράμματος SPSS 16.0 for Windows. Η διαδικασία αυτή έλαβε χώρα δύο φορές, μία φορά για το αρχικό και μία για το τελικό τεστ κατά το σχολικό έτος 2006-2007. Τη δεύτερη φορά στο τελικό τεστ συμπεριλήφθηκε και το Γυμνάσιο 4.

Πίνακας 6.14: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα Γυμνάσια 2 & 3 στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
ΓΥΜΝΑΣΙΟ1 PRETEST	22	50,4818	16,2441	263,872	21,30	72,20
ΓΥΜΝΑΣΙΟ2&3 PRETEST	58	33,6017	14,7372	217,185	6,90	64,20

Πίνακας 6.15: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για το γυμνάσιο 1 σε σχέση με τα Γυμνάσια 2 & 3 στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)*

ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	4,448	78	16,8801	3,7953	24,4361	9,3241
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	4,255	34,906	16,8801	3,9672	24,9347	8,8255

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{80,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.15, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 6.16: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα Γυμνάσια 2 & 3 στο τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
ΓΥΜΝΑΣΙΟ1 POSTTEST	21	67,4667	16,0462	257,480	26,90	89,20
ΓΥΜΝΑΣΙΟ2&3POSTTEST	64	50,4578	26,4075	697,358	9,70	100,00

Πίνακας 6.17: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για το γυμνάσιο 1 σε σχέση με τα Γυμνάσια 2 & 3 στο τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)*

ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσω των όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	2,781	83	17,0089	6,1156	29,1725	4,8452
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	3,535	57,042	17,0089	4,8122	26,6449	7,3728

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{90,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.17, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 6.18: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα Γυμνάσια 2 & 3 & 4 στο τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
ΓΥΜΝΑΣΙΟ1 POSTTEST	21	67,4667	16,0462	257,480	26,90	89,20
ΓΥΜΝΑΣΙΟ2 & 3&4POSTTEST	87	50,4402	24,1678	584,082	9,70	100,00

Πίνακας 6.19: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για το γυμνάσιο 1 σε σχέση με τα Γυμνάσια 2 & 3 & 4 στο τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)*

GYMNASIO 1 GYMNASIO 2 & 3 & 4	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	3,064	106	17,0264	5,5574	28,0445	6,0084
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	3,909	44,777	17,0264	4,3560	25,8010	8,2518

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{110,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.19, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$). Από την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, διαφαίνεται ότι, η προσθήκη του Γυμνασίου 4 δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα της έρευνας.

6.5. Στατιστική επεξεργασία των συνολικών βαθμολογιών των μαθητών των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό και τελικό τεστ κατά το σχολικό έτος 2006-2007

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών των γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό (pre test) και τελικό τεστ (post test) κατά το σχολικό έτος 2006-2007, υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία με το στατιστικό κριτήριο t για ανεξάρτητα δείγματα, αφού πρώτα ελέγχθηκε και επιβεβαιώθηκε η κανονικότητα των τιμών με τη δοκιμασία Kolmogorov-Smirnov. Τα αποτελέσματα μελετήθηκαν στατιστικά με τη βοήθεια του στατιστικού υπολογιστικού προγράμματος SPSS 16.0 for Windows. Η διαδικασία αυτή έλαβε χώρα δύο φορές, μία φορά χωρίς να συμπεριλάβουμε το Γυμνάσιο 4 και μία φορά συμπεριλαμβάνοντας το Γυμνάσιο αυτό.

Πίνακας 6.20: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 & 2 & 3 PRETEST	80	38,2438	16,8634	284,375	6,90	72,20
ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 & 2 & 3 POSTTEST	85	54,6600	25,2741	638,780	9,70	100,00

Πίνακας 6.21: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)*

ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 & 2 & 3 PRETEST ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 & 2 & 3 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	4,877	163	16,4162	3,3663	23,0634	9,7691
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	4,934	147,233	16,4162	3,3271	22,9913	9,8412

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha, 1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.21, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 6.22: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά (συμπεριλαμβάνοντας το Γυμνάσιο 4) στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 & 2 & 3 PRETEST	80	38,2438	16,8634	284,375	6,90	72,20
ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 & 2 & 3 & 4 POSTTEST	108	53,7509	23,7362	563,409	9,70	100,00

Πίνακας 6.23: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά (συμπεριλαμβάνοντας το Γυμνάσιο 4) στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)*

ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 & 2 & 3 PRETEST ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 & 2 & 3 & 4 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	4,984	186	15,5072	3,1114	21,6453	9,3691
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	5,236	185,712	15,5072	2,9617	21,3500	9,6643

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.23, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$). Από την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, διαφαίνεται ότι, η προσθήκη του Γυμνασίου 4 δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα της έρευνας.

6.6. Στατιστική επεξεργασία των συνολικών βαθμολογιών των μαθητών κάθε Γυμνασίου χωριστά και των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό τεστ για τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007 & 2007-2008)

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών κάθε Γυμνασίου χωριστά και των γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό (pre test) κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007&2007-2008), υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία με το στατιστικό κριτήριο t για ανεξάρτητα δείγματα, αφού πρώτα ελέγχθηκε και επιβεβαιώθηκε η κανονικότητα των τιμών με τη δοκιμασία Kolmogorov-Smirnov. Τα αποτελέσματα μελετήθηκαν στατιστικά με τη βοήθεια του στατιστικού υπολογιστικού προγράμματος SPSS 16.0 for Windows.

Πίνακας 6.24: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών του Γυμνασίου 1 στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007 & 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
GYMNASIO1 PRETEST07	22	50,4818	16,2441	263,872	21,30	72,20
GYMNASIO1 PRETEST08	22	47,1227	15,9713	255,084	10,00	74,20

Πίνακας 6.25: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για το Γυμνάσιο 1 στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007 & 2007-2008)*

GYMNASIO 1	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσω όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	0,692	42	3,3591	4,8568	6,4424	13,1606
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	0,692	41,988	3,3591	4,8568	6,4425	13,1607

* Οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($t < t_{45,5\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.25, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

Πίνακας 6.26: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών του Γυμνασίου 2 στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007 & 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
ΓΥΜΝΑΣΙΟ2 PRETEST07	28	37,8500	12,1921	148,649	16,70	64,00
ΓΥΜΝΑΣΙΟ2 PRETEST08	36	34,0333	9,4895	90,051	15,30	54,20

Πίνακας 6.27: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για το Γυμνάσιο 2 στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007 & 2007-2008)*

ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	1,409	62	3,8167	2,7088	1,5982	9,2315
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	1,366	49,983	3,8167	2,7947	1,7969	9,4303

* Οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($t < t_{62,5\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.27, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

Πίνακας 6.28: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών του Γυμνασίου 3 στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007 & 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
ΓΥΜΝΑΣΙΟ3 PRETEST07	30	29,6467	15,9565	254,609	6,90	64,20
ΓΥΜΝΑΣΙΟ3 PRETEST08	41	37,1756	12,3433	152,356	12,50	75,80

Πίνακας 6.29: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για το Γυμνάσιο 3 στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007& 2007-2008)*

ΓΥΜΝΑΣΙΟ 3	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	2,242	69	7,5289	3,3579	14,2227	0,8302
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	2,155	52,639	7,5289	3,4933	14,5367	0,5212

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($t > t_{65,5\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.29, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του αρχικού τεστ κατά το σχολικό έτος 2007-2008 σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$). Το Γυμνάσιο 3, είναι το μοναδικό Γυμνάσιο της έρευνας στο οποίο καταγράφονται στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά στις επιδόσεις των μαθητών στο αρχικό τεστ κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας.

Πίνακας 6.30: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007& 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο
ΓΥΜΝΑΣΙΟ1&2&3 PRETEST07	80	38,2475	16,8595	284,241	6,90	72,20
ΓΥΜΝΑΣΙΟ1&2&3 PRETEST08	99	38,2434	13,1794	173,696	10,00	75,80

Πίνακας 6.31: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007 & 2007-2008)*

ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 & 2 & 3	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	0,002	177	4,066 ^E -03	2,2452	4,4267	4,4348
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	0,002	147,326	4,066 ^E -03	2,3038	4,5487	4,5568

* Οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($t < t_{\alpha,5\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.31, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$). Διαφαίνεται λοιπόν, ότι, το Γυμνάσιο 3, στο οποίο καταγράφονται στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά στις επιδόσεις των μαθητών στο αρχικό τεστ κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας, δεν επηρεάζει τη συνολική σύγκριση στο αρχικό (pre test) κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007&2007-2008).

6.7. Στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA των συνολικών βαθμολογιών των μαθητών των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό και τελικό τεστ για τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007&2007-2008)

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών των γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό (pre test) και τελικό τεστ (post test) κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007&2007-2008), υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA. Τα αποτελέσματα μελετήθηκαν στατιστικά με τη βοήθεια του στατιστικού υπολογιστικού προγράμματος SPSS 16.0 for Windows.

Πίνακας 6.32: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
GYMN. 1	22	50,4818	16,2441	21,30	72,20	12,547 ($F > F_{2,80,1\%}$)
GYMN. 2	28	37,8500	12,1921	16,70	64,00	
GYMN. 3	30	29,6367	15,9623	6,90	64,20	
ΣΥΝΟΛΟ	80	38,2437	16,8634	6,90	72,20	

Πίνακας 6.33: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	12,7782*	0,1325	25,4240
		3,00	20,8452*	8,3862	33,3041
LSD	1,00	2,00	12,7782*	1,6526	23,9039
		3,00	20,8452	9,8839	31,8064
Bonferroni	1,00	2,00	12,7782*	1680E-02	25,5397
		3,00	20,8452*	8,2723	33,4180

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.33, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές και με τα τρία κριτήρια υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα υπόλοιπα δύο Γυμνάσια της έρευνας σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 6.34: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
GYMN. 1	22	47,1227	15,9713	10,00	77,20	7,953 ($F > F_{2,100,1\%}$)
GYMN. 2	36	34,0333	9,4895	15,30	54,20	
GYMN. 3	41	37,1756	12,3433	12,50	75,80	
ΣΥΝΟΛΟ	99	38,2434	13,1794	10,00	75,80	

Πίνακας 6.35: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	13,0894*	3,1295	23,0493
		3,00	9,9471*	0,2203	19,6740
LSD	1,00	2,00	13,0894*	4,3181	21,8606
		3,00	9,9471*	1,3811	18,5131
Bonferroni	1,00	2,00	13,0894*	3,0418	23,1370
		3,00	9,9471*	0,1347	19,7596

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.35, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές και με τα τρία κριτήρια υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα υπόλοιπα δύο Γυμνάσια της έρευνας σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 6.36: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
GYMN. 1	21	67,4667	16,0462	26,90	89,20	3,923 ($F > F_{2,80,5\%}$)
GYMN. 2	27	48,9148	22,2737	16,90	100,00	
GYMN. 3	37	51,5838	29,3084	9,70	95,20	
ΣΥΝΟΛΟ	85	54,6600	25,2741	9,70	100,00	

Πίνακας 6.37: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	18,5519*	1,5792	35,4525
		3,00	15,8829	5,4800 ^E -02	31,8206
LSD	1,00	2,00	18,5519*	4,4069	32,6968
		3,00	15,8829*	2,6005	29,1652
Bonferroni	1,00	2,00	18,5519*	1,1734	35,9303
		3,00	15,8829	0,4358	32,2016

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.37, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα υπόλοιπα δύο Γυμνάσια της έρευνας σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

Πίνακας 6.38: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ (συμπεριλαμβάνοντας το Γυμνάσιο 4)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	21	67,4667	16,0462	26,90	89,20	3,146 (^{F>F} 3,104,5%)
ΓΥΜΝ. 2	27	48,9148	22,2737	16,90	100,00	
ΓΥΜΝ. 3	37	51,5838	29,3084	9,70	95,20	
ΓΥΜΝ. 4	23	50,9313	16,9189	15,50	85,80	
ΣΥΝΟΛΟ	108	54,6600	23,7362	9,70	100,00	

Πίνακας 6.39: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ (συμπεριλαμβάνοντας το Γυμνάσιο 4)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	18,5519*	1,0383	36,0654
		3,00	15,8829	0,5626	32,3284
		4,00	17,0754	1,0922	35,2429
LSD	1,00	2,00	18,5519*	36,0654	31,8529
		3,00	15,8829*	17,9043	28,3728
		4,00	17,0754*	18,5563	30,8731
Bonferroni	1,00	2,00	18,5519*	0,5112	36,5925
		3,00	15,8829	1,0576	32,8234
		4,00	17,0754	1,6390	35,7898

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 6.39, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα υπόλοιπα τρία Γυμνάσια της έρευνας σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

Πίνακας 6.40: Οι μέσοι όροι των επιδόσεων των μαθητών των Γυμνασίων της έρευνας στις γραπτές εξετάσεις του Ιουνίου κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (σχολ. Έτος 2006-2007 & 2007-2008)

Μ.Ο ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΓΡΑΠΤΩΝ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ ΙΟΥΝΙΟΥ	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1		ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2		ΓΥΜΝΑΣΙΟ 3	
	ΦΥΣΙΚΗ	ΧΗΜΕΙΑ	ΦΥΣΙΚΗ	ΧΗΜΕΙΑ	ΦΥΣΙΚΗ	ΧΗΜΕΙΑ
2006-2007	16,92	16,84	9,7	10,8	11,9	13,2
2007-2008	15,60	17,11	10	11,9	11,2	13,3

6.8. Συμπεράσματα

Και στα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας, οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του τελικού τεστ (post test), έχουμε δηλαδή σημαντική βελτίωση στις επιδόσεις των μαθητών αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση μέσω του πειραματικού διδακτικού υλικού. Αυτό ισχύει τόσο για κάθε γυμνάσιο χωριστά, όσο και στο σύνολο των γυμνασίων της έρευνας. Διαφαίνεται λοιπόν, ότι η εποικοδομητική προσέγγιση της έννοιας του μορίου μέσω του πειραματικού διδακτικού υλικού, βοηθά τους μαθητές να άρουν τις δυσκολίες που τους προκαλούν επιστημονικές έννοιες όπως η δομή της ύλης σε σχέση τόσο με το προηγούμενο όσο και με το τρέχον σχολικό εγχειρίδιο.

Θεωρώντας το Γυμνάσιο 1 (Πειραματικό Γυμνάσιο με τις υψηλότερες επιδόσεις) ως γυμνάσιο αναφοράς, διαπιστώνουμε ότι οι διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1, τόσο στο αρχικό (pre test) όσο και στο τελικό τεστ (post test).

Το Γυμνάσιο 3 είναι το μόνο γυμνάσιο της έρευνας στο οποίο καταγράφονται στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά στις επιδόσεις των μαθητών στο αρχικό τεστ (pre test) κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας. Όμως, η σύγκριση στο αρχικό τεστ (pre test) κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας στο σύνολο των σχολείων της έρευνας, δεν επηρεάζεται και παραμένει στατιστικά μη σημαντική.

Από τις επιδόσεις των μαθητών στις γραπτές εξετάσεις του Ιουνίου στα μαθήματα της Φυσικής και Χημείας κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας, προκύπτει ότι, οι μαθητές του Πειραματικού Γυμνασίου της Αττικής (Γυμνάσιο 1), εμφανίζουν τις υψηλότερες επιδόσεις. Έτσι δικαιολογείται το γεγονός, ότι οι μαθητές αυτοί είχαν τις υψηλότερες επιδόσεις στο ερωτηματολόγιο της έρευνας τόσο στο αρχικό όσο και στο τελικό τεστ και τις δύο σχολικές χρονιές διεξαγωγής της έρευνας. Στα υπόλοιπα δύο Γυμνάσια, οι επιδόσεις των μαθητών στις γραπτές εξετάσεις είναι παρεμφερείς, κατά συνέπεια και οι μέσοι όροι των επιδόσεων των μαθητών αυτών στο ερωτηματολόγιο της έρευνας, είναι περίπου ίδιες μεταξύ τους. Τέλος, διαπιστώνουμε από τα δεδομένα του πίνακα 6.40, ότι οι επιδόσεις των μαθητών του κάθε σχολείου στις γραπτές εξετάσεις δεν διαφοροποιούνται ιδιαίτερα κατά τα δύο σχολικά έτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ II: ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ

7.1 Διαχωρισμός των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου σε κατηγορίες (Principal Component Analysis)

Αναφέραμε ήδη στο Κεφάλαιο 5 ότι το τελικό ερωτηματολόγιο αποτελείται από 8 ερωτήσεις, από τις οποίες η πρώτη περιέχει 18 προτάσεις σωστού λάθους για την έννοια και τις ιδιότητες των μορίων. Οι επόμενες 7 ερωτήσεις είναι ανοικτού τύπου και με αυτές οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν μόρια ή να απαντήσουν για ιδιότητες των μορίων.

Όσον αφορά στο περιεχόμενο των ερωτήσεων διακρίναμε τις ερωτήσεις με βάση τη στατικότητα (στατική εικόνα) και τη μεταβλητότητα (μεταβολή). Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι ερωτήσεις 2, 3, 4 ενώ στη δεύτερη οι ερωτήσεις 5, 6, 7, 8. Η μέση % επίδοση των μαθητών των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ όσον αφορά στις δύο αυτές κατηγορίες ερωτήσεων ήταν 46,0% και 48,0% αντίστοιχα. Διαπιστώνεται, ότι, δεν υπάρχει ουσιαστική διαφοροποίηση στις επιδόσεις των δύο κατηγοριών. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι ενδεχομένως υπάρχει ένας κοινός παράγοντας τα (μόρια) που συνδέει τις δύο κατηγορίες των ερωτήσεων, ενώ και οι δύο ομάδες ερωτήσεων είναι προφανώς παρόμοιας δυσκολίας.

Οι επιδόσεις των μαθητών στο τελικό τεστ, μελετήθηκαν με ανάλυση παραγόντων (Factor analysis), για να εξεταστούν και να ανιχνευθούν σχέσεις ανάμεσα στις ερωτήσεις.

Οι διάφορες μέθοδοι της ανάλυσης παραγόντων έχουν ως στόχο τη μείωση του αριθμού των μεταβλητών και την αναζήτηση βαθύτερων ή άδηλων σχέσεων ανάμεσα στις μεταβλητές, στη συγκεκριμένη περίπτωση σχέσεων ανάμεσα στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές απαντούν στις ερωτήσεις. Έτσι καταλήγει κανείς σε μια ταξινόμηση των μεταβλητών, «κοιτάζοντας» τους συσχετισμούς μεταξύ των μεταβλητών και των παραγόντων (factors) ή κύριων συνιστωσών (principal components) που είναι οι νέες μεταβλητές όπως αυτές προκύπτουν από την ανάλυση (Anderson, 1984). Οι συσχετισμοί αυτοί ονομάζονται επίσης και «φορτίσεις» παραγόντων (factor loadings). Οι μεταβλητές που σχετίζονται πολύ με διαφορετικούς «παράγοντες» ή «κύριες συνιστώσες» ταξινομούνται σε διαφορετικές τάξεις ή κατηγορίες.

Η κάθε αρχική ιδιοτιμή ερμηνεύει μόνο τη δική της διακύμανση και έχει ιδιοτιμή (eigenvalue) ίση με ένα. Οι πρώτοι νέοι παράγοντες ερμηνεύουν μεγαλύτερο μέρος της διακύμανσης, με αποτέλεσμα οι πρώτοι από αυτούς να έχουν ιδιοτιμές μεγαλύτερες από τη μονάδα. Όσο όμως υπολογίζονται καινούργιοι παράγοντες, το ποσοστό της διακύμανσης που ερμηνεύουν μειώνεται, έτσι ώστε το τελικό άθροισμα των ιδιοτιμών να είναι ίσο με το άθροισμα των αρχικών μεταβλητών. Το αποτέλεσμα αυτής της συνεχούς μείωσης είναι οι τελευταίοι παράγοντες να έχουν ιδιοτιμές μικρότερες της μονάδας. Αυτούς τους παράγοντες αγνοούμε σύμφωνα με το κριτήριο του Kaiser και διατηρούμε μόνο τους παράγοντες με ιδιοτιμές μεγαλύτερες της μονάδας (Kaiser, 1958). Πρέπει να σημειωθεί ότι με αυτόν τον τρόπο ερμηνεύεται ένα μόνο μέρος της διακύμανσης, ότι δηλαδή η ένταξη των αρχικών μεταβλητών σε λιγότερες ομάδες, τις νέες μεταβλητές, έχει ως αποτέλεσμα ένα μέρος των πληροφοριών να χάνεται, μια και όσους λιγότερους παράγοντες επιλέξουμε τόσο λιγότερο είναι και το ποσοστό της διακύμανσης που αυτοί εξηγούν.

Όλες οι σειρές δεδομένων δεν μπορούν να υποβληθούν επιτυχώς σε ανάλυση παραγόντων. Υπάρχουν δύο δοκιμές τα αποτελέσματα των οποίων δείχνουν αν για τα συγκεκριμένα δεδομένα θα ήταν χρήσιμη η ανάλυση παραγόντων.

Σύμφωνα με την πρώτη δοκιμή, την Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy (KMO test), υψηλές τιμές, κοντά στο 1,0, δείχνουν ότι η ανάλυση παραγόντων θα ήταν χρήσιμη, ενώ τιμές μικρότερες από 0,5, δείχνουν ότι η ανάλυση παραγόντων δεν θα ήταν χρήσιμη για τα συγκεκριμένα δεδομένα. Η δοκιμή αυτή δείχνει το ποσοστό της διακύμανσης που θα μπορούσε να ερμηνευτεί από βαθύτερες ή άδηλες σχέσεις ανάμεσα στις μεταβλητές.

Με τη δεύτερη δοκιμή, την Bartlett's Test of Sphericity, γίνεται έλεγχος στην υπόθεση ότι οι αρχικές μεταβλητές δε συνδέονται μεταξύ τους και ως εκ τούτου είναι ακατάλληλες για ανάλυση παραγόντων. Μικρές τιμές του επίπεδου σημαντικότητας, μικρότερες από 0.05, δείχνουν ότι δεν ισχύει η αρχική υπόθεση και ότι τα δεδομένα είναι ακατάλληλα για ανάλυση παραγόντων.

Στον πίνακα 7.1 που ακολουθεί φαίνονται τα αποτελέσματα των δύο αυτών δοκιμών για τα δεδομένα της έρευνας αυτής.

Πίνακας 7.1: Τα αποτελέσματα των δοκιμών KMO και Bartlett's

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,833
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	162,747
	df	21
	Sig.	,000

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα των δύο αυτών δοκιμών, τα αποτελέσματα της έρευνας μπορούν να υποστούν ανάλυση παραγόντων.

Πίνακας 7.2: Εξαγωγή δύο παραγόντων

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3,249	46,411	46,411	3,249	46,411	46,411	2,184	31,205	31,205
2	1,071	15,293	61,704	1,071	15,293	61,704	2,135	30,499	61,704
3	,709	10,122	71,826						
4	,595	8,497	80,323						
5	,563	8,041	88,364						
6	,471	6,722	95,085						
7	,344	4,915	100,000						

Βλέπουμε ότι η ανάλυση παραγόντων μας δίνει δύο παράγοντες, δύο ιδιοτιμές μεγαλύτερες της μονάδας.

Πίνακας 7.3: Συσχέτιση των δύο παραγόντων με τις 7 ερωτήσεις της έρευνας

	Component	
	1	2
POST707	,811	-1,822 ^E -03
POST507	,717	,251
POST607	,641	,195
POST307	,589	,502
POST407	-2,117 ^E -02	,831
POST207	,250	,749
POST807	,440	,729

Extraction method :Principal Component Analysis

Rotation method : Varimax with Kaiser Normalization

Από την επεξεργασία των δεδομένων του πίνακα 7.3, προκύπτει ότι ο παράγοντας 1 φορτίζεται από τις ερωτήσεις **5, 6, 7**, ενώ ο παράγοντας 2 φορτίζεται από τις ερωτήσεις **2, 4, 8**. Η ερώτηση **3** είναι μοιρασμένη και στους δύο παράγοντες. Η ερώτηση **8** έχει σχετικά υψηλή φόρτιση και στον παράγοντα 1, πολύ μικρότερη

όμως σε σχέση με τον παράγοντα 2. Η ανάλυση παραγόντων τελικά διαφοροποιεί τον αρχικό διαχωρισμό των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου που είχε προκύψει από το περιεχόμενο των ερωτήσεων. Αν επιχειρήσουμε να δώσουμε μια εξήγηση στην παραπάνω διαφορά παραγοντοποίησης, η διάκριση των υπεισερχόμενων ερωτήσεων ως προς τη στατικότητα και μεταβλητότητα των μορίων προσφέρει μια μερική λύση: τουλάχιστον οι τρεις ερωτήσεις του παράγοντα 1 ανήκουν στην ομάδα ερωτήσεων που εμείς κατατάξαμε με βάση τη μεταβλητότητα. Όσον αφορά στον παράγοντα 2, εδώ υπεισέρχεται η απαίτηση σχεδιασμού μορίων από τους μαθητές, άρα μπορούμε να θεωρήσουμε τον παράγοντα 2 ως ``σχεδιαστικό παράγοντα``.

7.2. Στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών των μαθητών στις δύο ομάδες ερωτήσεων στο αρχικό και τελικό τεστ όλων των Γυμνασίων συνολικά κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007&2007-2008)

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών στις δύο ομάδες ερωτήσεων των γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό (pre test) και τελικό τεστ (post test) κατά τα δύο σχολικά έτη (2006-2007&2007-2008), υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία με το στατιστικό κριτήριο t για ανεξάρτητα δείγματα, αφού πρώτα ελέγχθηκε και επιβεβαιώθηκε η κανονικότητα των τιμών με τη δοκιμασία Kolmogorov-Smirnov. Τα αποτελέσματα μελετήθηκαν στατιστικά με τη βοήθεια του στατιστικού υπολογιστικού προγράμματος SPSS 16.0 for Windows **(να λαμβάνονται υπόψη μόνο τα πρώτα δύο δεκαδικά ψηφία).**

Πίνακας 7.4: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για τις ομάδες ερωτήσεων 2, 4, 8 & 5, 6, 7 όλων των Γυμνασίων συνολικά στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

PRE 2, 4, 8 2007 PRE 5, 6, 7 2007	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	0,868	478	0,32808	0,32776	1,07037	0,41420
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	0,868	434,372	0,32808	0,32776	1,07055	0,41439

Από την επεξεργασία του Πίνακα 7.4, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$). Παρατηρούμε λοιπόν, ότι, οι επιδόσεις των μαθητών στις δύο κατηγορίες ερωτήσεων στο αρχικό τεστ της πρώτης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας, δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Πίνακας 7.5: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για τις ομάδες ερωτήσεων 2, 4, 8 & 5, 6, 7 όλων των Γυμνασίων συνολικά στο τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

POST 2, 4, 8 POST 5, 6, 7	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	0,781	506	0,30581	0,39167	1,07530	0,46368
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	0,780	487,618	0,30581	0,39195	1,07593	0,46432

Από την επεξεργασία του Πίνακα 7.5, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$). Παρατηρούμε λοιπόν, ότι, οι επιδόσεις των μαθητών στις δύο κατηγορίες ερωτήσεων στο τελικό τεστ της πρώτης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας, δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Πίνακας 7.6: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για τις ομάδες ερωτήσεων 2, 4, 8 & 5, 6, 7 όλων των Γυμνασίων συνολικά στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)*

PRE 2, 4, 8 2008 PRE 5, 6, 7 2008	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	5,331	592	1,72567	0,32388	2,36265	1,09048
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	5,331	519,682	1,72567	0,32388	2,36284	1,09030

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της ομάδας ερωτήσεων 5,6,7 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 7.6, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$). Παρατηρούμε λοιπόν, ότι, οι επιδόσεις των μαθητών στις δύο κατηγορίες ερωτήσεων στο αρχικό τεστ της δεύτερης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας, διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους υπέρ της ομάδας ερωτήσεων 5, 6, 7.

Πίνακας 7.7: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για την ομάδα ερωτήσεων 2, 4, 8 όλων των Γυμνασίων συνολικά ανάμεσα στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)* και τελικό τεστ

PRE 2, 4, 8 2007 POST 2, 4, 8	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	5,215	493	1,74490	0,33461	2,40234	1,08746
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	5,239	488,953	1,74490	0,33308	2,39935	1,09045

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του τελικού τεστ σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha, 1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 7.7, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$). Παρατηρούμε λοιπόν, ότι, οι επιδόσεις των μαθητών στην ομάδα ερωτήσεων 2, 4, 8 ανάμεσα στο αρχικό τεστ της πρώτης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας και στο τελικό τεστ, διαφέρουν σημαντικά υπέρ του τελικού τεστ .

Πίνακας 7.8: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για την ομάδα ερωτήσεων 5, 6, 7 όλων των Γυμνασίων συνολικά ανάμεσα στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)* και τελικό τεστ

PRE 5, 6, 7 2007 POST 5, 6, 7	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	3,908	493	1,68086	0,43009	2,05259	0,83582
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	3,910	491,902	1,68086	0,42992	2,52555	0,83616

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του τελικού τεστ σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha, 1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 7.8, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$). Παρατηρούμε λοιπόν, ότι, οι επιδόσεις των μαθητών στην ομάδα ερωτήσεων 5, 6, 7 ανάμεσα στο αρχικό τεστ της πρώτης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας και στο τελικό τεστ, διαφέρουν σημαντικά υπέρ του τελικού τεστ .

Πίνακας 7.9: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για την ομάδα ερωτήσεων 2, 4, 8 όλων των Γυμνασίων συνολικά ανάμεσα στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)* και τελικό τεστ

PRE 2, 4, 8 2008 POST 2, 4, 8	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	8,653	550	2,62045	0,30282	3,21257	2,02562
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	8,498	478,729	2,62045	0,30836	3,22636	2,01454

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του τελικού τεστ σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha, 1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 7.9, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$). Παρατηρούμε λοιπόν, ότι, οι επιδόσεις των μαθητών στην ομάδα ερωτήσεων 2, 4, 8 ανάμεσα στο αρχικό τεστ της δεύτερης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας και στο τελικό τεστ, διαφέρουν σημαντικά υπέρ του τελικού τεστ .

Πίνακας 7.10: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για την ομάδα ερωτήσεων 5, 6, 7 όλων των Γυμνασίων συνολικά ανάμεσα στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 200-2008)* και τελικό τεστ

PRE 5, 6, 7 2008 POST 5, 6, 7	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	2,878	550	1,15792	0,40235	1,94825	0,36759
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	2,869	530,318	1,15792	0,40358	1,95073	0,36512

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του τελικού τεστ σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 7.10, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$). Παρατηρούμε λοιπόν, ότι, οι επιδόσεις των μαθητών στην ομάδα ερωτήσεων 5, 6, 7 ανάμεσα στο αρχικό τεστ της δεύτερης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας και στο τελικό τεστ, διαφέρουν σημαντικά υπέρ του τελικού τεστ .

7.3. Συμπεράσματα

Η ανάλυση παραγόντων διαφοροποιεί εν μέρει την αρχική κατηγοριοποίηση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου με βάση τη στατικότητα (2, 3, 4) και μεταβλητότητα (5, 6, 7, 8). Ο παράγοντας 1 φορτίζεται από τις ερωτήσεις 5, 6, 7 που ανήκουν στην αρχική κατάταξη ερωτήσεων με βάση τη μεταβλητότητα. Ο παράγοντας 2 φορτίζεται από τις ερωτήσεις 2, 4, 8 που έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό τη σχεδίαση μορίων.

Από τη στατιστική επεξεργασία προκύπτει ότι, οι επιδόσεις των μαθητών στις δύο κατηγορίες ερωτήσεων τόσο στο αρχικό όσο και στο τελικό τεστ της πρώτης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας, δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Επίσης, προκύπτει ότι, οι επιδόσεις των μαθητών στις δύο κατηγορίες ερωτήσεων στο αρχικό τεστ της δεύτερης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας, διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους υπέρ της ομάδας ερωτήσεων 5, 6, 7.

Τέλος, από τη στατιστική επεξεργασία για κάθε ομάδα ερωτήσεων που προέκυψε από την ανάλυση παραγόντων ανάμεσα στο αρχικό και στο τελικό τεστ κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας, προκύπτει ότι οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του τελικού τεστ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΙΙΙ: ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

8.1. Στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά στο αρχικό και τελικό τεστ στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας κατά το σχολικό έτος 2006-2007

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά των γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό (pre test) και τελικό τεστ (post test) κατά το σχολικό έτος 2006-2007, υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία με το στατιστικό κριτήριο t για ανεξάρτητα δείγματα, αφού πρώτα ελέγχθηκε και επιβεβαιώθηκε η κανονικότητα των τιμών με τη δοκιμασία Kolmogorov-Smirnov. Τα αποτελέσματα μελετήθηκαν στατιστικά με τη βοήθεια του στατιστικού υπολογιστικού προγράμματος SPSS 16.0 for Windows (να λαμβάνονται υπόψη μόνο τα πρώτα δύο δεκαδικά ψηφία).

Πίνακας 8.1: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 1 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 1 PRETEST	80	17,3775	3,8873
ΕΡΩΤΗΣΗ 1 POSTTEST	85	18,4412	4,0816

Πίνακας 8.2: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 1 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

ΕΡΩΤΗΣΗ 1 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 1 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	1,712	163	1,0637	0,6213	2,2905	0,1632
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	1,715	162,976	1,0637	0,6204	2,2887	0,1614

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.2, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

Πίνακας 8.3: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 2 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 2 PRETEST	80	4,4700	3,8673
ΕΡΩΤΗΣΗ 2 POSTTEST	85	6,1600	4,1024

Πίνακας 8.4: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 2 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)*

ΕΡΩΤΗΣΗ 2 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 2 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	2,719	163	1,6900	0,6216	2,9173	0,4627
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	2,724	162,999	1,6900	0,6204	2,9151	0,4649

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha, 1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.4, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.5: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 3 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 3 PRETEST	80	2,0500	2,4951
ΕΡΩΤΗΣΗ 3 POSTTEST	85	4,8353	5,4223

Πίνακας 8.6: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 3 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)*

ΕΡΩΤΗΣΗ 3 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 3 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	4,195	163	2,7853	0,6640	4,0964	1,4742
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	4,279	119,610	2,7853	0,6509	4,0741	1,4965

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.6, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.7: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 4 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 4 PRETEST	80	2,8125	2,4960
ΕΡΩΤΗΣΗ 4 POSTTEST	85	3,1765	2,4210

Πίνακας 8.8: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 4 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

ΕΡΩΤΗΣΗ 4 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 4 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	0,951	163	0,3640	0,3828	1,1199	0,3920
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	0,950	161,647	0,3640	0,3832	1,1207	0,3927

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.8, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

Πίνακας 8.9: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 5 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 5 PRETEST	80	4,0250	4,9118
ΕΡΩΤΗΣΗ 5 POSTTEST	85	6,2588	4,8456

Πίνακας 8.10: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 5 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)*

ΕΡΩΤΗΣΗ 5 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 5 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	2,940	163	2,2338	0,7598	3,7342	0,7335
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	2,939	162,099	2,2338	0,7601	3,7349	0,7328

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.10, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.11: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 6 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 6 PRETEST	80	0,4250	1,6595
ΕΡΩΤΗΣΗ 6 POSTTEST	85	3,2706	5,1695

Πίνακας 8.12: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 6 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)*

ΕΡΩΤΗΣΗ 6 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 6 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	4,700	163	2,8456	0,6054	4,0411	1,6501
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	4,818	102,100	2,8456	0,5906	4,0170	1,6741

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.12, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.13: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 7 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 7 PRETEST	80	3,2500	2,3999
ΕΡΩΤΗΣΗ 7 POSTTEST	85	3,7059	2,2029

Πίνακας 8.14: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 7 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

ΕΡΩΤΗΣΗ 7 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 7 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	1,272	163	0,4559	0,3584	1,1635	0,2517
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	1,269	159,950	0,4559	0,3593	1,1655	0,2537

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.14, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

Πίνακας 8.15: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 8 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 8 PRETEST	80	3,8125	5,1592
ΕΡΩΤΗΣΗ 8 POSTTEST	85	8,9647	6,7001

Πίνακας 8.16: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 8 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)*

ΕΡΩΤΗΣΗ 8 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 8 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	5,496	163	5,1522	0,9374	7,0033	3,3012
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	5,538	157,331	5,1522	0,9303	6,9897	3,3147

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.16, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

8.2. Στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά στο αρχικό και τελικό τεστ στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας κατά το σχολικό έτος 2007-2008

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά των γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό (pre test) και τελικό τεστ (post test) κατά το σχολικό έτος 2007-2008, υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία με το στατιστικό κριτήριο t για ανεξάρτητα δείγματα, αφού πρώτα ελέγχθηκε και επιβεβαιώθηκε η κανονικότητα των τιμών με τη δοκιμασία Kolmogorov-Smirnov. Τα αποτελέσματα μελετήθηκαν στατιστικά με τη βοήθεια του στατιστικού υπολογιστικού προγράμματος SPSS 16.0 for Windows **(να λαμβάνονται υπόψη μόνο τα πρώτα δύο δεκαδικά ψηφία).**

Πίνακας 8.17: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 1 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 1 PRETEST	99	17,1667	3,4272
ΕΡΩΤΗΣΗ 1 POSTTEST	85	18,4412	4,0816

Πίνακας 8.18: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 1 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)*

ΕΡΩΤΗΣΗ 1 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 1 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	13,197	182	19,9740	1,5135	16,9876	22,9603
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	14,064	118,626	19,9740	1,4202	17,1617	22,7863

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha, 1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.18, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.19: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 2 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 2 PRETEST	99	2,4364	2,6764
ΕΡΩΤΗΣΗ 2 POSTTEST	85	6,1600	4,1024

Πίνακας 8.20: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 2 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)*

ΕΡΩΤΗΣΗ 2 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 2 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	7,014	180	3,5636	0,5081	4,5662	2,5610
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	6,765	135,908	3,5636	0,5267	4,6053	2,5219

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.20, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.21: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 3 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 3 PRETEST	99	2,7475	3,9469
ΕΡΩΤΗΣΗ 3 POSTTEST	85	4,8353	5,4223

Πίνακας 8.22: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 3 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)*

ΕΡΩΤΗΣΗ 3 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 3 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	3,013	182	2,0878	0,6929	3,4550	0,7206
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	2,943	151,022	2,0878	0,7094	3,4894	0,6861

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha, 1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.22, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.23: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 4 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 4 PRETEST	99	1,7267	2,8459
ΕΡΩΤΗΣΗ 4 POSTTEST	85	3,1765	2,4210

Πίνακας 8.24: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 4 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)*

ΕΡΩΤΗΣΗ 4 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 4 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	3,577	182	1,5603	0,4326	2,4209	0,6996
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	3,663	177,261	1,5603	0,4259	2,4009	0,7196

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.24, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.25: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 5 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 5 PRETEST	99	4,3823	8,1459
ΕΡΩΤΗΣΗ 5 POSTTEST	85	6,2588	4,8456

Πίνακας 8.26: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 5 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)*

ΕΡΩΤΗΣΗ 5 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 5 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	3,174	182	2,1376	0,6734	3,4663	0,8088
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	3,145	169,335	2,1376	0,6797	3,4794	0,7957

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.26, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.27: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 6 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 6 PRETEST	99	1,2316	8,1459
ΕΡΩΤΗΣΗ 6 POSTTEST	85	3,2706	5,1695

Πίνακας 8.28: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 6 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)*

ΕΡΩΤΗΣΗ 6 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 6 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	4,127	182	2,4120	0,5844	3,5651	1,2589
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	3,933	116,333	2,4120	0,6132	3,6265	1,1974

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.28, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.29: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 7 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 7 PRETEST	99	3,8384	2,1223
ΕΡΩΤΗΣΗ 7 POSTTEST	85	3,7059	2,2029

Πίνακας 8.30: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 7 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

ΕΡΩΤΗΣΗ 7 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 7 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	0,415	182	0,1325	0,3193	0,4976	0,7626
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	0,414	175,625	0,1325	0,3203	0,4996	0,7646

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.30, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

Πίνακας 8.31: Περιγραφή των βαθμολογιών των μαθητών στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 8 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	Μέσος Όρος	Τυπ. Απόκλιση
ΕΡΩΤΗΣΗ 8 PRETEST	99	4,6768	4,7095
ΕΡΩΤΗΣΗ 8 POSTTEST	85	8,9647	6,7001

Πίνακας 8.32: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας στην ερώτηση 8 στο αρχικό και τελικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)*

ΕΡΩΤΗΣΗ 8 PRETEST ΕΡΩΤΗΣΗ 8 POSTTEST	Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων					
	t	Βαθμοί Ελευθερίας	Διαφορά των Μέσων Όρων	Τυπ. Απόκλιση της Διαφοράς	Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95% της διαφοράς	
					Ελάχιστο	Μέγιστο
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων.	5,074	182	4,2879	0,8451	5,9553	2,6204
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων.	4,944	147,615	4,2879	0,8672	6,0018	2,5740

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($t > t_{\alpha,1\%}$).

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.32, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

8.3. Στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό τεστ για το σχολικό έτος 2006-2007

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών των γυμνασίων της έρευνας συνολικά σε κάθε ερώτηση χωριστά στο αρχικό (pre test) για το σχολικό έτος 2006-2007, υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA. Τα αποτελέσματα μελετήθηκαν στατιστικά με τη βοήθεια του στατιστικού υπολογιστικού προγράμματος SPSS 16.0 for Windows (να λαμβάνονται υπόψη μόνο τα πρώτα δύο δεκαδικά ψηφία).

Πίνακας 8.33: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 1 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
GYMN. 1	22	19,0455	2,6666	13,90	23,60	$(F < F_{2,80,1\%})$
GYMN. 2	28	16,6071	3,8355	8,30	22,20	
GYMN. 3	30	16,8733	4,4014	6,90	23,60	
ΣΥΝΟΛΟ	80	17,3775	3,8873	6,90	23,60	

Πίνακας 8.34: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 1 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	2,43831	0,1449	5,0215
		3,00	2,17212	0,3729	4,7171
LSD	1,00	2,00	2,43831*	0,2860	4,5907
		3,00	2,17212*	0,0516	4,2927
Bonferroni	1,00	2,00	2,43831	0,2071	5,0837
		3,00	2,17212	0,4342	4,7784

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.34, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα υπόλοιπα δύο Γυμνάσια της έρευνας σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

Πίνακας 8.35: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 2 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
GYMN. 1	22	6,8909	2,6823	2,00	10,00	$(F > F_{2,80,1\%})$
GYMN. 2	28	5,4571	3,1975	0,00	10,00	
GYMN. 3	30	1,8400	3,6043	0,00	10,00	
ΣΥΝΟΛΟ	80	4,4950	3,8444	0,00	10,00	

Πίνακας 8.36: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 2 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	1,4337	1,3298	4,1973
		3,00	5,0509*	2,3282	7,7736
	2,00		3,6171*	1,0683	6,1660
LSD	1,00	2,00	1,4337	0,9976	3,8651
		3,00	5,0509*	2,6555	7,4464
Bonferroni	1,00	2,00	1,4337	1,3551	4,2226
		3,00	5,0509*	2,3033	7,7986

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.36, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο Tukey υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 3 και υπέρ του Γυμνασίου 2 σε σχέση με το Γυμνάσιο 3 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.37: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 3 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
GYMN. 1	22	3,7727	2,4481	0,00	8,00	$(F > F_{2,80,1\%})$
GYMN. 2	28	1,4643	2,1855	0,00	5,00	
GYMN. 3	30	1,3333	2,2488	0,00	5,00	
ΣΥΝΟΛΟ	80	2,0500	2,4950	0,00	8,00	

Πίνακας 8.38: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 3 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	2,3084*	0,3554	4,2615
		3,00	2,4393*	0,5152	4,3636
LSD	1,00	2,00	2,3084*	0,5902	4,0267
		3,00	2,4393*	0,7465	4,1323
Bonferroni	1,00	2,00	2,3084*	0,3375	4,2793
		3,00	2,4393*	0,4976	4,3812

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.38, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των

τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο Tukey υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα υπόλοιπα δύο Γυμνάσια της έρευνας σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.39: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 4 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	22	2,9545	2,5162	0,00	5,00	5,730 ($F>F_{2,80,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	28	3,7500	2,2048	0,00	5,00	
ΓΥΜΝ. 3	30	1,6667	2,3973	0,00	5,00	
ΣΥΝΟΛΟ	80	2,7500	2,5032	0,00	5,00	

Πίνακας 8.40: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 4 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	0,7954	2,8187	1,2278
		3,00	1,2879	0,7054	3,2812
	2,00		2,0833*	0,2173	3,9494
LSD	1,00	2,00	0,7954	2,5755	0,9846
		3,00	1,2879	0,4658	3,0416
Bonferroni	1,00	2,00	0,7954	2,8372	1,2463
		3,00	1,2879	0,7237	3,2994

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.40, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο Tukey υπέρ του Γυμνασίου 2 σε σχέση με το Γυμνάσιο 3 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.41: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 5 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	22	6,8182	4,7673	0,00	10,00	5,607 ($F>F_{2,80,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	28	3,2857	4,7129	0,00	10,00	
ΓΥΜΝ. 3	30	2,6687	4,4978	0,00	10,00	
ΣΥΝΟΛΟ	80	4,0250	4,9118	0,00	10,00	

Πίνακας 8.42: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 5 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	3,5325	0,4431	7,5080
		3,00	4,1515*	0,2347	8,0683
LSD	1,00	2,00	3,5325*	0,0348	7,0302
		3,00	4,1515*	0,7055	7,5975
Bonferroni	1,00	2,00	3,5325	0,4795	7,5444
		3,00	4,1515*	0,1988	8,1042

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.42, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο Tukey υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 3 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$). Επίσης, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD (λιγότερο αυστηρό κριτήριο σε σχέση με το Tukey) υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα υπόλοιπα δύο Γυμνάσια της έρευνας σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.43: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 6 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
GYMN. 1	22	0,1818	0,5011	0,00	2,00	1,029 ($F < F_{2,80,1\%}$)
GYMN. 2	28	0,2500	1,3229	0,00	7,00	
GYMN. 3	30	0,7667	2,3442	0,00	8,00	
ΣΥΝΟΛΟ	80	0,4250	1,6595	0,00	8,00	

Πίνακας 8.44: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 6 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	0,6812	1,4870	1,3506
		3,00	0,5849	1,9827	0,8130
LSD	1,00	2,00	0,6812	1,3164	1,1801
		3,00	0,5849	1,8147	0,6450
Bonferroni	1,00	2,00	0,6812	1,5000	1,3636
		3,00	0,5849	1,9955	0,8258

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.44, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των

τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Πίνακας 8.45: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 7 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	22	3,6364	2,2792	0,00	5,00	3,041 ($F < F_{2,80,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	28	3,9286	2,0893	0,00	5,00	
ΓΥΜΝ. 3	30	2,5000	2,5427	0,00	5,00	
ΣΥΝΟΛΟ	80	3,3125	2,3792	0,00	5,00	

Πίνακας 8.46: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 7 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	0,2922	1,8718	1,2874
		3,00	1,1364	0,4199	2,6927
LSD	1,00	2,00	0,2922	1,6084	1,0240
		3,00	1,1364	0,1604	2,4331
	2,00		1,4286*	0,2146	2,6425
Bonferroni	1,00	2,00	0,2922	1,9099	1,3255
		3,00	1,1364	0,4574	2,7301

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.46, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD (λιγότερο αυστηρό κριτήριο σε σχέση με το Tukey) υπέρ του Γυμνασίου 2 σε σχέση με το Γυμνάσιο 3 σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

Πίνακας 8.47: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 8 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	22	7,1818	6,5147	0,00	15,00	7,879 ($F > F_{2,80,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	28	3,1071	4,4334	0,00	15,00	
ΓΥΜΝ. 3	30	2,0000	3,4341	0,00	15,00	
ΣΥΝΟΛΟ	80	3,8125	5,1952	0,00	15,00	

Πίνακας 8.48: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 8 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	4,0747	0,0259	8,1753
		3,00	5,1818	1,1418	9,2218
LSD	1,00	2,00	4,0747*	0,4670	7,6824
		3,00	5,1818*	1,6274	8,7362
Bonferroni	1,00	2,00	4,0747	0,0635	8,2128
		3,00	5,1818	1,1048	9,2588

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.48 καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο Tukey υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 3 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$). Επίσης, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD (λιγότερο αυστηρό κριτήριο σε σχέση με το Tukey) υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα υπόλοιπα δύο Γυμνάσια της έρευνας σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

8.4. Στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό τεστ για το σχολικό έτος 2007-2008

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών των γυμνασίων της έρευνας συνολικά σε κάθε ερώτηση χωριστά στο αρχικό (pre test) για το σχολικό έτος 2007-2008, υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA. Τα αποτελέσματα μελετήθηκαν στατιστικά με τη βοήθεια του στατιστικού υπολογιστικού προγράμματος SPSS 16.0 for Windows (να λαμβάνονται υπόψη μόνο τα πρώτα δύο δεκαδικά ψηφία).

Πίνακας 8.49: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 1 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	22	19,1842	3,8403	8,00	23,60	$F_{22,100,1\%}$
ΓΥΜΝ. 2	36	16,7000	3,3627	11,10	23,60	
ΓΥΜΝ. 3	41	18,6976	2,2973	12,50	22,20	
ΣΥΝΟΛΟ	99	18,0448	3,2112	8,00	23,60	

Πίνακας 8.50: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 1 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	2,4821**	0,1449	5,0215
		3,00	0,4867	0,3729	4,7171
	2,00		1,9978**		
LSD	1,00	2,00	2,4821*	0,2860	4,5907
		3,00	0,4867	0,0516	4,2927
	2,00		1,9978**		
Bonferroni	1,00	2,00	2,4821	0,2071	5,0837
		3,00	0,4867	0,4342	4,7784

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

**Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.50, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD (λιγότερο αυστηρό κριτήριο σε σχέση με το Tukey) υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 2 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$). Επίσης, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο Tukey υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 2 σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$). Τέλος, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD (λιγότερο αυστηρό κριτήριο σε σχέση με το Tukey) υπέρ του Γυμνασίου 3 σε σχέση με το Γυμνάσιο 2 σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

Πίνακας 8.51: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 2 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
GYMN. 1	22	2,6636	3,4161	0,00	10,00	0,141 ($F < F_{22,100,1\%}$)
GYMN. 2	36	2,2778	2,3719	0,00	10,00	
GYMN. 3	41	2,4537	2,5397	0,00	10,00	
ΣΥΝΟΛΟ	99	2,4364	2,6765	0,00	10,00	

Πίνακας 8.52: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 2 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	0,3859	1,7948	2,5665
		3,00	0,2100	1,9196	2,3396
LSD	1,00	2,00	0,3859	1,5345	2,3062
		3,00	0,2100	1,6655	2,0854
Bonferroni	1,00	2,00	0,3859	1,8140	2,5857
		3,00	0,2100	1,9384	2,3583

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.52, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Πίνακας 8.53: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 3 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	22	3,4091	3,8994	0,00	15,00	0,961 ($F < F_{22,100,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	36	2,1667	4,1023	0,00	15,00	
ΓΥΜΝ. 3	41	2,9024	3,8588	0,00	12,00	
ΣΥΝΟΛΟ	99	2,7475	3,9469	0,00	15,00	

Πίνακας 8.54: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 3 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	1,2424	1,9539	4,4388
		3,00	0,5066	2,6149	3,6282
LSD	1,00	2,00	1,2424	1,5724	4,0573
		3,00	0,5066	2,2423	3,2556
Bonferroni	1,00	2,00	1,2424	1,9820	4,4669
		3,00	0,5066	2,6423	3,6557

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.54, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Πίνακας 8.55: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 4 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	22	2,5000	4,2956	0,00	10,00	1,471 ($F < F_{22,100,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	36	0,9722	2,6239	0,00	10,00	
ΓΥΜΝ. 3	41	1,7073	3,2806	0,00	10,00	
ΣΥΝΟΛΟ	99	1,6162	3,3372	0,00	10,00	

Πίνακας 8.56: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 4 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	1,5278	1,1544	4,2099
		3,00	0,7927	1,8267	3,4120
LSD	1,00	2,00	1,5278	0,8342	3,8898
		3,00	0,7927	1,5141	3,0994
Bonferroni	1,00	2,00	1,5278	1,1779	4,2335
		3,00	0,7927	1,8497	3,4351

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.56, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Πίνακας 8.57: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 5 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	22	5,9091	5,0324	0,00	10,00	2,574 ($F < F_{22,100,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	36	3,7500	3,6596	0,00	10,00	
ΓΥΜΝ. 3	41	3,4878	4,2138	0,00	10,00	
ΣΥΝΟΛΟ	99	4,1212	4,2887	0,00	10,00	

Πίνακας 8.58: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 4 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	2,1591	1,1544	4,2099
		3,00	2,4213	1,8267	3,4120
LSD	1,00	2,00	2,1591	0,8342	3,8898
		3,00	2,4213*	1,5141	3,0994
Bonferroni	1,00	2,00	2,1591	1,1779	4,2335
		3,00	2,4213	1,8497	3,4351

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.58, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD (λιγότερο αυστηρό κριτήριο σε σχέση με το Tukey) υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 3 σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

Πίνακας 8.59: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 6 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	22	3,4545	4,2508	0,00	12,00	22,487 ($F > F_{22,100,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	36	0,1667	0,7368	0,00	4,00	
ΓΥΜΝ. 3	41	0,0732	0,4685	0,00	3,00	
ΣΥΝΟΛΟ	99	0,8586	2,4703	0,00	12,00	

Πίνακας 8.60: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 6 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	3,2879*	1,6246	4,9511
		3,00	3,3814*	1,7570	5,0057
LSD	1,00	2,00	3,2879*	1,8231	4,7526
		3,00	3,3814*	1,9509	4,8119
Bonferroni	1,00	2,00	3,2879*	1,6100	4,9658
		3,00	3,3814*	1,7427	5,0200

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.60, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των

τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο Tukey υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα υπόλοιπα δύο Γυμνάσια της έρευνας σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.61: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 7 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
GYMN. 1	22	3,4091	2,3837	0,00	5,00	0,613 ($F < F_{22,100,1\%}$)
GYMN. 2	36	3,8889	2,1082	0,00	5,00	
GYMN. 3	41	4,0244	2,0061	0,00	5,00	
ΣΥΝΟΛΟ	99	3,8384	2,1223	0,00	5,00	

Πίνακας 8.62: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 7 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	0,4798	2,2005	1,2409
		3,00	0,6153	2,2957	1,0651
LSD	1,00	2,00	0,4798	1,9951	1,0355
		3,00	0,6153	2,0952	0,8646
Bonferroni	1,00	2,00	0,4798	2,2156	1,2561
		3,00	0,6153	2,3105	1,0799

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.62, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Πίνακας 8.63: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 8 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
GYMN. 1	22	6,6818	6,5421	0,00	15,00	2,650 ($F < F_{22,100,1\%}$)
GYMN. 2	36	4,1111	3,6628	0,00	15,00	
GYMN. 3	41	4,0976	4,1581	0,00	15,00	
ΣΥΝΟΛΟ	99	4,6768	4,7096	0,00	15,00	

Πίνακας 8.64: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 8 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2007-2008)

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	2,5707	0,4135	5,5549
		3,00	2,5843	0,3301	5,4986
LSD	1,00	2,00	2,5707*	0,0824	5,0590
		3,00	2,5843*	0,1542	5,0143
Bonferroni	1,00	2,00	2,5707	0,4838	5,6252
		3,00	2,5843	0,3987	5,5673

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.64, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD (λιγότερο αυστηρό κριτήριο σε σχέση με το Tukey) υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα υπόλοιπα δύο Γυμνάσια της έρευνας σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

8.5. Στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο τελικό τεστ

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών των γυμνασίων της έρευνας συνολικά σε κάθε ερώτηση χωριστά στο τελικό (post test), υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA. Τα αποτελέσματα μελετήθηκαν στατιστικά με τη βοήθεια του στατιστικού υπολογιστικού προγράμματος SPSS 16.0 for Windows (να λαμβάνονται υπόψη μόνο τα πρώτα δύο δεκαδικά ψηφία).

Πίνακας 8.65: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 1 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	21	20,3429	2,9257	13,90	23,60	3,385 ($F < F_{22,100,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	27	17,4630	3,7106	9,70	25,00	
ΓΥΜΝ. 3	37	18,0757	4,6052	9,70	23,60	
ΣΥΝΟΛΟ	85	18,4412	4,0816	9,70	23,60	

Πίνακας 8.66: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 1 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	2,8799*	0,1224	5,6374
		3,00	2,2672	0,3222	4,8565
LSD	1,00	2,00	2,8799*	0,5818	5,1780
		3,00	2,2672*	0,1092	4,4251
Bonferroni	1,00	2,00	2,8799*	0,0564	5,7033
		3,00	2,2672	0,3841	4,9185

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.66, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο Tukey υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 2 σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$). Επίσης, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD (λιγότερο αυστηρό κριτήριο σε σχέση με το Tukey) υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με τα υπόλοιπα δύο Γυμνάσια της έρευνας σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

Πίνακας 8.67: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 2 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	21	8,0762	3,1129	0,00	10,00	4,360 ($F > F_{22,100,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	27	3,3778	3,9584	0,00	10,00	
ΓΥΜΝ. 3	37	4,9135	4,3353	0,00	10,00	
ΣΥΝΟΛΟ	85	6,1600	4,1024	0,00	10,00	

Πίνακας 8.68: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 2 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	1,6984	1,7433	5,1401
		3,00	3,1627**	0,0691	6,3945
LSD	1,00	2,00	1,6984	1,3305	4,7273
		3,00	3,1627*	0,3185	6,0069
Bonferroni	1,00	2,00	1,6984	1,7744	5,1712
		3,00	3,1627**	0,0983	6,4237

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

**Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.68, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο Tukey υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 3 σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$). Επίσης, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD (λιγότερο αυστηρό κριτήριο σε σχέση με το Tukey) υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 3 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Πίνακας 8.69: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 3 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	21	5,5714	3,2950	0,00	15,00	1,411 ($F < F_{22,100,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	27	3,3333	5,8835	0,00	15,00	
ΓΥΜΝ. 3	37	5,3784	5,9924	0,00	15,00	
ΣΥΝΟΛΟ	85	4,7765	5,4475	0,00	15,00	

Πίνακας 8.70: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 3 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	2,2381	2,4884	6,9645
		3,00	0,1930	4,2452	4,6313
LSD	1,00	2,00	2,2381	1,9215	6,3977
		3,00	0,1930	3,7129	4,0990
Bonferroni	1,00	2,00	2,2381	2,5311	7,0073
		3,00	0,1930	4,2853	4,6714

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.70, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Πίνακας 8.71: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 4 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	21	2,8571	2,5355	0,00	5,00	1,149 ($F < F_{22,100,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	27	3,7037	2,2329	0,00	5,00	
ΓΥΜΝ. 3	37	2,8378	2,5112	0,00	5,00	
ΣΥΝΟΛΟ	85	3,1176	2,4369	0,00	5,00	

Πίνακας 8.72: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 4 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	0,8466	2,9674	1,2743
		3,00	0,1931	1,9722	2,0108
LSD	1,00	2,00	0,8466	1,0199	1,0199
		3,00	0,1931	1,7720	1,7720
Bonferroni	1,00	2,00	0,8466	2,9866	1,2935
		3,00	0,1931	1,9902	2,0288

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.72, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Πίνακας 8.73: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 5 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	21	9,0476	3,0079	0,00	10,00	8,617 ($F > F_{22,100,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	27	3,7037	4,9210	0,00	10,00	
ΓΥΜΝ. 3	37	6,5405	4,7702	0,00	10,00	
ΣΥΝΟΛΟ	85	6,2588	4,8456	0,00	10,00	

Πίνακας 8.74: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 5 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	5,3439*	1,4570	9,2308
		3,00	2,5071	1,1428	6,1570
		2,00	2,8368**	6,2181	0,5445
LSD	1,00	2,00	5,3439*	1,9232	8,7646
		3,00	2,5071**	0,7050	5,7192
Bonferroni	1,00	2,00	5,3439*	1,4219	9,2660
		3,00	2,5071	1,1758	6,1900

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

**Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.74, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο Tukey υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 2 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$). Επίσης,

καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο Tukey υπέρ του Γυμνασίου 3 σε σχέση με το Γυμνάσιο 2 σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$). Τέλος, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD (λιγότερο αυστηρό κριτήριο σε σχέση με το Tukey) υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 2 και το Γυμνάσιο 3 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% & 5% αντίστοιχα ($p=0,01-0,05$).

Πίνακας 8.75: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 6 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
GYMN. 1	21	6,1429	6,9230	0,00	15,00	5,525 ($F > F_{22,100,1\%}$)
GYMN. 2	27	1,4444	3,7245	0,00	15,00	
GYMN. 3	37	2,9730	4,2784	0,00	13,00	
ΣΥΝΟΛΟ	85	3,2706	5,1695	0,00	15,00	

Πίνακας 8.76: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 6 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	4,6984*	1,2872	8,1096
		3,00	3,1699	0,0333	6,3731
LSD	1,00	2,00	4,6984*	1,8555	7,5413
		3,00	3,1699**	0,5003	5,8394
Bonferroni	1,00	2,00	4,6984*	1,2056	8,1912
		3,00	3,1699	0,1099	6,4497

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

**Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.76, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο Tukey υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 2 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$). Επίσης, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 2 και Γυμνάσιο 3 σε επίπεδο σημαντικότητας 1% & 5% αντίστοιχα ($p=0,01-0,05$).

Πίνακας 8.77: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 7 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	21	4,2857	1,7928	0,00	5,00	1,129 ($F < F_{22,100,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	27	3,3333	2,4019	0,00	5,00	
ΓΥΜΝ. 3	37	3,6486	2,2511	0,00	5,00	
ΣΥΝΟΛΟ	85	3,7059	2,2029	0,00	5,00	

Πίνακας 8.78: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 7 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	0,9524	0,9653	2,8701
		3,00	0,6371	1,1637	2,4378
LSD	1,00	2,00	0,9524	0,7353	2,6401
		3,00	0,6371	0,9477	2,2218
Bonferroni	1,00	2,00	0,9524	0,9827	2,8874
		3,00	0,6371	1,1800	2,4541

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.78, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Πίνακας 8.79: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA της ερώτησης 8 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
ΓΥΜΝ. 1	21	11,1429	5,7034	0,00	15,00	2,534 ($F < F_{22,100,1\%}$)
ΓΥΜΝ. 2	27	9,5556	6,6583	0,00	15,00	
ΓΥΜΝ. 3	37	7,2162	7,0519	0,00	15,00	
ΣΥΝΟΛΟ	85	8,9294	6,7397	0,00	15,00	

Πίνακας 8.80: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών της ερώτησης 8 των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	1,5873	3,0103	6,1849
		3,00	3,9266	0,3906	8,2439
LSD	1,00	2,00	1,5873	2,2443	5,4190
		3,00	3,9266*	0,3286	7,5246
Bonferroni	1,00	2,00	1,5873	3,1203	6,2949
		3,00	3,9266	0,4939	8,3471

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 8.80, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 3 σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

8.6. Συμπεράσματα

Από την στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά στο αρχικό και τελικό τεστ στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας κατά το σχολικό έτος 2006-2007, προκύπτουν τα εξής:

Οι επιδόσεις των μαθητών στις ερωτήσεις 1, 4, 7 δεν είναι στατιστικά σημαντικές, ενώ οι αντίστοιχες επιδόσεις στις ερωτήσεις 2, 3, 5, 6, 8 είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του τελικού τεστ (διδασκτική παρέμβαση μέσω του πειραματικού διδακτικού υλικού).

Από την στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά στο αρχικό και τελικό τεστ στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας κατά το σχολικό έτος 2007-2008, προκύπτουν τα ακόλουθα:

Σε αντίθεση με την πρώτη σχολική χρονιά διεξαγωγής της έρευνας, μόνο στην ερώτηση 7 δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Αντίθετα, στις υπόλοιπες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου εμφανίζονται επιδόσεις στατιστικά σημαντικές υπέρ του τελικού τεστ (διδασκτική παρέμβαση μέσω του πειραματικού διδακτικού υλικού).

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών των γυμνασίων της έρευνας συνολικά σε κάθε ερώτηση χωριστά στο αρχικό (pre test) για τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007&2007-2008) και στο τελικό τεστ (post test)

υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA. Προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Όσον αφορά στο αρχικό τεστ της σχολικής χρονιάς 2006-2007, στις ερωτήσεις 1, 3, 5, 8 οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 (Πειραματικό Γυμνάσιο) σε σχέση με τα άλλα δύο σχολεία. Στις ερωτήσεις 2, 4, 7 παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά υπέρ του Γυμνασίου 2 σε σχέση με το Γυμνάσιο 3. Τέλος, στην ερώτηση 6 δεν παρατηρείται καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στα σχολεία της έρευνας. Φαίνεται λοιπόν, ότι η ερώτηση 6 δυσκολεύει εξίσου τους μαθητές των τριών Γυμνασίων.

Στο αρχικό τεστ της σχολικής χρονιάς 2007-2008, έχουμε διαφοροποίηση σε σχέση με την προηγούμενη σχολική χρονιά. Εδώ στις ερωτήσεις 2, 3, 4, 7 δεν παρατηρείται καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στα σχολεία της έρευνας. Μόνο στις ερωτήσεις 6, 8 οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 (Πειραματικό Γυμνάσιο) σε σχέση με τα άλλα δύο σχολεία.. Φαίνεται λοιπόν, ότι, κατά το δεύτερο σχολικό έτος διεξαγωγής της έρευνας, οι μαθητές του Γυμνασίου 1 βελτιώνουν τις επιδόσεις τους στην αρκετά απαιτητική ερώτηση 6 σε σχέση με τα άλλα δύο σχολεία. Στην ερώτηση 5 οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 (Πειραματικό Γυμνάσιο) σε σχέση με το Γυμνάσιο 3, ενώ στην ερώτηση 1 οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 (Πειραματικό Γυμνάσιο) σε σχέση με το Γυμνάσιο 2.

Όσον αφορά στο τελικό τεστ, στις ερωτήσεις 1, 5, 6 οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 (Πειραματικό Γυμνάσιο) σε σχέση με τα άλλα δύο σχολεία. Στις ερωτήσεις 2, 8 παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 3. Στις ερωτήσεις 3, 4, 7 δεν παρατηρείται καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στα σχολεία της έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

9.1. Αναλυτική παρουσίαση και σχολιασμός αποτελεσμάτων στις επιμέρους ερωτήσεις στο αρχικό τεστ (pre test) και για τα δύο σχολικά έτη της έρευνας (2006-07 & 2007-08)

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων για κάθε μία ερώτηση χωριστά στο αρχικό τεστ (pre test) .Κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, οι απαντήσεις που δόθηκαν ή δε δόθηκαν κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- 1.Αποδεκτή απάντηση.
- 2.Εν μέρει αποδεκτή απάντηση.
- 3.Μη αποδεκτή απάντηση.
- 4.Δεν ξέρει-δεν απαντά.

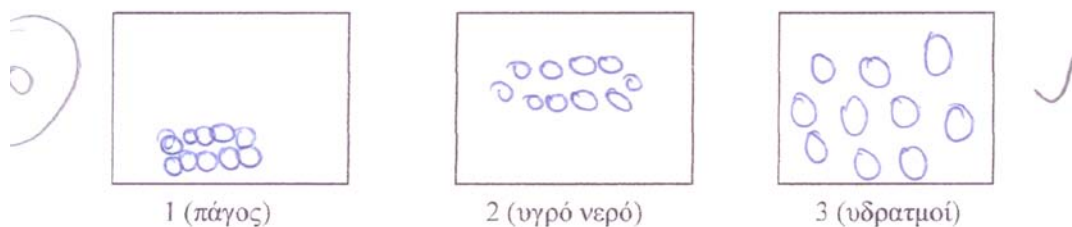
Επιπλέον, παρατίθενται χαρακτηριστικές απαντήσεις των μαθητών για κάθε ερώτηση χωριστά.

Πίνακας 9.1:Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ερώτησης 2 του ερωτηματολογίου για το pre test και για τα δύο σχολικά έτη (2006-07& 2007-08)

ΑΠΑΝΤΗΣΗ	ΣΧΟΛΕΙΟ (PRE TEST 2006-2007 & 2007-08)	
ΕΡ.2 (%)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 (N=44)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 (N=135)
1:ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	9 (20,5%)	12 (8,9%)
2:ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	24 (54,5%)	71 (52,6%)
3:ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	3 (6,8%)	42 (31,1%)
4:ΔΕΝ ΞΕΡΕΙ-ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ	8 (18,2%)	10 (7,4%)
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	44 (100%)	135 (100%)

Χαρακτηριστικές απαντήσεις και βασικά λάθη των μαθητών στην ερώτηση 2 στο pre test και στα δύο σχολικά έτη της έρευνας

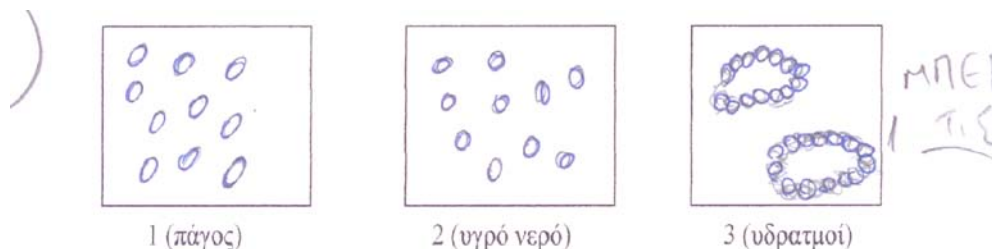
Αποδεκτή απάντηση:



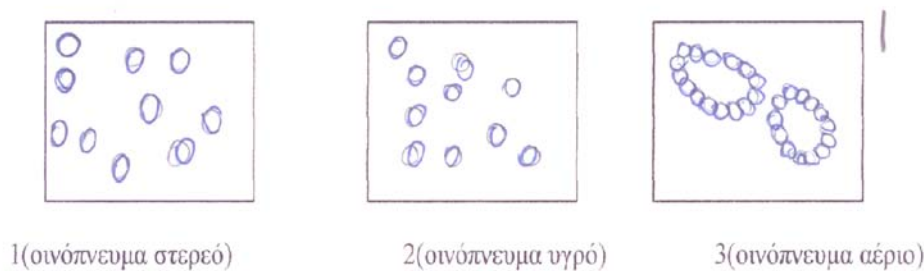
γ) Να κάνεις το ίδιο (χρησιμοποιώντας ξανά 10 κυκλάκια κάθε φορά) για τα μόρια του οινόπνευματος στην στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση σε τρία νέα κουτιά.



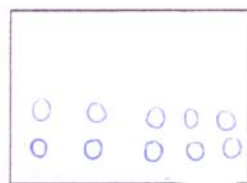
Εν μέρει αποδεκτή απάντηση: παρατηρούμε ότι ο μαθητής αυτός συγχέει τη δομή ανάμεσα στη στερεά και την αέρια κατάσταση.



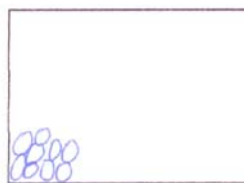
γ) Να κάνεις το ίδιο (χρησιμοποιώντας ξανά 10 κυκλάκια κάθε φορά) για τα μόρια του οινόπνευματος στην στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση σε τρία νέα κουτιά.



Εν μέρει αποδεκτή απάντηση: παρατηρούμε ότι ο μαθητής αυτός ενώ αναπαριστά σωστά τα μόρια του οιοπνεύματος με διαφορετικό κυκλάκι, συγχέει τη δομή ανάμεσα στη στερεά και υγρή κατάσταση.



1 (πάγος)



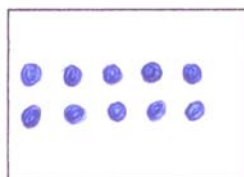
2 (υγρό νερό)



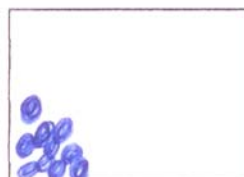
3 (υδρατμοί)

Σ-5
ΤΑ-5
ΚΑ-5
ΟΜΕΣ
ΤΗ ΔΟΜΗ

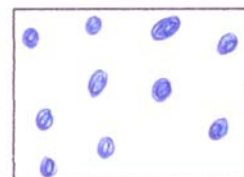
γ) Να κάνεις το ίδιο (χρησιμοποιώντας ξανά 10 κυκλάκια κάθε φορά) για τα μόρια του οιοπνεύματος στην στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση σε τρία νέα κουτιά.



1(οινόπνευμα στερεό)

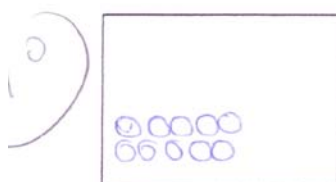


2(οινόπνευμα υγρό)

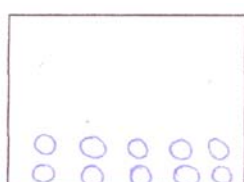


3(οινόπνευμα αέριο)

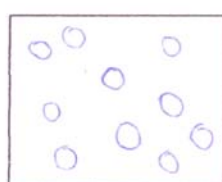
Εν μέρει αποδεκτή απάντηση: παρατηρούμε ότι ο μαθητής αυτός ενώ αναπαριστά σωστά τη διάταξη των μορίων στις τρεις καταστάσεις, αναπαριστά τα μόρια του οιοπνεύματος με ίδιο κυκλάκι και όχι με διαφορετικό.



1 (πάγος)



2 (υγρό νερό)

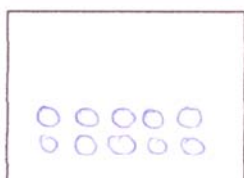


3 (υδρατμοί)

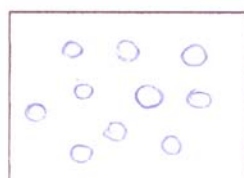
γ) Να κάνεις το ίδιο (χρησιμοποιώντας ξανά 10 κυκλάκια κάθε φορά) για τα μόρια του οιοπνεύματος στην στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση σε τρία νέα κουτιά.



1(οινόπνευμα στερεό)



2(οινόπνευμα υγρό)



3(οινόπνευμα αέριο)

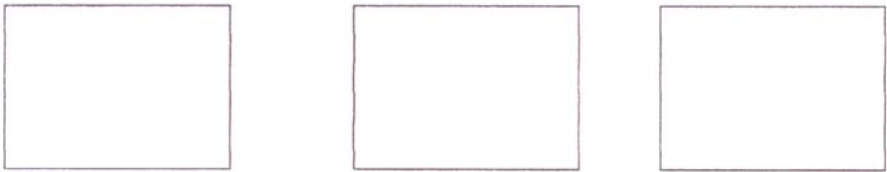
Εν μέρει αποδεκτή απάντηση: Ο μαθητής αναπαριστά σωστά μόνο τα μόρια του νερού.

4



1 (πάγος) 2 (υγρό νερό) 3 (υδρατμοί)

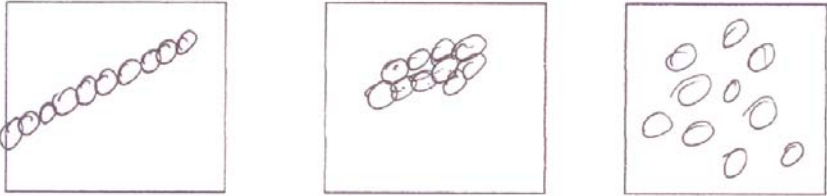
γ) Να κάνεις το ίδιο (χρησιμοποιώντας ξανά 10 κυκλάκια κάθε φορά) για τα μόρια του οινόπνευματος στην στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση σε τρία νέα κουτιά.



1(οινόπνευμα στερεό) 2(οινόπνευμα υγρό) 3(οινόπνευμα αέριο)

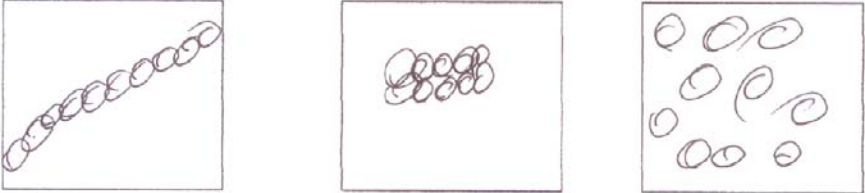
Μη αποδεκτή απάντηση: Ο μαθητής συγχέει τις τρεις δομές μεταξύ τους και αναπαριστά τα μόρια του νερού και του οινόπνευματος με τα ίδια κυκλάκια.

13



1 (πάγος) 2 (υγρό νερό) 3 (υδρατμοί)

γ) Να κάνεις το ίδιο (χρησιμοποιώντας ξανά 10 κυκλάκια κάθε φορά) για τα μόρια του οινόπνευματος στην στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση σε τρία νέα κουτιά.



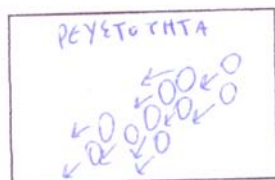
1(οινόπνευμα στερεό) 2(οινόπνευμα υγρό) 3(οινόπνευμα αέριο)

Πίνακας 9.2: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ερώτησης 4 του ερωτηματολογίου για το pre test και για τα δύο σχολικά έτη (2006-07 & 2007-08)

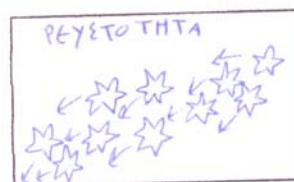
ΑΠΑΝΤΗΣΗ	ΣΧΟΛΕΙΟ (PRE TEST 2006-2007 & 2007-08)	
ΕΡ.4 (%)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 (N=44)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 (N=135)
1:ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	5 (11,4%)	10 (7,4%)
2:ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	14 (31,8%)	34 (25,2%)
3:ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	10 (22,7%)	67 (49,6%)
4:ΔΕΝ ΞΕΡΕΙ-ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ	15 (34,1%)	24 (17,8%)
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	44 (100%)	135 (100%)

Χαρακτηριστικές απαντήσεις και βασικά λάθη των μαθητών στην ερώτηση 4 στο pre test και στα δύο σχολικά έτη της έρευνας

Αποδεκτή απάντηση:

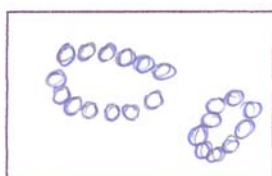


Νερό

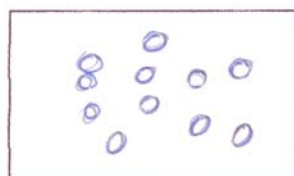


Οινόπνευμα

Μη αποδεκτή απάντηση: Ο μαθητής δεν χρησιμοποιεί αφενός διαφορετικά κυκλάκια για να αναπαραστήσει τα μόρια διαφορετικών ουσιών αλλά ίδια, αφετέρου αναπαριστά τα μόρια του νερού σαν να είναι αυτά στην στερεά κατάσταση, ενώ η εκφώνηση της ερώτησης διευκρινίζει ότι και οι δύο ουσίες είναι υγρές.

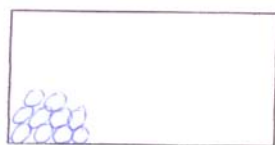


Νερό



Οινόπνευμα

Μη αποδεκτή απάντηση: Ο μαθητής αναπαριστά μεν τα μόρια του νερού και του οινοπνεύματος με διαφορετικά κυκλάκια, όμως η διάταξη των μορίων παραπέμπει σε ουσίες που βρίσκονται στην στερεά κατάσταση και όχι στην υγρή, όπως σαφώς διατυπώνεται στην εκφώνηση της ερώτησης.

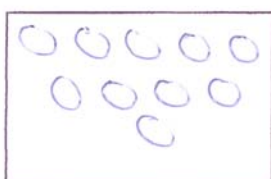


Νερό

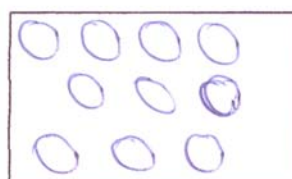


Οινόπνευμα

Μη αποδεκτή απάντηση: Ο μαθητής αναπαριστά μεν τα μόρια του νερού και του οινοπνεύματος με σωστή διάταξη των μορίων που παραπέμπει σε ουσίες που βρίσκονται στην υγρή κατάσταση, όμως χρησιμοποιεί τα ίδια κυκλάκια για να αναπαραστήσει μόρια διαφορετικών ουσιών.



Νερό



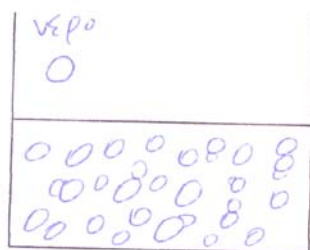
Οινόπνευμα

Πίνακας 9.3: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ερώτησης 8 του ερωτηματολογίου για το pre test και για τα δύο σχολικά έτη (2006-07 & 2007-08)

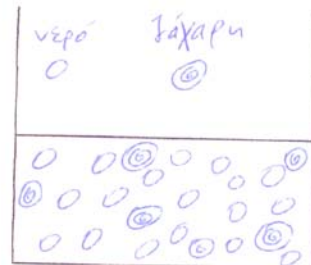
ΑΠΑΝΤΗΣΗ	ΣΧΟΛΕΙΟ (PRE TEST 2006-2007 & 2007-08)	
ΕΡ.8 (%)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 (N=44)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 (N=135)
1:ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	14 (31,8%)	12 (8,9%)
2:ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	18 (40,9%)	82 (60,7%)
3:ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	11 (25,0%)	32 (23,7%)
4:ΔΕΝ ΞΕΡΕΙ-ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ	1 (2,3%)	9 (6,7%)
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	44 (100%)	135 (100%)

Χαρακτηριστικές απαντήσεις και βασικά λάθη των μαθητών στην ερώτηση 8 στο pre test και στα δύο σχολικά έτη της έρευνας

Αποδεκτή απάντηση

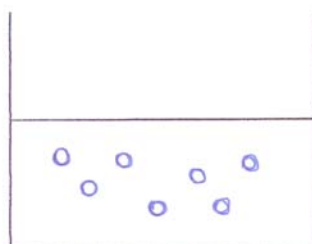


Νερό

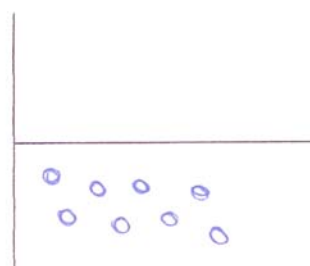


(Νερό + Ζάχαρη)

Μη αποδεκτή απάντηση: Ο μαθητής όπως διακρίνουμε στο παρακάτω σχήμα, αναπαριστά τα μόρια του νερού και του ζαχαρόνερου σαν να πρόκειται για την ίδια ουσία, σαν να μην είναι δηλαδή η ζάχαρη και το νερό δύο διαφορετικές ουσίες που πρέπει να αναπαρασταθούν με δύο διαφορετικά είδη μορίων.

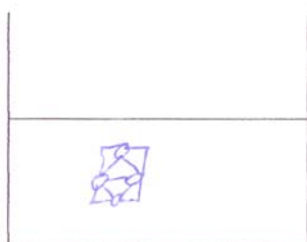


Νερό

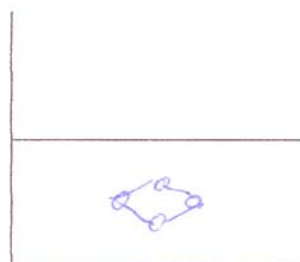


(Νερό + Ζάχαρη)

Μη αποδεκτή απάντηση: Ο μαθητής αναπαριστά το ζαχαρόνερο ακριβώς όπως και το νερό, σαν να πρόκειται δηλαδή για την ίδια ουσία. Επίσης, εντελώς λανθασμένα αναπαριστά το νερό όχι στην υγρή αλλά στην στερεά κατάσταση.



Νερό



(Νερό + Ζάχαρη)

Πίνακας 9.4: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ερώτησης 5 του ερωτηματολογίου για το pre test και για τα δύο σχολικά έτη (2006-07 & 2007-08)

ΑΠΑΝΤΗΣΗ	ΣΧΟΛΕΙΟ (PRE TEST 2006-2007 & 2007-08)	
ΕΡ.5 (%)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 (N=44)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 (N=135)
1:ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	28 (63,6%)	33 (24,4%)
2:ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ		26 (19,3%)
3:ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	8 (18,2%)	51 (37,8%)
4:ΔΕΝ ΞΕΡΕΙ-ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ	8 (18,2%)	25 (18,5%)
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	44 (100%)	135 (100%)

Χαρακτηριστικές απαντήσεις και βασικά λάθη των μαθητών στην ερώτηση 5 στο pre test και στα δύο σχολικά έτη της έρευνας

Αποδεκτή απάντηση

«Όχι δεν έχει δίκιο. Τα μόρια του νερού δεν θα σταματήσουν να κινούνται απλώς θα κινούνται με λιγότερη ταχύτητα».

Εν μέρει αποδεκτή απάντηση

«Δεν έχει δίκιο γιατί τα μόρια του νερού δεν θα σταματήσουν να κινούνται αλλά θα κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα».

Μη αποδεκτές απαντήσεις

«Η άποψη του φίλου μου είναι σωστή καθώς το νερό θα περάσει από την υγρή στη στερεά κατάσταση. Τα μόρια ενός στοιχείου που βρίσκονται στην υγρή φυσική κατάσταση παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη κινητικότητα από τα μόρια σε στερεά κατάσταση που δεν κινούνται καθόλου».

«Αν το νερό σταθεροποιηθεί, τότε τα μόρια που βρίσκονται μέσα του θα παγώσουν διότι δεν θα έχουν χώρο να κινηθούν».

«Δίκιο έχει επειδή όταν βάζουμε το νερό στην κατάψυξη το νερό παγώνει και τα μόρια δεν κινούνται».

«Έχει δίκιο γιατί η κίνηση των μορίων μεγαλώνει με την αύξηση της θερμοκρασίας. Έτσι όταν κατεβαίνει η θερμοκρασία τα μόρια κινούνται όλο και λιγότερο».

«Για να γίνει πάγος πρέπει τα μόριά του να μην κινούνται γιατί ο πάγος είναι σε στερεά κατάσταση».

Πίνακας 9.5: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ερώτησης 6 του ερωτηματολογίου για το pre test και για τα δύο σχολικά έτη (2006-07 & 2007-08)

ΑΠΑΝΤΗΣΗ	ΣΧΟΛΕΙΟ (PRE TEST 2006-2007 & 2007-08)	
ΕΡ.6 (%)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 (N=44)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 (N=135)
1:ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ		
2:ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	14 (31,8%)	9 (6,7%)
3:ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	24 (54,5%)	79 (58,5%)
4:ΔΕΝ ΞΕΡΕΙ-ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ	6 (13,6%)	47 (34,8%)
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	44 (100%)	135 (100%)

Χαρακτηριστικές απαντήσεις και βασικά λάθη των μαθητών στην ερώτηση 6 στο pre test και στα δύο σχολικά έτη της έρευνας

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις:

«Δεν μπορώ γιατί τα μόρια του νερού συμπυκνώνονται τόσο που δεν μπορείς να τα πιέσεις άλλο».

«Τα υγρά όπως γνωρίζουμε δεν συμπιέζονται».

«Μέσα στο νερό υπάρχουν πολλά μόρια πολύ κοντά μεταξύ τους».

«Γιατί ανάμεσα στα μόρια δεν υπάρχει κενός χώρος και δεν μπορούν να κινηθούν».

Μη αποδεκτές απαντήσεις:

«Τα μόρια του αέρα έχουν συμπιεστεί. Και το νερό δεν μπορεί να συμπιεστεί».

«Τα μόρια του νερού δεν μπορούν να συμπιεστούν, δεδομένου ότι τα έχουμε αποκλείσει από τα μόρια του αέρα».

«Δεν μπορώ διότι αν κλείσω το ανοιχτό άκρο με το δάχτυλό μου τότε δεν θα υπάρχει οξυγόνο και τα μόρια θα συμπιεστούν έτσι ώστε να μην μπορούν να βγουν από τη σύριγγα».

«Δεν υπάρχει αέρας μέσα στη σύριγγα που τα μόριά του κινούνται γρήγορα, ώστε με τον αέρα να πιέσουμε το νερό να βγει έξω».

«Δεν μπορεί να βγει το νερό από τη σύριγγα γιατί τα μόρια δεν μπορούν να απελευθερωθούν».

«Το έμβολο δεν πιέζεται λόγω της αυξημένης δυναμικής ενέργειας που προήλθε από την κινητική όταν συγκρούστηκαν τα μόρια του νερού με τα μόρια του δαχτύλου».

«Γιατί μέσα στη σύριγγα εκτός από το νερό υπάρχει και αέρας. Έτσι τα μόρια του νερού όταν θα συμπιέζουμε θα αντιστέκονται στα μόρια του αέρα».

«Δεν μπορούμε λόγω του όγκου του νερού».

«Δεν μπορείς γιατί υπάρχει από πριν νερό και έτσι υπάρχει μεγαλύτερη πίεση».

«Τα μόρια του δαχτύλου μας είναι πολύ κοντά μεταξύ τους οπότε τα μόρια του νερού δεν χωρούν να περάσουν».

«Γιατί κλείνοντας το ανοιχτό άκρο δεν υπάρχει κενός χώρος για να κυλήσει το νερό».

«Δεν μπορώ γιατί με εμποδίζει το δάχτυλο για να βγουν».

«Δεν μπορούμε γιατί τα μόρια ασκούν ίση και αντίθετη δύναμη στο χέρι μας σε σχέση με αυτή που ασκούμε εμείς».

«Γιατί δεν μας αφήνουν τα μόρια».

«Έχει εγκλωβιστεί αέρας μέσα στη σύριγγα και δεν ελευθερώνεται γιατί έχουμε το δάχτυλό μας μπροστά».

«Γιατί δεν έχει πού να πάει το νερό».

«Τα μόρια του αέρα που περιέχει η σύριγγα τραβάνε προς τα μέσα το δέρμα από το δάχτυλό σου».

Πίνακας 9.6: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ερώτησης 7 του ερωτηματολογίου για το pre test και για τα δύο σχολικά έτη (2006-07 & 2007-08)

ΑΠΑΝΤΗΣΗ	ΣΧΟΛΕΙΟ (PRE TEST 2006-2007 & 2007-08)	
ΕΡ.7 (%)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 (N=44)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 (N=135)
1:ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	31 (70,4%)	99 (73,3%)
2:ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ		
3:ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	12 (27,3%)	25 (18,5%)
4:ΔΕΝ ΞΕΡΕΙ-ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ	1 (2,3%)	11 (8,2%)
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	44 (100%)	135 (100%)

Χαρακτηριστικές απαντήσεις και βασικά λάθη των μαθητών στην ερώτηση 7 στο pre test και στα δύο σχολικά έτη της έρευνας

Αποδεκτή απάντηση:

«Ο τρίτος: Διαφωνώ. Πιστεύω ότι τα ίδια μόρια δεν αλλάζουν ούτε σχήμα ούτε μέγεθος. Η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί τα μόρια του μετάλλου κινούνταν γρηγορότερα.»

Μη αποδεκτή απάντηση:

«Ο δεύτερος: Εγώ πιστεύω υποστηρίζει ότι η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί προστέθηκαν μόρια θερμότητας σ' αυτήν.»

«Ο πρώτος: Πιστεύω ότι η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί η θερμότητα έκανε τα μόρια του μετάλλου να διασταλούν (να μεγαλώσουν).»

Πίνακας 9.7: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ερώτησης 3 του ερωτηματολογίου για το pre test και για τα δύο σχολικά έτη (2006-07 & 2007-08)

ΑΠΑΝΤΗΣΗ	ΣΧΟΛΕΙΟ (PRE TEST 2006-2007 & 2007-08)	
ΕΡ.3 (%)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 (N=44)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 (N=135)
1:ΣΩΣΤΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ	1(2,3%)	6 (4,4%)
2:ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΣΩΣΤΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ	26 (59,1%)	41 (30,4%)
3:ΑΣΧΕΤΗ-ΛΑΘΟΣ ΑΠΑΝΤΗΣΗ	8 (18,2%)	37 (27,4%)
4:ΔΕΝ ΞΕΡΕΙ-ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ	9 (20,4%)	51 (37,8%)
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	44 (100%)	135 (100%)

Χαρακτηριστικές απαντήσεις και βασικά λάθη των μαθητών στην ερώτηση 3 στο pre test και στα δύο σχολικά έτη της έρευνας

Αποδεκτή απάντηση

«Το γυαλί έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό γι αυτό δεν επιπλέει στην επιφάνεια της λίμνης. Τα μόρια του νερού είναι διαφορετικά από τα μόρια του γυαλιού γιατί είναι διαφορετικές ουσίες».

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις:

«Τα κομμάτια αυτά δεν θα μπορούσαν να αποτελούνται από γυαλί καθώς εξαιτίας της πυκνότητάς του το γυαλί βυθίζεται στο νερό ενώ ο πάγος όχι».

«Επειδή τα μόρια του πάγου έχουν μικρότερη πυκνότητα (επομένως και μάζα) επιπλέουν ενώ του γυαλιού έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα (και μάζα) και βυθίζονται».

«Ο πάγος έχει μικρότερη πυκνότητα από το γυαλί άρα επιπλέει. Τα μόρια του νερού είναι πιο αραιά άρα επιπλέει ενώ ο πάγος όχι».

«Προφανώς η λίμνη στην αρχή είχε παγώσει και στη συνέχεια έσπασε ο πάγος γιατί θα είχε ανέβει η θερμοκρασία και κάποια από τα κομμάτια δεν είχαν λιώσει και επέπλεαν στη λίμνη. Εξάλλου το νερό δεν θα μπορούσε να είναι γυαλί».

Μη αποδεκτές απαντήσεις:

«Τα διάφανα κομμάτια πάγου είναι νερό αλλά δεν θα μπορούσαν να είναι γυαλί επειδή αν ήταν γυαλί τότε θα βυθιζόταν και επειδή το νερό έχει μεγαλύτερη πυκνότητα».

«Δεν θα μπορούσε να είναι γυαλί γιατί στη λίμνη υπάρχει νερό το οποίο πάγωσε. Τα μόρια του νερού σε αυτή την περίπτωση παγώνουν και σταματούν να κινούνται γιατί ψύχονται».

«Πιθανώς να αντανakλούσε ο ήλιος πάνω στα κομμάτια πάγου και η λεία του επιφάνεια να έμοιαζε με γυαλί».

«Ο ήλιος έλιωσε κομμάτια παγωμένης επιφάνειας κι έτσι σχηματίστηκαν αυτά τα διάφανα κομμάτια πάγου».

«Τα κομμάτια αυτά είναι νερό επειδή έχουν μεγάλη πυκνότητα».

«Γιατί έχουν παγώσει και έχουν γίνει από νερό και στον πάγο αντέχει ενώ στη ζέστη θα λιώσει».

«Γιατί είναι νερό η λίμνη και όχι καθρέφτης».

«Γιατί όταν το νερό παγώνει μοιάζει σαν γυαλί».

«Δεν θα μπορούσε να είναι γυαλί γιατί τα μόρια του νερού μετατρέπονται σε μόρια πάγου».

«Το νερό παγώνει και γίνεται σαν γυαλί γιατί από το κρύο πήζει πάρα πολύ και έτσι αλλάζει».

«Τα μόρια του νερού είναι μικρά, άρα δεν θα μπορούσε να είναι γυαλί γιατί τα μόρια του γυαλιού είναι μεγάλα».

«Όταν το νερό παγώνει γίνεται πάγος και σιγά σιγά διασπάται γιατί είναι διαφορετικά μόρια».

Παρατηρήσεις-Σχόλια:

Συμπερασματικά, όσον αφορά στις απαντήσεις των μαθητών στις επιμέρους ερωτήσεις του ερωτηματολογίου στο pre test και στα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας,, παρατηρούμε ανά ερώτηση τα εξής:

- Στην ερώτηση 2, αρκετοί μαθητές κάνουν το λάθος να μην αναπαριστούν τα μόρια του νερού και του οινόπνεύματος με διαφορετικά κυκλάκια, μιας και πρόκειται για διαφορετικές ουσίες, αλλά με ίδια. Επίσης, συγχέουν τη διάταξη των μορίων στις τρεις καταστάσεις, ακόμα και αν σωστά αναπαριστούν τα μόρια του νερού και του οινόπνεύματος με διαφορετικά κυκλάκια. Διαφαίνεται, ότι, οι μαθητές δυσκολεύονται ιδιαίτερα όταν τους ζητείται να αναπαριστούν μόρια-διάταξη μορίων.
- Στην ερώτηση 3, υπάρχουν κάποιοι μαθητές που απαντούν σωστά, όμως η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών δείχνει να μην μπορεί να ερμηνεύσει μικροσκοπικά (με βάση τα μόρια) το φαινόμενο της μετατροπής του νερού σε πάγο. Ακόμα και αυτοί οι μαθητές που επιχειρούν να προσεγγίσουν το φαινόμενο μακροσκοπικά όπως τους ζητείται εξάλλου, σε κάποιες περιπτώσεις συγχέουν τις πυκνότητες του νερού και του γυαλιού. Παραταύτα, διαφαίνεται ότι προσεγγίζουν την απάντηση μακροσκοπικά, αποτελεσματικότερα σε σχέση με την μικροσκοπική.
- Στην ερώτηση 4 υπάρχουν κάποιοι μαθητές που απαντούν σωστά. Η ερώτηση 4 ουσιαστικά είναι μια παραλλαγή της ερώτησης 2 και οι μαθητές εξακολουθούν να δυσκολεύονται με τις αναπαραστάσεις μορίων διαφορετικών ουσιών. Είτε αναπαριστούν τα μόρια των δύο ουσιών με το ίδιο κυκλάκι σαν να πρόκειται για την ίδια ουσία, είτε αναπαριστούν τις δύο ουσίες σε άλλη κατάσταση, μολονότι χρησιμοποιούν διαφορετικά κυκλάκια.
- Στην ερώτηση 5, οι μαθητές λανθασμένα θεωρούν ότι τα μόρια του νερού σταματούν να κινούνται όταν αυτό παγώνει, ενώ μια ομάδα μαθητών θεωρεί ότι όταν το νερό παγώνει, τα μόριά του δεν σταματούν μεν να κινούνται, αλλά κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα.

- Στην ερώτηση 6, που δείχνει να δυσκολεύει τους μαθητές περισσότερο από κάθε άλλη, οι μαθητές έχουν σημαντικές δυσκολίες να κατανοήσουν επιστημονικά θέματα όπως τη διάταξη, την κίνηση των μορίων στην υγρή κατάσταση και τις ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων στην υγρή κατάσταση.
- Στην ερώτηση 7, αρκετοί μαθητές απαντούν σωστά. Πρέπει βεβαίως να επισημανθεί, ότι, ο τρόπος εκφώνησης της ερώτησης (τρεις διαφορετικές επιλογές), ενδεχομένως διευκολύνει τους μαθητές να προσεγγίσουν τη σωστή απάντηση. Υπάρχουν όμως μαθητές που δυσκολεύτηκαν στην ερώτηση αυτή, θεωρώντας κυρίως ότι στη μεταλλική σφαίρα προστίθενται μόρια θερμότητας, γι αυτό διαστέλλεται.
- Στην ερώτηση 8, οι μαθητές δεν κατανοούν σε αρκετά σημαντικό ποσοστό ότι παρόλο που η ζάχαρη διαλύεται εντελώς στο νερό, δεν παύει να υπάρχει μέσα σε αυτό. Κατά συνέπεια, αναπαριστούν τα μόρια του ζαχαρόνερου σαν να πρόκειται ουσιαστικά εκ νέου για νερό και όχι για ομογενές μείγμα αποτελούμενο από δύο διαφορετικές ουσίες.

9.2. Αναλυτική παρουσίαση και σχολιασμός αποτελεσμάτων στις επιμέρους ερωτήσεις στο τελικό τεστ (post test)

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων για κάθε μία ερώτηση χωριστά στο τελικό τεστ (post test). Κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, οι απαντήσεις που δόθηκαν ή δε δόθηκαν κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες:

1. Αποδεκτή απάντηση.
2. Εν μέρει αποδεκτή απάντηση.
3. Μη αποδεκτή απάντηση.
4. Δεν ξέρει-δεν απαντά.

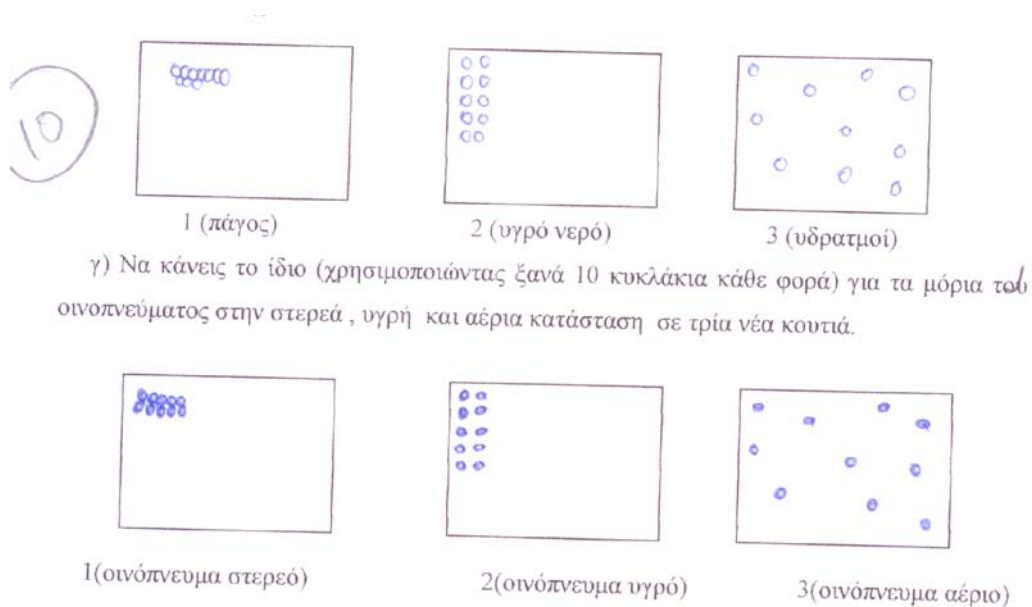
Επιπλέον, παρατίθενται χαρακτηριστικές απαντήσεις των μαθητών για κάθε ερώτηση χωριστά.

Πίνακας 9.8: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ερώτησης 2 του ερωτηματολογίου για το post test

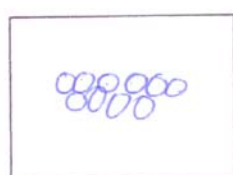
ΑΠΑΝΤΗΣΗ	ΣΧΟΛΕΙΟ (POST TEST)		
ΕΡ.2 (%)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 (N=21)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 (N=64)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 & 4 (N=77)
1:ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	13 (61,9%)	26 (40,6%)	29 (37,7%)
2:ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	8 (38,1%)	23 (35,9%)	32 (41,6%)
3:ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ		9 (14,1%)	9 (11,7%)
4:ΔΕΝ ΞΕΡΕΙ- ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ		6 (9,4%)	7 (9,0%)
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	21 (100%)	64 (100%)	77 (100%)

Χαρακτηριστικές απαντήσεις και βασικά λάθη των μαθητών στην ερώτηση 2 στο post test

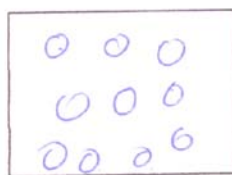
Αποδεκτή απάντηση



Μη αποδεκτή απάντηση: Ο μαθητής συγχέει τις τρεις δομές μεταξύ τους και αναπαριστά τα μόρια του νερού και του οινόπνευματος με τα ίδια κυκλάκια.



1 (πάγος)



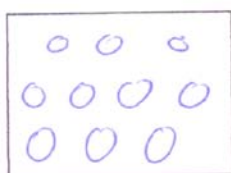
2 (υγρό νερό)



3 (υδρατμοί)

μη ξεχωρίζει
τις 3

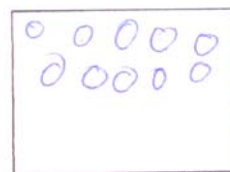
γ) Να κάνεις το ίδιο (χρησιμοποιώντας ξανά 10 κυκλάκια κάθε φορά) για τα μόρια του οινόπνευματος στην στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση σε τρία νέα κουτιά.



1(οινόπνευμα στερεό)



2(οινόπνευμα υγρό)



3(οινόπνευμα αέριο)

X

Μη αποδεκτή απάντηση: Ο μαθητής συγχέει τις τρεις δομές μεταξύ τους, αν και αναπαριστά σωστά τα μόρια του νερού και του οινόπνευματος με διαφορετικά κυκλάκια.

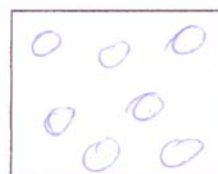
5)



1 (πάγος)



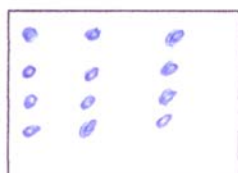
2 (υγρό νερό)



3 (υδρατμοί)

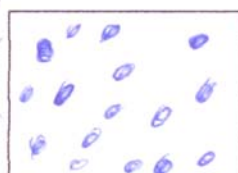
13

γ) Να κάνεις το ίδιο (χρησιμοποιώντας ξανά 10 κυκλάκια κάθε φορά) για τα μόρια του οινόπνευματος στην στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση σε τρία νέα κουτιά.

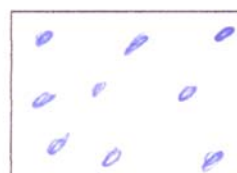


1(οινόπνευμα στερεό)

μη ξεχωρίζει
δομής
στην
στερεά
και
υγρή κατάσταση



2(οινόπνευμα υγρό)



3(οινόπνευμα αέριο)

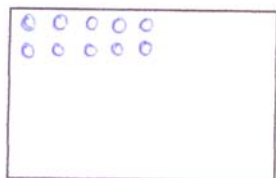
13

Πίνακας 9.9: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ερώτησης 4 του ερωτηματολογίου για το post test

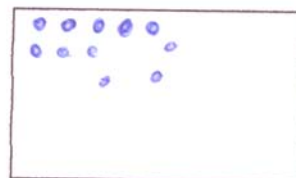
ΑΠΑΝΤΗΣΗ	ΣΧΟΛΕΙΟ (POST TEST)		
ΕΡ.4 (%)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 (N=21)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 (N=64)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 & 4 (N=77)
1:ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ		30 (46,9%)	30 (38,9%)
2:ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	16 (76,2%)	11 (17,2%)	16 (20,8%)
3:ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	5 (23,8%)	12 (18,8%)	17 (22,1%)
4:ΔΕΝ ΞΕΡΕΙ- ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ		11 (17,1%)	14 (18,2%)
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	21 (100%)	64 (100%)	77 (100%)

Χαρακτηριστικές απαντήσεις και βασικά λάθη των μαθητών στην ερώτηση 4 στο post test

Αποδεκτή απάντηση:

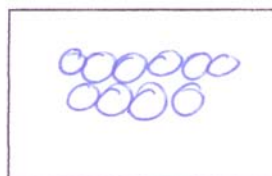


Νερό

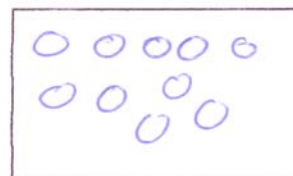


Οινόπνευμα

Μη αποδεκτή απάντηση: Ο μαθητής αναπαριστά τα μόρια του νερού και του οινοπνεύματος με το ίδιο κυκλάκι, σαν να πρόκειται δηλαδή για την ίδια ουσία. Επιπλέον, τα μόρια του νερού τα αναπαριστά λανθασμένα στην στερεά κατάσταση.

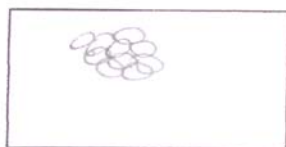


Νερό



Οινόπνευμα

Μη αποδεκτή απάντηση: Ο μαθητής αν και αναπαριστά τα μόρια του νερού και του οινόπνευματος με διαφορετικά κυκλάκια, η διάταξη των μορίων ανταποκρίνεται στην στερεά και όχι στην υγρή κατάσταση, όπως υπαγορεύει η εκφώνηση της ερώτησης.



Νερό



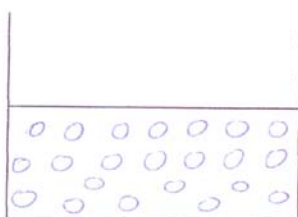
Οινόπνευμα

Πίνακας 9.10: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ερώτησης 8 του ερωτηματολογίου για το post test

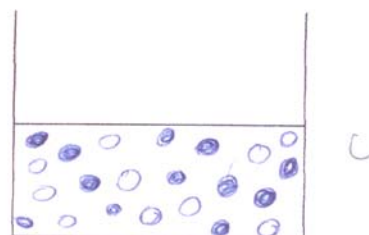
ΑΠΑΝΤΗΣΗ	ΣΧΟΛΕΙΟ (POST TEST)		
	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 (N=21)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 (N=64)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 & 4 (N=77)
1:ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	13 (61,9%)	29 (45,3%)	31 (40,3%)
2:ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ		20 (31,3%)	27 (35,1%)
3:ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	7 (33,3%)	9 (14,1%)	9 (11,7%)
4:ΔΕΝ ΞΕΡΕΙ- ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ	1 (4,8%)	6 (9,3%)	10 (13,0%)
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	21 (100%)	64 (100%)	77 (100%)

Χαρακτηριστικές απαντήσεις και βασικά λάθη των μαθητών στην ερώτηση 8 στο post test

Αποδεκτή απάντηση:

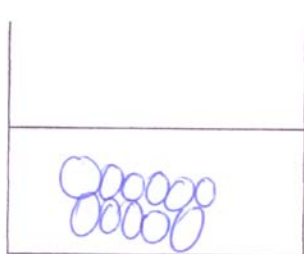


Νερό

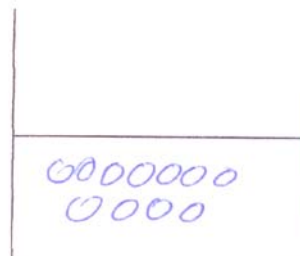


(Νερό + Ζάχαρη)

Μη αποδεκτή απάντηση: Ο μαθητής αναπαριστά το ζαχαρόνερο ακριβώς όπως και το νερό, σαν να πρόκειται δηλαδή για την ίδια ουσία. Θεωρεί δηλαδή, ότι, με την πλήρη διάλυση της ζάχαρης στο νερό δεν προκύπτει ομογενές μείγμα αποτελούμενο από δύο διαφορετικές ουσίες, αλλά μία μόνο ουσία, ουσιαστικά το νερό.

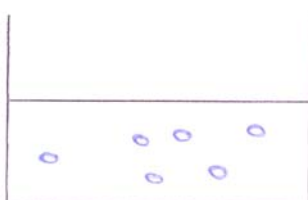


Νερό

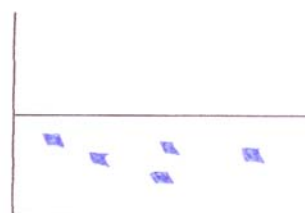


(Νερό + Ζάχαρη)

Μη αποδεκτή απάντηση: Ο μαθητής αναπαριστά το ζαχαρόνερο με διαφορετικό κυκλάκι σε σχέση με το νερό, θεωρεί όμως, ότι, με την πλήρη διάλυση της ζάχαρης στο νερό δεν προκύπτει ομογενές μείγμα αποτελούμενο από δύο διαφορετικές ουσίες, αλλά μία μόνο ουσία, διαφορετική σε σχέση με το νερό.



Νερό



(Νερό + Ζάχαρη)

Πίνακας 9.11: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ερώτησης 5 του ερωτηματολογίου για το post test

ΑΠΑΝΤΗΣΗ	ΣΧΟΛΕΙΟ (POST TEST)		
ΕΡ.5 (%)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 (N=21)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 (N=64)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 & 4 (N=77)
1:ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	19 (90,5%)	34 (53,1%)	39 (50,6%)
2:ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ		9 (14,1%)	11 (14,3%)
3:ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	2 (9,5%)	11 (17,2%)	12 (15,6%)
4:ΔΕΝ ΞΕΡΕΙ- ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ		10 (15,6%)	15 (19,5%)
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	21 (100%)	64 (100%)	77 (100%)

Χαρακτηριστικές απαντήσεις και βασικά λάθη των μαθητών στην ερώτηση 5 στο post test

Αποδεκτή απάντηση:

«Τα μόρια δεν σταματούν να κινούνται, απλά κινούνται πιο αργά».

Εν μέρει αποδεκτή απάντηση:

«Τα μόρια θα συνεχίσουν να κινούνται αλλά όταν παγώσουν θα αυξηθεί λίγο η ταχύτητά τους».

Μη αποδεκτές απαντήσεις:

«Το νερό ανάμεσα στα υγρά αποτελεί εξαίρεση όταν αυτό ψύχεται από τους 00C στους 40C. Άρα αν το νερό το αφήσουμε στην κατάψυξη και η θερμοκρασία περάσει τους 40C, τότε τα μόρια του νερού θα σταματήσουν να κινούνται».

«Αν το νερό παγώσει τα μόρια θα σταματήσουν να κινούνται».

«Ναι γιατί θα γίνει στερεή επιφάνεια και τα μόρια θα σταματήσουν να κινούνται».

«Το νερό θα παγώσει και έτσι θα γίνει στερεό».

Πίνακας 9.12: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ερώτησης 6 του ερωτηματολογίου για το post test

ΑΠΑΝΤΗΣΗ	ΣΧΟΛΕΙΟ (POST TEST)		
ΕΡ.6 (%)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 (N=21)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 (N=64)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 & 4 (N=77)
1:ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	6 (28,6%)	1 (1,6%)	4 (5,2%)
2:ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	13 (61,9%)	24 (37,5%)	30 (39,0%)
3:ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	2 (9,5%)	17 (26,6%)	18 (23,4%)
4:ΔΕΝ ΞΕΡΕΙ-ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ		22 (34,3%)	25 (32,4%)
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	21 (100%)	64 (100%)	77 (100%)

Χαρακτηριστικές απαντήσεις και βασικά λάθη των μαθητών στην ερώτηση 6 στο post test

Αποδεκτές απαντήσεις:

«Γιατί ανάμεσα στα μόρια του υγρού δεν υπάρχει αρκετός χώρος και οι δυνάμεις μεταξύ τους είναι ασθενέστερες σε σχέση με τα στερεά και ισχυρότερες σε σχέση με τα αέρια που συμπιέζονται εύκολα».

«Τα αέρια συμπιέζονται διότι τα μόρια των αερίων είναι πολύ μακριά το ένα από το άλλο ενώ μεταξύ τους υπάρχει πολύς κενός χώρος. Οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων είναι ασθενέστερες σε σχέση με τα στερεά και υγρά. Στα υγρά οι αποστάσεις μεταξύ των μορίων είναι μικρότερες και οι ελκτικές δυνάμεις είναι πιο ισχυρές. Γι αυτό δεν μπορούμε να συμπίεσουμε το νερό μέσα στη σύριγγα ».

Εν μέρει αποδεκτή απάντηση:

«Τα υγρά είναι ασυμπίεστα».

Μη αποδεκτές απαντήσεις:

«Δεν μπορώ γιατί τα μόρια του νερού συγκρούονται με τα μόρια του δαχτύλου μου και η κινητική ενέργεια μεταφέρεται από τα πρώτα στα δεύτερα κι έτσι δεν μπορώ να συμπίεσω το νερό μέσα στη σύριγγα».

«Γιατί ανάμεσα στη σύριγγα με νερό υπάρχει αέρας κι έτσι αντιμετωπίζουμε δυσκολία».

«Γιατί δεν υπάρχει διέξοδος του αέρα και υπάρχει πίεση».

«Δεν μπορώ διότι το χέρι μας είναι στερεό με πιο πυκνά και συμπαγή μόρια δεν μπορεί να διαπεραστεί από τα μόρια του νερού που είναι υγρά, λιγότερο πυκνά και συμπαγή μόρια, έτσι δεν γίνεται να πατήσουμε το έμβολο».

«Γιατί τα μόρια δεν βρίσκουν φυγή και επιστρέφουν πίσω και δεν μπορώ να ρίξω το νερό της σύριγγας».

«Τα μόρια του αέρα μέσα στη σύριγγα πηγαίνουν σε αντίθετες θέσεις και απωθούν το έμβολο προς τα έξω».

«Τα μόρια του αέρα συμπιέζονται για να βγει ο αέρας από μέσα και σπρώχνει και γι αυτό δεν μπορούμε να κλείσουμε τη σύριγγα».

«Εμποδίζω τη ροή του νερού προς τα έξω και το νερό μπαίνει μέσα».

Πίνακας 9.13: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ερώτησης 7 του ερωτηματολογίου για το post test

ΑΠΑΝΤΗΣΗ	ΣΧΟΛΕΙΟ (POST TEST)		
ΕΡ.7 (%)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 (N=21)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 (N=64)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 & 4 (N=77)
1:ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	20 (95,2%)	61 (95,3%)	65 (84,4%)
2:ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ			
3:ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	1 (4,8%)	2 (3,1%)	6 (7,8%)
4:ΔΕΝ ΞΕΡΕΙ-ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ		1 (1,6%)	6 (7,8%)
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	21 (100%)	64 (100%)	77 (100%)

Χαρακτηριστικές απαντήσεις και βασικά λάθη των μαθητών στην ερώτηση 7 στο post test

Αποδεκτή απάντηση:

Ο τρίτος: Διαφωνώ. Πιστεύω ό π τα ίδια μόρια δεν αλλάζουν ούτε σχήμα ούτε μέγεθος Η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί τα μόρια του μετάλλου κινούνταν γρηγορότερα.

Μη αποδεκτή απάντηση:

Ο πρώτος: Πιστεύω ότι η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί η θερμότητα έκανε τα μόρια του μετάλλου να διασταλούν (να μεγαλώσουν).

Πίνακας 9.14: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ερώτησης 3 του ερωτηματολογίου για το post test

ΑΠΑΝΤΗΣΗ	ΣΧΟΛΕΙΟ (POST TEST)		
ΕΡ.3 (%)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 1 (N=21)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 (N=64)	ΓΥΜΝΑΣΙΟ 2 & 3 & 4 (N=77)
1:ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	13 (61,9%)	26 (40,6%)	29 (37,%)
2:ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	8 (38,1%)	23 (35,9%)	32 (41,6%)
3:ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ		9 (14,1%)	9 (11,7%)
4:ΔΕΝ ΞΕΡΕΙ-ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΑ		6 (9,4%)	7 (9,0%)
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	21 (100%)	64 (100%)	77 (100%)

Χαρακτηριστικές απαντήσεις και βασικά λάθη των μαθητών στην ερώτηση 3 στο post test

Αποδεκτές απαντήσεις:

«Τα κομμάτια αυτά δεν θα μπορούσαν να είναι γυαλί γιατί το γυαλί έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό, άρα βουλιάζει σε αυτό. Επίσης τα μόρια του νερού έχουν διαφορετική σύσταση από αυτά του γυαλιού άρα δεν μπορεί να είναι γυαλί».

«Τα κομμάτια αυτά δεν είναι γυαλί γιατί το γυαλί έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό, δηλαδή βουλιάζει στο νερό. Τα μόρια του νερού δεν μπορούν να αλλάξουν και να γίνουν μόρια γυαλιού ».

«Δεν θα μπορούσε να είναι γυαλί γιατί θα βρίσκονταν στον πάτο της λίμνης, αφού έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό». (Κατόπιν ο μαθητής αναπαριστά τα μόρια του νερού και του γυαλιού με διαφορετικά κυκλάκια καταδεικνύοντας έτσι ότι τα μόρια νερού και γυαλιού είναι διαφορετικά).

Εν μέρει Αποδεκτές απαντήσεις:

«Δεν είναι γυαλί γιατί το νερό όταν ψυχθεί μετατρέπεται σε πάγο δηλαδή τα μόρια του νερού πλησιάζει το ένα στο άλλο και οι μεταξύ τους δυνάμεις είναι ελκτικές».

«Τα κομμάτια αυτά δεν θα μπορούσαν να είναι γυαλί γιατί το γυαλί έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό, άρα βουλιάζει σε αυτό».

«Τα μόρια του νερού δεν γίνεται να μετατραπούν σε μόρια γυαλιού».

«Με την αλλαγή φυσικής κατάστασης δεν αλλάζει η ουσία».

«Ο πάγος είναι νερό σε στερεά κατάσταση άρα δεν μπορεί να είναι γυαλί».

«Ο πάγος αποτελείται από μόρια νερού άρα δεν είναι γυαλί».

Μη αποδεκτές απαντήσεις:

«Επιπλέει ο πάγος γιατί έχει μεγαλύτερη πυκνότητα».

«Το γυαλί είναι από μόνο του στερεό και τα μόρια είναι στερεά επιφάνεια και γι αυτό τα μόρια του πάγου έμοιαζαν με γυαλί».

«Τα μόρια του γυαλιού δεν κινούνται ενώ του νερού κινούνται αλλά όχι όταν το νερό είναι παγωμένο. Γι αυτό και ο πάγος δεν είναι γυαλί».

«Τα μόρια θα λιώσουν άρα δεν γίνεται να είναι γυαλί».

Παρατηρήσεις-Σχόλια:

Συμπερασματικά, όσον αφορά στις απαντήσεις των μαθητών στις επιμέρους ερωτήσεις του ερωτηματολογίου στο post test, παρατηρούμε ανά ερώτηση τα εξής:

- Στην ερώτηση 2, αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση, υπερδιπλασιάζεται το % ποσοστό των μαθητών σε κάθε ένα από τα Γυμνάσια της έρευνας που απαντά σωστά στην ερώτηση αυτή. Δείχνουν δηλαδή οι μαθητές, ότι αντιλαμβάνονται πλέον πολύ καλύτερα ότι τα μόρια διαφορετικών ουσιών είναι διαφορετικά. Διαφαίνεται επίσης, ότι, οι μαθητές εξοικειώνονται πολύ περισσότερο με την αναπαράσταση μορίων-διάταξη των μορίων στις τρεις φυσικές καταστάσεις.
- Στην ερώτηση 3, ιδιαίτερα στα Γυμνάσια 2 & 3 αυξάνεται σημαντικά το % ποσοστό των μαθητών που απαντά σωστά στην ερώτηση αυτή, σε αντίθεση με το πρώτο σχολικό έτος διεξαγωγής της έρευνας, όπου δεν βρέθηκε κανένας μαθητής να απαντά σωστά στην ερώτηση αυτή. Δηλαδή, αυξάνονται σημαντικά οι μαθητές που ερμηνεύουν μικροσκοπικά (με βάση τα μόρια) το φαινόμενο της μετατροπής του νερού σε πάγο. Ακόμα μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών προσεγγίζει το φαινόμενο μακροσκοπικά όπως τους ζητείται εξάλλου. Πρέπει να επισημανθεί, ότι και στο τελικό τεστ διαφαίνεται ότι οι μαθητές προσεγγίζουν την απάντηση μακροσκοπικά, αποτελεσματικότερα σε σχέση με την μικροσκοπική.
- Η ερώτηση 4 ουσιαστικά είναι μια παραλλαγή της ερώτησης 2 και οι μαθητές δυσκολεύονται πολύ λιγότερο μετά τη διδακτική παρέμβαση, με τις αναπαραστάσεις μορίων διαφορετικών ουσιών και τη διάταξη των μορίων μιας ουσίας στην υγρή κατάσταση, όπως επισημάνθηκε και στα σχόλια της ερώτησης 2.
- Στην ερώτηση 5, αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση, υπερδιπλασιάζεται το % ποσοστό των μαθητών σε κάθε ένα από τα Γυμνάσια της έρευνας που απαντά σωστά στην ερώτηση αυτή. Χαρακτηριστικά αναφέρεται, ότι, στο Γυμνάσιο 1 (Πειραματικό Γυμνάσιο), το % ποσοστό των μαθητών που απαντούν σωστά στην ερώτηση 5 υπερβαίνει το 90%. Διαφαίνεται, ότι, οι μαθητές ξεπερνούν

την παρανόηση ότι τα μόρια του νερού σταματούν να κινούνται όταν αυτό παγώνει.

- Η ερώτηση 6, εξακολουθεί να δυσκολεύει τους μαθητές περισσότερο από κάθε άλλη, δείχνοντας ότι αποτελεί την πιο απαιτητική ερώτηση του ερωτηματολογίου. Όμως στην ερώτηση αυτή, καταγράφονται ίσως τα πιο εντυπωσιακά αποτελέσματα, μιας που και τις δύο σχολικές χρονιές διεξαγωγής της έρευνας, κανένας μαθητής δεν μπόρεσε να απαντήσει σωστά στην ερώτηση αυτή στο αρχικό τεστ. Αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση, φαίνεται ότι οι μαθητές ξεπερνούν σε σημαντικό βαθμό τις δυσκολίες όταν επιχειρούν να κατανοήσουν επιστημονικά θέματα όπως τη διάταξη, την κίνηση των μορίων στην υγρή κατάσταση και τις ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων στην υγρή κατάσταση.
- Στην ερώτηση 7, όπως επισημάνθηκε σε προηγούμενα σχόλια, ο τρόπος εκφώνησης της ερώτησης (τρεις διαφορετικές επιλογές), ενδεχομένως διευκολύνει τους μαθητές να προσεγγίσουν τη σωστή απάντηση. Όμως, μετά τη διδακτική παρέμβαση, στα δύο από τα τρία Γυμνάσια της έρευνας (Γυμνάσιο 1 & 3), το % ποσοστό των σωστών απαντήσεων προσεγγίζει το 100 %.
- Στην ερώτηση 8, οι μαθητές κατανοούν πλέον σε αρκετά σημαντικό ποσοστό, ότι παρόλο που η ζάχαρη διαλύεται εντελώς στο νερό, δεν παύει να υπάρχει μέσα σε αυτό. Κατά συνέπεια, αναπαριστούν τα μόρια του ζαχαρόνερου για ομογενές μείγμα αποτελούμενο από δύο διαφορετικές ουσίες. Έτσι, σχεδιάζουν με διαφορετικά κυκλάκια τα μόρια του νερού και τα μόρια της ζάχαρης.

9.3. Στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA των βαθμολογιών των μαθητών στο μακροσκοπικό και μικροσκοπικό σκέλος της ερώτησης 3 των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό τεστ κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας και στο τελικό τεστ

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών των γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο μακροσκοπικό και μικροσκοπικό σκέλος της ερώτησης 3 στο αρχικό τεστ κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας και στο τελικό τεστ, υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA. Τα αποτελέσματα μελετήθηκαν

στατιστικά με τη βοήθεια του στατιστικού υπολογιστικού προγράμματος SPSS 16.0 for Windows (να λαμβάνονται υπόψη μόνο τα πρώτα δύο δεκαδικά ψηφία).

Πίνακας 9.15: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA στο μακροσκοπικό σκέλος της ερώτησης 3 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007 & 2007-2008) και στο τελικό τεστ

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
Macro pre 07	80	2,0500	2,4951	0,00	5,00	2,478 ($F < F_{2, \omega, 1\%}$)
Macro post	85	2,7059	2,5063	0,00	5,00	
Macro pre 08	99	1,9394	2,4109	0,00	5,00	
ΣΥΝΟΛΟ	264	2,2197	2,4813	0,00	5,00	

Πίνακας 9.16: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών στο μακροσκοπικό σκέλος της ερώτησης 3 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007 & 2007-2008) και στο τελικό τεστ

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	0,6559	1,5567	0,2449
		3,00	0,1106	0,7588	0,9800
LSD	1,00	2,00	0,6559	1,4127	0,1010
		3,00	0,1106	0,6198	0,8410
	2,00		0,7665*	4,803E-02	1,4849
Bonferroni	1,00	2,00	0,6559	1,5820	0,2702
		3,00	0,1106	0,7832	1,0044

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 9.16, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD (λιγότερο αυστηρό κριτήριο σε σχέση με το Tukey), υπέρ του τελικού τεστ σε σχέση με το αρχικό τεστ της δεύτερης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας (2007-2008) σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$). Αντίθετα, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά στο τελικό τεστ σε σχέση με το αρχικό τεστ της πρώτης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007).

Πίνακας 9.17: Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA στο μικροσκοπικό σκέλος της ερώτησης 3 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007 & 2007-2008) και στο τελικό τεστ

	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	F
Micro pre 07	80	3,750E-02	0,3354	0,00	3,00	$(F > F_{2, \omega, 1\%})$
Micro post	85	2,1882	3,6433	0,00	10,00	
Micro pre 08	99	0,8081	2,1838	0,00	10,00	
ΣΥΝΟΛΟ	264	1,0189	2,6080	0,00	10,00	

Πίνακας 9.18: Πολλαπλές συγκρίσεις των βαθμολογιών στο μικροσκοπικό σκέλος της ερώτησης 3 των Γυμνασίων της έρευνας στο αρχικό τεστ (σχολ. Έτος 2006-2007 & 2007-2008) και στο τελικό τεστ

			ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ	99% ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ	
				ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ
TukeyHSD	1,00	2,00	2,1507*	3,2713	1,0301
		3,00	0,7706	1,8521	0,3109
	2,00		1,3802*	0,3164	2,4439
LSD	1,00	2,00	2,1507*	3,1488	1,1527
		3,00	0,7706**	1,7338	0,1926
Bonferroni	1,00	2,00	2,1507*	3,2902	1,0113
		3,00	0,7706	1,8703	0,3291

*Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

**Οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από την επεξεργασία του Πίνακα 9.18, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο Tukey υπέρ του τελικού τεστ σε σχέση με το αρχικό τεστ και των δύο σχολικών ετών διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007 & 2007-2008) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p=0,01$).

Διαφαίνεται, ότι, αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση, οι μαθητές ερμηνεύουν πολύ καλύτερα το φαινόμενο της μετάβασης του νερού από την υγρή στην στερεά κατάσταση μικροσκοπικά (με βάση τα μόρια). Επίσης, καταδεικνύεται ότι οι διαφορές των τιμών είναι στατιστικά σημαντικές με το κριτήριο LSD (λιγότερο αυστηρό κριτήριο σε σχέση με το Tukey), υπέρ του αρχικού τεστ της δεύτερης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας (2007-2008) σε σχέση με το αρχικό τεστ της πρώτης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007) σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p=0,05$).

9.4. Υπολογισμός δεικτών διάκρισης στην ερώτηση 1 στο τελικό τεστ

Στην ερώτηση 1, η οποία αποτελείται από 18 υποερωτήματα, υπολογίστηκαν δείκτες διάκρισης για κάθε επιμέρους ερώτημα στο τελικό τεστ.

Έτσι, χωρίστηκαν τα δεδομένα σε τρία περίπου ίσα μέρη (Α, Β, Γ) με βάση τη συνολική επίδοση κάθε μαθητή στην ερώτηση 1. Η κατηγορία Α περιλάμβανε τις υψηλότερες επιδόσεις (15-20), η κατηγορία Β τις ενδιάμεσες επιδόσεις (13-14) και η κατηγορία Γ τις χαμηλότερες επιδόσεις (9-13). Σημειώνεται, ότι, η μέγιστη βαθμολογία που μπορούσε κάποιος μαθητής να λάβει στην ερώτηση 1 ήταν 25 με συνολική άριστη επίδοση στο σύνολο του ερωτηματολογίου το 100.

Κατόπιν, παραμερίσαμε την κατηγορία Β και κρατήσαμε τις άλλες δύο κατηγορίες, για να υπολογίσουμε δείκτες διάκρισης.

$$\text{Δείκτης Διάκρισης } (\Delta.\Delta) = \frac{\text{αρ. σωστών απαντήσεων Α}}{\text{σύνολο απαντήσεων Α}} - \frac{\text{αρ. σωστών απαντήσεων Γ}}{\text{σύνολο απαντήσεων Γ}}$$

Για τιμή δείκτη διάκρισης πάνω από 0,40 ($\Delta.\Delta \geq 0,40$), το αντίστοιχο υποερώτημα θεωρούνταν αποδεκτό.

Ταυτόχρονα, για κάθε υποερώτημα της ερώτησης 1 στο τελικό τεστ, υπολογίστηκε το % ποσοστό των σωστών απαντήσεων.

$$\% \text{ σωστών απαντήσεων} = \frac{\text{Άθροισμα σωστών απαντήσεων Α+Β+Γ}}{\text{σύνολο απαντήσεων}} \times 100$$

Πίνακας 9.19: Δείκτες διάκρισης και % ποσοστό σωστών απαντήσεων σε κάθε υποερώτημα της ερώτησης 1

Υποερώτημα	% ποσοστό σωστών απαντήσεων	Δείκτης Διάκρισης
α	75,9	0,51
β	72,2	0,36
γ	75	0,62
δ	68,5	0,87
ε	72,2	0,66
στ	71,3	0,24
ζ	59,3	0,11
η	63	0,40
θ	72,2	0,39
ι	83,3	0,34
ια	68,5	0,75
ιβ	79,6	0,31
ιγ	62	0,01
ιδ	75,9	0,52
ιε	61,1	0,01
ιστ	69,4	0,64
ιζ	99,1	0,03
ιη	78,7	0,29

Από την επεξεργασία του πίνακα 9.19 προκύπτει ότι, σε κάποια υποερωτήματα οι τιμές των δεικτών διάκρισης είναι μικρότερες από 0,40, τιμή που είχαμε θέσει ως όριο αποδοχής.

Ερμηνεύοντας τις τιμές αυτές, μπορούμε να σχολιάσουμε τα εξής: στα υποερωτήματα ι, ιβ, ιη εμφανίζονται ιδιαίτερα υψηλές επιδόσεις της κατηγορίας Α, με αποτέλεσμα οι αντίστοιχοι δείκτες διάκρισης να είναι μικρότεροι του 0,40. Στα υποερωτήματα ιγ, ιε, ιζ εμφανίζονται παρόμοιες επιδόσεις στις δύο κατηγορίες (Α,Γ), με αποτέλεσμα οι αντίστοιχοι δείκτες διάκρισης να προσεγγίζουν το 0 (στο υποερώτημα ιζ έχουμε μάλιστα επιδόσεις στις κατηγορίες Α, Γ που προσεγγίζουν τη μονάδα). Στα υποερωτήματα στ, ζ, οι αποκλίνουσες τιμές των αντίστοιχων δεικτών διάκρισης, δείχνουν να οφείλονται σε άλλους παράγοντες που έχουν να κάνουν με την αναλογία δυσκολίας του υποερωτήματος και πιθανώς κάποιον άλλον τυχαίο παράγοντα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΜΕΘΟΔΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται αξιολόγηση του πειραματικού διδακτικού υλικού Χημείας για τη Β΄ τάξη του Γυμνασίου που χρησιμοποιήθηκε στη διδακτική παρέμβαση. Η αξιολόγηση έγινε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο που σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε στη Διπλωματική εργασία της κ. Ελένης Παππά: Αξιολόγηση των Ερωτήσεων στα Σχολικά βιβλία Χημείας και μελέτη του παιδαγωγικού τους ρόλου, (Παππά, 2006).

A. Εισαγωγή

Οι ερωτήσεις-ασκήσεις στα σχολικά εγχειρίδια Χημείας απευθύνονται στους αναγνώστες-μαθητές και απαιτούν από αυτούς πρόσθετες δραστηριότητες μάθησης τόσο κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας όσο και μετά από αυτήν στο σπίτι. Έχουν τη μορφή ερωτήσεων, προβλημάτων και διερευνητικών προσπαθειών, συστηματικής παρατήρησης κ.τ.λ. Τα τελευταία χρόνια όλα σχεδόν τα σχολικά εγχειρίδια εμπεριέχουν εργασίες και ερωτήσεις και μάλιστα, παρατηρείται διεθνώς η τάση οι εργασίες και πρόσθετες δραστηριότητες να εντάσσονται μερικές φορές σε ξεχωριστό τεύχος για το μαθητή. Η ιδιαίτερη σημασία τους προκύπτει από το γεγονός ότι από τη μια κατευθύνουν τη διδασκαλία και τη μάθηση προς την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων και από την άλλη εξασφαλίζουν δυνατότητες να καθοδηγείται συνειδητά και προγραμματισμένα η αυτενεργός δραστηριότητα του μαθητή. Καθώς συμβάλλουν στην επίτευξη βασικών στόχων της διδασκαλίας, εξασφαλίζουν μία σημαντική ομοιογένεια των αποτελεσμάτων μάθησης και εκπαίδευσης σε όλα τα σχολεία της χώρας.

Από διδακτική άποψη, οι ερωτήσεις / ασκήσεις επιδιώκουν διάφορους στόχους, αποβλέπουν δηλ. στην επανάληψη, στην άσκηση μιας δεξιότητας, στη συστηματοποίηση, στον έλεγχο κ. ά. Δεν μπορεί φυσικά να καθοριστεί ένας σταθερός αριθμός ασκήσεων για κάθε διδακτική ενότητα του σχολικού εγχειριδίου, αλλά ο αριθμός αυτός εξαρτάται από τις ιδιαίτερες συνθήκες της τάξης, του μαθήματος κ.τ.λ. Πρέπει πάντως το σχολικό εγχειρίδιο να περιέχει ασκήσεις σε ικανοποιητικό αριθμό,

έτσι ώστε να έχει τη δυνατότητα ο εκπαιδευτικός να επιλέγει κάθε φορά τις πιο κατάλληλες από εκείνες που απαιτούνται για την εμπέδωση βασικών γνώσεων και δεξιοτήτων.

Η μελέτη, λοιπόν, υλοποιήθηκε προκειμένου: να καταγράψει σε τι βαθμό οι ερωτήσεις του πειραματικού διδακτικού υλικού Χημείας, αξιολογούν διάφορα είδη γνώσης και δεξιότητες συμπεριλαμβανομένης και της μεταγνώσης.

Από την αξιολόγηση των ερωτήσεων που παρατίθενται στο διδακτικό υλικό της Χημείας της Β' Γυμνασίου, καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως οι δραστηριότητες αυτές που διατυπώνονται συνήθως υπό μορφή ερωτήσεων:

1. Συσχετίζονται με τους προκαθορισμένους στόχους του αναλυτικού προγράμματος.
2. Παρακινούν τους μαθητές μέσω των ερωτήσεων "Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί ", να επεξεργαστούν το περιεχόμενο και να το κατανοήσουν.
3. Διαφοροποιούνται ως προς το βαθμό δυσκολίας.
4. Αναφέρονται σε ποικιλία δεξιοτήτων (π.χ. γνωστικές, παραγωγικές, αναπαραγωγικές), με επικράτηση των ερωτήσεων που αξιολογούν τη δηλωτική γνώση σε σχέση με αυτές που ελέγχουν διαδικαστικές γνώσεις. Παρατηρήθηκε η παρουσία μικρού αλλά υπαρκτού αριθμού μεταγνωστικών ερωτήσεων και ομαδικών εργασιών.

B. Θεωρητικό Μέρος

1. Τα είδη των ερωτήσεων

Η διδακτική βιβλιογραφία έχει προτείνει πλήθος ταξινομιών ερωτήσεων, οι οποίες χρησιμοποιούν διαφορετικά κριτήρια ταξινόμησης. Τα βασικότερα από τα κριτήρια αυτά είναι οι νοητικές λειτουργίες στις οποίες απευθύνονται οι ερωτήσεις, το είδος της γνώσης που αφορούν, οι διδακτικές λειτουργίες που επιτελούν, το πρόσωπο που τις επιβάλλει και η φύση της αναμενόμενης απάντησης.

1.1. Ανάλογα με τον παιδαγωγικό σκοπό που επιτυγχάνουν

Υπάρχουν γύρω στα δώδεκα συστήματα ταξινόμησης ερωτήσεων (Πετρουλάκης 1992) που έχουν διατυπωθεί κατά καιρούς από τους ερευνητές. Από αυτά τα πιο διαδεδομένα είναι εκείνα, τα οποία προτείνουν ως βασικό κριτήριο ταξινόμησης το είδος της γνωστικής διαδικασίας που απαιτείται προκειμένου να

δοθεί απάντηση στην ερώτηση. Από αυτή την κατηγορία η επικρατέστερη ταξινομία διδακτικών στόχων του Bloom και των συνεργατών του (1956/1986), η οποία αξιοποιήθηκε από ειδικούς ερευνητές, οι οποίοι μελέτησαν την αξία των ερωτήσεων στην παιδαγωγική διαδικασία (Βαϊνάς, 1998, Γιοκαρίνης, 1988, Θεοφιλίδης, 1988, Πετρουλάκης, 1992) και στην αξιολόγηση (Κασσωτάκης, 1992).

Ο Bloom και οι συνεργάτες του με την ταξινομία των διδακτικών στόχων έχουν προσφέρει στην εκπαίδευση ένα αποτελεσματικότατο πλαίσιο αξιοποίησης της ερώτησης που συμβάλλει στη μεθοδικότερη πρόσκτηση των μορφωτικών αγαθών. Ο καθορισμός ενός αριθμού κατηγοριών σκέψης προσανατολίζει τη νόηση σε στόχους της παιδευτικής πράξης, οι οποίοι κλιμακούμενοι διατηρούν την οργανική συνεκτικότητά τους. Η ταξινομία των διδακτικών στόχων του Bloom και των συνεργατών του αποτελεί ένα ευφύες και αποτελεσματικό πλαίσιο άσκησης του διδακτικού έργου, το οποίο καλύπτει όλες τις διαστάσεις λειτουργίας και έκφρασης του γνωστικού υποκειμένου, ενώ ταυτόχρονα προσφέρει σημαντική ελευθερία στην ανάπτυξη διδακτικών μεθόδων, εξεταστικών δοκιμασιών και διδακτικού υλικού (Γιοκαρίνης, 1988).

Η ταξινομία των Bloom αποτελείται από έξι επίπεδα διδακτικών στόχων και προϊόντων μάθησης. Είναι ιεραρχική, δηλαδή, αποδέχεται ένα συνεχές γνωστικών διεργασιών, από το απλούστερο στο πιο σύνθετο, όπου κάθε προηγούμενο επίπεδο αποτελεί προϋπόθεση για το πέρασμα σε ένα ανώτερο επίπεδο. Σύντομα τα έξι επίπεδα είναι:

1. *Γνώση (Knowledge)*: αναφέρεται στην ικανότητα του μαθητή να απομνημονεύει, να ανακαλεί, να περιγράφει, να ορίζει, όπως για παράδειγμα, να αναφέρει έναν τύπο στη Φυσική.
2. *Κατανόηση (Comprehension)*: αναφέρεται στην ικανότητα του μαθητή να μεταφράζει, να ερμηνεύει ή να μεταφέρει σε πιο κατανοητές μορφές μια πληροφορία προκειμένου να αποδείξει πως την έχει κατανοήσει. Επίσης, είναι σε θέση να κάνει χρήση αυτής της πληροφορίας. Για παράδειγμα, ο μαθητής είναι σε θέση να ερμηνεύσει ένα φαινόμενο ή να προβλέψει το αποτέλεσμα μιας πειραματικής διαδικασίας.
3. *Εφαρμογή (Application)*: αναφέρεται στην ικανότητα του μαθητή να κάνει χρήση αρχών και γνώσεων προκειμένου να επιλύσει ένα πρόβλημα. Για παράδειγμα, να χρησιμοποιεί τις αρχές της ηλεκτρόλυσης για να πραγματοποιήσει στο σχολικό εργαστήριο ένα πείραμα εφαρμόζοντας τη θεωρία.

4. *Ανάλυση (Analysis)*: αναφέρεται στην ικανότητα του μαθητή να διακρίνει τα επί μέρους στοιχεία μιας σύνθετης πληροφορίας, προκειμένου να την κατανοήσει καλύτερα. Για παράδειγμα, εντοπίζει τα δομικά στοιχεία μιας ιστορίας.

5. *Σύνθεση (Synthesis)*: αναφέρεται στην ικανότητα του μαθητή να δημιουργεί κάτι νέο και πρωτότυπο, όπως είναι η σύνθεση ενός γραπτού δοκιμίου για να εκθέσει τις απόψεις του.

6. *Αξιολόγηση (Evaluation)*: αναφέρεται στην ικανότητα του μαθητή να αποτιμά κάποιο έργο με βάση κάποιο εξωτερικό ή εσωτερικό κριτήριο. Για παράδειγμα, η αξιολόγηση μιας περίληψης με κριτήριο την ανάδειξη των σημαντικότερων πληροφοριών.

Με βάση τις παραπάνω κατηγορίες ο (Sanders, 1986) ανέπτυξε μια «ταξινομία ερωτήσεων» με μια ελαφρά όμως τροποποίηση, που αποτελεί κατάτμηση της κατηγορίας «κατανόηση» σε δυο επιμέρους κατηγορίες: α) τη «μετατροπή ή μετάφραση» (Translation) και β) τη «(δι)ερμηνεία» (Interpretation), αυξάνοντας έτσι τον αριθμό των κατηγοριών σε επτά. Η ταξινομία των ερωτήσεων που καταρτίστηκε από το Sanders έχει ως εξής:

I. Μνήμη (Γνώση) (Memory):

Οι μαθητές ανακαλούν και αναγνωρίζουν πληροφοριακό υλικό.

II. Μετατροπή-Μετάφραση (Translation):

Οι μαθητές μετατρέπουν το πληροφορικό υλικό σε διαφορετικές συμβολικές μορφές, αξίες και δεξιότητες.

III. Ερμηνεία (Interpretation):

Οι μαθητές επισημαίνουν σχέσεις ανάμεσα σε δεδομένα, γενικεύσεις, ορισμούς, αξίες και δεξιότητες.

IV. Εφαρμογή (Application) :

Οι μαθητές επιλύουν ένα πρόβλημα που απαιτεί προσδιορισμό του θέματος, επιλογή και χρήση των κατάλληλων γενικεύσεων και δεξιοτήτων.

V. Ανάλυση (Analysis):

Οι μαθητές επιλύουν το πρόβλημα με τη βοήθεια της συνειδητής γνώσης των μερών και των μορφών της σκέψης.

VI. Σύνθεση (Synthesis):

Οι μαθητές επιλύουν ένα πρόβλημα που απαιτεί πρωτότυπη και δημιουργική σκέψη.

VII. Αξιολόγηση (Evaluation):

Οι μαθητές εξάγουν κρίση προσδιορίζοντας το κακό ή το καλό, το σωστό ή το λάθος σύμφωνα με τα μέτρα που έχουν καθοριστεί.

Η ταξινομία του Bloom έχει αναγνωριστεί για την έμφαση που δίνει στην κατανόηση «ως προϋπόθεση και πύλη για τις ανώτερες βαθμίδες μάθησης» (Ματσαγγούρας, 1998, 1999) αφού, αν προσέξει ο αναγνώστης τα στάδια που ακολουθούν μετά την «Κατανόηση» αναφέρονται στην ουσία σε ανώτερα επίπεδα κατανόησης. Η ταξινομία του Bloom, όμως, έχει αμφισβητηθεί και έχει επικριθεί έντονα, διότι *προϋποθέτει μια επίπλαστη, θα μπορούσαμε να πούμε, ιεράρχηση της σκέψης* (Ματσαγγούρας, 1998, 2000), η οποία έχει ανατραπεί με τις σύγχρονες ερευνητικές μελέτες στον τομέα της νευροφυσιολογίας για τη λειτουργία του εγκεφάλου και του νου, όπου διαφαίνεται η σημασία των μεταγνωστικών δεξιοτήτων στον έλεγχο και στην επιτυχία των γνωστικών δεξιοτήτων συμπεριλαμβανόμενης και της κατανόησης (Scherer, 2001). Άλλωστε, στην πράξη, η ταξινομία του Bloom αποδείχτηκε ανεπαρκής ως προς το να συμπορευτεί με το περιεχόμενο και τις δεξιότητες που εισηγούνται οι διάφοροι επιστημονικοί κλάδοι. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι ειδικοί σε κάποιο επιστημονικό κλάδο να αναζητούν ταξινομίες πιο «συμβατές» με τις έννοιες, τις διαδικασίες και τις δεξιότητες του χώρου τους.

Οι Armbruster και Ostertag (1993, 74), σε συναφή μελέτη, βρήκαν δυσκολίες στην αναγωγή των διδακτικών στόχων του Bloom στον τομέα αξιολόγησης των ερωτήσεων των διδακτικών βιβλίων. Έτσι αποφάσισαν να μην χρησιμοποιήσουν τη συγκεκριμένη ταξινομία. Πράττοντας ανάλογα, δεν θα χρησιμοποιήσουμε εδώ την ταξινομία Bloom, όμως την αξιοποιούμε ως πλαίσιο αναφοράς σε σημεία που χρειάζονται διευκρινήσεις για κάποια κριτήρια που προτείνονται στη βιβλιογραφία (Κουλουμπαρίτση, 2003).

Μία εξίσου σημαντική ταξινομία, η οποία σχεδιάστηκε με βάση την ταξινομία του Bloom, είναι αυτή των Smith και Barrett (1979). Η σημασία της ταξινομίας αυτής έγκειται στο ότι σχεδιάστηκε με στόχο να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά στον χώρο της κατανόησης κειμένων. Η ταξινομία των Smith και Barrett περιλαμβάνει τέσσερις κατηγορίες.

1. *Αυτολεξεί αναγνώριση ή ανάκληση της πληροφορίας (Literal recognition or recall)*: που διατυπώνεται ρητά και με σαφήνεια στο κείμενο. Για παράδειγμα, ο εντοπισμός βασικών ιδεών, σημαντικότερων γεγονότων, κάποιων χαρακτηριστικών των ηρώων μιας ιστορίας.
2. *Συμπερασμός (Inference)*: αναφέρεται στην ικανότητα του μαθητή να συσχετίζει και να συνδυάζει το περιεχόμενο του κειμένου με το γνωστικό του κεκτημένο, την ενόραση και τη φαντασία του, προκειμένου να διατυπώσει κάποιες υποθέσεις. Για παράδειγμα, να συνάγει το νόημα μεταφορικών διατυπώσεων, να μπορεί να προβλέψει την έκβαση μιας ιστορίας. Να διακρίνει λεπτομέρειες, κύριες ιδέες, τα αίτια και τα αποτελέσματα και στοιχεία των ηρώων μιας ιστορίας.
3. *Αξιολόγηση (Evaluation)*: αναφέρεται στην ικανότητα του μαθητή να αποτιμά κάποιο έργο με βάση κάποιο εξωτερικό ή εσωτερικό κριτήριο. Για παράδειγμα, να διακρίνει τη διαφορά ανάμεσα σε ένα ιστορικό γεγονός και μια αξιολογική κρίση.
4. *Αισθητική Ανάλυση (Appreciation)*: αναφέρεται στην ενημερότητα του μαθητή ως προς τεχνικές, είδη και ύφη λογοτεχνικά, τα οποία χρησιμοποιούν οι λογοτέχνες προκειμένου να επιτύχουν τη συναισθηματική εμπλοκή του αναγνώστη. Για παράδειγμα, ο μαθητής ταυτίζεται με κάποιο ήρωα και γράφει κάποιες σκέψεις γι' αυτόν, ή αποδίδει τα συναισθήματα και τις σκέψεις του.

Η ταξινόμια των Smith και Barrett, αν και κινείται στο χώρο της κατανόησης των κειμένων, διευκολύνει περισσότερο την παρακολούθηση δεξιοτήτων νοηματικής προσπέλασης λογοτεχνικών κειμένων, παρά πληροφοριακών (Armbruster και Ostertag 1993, 74). Επίσης, όπως και η ταξινόμια του Bloom, δεν έχει σχεδιαστεί με στόχο την κατηγοριοποίηση παιδαγωγικών ερωτήσεων και αγνοεί τη σύγχρονη επιστημονική θέση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των νοητικών σχημάτων του αναγνώστη και του περιεχομένου του κειμένου. Επομένως, δεν λαμβάνει υπόψη της και τη συνεπακόλουθη σχέση μεταξύ ερώτησης και απάντησης. Η ταξινόμια των Pearson και Johnson (1978) ήρθε να καλύψει αυτό το θεωρητικό κενό (Κουλουμπαρίτη, 2003).

1.2. Ερωτήσεις δηλωτικής γνώσης, διαδικαστικής γνώσης και μεταγνώσης

Η γνώση διακρίνεται σε δηλωτική και σε διαδικαστική. Η δηλωτική γνώση αναφέρεται στην οντολογία των πραγμάτων και αποτελεί αντικείμενο των επιστημών, ενώ η διαδικαστική γνώση αναφέρεται στον τρόπο χρήσης της γνώσης και των πραγμάτων και αποτελεί αντικείμενο της μεθοδολογίας και της τεχνολογίας. Το

περιεχόμενο και η διαδικασία απόκτησης αυτών των δύο ειδών γνώσης συνεπάγονται διαφορετικές γνωστικές λειτουργίες και κατ' επέκταση διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις.

Όσον αφορά το περιεχόμενο αξιολόγησης της δηλωτικής γνώσης, η μάθηση πληροφοριών στο βασικό επίπεδο βασίζεται κυρίως στις λειτουργίες μνήμης, και αξιολογείται με «κλειστές» ερωτήσεις που ζητούν από τους μαθητές να ανακαλέσουν ή να αναγνωρίσουν τις απομνημονευθείσες πληροφορίες π.χ «ποιο είναι το υψηλότερο βουνό της Ελλάδας;». Οι ερωτήσεις αυτές ελέγχουν την απομνημόνευση, αλλά δεν ελέγχουν τον βαθμό κατανόησης. Αποτελούν απλώς το πρώτο βήμα αξιολόγησης. Η δυνατότητα συσχέτισης των πληροφοριακών στοιχείων και η έκφρασή τους μέσα από έννοιες, κρίσεις, γενικεύσεις και σχήματα αποτελεί κριτήριο και απόδειξη ανώτερου επιπέδου μάθησης, που ξεπερνά την απλή απομνημόνευση. Η αξιολόγηση τότε γίνεται με τη βοήθεια «ανοικτών» ερωτήσεων (Ματσαγγούρας, 1998).

Για τη **μάθηση εννοιών** η αξιολόγηση γίνεται στο επίπεδο της ανάκλησης ή της αναγνώρισης, αλλά και στο επίπεδο κατανόησης των σχέσεων, με ερωτήσεις κατηγοριοποίησης εννοιών και παραγωγής δικών τους θετικών και αρνητικών παραδειγμάτων.

Η **αξιολόγηση των κρίσεων** γίνεται στο επίπεδο κατανόησης με ερωτήσεις που ζητούν από το μαθητή να αναλύσει χαρακτηριστικά στοιχεία για αυτό που κρίνει αλλά και να αναζητήσει και να επαληθεύσει κριτήρια με τα οποία έγινε η κρίση.

Η **μάθηση γενικεύσεων** γίνεται στο επίπεδο ανάκλησης και αναγνώρισης της γενίκευσης, αλλά και στο επίπεδο κατανόησης, που γίνεται με ερωτήσεις εντοπισμού της γενίκευσης σε συγκεκριμένες καταστάσεις. Αν προχωρά η ερώτηση πέρα από τον εντοπισμό της γενίκευσης και στην εφαρμογή της (εξήγηση φαινομένων), βρισκόμαστε στο επίπεδο εφαρμογής που είναι και το ανώτερο επίπεδο αξιολόγησης.

Η **αξιολόγηση των σχημάτων** γίνεται στο επίπεδο κατανόησης με τη χρήση εννοιολογικού χάρτη και λοιπών γραφικών αναπαραστάσεων (Ματσαγγούρας, 1998).

Αν δεχτούμε ότι βασικός σκοπός των διδασκαλιών της διαδικαστικής γνώσης είναι να καταστήσουν τους μαθητές ικανούς να χρησιμοποιούν με γρήγορο, ορθό και σταθερό τρόπο διαδικασίες και δεξιότητες, τότε μπορούμε να ισχυριστούμε ότι αντικείμενο αξιολόγησης της διαδικαστικής γνώσης είναι η ικανότητα χρήσης δεξιοτήτων και διαδικασιών χωρίς πολλά λάθη και ικανοποιητικό ρυθμό σε ποικιλία πρόσφορων καταστάσεων.

Κριτήρια λοιπόν, αξιολόγησης είναι η ορθότητα, η ταχύτητα, η ακρίβεια και η χρήση τους στην κατάλληλη περίπτωση. Να τονιστεί ότι δεν αρκεί να εφαρμόζουν διαδικασίες αλλά και να γνωρίζουν γιατί το κάνουν κάθε φορά (Ματσαγγούρας 1998).

1.3. Η μεταγνώση στη διδασκαλία

Εκτός όμως από την αξιολόγηση της δηλωτικής γνώσης, δηλαδή της γνώσης που απέκτησε ο μαθητής διαβάζοντας το σχολικό βιβλίο αλλά και του τρόπου (της μεθόδου) με τον οποίο αξιοποιείται αυτή η γνώση, που αφορά της αξιολόγηση της δηλωτικής γνώσης, έχουμε και τη μεταγνωστική αξιολόγηση.

Σκοπός της κατηγορίας αυτής των ερωτήσεων είναι να ελέγχει το βαθμό μεταγνώσης που απέκτησαν οι μαθητές. Δηλαδή κατά πόσο μέσα από τη διδασκαλία επετεύχθη να καθίσταται το άτομο αυτόνομο στη σκέψη και στη δράση, αφού θα του επιτρέπεται, χωρίς εξωτερική βοήθεια,

- 1) να προσδιορίζει τη φύση του προβλήματος που αντιμετωπίζει και να το αναλύει στα δομικά του στοιχεία,
- 2) να στοχάζεται για το τι γνωρίζει (και τι αγνοεί) που έχει σχέση με τη λύση του προβλήματος
- 3) να καταστρώνει σχέδιο δράσης για την επίλυση του προβλήματος
- 4) να υλοποιεί και να κατευθύνει το σχέδιο δράσης επιφέροντας επιτόπου τις αναγκαίες αλλαγές
- 5) να ελέγχει το αποτέλεσμα της οργανωμένης παρέμβασής του και,
- 6) να επανέρχεται με διορθωτικές παρεμβάσεις, διατηρώντας από όλες τις παραπάνω φάσεις την ικανότητα να συντονίζει τη δράση του και να τη συσχετίζει με τα δεδομένα και τους επιδιωκόμενους στόχους (Ματσαγγούρας 1998).

Οι μεταγνωστικές ερωτήσεις διακρίνονται σε 5 ομάδες, από τις οποίες οι τρεις πρώτες αναφέρονται στον προγραμματισμό, την καθοδήγηση και την αξιολόγηση της σκέψης, αντίστοιχα, και οι δύο επόμενες αναφέρονται στη συναισθηματική αντίδραση του ατόμου προς το έργο και τις συναισθηματικές έξεις. Παραδείγματα των ερωτήσεων αυτών ακολουθούν στον παρακάτω πίνακα:

<i>Μεταγνωστική αξιολόγηση</i>
<i>Προγραμματισμός της σκέψης</i> Ποιο ακριβώς είναι το πρόβλημά μου και ο στόχος μου; Πώς μπορώ να παραστήσω γραφικά ή συμβολικά τα δεδομένα του προβλήματος Με ποιο από τα προβλήματα που έχω λύσει στο παρελθόν μοιάζει; Για να απαντήσω στη βασική μου ερώτηση, σε ποιες ερωτήσεις πρέπει να απαντήσω προηγουμένως; Σε ποια επιμέρους ερωτήματα μπορώ να χωρίσω το βασικό μου ερώτημα; Ποιες δυσκολίες συνάντησα τότε και πώς τις αντιμετώπισα; Ποιες δυσκολίες προβλέπω ότι θα συναντήσω τώρα και τι θα μπορούσα να κάνω; Μπορώ να αναλύσω το πρόβλημα σε μικρότερα βήματα; Ποια από τα στοιχεία που έχω είναι πρωταρχικής σημασίας και ποια όχι; Τι απορίες έχω αυτή τη στιγμή; Ποια υλικά ή πληροφορίες μου χρειάζονται; Πόσος χρόνος απαιτείται; Τι αποτελέσματα προβλέπω; Πώς αισθάνομαι για το πρόβλημα που καταπιάστηκα;
<i>Καθοδήγηση της σκέψης</i> Ποια είναι τα κριτήρια που χρησιμοποίησα και την πορεία που ακολούθησα κατά τη συλλογή, οργάνωση και επεξεργασία των δεδομένων, και ποια η αντιστοίχιση στόχων και δραστηριοτήτων;
<i>Αυτοαξιολόγηση της σκέψης</i> Πώς το έλυσες το πρόβλημα; Πόσο ικανοποιημένος είσαι από τον τρόπο που προγραμμάτισες και εκτέλεσες το σχέδιό σου; Τι δυσκολίες συνάντησες που δεν ανέμενες και τι θα έκανες διαφορετικά αν ξανάρχιζες το έργο αυτό; Αξιολόγησε το δικό σου σχέδιο σκέψης και εντόπισε τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία τόσο του πλάνου σκέψης όσο και των συμπερασμάτων που διατύπωσες.
<i>Συναισθηματική αντίδραση</i> Βρίσκεις ενδιαφέρον και αξιόλογο το μαθησιακό αντικείμενο; Ποια η αποτίμηση και τα συναισθήματά σου για την προσπάθεια που κατέβαλλες; Ποια τα αποτελέσματα που επέφερε η προσπάθεια;

Αποδίδεις την επιτυχία της προσπάθειας στην τύχη ή σε άλλο παράγοντα;
Αισθάνεσαι σιγουριά ή αμφιβολία για τις γνώσεις και τις ικανότητές σου;

Γνωστικές στάσεις και έξεις

Ανάπτυξη γνωστικών στάσεων και έξεων όπως:

- Γνωστική αυτονομία
- Γνωστική περιέργεια
- Επιδίωξη της αντικειμενικότητας
- Γνωστική ευκαμψία
- Στοχαστική θεώρηση
- Γνωστική τιμιότητα
- Εμμονή στο έργο

Επομένως οι ερωτήσεις σ' αυτή τη ταξινόμια κατηγοριοποιούνται σε ερωτήσεις δηλωτικής γνώσης, διαδικαστικής γνώσης και μεταγνώσης που περιγράφονται στον πίνακα που ακολουθεί παρακάτω:

Δηλωτική Γνώση	Βασικό επίπεδο -Αναπαραγωγή γνώσης-πληροφορίας -Ομοιότητες /Διαφορές -Ταξινόμηση δεδομένων -Περιγραφή φαινομένων
	Ανώτερο επίπεδο -Πρωτότυπη εξήγηση -Συμπεράσματα -Αιτιολόγηση άποψης
Διαδικαστική Γνώση	Βασικό επίπεδο -Εξήγηση προτίμησης μιας διαδικασίας από μία άλλη -Διατύπωση υποθέσεων -Παρατήρηση -Καταγραφή -Συμπέρασμα

	Μεταγνώση -Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης (ερωτήσεις που απευθύνει ο μαθητής στον εαυτό του) -Περιγραφή διαδικασιών
Ομαδικές Εργασίες	

2. Είδη ερωτήσεων στα σχολικά βιβλία

Η ταξινόμια των Pearson και Johnson (1978) χρησιμοποιήθηκε, χρησιμοποιείται και μνημονεύεται ευρύτατα από ερευνητές, σε αξιολογες μελέτες για τη συμβολή των ερωτήσεων στη κατανόηση των κειμένων (Κουλουμπαρίτση, 2003), διότι σχεδιάστηκε με βάση τις σύγχρονες παραδοχές για την αμφίδρομη φύση της αναγνωστικής διαδικασίας. Σύμφωνα με αυτή, το νόημα του κειμένου προκύπτει από τη συνάντηση και τη συσχέτιση των πληροφοριών που εμπεριέχονται στο κείμενο με τις γενικές και ειδικές γνώσεις του αναγνώστη, που είναι οργανωμένες σε νοητικά σχήματα. Η ταξινόμια των Pearson και Johnson (1978) περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες:

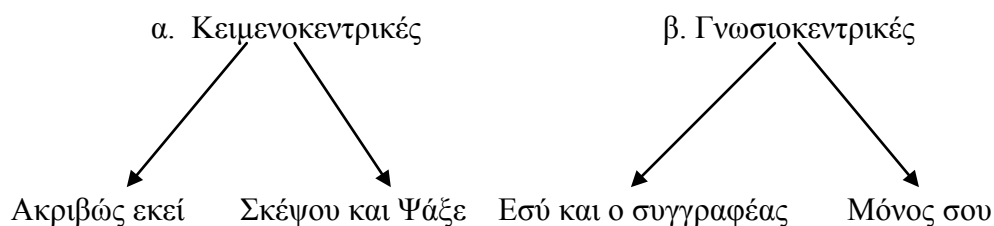
1. *Ερωτήσεις και απαντήσεις ρητά διατυπωμένες στο κείμενο (textually explicit):* Τόσο η ερώτηση, όσο και η απάντηση βρίσκονται στο κείμενο. Η μεταξύ τους σχέση δηλώνεται ρητά μέσα στο κείμενο, αφού η ερώτηση κατά κάποιον τρόπο, περιέχει και την απάντηση.
2. *Η ερώτηση απευθύνεται σε υπαινικτικά διατυπωμένη πληροφορία του κειμένου (textually implicit):* Η ερώτηση και η απάντηση προέρχονται από το κείμενο. Η μεταξύ τους σχέση δεν δηλώνεται ρητά στο κείμενο ή στην ερώτηση. Ο αναγνώστης πρέπει να ανατρέξει σε διάφορα σημεία του κειμένου και να συσχετίσει πληροφορίες, για να μπορέσει να στοιχειοθετήσει την απάντησή του.
3. *Συσχέτιση της πληροφορίας του κειμένου με τα νοητικά σχήματα του αναγνώστη (scriptally implicit):* Η ερώτηση κινείται στη θεματική του κειμένου, όμως η

απάντηση εναπόκειται, κυρίως στις εμπειρίες, στην άποψη και στην προϋπάρχουσα γνώση του αναγνώστη (Κουλουμπαρίτση, 2003).

Κατά τους Pearson και Johnson (1978) ο σχεδιαστής των ερωτήσεων πρέπει να λαμβάνει υπόψη του το είδος της πληροφορίας που απαιτείται, ώστε οι μαθητές να είναι σε θέση να απαντήσουν στην ερώτηση. Είναι προφανές ότι το είδος της ερώτησης καθορίζει τη νοητική διεργασία που απαιτείται για να δοθεί απάντηση στην ερώτηση (Βαϊνάς, 1998). Για παράδειγμα, το πρώτο είδος, οι «ρητά διατυπωμένες» είναι το λιγότερο απαιτητικό επίπεδο. Αυτό δε σημαίνει όμως πως οι ερωτήσεις αυτές είναι ευκαταφρόνητες. Αντιθέτως, παίζουν ένα σπουδαίο καθοδηγητικό ρόλο, ιδιαίτερα για τους μαθητές του Δημοτικού σχολείου, επειδή τους ασκούν στο να αναζητούν πληροφορίες από το κείμενο (Κουλουμπαρίτση, 2003). Η θεωρία των Pearson και Johnson καθιέρωσε μια νέα προσέγγιση στη μελέτη και στη διδασκαλία των πληροφοριακών σχολικών κειμένων, η οποία ονομάζεται «Σχέση Ερώτησης – Απάντησης» (ΣΕΑ) (βλ. Raphael και Pearson, 1985, Vacca και Vacca, 1999). Η ΣΕΑ παρέχει στους σχεδιαστές διδακτικών βιβλίων, στους εκπαιδευτικούς και στους μαθητές ένα κοινό τόπο πραγμάτευσης του κειμένου δεδομένου ότι, μέσα από την ταξινόμηση και την αναγνώριση των ερωτήσεων, όλοι είναι ενήμεροι για το κριτήριο αξιολόγησης της προσπάθειας του μαθητή, δηλαδή για το είδος πληροφορίας το οποίο αναζητείται (Κουλουμπαρίτση, 2003)

Η Raphael (1986) στηρίχτηκε στην ταξινόμια των Pearson και Johnson (1978) και διαμόρφωσε δύο διακριτές κατηγορίες ΣΕΑ με δύο υποκατηγορίες στην κάθε μία.

- A. Κειμενοκεντρικές ΣΕΑ, που διακρίνονται σε «Ακριβώς εκεί» (οι ρητά διατυπωμένες) και σε «Σκέψου και Ψάξε» (Οι υπαινικτικά διατυπωμένες), και
- B. Γνωσιοκεντρικές ΣΕΑ, που διακρίνονται σε «Εσύ κι ο Συγγραφέας» (η απάντηση δεν υπάρχει στο κείμενο, αλλά για να καταλάβεις τι σου ζητάει η ερώτηση πρέπει να έχεις διαβάσει το κείμενο) και σε «Μόνος σου» (μπορείς να απαντήσεις, χωρίς καμιά αναφορά στο κείμενο). Σου ζητείται η άποψη, η εμπειρία ή οι γνώσεις που μπορεί να έχεις για το θέμα (βλ. και Anthony και Raphael, 1996, 319. First Steps: Reading, 1997, 84-85)



Παρακάτω παρατίθεται η γνωστική διεργασία που ενεργοποιούν οι ερωτήσεις αυτές. Για την αναγνώριση της γνωστικής διεργασίας στηριχθήκαμε στις κατηγορίες ερωτήσεων που αναφέρθηκαν στο «Παραδοχές για την κατανόηση», αλλά και στις ταξινομίες του Bloom και των συνεργατών του και των Smith και Barrett. (Κουλουμπαρίτη, 2003).

3.Σχέσεις Ερωτήσεων και Απαντήσεων και οι νοητικές διεργασίες που ενεργοποιούν (με βάση το υπόδειγμα των Vacca και Vacca 1999)

3.1.Κειμενοκεντρικές Ερωτήσεις- Απαντήσεις:

Η απάντηση βρίσκεται στο κείμενο.

1. «Ακριβώς εκεί/ Αυτολεξεί». Η ερώτηση και η απάντηση διατυπώνονται με τα ίδια περίπου λόγια.

Στόχος της κατηγορίας αυτής είναι:

Πρώτο επίπεδο επεξεργασίας της πληροφορίας, με εντοπισμό και επανάληψη, αυτής κάθε αυτής της πληροφορίας. Κάτι ανάλογο με το στάδιο «Γνώση» του Bloom και την «Αυτολεξεί ανάκληση της πληροφορίας» των Smith και Barrett. Η κατηγοριοποίηση ερωτήσεων που χρησιμοποιούμε είναι από τη βιβλιογραφία (Κουλουμπαρίτη, 2003). Π.χ. η ερώτηση ανακεφαλαίωσης 1.1-1.4. στο βιβλίο της Χημείας της Β΄ Γυμνασίου στην ενότητα Εισαγωγή στη Χημεία: Τι μελετά η χημεία ως επιστήμη; σελ (34). Το παράδειγμα είναι χαρακτηριστικό γιατί η απάντηση της ερώτησης είναι σαφώς διατυπωμένη στο σχολικό βιβλίο χωρίς να απαιτείται από το μαθητή κάποια επεξεργασία.

2. «Σκέψου και ψάξε». Η απάντηση βρίσκεται στο κείμενο, αλλά σε διαφορετικά σημεία του. Γι' αυτό ο αναγνώστης πρέπει να ανατρέξει σε διάφορα σημεία και να συνδυάσει πληροφορίες προκειμένου να απαντήσει.

Στόχος της κατηγορίας αυτής είναι:

Σε αυτό το επίπεδο, ο μαθητής καλείται να αναζητήσει πληροφορίες από άλλο κείμενο και να τις συγκρίνει με κριτήριο που ορίζει η ίδια η ερώτηση (διάκριση φαινομένων). Αυτό σημαίνει ότι ο μαθητής έχει ήδη κατακτήσει ένα παγιωμένο σχήμα δομής, που αφορά στην έννοια και που με αυτό θα αξιολογήσει τα στοιχεία που την αφορούν και παρατίθενται στο κείμενο. Αυτή η κατηγορία θα μπορούσε να αναλογεί με την «Ανάλυση» και την «Αξιολόγηση» στην ταξινόμια του Bloom και με την «Αξιολόγηση» στην ταξινόμια των Smith και Barrett . Στη κατηγοριοποίηση που χρησιμοποιούμε εμείς αντιστοιχεί στην πρώτη κατηγορία «Εντοπισμός και

οργάνωση της πληροφορίας». Π.χ. η ερώτηση ανακεφαλαίωσης 1.1-1.4. στο βιβλίο της Χημείας της Β' Γυμνασίου (Γεωργιάδου, Τ., Καφετζόπουλος, Κ., Προβής, Ν., Σπυρέλης, Ν. & Χηνιάδης, Δ. (1997, 1998). Χημεία Β' Γυμνασίου. Αθήνα, ΟΕΔΒ) στην ενότητα Εισαγωγή στη Χημεία: Ποια φαινόμενα χαρακτηρίζονται φυσικά και ποια χημικά; σελ (34). Η απάντηση της ερώτησης είναι σαφώς διατυπωμένη στο σχολικό βιβλίο και το μόνο που απαιτείται από το μαθητή είναι να ψάξει τους δύο ορισμούς και να τους αναφέρει χωρίς κάποια επεξεργασία.

3.2. Γνωσιοκεντρικές Ερωτήσεις-Απαντήσεις:

Η απάντηση στηρίζεται κυρίως στα νοητικά σχήματα (γνώσεις, εμπειρίες, απόψεις) του αναγνώστη:

3. «Εσύ και ο Συγγραφέας»: Η απάντηση δεν υπάρχει αυτούσια στο κείμενο, αλλά για να απαντήσει ο αναγνώστης πρέπει να διαβάσει το κείμενο, ώστε να μπορεί να βοηθηθεί από την «περιρρέουσα ατμόσφαιρα», δηλαδή από το περιεχόμενο.

Στόχος της κατηγορίας αυτής είναι:

Σε αυτό το επίπεδο ο αναγνώστης καλείται να λάβει υπόψη του όλα όσα αναφέρονται στο κείμενο για το συγκεκριμένο θέμα και να τα συσχετίσει με την προσωπική του άποψη και εκτίμηση καταθέτοντας κάποια στοιχεία για να αιτιολογήσει την άποψή του. Η απάντηση δεν υπάρχει στο κείμενο, αλλά το κείμενο προσφέρει παρεμφερή στοιχεία και «κριτήρια» για να απαντηθεί η ερώτηση. Αυτή η κατηγορία είναι κάτι ανάλογο με το επίπεδο «Σύνθεση» στην ταξινομία του Bloom ή «Συμπερασμός» στην ταξινομία των Smith και Barrett. Στην κατηγοριοποίηση που θα χρησιμοποιήσω αντιστοιχεί με δύο κατηγορίες, τη «Δημιουργική ανασύσταση» και στη «σύνθεση πληροφοριών του κειμένου». Π.χ. η ερώτηση ανακεφαλαίωσης 1.10-1.13. στο βιβλίο της Χημείας της Β' Γυμνασίου στην ενότητα Εισαγωγή στη Χημεία σελ 77: «Μερικές από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους διαχωρισμού είναι: η απόσταξη, η κοσκίνηση, η διήθηση, η χρωματογραφία, η φυγοκέντρωση, η απόχυση. Ποια μέθοδο θα πρότεινες για το διαχωρισμό των παρακάτω μειγμάτων:

α) ρινίσματα σιδήρου, β) άμμος με νερό, γ) μείγμα χρωστικών ουσιών». Στο παράδειγμα αυτό ο μαθητής με βάση το σχολικό βιβλίο, απαντά στην ερώτηση. Η απάντηση όμως δεν αναγράφεται σαφώς αλλά ο μαθητής μπορεί να απαντήσει συμπερασματικά διαβάζοντας τη θεωρία. Απαιτείται από τον μαθητή να εργαστεί μόνος του αφού διαβάσει το σχολικό βιβλίο.

4. «Μόνος Σου». Για να απαντήσει στην ερώτηση ο αναγνώστης πρέπει να σκεφτεί αυτά που ήδη γνωρίζει από μόνος του. Είναι μόνος του με τις απόψεις και τις γνώσεις του. Το κείμενο δεν μπορεί να τον βοηθήσει. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα από το βιβλίο της Χημείας Β΄ Γυμνασίου είναι στην ενότητα για το φυσικό περιβάλλον η ερώτηση: «Γίνεται προσπάθεια ανακύκλωσης υλικών στο δήμο ή την κοινότητα που κατοικείς; Ποια υλικά ανακυκλώνονται;» (σελ.123). Στην ερώτηση αυτή ζητείται από τον μαθητή να απαντήσει όχι βάση της θεωρίας του σχολικού βιβλίου αλλά βάση των γνώσεων και της εμπειρίας από την καθημερινή ζωή γύρω του.

Οι τέσσερις κατηγορίες της Raphael (Anthony και Raphael, 1996, 319. Vacca και Vacca, 1999, 60-63) αποτελούν την πιο πρόσφατη έκφραση της προσέγγισης που ονομάζεται «Σχέση Ερώτησης – Απάντησης» (ΣΕΑ). Η ΣΕΑ αναδεικνύει τις συσχετίσεις μεταξύ του είδους της ερώτησης, της πληροφορίας στο κείμενο και του γνωστικού κεκτημένου του αναγνώστη. Η επίγνωση αυτών των δυνατοτήτων από τους σχεδιαστές ερωτήσεων, αλλά και από τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές, αποτελεί σταθερό θεωρητικό υπόβαθρο και ορόσημο για τον προσανατολισμό της διδασκαλίας προς το «στρατηγικό χαρακτήρα» της. Αυτό το στοιχείο καθιστά την προσέγγιση ΣΕΑ απαραίτητη στις αναλύσεις ερωτήσεων διδακτικών κειμένων. Υπάρχει όμως κι άλλος ένας, εξίσου σημαντικός λόγος που συνηγορεί σε' αυτό. Η προσέγγιση ΣΕΑ αποτελεί εργαλείο στρατηγικής μάθησης για την αναζήτηση της πληροφορίας, που είναι απαραίτητη για την κατανόηση κειμένου. Με δυο λόγια η ΣΕΑ ως σύλληψη και διαδικασία δίνει έμφαση στη μεταγνώση και στην αυτορρύθμιση κατά τη νοηματική προσπέλαση των κειμένων, άρα ταυτίζεται στο σύνολό της με την κατηγορία που έχει ήδη εντοπιστεί ως «Μεταγνώση και Αυτορρύθμιση».

Δηλωτική Γνώση	Βασικό επίπεδο	X	X	X	X
	Ανώτερο επίπεδο		X	X	X
Διαδικαστική Γνώση	Βασικό επίπεδο	X	X		
	Μεταγνώση	X	X	X	X
Ομαδικές Εργασίες		X	X	X	

Γ. Μέθοδος ερευνητικής εργασίας

Με δεδομένους λοιπόν τους στόχους και τις δεξιότητες που επιδιώκει η Χημεία αλλά και με αυτά που αναφέρουν στη βιβλιογραφία οι Ματσαγγούρας, Raphael και Κουλουμπαρίτση, οι Ματσαγγούρας, Κουλουμπαρίτση και Παππά προτείνουν στην εργασία τους (Παππά, 2006), τον παρακάτω πίνακα σαν διδακτικό εργαλείο αξιολόγησης ερωτήσεων στα βιβλία χημείας όσον αφορά τον παιδαγωγικό τους ρόλο.

.

«X» είναι το σημείο που συγκλίνουν οι δύο ταξινομήσεις (Ματσαγγούρα και ΣΕΑ βλ Θεωρητικό Μέρος). Παραδείγματος χάρη οι ερωτήσεις διαδικαστικής γνώσεις βασικού επιπέδου μπορούμε να είναι μόνο «Αυτολεξεί» και «Ψάξε» και όχι «Εσύ κι ο συγγραφέας» και «Μόνος». Ομοίως και για τις υπόλοιπες κατηγορίες.

Όπως διακρίνεται και από τον πίνακα που προηγείται, θα αξιολογήσουμε τις ερωτήσεις των σχολικών βιβλίων Χημείας βάση της ταξινόμιας του Ματσαγγούρα (ερωτήσεις δηλωτικής και διαδικαστικής γνώσης, αλλά και μεταγνώσης) σε συνδυασμό με την προσέγγιση ΣΕΑ. Αυτό που πρέπει να τονιστεί είναι η ιδιαίτερη σημασία που έχει η συνεργασία των παιδιών κατά τη διδασκαλία για την επιτυχία των στόχων, αλλά και την ανάπτυξη δεξιοτήτων που επιδιώκει η Χημεία. Γι' αυτό στην μέθοδό μας θα ερευνήσουμε και το ποσοστό των ομαδικών εργασιών που δίνουν την ευκαιρία στους μαθητές να συνεργαστούν.

Δ. Αξιολόγηση

1. Μεθοδολογία-Ευρήματα

Όπως προαναφέρθηκε, η εργασία αυτή εμπεριέχει τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των ερωτήσεων του Πειραματικό διδακτικού υλικού Χημείας Β' Γυμνασίου. Οι ενότητες που θα αξιολογηθούν είναι οι παρακάτω:

Εισαγωγή: Η επιστήμη της Χημείας

A Ενότητα: Έδαφος-Υπέδαφος

B Ενότητα: Το Νερό

Γ Ενότητα: Χημική Αντίδραση

Δ Ενότητα: Ο Αέρας

E Ενότητα: Μόρια

Στ Ενότητα: Άτομα

Το σύνολο των ερωτήσεων που αξιολογήθηκαν καθώς και σε ποιες ομάδες ερωτήσεων μελετήθηκαν περιγράφονται παρακάτω:

Σύνολο ερωτήσεων: 388

Σύνολο ερωτήσεων που αξιολογήθηκαν: 388 (100%)

Ερωτήσεις I: Το μάθημα σε ερωτήσεις: 276.

Ερωτήσεις II: Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί: 112.

Εισαγωγή: Η Επιστήμη της Χημείας

Σύνολο ερωτήσεων : 16 Σύνολο ερωτήσεων που αξιολογήθηκαν: 16 (100%)

Ερωτήσεις I: Το μάθημα σε ερωτήσεις: 11.

Ερωτήσεις II: Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί: 5.

Οι ερωτήσεις II εμπεριέχονται στις αξιολογήσεις με τα τονισμένα μαύρα γράμματα.

		Αυτολεξεί	Ψάξε	Εσύ κι ο συγγραφέας	Μόνος
Δηλωτική γνώση	Βασικό επίπεδο	7 (64 %) 0	2 (18 %) 0	1 (9%) 1 (20%)	0 0
	Ανώτερο Επίπεδο		0 0	0 1 (20%)	0 1 (20%)
Διαδικαστική γνώση	Βασικό επίπεδο	0 0	0 0	0	0
	Μεταγνώση	0 0	0 0	0 0	0 2 (40%)
Ομαδικές εργασίες		0	0	0	0
		0	0	0	0

Ενότητα Α: Έδαφος - Υπέδαφος

Σύνολο ερωτήσεων: 67

Σύνολο ερωτήσεων που αξιολογήθηκαν: 67 (100%)

Ερωτήσεις I: Το μάθημα σε ερωτήσεις: 44.

Ερωτήσεις II : Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί: 23.

		Αυτολεξεί	Ψάξε	Εσύ κι ο συγγραφέας	Μόνος
Δηλωτική γνώση	Βασικό επίπεδο	34(77%) 0	3 (6.8 %) 2 (8.7%)	5 (11.2%) 7(30.4%)	0 1 (4.3%)
	Ανώτερο Επίπεδο		0 1 (4.3%)	1 (2,3%) 7 (30.4%)	0 0
Διαδικαστική γνώση	Βασικό επίπεδο	0 0	0 2(8.7%)	0	0
	Μεταγνώση	0 0	0 0	0 0	0 0
Ομαδικές εργασίες		0	0	0	0
		0	0	0	0

Ενότητα Β: Το νερό

Σύνολο ερωτήσεων: 52

Σύνολο ερωτήσεων που αξιολογήθηκαν: 52 (100%)

Ερωτήσεις Ι: Το μάθημα σε ερωτήσεις: 36.

Ερωτήσεις ΙΙ: Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί: 15.

		Αυτολεξεί	Ψάξε	Εσύ κι ο συγγραφέας	Μόνος
Δηλωτική γνώση	Βασικό επίπεδο	26 (72.2%) 0	9 (25 %) 1 (6.7%)	1 (2.8%) 0	0 0
	Ανώτερο Επίπεδο		0 5 (33.3%)	1 (2,3%) 4 (26.7%)	0 1 (6.7%)
Διαδικαστική γνώση	Βασικό επίπεδο	0 1 (6.7%)	0 0	0	0
	Μεταγνώση	0 0	0 0	0 0	0 0
Ομαδικές εργασίες		0	0	0	0
		0	1 (6.7%)	2 (13.2%)	0

Ενότητα Γ: Η Χημική Αντίδραση

Σύνολο ερωτήσεων: 59

Σύνολο ερωτήσεων που αξιολογήθηκαν: 59 (100%)

Ερωτήσεις I: Το μάθημα σε ερωτήσεις: 43.

Ερωτήσεις II: Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί:
16.

		Αυτολεξεί	Ψάξε	Εσύ κι ο συγγραφέας	Μόνος
Δηλωτική γνώση	Βασικό επίπεδο	27 (62.8%) 0	15 (34.9%) 0	1 (2.3%) 1 (6.25%)	0 0
	Ανώτερο Επίπεδο		0 2 (12.25 %)	0 5 (31.25 %)	0 1 (6.25%)
Διαδικαστική γνώση	Βασικό επίπεδο	0 3 (18.75%)	0 1 (6.25%)	0	0
	Μεταγνώση	0 0	0 0	0 0	0 0
Ομαδικές εργασίες		0	0	0	0
		0	1 (6.25%)	0	0

Ενότητα Δ: Ο Αέρας

Σύνολο ερωτήσεων: 84

Σύνολο ερωτήσεων που αξιολογήθηκαν: 84 (100%)

Ερωτήσεις I: Το μάθημα σε ερωτήσεις: 63.

Ερωτήσεις II: Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί:
21.

		Αυτολεξεί	Ψάξε	Εσύ κι ο συγγραφέας	Μόνος
Δηλωτική γνώση	Βασικό επίπεδο	46 (73%) 2 (9.5%)	11 (17.5%) 0	4 (6.3%) 2 (9.5%)	1 (1.6%) 5 (23.8%)
	Ανώτερο Επίπεδο		1 (1.6%) 5 (23.8%)	0 4 (19 %)	0 0
Διαδικαστική γνώση	Βασικό επίπεδο	0 1 (4.8%)	0 1 (4.8%)	0	0
	Μεταγνώση	0 0	0 0	0 0	0 0
Ομαδικές εργασίες		0	0	0	0
		0	0	1 (4.8%)	0

Ενότητα Ε: Τα Μόρια

Σύνολο ερωτήσεων: 54

Σύνολο ερωτήσεων που αξιολογήθηκαν: 54 (100%)

Ερωτήσεις I: Το μάθημα σε ερωτήσεις: 36.

Ερωτήσεις II: Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί: 18.

		Αυτολεξεί	Ψάξε	Εσύ κι ο συγγραφέας	Μόνος
Δηλωτική γνώση	Βασικό επίπεδο	29 (80.5%) 1 (5.5%)	7 (19.5%) 7 (38.9%)	0 0	0 0
	Ανώτερο Επίπεδο		0 4 (22.9%)	0 2 (11.1%)	0 0
Διαδικαστική γνώση	Βασικό επίπεδο	0 2 (11.1%)	0 1 (5.5%)	0	0
	Μεταγνώση	0 0	0 0	0 0	0 0
Ομαδικές εργασίες		0	0	0	0
		0	1 (5.5%)	0	0

Ενότητα ΣΤ: Τα Άτομα

Σύνολο ερωτήσεων: 62

Σύνολο ερωτήσεων που αξιολογήθηκαν: 62 (100%)

Ερωτήσεις Ι: Το μάθημα σε ερωτήσεις: 45.

Ερωτήσεις ΙΙ: Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί: 17.

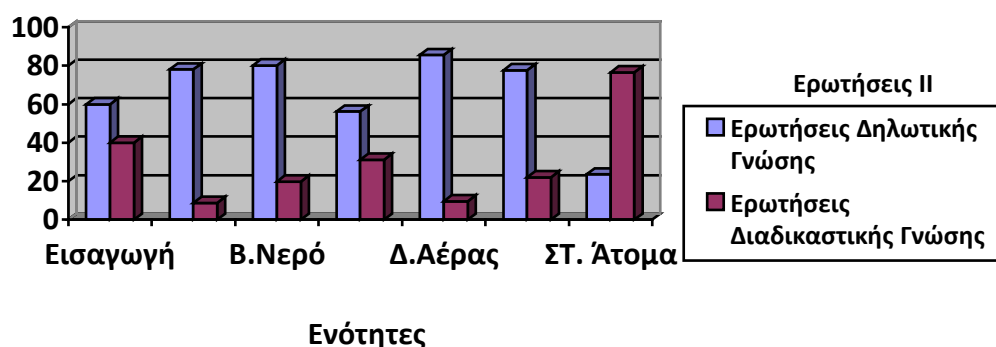
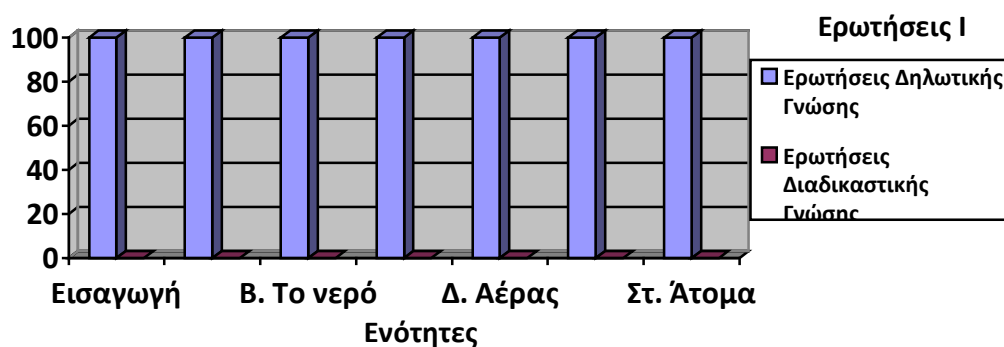
		Αυτολεξεί	Ψάξε	Εσύ κι ο συγγραφέας	Μόνος
Δηλωτική γνώση	Βασικό επίπεδο	39 (86.7%) 0	6 (13.3%) 1 (5.9%)	0 0	0 0
	Ανώτερο Επίπεδο		0 2 (11.8%)	0 1 (5.9%)	0 0
Διαδικαστική γνώση	Βασικό επίπεδο	0 12 (70.6%)	0 1 (5.9%)	0	0
	Μεταγνώση	0 0	0 0	0 0	0 0
Ομαδικές εργασίες		0	0	0	0
		0	0	0	0

Ε. Γραφήματα Αξιολόγησης

1. Ποσοτική σύγκριση % ερωτήσεων δηλωτικής με διαδικαστικής γνώσης για της δύο κατηγορίες ερωτήσεων :

Ερωτήσεις I: Το μάθημα σε ερωτήσεις .

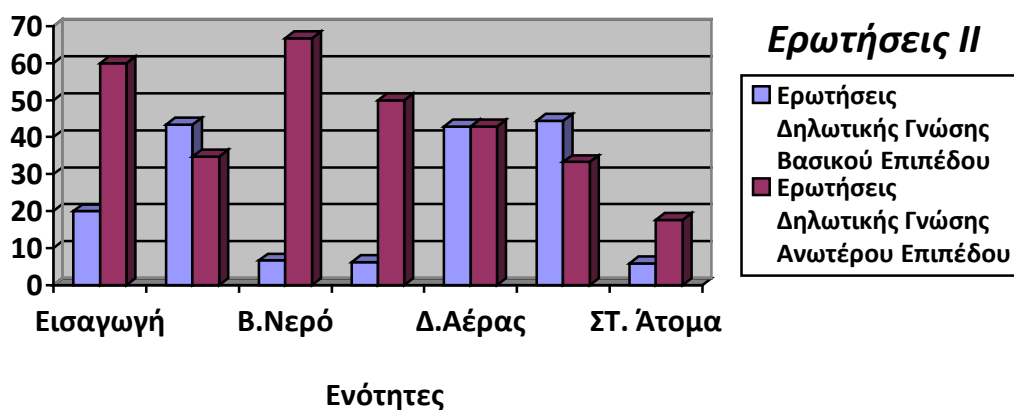
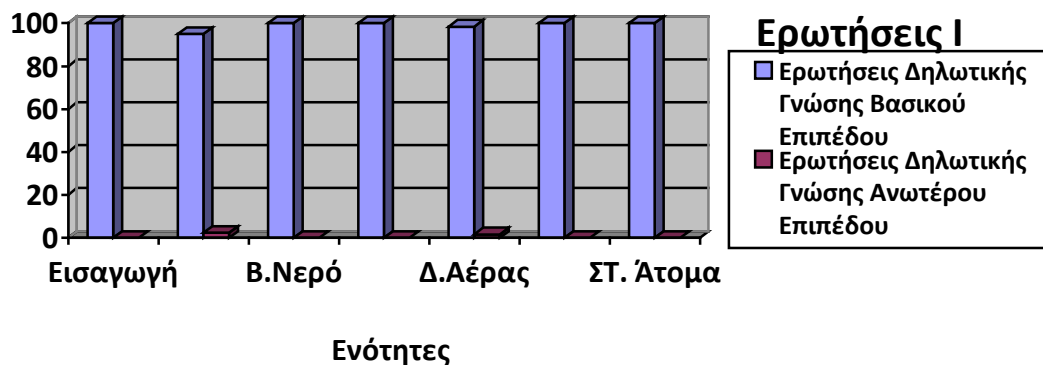
Ερωτήσεις II: Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί.



Παρατηρήσεις:

Στις ερωτήσεις I παρατηρείται πλήρης κυριαρχία των ερωτήσεων δηλωτικής γνώσης σε όλο το βιβλίο έναντι των διαδικαστικών. Στα ποσοστά των ερωτήσεων II ο αριθμός των διαδικαστικών ερωτήσεων αυξάνεται και στο ΣΤ' κεφάλαιο υπερέχουν αριθμητικά των ερωτήσεων της δηλωτικής γνώσης.

2. Ποσοτική σύγκριση ερωτήσεων δηλωτικής γνώσης βασικού επιπέδου και ανώτερου επιπέδου

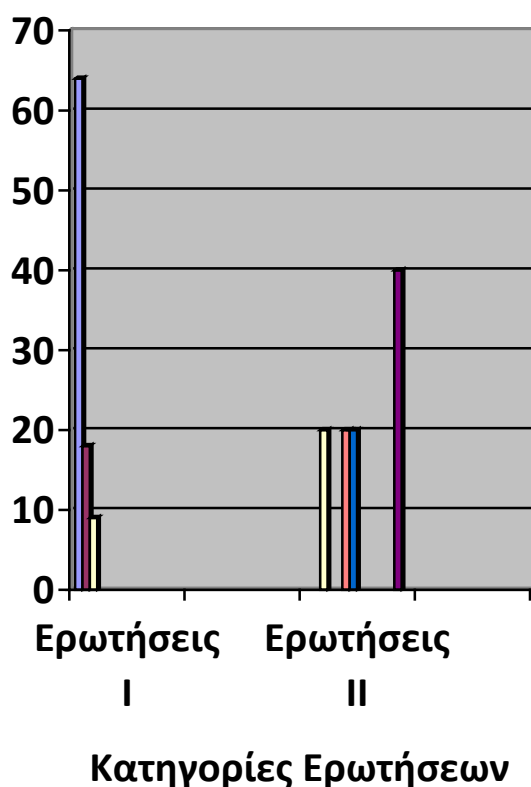


Παρατηρήσεις:

Στις ερωτήσεις I κυριαρχούν οι δραστηριότητες που ελέγχουν τη δηλωτική γνώση βασικού επιπέδου, δηλαδή την γνώση και απομνημόνευση εννοιών και κανόνων, ενώ στις ερωτήσεις II ο αριθμός των δραστηριοτήτων που ελέγχουν γνώσεις ανώτερου επιπέδου, δηλαδή την κατανόηση βασικών εννοιών αυξάνει δραματικά και σε κάποιες στιγμές όπως στο κεφάλαιο Β, Γ, Δ υπερτερούν (Β,Γ) ή ισοβαθμούν (Δ) με εκείνες του βασικού επιπέδου.

3.Αναλυτικά για κάθε ενότητα η αξιολόγηση είχε τα παρακάτω αποτελέσματα:

Εισαγωγή: Η Επιστήμη της Χημείας

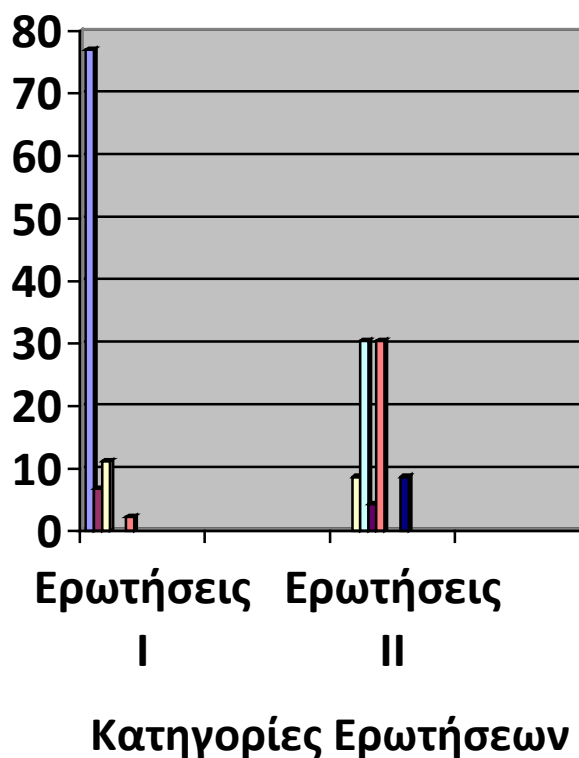


- 1. Δηλ.Β.Ε. Αυτολεξεί
- 2. Δηλ.Β.Ε. Ψάξε
- 3. Δηλ.Β.Ε. Εσύ κι ο συγγραφέας
- 4. Δηλ.Β.Ε. Μόνος
- 5. Δηλ. Α.Ε. Ψάξε
- 6. Δηλ.Α.Ε. Εσύ κι ο συγγραφέας
- 7. Δηλ.Α.Ε. Μόνος
- 8. Διαδ.Β.Ε. Αυτολεξεί
- 9. Διαδ.Β.Ε. Ψάξε
- 10. Μεταγνώση αυτολεξεί
- 11. Μεταγνώση Ψάξε
- 12. Μεταγνώση Εσύ κι ο συγγραφέας
- 13. Μεταγνώση Μόνος
- 14. Ομαδικές εργασίες

Παρατηρήσεις:

Ενώ στις ερωτήσεις I υπερτερούν οι δραστηριότητες που ελέγχουν δηλωτική γνώση βασικού επιπέδου και μάλιστα αυτολεξεί, που σημαίνει ότι ελέγχεται η γνώση εννοιών που βρίσκονται σε συγκεκριμένο σημείο του βιβλίου, στις ερωτήσεις II υπερτερούν οι δραστηριότητες που ελέγχουν διαδικαστική γνώση και μάλιστα σημαντικός αριθμός αυτών ελέγχει μεταγνωστικές δυνατότητες.

Ενότητα Α: Έδαφος-Υπέδαφος

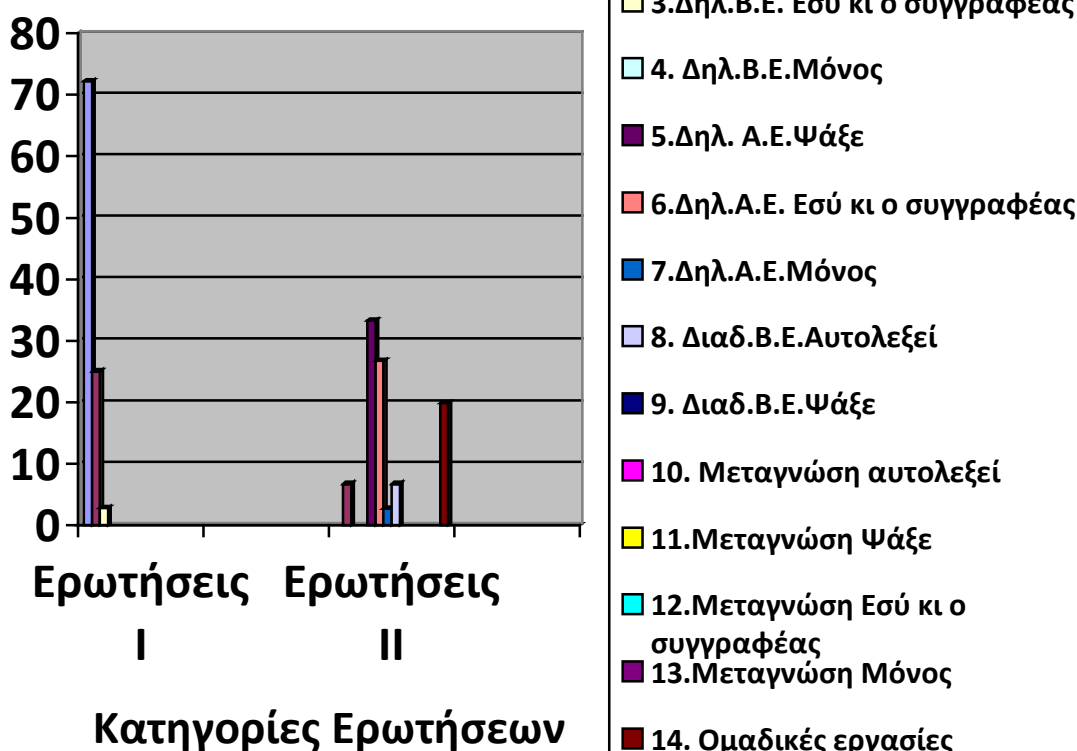


- 1. Δηλ.Β.Ε Αυτολεξεί
- 2. Δηλ.Β.Ε.Ψάξε
- 3. Δηλ.Β.Ε. Εσύ κι ο συγγραφέας
- 4. Δηλ.Β.Ε.Μόνος
- 5. Δηλ. Α.Ε.Ψάξε
- 6. Δηλ.Α.Ε. Εσύ κι ο συγγραφέας
- 7. Δηλ.Α.Ε.Μόνος
- 8. Διαδ.Β.Ε.Αυτολεξεί
- 9. Διαδ.Β.Ε.Ψάξε
- 10. Μεταγνώση αυτολεξεί
- 11. Μεταγνώση Ψάξε
- 12. Μεταγνώση Εσύ κι ο συγγραφέας
- 13. Μεταγνώση Μόνος
- 14. Ομαδικές εργασίες

Παρατηρήσεις:

Ενώ στις ερωτήσεις I υπερτερούν οι δραστηριότητες που ελέγχουν δηλωτική γνώση βασικού επιπέδου και μάλιστα αυτολεξεί, που σημαίνει ότι ελέγχεται η γνώση εννοιών που βρίσκονται σε συγκεκριμένο σημείο του βιβλίου, στις ερωτήσεις II υπερτερούν οι δραστηριότητες που ελέγχουν δηλωτική γνώση βασικού επιπέδου βασικού και ανωτέρου επιπέδου. Οι ερωτήσεις απαντώνται από τον μαθητή ο οποίος βοηθούμενος από την περιρρέουσα ατμόσφαιρα του βιβλίου αλλά χωρίς να μπορεί να εντοπίσει την απάντηση στο εγχειρίδιο.

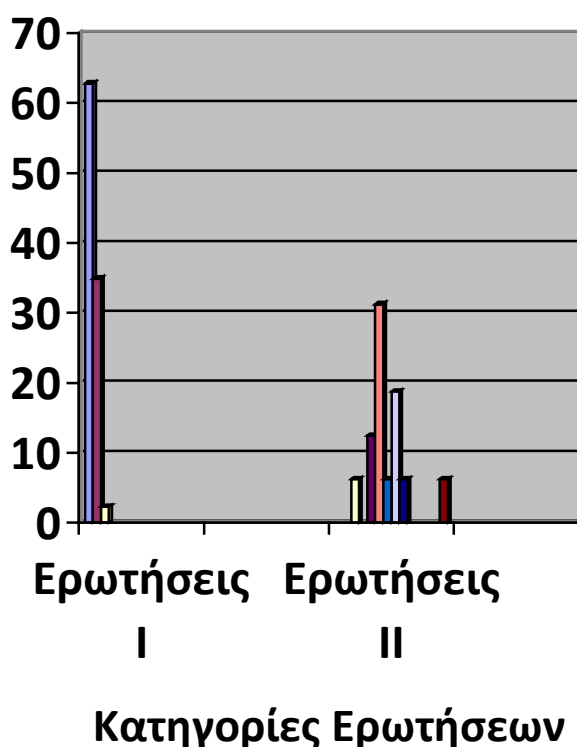
Ενότητα Β: Το Νερό



Παρατηρήσεις:

Στις ερωτήσεις I παρατηρείται ή ίδια εικόνα με τις προηγούμενες ενότητες. Στις ερωτήσεις II οι δραστηριότητες που υπερτερούν είναι εκείνες που ελέγχουν τη δηλωτική γνώση ανωτέρου επιπέδου. Δηλαδή την κατανόηση εννοιών και κανόνων είτε αυτές εντοπίζονται σε διάφορα σημεία του βιβλίου (ερωτήσεις ψάξε) είτε απαντώνται με τη βοήθεια του βιβλίου αλλά όχι βάση αυτού (ερωτήσεις εσύ κι ο συγγραφέας).

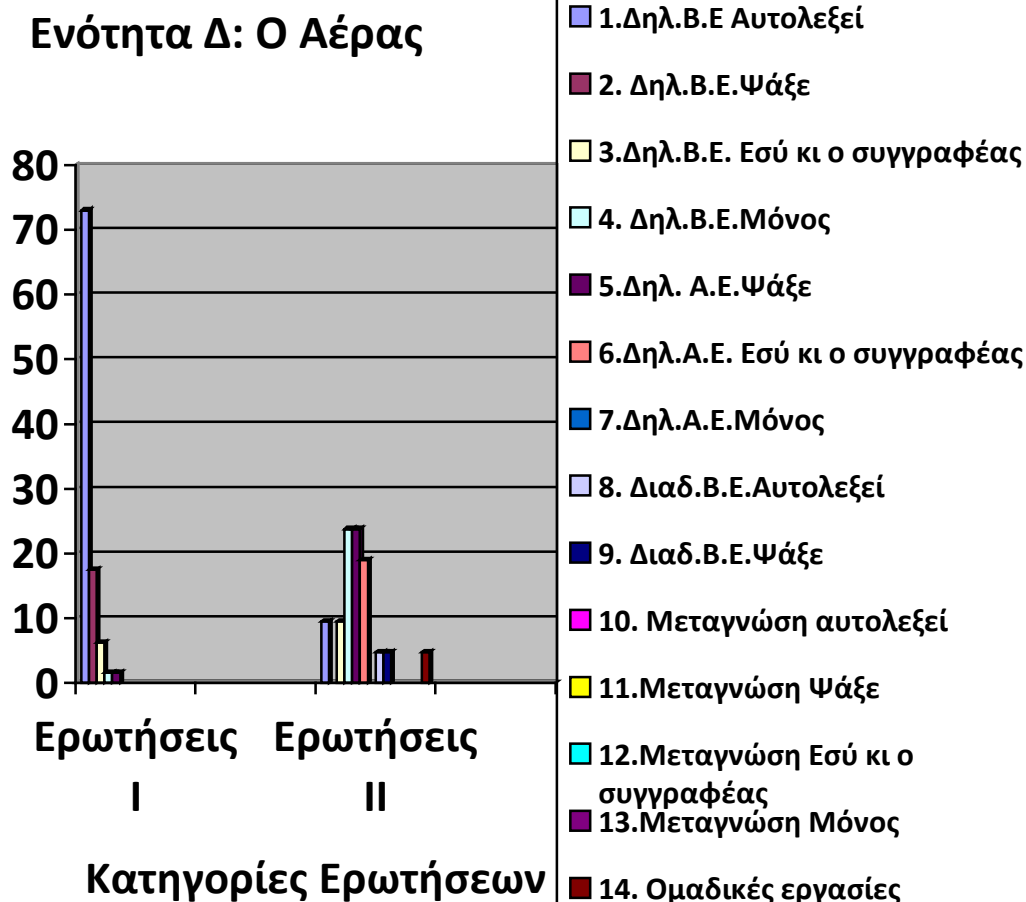
Ενότητα Γ: Χημική Αντίδραση



- 1. Δηλ. Β. Ε. Αυτολεξεί
- 2. Δηλ. Β. Ε. Ψάξε
- 3. Δηλ. Β. Ε. Εσύ κι ο συγγραφέας
- 4. Δηλ. Β. Ε. Μόνος
- 5. Δηλ. Α. Ε. Ψάξε
- 6. Δηλ. Α. Ε. Εσύ κι ο συγγραφέας
- 7. Δηλ. Α. Ε. Μόνος
- 8. Διαδ. Β. Ε. Αυτολεξεί
- 9. Διαδ. Β. Ε. Ψάξε
- 10. Μεταγνώση αυτολεξεί
- 11. Μεταγνώση Ψάξε
- 12. Μεταγνώση Εσύ κι ο συγγραφέας
- 13. Μεταγνώση Μόνος
- 14. Ομαδικές εργασίες

Παρατηρήσεις:

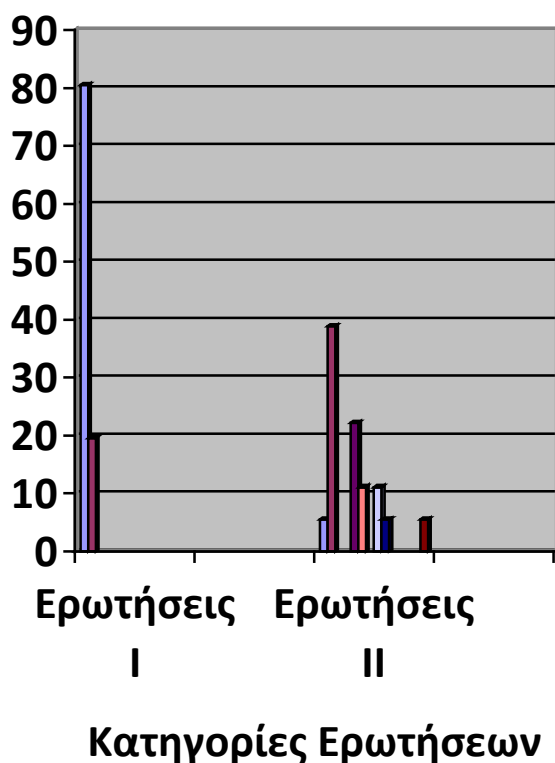
Στις ερωτήσεις II υπερτερούν οι δραστηριότητες που ελέγχουν δηλωτική γνώση ανωτέρου επιπέδου. Πιο συγκεκριμένα υπερτερούν οι ερωτήσεις εκείνες που ελέγχουν κατανόηση και η απάντηση αυτών δίνεται με τη βοήθεια του εγχειριδίου αλλά όχι βάση αυτού. Εντοπίζεται και η παρουσία ερωτήσεων διαδικαστικής γνώσης βασικού επιπέδου που ελέγχουν την δυνατότητα του μαθητή να ακολουθεί συγκεκριμένες διαδικασίες που του δίνονται σε συγκεκριμένο σημείο του εγχειριδίου.



Παρατηρήσεις:

Στις ερωτήσεις II, στην ενότητα Δ εντοπίζονται δραστηριότητες που ελέγχουν την κατανόηση (δηλ. ανωτέρου επιπέδου ψάξε και εσύ κι ο συγγραφέας) αλλά και τις βασικές γνώσεις εννοιών και κανόνων του μαθητή χωρίς τη χρήση του σχολικού εγχειριδίου (ερωτήσεις μόνος).

Ενότητα Ε: Μόρια

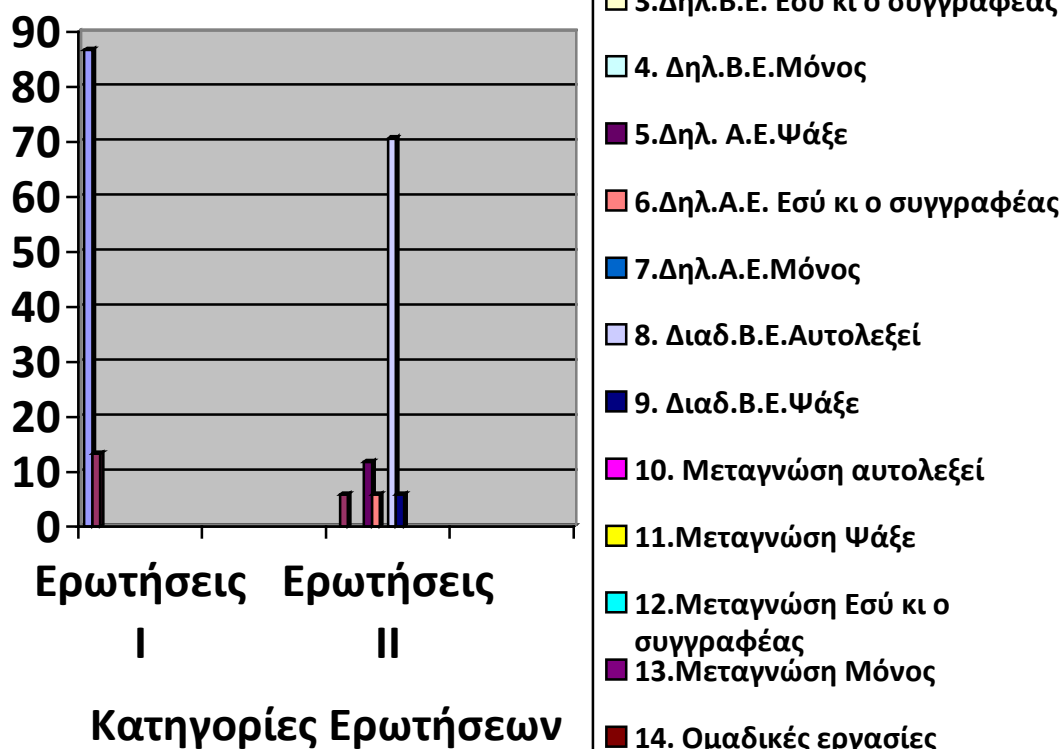


- 1. Δηλ. Β.Ε. Αυτολεξεί
- 2. Δηλ. Β.Ε. Ψάξε
- 3. Δηλ. Β.Ε. Εσύ κι ο συγγραφέας
- 4. Δηλ. Β.Ε. Μόνος
- 5. Δηλ. Α.Ε. Ψάξε
- 6. Δηλ. Α.Ε. Εσύ κι ο συγγραφέας
- 7. Δηλ. Α.Ε. Μόνος
- 8. Διαδ. Β.Ε. Αυτολεξεί
- 9. Διαδ. Β.Ε. Ψάξε
- 10. Μεταγνώση αυτολεξεί
- 11. Μεταγνώση Ψάξε
- 12. Μεταγνώση Εσύ κι ο συγγραφέας
- 13. Μεταγνώση Μόνος
- 14. Ομαδικές εργασίες

Παρατηρήσεις:

Σε αντίθεση με τις προηγούμενες ενότητες εδώ και στις δύο κατηγορίες ερωτήσεων υπερέχουν οι δραστηριότητες που αξιολογούν δηλωτική γνώση βασικού επιπέδου δηλαδή την γνώση ή όχι βασικών εννοιών και κανόνων. Φυσικά κι εδώ παρατηρούνται οι ερωτήσεις που αξιολογούν κατανόηση γνώσεων που εντοπίζονται σε διάφορα σημεία του σχολικού βιβλίου

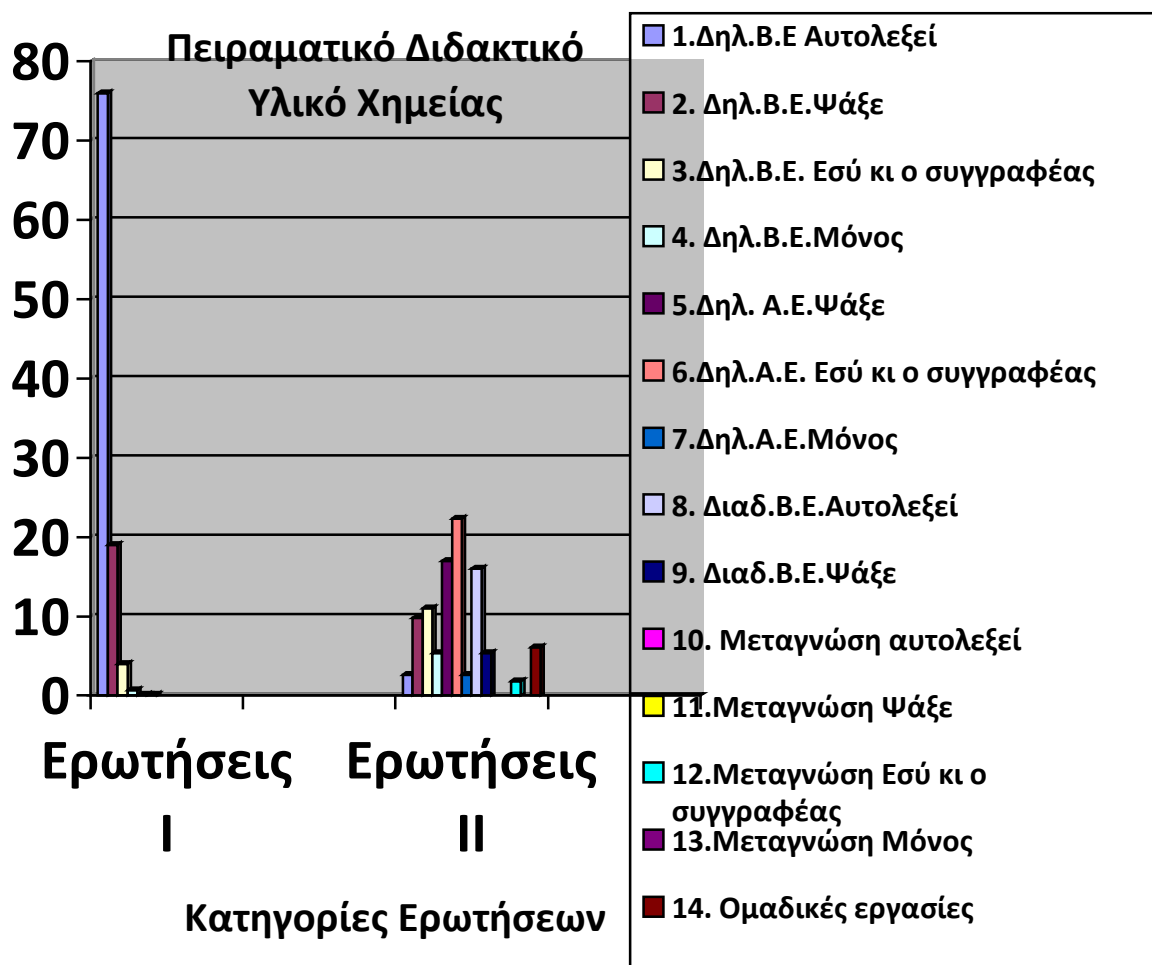
Ενότητα ΣΤ: Άτομα



Παρατηρήσεις:

Στην ενότητα αυτή, στις ερωτήσεις II υπερτερούν οι δραστηριότητες που αξιολογούν διαδικαστική γνώση βασικού επιπέδου δηλαδή που ελέγχουν την δυνατότητα του μαθητή να ακολουθεί συγκεκριμένες διαδικασίες που του δίνονται σε συγκεκριμένο σημείο του εγχειριδίου.

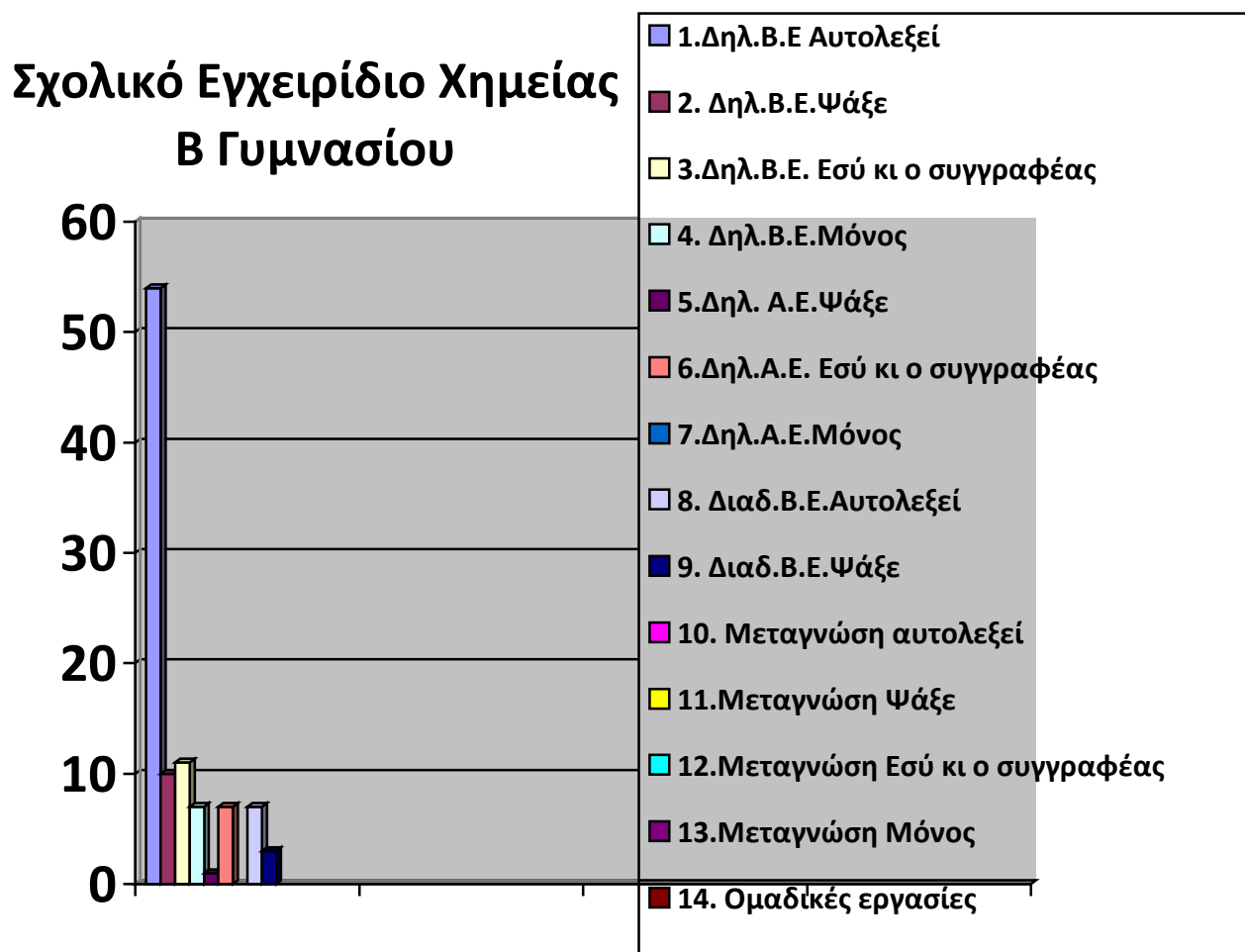
4. Αξιολογικό γράφημα για το σύνολο του πειραματικού διδακτικού υλικού της Χημείας.



Παρατηρήσεις:

Ενώ στις ερωτήσεις I υπερτερούν οι δραστηριότητες που ελέγχουν δηλωτική γνώση βασικού επιπέδου και μάλιστα αυτολεξεί, που σημαίνει ότι ελέγχεται η γνώση εννοιών που βρίσκονται σε συγκεκριμένο σημείο του βιβλίου, στις ερωτήσεις II υπερτερούν οι δραστηριότητες που ελέγχουν δηλωτική γνώση βασικού και ανωτέρου επιπέδου. Οι ερωτήσεις απαντώνται από τον μαθητή ο οποίος βοηθούμενος από την περιρρέουσα ατμόσφαιρα του βιβλίου αλλά χωρίς να μπορεί να εντοπίσει την απάντηση στο εγχειρίδιο.

5. Παράθεση γραφήματος αξιολόγησης του σχολικού εγχειριδίου της Χημείας Β΄ Γυμνασίου και σύγκριση αυτού με το πειραματικό διδακτικό υλικό της Χημείας



6. Σύγκριση σχολικού εγχειριδίου Β΄ Γυμνασίου Χημείας και πειραματικού διδακτικού υλικού:

1) Συμπεράσματα από την αξιολόγηση του Πειραματικού Διδακτικού υλικού:

Συνολικά παρατηρήθηκαν από την ολοκλήρωση της αξιολόγησης τα παρακάτω για το σύνολο των ερωτήσεων του πειραματικού διδακτικού υλικού :

Οι ερωτήσεις του πειραματικού διδακτικού υλικού:

1. Συσχετίζονται στην πλειονότητά τους με τους προκαθορισμένους στόχους του αναλυτικού προγράμματος.
2. Παρακινούν τους μαθητές μέσω των ερωτήσεων "Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί", να επεξεργαστούν το περιεχόμενο και να το κατανοήσουν.
3. Διαφοροποιούνται ως προς το βαθμό δυσκολίας.

4. Αναφέρονται σε ποικιλία δεξιοτήτων (π.χ. γνωστικές, παραγωγικές, αναπαραγωγικές) με επικράτηση των ερωτήσεων που αξιολογούν τη δηλωτική γνώση σε σχέση με αυτές που ελέγχουν διαδικαστικές γνώσεις. Παρατηρήθηκε η παρουσία μικρού αλλά υπαρκτού αριθμού μεταγνωστικών ερωτήσεων και ομαδικών εργασιών.

2) Σε αντίθεση με τα παραπάνω αποτελέσματα, η αξιολόγηση των ερωτήσεων του σχολικού εγχειριδίου Χημείας Β' Γυμνασίου έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα (βάση των αποτελεσμάτων που παρατίθενται στη Διπλωματική εργασία : Αξιολόγηση των Ερωτήσεων στα Σχολικά βιβλία Χημείας και μελέτη του παιδαγωγικού τους ρόλου, Παππά Ελένη Χημικός, Αθήνα 2006).

Οι ερωτήσεις στο σχολικό εγχειρίδιο:

1. Δεν συσχετίζονται στην πλειονότητά τους με τους προκαθορισμένους στόχους του αναλυτικού προγράμματος.
2. Δεν παρακινούν τους μαθητές να επεξεργαστούν το περιεχόμενο και να το κατανοήσουν αλλά οι ίδιοι οδηγούνται στην δυσχερή θέση να απομνημονεύουν την σχολική ύλη στο μεγαλύτερο ποσοστό της (και να μην την κατανοούν).
3. Ενώ ποικίλων στην μορφή τους δεν διαφέρουν ουσιαστικά στην ουσία και στη παιδαγωγική τους αξία.
4. Δεν διαφοροποιούνται ως προς το βαθμό δυσκολίας.
5. Δεν αναφέρονται σε ποικιλία δεξιοτήτων (π.χ. γνωστικές, παραγωγικές, αναπαραγωγικές). Παρατηρήθηκε η πλήρης απουσία μεταγνωστικών ερωτήσεων και ομαδικών εργασιών, ενώ οι ερωτήσεις κατανόησης και επεξεργασίας της δηλωτικής γνώσης όπως και ερωτήσεις διαδικαστικής γνώσης ήταν ελάχιστες στο σύνολο των βιβλίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σε αυτή τη διατριβή μελετήθηκαν οι ιδέες και οι αντιλήψεις των μαθητών της Β΄ τάξης του Γυμνασίου οι οποίοι για πρώτη φορά έρχονται σε επαφή με επιστημονικές έννοιες, όπως η έννοια του μορίου, καθώς και η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης μέσω της διδασκαλίας της έννοιας του μορίου από το πειραματικό διδακτικό υλικό. Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων στα γραπτά ερωτηματολόγια, καθώς και από την αξιολόγηση του πειραματικού διδακτικού υλικού, προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

11.1. Ποιοτικές συγκρίσεις των συνολικών βαθμολογιών

Από τις ποιοτικές συγκρίσεις καταδεικνύεται η σημαντική βελτίωση των βαθμολογιών των μαθητών των γυμνασίων της έρευνας αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση μέσω της διδασκαλίας της έννοιας του μορίου από το πειραματικό διδακτικό υλικό. Επισημαίνεται, ότι, στη συγκριτική αυτή παρουσίαση δεν έχει συμπεριληφθεί το τέταρτο γυμνάσιο της έρευνας διότι το ερωτηματολόγιο της έρευνας δόθηκε από την καθηγήτρια της τάξης στους μαθητές μόνο μία φορά μετά από τη διδασκαλία του πειραματικού υλικού, ενώ δεν δόθηκε μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας από το σχολικό βιβλίο. Πάντως, η μέση επίδοση της βαθμολογίας των μαθητών του γυμνασίου αυτού στο τελικό τεστ ήταν παραπλήσια των αντίστοιχων των δύο προηγούμενων γυμνασίων (Γυμνάσια 2 & 3). Αξιοσημείωτο είναι ότι οι επιδόσεις στο τελικό τεστ του δεύτερου, του τρίτου και του τέταρτου σχολείου είναι παραπλήσιες μεταξύ τους και με την επίδοση στο αρχικό τεστ του πρώτου σχολείου. Υπενθυμίζεται ότι το πρώτο σχολείο είναι πειραματικό γυμνάσιο της Αττικής (Γυμνάσιο 1). Ως γνωστόν, η επιλογή των μαθητών στα πειραματικά γυμνάσια γίνεται με κλήρωση και σε αυτά φοιτούν συνήθως μαθητές υψηλών επιδόσεων (κάτι που οπωσδήποτε χαρακτηρίζει το Γυμνάσιο 1). Εξάλλου τα υπόλοιπα σχολεία (Γυμνάσια 2 & 3 & 4) αντιπροσωπεύουν το τυπικό ελληνικό αστικό σχολείο, άρα μπορούμε να θεωρήσουμε τις επιδόσεις των μαθητών τους και τα ευρήματά μας ως αντιπροσωπευτικά του ελληνικού αστικού μαθητικού πληθυσμού που αποτελεί και την πλειονότητα.

Από τα δεδομένα που αφορούν στη δεύτερη σχολική χρονιά διεξαγωγής της έρευνας (2007-2008), η οποία συνοδεύτηκε με αλλαγή του σχολικού εγχειριδίου Χημείας, σημειώνονται εκ νέου σημαντικά καλύτερες επιδόσεις των μαθητών με τη νέα διδακτική προσέγγιση της έννοιας του μορίου μέσω του πειραματικού διδακτικού υλικού. Επισημαίνεται, ότι στη συγκριτική αυτή παρουσίαση δεν έχει συμπεριληφθεί το τέταρτο γυμνάσιο της έρευνας διότι το σχολείο αυτό αποφάσισε να μην συμμετάσχει στην υλοποίηση της έρευνας τη δεύτερη σχολική χρονιά.

Παρατηρούμε ότι οι επιδόσεις και τα φαινόμενα δεν διαφοροποιούνται αισθητά από εκείνα της προηγούμενης σχολικής χρονιάς. Εξάλλου, και εδώ οι επιδόσεις στο τελικό τεστ του δεύτερου και του τρίτου σχολείου είναι παραπλήσιες μεταξύ τους και με την επίδοση στο αρχικό τεστ του πρώτου σχολείου.

Συμπερασματικά, διαφαίνεται ότι η νοηματική και εποικοδομητική προσέγγιση της έννοιας του μορίου, όπως αυτή δομείται στο πειραματικό διδακτικό υλικό, βελτιώνει σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών της β' τάξης του γυμνασίου σε σχέση με τις επιδόσεις τους πριν από τη διδακτική παρέμβαση, οι οποίοι για πρώτη φορά έρχονται σε επαφή με επιστημονικά θέματα δομής της ύλης. Ουσιαστικά, οι μαθητές βοηθούνται να μεταβούν νοητικά από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο της ύλης.

11.2. Στατιστική επεξεργασία των συνολικών βαθμολογιών

Από την στατιστική επεξεργασία των συνολικών βαθμολογιών των μαθητών στο αρχικό και τελικό τεστ κάθε σχολείου χωριστά κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007 & 2007-2008), προκύπτει ότι οι επιδόσεις των μαθητών είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του τελικό τεστ, αμέσως μετά δηλαδή από τη διδακτική παρέμβαση μέσω του πειραματικού διδακτικού υλικού.

Επισημαίνεται ότι κατά το δεύτερο σχολικό έτος διεξαγωγής της έρευνας (σχολικό έτος 2007-2008), άλλαξε το σχολικό βιβλίο χημείας της β' γυμνασίου με νέο. Κατά συνέπεια, δόθηκε η δυνατότητα στους ερευνητές να αξιολογήσουν και να συγκρίνουν τις δύο διδακτικές προσεγγίσεις της έννοιας του μορίου (από το σχολικό βιβλίο και από το πειραματικό διδακτικό υλικό) τόσο με το προηγούμενο (Γεωργιάδου κ.ά.) όσο και με το τρέχον σχολικό εγχειρίδιο (Αβραμιώτης κ.ά.). Καταδεικνύεται λοιπόν, ότι ακόμα και μετά την αλλαγή του σχολικού εγχειριδίου, οι

μαθητές εξακολουθούν να εμφανίζουν στατιστικά καλύτερες επιδόσεις αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση μέσω του πειραματικού διδακτικού υλικού.

Στο ίδιο ακριβώς συμπέρασμα καταλήγουμε όταν επεξεργαστούμε στατιστικά τις συνολικές βαθμολογίες όλων των σχολείων συνολικά στο αρχικό και τελικό τεστ. Η προσθήκη ή μη στη διαδικασία αυτή του Γυμνασίου 4 στο οποίο για τεχνικούς λόγους δεν έγινε το αρχικό τεστ (pre test), δεν επηρεάζει καθόλου την εξαγωγή των αντίστοιχων συμπερασμάτων.

Από τη σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών του Πειραματικού Γυμνασίου (Γυμνάσιο 1) οι οποίοι εμφανίζουν τις υψηλότερες επιδόσεις τόσο στα αρχικό όσο στο τελικό τεστ σύμφωνα με το κριτήριο πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA, με τις επιδόσεις των μαθητών των υπόλοιπων Γυμνασίων της έρευνας, προκύπτει ότι οι μαθητές του Γυμνασίου αυτού, εμφανίζουν στατιστικά καλύτερες επιδόσεις τόσο στο αρχικό όσο και στο τελικό τεστ. Η προσθήκη ή μη στη διαδικασία αυτή του Γυμνασίου 4 στο οποίο για τεχνικούς λόγους δεν έγινε το αρχικό τεστ (pre test), δεν επηρεάζει καθόλου την εξαγωγή των αντίστοιχων συμπερασμάτων.

Από την στατιστική επεξεργασία των συνολικών βαθμολογιών των μαθητών κάθε Γυμνασίου χωριστά και των Γυμνασίων της έρευνας συνολικά στο αρχικό τεστ για τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007 & 2007-2008), προκύπτει ότι το Γυμνάσιο 3 είναι το μοναδικό Γυμνάσιο της έρευνας στο οποίο καταγράφονται στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά στις επιδόσεις των μαθητών στο αρχικό τεστ κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας. Όμως, η συνολική σύγκριση ανάμεσα στα αρχικά τεστ κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας, καταδεικνύει ότι οι μαθητές εμφανίζουν στατιστικά μη σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις τους όσον αφορά στο αρχικό τεστ. Άρα, η παρατήρηση για το Γυμνάσιο 3, δεν επηρεάζει τη συνολική σύγκριση.

Από τις επιδόσεις των μαθητών στις γραπτές εξετάσεις του Ιουνίου στα μαθήματα της Φυσικής και Χημείας κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας, προκύπτει ότι οι μαθητές του Πειραματικού Γυμνασίου της Αττικής (Γυμνάσιο 1), εμφανίζουν τις υψηλότερες επιδόσεις. Έτσι δικαιολογείται το γεγονός, ότι οι μαθητές αυτοί είχαν τις υψηλότερες επιδόσεις στο ερωτηματολόγιο της έρευνας τόσο στο αρχικό όσο και στο τελικό τεστ και τις δύο σχολικές χρονιές διεξαγωγής της έρευνας. Στα υπόλοιπα δύο Γυμνάσια, οι επιδόσεις των μαθητών στις γραπτές εξετάσεις είναι παρεμφερείς, κατά συνέπεια και οι μέσοι όροι των επιδόσεων των μαθητών αυτών στο ερωτηματολόγιο της έρευνας, είναι περίπου ίδιες μεταξύ τους.

Τέλος, διαπιστώνουμε από τα δεδομένα των γραπτών εξετάσεων ότι οι επιδόσεις των μαθητών του κάθε σχολείου δεν διαφοροποιούνται ιδιαίτερα κατά τα δύο σχολικά έτη.

11.3. Διαχωρισμός των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου σε ομάδες και στατιστική επεξεργασία των ομάδων αυτών

Διαχωρίζοντας τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου σε κατηγορίες όσον αφορά στο περιεχόμενο των ερωτήσεων, διακρίναμε τις ερωτήσεις με βάση τη στατικότητα (στατική εικόνα) και τη μεταβλητότητα (μεταβολή). Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι ερωτήσεις 2, 3, 4 ενώ στη δεύτερη οι ερωτήσεις 5, 6, 7, 8. Η μέση % επίδοση των μαθητών των Γυμνασίων της έρευνας στο τελικό τεστ όσον αφορά στις δύο αυτές κατηγορίες ερωτήσεων ήταν 46% και 47,9% αντίστοιχα. Διαπιστώνεται, ότι, δεν υπάρχει ουσιαστική διαφοροποίηση στις επιδόσεις των δύο κατηγοριών. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι ενδεχομένως υπάρχει ένας κοινός παράγοντας τα (μόρια) που συνδέει τις δύο κατηγορίες των ερωτήσεων.

Οι επιδόσεις των μαθητών στο τελικό τεστ, μελετήθηκαν με ανάλυση παραγόντων (Factor analysis), για να εξεταστούν και να ανιχνευθούν σχέσεις ανάμεσα στις ερωτήσεις. Από την επεξεργασία αυτή, προκύπτει ότι ο παράγοντας 1 φορτίζεται από τις ερωτήσεις 5, 6, 7, ενώ ο παράγοντας 2 φορτίζεται από τις ερωτήσεις 2, 4, 8. Η ερώτηση 3 είναι μοιρασμένη και στους δύο παράγοντες. Η ερώτηση 8 έχει σχετικά υψηλή φόρτιση και στον παράγοντα 1, πολύ μικρότερη όμως σε σχέση με τον παράγοντα 2. Η ανάλυση παραγόντων τελικά διαφοροποιεί τον αρχικό διαχωρισμό των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου που είχε προκύψει από το περιεχόμενο των ερωτήσεων. Αν επιχειρήσουμε να δώσουμε μια εξήγηση στην παραπάνω διαφορά παραγοντοποίησης, η διάκριση των υπεισερχόμενων ερωτήσεων ως προς τη στατικότητα και μεταβλητότητα των μορίων προσφέρει μια μερική λύση: τουλάχιστον οι τρεις ερωτήσεις του παράγοντα 1 ανήκουν στην ομάδα ερωτήσεων που εμείς κατατάξαμε με βάση τη μεταβλητότητα. Όσον αφορά στον παράγοντα 2, εδώ υπεισέρχεται η απαίτηση σχεδιασμού μορίων από τους μαθητές, άρα μπορούμε να θεωρήσουμε τον παράγοντα 2 ως ``σχεδιαστικό παράγοντα``.

Από την στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών των μαθητών στις δύο ομάδες ερωτήσεων στο αρχικό και τελικό τεστ όλων των Γυμνασίων συνολικά κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007 & 2007-2008), προκύπτουν τα εξής:

Οι επιδόσεις των μαθητών στις δύο κατηγορίες ερωτήσεων στο αρχικό τεστ της πρώτης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας, δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Το ίδιο ακριβώς παρατηρείται και στο τελικό τεστ. Όμως οι επιδόσεις των μαθητών στις δύο κατηγορίες ερωτήσεων στο αρχικό τεστ της δεύτερης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους υπέρ της ομάδας ερωτήσεων 5, 6, 7. Διαφαίνεται λοιπόν, ότι, οι μαθητές βελτιώνουν τις επιδόσεις τους στις ερωτήσεις 5, 6, 7 στο αρχικό τεστ κατά το δεύτερο σχολικό έτος διεξαγωγής της έρευνας.

Επίσης, οι επιδόσεις των μαθητών σε κάθε ομάδα ερωτήσεων χωριστά ανάμεσα στο αρχικό και τελικό τεστ κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας, διαφέρουν σημαντικά μεταξύ του υπέρ του τελικού τεστ.

11.4. Στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά στο αρχικό και τελικό τεστ στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας κατά το σχολικό έτος 2006-2007 & 2007-2008

Από την στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά στο αρχικό και τελικό τεστ στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας κατά το σχολικό έτος 2006-2007, προκύπτουν τα εξής:

Οι επιδόσεις των μαθητών στις ερωτήσεις 1, 4, 7 δεν είναι στατιστικά σημαντικές, ενώ οι αντίστοιχες επιδόσεις στις ερωτήσεις 2, 3, 5, 6, 8 είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του τελικού τεστ.

Από την στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών των μαθητών κάθε ερώτησης χωριστά στο αρχικό και τελικό τεστ στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας κατά το σχολικό έτος 2007-2008, προκύπτουν τα ακόλουθα:

Σε αντίθεση με την πρώτη σχολική χρονιά διεξαγωγής της έρευνας, μόνο στην ερώτηση 7 δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Αντίθετα, στις υπόλοιπες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου εμφανίζονται επιδόσεις στατιστικά σημαντικές υπέρ του τελικού τεστ.

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών των γυμνασίων της έρευνας συνολικά σε κάθε ερώτηση χωριστά στο αρχικό (pre test) για τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007 & 2007-2008) και στο τελικό τεστ (post test) υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία μέσω του στατιστικού κριτηρίου πολλαπλών συγκρίσεων ONE WAY ANOVA. Προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Όσον αφορά στο αρχικό τεστ της σχολικής χρονιάς 2006-2007, στις ερωτήσεις 1, 3, 5, 8 οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 (Πειραματικό Γυμνάσιο) σε σχέση με τα άλλα δύο σχολεία. Στις ερωτήσεις 2, 4, 7 παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά υπέρ του Γυμνασίου 2 σε σχέση με το Γυμνάσιο 3. Τέλος, στην ερώτηση 6 δεν παρατηρείται καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στα σχολεία της έρευνας. Φαίνεται λοιπόν, ότι η ερώτηση 6 δυσκολεύει εξίσου τους μαθητές των τριών Γυμνασίων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να ερμηνεύσουν την ύπαρξη μικρών αποστάσεων και σχετικά ισχυρών ελκτικών δυνάμεων ανάμεσα στα μόρια μιας υγρής ουσίας. Κατά συνέπεια, δυσκολεύονται να ερμηνεύσουν το φαινόμενο της δυσκολίας συμπίεσης του νερού μέσα στη σύριγγα.

Στο αρχικό τεστ της σχολικής χρονιάς 2007-2008, έχουμε διαφοροποίηση σε σχέση με την προηγούμενη σχολική χρονιά. Εδώ στις ερωτήσεις 2, 3, 4, 7 δεν παρατηρείται καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στα σχολεία της έρευνας. Μόνο στις ερωτήσεις 6, 8 οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 (Πειραματικό Γυμνάσιο) σε σχέση με τα άλλα δύο σχολεία.. Φαίνεται λοιπόν, ότι, κατά το δεύτερο σχολικό έτος διεξαγωγής της έρευνας, οι μαθητές του Γυμνασίου 1 βελτιώνουν τις επιδόσεις τους στην αρκετά απαιτητική ερώτηση 6 σε σχέση με τα άλλα δύο σχολεία. Στην ερώτηση 5 οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 (Πειραματικό Γυμνάσιο) σε σχέση με το Γυμνάσιο 3, ενώ στην ερώτηση 1 οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 (Πειραματικό Γυμνάσιο) σε σχέση με το Γυμνάσιο 2.

Όσον αφορά στο τελικό τεστ, στις ερωτήσεις 1, 5, 6 οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ του Γυμνασίου 1 (Πειραματικό Γυμνάσιο) σε σχέση με τα άλλα δύο σχολεία. Στις ερωτήσεις 2, 8 παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά υπέρ του Γυμνασίου 1 σε σχέση με το Γυμνάσιο 3. Στις ερωτήσεις 3, 4, 7 δεν παρατηρείται καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στα σχολεία της έρευνας.

11.5. Ποιοτική ανάλυση κάθε ερώτησης χωριστά στο αρχικό και τελικό τεστ στο σύνολο των Γυμνασίων της έρευνας

Συμπερασματικά, όσον αφορά στις απαντήσεις των μαθητών στις επιμέρους ερωτήσεις του ερωτηματολογίου στο αρχικό τεστ και στα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας, παρατηρούμε ανά ερώτηση τα εξής:

- Στην ερώτηση 2, αρκετοί μαθητές κάνουν το λάθος να μην αναπαριστούν τα μόρια του νερού και του οιοπνεύματος με διαφορετικά κυκλάκια, μιας και πρόκειται για διαφορετικές ουσίες, αλλά με ίδια. Επίσης, συγχέουν τη διάταξη των μορίων στις τρεις καταστάσεις, ακόμα και αν σωστά αναπαριστούν τα μόρια του νερού και του οιοπνεύματος με διαφορετικά κυκλάκια. Διαφαίνεται, ότι, οι μαθητές δυσκολεύονται ιδιαίτερα όταν τους ζητείται να αναπαριστούν μόρια-διάταξη μορίων.
- Στην ερώτηση 3, υπάρχουν κάποιοι μαθητές που απαντούν σωστά, όμως η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών δείχνει να μην μπορεί να ερμηνεύσει μικροσκοπικά (με βάση τα μόρια) το φαινόμενο της μετατροπής του νερού σε πάγο. Ακόμα και αυτοί οι μαθητές που επιχειρούν να προσεγγίσουν το φαινόμενο μακροσκοπικά όπως τους ζητείται εξάλλου, σε κάποιες περιπτώσεις συγχέουν τις πυκνότητες του νερού και του γυαλιού. Παραταύτα, διαφαίνεται ότι προσεγγίζουν την απάντηση μακροσκοπικά, αποτελεσματικότερα σε σχέση με την μικροσκοπική.
- Στην ερώτηση 4 υπάρχουν κάποιοι μαθητές που απαντούν σωστά. Η ερώτηση 4 ουσιαστικά είναι μια παραλλαγή της ερώτησης 2 και οι μαθητές εξακολουθούν να δυσκολεύονται με τις αναπαραστάσεις μορίων διαφορετικών ουσιών. Είτε αναπαριστούν τα μόρια των δύο ουσιών με το ίδιο κυκλάκι σαν να πρόκειται για την ίδια ουσία, είτε αναπαριστούν τις δύο ουσίες σε άλλη κατάσταση, μολονότι χρησιμοποιούν διαφορετικά κυκλάκια.
- Στην ερώτηση 5, οι μαθητές λανθασμένα θεωρούν ότι τα μόρια του νερού σταματούν να κινούνται όταν αυτό παγώνει, ενώ μια ομάδα μαθητών θεωρεί ότι όταν το νερό παγώνει, τα μόριά του δεν σταματούν μεν να κινούνται, αλλά κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα.
- Στην ερώτηση 6, που δείχνει να δυσκολεύει τους μαθητές περισσότερο από κάθε άλλη, οι μαθητές έχουν σημαντικές δυσκολίες να κατανοήσουν επιστημονικά θέματα όπως τη διάταξη, την κίνηση των μορίων στην υγρή κατάσταση και τις ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων στην υγρή κατάσταση.

- Στην ερώτηση 7, αρκετοί μαθητές απαντούν σωστά. Πρέπει βεβαίως να επισημανθεί, ότι, ο τρόπος εκφώνησης της ερώτησης (τρεις διαφορετικές επιλογές), ενδεχομένως διευκολύνει τους μαθητές να προσεγγίσουν τη σωστή απάντηση. Υπάρχουν όμως μαθητές που δυσκολεύτηκαν στην ερώτηση αυτή, θεωρώντας κυρίως ότι στη μεταλλική σφαίρα προστίθενται μόρια θερμότητας, γι αυτό διαστέλλεται.
- Στην ερώτηση 8, οι μαθητές δεν κατανοούν σε αρκετά σημαντικό ποσοστό, ότι παρόλο που η ζάχαρη διαλύεται εντελώς στο νερό, δεν παύει να υπάρχει μέσα σε αυτό. Κατά συνέπεια, αναπαριστούν τα μόρια του ζαχαρόνευ σαν να πρόκειται ουσιαστικά εκ νέου για νερό και όχι για ομογενές μείγμα αποτελούμενο από δύο διαφορετικές ουσίες.

Όσον αφορά στις απαντήσεις των μαθητών στις επιμέρους ερωτήσεις του ερωτηματολογίου στο τελικό τεστ, μπορούμε να επισημάνουμε τα ακόλουθα:

- Στην ερώτηση 2, αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση, υπερδιπλασιάζεται το % ποσοστό των μαθητών σε κάθε ένα από τα Γυμνάσια της έρευνας που απαντά σωστά στην ερώτηση αυτή. Δείχνουν δηλαδή οι μαθητές, ότι αντιλαμβάνονται πλέον πολύ καλύτερα ότι τα μόρια διαφορετικών ουσιών είναι διαφορετικά. Διαφαίνεται επίσης, ότι, οι μαθητές εξοικειώνονται πολύ περισσότερο με την αναπαράσταση μορίων-διάταξη των μορίων στις τρεις φυσικές καταστάσεις.
- Στην ερώτηση 3, ιδιαίτερα στα Γυμνάσια 2 & 3 αυξάνεται σημαντικά το % ποσοστό των μαθητών που απαντά σωστά στην ερώτηση αυτή, σε αντίθεση με το πρώτο σχολικό έτος διεξαγωγής της έρευνας, όπου δεν βρέθηκε κανένας μαθητής να απαντά σωστά στην ερώτηση αυτή. Δηλαδή, αυξάνονται σημαντικά οι μαθητές που ερμηνεύουν μικροσκοπικά (με βάση τα μόρια) το φαινόμενο της μετατροπής του νερού σε πάγο. Ακόμα μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών προσεγγίζει το φαινόμενο μακροσκοπικά όπως τους ζητείται εξάλλου. Πρέπει να επισημανθεί, ότι και στο τελικό τεστ διαφαίνεται ότι οι μαθητές προσεγγίζουν την απάντηση μακροσκοπικά, αποτελεσματικότερα σε σχέση με την μικροσκοπική.

- Η ερώτηση 4 ουσιαστικά είναι μια παραλλαγή της ερώτησης 2 και οι μαθητές δυσκολεύονται πολύ λιγότερο μετά τη διδακτική παρέμβαση, με τις αναπαραστάσεις μορίων διαφορετικών ουσιών και τη διάταξη των μορίων μιας ουσίας στην υγρή κατάσταση, όπως επισημάνθηκε και στα σχόλια της ερώτησης 2.
- Στην ερώτηση 5, αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση, υπερδιπλασιάζεται το % ποσοστό των μαθητών σε κάθε ένα από τα Γυμνάσια της έρευνας που απαντά σωστά στην ερώτηση αυτή. Χαρακτηριστικά αναφέρεται, ότι, στο Γυμνάσιο 1 (Πειραματικό Γυμνάσιο), το % ποσοστό των μαθητών που απαντούν σωστά στην ερώτηση 5 υπερβαίνει το 90%. Διαφαίνεται, ότι, οι μαθητές ξεπερνούν την παρανόηση ότι τα μόρια του νερού σταματούν να κινούνται όταν αυτό παγώνει.
- Η ερώτηση 6, εξακολουθεί να δυσκολεύει τους μαθητές περισσότερο από κάθε άλλη, δείχνοντας ότι αποτελεί την πιο απαιτητική ερώτηση του ερωτηματολογίου. Όμως στην ερώτηση αυτή, καταγράφονται ίσως τα πιο εντυπωσιακά αποτελέσματα, μιας που και τις δύο σχολικές χρονιές διεξαγωγής της έρευνας, κανένας μαθητής δεν μπόρεσε να απαντήσει σωστά στην ερώτηση αυτή στο αρχικό τεστ. Αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση, φαίνεται ότι οι μαθητές ξεπερνούν σε σημαντικό βαθμό τις δυσκολίες όταν επιχειρούν να κατανοήσουν επιστημονικά θέματα όπως τη διάταξη, την κίνηση των μορίων στην υγρή κατάσταση και τις ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων στην υγρή κατάσταση.
- Στην ερώτηση 7, όπως επισημάνθηκε σε προηγούμενα σχόλια, ο τρόπος εκφώνησης της ερώτησης (τρεις διαφορετικές επιλογές), ενδεχομένως διευκολύνει τους μαθητές να προσεγγίσουν τη σωστή απάντηση. Όμως, μετά τη διδακτική παρέμβαση, στα δύο από τα τρία Γυμνάσια της έρευνας (Γυμνάσιο 1 & 3), το % ποσοστό των σωστών απαντήσεων προσεγγίζει το 100 %.
- Στην ερώτηση 8, οι μαθητές κατανοούν πλέον σε αρκετά σημαντικό ποσοστό, ότι παρόλο που η ζάχαρη διαλύεται εντελώς στο νερό, δεν

παύει να υπάρχει μέσα σε αυτό. Κατά συνέπεια, αναπαριστούν τα μόρια του ζαχαρόνερου για ομογενές μείγμα αποτελούμενο από δύο διαφορετικές ουσίες. Έτσι, σχεδιάζουν με διαφορετικά κυκλάκια τα μόρια του νερού και τα μόρια της ζάχαρης.

Η ερώτηση 3, η εκφώνηση της οποίας αποτελούνταν από ένα μακροσκοπικό και ένα μικροσκοπικό μέρος, υποβλήθηκε σε περαιτέρω στατιστική επεξεργασία, από την οποία προέκυψαν τα εξής:

- Όσον αφορά στο μακροσκοπικό σκέλος της ερώτησης 3, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές υπέρ του τελικού τεστ σε σχέση με το αρχικό τεστ της δεύτερης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας (2007-2008). Αντίθετα, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά στο τελικό τεστ σε σχέση με το αρχικό τεστ της πρώτης σχολικής χρονιάς διεξαγωγής της έρευνας (2006-2007).
- Στο μικροσκοπικό σκέλος της ερώτησης 3, (ερμηνεία του φαινομένου αλλαγής φυσικής κατάστασης του νερού), έχουμε στατιστικά σημαντικές διαφορές υπέρ του τελικού τεστ σε σχέση με το αρχικό τεστ και τις δύο σχολικές χρονιές διεξαγωγής της έρευνας. Διαφαίνεται, ότι, αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση, οι μαθητές ερμηνεύουν πολύ καλύτερα το φαινόμενο της μετάβασης του νερού από την υγρή στην στερεά κατάσταση μικροσκοπικά (με βάση τα μόρια).

11.6. Αξιολόγηση του πειραματικού διδακτικού υλικού

Η αξιολόγηση του πειραματικού διδακτικού υλικού έδωσε τα κάτωθι αποτελέσματα σε σχέση με τις ερωτήσεις που περιέχει, τα οποία το διαφοροποιούν συγκριτικά με το σχολικό εγχειρίδιο Χημείας της Β' Γυμνασίου:

Οι ερωτήσεις συσχετίζονται στην πλειοψηφία τους με τους προκαθορισμένους στόχους του αναλυτικού προγράμματος.

Παρακινούν τους μαθητές μέσω των ερωτήσεων "Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί ", να επεξεργαστούν το περιεχόμενο και να το κατανοήσουν.

Διαφοροποιούνται ως προς το βαθμό δυσκολίας.

Αναφέρονται σε ποικιλία δεξιοτήτων (π.χ. γνωστικές, παραγωγικές, αναπαραγωγικές) με επικράτηση των ερωτήσεων που αξιολογούν τη δηλωτική γνώση σε σχέση με αυτές που ελέγχουν διαδικαστικές γνώσεις. Παρατηρήθηκε η παρουσία μικρού αλλά υπαρκτού αριθμού μεταγνωστικών ερωτήσεων και ομαδικών εργασιών.

11.7. Τελικά σχόλια και παρατηρήσεις

Η διεθνής βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι οι μαθητές συναντούν δυσκολίες όταν επιχειρούν να κατανοήσουν χημικές έννοιες όπως η έννοια του μορίου, όταν δηλ. προσπαθούν να μεταβούν νοητικά από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο της ύλης και αντίστροφα.

Ειδικότερα, διάφοροι ερευνητές (Piaget και Inhelder 1974, Dow, Anld και Wilson 1978, Novick και Nussbaum 1978,1981, Brook, Briggs και Driver 1984, Haidar, A. & Abraham, M. 1991, Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W. & Berkheime, G. D. 1993, Abraham, M., Williamson, V. & Westbrook, S. 1994, Bunce, D. M. & Gabel, D. 2002) έχουν ασχοληθεί με τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών περί μορίων.

Παρατηρήσεις σχετικές με τις φυσικές ιδιότητες (φυσική κατάσταση και θερμοκρασία) των μεμονωμένων μορίων από καθηγητές Φυσικών Επιστημών έχουν καταγραφεί σε εργασία του Τσαπαρλή (Δεκ. 1997 – Ιαν. 1998). Σε άλλες έρευνες (Herron, 1978 / Johnstone, 1991 / Τσαπαρλής 1994a / Τσαπαρλής, 1997b) έχει διατυπωθεί η άποψη ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες σε θέματα σχετικά με τη δομή της ύλης. Πρόσφατη έρευνα (Garafalo και συν., 2001) συνιστά «καθυστερημένη» εισαγωγή θεμάτων όπως η μοριακή και ατομική δομή στο δεύτερο εξάμηνο, ώστε να μπορούν οι μαθητές να ξεπεράσουν τις δυσκολίες που προκύπτουν από τις έννοιες αυτές. Κατ' επέκταση η σύνδεση ανάμεσα στο μακροσκοπικό στο συμβολικό και στο υπομικροσκοπικό επίπεδο της ύλης θα συμβάλλει σημαντικά στη δόμηση του τρόπου σκέψης και της νοηματικής ικανότητας των μαθητών (Γεωργιάδου & Τσαπαρλής, 1998 / Georgiadou & Tsaparlis, 2000 / Johnstone, 2000).

Μία από τις βασικότερες αρχές στις οποίες στηρίχτηκε μεθοδολογικά η συγγραφή του πειραματικού διδακτικού υλικού είναι η εποικοδομητική μάθηση. Όλη η προσπάθεια των συγγραφέων εστιάζεται σε μια εποικοδομητική διδασκαλία και μάθηση. Αυτό είναι και ο σημαντικότερος νεωτερισμός του βιβλίου αυτού. Καταρχήν η εφαρμογή της εποικοδομητικής διδασκαλίας είναι έργο και ευθύνη του

εκπαιδευτικού και δευτερευόντως του διδακτικού βιβλίου. Για να βοηθηθεί όμως ο δάσκαλος, το βιβλίο έχει ουσιαστικά μετατραπεί σε οδηγό διδασκαλίας. Όπως συνιστά ο Arons, πρώτα δίδεται η ιδέα κι έπειτα το όνομα (Τσαπαρλής, 1991, σελ. 125). Κατά συνέπεια, όλες οι έννοιες εισάγονται με επαγωγικό – εποικοδομητικό τρόπο και όχι με τον παραδοσιακό αξιωματικό τρόπο, βοηθώντας τους μαθητές να δομήσουν νοητικά τις έννοιες που πραγματεύεται το παρόν διδακτικό υλικό. Εξάλλου, η εποικοδομητική διδασκαλία λαμβάνει υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες και παρανοήσεις των μαθητών και στοχεύει να τις προλάβει ή να τις διορθώσει μέσω της εννοιολογικής αλλαγής (Τσαπαρλής, 2002).

Επιπλέον, στην ενεργητική μάθηση συμβάλλει και η έμφαση στο απλό πείραμα που εκτελούν οι μαθητές σε ομάδες. Η χωρίς πείραμα διδασκαλία της Φυσικής και της Χημείας, που είναι ο κανόνας στη χώρα μας, είναι εκ των προτέρων καταδικασμένη σε αποτυχία. Κάθε άλλη προσπάθεια του δασκάλου (μελέτη, ερωτήσεις, ασκήσεις) είναι λειψή. Περαιτέρω, η συνεργασία των μαθητών σε ομάδες των 2, 3 ή 4 μαθητών θεωρείται πολύ σημαντική τόσο για τη μάθηση, όσο και για την ανάπτυξη ικανοτήτων επικοινωνίας. Αλλά και η εκτέλεση των πειραμάτων ως επιδείξεων, όπου αυτό επιβάλλεται λόγω ελλείψεως πολλαπλών οργάνων, προτείνεται να γίνεται όχι από τον καθηγητή, αλλά από δυάδες μαθητών που θα καθοδηγούνται από τον καθηγητή. Στο βιβλίο τα αποτελέσματα των πειραμάτων ούτε περιγράφονται ούτε δείχνονται σε σχήμα ή σε φωτογραφία κατά κανόνα. Έτσι, το βιβλίο λειτουργεί ως εργαστηριακός οδηγός, με κενό χώρο όπου ζητείται από τους μαθητές να καταγράψουν τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά τους.

Ακόμη, η σπειροειδής διδασκαλία που εφαρμόζεται κατά κόρον στο πειραματικό διδακτικό υλικό είναι χρήσιμη και απαραίτητη για πολλούς λόγους. Πρώτα-πρώτα δεν είναι δυνατόν να εξαντληθεί ένα θέμα σε μία τάξη, κυρίως λόγω των δυσκολιών που παρουσιάζουν πολλές έννοιές του. Έπειτα, με τη σπειροειδή διδασκαλία γίνεται επανάληψη. Και η «επανάληψη μήτηρ μαθήσεως».

Τέλος, οι παρανοήσεις που προκαλούνται από εσφαλμένη ή ελλιπή διδασκαλία, αλλά και από τη συνολική προσχολική και εξωσχολική ζωή των μαθητών (εναλλακτικές ιδέες) έχουν αποτελέσει το κεντρικό θέμα των περισσότερων ερευνών στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών κατά την τελευταία δεκαετία. Γι' αυτό, λαμβάνοντας υπόψη τόσο σιωπηρώς όσο και ρητώς, τα ειδικά ένθετα «Να έχεις υπόψη σου» επιδιώκουν συχνά να προλάβουν την πρόκληση παρανοήσεων.

Ειδικότερα στο επιστημονικό θέμα της δομής της ύλης (που όπως προαναφέραμε η διεθνής βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών όπως π.χ τα μόρια), και ιδιαίτερα στις έννοιες του μορίου και του ατόμου, δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στον τρόπο εισαγωγής των εννοιών αυτών στο παρόν πειραματικό διδακτικό υλικό. Γι αυτό το λόγο στο πειραματικό διδακτικό υλικό οι έννοιες αυτές εισάγονται καθυστερημένα ώστε να βοηθηθούν οι μαθητές να ξεπεράσουν τις δυσκολίες που προκαλούν οι έννοιες αυτές. Άλλωστε, κατά τη συγγραφή του βιβλίου αυτού, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στα μαθήματα σχετικά με τη δομή της ύλης (ΕΝΟΤΗΤΑ Ε, ΕΝΟΤΗΤΑ ΣΤ).

Καταλήγοντας, διαφαίνεται ότι η νοηματική και εποικοδομητική προσέγγιση της έννοιας του μορίου, όπως αυτή δομείται στο πειραματικό διδακτικό υλικό, βελτιώνει σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών της β' τάξης του γυμνασίου σε σχέση με τις επιδόσεις τους πριν από τη διδακτική παρέμβαση, οι οποίοι για πρώτη φορά έρχονται σε επαφή με επιστημονικά θέματα δομής της ύλης. Ουσιαστικά, οι μαθητές βοηθούνται να μεταβούν νοητικά από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο της ύλης και να άρουν σε σημαντικό βαθμό τις δυσκολίες που προκαλούν επιστημονικές έννοιες όπως η δομή της ύλης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Για λόγους διευκόλυνσης της μελέτης της διατριβής, στο σημείο αυτό παρατίθεται η τελική μορφή του ερωτηματολογίου της έρευνας.

ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

1. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος:

- Η ύλη είναι συνεχής, δεν αποτελείται δηλαδή από δομικές μονάδες/σωματίδια.
- Τα μόρια είναι οι δομικές μονάδες της ύλης (δηλαδή πολλά μόρια μιας ουσίας μαζί αποτελούν την ουσία)
- Τα μόρια είναι ορατά
- Τα μόρια είναι πάρα πολύ μικρά
- Το νερό που περιέχεται σε ένα ποτήρι αποτελείται από πάρα πολλά μόρια
- Τα μόρια είναι τα μικρότερα σωματίδια ύλης που μπορούμε να δούμε
- Τα μόρια είναι μέσα στην ύλη όπως οι σταφίδες στο κέικ (π.χ. σε ένα ποτήρι νερό, τα μόρια του νερού είναι βουτηγμένα μέσα στο νερό)
- Το ένα απομονωμένο μόριο μιας στερεάς ουσίας είναι στερεό
- Στις στερεές ουσίες, οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων τους είναι πολύ ισχυρές
- Υπάρχει πολύς χώρος ανάμεσα στα μόρια μιας αέριας ουσίας
- Τα μόρια μιας αέριας ουσίας βρίσκονται σε συνεχή και άτακτη κίνηση
- Όταν το νερό παγώνει, τα μόριά του ψύχονται και γίνονται μικρότερα
- Τα μόρια στον πάγο, στους υδρατμούς και στο υγρό νερό έχουν όλα το ίδιο σχήμα και μέγεθος
- Τα μόρια δεν εξασκούν το ένα στο άλλο ελκτικές δυνάμεις
- Σ' ένα κόκκο ζάχαρης, ανάμεσα στα μόρια της ζάχαρης υπάρχουν μόρια αέρα
- Τα μόρια μιας αέριας ουσίας κινούνται αλλά με την πάροδο του χρόνου σταματάνε
- Όταν ζεστάνουμε μια ουσία, τα μόριά της κινούνται γρηγορότερα
- Τα μόρια μιας σκληρής ουσίας είναι σκληρά

2. α) Αν με το παρακάτω κυκλάκι παραστήσω ένα (1) μόριο νερού, να δείξεις κι εσύ πώς θα παρίστανες με κυκλάκι ένα (1) μόριο οινόπνευματος.

β) Να αναπαραστήσεις χρησιμοποιώντας 10 κυκλάκια κάθε φορά τα μόρια του νερού στη στερεά (πάγος), υγρή (υγρό νερό) και αέρια κατάσταση (υδρατμοί), σε καθένα από τα κουτιά 1, 2 και 3 αντίστοιχα.



1(πάγος)



2 (υγρό νερό)



3 (υδρατμοί)

γ) Να κάνεις το ίδιο (χρησιμοποιώντας ξανά 10 κυκλάκια κάθε φορά) για τα μόρια του οινόπνευματος στη στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση, σε τρία νέα κουτιά.



1(οινόπνευμα στερεό)



2 (οινόπνευμα υγρό)



3 (οινόπνευμα αέριο)

3. Σε μια παγωμένη λίμνη βλέπουμε να επιπλέουν στην επιφάνεια διάφανα κομμάτια πάγου. Το παγωμένο νερό μοιάζει εξωτερικά με γυαλί. Γιατί τα κομμάτια αυτά είναι νερό και δεν θα μπορούσε να είναι γυαλί; Να δώσεις μια απάντηση μακροσκοπική (χωρίς να χρησιμοποιήσεις μόρια) και μια απάντηση με βάση τα μόρια του νερού και τα μόρια του γυαλιού.

4. Σχεδίασε τα μόρια στο νερό και στο οινόπνευμα παριστάνοντας τα μόρια με κυκλάκια (χρησιμοποίησε 10 κυκλάκια κάθε φορά). Μην ξεχνάς ότι οι δύο ουσίες είναι υγρές.



Νερό



Οινόπνευμα

5. Κάποιος φίλος σου λέει ότι αν βάλουμε νερό στην κατάψυξη και το αφήσουμε αρκετό χρόνο εκεί, τότε τα μόρια θα σταματήσουν να κινούνται. Έχει δίκιο; Να εξηγήσεις την απάντησή σου.

6. Γεμίζεις μια σύριγγα με νερό. Κλείνοντας το ανοιχτό άκρο με το δάχτυλό σου, προσπαθείς να συμπιέσεις το νερό μέσα στη σύριγγα, πατώντας το έμβολο προς τα μέσα. Διαπιστώνεις ότι δεν μπορείς. Γιατί; Εξήγησε την απάντησή σου χρησιμοποιώντας τα μόρια.

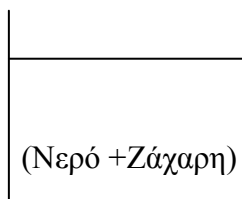
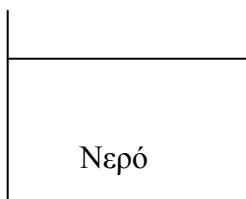
7. Τρεις φίλοι σου εξηγούν το λόγο που μια μεταλλική σφαίρα έγινε μεγαλύτερη όταν ζεστάθηκε. Να τι λένε:

- i. Ο πρώτος: Πιστεύω ότι η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί η θερμότητα έκανε τα μόρια του μετάλλου να διασταλούν (να μεγαλώσουν).
- ii. Ο δεύτερος: Εγώ πιστεύω υποστηρίζει ότι η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί προστέθηκαν μόρια θερμότητας σ' αυτήν.
- iii. Ο τρίτος Διαφωνώ. Πιστεύω ό π τα ίδια μό ρα δεν αλλάζουν ούτε σχήμα ούτε μέγεθο ς Η σφαίρα έγινε μεγαλύτερη γιατί τα μόρια του μετάλλου κινούνταν γρηγορότερα.

Ποιος από τους τρεις έχει δίκιο;.....

8. α) Σου δίνουν δύο ποτήρια, το ένα να περιέχει καθαρό νερό και το άλλο νερό με ζάχαρη διαλυμένη εντελώς στο νερό, μπορείς με το μάτι να ξεχωρίσεις ποιο είναι το ποτήρι με το νερό και ποιο με το ζαχαρόνερο; ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐ ΔΕΝ ΞΕΡΩ ☐

β) Αν μπορούσες να δεις τα μόρια στα δύο ποτήρια πώς θα ήταν αυτά ; Ζωγράφισε τα μόρια σε κάθε ποτήρι, παριστάνοντάς τα με κυκλάκια.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

Για λόγους διευκόλυνσης της μελέτης της διατριβής, στο σημείο αυτό παρατίθενται τα μαθήματα από το πειραματικό διδακτικό υλικό που αφορούν στα μόρια.

Μάθημα 17

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΜΟΡΙΟΥ ΣΕ ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΙ ΥΓΡΑ

Τα μόρια είναι απίστευτα μικρά, αόρατα και ανάμεσά τους υπάρχει κενός χώρος

Σε προηγούμενες ενότητες, ασχοληθήκαμε με την έννοια της ύλης, τις καταστάσεις της καθώς και με τις έννοιες «ουσίες» και «μίγματα». Ένα από τα βασικότερα και ουσιαστικότερα επιστημονικά προβλήματα που έχουν απασχολήσει τους επιστήμονες αποτελεί η_υπομικροσκοπική δομή της ύλης.

Η έννοια του μορίου σε στερεά και υγρά

Ίσως έχεις παρατηρήσει ότι δεν χρειάζεται πολύ πιπέρι για να δώσει γεύση στη σούπα. Ακόμη, οι ζαχαροπλάστες δεν χρειάζονται πολλή χρωστική ουσία για να χρωματίσουν ένα γλυκό. Όποιος δεν πίνει το τσάι με ζάχαρη μπορεί να το καταλάβει ακόμη και ανβάλουμε έστω και μια μικρή ποσότητα ζάχαρης.

ΥΛΗ

ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ
ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

ΕΥΚΙΝΗΤΑ
ΑΚΙΝΗΤΑ



Από τι άραγε αποτελείται η ύλη; Είναι συνεχής, δηλαδή έχει την ίδια μορφή που βλέπουμε και σε μακροσκοπικό επίπεδο; Ή μήπως είναι ασυνεχής, δηλαδή αποτελείται από διακεκριμένες μονάδες/σωματίδια; Αν αποτελείται από σωματίδια, πόσο μικρά είναι; Ευκίνητα ή ακίνητα; Ασκοούν μεταξύ τους δυνάμεις; Είναι κοντά το ένα στο άλλο ή υπάρχει κενός χώρος μεταξύ τους;

Η έννοια του μορίου

Πείραμα 1

Πάρτε ένα κομμάτι μιας κλωστής και κόψτε το σε δύο ίσα κομμάτια. Κάντε το ίδιο και με τα δύο αυτά κομμάτια. Συνεχίστε την υποδιαίρεση αυτή όσες περισσότερες φορές μπορείτε. Τι παρατηρείτε; Μπορεί η υποδιαίρεση αυτή να συνεχίζεται χωρίς τελειωμό, ή θα καταλήγατε σε κάτι που δεν μπορεί να υποδιαιρεθεί άλλο;

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

Τελικά, διαπιστώνουμε ότι καταλήγουμε σε ένα μικρό κομματάκι κλωστής που είναι πολύ δύσκολο να υποδιαιρεθεί άλλο.

Πείραμα 2

Τοποθετήστε απεσταγμένο ή απιοντισμένο νερό σε μια φιάλη. Μοιράστε την ποσότητα του νερού στα δύο με τη βοήθεια μιας δεύτερης φιάλης. Συνεχίστε την υποδιαίρεση της ποσότητας του νερού όσες φορές περισσότερο μπορείτε. Θα μπορούσε η υποδιαίρεση να συνεχιστεί χωρίς τελειωμό, ή θα καταλήγαμε σε κάτι που δεν μπορεί να υποδιαιρεθεί άλλο; Οι υποδιαιρέσεις μεταβάλλουν σε τίποτα τις ιδιότητες του νερού εκτός από την ποσότητά του; Τι παρατηρείτε;

.....
.....
.

Τελικά, διαπιστώνουμε ότι καταλήγουμε σε μια ποσότητα νερού που πρακτικά δεν μπορεί να υποδιαιρεθεί άλλο (αντικειμενικά είναι αδύνατο λόγω της πολύ μικρής ποσότητας νερού).

Τα παραπάνω ερωτήματα είναι φιλοσοφικά, δεν μπορεί δηλαδή να απαντηθούν με αποδεικτικά επιχειρήματα. Οι επιστήμονες δέχθηκαν ότι τελικά υπάρχει κάτι από μια ουσία που δεν μπορεί να υποδιαιρεθεί άλλο. Αυτό το κάτι είναι φανερό ότι δεν έχει όλες τις ιδιότητες της μακροσκοπικής

ουσίας, αφού δεν μπορεί να υποδιαιρεθεί άλλο.

Πείραμα 3

Δίνεται μια αλυσίδα από 16 πλαστικές μπάλες, όπου η κάθε μία συνδέεται κατάλληλα με την άλλη. (Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ακόμη και συνδετήρες.) Να υποδιαιρέσετε την αλυσίδα αυτή στα δύο όσες περισσότερες φορές μπορείτε. Τι παρατηρείτε; Μπορεί η υποδιαίρεση αυτή να συνεχίζεται χωρίς τελειωμό ή καταλήγετε σε κάτι που δεν μπορεί να υποδιαιρεθεί άλλο; Μοιάζει η διαδικασία αυτή με την υποδιαίρεση της ποσότητας του νερού στο προηγούμενο πείραμα; Τελικά τι διαπιστώνετε και σε αυτή την περίπτωση;

Τελικά διαπιστώνουμε, ότι καταλήγουμε σε μια μπάλα (ή ένα συνδετήρα), η οποία δεν μπορεί να διαιρεθεί άλλο, εκτός αν χρησιμοποιήσουμε κοπίδι και την καταστρέψουμε ανεπανόρθωτα.

Η αλυσίδα με τις μπάλες αποτελεί, όπως λέμε, **ένα μοντέλο της δομής της ύλης**. Με αυτό εννοούμε, ότι τα μόρια δεν είναι πλαστικές μπάλες ή συνδετήρες. Δεν είναι καν στερεά σώματα. Άρα το μοντέλο με τις μπάλες χρησιμεύει και για τη δομή του νερού, άρα τα μόρια του νερού δεν είναι ούτε στερεά σώματα, ούτε υγρά.

Καταλήγουμε λοιπόν ότι:

*Κάθε στερεό ή υγρό σώμα, αποτελείται από πολύ μικρά σωματίδια, τα οποία ονομάζουμε **μόρια**.*

Τα μόρια διαφορετικών ουσιών είναι διαφορετικά

Πείραμα 4

Πάρτε δύο ποτήρια όμοια, το ένα γεμάτο με φασόλια και το άλλο γεμάτο με ρύζι, έτσι ώστε να έχουμε τον ίδιο όγκο και για τα δύο είδη. Πιάστε κάθε ποτήρι και χτυπήστε ελαφρά στο τραπέζι ώστε να κατακαθίσουν όσο γίνεται οι κόκκοι. Ρίξτε το περιεχόμενο των δυο ποτηριών σε ένα μεγάλο βαζάκι και ανακατέψτε. Αδειάστε το μείγμα στα δύο ποτήρια, γεμίζοντας πρώτα εντελώς το ένα και κατόπιν το άλλο και πάλι χτυπήστε τα ποτήρια ώστε να κατακαθίσουν οι κόκκοι. Τι παρατηρείτε; Άλλαξε κάτι κατά την ανάμειξη;

Παρατηρούμε ότι όταν ανακατεύουμε, ενώ δεν χάνονται κόκκοι από τα δύο είδη, ο τελικός όγκος θα είναι λιγότερος από δύο ποτήρια. Πού οφείλεται αυτό;



Οι κόκκοι του ρυζιού και του φασολιού δεν έχουν το ίδιο μέγεθος, είναι διαφορετικά, αφού τα υλικά είναι διαφορετικά.

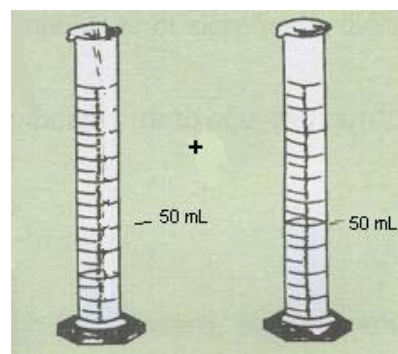
Ανάμεσα στα μόρια μιας υγρής ουσίας υπάρχει κενός χώρος

Πείραμα 5

Πάρτε δύο ογκομετρικούς κυλίνδρους και τοποθετήστε 50 mL νερό στον ένα και 50 mL καθαρό οινόπνευμα στον άλλο. Αμέσως μετά, αδειάστε το περιεχόμενο των δύο κυλίνδρων σε ένα μεγάλο ογκομετρικό κύλινδρο και ανακινήστε καλά. Τι παρατηρείτε; Άλλαξε κάτι από την ανάμειξη; Ποιος είναι ο τελικός όγκος;

Πού μπορεί να οφείλεται αυτό;

.....



νερό

οινόπνευμα

Παρατηρούμε ότι ενώ δεν χάθηκε ποσότητα υγρού από τις δυο ουσίες, ο τελικός όγκος δεν είναι 100 mL όπως θα αναμέναμε, αλλά 96 mL. Αυτό συμβαίνει διότι τα σωματίδια του νερού και του οινόπνευματος που δεν έχουν το ίδιο μέγεθος μιας και μιλάμε για διαφορετικές ουσίες, «μπαίνουν» το ένα ανάμεσα στο άλλο και έτσι ελαττώνεται ο τελικός όγκος – χώρος. Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι ανάμεσα στα σωματίδια του νερού του οινόπνευματος κ.λπ. υπάρχει **κενός χώρος**.

Να έχεις υπόψη σου

❖ Πόσα μόρια ζάχαρης θέλετε στο γάλα σας;

Τι απάντηση θα δίνετε αν σας ρωτούσαν πόσα μόρια ζάχαρης θέλετε να σας βάλουν στο γάλα σας; Αν δεν έχετε πρόχειρη απάντηση, σας λέμε ότι ένα κουταλάκι ζάχαρη ζυγίζει περίπου 3 g και περιέχει περίπου 10^{21} μόρια. Αν αυτός ο αριθμός δεν σας λέει και πολλά πράγματα, σας λέμε ότι αν υποθέσουμε (προσέξτε, λέμε αν υποθέσουμε) ότι ρίχνουμε στο φλιτζάνι ένα μόριο κάθε δευτερόλεπτο, θα χρειαζόμασταν 167 τρισεκατομμύρια χρόνια για να συμπληρωθεί ο παραπάνω αριθμός. Καταλαβαίνετε επομένως πόσο μικρό είναι το μέγεθος των μορίων.

❖ 322 g ζάχαρης περιέχουν 6×10^{23} μόρια ζάχαρης. Τον ίδιο αριθμό, 6×10^{23} μόρια νερού περιέχουν μόνο 18 g νερού. Ο αριθμός 6×10^{23} είναι χαρακτηριστική σταθερά και ονομάζεται **αριθμός ή σταθερά του Avogadro**.

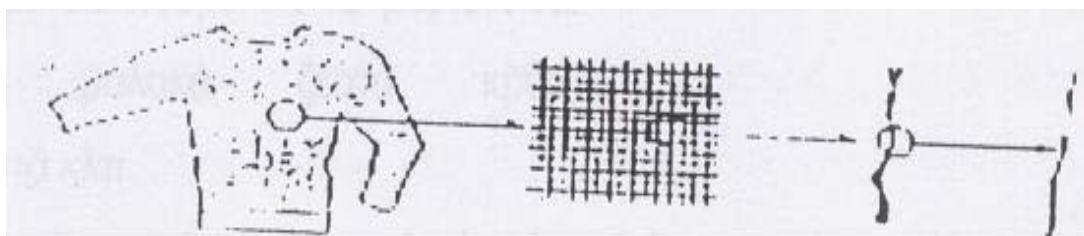
Ένα μεμονωμένο μόριο μιας ουσίας δεν διατηρεί όλες τις ιδιότητες της ουσίας

Ας ξαναγυρίσουμε στο πείραμα με την αλυσίδα με τις μπάλες. Αποτελεί μία μπάλα μόνη της την αλυσίδα; Έχει δηλαδή η μπάλα τις ιδιότητες της αλυσίδας;

Πείραμα 6

Πάρτε ένα πουλόβερ και ξηλώστε μία ίνα από την άκρη του υφάσματος. Τι παρατηρείτε; Τι υπάρχει κοινό, τι ανάλογο, σε τι διαφέρουν;

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



Πουλόβερ
φτιαγμένο από...

Ύφασμα
φτιαγμένο από...

Νήμα
φτιαγμένο από...

Ίνα

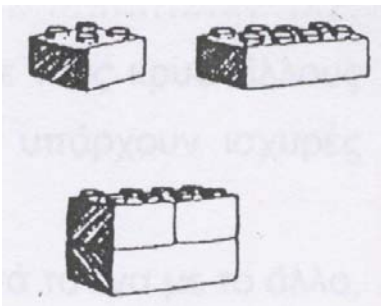
Το πουλόβερ φτιάχνεται από ύφασμα, με πλέξη πολλών νημάτων. Κάθε νήμα είναι φτιαγμένο από πολλές ίνες. Αναλογικά, οι ίνες αποτελούν τα «μακριά λεπτά μόρια» του υφάσματος. Οι ίνες δεν διακρίνονται στο ύφασμα, κάτι που είναι ανάλογο με το ότι τα μόρια είναι αόρατα.

Κάθε ίνα έχει το ίδιο σχήμα, την ίδια μορφή και τις ίδιες ακριβώς ιδιότητες που έχει και κάθε άλλη ίνα του υφάσματος. Διατηρεί όμως η ίνα όλες τις ιδιότητες του υφάσματος; Κάποιες ιδιότητές της π.χ. το χρώμα, είναι ίδιες ή παρόμοιες. Υπάρχουν όμως και ιδιότητες, όπως η αντοχή του υφάσματος στο σχίσιμο όταν το τεντώνουμε, που μπορεί να εξαρτώνται και από την αντοχή των μεμονωμένων ινών, εξαρτώνται όμως και από το πόσο πυκνή είναι η ύφανση.

Είναι όμως η ίνα πουλόβερ; Όχι βέβαια. Αν το πουλόβερ ήταν πιο πυκνό, δεν μπορούμε να πούμε ότι η ίνα είναι πυκνή. Με το ίδιο είδος ίνας μπορούμε να φτιάξουμε πολλά είδη πουλόβερ, άλλα λεπτά, άλλα πυκνά κ.λπ.

Επισημαίνεται ότι οι ίνες δεν είναι στην πραγματικότητα τα μόρια του υφάσματος. Τα πραγματικά του μόρια είναι αόρατα

και πολύ μικρότερα από τις ίνες.



Το ίδιο ισχύει και για ένα τοίχο. Με ίδια είδη τούβλων μπορούμε να κάνουμε διαφορετικά είδη τοίχων. Το τούβλο δεν είναι τοίχος.

Ανάλογα δεχόμαστε ότι ισχύει και για τα μόρια. Όλα τα μόρια μιας ουσίας έχουν το ίδιο σχήμα και μέγεθος. Τα μόρια διαφορετικών ουσιών διαφέρουν στο σχήμα και το μέγεθος. Εξάλλου, πολλές ιδιότητες των ουσιών, π.χ. η πυκνότητα και η σκληρότητά τους, οφείλονται σε πολλά μόρια μαζί και όχι αποκλειστικά στα μεμονωμένα μόρια.

Να έχεις υπόψη σου

Μερικές φορές αναφέρεται ότι «τα μόρια είναι τα ελάχιστα σωματίδια ενός στοιχείου ή μιας χημικής ένωσης που διατηρούν τις ιδιότητες του στοιχείου ή της ένωσης». Πολλές όμως ιδιότητες των σωμάτων είναι αποτέλεσμα της διατάξεως και των αλληλεπιδράσεων των μορίων μεταξύ τους, είναι δηλαδή ιδιότητες πολύ μεγάλου αριθμού μορίων και όχι μεμονωμένων μορίων. Τέτοιες ιδιότητες είναι η πυκνότητα, η σκληρότητα, η θερμοκρασία, τα σημεία βρασμού και πήξεως, κ.ά. Φυσικά υπάρχουν και ιδιότητες που μπορεί κανείς να τις αποδώσει και στα μεμονωμένα μόρια π.χ. οι χημικές ιδιότητες και το χρώμα, αν και αυτές ενδέχεται να διαφοροποιούνται από τις αλληλεπιδράσεις των μορίων. Σημειωτέον, τέλος ότι οι αλληλεπιδράσεις αυτές είναι αμελητέες όταν έχουμε ένα πολύ αραιό αέριο.

ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί η ύπαρξη των μορίων αποτέλεσε ένα φιλοσοφικό ερώτημα;
2. Τι ονομάζουμε μόρια μιας στερεάς ή υγρής ουσίας;
3. Γιατί η αλυσίδα από μπάλες είναι ένα μοντέλο της δομής της ύλης;
4. Χρησιμοποιεί το μοντέλο με τις μπάλες και για τη δομή του νερού;
5. Είναι τα μόρια του νερού υγρά ή στερεά;
6. Ποιο μακροσκοπικό ανάλογο παράδειγμα χρησιμοποιήσαμε για να δείξουμε ότι τα μόρια μιας ουσίας έχουν το ίδιο σχήμα και μέγεθος, ενώ τα μόρια διαφορετικών ουσιών διαφέρουν στο σχήμα και στο μέγεθος;
7. Με ποιο πείραμα διαπιστώσαμε ότι ανάμεσα στα μόρια μιας ουσίας υπάρχει κενός χώρος;
8. Ποιο μακροσκοπικό ανάλογο παράδειγμα χρησιμοποιήσαμε για να δείξουμε ότι ανάμεσα στα μόρια μιας ουσίας υπάρχει κενός χώρος;
9. Ποιον αριθμό ονομάζουμε αριθμό ή σταθερά του Avogadro;
10. Πώς μπορούμε να βεβαιωθούμε ότι τα μόρια είναι πολύ μικρά;
11. Χαρακτηρίζονται τα μεμονωμένα μόρια μιας ουσίας από όλες τις μακροσκοπικές ιδιότητες της ουσίας; Να αναφέρετε παραδείγματα τέτοιων ιδιοτήτων.
12. Ποιο ανάλογο παράδειγμα μας βοήθησε να βεβαιωθούμε ότι τα μόρια δεν χαρακτηρίζονται από όλες τις μακροσκοπικές ιδιότητες της ουσίας;

**Για να γνωρίσεις περισσότερα,
να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί**

- 1.** Κλείσετε σε κύκλο όσα από τα παρακάτω θεωρείτε σωστά:
α. τα μόρια είναι ορατά με το μάτι.
β. τα μόρια είναι αόρατα.
γ. τα μόρια είναι πάρα πολύ μικρά.
δ. σε ένα ποτήρι νερό υπάρχουν πάρα πολλά μόρια.
ε. τα μόρια δεν διατηρούν τις ιδιότητες του σώματος στο οποίο ανήκουν.
στ. τα μόρια διατηρούν αρκετές από τις ιδιότητες του σώματος στο οποίο ανήκουν.
ζ. τα μόρια ενός στοιχείου ή μιας χημικής ένωσης είναι όλα όμοια μεταξύ τους.
η. τα μόρια είναι τα ελάχιστα σωματίδια που μπορούμε να δούμε.
θ. τα μόρια σ' ένα μίγμα δεν είναι όλα ίδια.
- 2.** Διαβάστε προσεκτικά τις παρακάτω διατυπώσεις και εντοπίστε τι λάθος έχουν:
α. Η ύλη είναι συνεχής και δεν υπάρχει κανό ή χώρος μεταξύ μορίων.
β. Τα μόρια δεν φτιάχνουν την ύλη αλλά είναι μέσα σ' αυτή όπως οι σταφίδες στο κέικ.
γ. Τα σωματίδια είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο και δεν υπάρχει κενός χώρος μεταξύ τους.
- 3.** Συζητήστε στην τάξη τις παρακάτω εναλλακτικές απόψεις.
α. Η ύλη είναι συνεχής, όπως την βλέπουμε σε μακροσκοπικό επίπεδο και δεν αποτελείται από διακεκριμένες μονάδες/σωματίδια.
β. Δεν αποτελούνται όλες οι ουσίες από μόρια. Για παράδειγμα, ένας κόκκος ζάχαρης είναι πολύ μικρός και δεν αποτελείται από μόρια.
γ. Για να κάνουμε το τσάι γλυκό πρέπει να προσθέσουμε αρκετή ζάχαρη, έτσι ώστε οι κόκκοι της ζάχαρης να «δώσουν» γλυκιά γεύση στο τσάι.
- 4.** Συμπληρώστε τα κενά με τις λέξεις των παρενθέσεων:
Η ύλη είναι ασυνεχής, δηλαδή αποτελείται από διακεκριμένες μονάδες/..... .
Τα αυτά είναι, υπάρχει κενός μεταξύ τους, και ονομάζονται Κάθε υγρό ή στερεό σώμα αποτελείται από Τα μόρια διαφορετικών ουσιών είναι και διατηρούν από τις ιδιότητες της ουσίας στην οποία ανήκουν.
(ορισμένες, μόρια, χώρος, σωματίδια, μικρά, διαφορετικά)

Μάθημα 18

ΑΕΙΚΙΝΗΤΑ ΜΟΡΙΑ

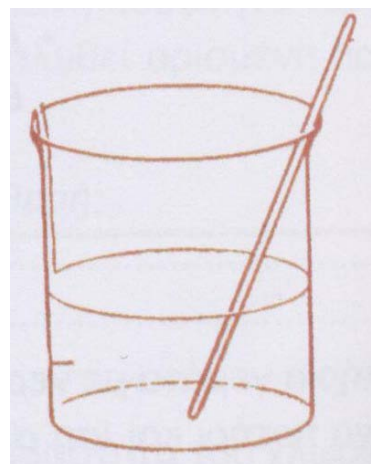
Τα μόρια κινούνται διαρκώς και ασκούν δυνάμεις μεταξύ τους

Στο προηγούμενο μάθημα ασχοληθήκαμε με την έννοια του μορίου και τις ιδιότητές του στις στερεές και στις υγρές ουσίες. Τώρα θα μελετήσουμε τη διάταξη και κίνηση των μορίων σε στερεά και υγρά σώματα.

Κίνηση των μορίων και δυνάμεις μεταξύ τους

Πείραμα 1

Γεμίστε ένα ποτήρι 250 mL μέχρι τα $\frac{3}{4}$ του με νερό. Βάλτε έναν κρύσταλλο υπερμαγγανικού καλίου (μωβ στερεά ουσία) μέσα στο ένα άκρο από ένα καλαμάκι και κλείστε το άλλο άκρο του με το δείκτη του χεριού σας. Κρατώντας το καλαμάκι κατακόρυφα στο ποτήρι, βυθίστε το μέχρι τη μέση περίπου του νερού. Ταυτόχρονα απομακρύνετε από το ποτήρι το καλαμάκι παύοντας να φράζετε με το δάχτυλό σας το άλλο άκρο του ώστε ο κρύσταλλος του υπερμαγγανικού καλίου να αφεθεί στο νερό. Τι παρατηρείτε; Πώς μπορεί η μωβ ουσία να κινείται και να διασκορπίζεται στο νερό; Μπορείτε να σκεφτείτε κάτι απλό από την καθημερινή σας ζωή που να σας βοηθά να κατανοήσετε το φαινόμενο αυτό;



Ας υποθέσουμε ότι ένα λεωφορείο είναι γεμάτο επιβάτες. Ένας κύριος θέλει να κατέβει και αναγκάζεται να κινηθεί μέσα στο λεωφορείο. Αν δεν υπάρχει καθόλου κενός χώρος θα μπορέσει να κινηθεί; Για την κίνηση αυτή λοιπόν είναι απαραίτητος ο κενός χώρος. Αφού τα μικρά σωματίδια υπερμαγγανικού καλίου διαχέονται (σκορπίζονται) στο νερό, αυτά βρίσκονται σε συνεχή και άτακτη κίνηση όπως άλλωστε και τα σωματίδια του νερού.

Πείραμα 2

Ρίξτε μισό φλιτζάνι νερό σε ένα γυάλινο βάζο 5 λίτρων. Προσθέστε μια σταγόνα κόκκινης χρωστικής ουσίας και ανακατέψτε. Ρίξτε διαδοχικά μερικά φλιτζάνια νερό ακόμα. Τι παρατηρείτε; Γιατί συμβαίνει αυτό;

.....

Γιατί το κόκκινο χρώμα φαίνεται στην αρχή; Τι συμβαίνει με τα μόρια της κόκκινης χρωστικής, ώστε να δίνουν χρώμα στο νερό;

.....

Γιατί όταν έχετε προσθέσει αρκετό νερό, το χρώμα εξασθενίζει και τελικά χάνεται;

.....

Τελικά, τα μόρια απομακρύνονται τόσο πολύ το ένα από το άλλο, ώστε να μην είναι ορατά, επειδή είναι πολύ μικρά και το υγρό μέσα στο γυάλινο βάζο αποχρωματίζεται.

Ανάμεσα στα μόρια μιας στερεάς ουσίας ασκούνται ισχυρές δυνάμεις

Πείραμα 3

Πάρτε στα χέρια σας κρυστάλλους ασβεστίτη και χλωριούχου νατρίου και δοκιμάστε να τους σπάσετε με τα χέρια. Είναι δύσκολο; Αν ναι γιατί; Τι συμπέρασμα μπορείτε να βγάλετε σχετικά με τη διάταξη και κίνηση των μορίων στα στερεά;

.....

...

.....

Διαπιστώνουμε ότι δεν μπορούμε να σπάσουμε τους κρυστάλλους με τα χέρια.

Τι μπορεί να συμβαίνει ανάμεσα στα μόρια στο οποίο να οφείλεται αυτό;

.....

.....

.. .

Αυτό σημαίνει ότι τα μόρια σ' ένα στερεό σώμα βρίσκονται πολύ κοντά το ένα με το άλλο, υπάρχει δηλαδή πολύ λίγος κενός χώρος μεταξύ τους. Είναι συνδεδεμένα ισχυρά μεταξύ τους κι έτσι δεν κινούνται το ένα μακριά από το άλλο. Οι επιστήμονες όμως δέχονται και αυτό επιβεβαιώνεται πειραματικά, ότι τα μόρια δεν μένουν εντελώς ακίνητα στη θέση τους, αλλά εκτελούν **δονητικές κινήσεις** (δονούνται).

Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά των στερεών; Πώς διατάσσονται τα μόρια στα στερεά;

.....

❖ Αλλάζουν θέσεις;

.....

❖ Κινούνται;

.....

❖ Πώς κινούνται;

.....

Τι μπορείς να πεις για το σχήμα και τον όγκο-χώρο στα στερεά;

.....

Και ανάμεσα στα μόρια μιας υγρής ουσίας ασκούνται ελκτικές δυνάμεις

Πείραμα 4

Πάρτε ένα μεγάλο ποτήρι και γεμίστε το με απεσταγμένο νερό. Βυθίστε το χέρι σας και ανακατέψτε. Είναι εύκολο; Αν ναι γιατί; Συγκρίνετε με το προηγούμενο πείραμα, όταν δοκιμάσατε να σπάσετε κρυστάλλους με τα χέρια. Τι συμπέρασμα μπορείτε να βγάλετε σχετικά με τη διάταξη και κίνηση των μορίων στα υγρά, σε σχέση με τα στερεά; (Θυμηθείτε την αναλογία με την κίνηση των επιβατών στο λεωφορείο).

.....

.

.....

Τι μπορεί να συμβαίνει στα υγρά με τις αποστάσεις και τις δυνάμεις ανάμεσα στα μόριά τους σε σχέση με τα στερεά;

.....

.....

Κίνηση των μορίων
στα υγρά

Τα μόρια στα υγρά κινούνται γρηγορότερα, σε σχέση με τα στερεά. Τα μόρια γλιστρούν το ένα πάνω από το άλλο και χτυπούν τυχαία μεταξύ τους. Συνεχίζουν να κινούνται από το ένα μέρος στο άλλο. Και στα υγρά, η κίνηση αυτή είναι διαρκής.

Ποια είναι τα βασικότερα χαρακτηριστικά των υγρών; Πώς διατάσσονται τα μόρια στα υγρά;

.....

❖ Αλλάζουν θέσεις;

.....

❖ Κινούνται; Πώς κινούνται;

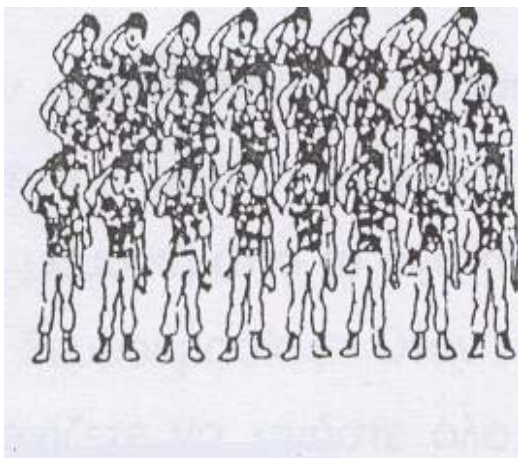
.....

❖ Τι μπορείς να πεις για το σχήμα και τον όγκο στα υγρά;

.....

Στερεά	Υγρά
Διατηρούν συγκεκριμένο σχήμα και όγκο	Παίρνουν το σχήμα του μέρους του δοχείου που κατέχουν
Τα σωματίδια είναι άκαμπτα σε σταθερές θέσεις	Τα σωματίδια μπορούν να κινούνται και να απομακρύνονται το ένα από το άλλο
Δεν συμπιέζονται εύκολα Υπάρχει πολύ λίγος κενός χώρος μεταξύ των σωματιδίων	Δεν συμπιέζονται εύκολα Υπάρχει πολύ λίγος κενός χώρος μεταξύ των σωματιδίων
Δεν ρέουν εύκολα	Ρέουν εύκολα

στερεά – στρατιώτες

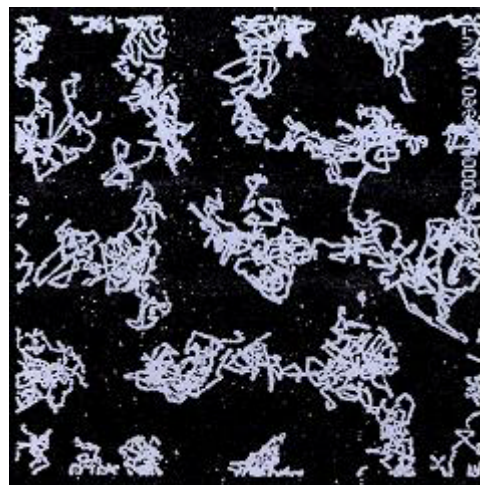
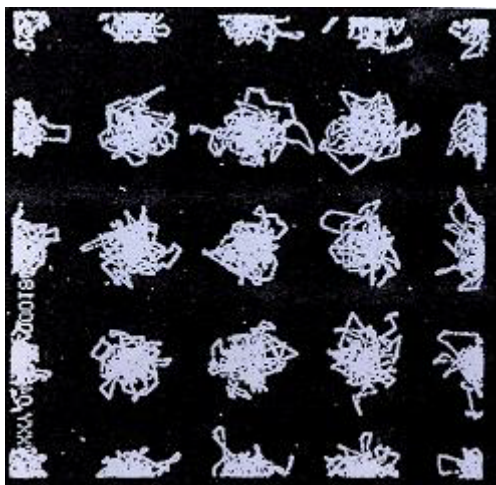


Στα στερεά τα μόρια διατάσσονται όπως οι στρατιώτες με μεγάλη τάξη και με ελάχιστη κίνηση

υγρά – χορευτές



Στα υγρά τα μόρια διατάσσονται όπως οι χορευτές με λιγότερη τάξη και μπορούν να κινούνται το ένα δίπλα στο άλλο



Προσομοίωση με ηλεκτρονικό υπολογιστή των μορίων στη στερεά (αριστερά) και στην υγρή κατάσταση (δεξιά).
Όπως φαίνεται, τα σωματίδια στο υγρό κινούνται αρκετά περισσότερο από ό,τι στο στερεό.

Να έχεις υπόψη σου

Σε μια ποσότητα μιας ουσίας, όλα τα μόρια μαζί αποτελούν την ουσία. Έτσι, το νερό που εμείς αντιλαμβανόμαστε δεν είναι τίποτε άλλο παρά μια συλλογή τεράστιου αριθμού μορίων. Δεν πρέπει επομένως να νομίζουμε ότι «τα μόρια του νερού είναι βουτηγμένα μέσα στο... νερό», «ότι περιβάλλονται δηλαδή από νερό!».

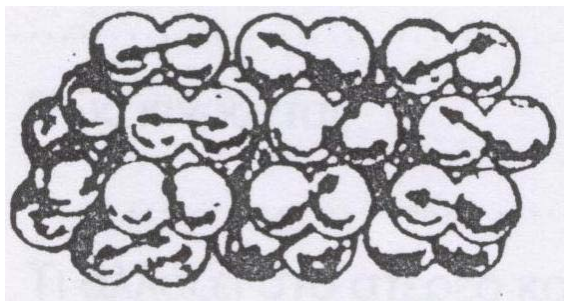
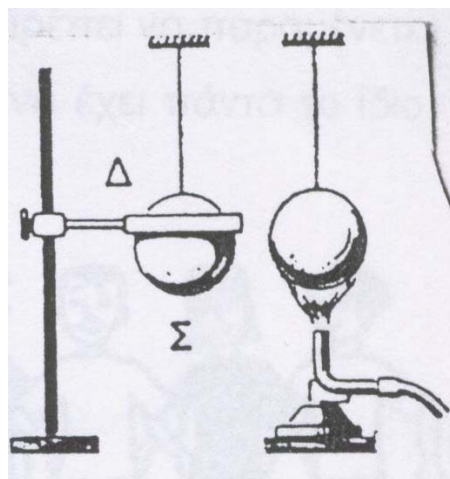
Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί διαστολή ενός στερεού

Πείραμα 5

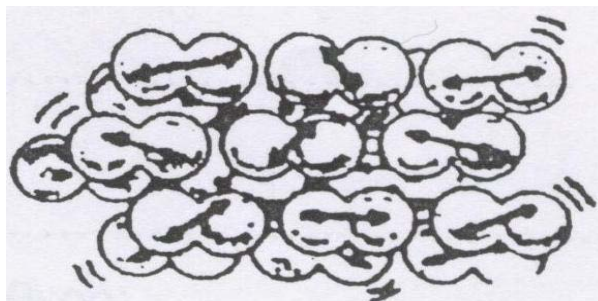
Μια μεταλλική σφαίρα μόλις που περνά από ένα μεταλλικό δακτύλιο. Ζεστάνετε τη μεταλλική σφαίρα με ένα καμινέτο. Τι παρατηρείτε;

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

Διαπιστώνουμε ότι, μετά τη θέρμανση, η μεταλλική σφαίρα δεν περνά από το μεταλλικό δακτύλιο. Με την αύξηση της θερμοκρασίας, τα μόρια του στερεού δονούνται γρηγορότερα, και απομακρύνονται μεταξύ τους λίγο πιο πολύ. Έτσι, το στερεό μεγαλώνει λίγο, δηλαδή διαστέλλεται.



Κρύα στερεά:
Τα μόρια δονούνται αργά
γύρω από ορισμένη θέση



Ζεστά στερεά:
Τα μόρια δονούνται γρήγορα
Γύρω από ορισμένη θέση

❖ Πώς η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει την κίνηση των σωματιδίων στο στερεό;

.....

❖ Αλλάζει η θέση τους;

.....

❖ Πώς κινούνται;

❖ Τι αλλάζει στο στερεό και τι μένει σταθερό;

.....

Δοκιμάστε το αντίστροφο, δηλαδή η θερμοκρασία να ελαττωθεί και το στερεό να κρυσταλλωθεί.

Τι απαντήσεις δίνετε τώρα στα παραπάνω ερωτήματα;

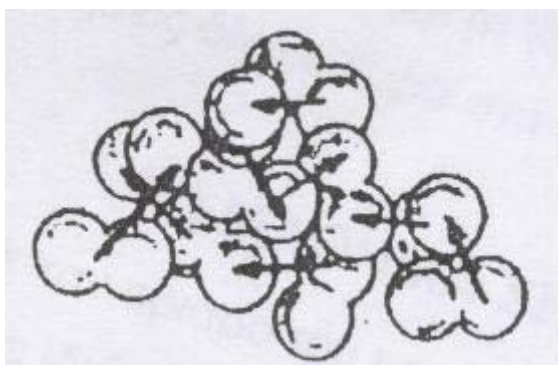
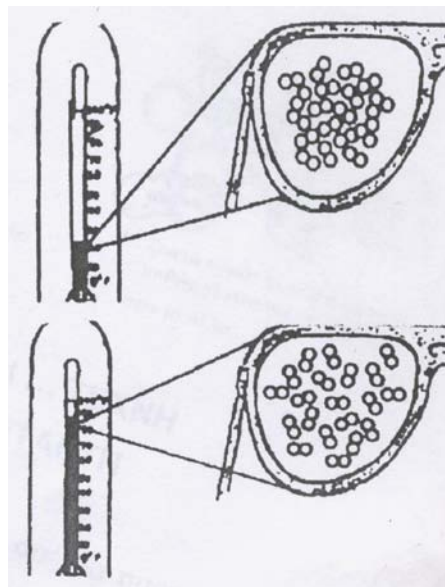
Διαστολή μιας υγρής ουσίας

Πείραμα 6

Πάρτε ένα υδραργυρικό θερμόμετρο και μετρήστε τη θερμοκρασία του σώματός σας, διαβάζοντας την ένδειξη της στήλης του υδραργύρου. Βυθίστε τώρα το θερμόμετρο σε ζεστό νερό και παρακολουθήστε τι συμβαίνει στη στήλη του υγρού υδραργύρου και διαβάστε την αντίστοιχη ένδειξη. Τι παρατηρείτε;

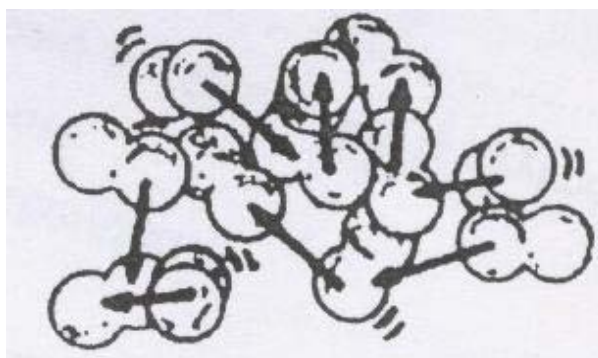
.....
.....
.....

Διαπιστώνουμε ότι η στήλη του υγρού υδραργύρου ανεβαίνει. Με την αύξηση της θερμοκρασίας, τα μόρια του υγρού αρχίζουν να κινούνται γρηγορότερα, να γλιστρούν ευκολότερα μεταξύ τους και να απομακρύνονται, κάνοντας το υγρό να διαστέλλεται και την ένδειξη του θερμομέτρου να ανεβαίνει. Άλλωστε τα θερμόμετρα μετράνε την θερμοκρασία. Η θερμοκρασία μιας ουσίας δείχνει το όσο γρήγορα κινούνται τα μόρια, δηλαδή της κίνησης των σωματιδίων των σωμάτων.



Κρύα υγρά:

Τα μόρια γλιστρούν και τινάζονται μακριά το ένα από το άλλο



Ζεστά υγρά:

Τα μόρια κινούνται γρήγορα καθώς γλιστρούν και τινάζονται μακριά το ένα από το άλλο

Παραπάνω παρομοιάσαμε την κίνηση των μορίων στα υγρά με χορευτές. Η μουσική συμβολίζει την αύξηση της θερμοκρασίας.

Θεατρική... Χημεία

Η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να παραλληλιστεί με το να κινούμαστε πιο γρήγορα. Η θερμοκρασία επιδρά στο υγρό, όπως η μουσική στον χορό. Φανταστείτε ότι η μουσική σας κάνει να κινείστε όλο και περισσότερο, σας συναρπάζει.

❖ Πώς η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει την κίνηση των σωματιδίων στο υγρό;

.....
.....

❖ Αλλάζει η θέση των σωματιδίων;

.....
.....

❖ Πώς κινούνται; Τι αλλάζει στην κίνηση των σωματιδίων;

.....
.....

❖ Τι αλλάζει στο υγρό και τι μένει σταθερό;

.....
.....

Δοκιμάστε το αντίστροφο, δηλαδή η μουσική να χαμηλώσει ή αλλιώς η θερμοκρασία να ελαττωθεί και το υγρό να κρυώσει.

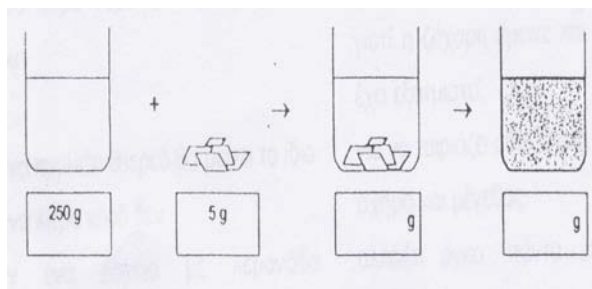
Τι απαντήσεις δίνετε τώρα στα παραπάνω ερωτήματα;

ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι συμπέρασμα βγάζουμε για τα μόρια από το φαινόμενο της διάχυσης του υπερμαγγανικού καλίου στο νερό;
2. Τι χαρακτηρίζει την κίνηση των μορίων στα υγρά;
3. Υπάρχει κίνηση των μορίων στα στερεά και ποια;
4. Γιατί εξασθενίζει το χρώμα χρωματισμένου νερού όταν αυτό αραιωθεί αρκετά με νερό;
5. Τι δείχνει για τις δυνάμεις που ασκούνται ανάμεσα στα μόρια η δυσκολία να σπάσουμε ένα κρύσταλλο;
6. Ασκούνται ελκτικές δυνάμεις ανάμεσα στα μόρια μιας υγρής ουσίας;
7. Ποια τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά των στερεών και πώς εξηγούνται αυτά σε μοριακό επίπεδο;
8. Ποια τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά των υγρών και πώς εξηγούνται αυτά σε μοριακό επίπεδο;
9. Πώς εξηγείται σε μοριακό επίπεδο η διαστολή των στερεών σωμάτων όταν αυξάνεται η θερμοκρασία τους;
10. Πώς εξηγείται σε μοριακό επίπεδο η διαστολή των υγρών όταν αυξάνεται η θερμοκρασία τους;

**Για να γνωρίσεις περισσότερα,
να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί**

1. Σε ένα δοχείο να βάλετε νερό, ώστε δοχείο και νερό να ζυγίζουν 250 g. Ρίξτε 5 g ζάχαρη στο δοχείο. Η ζάχαρη αρχίζει να κατακάθεται αλλά μετά από 10 λεπτά η ζάχαρη δεν φαίνεται πια. Γράψτε στα κενά στο σχήμα τη μάζα του δοχείου μετά την προσθήκη ζάχαρης και μετά τα 10 λεπτά που η ζάχαρη δεν φαίνεται.



Τι συμβαίνει; Πού πήγε η ζάχαρη; Αιτιολογήστε.

2. Συζητήστε στην τάξη τις παρακάτω εναλλακτικές απόψεις.

α. Όταν προσθέσουμε ζάχαρη στο νερό, η ζάχαρη λιώνει, δηλαδή από στερεό γίνεται υγρό και γίνεται ένα με το νερό.

β. Όταν η ζάχαρη διαλυθεί, το διάλυμα ζυγίζει λιγότερο.

γ. Η ζάχαρη εξαφανίζεται όταν διαλύεται.

3. Συμπληρώστε τα κενά με τις λέξεις των παρενθέσεων:

Ένα έχει καθορισμένο σχήμα. Αυτό γιατί όλα τα σωματίδια του στερεού μένουν στην ίδια, αλλά μπορούν να ελαφρώς. Τα σωματίδια σε ένα υγρό βρίσκονται σε σχηματισμό, αλλά ακόμα είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο. Σε αυτό οφείλεται ότι τα υγρά δεν μπορούν να
(τυχαίο, θέση, δονούνται, συμπιεστούν, στερεό)

4. Να κλείσετε σε κύκλο όσα από τα παρακάτω θεωρείτε σωστά:

α. Τα μόρια εξασκούν μεταξύ τους ελκτικές δυνάμεις.

β. Τα μόρια δεν εξασκούν το ένα στο άλλο ελκτικές δυνάμεις.

γ. Στα στερεά σώματα οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων τους είναι πολύ ισχυρές.

5. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος:

α. Όταν ζεστάνουμε μια ουσία, τα μόρια ζεσταίνονται και διαστέλλονται.

β. Όταν αυξηθεί η θερμοκρασία, το μέγεθος των μορίων μεταβάλλεται.

γ. Όταν ζεστάνουμε μια ουσία, τα μόρια κινούνται γρηγορότερα.

δ. Για να διαλύσουμε κάτι γρήγορα, θα το ανακατέψουμε σε κρύο νερό.

6. Κάποιος φίλος σας λέει ότι αν βάλετε νερό στην κατάψυξη και το αφήσετε αρκετό χρόνο εκεί, τότε τα μόρια θα σταματήσουν να κινούνται. Έχει δίκιο; Αιτιολογήστε.

7. Είναι σωστό να λέμε ότι τα μόρια κινούνται αλλά με την πάροδο του χρόνου σταματούν;

Μάθημα 19

ΤΑ ΜΟΡΙΑ ΣΤΑ ΑΕΡΙΑ

Είναι πολύ μακριά το ένα από το άλλο, κινούνται πολύ γρήγορα και συγκρούονται μεταξύ τους και με τα τοιχώματα του δοχείου που τα περιέχει

Σε προηγούμενα μαθήματα αναφερθήκαμε και μελετήσαμε τις ιδιότητες των πολύ μικρών σωματιδίων (των μορίων) από τα οποία αποτελούνται τα στερεά και τα υγρά. Στην ενότητα αυτή, θα ασχοληθούμε με τις ιδιότητες των πολύ μικρών σωματιδίων από τα οποία αποτελούνται τα αέρια.

Η έννοια του μορίου σε αέρια

Όλοι μας έχουμε βρεθεί κάποια στιγμή σε χώρο που επικρατεί μια ευχάριστη ή μια δυσάρεστη μυρωδιά. Πού οφείλεται η μυρωδιά αυτή; Πώς φτάνει στη μύτη μας και ερεθίζει την όσφρησή μας; Παρόμοια ερωτήματα θα απαντηθούν στην ενότητα αυτή.

Τα μόρια στην αέρια κατάσταση είναι πολύ ευκίνητα

Πείραμα 1

Πάρτε μια φιάλη με οινόπνευμα, αφαιρέστε το καπάκι από το πάνω μέρος της φιάλης και πλησιάστε τη μύτη σας σε κάποια απόσταση από την ανοικτή φιάλη. Τι νιώθετε; Πού πιστεύετε ότι οφείλεται η αίσθηση αυτή;

.....



Διαπιστώνουμε ότι πλησιάζοντας τη μύτη μας στο ανοικτό πάνω μέρος της φιάλης, νιώθουμε τη χαρακτηριστική οσμή του οινόπνευματος. Όμως, το οινόπνευμα μέσα στη φιάλη είναι υγρό.

Πώς λοιπόν νιώθουμε ότι κάτι μπαίνει στη μύτη μας, μιας και δεν ερχόμαστε σε επαφή με το υγρό οινόπνευμα; Πώς ερεθίζεται η μύτη μας;

Ένα μέρος του υγρού οιοπνεύματος εξατμίζεται και μεταφέρεται σε ατμούς οιοπνεύματος, μεταβαίνει δηλαδή από την υγρή στην αέρια κατάσταση. Οι ατμοί φθάνουν στη μύτη μας και την ερεθίζουν. Από τι άραγε αποτελούνται οι ατμοί του οιοπνεύματος;

Όπως διαπιστώσαμε κατά την εκτέλεση του πειράματος οι ατμοί του οιοπνεύματος δεν είναι ορατοί με γυμνό μάτι, απλά ερεθίζουν την όσφρησή μας.

Πείραμα 2

Ψεκάστε ελαφρά με ένα αρωματικό σπρέι, την τάξη σας, αφού προηγουμένως έχετε κλείσει τα παράθυρα και την πόρτα της αίθουσας. Τι νιώθετε μετά από λίγη ώρα; Τι παρατηρείτε;

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

Διαπιστώνουμε, ότι μετά από λίγη ώρα η χαρακτηριστική ευχάριστη μυρωδιά του αρώματος είναι αισθητή σε όλα τα σημεία της τάξης αν και έχουμε ψεκάσει πολύ λίγο.

Η ίδια συλλογιστική που μας οδήγησε να παραδεχθούμε ότι μια στερεά και μια υγρή ουσία αποτελεί μια συλλογή ενός πολύ μεγάλου αριθμού δομικών μονάδων, των μορίων, ισχύει και για τη δομή μιας αέριας ουσίας.

Και τα αέρια δηλαδή αποτελούνται από πολύ μικρά σωματίδια, τα μόρια.

Να έχεις υπόψη σου

Σε ποσότητα ενός υλικού, όλα τα μόρια μαζί αποτελούν το υλικό σώμα. Έτσι, ο αέρας που εμείς αντιλαμβανόμαστε δεν είναι τίποτε άλλο παρά μια συλλογή τεράστιου αριθμού μορίων. Δεν πρέπει επομένως να νομίζουμε ότι «τα μόρια του αέρα είναι βουτηγμένα μέσα στον ... αέρα», «ότι περιβάλλονται δηλαδή από αέρα!». Εξάλλου τα μόρια είναι αόρατα, γι' αυτό είναι λάθος να νομίζουμε ότι τα μόρια του αέρα είναι τα σωματίδια της σκόνης που αιωρείται στον αέρα και που φαίνονται καλύτερα (τα σωματίδια της σκόνης) όταν κοιτάμε μια δέσμη ηλιακών ακτίνων σ' ένα δωμάτιο.

Πείραμα 3

Ο καθηγητής σας θα πάρει δυο ειδικά δοχεία αερίων . Στο ένα από αυτά θα ρίξει μερικές σταγόνες ιωδίου και θα θερμάνει ελαφρώς το δοχείο εξωτερικά.

Τι παρατηρείτε;

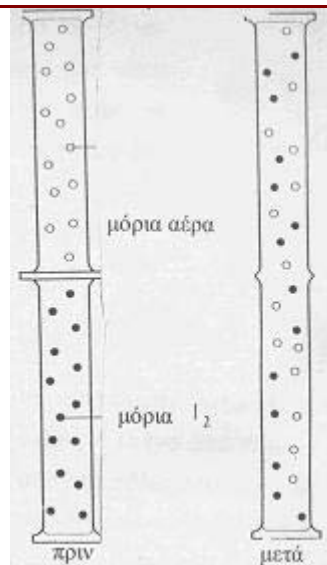
.....

Κατόπιν, θα καλύψει το δοχείο με το καπάκι του.

Στη συνέχεια, θα προσαρμόσει ανεστραμμένο το δεύτερο δοχείο και θα αφαιρέσει το καπάκι από το πρώτο δοχείο.

Τι παρατηρείτε;

.....



Διαπιστώνουμε ότι μετά από λίγη ώρα το χαρακτηριστικό μοβ χρώμα των ατμών ιωδίου σκορπίζει (διαχέεται) από το κάτω στο πάνω δοχείο. Αυτό σημαίνει, ότι τα μόρια του ιωδίου βρίσκονται σε διαρκή κίνηση και κινούνται ελεύθερα, ενώ ανάμεσά τους υπάρχει πολύς κενός χώρος. Το ίδιο ισχύει και για τα μόρια του αέρα. Τα μόρια του ιωδίου μπαίνουν ανάμεσα στα μόρια του αέρα σε διαρκή και άτακτη κίνηση.

Πείραμα 4

Πάρτε μια σύριγγα και τραβήξτε το έμβολο προς τα έξω. Στη συνέχεια με τη βοήθεια του αντίχειρα του άλλου χεριού κρατήστε την τρύπα στο κάτω άκρο της κλειστό. Πιέστε τώρα το έμβολο προς τα κάτω. Τι παρατηρείτε; Αν, ενώ έχουμε κατεβάσει το έμβολο, απότομα το αφήσουμε, τι θα συμβεί;

.....



Διαπιστώνουμε, ότι, τα αέρια συμπιέζονται. Αυτό συμβαίνει διότι τα μόρια των αερίων είναι πολύ μακριά το ένα από το

Θεατρική... Χημεία

άλλο και κινούνται ελεύθερα, ενώ μεταξύ τους υπάρχει πολύς κενός χώρος. Κινούνται γρήγορα μέσω του κενού χώρου, χτυπώντας και αναπηδώντας το ένα στο άλλο. Οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων είναι πολύ ασθενείς, ασθενέστερες σε σχέση με τα στερεά και τα υγρά.

Με τη βοήθεια του καθηγητή σας θα παραστήσετε ένα δοχείο που περιέχει αέριο σε σταθερή θερμοκρασία. Το δοχείο είναι απαραίτητο γιατί το αέριο σκορπίζει στον χώρο που το βάζουμε. Κάποιοι από την ομάδα πρέπει να παραστήσουν το δοχείο και οι υπόλοιποι τα σωματίδια αερίου. Όσοι παριστάνετε τα σωματίδια αερίου πρέπει να είστε χωριστά ο ένας από τον άλλο και να κινείστε σταθερά σε ευθεία γραμμή. Συνεχίζετε την κίνησή σας μέχρι να χτυπήσετε στα τοιχώματα του δοχείου ή να χτυπήσετε με άλλο σωματίδιο αερίου· θυμηθείτε, όταν συγκρούεστε με τα τοιχώματα του δοχείου να αλλάζετε κατεύθυνση κίνησης.

❖ Ποια είναι τα βασικότερα χαρακτηριστικά των αερίων, όπως προκύπτουν από την παράστασή σας;
.....

❖ Πώς διατάσσονται τα σωματίδια στα αέρια;
.....

❖ Αλλάζουν θέσεις;
.....

❖ Τι μπορείς να πεις για το σχήμα και τον όγκο στα αέρια;
.....

❖ Αν δεν υπήρχε το δοχείο, τι θα συνέβαινε με τα σωματίδια αερίου;
.....

\

ΑΕΡΙΑ
Παίρνουν το σχήμα και τον όγκο των δοχείων τους
Τα σωματίδια κινούνται μακριά το ένα από το άλλο
Υπάρχει πολύς κενός χώρος μεταξύ των σωματιδίων, γι' αυτό συμπιέζονται
Τα σωματίδια μπορούν να γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο, γι' αυτό ρέουν εύκολα

Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί διαστολή ενός αερίου

Πείραμα 5

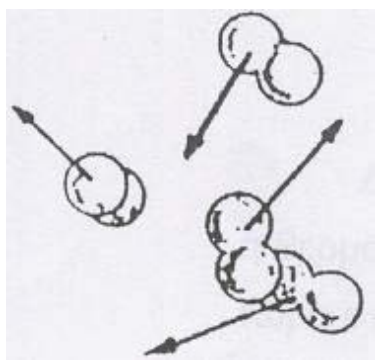
Πάρτε ένα μπαλόνι και θερμάνετέ το ήπια με ένα γκαζάκι.

Τι παρατηρείτε;

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

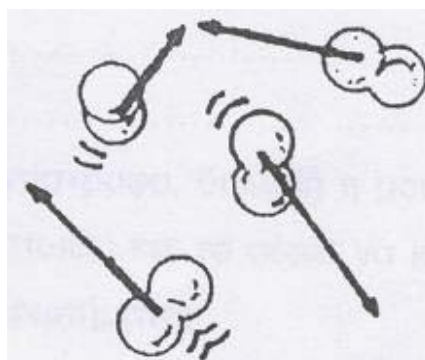


Διαπιστώνουμε ότι το μπαλόνι του πειράματός μας αρχίζει να φουσκώνει. Με την αύξηση της θερμοκρασίας τα μόρια του αερίου αρχίζουν να κινούνται γρηγορότερα προς όλες τις κατευθύνσεις, να γλιστρούν ευκολότερα μεταξύ τους και να απομακρύνονται, κάνοντας το αέριο να διαστέλλεται ασκώντας πίεση στα τοιχώματα του δοχείου – μπαλονιού.



Κρύα αέρια:

Τα μόρια κινούνται σχετικά αργά και μακριά το ένα από το άλλο



Ζεστά αέρια:

Τα μόρια κινούνται γρήγορα και μακριά το ένα από το άλλο

❖ Πώς κινούνται τα σωματίδια στα αέρια; Τι αλλάζει στην κίνηση των σωματιδίων;

.....

❖ Τι αλλάζει στο αέριο;

.....

❖ Αν δεν υπήρχε το δοχείο τι θα έκαναν τα σωματίδια αερίου;

.....

Ας θεωρήσουμε τώρα ότι η θερμοκρασία ελαττώνεται άρα το αέριο θα γίνει κρύο.

Τι απαντήσεις δίνετε τώρα στα παραπάνω ερωτήματα;

.....

Να έχεις υπόψη σου

Όλες οι ουσίες είναι φτιαγμένες από μόρια, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι κάθε τι είναι φτιαγμένο από μόρια. Κάποιες οντότητες δεν είναι ουσίες. Το φως, η θερμότητα και ο ήχος δεν είναι ουσίες. Είναι μορφές ενέργειας. Τα πράγματα που δεν είναι ουσίες δεν μπορεί να είναι στερεά, υγρά και αέρια και δεν φτιάχνονται από μόρια. Δεν υπάρχουν μόρια φωτός, ούτε μόρια θερμότητας ούτε μόρια ήχου. Μόνο η ύλη υπάρχει ως στερεό, ως υγρό και ως αέριο. Μόνο η ύλη αποτελείται από σωματίδια.

Φυσικές καταστάσεις και... μόρια σε... διαφορετικές φυσικές καταστάσεις

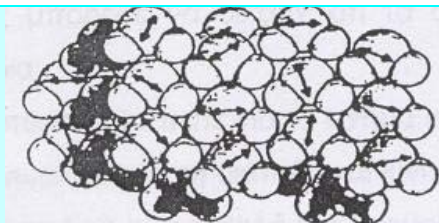
Η διάταξη των μορίων στις τρεις φυσικές καταστάσεις

Οι ουσίες που αποτελούνται από μόρια εμφανίζονται και στις τρεις φυσικές καταστάσεις. Οι ουσίες μεταπίπτουν από τη μια κατάσταση στην άλλη, όταν αλλάζουν οι συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Τι συμβαίνει όμως τότε με τα μόριά τους; Μήπως υπάρχουν μόρια στερεά, μόρια υγρά και μόρια αέρια;

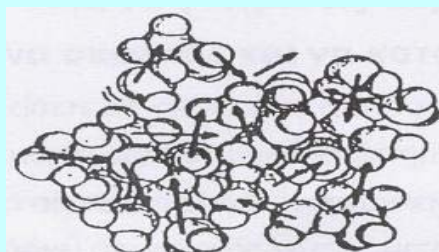
Η φυσική κατάσταση μιας ουσίας οφείλεται στη σχετική θέση των μορίων της στο χώρο, η οποία είναι αποτέλεσμα των ελκτικών δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων. Ο πάγος, το νερό και ο υδρατμός αποτελούνται ακριβώς από το **ίδιο είδος μορίων** τα οποία έχουν πάντα το ίδιο **μέγεθος**. Όταν ο πάγος γίνεται νερό, οι ελκτικές δυνάμεις χαλαρώνουν και τα μόρια μπορούν και γλιστράνε το ένα επάνω στο άλλο. Όταν το νερό μεταβαίνει στην αέρια κατάσταση, οι ελκτικές δυνάμεις εξασθενούν πάρα πολύ και τα μόρια απομακρύνονται μεταξύ τους. Γι' αυτό οι υδρατμοί, όπως και τα άλλα αέρια, τείνουν να καταλάβουν όλο τον χώρο που τους διατίθεται. Αυτό συμβαίνει σε όλες τις ουσίες, όταν αλλάζουν φυσική κατάσταση.

Εκτός από τη φυσική κατάσταση, και άλλες ιδιότητες των χημικών ενώσεων όπως η πυκνότητα, η σκληρότητα, η θερμοκρασία κ.λπ. οφείλονται στη διάταξη του συνόλου των μορίων στο χώρο και δεν αποτελούν ιδιότητες μεμονωμένων μορίων.

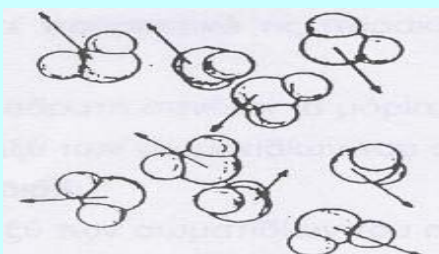
Παρακάτω παριστάνονται τα μόρια του νερού στον πάγο, στο υγρό νερό και στον ατμό.



Στερεό υγρό – Πάγος: Τα μόρια του νερού βρίσκονται σε ορισμένη θέση και δονούνται γύρω από αυτή.



Υγρό νερό: Τα μόρια του νερού γλιστρούν και τινάζονται μακριά το ένα από το άλλο



Αέριο νερό – Υδρατμός: Τα μόρια του νερού κινούνται ελεύθερα στον χώρο

ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια πειράματα μας οδήγησαν να παραδεχθούμε ότι και τα αέρια αποτελούνται από μόρια;
2. Είναι σωστό να δεχθούμε ότι τα μόρια του αέρα είναι «βουτηγμένα μέσα στον αέρα»;
3. Είναι σωστό να δεχθούμε ότι τα μόρια του αέρα είναι τα σωμάτια της σκόνης που βλέπουμε μέσα σε μια δέσμη ηλιακών ακτίνων;
4. Ποια πειράματα μας οδήγησαν να παραδεχθούμε ότι τα μόρια στα αέρια είναι πολύ ευκίνητα;
5. Γιατί τα αέρια έχουν την τάση να καταλαμβάνουν όλο τον διαθέσιμο χώρο; (να το εξηγήσετε με βάση τα μόρια)
6. Γιατί τα αέρια συμπιέζονται;
7. Γιατί τα αέρια ρέουν εύκολα;
8. Με ποιο πείραμα διαπιστώσαμε ότι τα αέρια διαστέλλονται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία τους;
9. Πώς εξηγείται με μόρια η διαστολή των αερίων με την αύξηση της θερμοκρασίας τους;
10. Υπάρχουν μόρια φωτός, ενέργειας, ή θερμότητας;
11. Αλλάζουν τα μόρια του νερού σχήμα και μέγεθος όταν αυτό αλλάζει φυσική κατάσταση;
12. Είναι τα μόρια του πάγου στερεά; Τα μόρια του νερού υγρά; Τα μόρια των υδρατμών αέρια;
13. Πώς εξηγείται με μόρια η αλλαγή της φυσικής κατάστασης του νερού;
14. Ποιες άλλες ιδιότητες μιας ουσίας (εκτός από τη φυσική κατάσταση) ξέρετε που οφείλονται στη διάταξη των μορίων;

**Για να γνωρίσεις περισσότερα,
να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί**

- 1.** Να κλείσετε σε κύκλο όσα από τα παρακάτω θεωρείτε σωστά:
α. Ένα αέριο καταλαμβάνει συγκεκριμένο όγκο και έχει συγκεκριμένο σχήμα.
β. Υπάρχει σημαντικός χώρος μεταξύ των μορίων ενός αερίου.
γ. Μεταξύ των σωματιδίων ενός αερίου υπάρχουν άλλα αέρια, όπως το οξυγόνο και το άζωτο.
δ. Τα μόρια αερίου βρίσκονται σε τάξη και όχι σε αταξία.
- 2.** Διαβάστε προσεκτικά τις παρακάτω διατυπώσεις και εντοπίστε τι λάθος έχουν:
α. Μεταξύ των σωματιδίων ενός αερίου υπάρχουν σκόνη και άλλα σωματίδια.
β. Μεταξύ των σωματιδίων ενός αερίου υπάρχει αέρας.
γ. Κάποιος σου λέει ότι όταν το νερό παγώνει, τα μόριά του γίνονται κρύα και σκληρά.
- 3.** Ζωγραφίστε τα σωματίδια σε ένα αέριο. (Να παραστήσετε τα σωματίδια με όμοια κυκλάκια).
- 4.** Συμπληρώστε τα κενά με τις λέξεις των παρενθέσεων:
Στην αέρια κατάσταση τα είναι χωριστά το ένα από το άλλο και κινούνται συνεχώς. Ένα αέριο να συμπιεστεί και να αποκτήσει μικρότερο
(μπορεί, όγκο, σωματίδια)
- 5.** Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος:
α. Με τη θέρμανση, τα μόρια ενός αερίου αλλάζουν μέγεθος (διαστέλλονται).
β. Όταν θερμάνουμε ένα αέριο, τα μόρια σταματάνε να κινούνται.
γ. Όταν το νερό παγώνει, τα μόρια ψύχονται και γίνονται ελαφρότερα.
δ. Τα μόρια στον πάγο και στο υγρό νερό έχουν το ίδιο σχήμα και μέγεθος.
- 6.** Να ζωγραφίσετε τα μόρια στον πάγο και στο νερό. Να χρησιμοποιήσετε ίδιο αριθμό και είδος μορίων.

ΠΑΓΟΣ



ΝΕΡΟ



- 7.** Ένας συμμαθητής σας λέει ότι ο ήλιος μάς στέλνει μόρια θερμότητας και μας ζεσταίνει. Τι απαντάτε;

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III

Για λόγους διευκόλυνσης της μελέτης της διατριβής, στο σημείο αυτό παρατίθενται τα μαθήματα από το πειραματικό διδακτικό υλικό που αφορούν στα άτομα.

Μάθημα 20

Ο ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΑΦΘΑΡΣΙΑΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ Ο ΝΟΜΟΣ ΤΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΛΟΓΩΝ Ακριβείς μετρήσεις έκαναν τη χημεία πραγματική ποσοτική επιστήμη

*Μηδέν τι εκ του μη όντος γίνεσθαι, μηδέ εις τι μη ον φθείρεσθαι
Δημόκριτος*

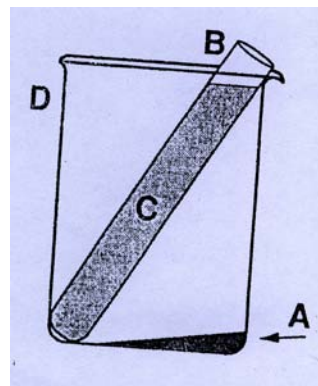
Στο μάθημα αυτό θα γνωρίσουμε δύο βασικούς νόμους της χημείας. Ο πρώτος νόμος διατυπώθηκε το 1773 από τον Lavoisier και σύμφωνα με αυτόν κατά τις χημικές αντιδράσεις η μάζα δεν μεταβάλλεται. Με αυτόν η χημεία έγινε πραγματική ποσοτική επιστήμη. Σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο, ο λόγος των μαζών των στοιχείων σε μια χημική ένωση είναι σταθερός. Ο νόμος διατυπώθηκε το 1779 από τον Proust. Ο νόμος αυτός, μαζί με τον νόμο του Lavoisier, συνέβαλε αποφασιστικά στη διατύπωση της ατομικής θεωρίας από τον Dalton.

Ο νόμος της αφθαρσίας της ύλης ή νόμος του Lavoisier

Πείραμα 1

Πάρτε ένα ποτήρι όγκου περί τα 250 mL, όπως δείχνει το σχήμα. Ζυγίστε μαζί τη σόδα φαγητού, το ξίδι και τα γυαλικά και σημειώστε τη συνολική μάζα με όση ακρίβεια σας επιτρέπει ο ζυγός που χρησιμοποιείτε. Γυρίστε προσεκτικά τον δοκιμαστικό σωλήνα με το ξίδι, ώστε το διάλυμα να χυθεί μέσα στο ποτήρι με το διάλυμα της σόδας. Παρατηρήστε το φαινόμενο. Είναι χημική αντίδραση ή όχι; Όταν σταματήσει κάθε φανερή μεταβολή, ζυγίστε ξανά το σύνολο. Και συγκρίνετε το αποτέλεσμα με την αρχική ζύγιση.

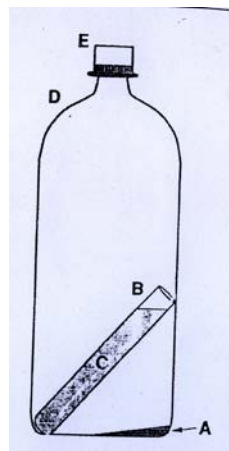
.....
.....
.....



Κατά την ανάμειξη των δύο διαλυμάτων γίνεται χημική αντίδραση, ένα προϊόν της οποίας είναι το αέριο διοξείδιο του άνθρακα, ενώ η συνολική μάζα ελαττώνεται. Επειδή το ποτήρι είναι ανοικτό, το αέριο φεύγει έξω προς την ατμόσφαιρα και αυτό εξηγεί την ελάττωση της μάζας που παρατηρήσαμε.

Πείραμα 2

Θα επαναλάβετε τώρα το ίδιο πείραμα μέσα σε μια κλειστή διαφανή πλαστική φιάλη, όπως δείχνει το σχήμα. Θα κατεβάσετε προσεκτικά τον σωλήνα με το ξίδι μέσα στη φιάλη, ώστε να μην πεταχτεί καθόλου ξίδι και πέσει μέσα στο διάλυμα της σόδας.



Λόγω του ότι το πείραμα θα γίνει τώρα μέσα σε κλειστή φιάλη, το αέριο διοξείδιο του άνθρακα που θα παραχθεί θα συγκεντρώνεται όλο μέσα στην φιάλη, πάνω από το διάλυμα, άρα μέσα στην φιάλη θα αυξάνεται σημαντικά η πίεση. Παρατηρούμε ότι όταν ο όγκος είναι σταθερός και αυξάνεται η ποσότητα των αερίων, τότε η πίεση μέσα στη φιάλη αυξάνεται. Θα πρέπει να προσέξουμε ώστε να αποφύγουμε υπερβολικές πιέσεις. Οι συνθήκες που περιγράφουμε εδώ δίνουν τελικές πιέσεις χονδρικά $0,2 \text{ atm}$ πάνω από την ατμοσφαιρική πίεση, που είναι πολύ χαμηλότερη από τις συνήθεις πιέσεις μέσα σε φιάλες με ποτά με ανθρακικό σε θερμοκρασία δωματίου - χονδρικά $7,0 \text{ atm}$.

Πείραμα 3

Θα ζυγίσετε το σύνολο, θα αναποδογυρίσετε τη φιάλη ώστε όλο το περιεχόμενο του δοκιμαστικού σωλήνα (το ξίδι) να αδειάσει μέσα στο διάλυμα της σόδας. Αφού σταματήσει η αντίδραση, θα ξαναζυγίσετε το σύνολο και θα συγκρίνετε τις δύο ζυγίσεις. Εν συνεχεία, θα βγάλετε το πώμα (το καπάκι) από τη φιάλη και θα παρατηρείτε τι δείχνει ο ζυγός. Σημειώστε την ένδειξη του ζυγού, και γέρνοντας αρκετά τη φιάλη, χωρίς όμως να χυθεί το περιεχόμενο, συμπιέστε αρκετές φορές τα τοιχώματα της φιάλης και σημειώστε τη νέα ένδειξη του ζυγού. Συζητήστε στην τάξη τα ευρήματά σας. Να λάβετε υπόψη ότι το διοξείδιο του άνθρακα έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από τον αέρα (είναι όπως λέμε βαρύτερο από τον αέρα).

❖ Ο χώρος πάνω από το υγρό μέσα στη φιάλη είναι γεμάτος (είναι *κορεσμένος*) με αέριο διοξείδιο του άνθρακα, που επειδή είναι βαρύτερο από τον αέρα (έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από τον αέρα), δεν φεύγει. Με το γέρισμα της φιάλης και τη συμπίεση της φιάλης αναγκάζουμε το διοξείδιο του άνθρακα να φύγει στην ατμόσφαιρα.

Ο νόμος αφθαρσίας της ύλης

Από τα παραπάνω πειράματα συνάγεται ένας σπουδαίος νόμος, που διατυπώθηκε για πρώτη φορά το 1773 από τον Γάλλο χημικό Antoine Lavoisier (Λαβουαζιέ), και μας λέει ότι

❖ Σε μια χημική αντίδραση δεν μεταβάλλεται η μάζα, δηλαδή η μάζα των προϊόντων μαζί με ό,τι τυχόν περίσσεψε από τα αντιδρώντα είναι ίδια με τη μάζα των αρχικών αντιδρώντων σωμάτων.

Ο νόμος αυτός δείχνει ότι η ύλη δεν εξαφανίζεται, δεν φθείρεται κατά τις χημικές αντιδράσεις, και είναι γνωστός ως ο νόμος της αφθαρσίας της ύλης ή νόμος του Lavoisier.

Το παρελθόν φυγείν... αδύνατον

Ο Lavoisier, που θεωρείται ο θεμελιωτής της επιστήμης της χημείας, πίστευε ότι για την εξαγωγή συμπερασμάτων δεν αρκούσε μόνο η παρατήρηση, αλλά επιβαλλόταν και ακριβής μέτρηση. Είναι αυτός που εισήγαγε τη χρήση του ζυγού (της ζυγαριάς) στη χημεία, καθιστώντας την ποσοτική επιστήμη. Ο Lavoisier μελέτησε συστηματικά την καύση διαφόρων ουσιών [όπως φωσφόρου και θείου (θειαφιού)], ζυγίζοντας τις ουσίες πριν και μετά την καύση, που την έκανε σε κλειστά δοχεία. Με τα πειράματα διαπίστωσε ότι η συνολική μάζα παραμένει αναλλοίωτη (δεν αλλάζει) κατά τις αντιδράσεις. Ακόμη, εργαζόταν με γνωστές ποσότητες ζάχαρης, μαγιάς και νερού, έφτιαχνε ζυμάρι και το άφηνε ώστε να γίνει ζύμωση. Μετρώντας τα ποσά του αερίου διοξειδίου του άνθρακα και του νερού που ελευθερώνονταν, μπόρεσε να δείξει ότι η μάζα των αρχικών συστατικών ήταν ίδια με τη μάζα των προϊόντων και του τελικού υπολείμματος (ό,τι άλλο απέμεινε). Τα πειράματα αυτά τον οδήγησαν, το 1773, στη διατύπωση του περίφημου νόμου αφθαρσίας της ύλης. Με τα ίδια πειράματα καύσης διαπίστωσε και τον ρόλο του αέρα (ουσιαστικά του οξυγόνου) στην καύση.

Ο νόμος των σταθερών λόγων ή νόμος του Proust

Μαζί με τον νόμο της αφθαρσίας της ύλης, ο νόμος αυτός συνέβαλε αποφασιστικά στη διατύπωση της ατομικής θεωρίας από τον Dalton (βλέπε επόμενο μάθημα).

Αν έχουμε μίγμα π.χ. 1 g αερίου υδρογόνου και 8 g αερίου οξυγόνου και το αναφλέξουμε, τα δύο αέρια θα ενωθούν και θα σχηματίσουν 9 g νερού. Αν όμως έχουμε 1 g υδρογόνου και περισσότερα από 8 g οξυγόνου, η επιπλέον των 8 g ποσότητα του οξυγόνου δεν θα λάβει μέρος στην αντίδραση, δηλαδή θα περισσέψει. Με το ίδιο σκεπτικό, τι νομίζεις ότι θα συμβεί αν αναφλεγεί μίγμα από 8 g οξυγόνου και περισσότερο από 1 g υδρογόνου;

Να έχεις υπόψη σου

Γενικά, οποιαδήποτε και αν είναι η διαθέσιμη ποσότητα υδρογόνου ή οξυγόνου, πρέπει πάντοτε η ποσότητα του οξυγόνου να είναι οκταπλάσια κατά βάρος της ποσότητας του υδρογόνου ώστε να έχουμε ποσοτική αντίδραση, να μην περισσέψει δηλαδή κανένα από τα δύο αντιδρώντα. Η αναλογία αυτή, 1:8 κατά βάρος, χαρακτηρίζει την ένωση του υδρογόνου και του οξυγόνου προς νερό. Κατ' ανάλογο τρόπο, για το σχηματισμό π.χ. της χημικής ένωσης θειούχος σίδηρος από τα χημικά στοιχεία θείο και σίδηρο, η αναλογία βάρους $\text{Fe} : \text{S}$ είναι 56 : 32.

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω δεδομένα, να προσπαθήσετε να διατυπώσετε τον νόμο που προκύπτει από αυτά.

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

Ο παραπάνω νόμος ανακαλύφθηκε το 1779 από τον Proust και λέγεται νόμος των σταθερών λόγων ή *Νόμος του Proust*.

ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να διατυπώσετε τον νόμο της αφθαρσίας της ύλης του Lavoisier.
2. Πώς ο Lavoisier έκανε τη χημεία πραγματική ποσοτική επιστήμη;
3. Να διατυπώσετε τον νόμο των σταθερών λόγων του Proust.
4. Τι σημαίνει ποσοτική χημική αντίδραση;
5. Ποια πρέπει να είναι η σχέση της μάζας του οξυγόνου προς τη μάζα του υδρογόνου, ώστε να έχουμε ποσοτική αντίδραση του οξυγόνου με το υδρογόνο προς νερό;

**Για να γνωρίσεις περισσότερα,
να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί**

1. Αναμιγνύονται σε κλειστό δοχείο 5 g της ουσίας Α με 10 g της ουσίας Β και παράγεται η ουσία Γ. Πόσα g από την ουσία Γ έχουν παραχθεί;

2. Δίνονται 20 g αέριου υδρογόνου και 220 g αέριου οξυγόνου τα οποία αναφλέγονται και σχηματίζουν νερό. Πόσα g νερού θα παραχθούν; Θα περισσέψει κάποια ποσότητα αέριου υδρογόνου ή οξυγόνου μετά το τέλος της αντίδρασης; Σχολιάστε.

Μάθημα 21

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

Το ελάχιστο σωματίδιο χημικού στοιχείου σε ενώσεις του

«ΛΕΥΚΙΠΠΙΟΣ ΚΑΙ ... ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ... ΤΟ ΠΛΗΡΕΣ ΚΑΙ ΤΟ ΚΕΝΟΝ ΕΙΝΑΙ ΦΑΣΙ, ... ΤΟ ΜΕΝ ΟΝ ΤΟ ΔΕ ΜΗ ΟΝ, ... ΤΟ ΜΕΝ ΠΛΗΡΕΣ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΟΝ, ΤΟ ΔΕ ΚΑΝΟΝ ΚΑΙ ΜΑΝΟΝ ... ΑΙΤΙΑ ΔΕ ΤΩΝ ΟΝΤΩΝ ΤΑΥΤΑ ΩΣ ΥΛΗ»

Αριστοτέλης, *Μετά τα φυσικά*
Α' 4.985β4

Στην ενότητα «Χημικές ενώσεις και χημικά στοιχεία», είδαμε ότι το νερό μπορεί να διασπαστεί σε δύο άλλες ουσίες, το υδρογόνο και το οξυγόνο. Θα μπορούσαμε να εξηγήσουμε αυτή τη μεταβολή του νερού με βάση τη μεταβολή στα μόρια του νερού;

Ξέρουμε τώρα ότι μια ουσία αποτελείται από μόρια.

❖ Έχουν όμως τα μόρια παραπέρα δομή;

Ιστορία της χημείας: Η ατομική θεωρία του Dalton

Ο John Dalton (Ντάλτον) ήταν άγγλος χημικός που ανέλυσε κριτικά και με ευφυή τρόπο πειραματικά δεδομένα άλλων επιστημόνων και οδηγήθηκε στη διατύπωση της ατομικής θεωρίας του για την ύλη. Ειδικότερα, ο Dalton στηρίχθηκε στον νόμο της αφθαρσίας της ύλης του Lavoisier και στον νόμο των σταθερών λόγων του Proust και διατύπωσε το 1803 τη θεωρία του.

Οι παραδοχές της ατομικής θεωρίας του Dalton είναι οι εξής:

1. Κάθε χημικό στοιχείο αποτελείται από τα δικά του χαρακτηριστικά, αδιαίρετα και μη καταστρεπτά **άτομα**.

2. Τα άτομα αυτά έχουν χαρακτηριστική μάζα, διαφορετική για κάθε στοιχείο.

3. Οι χημικές ενώσεις είναι συγκεκριμένοι συνδυασμοί αυτών των διαφορετικών ατόμων.

Ατομική θεωρία
του Dalton

4. Κατά τις χημικές αντιδράσεις μεταξύ ενώσεων, ούτε δημιουργούνται νέα άτομα ούτε καταστρέφονται τα υπάρχοντα άτομα, αλλά απλώς αυτά αναδιατάσσονται σχηματίζοντας νέες ενώσεις.

Αξιοσημείωτο είναι ότι ο Dalton είχε παρατηρήσει ότι ορισμένα στοιχεία σχηματίζουν μεταξύ τους περισσότερες από μία ενώσεις, π.χ. ο άνθρακας με το οξυγόνο το μονοξείδιο και το διοξείδιο του άνθρακα, ή το άζωτο με το οξυγόνο έναν αριθμό οξειδίων του αζώτου.

Στο ένα οξείδιο του άνθρακα, ο λόγος των μαζών οξυγόνου και άνθρακα είναι (σύμφωνα με τον νόμο του Proust) σταθερός και ίσος με 1,33/1,00.

Στο άλλο οξείδιο, ο λόγος αυτός είναι 2,66/1,00.

Οι λόγοι αυτοί είναι τα γραμμάρια (g) του οξυγόνου που ενώνονται με 1 g άνθρακα.

Ποια σχέση έχουν αυτοί οι δύο λόγοι;

.....
.....

Έτσι ο Dalton οδηγήθηκε το 1805 στη διατύπωση του νόμου των **απλών πολλαπλασίων**:

Όταν δύο στοιχεία ενώνονται για να σχηματίσουν δύο ή περισσότερες χημικές ενώσεις, η αναλογία μαζών του ενός στοιχείου που ενώνεται με μια καθορισμένη ποσότητα του άλλου στοιχείου είναι αναλογία μικρών ακέραιων αριθμών, που αποτελεί την αναλογία ατόμων του στοιχείου στις διαφορετικές χημικές ενώσεις.

Ο νόμος των απλών πολλαπλασίων εξηγείται με βάση την ατομική θεωρία. Ουσιαστικά όμως είχε προβλεφθεί από τη θεωρία του Dalton.

Νόμος των
απλών πολλαπλασίων
του Dalton

Να έχεις υπόψη σου

Ο Dalton περιέλαβε την ατομική του θεωρία στο σύγγραμμά του «Ένα νέο σύστημα χημικής φιλοσοφίας» που δημοσιεύθηκε το 1807. Ο Dalton έκανε επίσης σημαντικές μελέτες για τις ιδιότητες των αερίων και θεωρείται ένας από τους μεγάλους θεμελιωτές της επιστήμης της χημείας.

Πείραμα 1

Πάρτε προσεκτικά μια φιάλη με πυκνό διάλυμα υδροχλωρικού οξέος και πλησιάστε κοντά στο ανοικτό στόμιο (όχι όμως πολύ κοντά στο στόμιο). Τι παρατηρείτε;

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



Διαπιστώνουμε ότι ενώ η φιάλη περιέχει διάλυμα υδροχλωρικού οξέος, η οσμή οφείλεται στο αέριο υδροχλώριο. (Στο υδροχλωρικό οξύ το υδροχλώριο είναι διαλυμένο μέσα σε νερό).

Το υδροχλώριο είναι χημική ένωση αποτελούμενη από τα αέρια στοιχεία υδρογόνο και χλώριο.

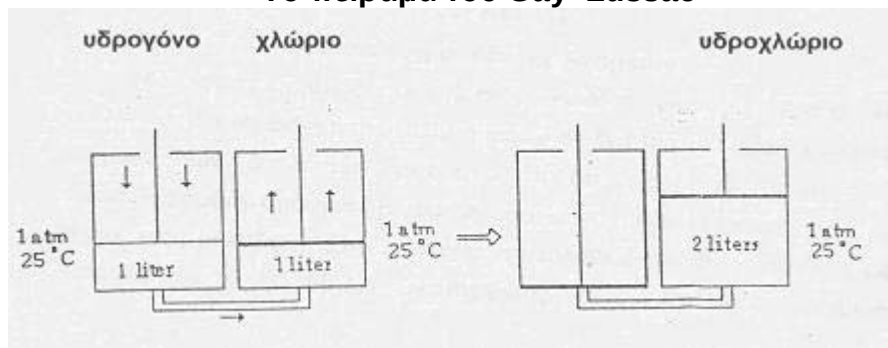
Σε προηγούμενη ενότητα μελετήσαμε τη διάσπαση του νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο με ηλεκτρόλυση.

Αντίστοιχα, το υδροχλώριο μπορεί να διασπαστεί σε υδρογόνο και χλώριο και αντίστροφα.

Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι κάπου μέσα στο υδροχλώριο είναι «κρυμμένο» το υδρογόνο και το χλώριο.

Πώς όμως, με ποια μορφή;

Το πείραμα του Gay-Lussac



Το 1808 ο Γάλλος φυσικός και χημικός Gay-Lussac (Γκε-Λουσάκ) μέτρησε πειραματικά τους όγκους αερίων που αντιδρούν μεταξύ τους υπό καθορισμένες συνθήκες. Ας δούμε το πείραμα αυτό.

Στο αριστερό δοχείο του σχήματος τοποθετούμε 1 L υδρογόνου σε πίεση 1 atm και θερμοκρασία 25 °C. Στο δεξιό δοχείο τοποθετούμε 1 L χλωρίου στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Τα δύο δοχεία είναι εφοδιασμένα με μετακινούμενο έμβολο και συνδέονται μεταξύ τους. Όταν πιεστεί το έμβολο στο δοχείο που περιέχει υδρογόνο, το υδρογόνο «μεταφέρεται» πιεζόμενο στο δοχείο που περιέχει χλώριο, όπου τα δύο αέρια αντιδρούν μεταξύ τους.

Μετά το τέλος της αντίδρασης, επαναφέρουμε τη θερμοκρασία και την πίεση στις αρχικές τους τιμές (25 °C , 1 atm αντίστοιχα). Αυτό το πετυχαίνουμε διατηρώντας τη συσκευή με τα δύο δοχεία σε σταθερή θερμοκρασία και μετακινώντας το έμβολο ώστε η τελική πίεση να επανέλθει στην αρχική της τιμή (1 atm).

Τι παρατηρείτε στο παραπάνω σχήμα ότι συμβαίνει στο τέλος του πειράματος; Ποιος είναι ο όγκος του υδροχλωρίου που σχηματίζεται;

.....

Στο τέλος του πειράματος, σχηματίζονται 2 L υδροχλωρίου στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι:

1 L αερίου υδρογόνου ενώνεται με 1 L αερίου χλωρίου σε ορισμένη θερμοκρασία και πίεση και σχηματίζονται 2 L αερίου υδροχλωρίου, στην ίδια θερμοκρασία και πίεση.

Η υπόθεση του Avogadro

Το 1811, ο Ιταλός χημικός Avogadro (Αβογκάντρο) διατύπωσε την εξής υπόθεση, γνωστή ως **υπόθεση Avogadro**:

Ίσοι όγκοι αερίων, στην ίδια θερμοκρασία και πίεση, περιέχουν τον ίδιο αριθμό μορίων.

Υπόθεση
του Avogadro

Πείραμα 2

Χωριστείτε σε ομάδες 2 – 3 ατόμων και τοποθετήστε μέσα σ' ένα κύκλο που θα σχεδιάσετε με κιμωλία πάνω σε ένα τραπέζι όσα πιο πολλά κέρματα των 5 λεπτών μπορείτε. Πρέπει όμως να τηρείτε μια προκαθορισμένη απόσταση ανάμεσα στα κέντρα των κερμάτων (π.χ. το μήκος ενός μολυβιού). Στη συνέχεια επαναλάβετε την ίδια διαδικασία με κέρματα των 10, 20, 50 λεπτών, τηρώντας πάντοτε την προκαθορισμένη απόσταση. Τι παρατηρείτε; Συμφωνούν τα συμπεράσματά σας με την υπόθεση Avogadro;

.....

Πείραμα 3

Σχεδιάστε στον πίνακα ένα δοχείο που περιέχει 1 L αέριο υδρογόνο σε ορισμένη θερμοκρασία και πίεση. Κατόπιν σχεδιάστε με κυκλάκια τα μόρια του υδρογόνου μέσα στο δοχείο. (Στο συγκεκριμένο πείραμα σχεδιάστε 10 κυκλάκια που παριστάνουν 10 μόρια υδρογόνου).

Σύμφωνα με τις προηγούμενες ενότητες όπου μελετήσαμε την έννοια του μορίου σε στερεά, υγρά και αέρια, το αέριο υδρογόνο καταλαμβάνει όλο τον όγκο του δοχείου.

Πείραμα 4

Σχεδιάστε στον πίνακα ένα δοχείο που περιέχει 1 L αέριο χλώριο στην ίδια θερμοκρασία και πίεση. Έχοντας υπόψη το Πείραμα 4, καθώς και την υπόθεση Avogadro, πόσα μόρια αερίου χλωρίου, θα σχεδιάσετε στο δοχείο χρησιμοποιώντας κυκλάκια;

Αφού η θερμοκρασία και η πίεση διατηρείται σταθερή, το δοχείο με το αέριο χλώριο, θα περιέχει τον ίδιο αριθμό μορίων με το δοχείο που περιέχει το αέριο υδρογόνο.

Πείραμα 5

Σχεδιάστε στον πίνακα ένα δοχείο που περιέχει αέριο υδροχλώριο στην ίδια θερμοκρασία και πίεση. Έχοντας υπόψη το Πείραμα Gay–Lussac, το δοχείο θα περιέχει L αερίου υδροχλωρίου. Έχοντας υπόψη σας την υπόθεση Avogadro, καθώς και τα Πειράματα 3 και 4 πόσα μόρια αερίου υδροχλωρίου θα σχεδιάσετε στο δοχείο χρησιμοποιώντας κυκλάκια;

.....

...

Το δοχείο με το αέριο χλώριο περιέχει τον ίδιο αριθμό μορίων με αυτό που περιέχει το αέριο υδρογόνο. Το δοχείο με το αέριο υδροχλώριο περιέχει 2 L αέριο υδροχλώριο. Σύμφωνα με την υπόθεση Avogadro, το δοχείο αυτό περιέχει 20 μόρια αερίου υδροχλωρίου (θεωρούμε ότι κάθε δοχείο περιέχει 10 μόρια από το κάθε αέριο).

Πείραμα 6

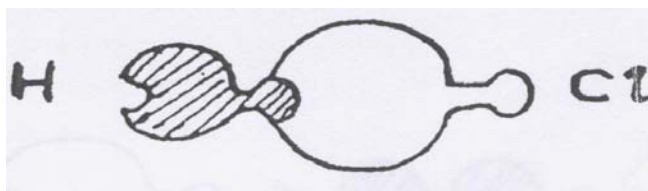
Πάρτε δύο ίδια ζευγάρια από πλαστικές μπάλες, το καθένα από τα οποία αποτελείται από δύο διαφορετικού χρώματος και μεγέθους ενωμένες μπάλες και ξεχωρίστε τα δύο αυτά ζευγάρια σε μπάλες ίδιου χρώματος και μέγεθους.

Ποια κατά τη γνώμη σας θα μπορούσε να είναι η χρησιμότητα του πειράματος αυτού;

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

Το κάθε ζευγάρι από τις ενωμένες μπάλες παριστάνει το μόριο του υδροχλωρίου, με τη μια μπάλα να παριστάνει το υδρογόνο και την άλλη το χλώριο.

Το υδροχλώριο είναι σύνθετο σώμα (χημική ένωση) και αποτελείται από υδρογόνο και χλώριο. Η απλούστερη λοιπόν περίπτωση (παριστάνεται στο Πείραμα 6) είναι να αποτελείται το μόριο του υδροχλωρίου από 1 μονάδα (1 «μόριο») υδρογόνου και 1 μονάδα (1 «μόριο») χλωρίου.



Τελικά, αναλύσαμε τα δύο μόρια του υδροχλωρίου σε 2 «μόρια» υδρογόνου και 2 «μόρια» χλωρίου.

Πείραμα 7

Πάρτε τις μπάλες ίδιου χρώματος και μεγέθους και ενώστε τις, ξαναφτιάχνοντας ζευγάρια από πλαστικές μπάλες διαφορετικού χρώματος και μεγέθους. Τι διαπιστώνετε;

.....
.....

Δεχόμενοι την υπόθεση Avodagro, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το αποτέλεσμα του πειράματός μας (σύνθεση 2 μορίων υδροχλωρίου από 2 «μόρια» υδρογόνου και 2 «μόρια» χλωρίου), δεν συμφωνεί με το πείραμα του Gay–Lussac. Άρα, είτε η υπόθεση του Avogadro δεν είναι σωστή, είτε τα μοντέλα που έχουμε χρησιμοποιήσει για να παραστήσουμε τα μόρια δεν είναι σωστά.

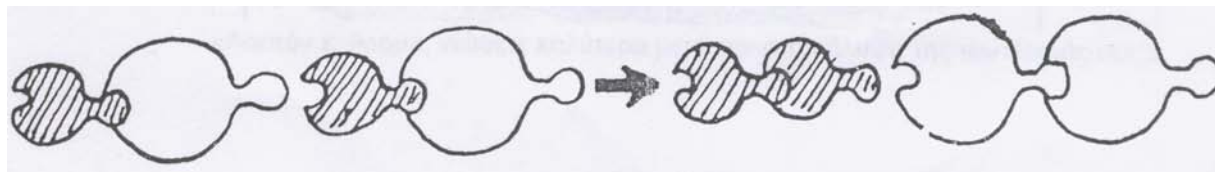
Πείραμα 8

Πάρτε 2 ζευγάρια από μπάλες διαφορετικού χρώματος και μεγέθους ενωμένες μεταξύ τους ξεχωρίστε τα και ξαναφτιάξτε 2 ζευγάρια από μπάλες, ίδιου χρώματος και μεγέθους, τροποποιήστε δηλαδή τη διαδικασία που ακολουθήσατε στο Πείραμα 7. (Η εκτέλεση του πειράματος θα γίνει θεωρώντας ότι η υπόθεση Avogadro ισχύει).

Τι διαπιστώνετε στην περίπτωση αυτή;

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

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα μόρια του υδρογόνου και του χλωρίου είναι διπλά, αποτελούμενα το καθένα από δύο όμοια μέρη.



Χωρίσαμε λοιπόν τα 2 μόρια υδροχλωρίου σε 1 μόριο υδρογόνου και 1 μόριο χλωρίου.

Αντίστροφα, μπορούμε να συνθέσουμε 2 μόρια υδροχλωρίου ξεκινώντας από 1 μόριο (1 διπλή μπάλα) υδρογόνου και 1 μόριο (1 διπλή μπάλα) χλωρίου.

Το δεδομένο αυτό συμφωνεί με την υπόθεση Avogadro καθώς και με το Πείραμα Gay–Lussac που χρησιμοποιήσαμε ως πειραματικό δεδομένο.

Τελικά συμπεραίνουμε ότι:

Το μόριο του στοιχείου υδρογόνου αποτελείται από δύο ακριβώς ίδια μέρη. Το ίδιο ισχύει και για το μόριο χλωρίου.

Σε κάθε ένα από τα όμοια αυτά μέρη θα δώσουμε το όνομα **άτομα**. Τα μόρια δηλαδή αποτελούνται από μικρότερα σωματίδια, **τα άτομα**.

Ατομικότητα
στοιχείου

Ατομικότητα ενός στοιχείου είναι ο αριθμός των ατόμων του στοιχείου από τα οποία αποτελείται το μόριό του.

Να έχεις υπόψη σου

Ο όρος ατομικότητα ισχύει μόνο για μόρια στοιχείων και όχι για μόρια χημικών ενώσεων.

Για παράδειγμα, το μόριο του υδρογόνου και το μόριο του χλωρίου αποτελούνται από 2 άτομα υδρογόνου και χλωρίου αντίστοιχα (2 ακριβώς ίδια μέρη). Άρα, η ατομικότητα των στοιχείων υδρογόνου και χλωρίου είναι 2.

Το μόριο του νερού αποτελείται από 2 άτομα υδρογόνου και 1 άτομο οξυγόνου. Είναι λάθος να πούμε ότι η ατομικότητα του υδρογόνου είναι 2 και του οξυγόνου 1, διότι το νερό είναι χημική ένωση και όχι στοιχείο.

Στα μόρια των χημικών ενώσεων, μπορούμε να έχουμε ένα ή περισσότερα άτομα από κάθε στοιχείο που συμμετέχει στην ένωση.

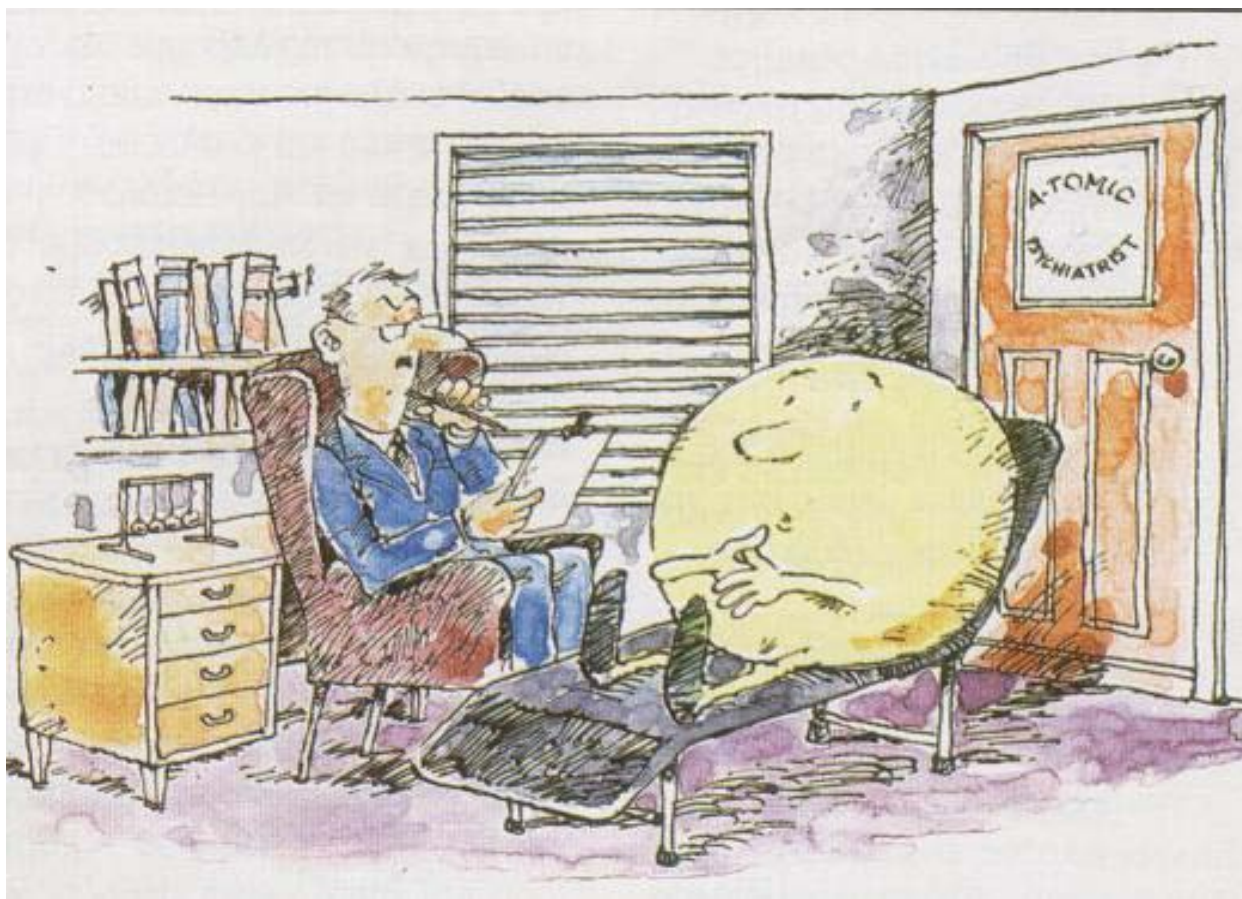
Παρατηρούμε ότι το μόριο του υδροχλωρίου αποτελείται από ένα άτομο υδρογόνου και ένα άτομο χλωρίου.

Παίρνοντας ως παράδειγμα το μόριο του νερού, διαπιστώνουμε ότι αποτελείται από 2 άτομα υδρογόνου και 1 άτομο οξυγόνου.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι:

Το άτομο είναι το ελάχιστο σωματίδιο ενός χημικού στοιχείου με το οποίο το στοιχείο μπορεί να συμμετέχει σε χημικές ενώσεις.

Ορισμός
του ατόμου



«Λοιπόν κ. Άτομο, νιώθετε καλύτερα μετά την αποκάλυψη της ταυτότητάς σας;»

Να έχεις υπόψη σου

Ο Dalton είχε κάνει ένα σοβαρό λάθος, θεωρώντας ότι η απλούστερη ένωση δύο στοιχείων περιέχει πάντοτε ένα άτομο από κάθε στοιχείο. Σύμφωνα με αυτή την παραδοχή, το μόριο του νερού έπρεπε να αποτελείται από ένα άτομο υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου (θα είχε το μοριακό τύπο HO).

Ο Dalton νόμιζε ότι ο νόμος των αέριων όγκων του Gay-Lussac δεν συμφωνούσε με την ατομική θεωρία του, με αποτέλεσμα να τον απορρίψει. Με τη σειρά του, ο Gay-Lussac απέρριπτε την ατομική θεωρία. Ο μοριακός τύπος H_2O για το νερό συμβίβασε την ατομική θεωρία με τον νόμο του Gay-Lussac.

Ο τύπος H_2O είναι ο αποδεκτός τύπος για το νερό.

Χημεία και φιλοσοφία

Είναι πασίγνωστη και πέρα από κάθε αμφισβήτηση η συμβολή της ανακάλυψης και κατανόησης της λεπτοδομής της ύλης στην πρόοδο των φυσικών επιστημών. Εκτός από τις πρακτικές εφαρμογές, ικανοποιήθηκε και η έμφυτη φιλοσοφική και επιστημονική διάθεση του ανθρώπου. Ήδη από τα πρώτα χρόνια της ενασχόλησής τους με το πνεύμα και τη φύση, οι Έλληνες φιλόσοφοι ασχολήθηκαν με την ερμηνεία των πραγμάτων του κόσμου και την αναγωγή τους σε μια αρχή.

Κοινή φυσική αρχή όλων των όντων είναι **το ύδωρ** κατά τον Θαλή, **το άπειρον** κατά τον Αναξίμανδρο, **ο αήρ** κατά τον Αναξίμενη, **το πυρ** κατά τον Ηράκλειτο και **τα σπέρματα ή χρήματα** κατά τον Αναξαγόρα, παντοειδή σώματα δηλαδή που πληρούν όλη την ύλη χωρίς κενό μεταξύ τους. Εξάλλου κατά τον Εμπεδοκλή, τέσσερα είναι τα στοιχεία, **τα ριζώματα**, από τα οποία αποτελούνται τα πάντα στον κόσμο: **γη, ύδωρ, αήρ και πυρ**, πάνω στα οποία ενεργούν δύο δυνάμεις, η **φιλότης και το νείκος**, η μεν συνθετική η δε διαλυτική, από την αντίθεση των οποίων **αρμονία γίγνεται**.

Οι πρώτοι εισηγητές της ατομικής θεωρίας υπήρξαν όμως οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι Λεύκιππος και Δημόκριτος. Ως αρχή των όντων θεωρούσαν τα άτομα, τα οποία έχουν δικό τους βάρος, κινούνται στο κενό, όταν μεν ενώνονται συνθέτουν όλα τα όντα, όταν δε διαλύονται επιφέρουν τη φθορά των όντων.

Τα άτομα είναι τόσο μικρά ώστε είναι αόρατα. Επιπλέον, είναι αγέννητα, ανώλεθρα, ομοειδή, αναλλοίωτα, μεταβάλλουν μόνο θέση και διάταξη και διαφέρουν κατά το βάρος τους. Η χρήση της λέξης άτομο προέρχεται από το στερητικό **α** και τη λέξη **τομή**, για να δεχτεί ότι τα άτομα δεν «τέμνονται», δεν «κόβονται».

Η πρώτη αυτή ατομική θεωρία ξεχάστηκε επί πολλούς αιώνες και επανήλθε στο προσκήνιο μόλις τον περασμένο αιώνα, εξελισσόμενη μέσω της επιστημονικής μεθόδου σε αυστηρή, ακριβή, τελειότατη και αισθητικά υψηλή θεωρία.

Δεν υπήρχε αμφιβολία ότι τα άτομα μπορούσαν να εξηγήσουν κάποια φαινόμενα-σπαζοκεφαλιές. Αλλά στην πραγματικότητα αυτά ήταν όνειρα θερινής νυκτός. Αν πράγματι υπήρχαν, ήταν πάρα πολύ μικρά για να τα αντιληφθεί κανείς με τις αισθήσεις του. Πώς τότε θα ήταν ποτέ δυνατό να παγιωθεί η ύπαρξή τους; Ευτυχώς υπήρχε ένας τρόπος. Το κόλπο ήταν να υποθέσουμε ότι τα άτομα υπάρχουν και κατόπιν να φτιάξουμε μια λογική ακολουθία για τον καθημερινό μας κόσμο. Αν η ακολουθία ταίριαζε με την πραγματικότητα, τότε η ιδέα των ατόμων υποστηριζόταν. Αν όχι, τότε ήταν καιρός να ψάξουμε για μια καλύτερη ιδέα.

Chown, M. (2001).

The magic furnace: The search for the origin of atoms
N. Y: Oxford University Press

Χημεία και τεχνολογία «Βλέπουμε τα άτομα»

Μια σύγχρονη πειραματική μαρτυρία για την ύπαρξη των ατόμων μάς προσφέρει η μικροσκοπία σάρωσης σήραγγας (scanning tunneling microscopy, STM). Έτσι, η τεχνική αυτή, μας αποκαλύπτει ότι η επιφάνεια ενός στερεού υλικού αποτελείται από εξογκώματα-λόφους (άτομα), ανάμεσα στα οποία υπάρχουν βαθουλώματα-κοιλιάδες (κενά). Η σάρωση της επιφάνειας του στερεού γίνεται με τρόπο ανάλογο με τον τρόπο που ένας τυφλός σαρώνει με το ραβδί του το δρόμο μπροστά του: καθώς προχωρά κινεί το ραβδί αριστερά και δεξιά και ταυτόχρονα το χτυπά στο έδαφος.



Ένα ατομικό τοπίο από την επιφάνεια καθαρού πυριτίου, φτιαγμένο με την τεχνική της μικροσκοπίας σαρώσεως σήραγγας

ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πού βασίστηκε ο Dalton για τη διατύπωση της ατομικής θεωρίας του;
2. Ποιες οι τέσσερις παραδοχές της ατομικής θεωρίας του Dalton;
3. Ποια παρατήρηση οδήγησε τον Dalton στη διατύπωση του νόμου των απλών πολλαπλασίων;
4. Πώς διατυπώνεται ο νόμος των απλών πολλαπλασίων του Dalton;
5. Πώς η ατομική θεωρία εξηγεί τον νόμο των απλών πολλαπλασίων;
6. Σε ποιο συμπέρασμα κατέληξε ο Gay-Lussac με το πείραμά του;
7. Ποια η διατύπωση της υπόθεσης Avogadro;
8. Πώς το πείραμα Gay-Lussac καθώς και η υπόθεση του Avogadro βοηθούν στην προσέγγιση της έννοιας του ατόμου;
9. Δώστε τον ορισμό της έννοιας του ατόμου.
10. Τι είναι ατομικότητα ενός στοιχείου;

**Για να γνωρίσεις περισσότερα,
να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί**

- 1.** 2 L αερίου υδρογόνου αντιδρούν με 1 L αερίου οξυγόνου και σχηματίζουν 2 L υδρατμών. Όλοι οι όγκοι μετρήθηκαν στην ίδια θερμοκρασία και πίεση. Να βρείτε την ατομικότητα του οξυγόνου καθώς και από ποια και πόσα άτομα αποτελείται το μόριο του νερού. (Γνωρίζουμε ήδη ότι το υδρογόνο είναι διατομικό μόριο)
- 2.** 1 L αερίου αζώτου αντιδρά με 3 αερίου L υδρογόνου και σχηματίζουν 2 L αέριας αμμωνίας. Όλοι οι όγκοι μετρήθηκαν στην ίδια θερμοκρασία και πίεση. Να βρείτε την ατομικότητα του αζώτου. (Γνωρίζουμε ήδη ότι το υδρογόνο είναι διατομικό μόριο)
- 3.** Αναφέραμε παραπάνω ότι ο Dalton είχε κάνει ένα σοβαρό λάθος για τη δομή των μορίων. Ποιο ήταν αυτό το λάθος και πώς αυτό οδήγησε τον Dalton να απορρίψει τον νόμο των αέριων όγκων του Gay-Lussac;
- 4.** Αν σας ζητούσαν να παραστήσετε τα άτομα από τα οποία αποτελούνται τα μόρια διαφόρων στοιχείων όπως οξυγόνο, υδρογόνο, χλώριο κ.ά. κόβοντας κυκλικά κομμάτια χαρτονιού θα χρησιμοποιούσατε κομμάτια ίδιας διαμέτρου και ίδιου χρώματος; Αν όχι, γιατί;
- 5.** Ένας φίλος σας ισχυρίζεται ότι ο όρος ατομικότητα αναφέρεται και στις χημικές ενώσεις πέρα από τα χημικά στοιχεία. Συμφωνείτε;
- 6.** Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος;
 - α. Τα άτομα των στοιχείων υπάρχουν μόνα τους ή σε συνδυασμό με άλλα άτομα.
 - β. Ο συνδυασμός ατόμων οδηγεί αποκλειστικά σε μόρια στοιχείων.
 - γ. Το άτομο δεν διατηρεί τις μικροσκοπικές ιδιότητες του στοιχείου.
 - δ. Οι έννοιες άτομο και ατομικότητα είναι ταυτόσημες.

Μάθημα 22

ΟΙ ΧΗΜΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΜΟΛ Από το μικροσκοπικό στο συμβολικό και στο μακροσκοπικό επίπεδο

Κάθε χημική μεταβολή περιγράφεται σε τρία επίπεδα: το παρατηρήσιμο μακροσκοπικό, το "φανταστικό" υπομικροσκοπικό επίπεδο των μορίων και των ατόμων και το συμβολικό επίπεδο. Για τον χημικό συμβολισμό, χρησιμοποιούμε τους χημικούς τύπους. Για τη σύνδεση του υπομικροσκοπικού επιπέδου με το μακροσκοπικό εισάγεται η έννοια του μολ (mole).



Η υπόθεση του Avogadro
αποκαλύπτει τη σχέση των
ατόμων υδρογόνου και
οξυγόνου στο μόριο του νερού

Στο 11^ο Μάθημα (Χημικές ενώσεις και χημικά στοιχεία), με το πείραμα της ηλεκτρόλυσης πετύχαμε τη διάσπαση της ουσίας νερό σε δύο άλλες αέριες ουσίες, το υδρογόνο και το οξυγόνο. Ακόμη συμπεράναμε ότι το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι **απλές ουσίες / χημικά στοιχεία**, που δεν είναι δυνατόν να διασπαστούν σε άλλες ουσίες, ενώ το νερό είναι **σύνθετη ουσία / χημική ένωση**.

Στο πείραμα της ηλεκτρόλυσης του νερού διαπιστώσαμε ακόμη ότι ο όγκος του παραγόμενου υδρογόνου ήταν πολύ μεγαλύτερος από τον όγκο του παραγόμενου οξυγόνου. Προσεκτικά πειράματα δείχνουν ότι ο όγκος του υδρογόνου είναι ακριβώς διπλάσιος του όγκου του οξυγόνου.

Αν εφαρμόσουμε την υπόθεση του Avogadro στους όγκους του υδρογόνου και του οξυγόνου, τι συμπεραίνουμε για τον λόγο του αριθμού των μορίων υδρογόνου προς τον αριθμό των μορίων του οξυγόνου που περιέχονται στους αντίστοιχους όγκους;

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

Λαμβάνοντας τώρα υπόψη ότι τα μόρια του υδρογόνου και του οξυγόνου είναι διατομικά (βλέπε προηγούμενο μάθημα), συμπεραίνουμε ότι και η σχέση των αριθμών των ατόμων του υδρογόνου και του οξυγόνου που περιέχονται στο νερό πρέπει να είναι

Αυτό πράγματι συμβαίνει και μάλιστα ξέρουμε ότι το μόριο του νερού αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου.

Οι χημικοί τύποι

Οι χημικές ενώσεις συμβολίζονται με τους χημικούς τύπους. Το νερό συμβολίζεται με τον χημικό τύπο H_2O . Το υδροχλώριο συμβολίζεται με τον χημικό τύπο HCl . Το διοξείδιο του άνθρακα με τον χημικό τύπο CO_2 . Το χλωριούχο νάτριο με τον χημικό τύπο $NaCl$ κ.ο.κ.

Τι σημαίνουν οι δείκτες στους χημικούς τύπους

Ο χημικός τύπος μιας ένωσης παριστάνεται από τα χημικά σύμβολα των στοιχείων που συμμετέχουν στην ένωση και δείχνει τον ακριβή αριθμό των ατόμων των στοιχείων που συμμετέχουν στο μόριο της ένωσης. Ο ακριβής αριθμός των ατόμων στο μόριο φαίνεται από τους δείκτες που γράφονται στο δεξί και κάτω μέρος των χημικών συμβόλων. Όταν ο δείκτης είναι μονάδα, παραλείπεται.

Μοριακοί χημικοί τύποι

Έτσι, ο τύπος H_2O δείχνει ότι το νερό αποτελείται από υδρογόνο και οξυγόνο. Το μόριο του νερού αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Έτσι ο τύπος H_2O αντιπροσωπεύει και το μόριο του νερού. Οι χημικοί τύποι οι οποίοι αντιπροσωπεύουν και το μόριο της ένωσης ονομάζονται **μοριακοί χημικοί τύποι**.

Στις κρυσταλλικές ενώσεις δεν υπάρχει η έννοια του μορίου

Υπάρχουν και ενώσεις που είναι κρυσταλλικά σώματα (π.χ. τα άλατα) στα οποία δεν υπάρχει η έννοια του μορίου. Έτσι το μαγειρικό αλάτι είναι χημική ένωση των στοιχείων νάτριο (Na) και χλώριο (Cl). Η αναλογία ατόμων νατρίου και χλωρίου στον κρύσταλλο είναι 1:1, γι' αυτό ο χημικός τύπος του αλατιού είναι $NaCl$ (χλωριούχο νάτριο). Ο τύπος αυτός επομένως δεν είναι και μοριακός τύπος.

Χημικά στοιχεία με πολυατομικά μόρια

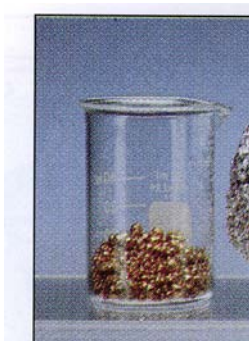
Με μοριακούς χημικούς τύπους συμβολίζονται και τα πολυατομικά στοιχεία. Το οξυγόνο για παράδειγμα συμβολίζεται με τον τύπο O_2 διότι κάθε μόριο οξυγόνου αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου (διατομικό μόριο).

Χημικό σύμβολο στοιχείου οξυγόνου: O
Μοριακός χημικός τύπος οξυγόνου: O_2

Διατομικά είναι και τα μόρια του αζώτου (N_2), του υδρογόνου (H_2) και των αλογόνων (F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2). Εξάλλου το μόριο του όζοντος αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου και ο μοριακός τύπος του είναι O_3 (είναι τριατομικό μόριο).

Η έννοια του μολ (mole)

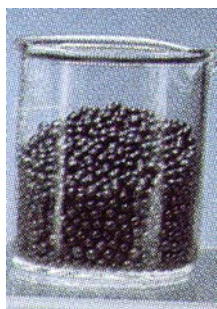
Πόσο μικρά είναι τα άτομα



1 mol χαλκού (Cu)
63,5 g

Αριθμός (σταθερά)
του Avogadro

Ορισμός
του μολ



1 mol υδραργύρου (Hg)
207,2 g

Ξέρουμε ότι τα μόρια και τα άτομα είναι πολύ μικρά και ότι έχουν πολύ μικρή μάζα. Για παράδειγμα, η διάμετρος του ατόμου του άνθρακα είναι περίπου $0,0000000004 \text{ m} = 4 \times 10^{-10} \text{ m}$.

Στον μακρόκοσμο που ζούμε δεν είναι δυνατόν να δουλεύουμε με μεμονωμένα μόρια ούτε να ζυγίζουμε τις μάζες τους. Ένας καλός εργαστηριακός ζυγός μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια μέχρι $0,0001 \text{ g} = 0,1 \text{ mg}$. Αν λάβουμε υπόψη ότι η μάζα ενός ατόμου άνθρακα είναι $0,000000000000000000000002 \text{ g} = 2 \times 10^{-23} \text{ g}$, αυτό σημαίνει ότι σε $0,1 \text{ mg}$ άνθρακα περιέχονται

.....
άτομα άνθρακα. Για τον λόγο αυτόν, οι χημικοί έπρεπε να βρουν έναν τρόπο να χειρίζονται τις χημικές αντιδράσεις και τις χημικές εξισώσεις, αναφερόμενοι σε μάζες και όγκους ουσιών που μπορεί να μετρηθούν σε μακροσκοπικές ποσότητες. Προς τούτο έπρεπε να αναφέρονται σε πολύ μεγάλους αριθμούς μορίων.

Ας πάρουμε 12 g του άνθρακα. Η ποσότητα αυτή περιέχει έναν αστρονομικό αριθμό ατόμων άνθρακα. Ο αριθμός αυτός είναι γνωστός στους επιστήμονες και είναι

$602.000.000.000.000.000.000 = 6,02 \times 10^{23}$ (εξακόσια δύο εξάκις εκατομμύρια). Ο αριθμός αυτός είναι χαρακτηριστικός στη χημεία και ονομάζεται **αριθμός ή σταθερά του Avogadro**, συμβολίζεται δε με N_A . Ο αριθμός του Avogadro χρησιμοποιείται για να ορίσουμε μια μακροσκοπική ποσότητα ουσίας που ονομάζεται **μολ (mole)** και συμβολίζεται με 1 mol .

Ποσότητα ουσίας που αποτελείται από τόσα μόρια όσο είναι ο αριθμός του Avogadro ονομάζεται 1 mol της ουσίας.

Να σημειωθεί ότι μπορούμε να ορίσουμε ένα μολ από ο,τιδήποτε, π.χ. 1 mol ποτοκάλια, 1 mol άτομα, 1 mol μόρια Κ.Ο.Κ.

Είναι φανερό ότι η έννοια του μολ χρησιμοποιείται σαν ένα πακέτο (όπως χρησιμοποιούμε εξάδες αυγά, δωδεκάδες ποτήρια κ.λπ.). Να σημειωθεί ότι, όπως θα μάθουμε σε μεγαλύτερη τάξη, είναι εύκολο να υπολογίζουμε τις μάζες 1 mol νερού (που είναι 18 g), 1 mol οξυγόνου (32 g), 1 mol διοξειδίου του άνθρακα (44 g) κ.λπ.

ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια είναι τα τρία επίπεδα στα οποία μπορεί να περιγραφεί μια χημική μεταβολή;
2. Τι συμπεράσματα βγάλαμε από το πείραμα ηλεκτρόλυσης του νερού για τις ουσίες νερό, υδρογόνο και οξυγόνο;
3. Ποια είναι η ακριβής σχέση του όγκου του υδρογόνου με τον όγκο του οξυγόνου που παράγονται κατά το πείραμα ηλεκτρόλυσης του νερού;
4. Με βάση την υπόθεση του Avogadro, τι συμπεραίνουμε για τον λόγο του αριθμού των μορίων υδρογόνου προς τον αριθμό των μορίων του οξυγόνου που περιέχονται στους αντίστοιχους όγκους;
5. Λαμβάνοντας τώρα υπόψη ότι τα μόρια του υδρογόνου και του οξυγόνου είναι διατομικά, τι συμπεραίνουμε για τη σχέση των αριθμών των ατόμων του υδρογόνου και του οξυγόνου που περιέχονται στο νερό;
6. Από τι αποτελείται το μόριο του νερού;
7. Ποιοι είναι οι χημικοί τύποι του νερού, του υδροχλωρίου, του διοξειδίου του άνθρακα και του χλωριούχου νατρίου;
8. Τι δείχνουν οι δείκτες σε ένα χημικό τύπο;
9. Τι δείχνει ο χημικός τύπος του νερού;
10. Ποιοί τύποι ονομάζονται και μοριακοί χημικοί τύποι;
11. Σε ποια περίπτωση ενώσεων δεν υπάρχει η έννοια του μορίου και τι δείχνουν οι χημικοί τύποι σε αυτή την περίπτωση; (Να αναφέρετε ένα παράδειγμα).
12. Ποια χημικά στοιχεία συμβολίζουμε με μοριακούς χημικούς τύπους;
13. Ποια διατομικά μόρια γνωρίζετε;
14. Ποιο τριατομικό μόριο γνωρίζετε;
15. Για ποιο λόγο υποχρεώθηκαν οι χημικοί να εισαγάγουν τη μονάδα μολ;
16. Πώς ορίζεται και ποιος είναι ο αριθμός ή η σταθερά του Avogadro;
17. Τι ονομάζεται ένα μολ (1mol) μιας ουσίας;
18. Τι μονάδα αντιπροσωπεύει το μολ;

Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί

1. Θεωρώντας ότι τα γένεια ενός άντρα μεγαλώνουν περίπου κατά 1 cm σε ένα μήνα, να υπολογίσεις πόσο θα αυξάνεται το μήκος τους σε ένα δευτερόλεπτο και να συγκρίνεις το αποτέλεσμα με τη διάμετρο του ατόμου του άνθρακα (4×10^{-10} m).
2. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μάζα ενός ατόμου άνθρακα είναι 2×10^{-23} g, να υπολογίσεις τον αριθμό ατόμων άνθρακα που περιέχονται σε 12 g άνθρακα.
3. 1 μολ ζάχαρης έχει μάζα 342 g (περίπου ενάμιση ποτήρι του νερού). Αν λάβουμε υπόψη ότι ένα κουταλάκι ζάχαρη ζυγίζει περίπου 3 g, να υπολογίσεις πόσα μόρια ζάχαρης περιέχει; (Να ξαναδιαβάσεις και το πλαίσιο *Να έχεις υπόψη σου* της σελίδας 133).
4. 1 μολ ατόμων υδρογόνου ζυγίζει 1 g. 1 μολ ατόμων οξυγόνου ζυγίζει 16 g. Να υπολογίσεις τη μάζα 1 μολ νερού (1 mol μορίων νερού).

Μάθημα 23

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ Απεικονίζει συμβολικά στο χαρτί μια χημική αντίδραση

Στο τελευταίο αυτό μάθημα θα χρησιμοποιήσουμε τους τρεις βασικούς νόμους της χημείας και τους χημικούς τύπους για να συμβολίζουμε στο χαρτί τις χημικές αντιδράσεις. Ακόμη, με τη βοήθεια της έννοιας του μολ θα συνδέσουμε το υπομικροσκοπικό και το συμβολικό επίπεδο της χημείας με το μακροσκοπικό επίπεδο.

Οι χημικές μεταβολές (χημικές αντιδράσεις)

Κάθε χημική μεταβολή / χημική αντίδραση μπορεί να περιγραφεί σε τρία επίπεδα:

Τα τρία επίπεδα περιγραφής
μιας χημικής μεταβολής

❖ Το παρατηρήσιμο μακροσκοπικό επίπεδο, μέσω φυσικών ιδιοτήτων (εμφάνιση, χρώμα, φυσική κατάσταση κ.ά.) και κάποιων άλλων χαρακτηριστικών ιδιοτήτων (σύνθεση, διάσπαση κ.ά.).

❖ Το «φανταστικό» υπομικροσκοπικό επίπεδο μέσω μοντέλων της ύλης (χαρακτηριστικά και οργάνωση των μορίων).

❖ Το συμβολικό επίπεδο (σύμβολα στοιχείων και χημικοί τύποι) επιτρέπει/διευκολύνει τη μετάβαση από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο κατά τη διάρκεια της περιγραφής μιας χημικής μεταβολής.

Κατά τις χημικές αντιδράσεις είδαμε ότι ισχύουν τρεις θεμελιώδεις νόμοι. Ποιοι είναι αυτοί οι νόμοι;

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

Να έχεις υπόψη σου

Οι νόμοι αυτοί ουσιαστικά αποτελούν μια πρώτη μορφή συσχέτισης μεταξύ του παρατηρήσιμου πειραματικά και μετρήσιμου μακροσκοπικά επιπέδου και του φανταστικού μικροσκοπικού επιπέδου σε μια χημική αντίδραση. Ειδικότερα, ο νόμος διατήρησης της μάζας μας οδηγεί στο παρακάτω συμπέρασμα:

Σε κάθε χημική μεταβολή (χημική αντίδραση) ο αριθμός των ατόμων του κάθε στοιχείου που μετέχει σ' αυτή παραμένει αμετάβλητος.

Με βάση όλα όσα αναλύσαμε μέχρι τώρα στην ενότητα αυτή, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι:

Μια χημική αντίδραση είναι μια διαδικασία τροποποίησης των ουσιών που μετέχουν σ' αυτήν, ενώ διατηρούνται τόσο η μάζα, όσο και τα άτομα από τα οποία αποτελούνται οι ουσίες.

Πείραμα

Πάρτε μια μικρή φιάλη προπανίου και έναν αναπτήρα. Προσεκτικά περιστρέψτε τη στρόφιγγα της φιάλης για να απελευθερωθεί αέριο προπάνιο και πλησιάστε με προσοχή τον αναμμένο αναπτήρα. Τι παρατηρείτε;

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



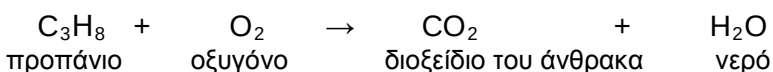
Η καύση του προπανίου
σε μακροσκοπικό επίπεδο

Αυτό που διαπιστώνουμε σε μακροσκοπικό επίπεδο κατά την εκτέλεση του πειράματός μας είναι ότι το αέριο καίγεται με ταυτόχρονη παραγωγή φλόγας και θερμότητας. Στο επίπεδο αυτό, η χημική αντίδραση που γίνεται καταγράφεται ως ένα γεγονός, ένας αριθμός παρατηρήσιμων δεδομένων (φλόγα, χρώμα, καύση προπανίου, εκπομπή καυσαερίων κ.λπ.) και όχι ως μια διαδικασία χημικής μεταβολής (ουσίες μετατρέπονται σε νέες ουσίες).

Για να δείξουμε ότι το αέριο που καίγεται είναι μια ουσία (χημική ένωση) που μετατρέπεται σε νέες ουσίες γράφουμε:



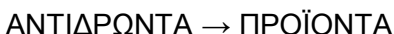
Στο προηγούμενο μάθημα είδαμε ότι ο χημικός συμβολισμός (οι χημικοί τύποι) επιτρέπει τη μετάβαση από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο. Χρησιμοποιώντας χημικούς τύπους, μπορούμε να περιγράψουμε συμβολικά τη χημική αντίδραση καύσης του προπανίου:



Ορισμός της
χημικής εξίσωσης

Η εξίσωση αυτή συνδέει συμβολικά το μακροσκοπικό με το υπομικροσκοπικό επίπεδο στην περιγραφή μιας χημικής μεταβολής και αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα **χημικής εξίσωσης**.

Οι ουσίες στο αριστερό μέλος της εξίσωσης είναι τα αντιδρώντα της αντίδρασης, ενώ στο δεξιό μέλος είναι τα προϊόντα. Το βέλος διαβάζεται ως «παράγεται» ή «σχηματίζεται». Μια χημική εξίσωση διαβάζεται πάντα από αριστερά προς τα δεξιά. Δηλαδή μια χημική εξίσωση είναι της μορφής:



Ισοστάθμιση χημικής εξίσωσης

Ας εξετάσουμε προσεκτικά την παραπάνω χημική εξίσωση που περιγράφει τη χημική αντίδραση της καύσης του προπανίου. Παρατηρούμε ότι στη χημική αυτή εξίσωση ο αριθμός των ατόμων καθενός στοιχείου δεν είναι ίδιος στα δύο μέλη της.

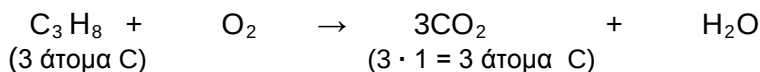
Σε μια χημική εξίσωση
διατηρούνται ο αριθμός των
ατόμων και η μάζα

(Θυμίζουμε ότι οι αριθμοί που είναι δείκτες στα σύμβολα των στοιχείων δείχνουν τον ακριβή αριθμό των ατόμων του κάθε στοιχείου στα μόρια των ουσιών που συμμετέχουν στην αντίδραση. Όταν ο δείκτης είναι μονάδα παραλείπεται.)

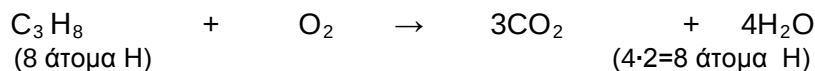
Στο παράδειγμά μας, 3 άτομα C, 8 άτομα H και 2 άτομα O υπάρχουν στο αριστερό μέλος της εξίσωσης, ενώ στο δεξιό μέλος έχουμε 1 άτομο C, 2 άτομα H και $2 + 1 = 3$ άτομα O.

Επειδή ο αριθμός των ατόμων πρέπει να διατηρείται προχωράμε ως εξής:

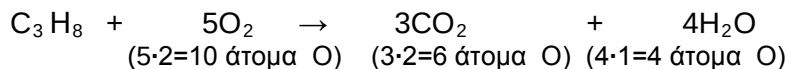
1) Για να υπάρχουν 3 άτομα C και στα δύο μέλη τοποθετούμε τον συντελεστή 3 πριν από το CO_2 . Η (1) γίνεται:



2) Για να υπάρχουν 8 άτομα H και στα δύο μέλη, τοποθετούμε τον συντελεστή 4 πριν από το μόριο του H_2O . Τώρα έχουμε:

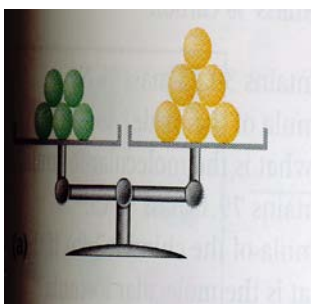
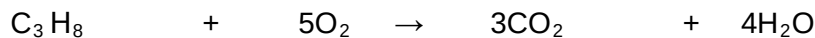


3) Τώρα διαπιστώνουμε ότι στο δεξιό μέλος έχουμε $3 \cdot 2 + 4 \cdot 1 = 10$ άτομα O, ενώ στο αριστερό μέλος 2 άτομα O. Άρα πριν από το O_2 πρέπει να τοποθετήσουμε τον συντελεστή 5 ($10/2 = 5$). Τελικά έχουμε:



Ισοστάθμιση
χημικής εξίσωσης

Η ισοσταθμισμένη μορφή της χημικής εξίσωσης θα είναι:



Παρατηρούμε ότι ο αριθμός των ατόμων παραμένει αμετάβλητος στα αντιδρώντα και στα προϊόντα. Εξάλλου, είναι φανερό ότι η ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση ικανοποιεί και την αρχή διατήρησης της μάζας, δηλαδή: η μάζα των προϊόντων ισούται με τη συνολική μάζα των ουσιών που αντέδρασαν. Η μορφή αυτή της χημικής εξίσωσης επιτρέπει τη μετάβαση από το μακροσκοπικό στο μικροσκοπικό επίπεδο και αντίστροφα.

Οι **συντελεστές** που έχουμε τοποθετήσει πριν από τους χημικούς τύπους των ουσιών δείχνουν την αναλογία με την οποία πρέπει να αναμιχθούν οι ποσότητες των ουσιών για να έχουμε χημική αντίδραση.

Τι δείχνουν οι συντελεστές
σε μια χημική εξίσωση

Χρησιμοποιώντας την έννοια του μολ σαν ένα πακέτο, μπορούμε να 'μεταφράσουμε' ποσοτικά σε μακροσκοπικό επίπεδο μια χημική εξίσωση. Έτσι, η εξίσωση καύσης του προπανίου μάς λέει ότι

1 μολ προπανίου (C_3H_8) αντιδρά με 5 μολ οξυγόνου (O_2) και σχηματίζονται 3 μολ διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και 4 μολ νερού H_2O .

Η έννοια του μολ συνδέει
το υπομικροσκοπικό
με το μακροσκοπικό

Επαναλαμβάνουμε ότι, όπως θα μάθουμε σε μεγαλύτερη τάξη, είναι εύκολο να υπολογίζουμε τις μάζες 1 μολ προπανίου (που είναι 44 g), 1 μολ οξυγόνου (32 g), 1 μολ διοξειδίου του άνθρακα (44 g), 1 μολ νερού (18 g) κ.λπ. Μπορούμε επομένως να "μεταφράσουμε" τα μολ αντιδρώντων και προϊόντων στην καύση του προπανίου σε αντίστοιχες μάζες:

44 g προπανίου αντιδρούν με g οξυγόνου και σχηματίζονται g διοξειδίου του άνθρακα και g νερού.

Να έχεις υπόψη σου

Οι χημικές εξισώσεις δεν πρέπει να συγχέονται με τις μαθηματικές εξισώσεις. Δηλαδή σε μια χημική μεταβολή δεν υπάρχει ισότητα ανάμεσα στο αριστερό και το δεξιό μέλος. Απλώς υπάρχει διατήρηση (ισότητα) του αριθμού των ατόμων και της μάζας ατόμων. Δεν διατηρούνται όμως τα μόρια, ενώ ο συνολικός αριθμός των μορίων στα δύο μέλη της εξίσωσης μπορεί να είναι ίδιος μπορεί να είναι και διαφορετικός.

Να έχεις υπόψη σου

Οι χημικές εξισώσεις περιγράφουν ακριβέστερα τις χημικές αντιδράσεις, όταν δηλώνεται και η φυσική κατάσταση των ουσιών που συμμετέχουν στην αντίδραση. Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται είναι:

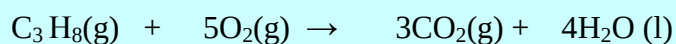
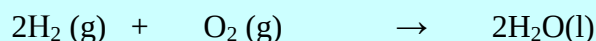
(s): solid = στερεό

(l): liquid = υγρό

(g): gas = αέριο

(aq): aqueous = υδατικό διάλυμα

Τα σύμβολα αυτά αναγράφονται στο δεξιό μέρος κάθε αντιδρώντος ή προϊόντος. Έτσι, οι χημικές εξισώσεις για την αντίδραση σύνθεσης του νερού και την αντίδραση καύσης του προπανίου γράφονται:



ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΣΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια είναι τα τρία επίπεδα στα οποία μπορεί να περιγραφεί μια χημική μεταβολή;
2. Ποιοι είναι οι τρεις βασικοί νόμοι που ισχύουν σε μια χημική αντίδραση και τι συνέπειες έχουν αυτοί για την αντίδραση;
3. Τι είναι μια χημική αντίδραση;
4. Ποια η χημική εξίσωση που περιγράφει την αντίδραση καύσης του προπανίου; (χωρίς συντελεστές).
5. Πώς ισοσταθμίζουμε τη χημική εξίσωση της καύσης του προπανίου;
6. Τι παριστάνει η χημική εξίσωση σε υπομικροσκοπικό επίπεδο;
7. Τι παριστάνει η χημική εξίσωση σε μακροσκοπικό επίπεδο;
8. Τι δείχνουν οι συντελεστές σε μια χημική εξίσωση;
9. Ποια η διαφορά ανάμεσα στις χημικές και στις μαθηματικές εξισώσεις;
10. Πώς συμβολίζουμε τη φυσική κατάσταση των ουσιών σε μια χημική εξίσωση;
11. Πώς “μεταφράζεται” σε μολ αντιδρώντων και προϊόντων μια χημική εξίσωση; (Να χρησιμοποιήσεις το παράδειγμα της καύσης του προπανίου.)
12. Πώς “μεταφράζεται” σε μάζες αντιδρώντων και προϊόντων μια χημική εξίσωση; (Να χρησιμοποιήσεις το παράδειγμα της καύσης του προπανίου.)

Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφτείς και να καταλάβεις γιατί

1. Σημείωσε στην κατάλληλη στήλη τις ουσίες που παίρνουν μέρος στις παρακάτω αντιδράσεις:

α) νάτριο + χλώριο → χλωριούχο νάτριο

β) νερό + διοξείδιο του άνθρακα $\xrightarrow[\text{χλωροφύλλη}]{\text{φως}}$ γλυκόζη + οξυγόνο

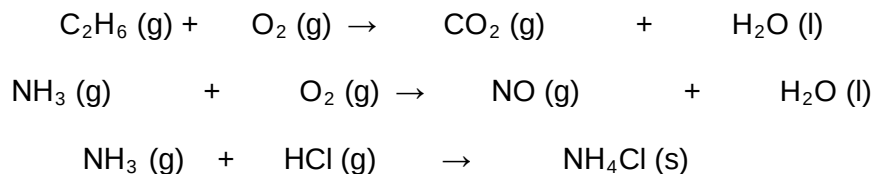
γ) νάτριο + νερό → υδροξείδιο του νατρίου + υδρογόνο

	αντιδρώντα	προϊόντα
α		
β		
γ		

2. Δίνεται η χημική εξίσωση $A + B \rightarrow \Gamma + \Delta$.

Αναμιγνύονται 5 g της ουσίας Α με 10 g της ουσίας Β. Μετά το τέλος της αντίδρασης, διαπιστώνεται ότι όλη η ποσότητα της ουσίας Α έχει αντιδράσει και έχουν σχηματιστεί 4 g της ουσίας Γ και 8 g της ουσίας Δ. Πόσα g της ουσία Β αντέδρασαν;

3. Να ισοσταθμιστούν οι παρακάτω χημικές εξισώσεις:



4. Το άζωτο με το οξυγόνο σχηματίζουν έναν αριθμό οξειδίων του αζώτου. Σε τρία από αυτά η αναλογία μαζών αζώτου προς οξυγόνο είναι 28/32, 28/48, 28/80. Δεδομένου ότι η ένωση με αναλογία 28/32 έχει το χημικό τύπο ΝΟ (οξείδιο του αζώτου), να προτείνεις χημικούς τύπους για τα άλλα δύο οξείδια του αζώτου, όπου το σύμβολο του αζώτου θα μπαίνει δύο φορές (N₂O_x).

5. Λαμβάνοντας υπόψη τις μάζες 1 μολ προπανίου (44 g), 1 μολ οξυγόνου (32 g), 1 μολ διοξειδίου του άνθρακα (44 g) και 1 μολ νερού (18 g), να δείξεις, με τη βοήθεια της χημικής εξίσωσης, ότι στη χημική αντίδραση καύσης του προπανίου ισχύει η αρχή διατήρησης της μάζας.

