

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



026000265230



60 -

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑΣ**

ΝΤΑΛΛΑΟΥΤΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
Εκπαιδευτικός

Διδασκαλία φυσικοχημικών εννοιών στο δημοτικό σχολείο – Η περίπτωση των μοριακών μοντέλων

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2008



ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Γεώργιος Τσαπαρλής	Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Χημείας Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, επιβλέπων
Παναγιώτης Κόκκοτας	Καθηγητής Διδακτικής Φυσικών Επιστημών στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Αθηνών
Αγνή Κοσμά - Μυλωνά	Καθηγήτρια Τμήματος Χημείας Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Γεώργιος Τσαπαρλής	Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Χημείας Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, επιβλέπων
Παναγιώτης Κόκκοτας	Καθηγητής Διδακτικής Φυσικών Επιστημών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Αθηνών
Αγνή Κοσμά - Μυλωνά	Καθηγήτρια Τμήματος Χημείας Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Αναστάσιος Μικρόπουλος	Καθηγητής Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Κωνσταντίνος Κώτσης	Αναπληρωτής Καθηγητής Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Σωτήριος Χατζηκακού	Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Χημείας Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Αικατερίνη Πλακίτση	Επίκουρος Καθηγήτρια Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών Πανεπιστημίου Ιωαννίνων



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Μέρος της εκπαίδευσης των μαθητών στις επιστήμες είναι η μοριακή και ατομική δομή. Παραδοσιακά η μοριακή και ατομική δομή της ύλης δεν αντιμετωπίζονται σε βάθος στο δημοτικό σχολείο και μέρος της απροθυμίας να εισαχθούν οι μαθητές σε μια μικροσκοπική θεώρηση του κόσμου βασίζεται σε μια μακράς διάρκειας πίστη ότι τα παιδιά είναι συγκεκριμένοι διαλογιστές. Από την άποψη αυτή ο θεωρητικός κόσμος των ατόμων και μορίων είναι πολύ μακριά από τις συγκεκριμένες εμπειρίες των παιδιών. Όμως, όπως έδειξαν κριτικές εργασίες της μάθησης της χημείας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και στα πρώτα φοιτητικά χρόνια, υπάρχει δυσκολία σε όλο το ηλικιακό φάσμα στη συστηματική μικροσκοπική θεώρηση του κόσμου. Ο κόσμος των ατόμων και μορίων δεν είναι περισσότερο ορατός ή προσιτός στις απευθείας εμπειρίες των μεγάλων μαθητών απ' ότι στους μικρούς. Η πρόσφατα αναπτυγμένη βιβλιογραφία προτείνει ότι τα παιδιά είναι ικανά για αρκετά σύνθετους και θεωρητικούς συλλογισμούς, ειδικά με κατάλληλα υποστηρικτικά διδακτικά συμφραζόμενα.

Θεωρούμε ότι μια διδακτική παρέμβαση που εισάγει τη σωματιδιακή δομή της ύλης πρέπει να είναι η οργάνωση του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές, με την βοήθεια των εργαλείων που τους προσφέρουν οι αντίστοιχες επιστήμες και που με συστηματικό τρόπο τίθενται στη διάθεσή τους, επεξεργάζονται κριτικά τις πρώτες ιδέες τους για τον κόσμο και τις ανασκευάζουν, τις ανακατασκευάζουν με νέες έννοιες και σε ένα νέο πλαίσιο σημασιών. Η διαδικασία αυτή κάνει τους μαθητές να ελέγχουν με τις νέες γνώσεις τις αρχικές τους εμπειρικές παραστάσεις και καθώς η αξιολόγηση των δυο προσεγγίσεων, καθημερινών και επιστημονικών, είναι διαφορετικές, οδηγεί σε αντιπαράθεση που κάνει φανερή τόσο την ανεπάρκεια των ερμηνειών που πηγάζουν από την εμπειρικό βιωματική γνώση όσο και τον μη αποκλειστικό και μη πλήρη χαρακτήρα των εξηγήσεων.

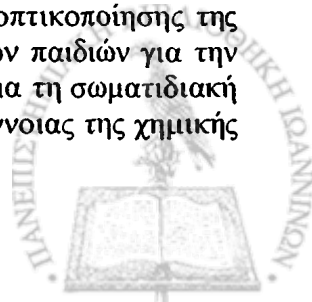
Στην παρούσα μελέτη προσπαθούμε να περιγράψουμε τα νοητικά μοντέλα των μαθητών για τα μόρια. Δεν ισχυριζόμαστε ότι μπορούμε να έχουμε ακριβή πρόσβαση στα νοητικά μοντέλα οποιουδήποτε μαθητή αλλά υπό μια εποικοδομητική άποψη υποστηρίζουμε ότι η συγκέντρωση απαντήσεων του μαθητή σε ερωτήσεις και αλληλεπιδράσεις με το δάσκαλο και με τους συμμαθητές του μας επιτρέπουν να παρατηρήσουμε, να καταγράψουμε και να ερμηνεύσουμε τα νοητικά μοντέλα που σχηματίζει ο μαθητής για τα μόρια.

Η μελέτη αυτή διεξάγεται στο πλαίσιο μιας σειράς μαθημάτων και θα μας δώσει πληροφορίες για την έκταση των αλλαγών που γίνονται στον τρόπο σκέψης των παιδιών ως αποτέλεσμα οργανωμένων μαθησιακών εμπειριών, με άλλα λόγια πώς οι καθημερινές έννοιες των μαθητών υποβάλλονται σε αλλαγές υπό την επίδραση των αντίστοιχων επιστημονικών. Στην μελέτη μας θέλαμε να δούμε πώς ο μαθητής χρησιμοποιούν την γνώση τους, όταν απαντούν σε γραπτό ερωτηματολόγιο και όταν αλληλεπιδρούν σε συζήτηση σε ομάδες.

Η μελέτη είναι δομημένη σε δύο μέρη τα οποία διαιρούνται σε κεφάλαια και παραγράφους.

Στο Πρώτο μέρος και στο Πρώτο Κεφάλαιο περιλαμβάνονται θεωρητικές προσεγγίσεις που αφορούν τη διδασκαλία φυσικών επιστημών, τη σχέση διδακτικής και επιστημολογίας, τον εποικοδομισμό και τις εποικοδομητικές διδακτικές προσεγγίσεις. Αναφερόμαστε στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, τις παρανοήσεις και την εννοιολογική αλλαγή. Γίνονται αναφορές στη δόμηση επιστημονικής γνώσης με μοντέλα και συνεργατική μάθηση και παρουσιάζονται οι θεωρητικές παραδοχές της παρούσης εργασίας.

Στο Δεύτερο Μέρος παρουσιάζονται τα ερευνητικά δεδομένα για τη διδασκαλία μοριακής δομής της ύλης και η ερευνητική εργασία μας που αφορά τα μόρια. Το Μέρος αυτό είναι το πιο εκτεταμένο και περιλαμβάνει τα Κεφάλαια 2 έως 14. Στο Δεύτερο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα ερευνητικά δεδομένα και οι διδακτικές προτάσεις που αφορούν τη διδασκαλία μοριακής δομής της ύλης. Αναλύεται η σχέση επιστημολογίας με τα σωματιδιακά μοντέλα και πώς τα σωματιδιακά μοντέλα της ύλης παρουσιάζονται στην εκπαίδευση καθώς και η συμβολή της οπτικοποίησης της σωματιδιακής συμπεριφοράς στη διδασκαλία. Παρουσιάζονται οι αντιλήψεις των παιδιών για την ύλη, τις μεταβολές της και τη δομή της και οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τη σωματιδιακή δομή της ύλης. Αναπτύσσονται ερευνητικά δεδομένα για την οικοδόμηση της έννοιας της χημικής



ουσίας καθώς και η θεώρηση της ύλης, οι μετασχηματισμοί της και η σωματιδιακή της δομή στη διδακτική μας παρέμβαση. Στο Τρίτο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η ταυτότητα της έρευνας που αφορά τη μοριακή δομή της ύλης. Αναλύεται το περιεχόμενο της έρευνας, η διδακτική παρέμβαση και το διδακτικό υλικό, η διδακτική στρατηγική, τα ερευνητικά ερωτήματα, το δείγμα, τα εργαλεία της έρευνας, η αξιοπιστία και εγκυρότητα περιεχομένου του ερωτηματολογίου, η κατανομή της συνολικής βαθμολογίας των τμημάτων, η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των δεδομένων. Επίσης παρουσιάζονται σύντομα οι αρχικές μακροσκοπικές γνώσεις των μαθητών σχετικά με τα φαινόμενα που χρησιμοποιήσαμε για την εισαγωγή του σωματιδιακού μοντέλου. Από το Τέταρτο έως το Ένατο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα ερευνητικά δεδομένα για τις ενότητες: Διάχυση, Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων, Θερμική Διαστολή και Συστολή, Διάλυση, Αλλαγή κατάστασης και Διατήρηση μάζας στις φυσικές αλλαγές. Σε όλα αυτά τα κεφάλαια παρουσιάζονται και σχολιάζονται πρώτα οι απαντήσεις των μαθητών σε σχετικές ερωτήσεις και στη συνέχεια κατηγοριοποιούνται τα αποτελέσματα σε ειδικές κατηγορίες (πλήρεις και εν μέρει αποδεκτές μακροσκοπικές και σωματιδιακές, εναλλακτικές μακροσκοπικές και σωματιδιακές και μη κατανόησης) και ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας). Οι απαντήσεις των μαθητών δίνονται και σε καθημερινό και σε μικροσκοπικό πλαίσιο. Παρουσιάζεται επίσης η σύγκριση των ομάδων και ως προς τη μέση επίδοση και ως προς τη χρήση κατηγοριών. Για κάθε ομάδα γίνονται συγκρίσεις και μεταξύ των ερωτήσεων της ενότητας. Παρουσιάζονται επίσης και σχολιάζονται οι συζητήσεις των μαθητών μιας των Πειραματικών ομάδων (Π2) που προσπαθούν να ερμηνεύσουν τα σχετικά φαινόμενα. Τέλος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την επεξεργασία των δεδομένων για κάθε ενότητα. Στο Δέκατο Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι αντιλήψεις των μαθητών για τις ιδιότητες των μορίων. Στο Ενδέκατο Κεφάλαιο συγκρίνονται οι ομάδες στις οποίες διεξήχθη η έρευνα στο σύνολο των ενοτήτων. Αναλυτικότερα επιχειρήθηκε σύγκριση των ομάδων ως προς την συνολική επίδοση που σημειώθηκε σε ερωτήσεις διατυπωμένες σε καθημερινό και σε μικροσκοπικό πλαίσιο αλλά και σε ερωτήσεις που οι μαθητές είχαν διαχθεί και σε άγνωστες ερωτήσεις. Οι απαντήσεις ταξινομήθηκαν σε ειδικές κατηγορίες και ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας, ενώ οι απαντήσεις μη κατανόησης σε ταυτολογικές ή μηδενικές απαντήσεις. Έγινε στατιστική σύγκριση των επιδόσεων των ομάδων και ως προς τη χρήση κατηγοριών. Επίσης παρουσιάζονται οι συγκρίσεις των ομάδων ως προς τη συνέπεια που παρουσιάζουν στη χρήση κατηγοριών απαντήσεων και συγκρίσεις των επιδόσεων ανά ομάδα και φύλο. Στο Δωδέκατο Κεφάλαιο για κάθε ομάδα γίνονται αναλυτικές συγκρίσεις των μέσων επιδόσεων ανά ενότητα, πλαίσιο διατύπωσης ερώτησης, εξήγησης ή πρόβλεψης και φύλο. Παρουσιάζονται και συγκρίνονται οι κατηγορίες απαντήσεων καθώς και η συνέπεια χρήσης κατηγορίας. Ειδικότερα για την Πειραματική ομάδα 2 (Π2), στην οποία οι μαθητές συζήτησαν θέματα μοριακής δομής σε ομάδες, παρουσιάζονται και συγκρίσεις μέσων επιδόσεων και χρήσης κατηγοριών πριν και μετά τη συζήτηση σε ομάδες. Επιχειρήθηκε μια σύντομη αξιολόγηση των μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν στη διδασκαλία στο Δέκατο Τρίτο Κεφάλαιο. Τέλος στο Δέκατο Τέταρτο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της έρευνας σε σχέση με τα ερευνητικά ερωτήματα. Στο τέλος παρουσιάζονται οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και το Παράρτημα στο οποίο παρατίθεται το διδακτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε, τα ερωτηματολόγια καθώς και οι Πίνακες με τις στατιστικές συγκρίσεις που έγιναν.



Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μελέτης αυτής θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους βοήθησαν στην πραγματοποίησή της:

Ιδιαίτερος τον κ. Γεώργιο Ταπαρλί, για την επιλογή και ανάθεση του θέματος της έρευνας, τις καίριες υποδείξεις και παρατηρήσεις και για την πάντα πρόθυμη και φιλική ενίσχυση και συμπαράστασή του σε όλες τις φάσεις της έρευνας.

Τους Καθηγητές Παναγιώτη Κόκκοτα και Αγνή Κοσμά - Μυλωνά για τις γόνιμες παρατηρήσεις και τους ενδιαφέροντες προβληματισμούς που είχαμε την ευκαιρία να ανταλλάξουμε.

Τους μαθητές και τους δασκάλους των τμημάτων που συμμετείχαν στην έρευνα.

Τέλος τα παιδιά μου, Ξένια και Δημήτρη, για την υπομονή τους και την παρότρυνσή τους να ολοκληρώσω αυτή την προσπάθεια.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	9
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ	17
Θεωρητικές προσεγγίσεις	17
1.1. Θεωρητικές προσεγγίσεις σχετικά με τη διαδικασία μάθησης	17
1.1.1. Ο ρόλος των τεχνικών και συμβολικών εργαλείων ως διαμεσολαβητές μύησης	22
1.2. Επιστημολογία Φυσικών επιστημών και διδακτική	24
1.3. Εποικοδομισμός και εποικοδομητικές διδακτικές προσεγγίσεις	26
1.4. Θεωρίες, φυσικά και νοητικά μοντέλα	30
1.5. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, οι παρανοήσεις και η εννοιολογική αλλαγή	32
1.6. Επιστημονική γνώση και μοντέλα	37
1.6.1. Διδασκαλία επιστημονική γνώσης με μοντέλα	37
1.6.2. Τα μοντέλα στη διδασκαλία της χημείας	39
1.6.3. Μοντέλα και επιστημολογία	40
1.7. Δόμηση γνώσης επιστήμης με συνεργατική αλληλεπίδραση	41
1.8. Θεωρητικές παραδοχές της παρούσης εργασίας	45
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ Η ΜΟΡΙΑΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΎΛΗΣ Ερευνητικά δεδομένα - Η έρευνα	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ	51
Το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης: ερευνητικά δεδομένα και διδακτικές προτάσεις	51
2.1. Επιστημολογία και σωματιδιακά μοντέλα	51
2.2. Σωματιδιακά μοντέλα της ύλης στην εκπαίδευση	52
2.2.1. Τα σωματιδιακά μοντέλα της ύλης στη διδασκαλία επιστήμης	52
2.2.2. Το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης και τα προγράμματα σπουδών	53
2.2.3. Πορείες εισαγωγής των σωματιδιακών μοντέλων στα Αναλυτικά Προγράμματα	57
2.2.4. Τα σωματιδιακά μοντέλα της ύλης και η έλλειψη διδακτικής στρατηγικής	58
2.2.5. Διδακτικές προσεγγίσεις της σωματιδιακής δομής της ύλης και προτάσεις	59
2.3. Η οπτικοποίηση της σωματιδιακής συμπεριφοράς	63
2.4. Οι αντιλήψεις των παιδιών για την ύλη, τις μεταβολές της και τη δομή της	66
2.4.1. Η κατηγοριοποίηση των αντιλήψεων των παιδιών για την ύλη, τις μεταβολές της και τη δομή της	66
2.4.2. Σύνοψη ερευνητικών δεδομένων για τα φαινόμενα που σχετίζονται με τη δομή της ύλης	71
2.4.2.1. Η ύλη	71
2.4.2.2. Το χρώμα των αντικειμένων	71
2.4.2.3. Καταστάσεις της ύλης	72
2.4.2.4. Θερμική διαστολή	74
2.4.2.5. Διάλυση	74
2.4.2.6. Αλλαγή κατάστασης	77
2.4.3. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τη σωματιδιακή δομή της ύλης	81
2.5. Η έννοια της χημικής ουσίας	86
2.6. Η ύλη, οι μετασχηματισμοί της και η σωματιδιακή της δομή στη διδακτική μας παρέμβαση	88
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ	91
Η ταυτότητα της έρευνας	91
3.1. Περιεχόμενα έρευνας	91
3.2. Η διδακτική παρέμβαση και το διδακτικό υλικό	91
3.3. Η διδακτική στρατηγική	96
3.4. Ερευνητικά ερωτήματα	98
3.5. Το δείγμα	98
3.6. Εργαλεία έρευνας	99
3.7. Αξιοπιστία και εγκυρότητα περιεχομένου του ερωτηματολογίου	101
3.7.1. Αξιοπιστία	101
3.7.2. Εγκυρότητα	102



3.8. Κατανομή της συνολικής βαθμολογίας των τμημάτων	103
3.9. Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των δεδομένων των τεστ Α και τεστ Β μακροσκοπικών και μικροσκοπικών αλλαγών	103
3.9.1. Ποιοτική ανάλυση	103
3.9.2. Ποσοτική ανάλυση	104
3.10. Αρχικές μακροσκοπικές γνώσεις των μαθητών για τα φαινόμενα που χρησιμοποιήσαμε για την εισαγωγή του σωματιδιακού μοντέλου	105
3.10.1. Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων	105
3.10.2. Ορισμός και αναγνώριση θερμικής διαστολής	106
3.10.3. Ορισμός και αναγνώριση της διάλυσης	106
3.10.4. Αλλαγή κατάστασης	107
3.10.5. Σε τι διαφέρουν το οινόπνευμα και το νερό	107
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ	109
Διάχυση υγρών και αερίων	109
4.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων - Σχολιασμός	109
4.1.1. Διάχυση υγρού (μελάνης) σε νερό	109
4.1.2. Διάχυση αερίων (πρόβλεψη)	111
4.2. Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων στο σύνολο της ενότητας της διάχυσης	113
4.3. Στατιστική σύγκριση μεταξύ και εντός των ομάδων	114
4.3.1. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων στο σύνολο της ενότητας της διάχυσης	115
4.3.2. Σύγκριση εντός των ομάδων στο σύνολο της ενότητας της διάχυσης	115
4.4. Συμπεράσματα για την ενότητα της διάχυσης	116
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ	119
Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων	119
5.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων ανά ερώτηση και ομάδα - Σχολιασμός	119
5.1.1. Εξήγηση του σχήματος στερεών - υγρών	119
5.1.2. Σχήμα αερίων	121
5.1.3. Συμπίεση υγρών	122
5.1.4. Συμπίεση αερίου	124
5.1.5. Συμπίεση αερίων μέχρι τέρμα	126
5.2. Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων στο σύνολο της ενότητας "Ιδιότητες στερεών υγρών και αερίων"	128
5.3. Στατιστική σύγκριση μεταξύ και εντός των ομάδων	130
5.3.1. Σύγκριση των ομάδων στο σύνολο της ενότητας	130
5.3.2. Σύγκριση εντός των ομάδων για τις ερωτήσεις της ενότητας "Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων"	130
5.4. Ανάλυση των συζητήσεων στις ομάδες	132
5.4.1. Ανάλυση των συζητήσεων στις ομάδες ως προς την κατανόηση των εννοιών	132
5.4.2. Ανάλυση των συζητήσεων στις ομάδες ως προς τη στρατηγική λύσης προβλήματος	135
5.5. Συμπεράσματα στην ενότητα Ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων	136
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ	139
Θερμική διαστολή και συστολή	139
6.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων ανά ερώτηση και ομάδα - Σχολιασμός	139
6.1.1. Διαστολή στερεού	139
6.1.2. Διαστολή υγρών	141
6.1.3. Διαστολή αερίων	143
6.1.4. Ιδιότητες μορίων κατά την διαστολή (τεστ Β)	146
6.2. Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων στο σύνολο της ενότητας της διαστολής	146
6.3. Στατιστική σύγκριση μεταξύ και εντός των ομάδων στο σύνολο της ενότητας της θερμικής διαστολής	148
6.3.1. Στατιστική σύγκριση των επιδόσεων των ομάδων στο σύνολο της ενότητας της θερμικής διαστολής	148
6.3.2. Στατιστική σύγκριση εντός των ομάδων στις ερωτήσεις της ενότητας της θερμικής διαστολής	149
6.3. Ανάλυση συζητήσεων στις ομάδες για την θερμική διαστολή	151
6.3.1. Ανάλυση των συζητήσεων στις ομάδες ως προς την κατανόηση εννοιών της διαστολής	151
6.3.2. Ανάλυση των συζητήσεων στις ομάδες ως προς τη στρατηγική λύσης προβλήματος	162
6.4. Συμπεράσματα στην ενότητα θερμικής διαστολής	164
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ	167



Διάλυση	167
7.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων ανά ερώτηση και ομάδα -Σχολιασμός	167
7.1.1. <i>Διάλυση κόκκων αλατιού σε νερό</i>	167
7.1.2. <i>Τι συμβαίνει μετά από αργετή ώρα</i>	171
7.1.3. <i>Γιατί ο κόκκος άμμου δεν διαλύεται</i>	173
7.1.4. <i>Διάλυση στο ζεστό νερό</i>	176
7.1.5. <i>Γιατί με το ανακάτεμα η ζάχαρη διαλύεται πιο εύκολα;</i>	178
7.2. Κατηγοριοποίηση απαντήσεων στο σύνολο της ενότητας της διάλυσης	181
7.3. Στατιστική σύγκριση μεταξύ και εντός των ομάδων	184
7.3.1. <i>Σύγκριση των ομάδων στο σύνολο της ενότητας</i>	184
7.3.2. <i>Συγκρίσεις εντός των ομάδων στις ερωτήσεις της ενότητας της διάλυσης</i>	185
7.4. Ανάλυση των συζητήσεων στις ομάδες για τις ερωτήσεις της διάλυσης	187
7.4.1. <i>Μοντέλα που ανέπτυξαν οι μαθητές για τη διάλυση κατά τη σκλήτωση στις ομάδες</i>	187
7.4.2. <i>Ο ρόλος του νερού στη διάλυση</i>	214
7.5. Συμπεράσματα στην ενότητα της διάλυσης	216
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ	223
Αλλαγή κατάστασης	223
8.1. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων -Σχολιασμός	223
8.1.1. <i>Τήξη πάγου</i>	223
8.1.2. <i>Πώς το παγάκι "χρησιμοποιεί" την θερμότητα που παίρνει κατά την τήξη;</i>	225
8.1.3. <i>Βρασμός νερού</i>	228
8.1.4. <i>Συμπύκνωση ατμών νερού σε χυία επιφάνεια</i>	230
8.5. <i>Τήξη πάγου σε χυμό</i>	232
8.2. Κατηγοριοποίηση απαντήσεων στο σύνολο της ενότητας αλλαγής κατάστασης	234
8.3. Στατιστική σύγκριση μεταξύ και εντός των ομάδων	236
8.3.1. <i>Στατιστική σύγκριση των επιδόσεων των ομάδων στο σύνολο της ενότητας της αλλαγής κατάστασης</i>	236
8.3.2. <i>Στατιστική σύγκριση των ερωτήσεων της ενότητας αλλαγής κατάστασης εντός των ομάδων</i>	237
8.4. Ανάλυση των συζητήσεων στις ομάδες	239
8.4.1. <i>Ανάλυση των συζητήσεων για την τήξη πάγου σε χυμό</i>	239
8.4.1. <i>Ανάλυση των συζητήσεων για την εξάτμιση και τον βρασμό του νερού</i>	244
8.4.3. <i>Υγροποίηση</i>	248
8.5. Συμπεράσματα από την ενότητα Αλλαγής Κατάστασης	256
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ	259
Διατήρηση μάζας στις φυσικές μεταβολές	259
9.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων -σχολιασμός	259
9.1.1. <i>Διατήρηση μάζας στη θερμική διαστολή στερεού</i>	259
9.1.2. <i>Διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση</i>	261
9.1.3. <i>Διατήρηση μάζας κατά την τήξη</i>	263
9.1.4. <i>Διατήρηση μάζας κατά τη διαστολή υγρού, βρασμό υγρού και συμπύκνωση ατμών</i>	266
9.2. Επιδόσεις στο σύνολο διατήρησης μάζας	266
9.3. Στατιστική σύγκριση μεταξύ και εντός των ομάδων στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας	268
9.3.1. <i>Στατιστική σύγκριση μεταξύ των ομάδων στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας</i>	268
9.3.1.1. <i>Συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων στο σύνολο των ερωτήσεων διατήρησης μάζας</i>	268
9.3.1.2. <i>Συγκρίσεις μεταξύ των επιμέρους ομάδων στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας ανά ενότητα</i>	268
9.3.2. <i>Στατιστική σύγκριση εντός των ομάδων στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας</i>	269
9.4. Επίδραση φύλου στη διατήρηση μάζας	270
9.5. Συμπεράσματα για τη διατήρηση μάζας στις φυσικές μεταβολές	271
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ	273
Τα μόρια και οι ιδιότητές τους	273
10.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων - σχολιασμός	273
10.1.1. <i>Τι είναι μόριο</i>	273
10.1.2. <i>Κενός χώρος</i>	273
10.1.3. <i>Ιδιότητες μορίων</i>	274
10.1.3.1. <i>Οι ιδιότητες των ουσιών ως ιδιότητες συνόλου μορίων</i>	274
10.1.3.2. <i>Ιδιότητες με θέρμανση και ψύξη</i>	275



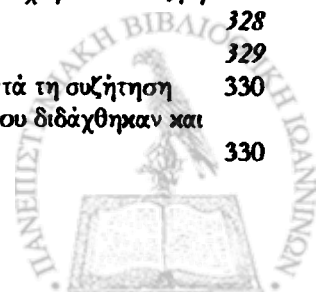
10.1.3.3. Κίνηση με Θέρμανση και Ψύξη	275
10.1.4. Απόσταση μορίων στα υγρά σε σχέση με τα στερεά και τα αέρια	276
10.1.5. Παράσταση μίγματος δυο υγρών	277
10.1.6. Σε τι διαφέρουν τα μόρια οιοκνεύματος από τα μόρια νερού;	279
10.2. Ανάλυση συζητήσεων στις ομάδες	281
10.2.1. Ανάλυση συζητήσεων στις ομάδες για την ανάμιξη δυο υγρών, νερού και βλαφερής ουσίας	281
10.2.2. Ανάλυση της συζήτησης στις ομάδες στην ερώτηση "Τι κάνει τα μόρια διαφορετικά;"	284
10.3. Συμπεράσματα για τις ιδιότητες των μορίων	287

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

Συγκρίσεις των ομάδων στο σύνολο των ενοτήτων	291
11.1. Σύγκριση των ομάδων ως προς την συνολική επίδοση	291
11.1.1. Η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών στις ειδικές κατηγορίες	291
11.1.2. Κατηγοριοποίηση απαντήσεων ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό νοθεύσεως της σωματιδιακής θεωρίας (Johnson 1998)	292
11.1.3. Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων μη κατανοήσιμες σε ταυτολογικές ή μηδενικές απαντήσεις	294
11.1.4. Μέσες επιδόσεις ανά τεστ και ομάδα στο σύνολο των ενοτήτων	294
11.1.5. Στατιστική σύγκριση των μέσων επιδόσεων μεταξύ των ομάδων στο σύνολο των ενοτήτων	296
11.2. Σύγκριση των ομάδων ως προς τις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης	299
11.2.1. Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών ανά ειδική κατηγορία στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης	299
11.2.2. Μέσες επιδόσεις ανά τεστ και ομάδα στο σύνολο των ενοτήτων στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης	300
11.2.3. Στατιστική σύγκριση των μέσων επιδόσεων και των συχνοτήτων ανά κατηγορία μεταξύ των ομάδων στο σύνολο των ενοτήτων στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης	302
11.3. Σύγκριση των ομάδων ως προς τα επίπεδα ερμηνείας μακροσκοπικό, σωματιδιακό και μη κατανοήσιμες	303
11.4. Σύγκριση των ομάδων ως προς την συνέπεια χρήσης κατηγορίας	304
11.5. Συγκρίσεις των ομάδων ως προς το φύλο	306
11.5.1. Αλληλεπίδραση φύλου και ομάδας για τις Ε, Π1, Π2	306
11.5.2. Επίδραση του φύλου στις ερωτήσεις εξήγησης / πρόβλεψης	307
11.6. Συμπεράσματα για τη σύγκριση των ομάδων	307

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

Συγκρίσεις εντός των ομάδων στο σύνολο των ενοτήτων	311
12.1. Ομάδα Ε	311
12.1.1. Σύγκριση μέσης επίδοσης της Ε στο σύνολο των επιμέρους ενοτήτων	311
12.1.2. Σύγκριση μέσης επίδοσης μεταξύ ερωτήσεων εξήγησης / πρόβλεψης	312
12.1.3. Συνέπεια στη χρήση κατηγορίας	313
12.1.4. Επίδραση του φύλου στη μέση επίδοση της Ε ανά ενότητα	313
12.2. Πειραματική ομάδα 1 (Π1)	314
12.2.1. Σύγκριση της επίδοσης των μαθητών της ομάδας Π1 ανά ενότητα και τεστ	314
12.2.2. Σύγκριση της επίδοσης των μαθητών της ομάδας Π1 ανά ενότητα, τεστ και τον παράγοντα εξήγησης / πρόβλεψης	317
12.2.3. Αναλυτική σύγκριση της μέσης επίδοσης μεταξύ μόνο των θεμάτων που εξήγησαν-διδάχθηκαν	319
12.2.4. Σύγκριση των ερωτήσεων πρόβλεψης μεταξύ τους	320
12.2.5. Συνέπεια στη χρήση κατηγορίας (αποδεκτή απάντηση, εναλλακτική απάντηση, μη κατανοήσιμη)	320
12.2.6. Σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών της Π1 ως προς τον παράγοντα "φύλο"	322
12.3. Πειραματική ομάδα 2 (Π2)	323
12.3.1. Συγκρίσεις εντός της Π2 στο σύνολο των ενοτήτων που οι μαθητές αρχικά δεν διδάχθηκαν αλλά στη συνέχεια συζητήσαν σε ομάδες (Π2pre(συζ) και Π2post(συζ))	323
12.3.1.1. Κατηγορίες απαντήσεων της Π2 πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες	323
12.3.1.2. Ποσοστά απαντήσεων των μαθητών της Π2 που βελτιώθηκαν, διατηρήθηκαν ίδιες ή χειροτέρευαν μετά τις συζητήσεις στις ομάδες	324
12.3.1.3. Σύγκριση της μέσης επίδοσης της Π2 πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες	325
12.3.2. Σύγκριση των μέσων επιδόσεων της Π2 στις ενότητες που διδάχθηκαν και συζητήσαν	328
12.4.3. Σύγκριση της επίδοσης της Π2 στο σύνολο των ερωτήσεων εξήγησης και πρόβλεψης που διδάχθηκαν και συζητήσαν πριν και μετά τη συζήτηση	328
12.3.3. Συνέπεια στη χρήση κατηγορίας	329
12.3.4.1. Συγκρίσεις ως προς το φύλο της μέσης επίδοσης της Π2 (ομάδες) πριν και μετά τη συζήτηση	330
12.3.4.2. Επίδραση του φύλου στην επίδοση στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης που διδάχθηκαν και συζητήσαν οι μαθητές της Π2	330



12.4. Συμπεράσματα για τη σύγκριση εντός των ομάδων	331
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ	335
Αξιολόγηση των μοντέλων	335
13.1. Αξιολόγηση των μοντέλων από τους μαθητές της Π1	335
13.2. Χρήση μοντέλων κατά την ερμηνεία των φαινομένων	339
13.3. Συναισθηματική αποδοχή της διδασκαλίας με μοντέλα και αναγνώριση της αξίας τους στην ερμηνεία φαινομένων	340
13.4. Συμπεράσματα για την αξιολόγηση των μοντέλων	341
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ	343
Σύνοψη συμπερασμάτων και προτάσεις για τη διδασκαλία μοριακής δομής της ύλης	343
Βιβλιογραφία Πρώτου και Δεύτερου μέρους	351
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	373
Π1 Το διδακτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την εισαγωγή σωματιδιακού μοντέλου	375
Δραστηριότητα 1	377
Δραστηριότητα 2	382
Δραστηριότητα 3	389
Δραστηριότητα 4	392
Δραστηριότητα 5	398
Π2. Εργαλεία έρευνας	403
Π2.1. Τεστ ελέγχου μακροσκοπικών γνώσεων	403
Π2.2 Τεστ Α μακροσκοπικών αλλαγών	405
Π2.3. Τεστ Β μικροσκοπικών αλλαγών	409
Π3. Παράρτημα Κεφαλαίου 3	415
Π4. Παράρτημα διάχυσης υγρών και αερίων	419
Π5. Παράρτημα ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων	421
Π6. Παράρτημα θερμοκής διαστολής και συστολής	425
Π7. Παράρτημα της ενότητας της διάλυσης	429
Π8. Παράρτημα στην ενότητα της αλλαγής κατάστασης	436
Π9. Παράρτημα διατήρησης μάζας	440
Π10. Παράρτημα ιδιοτήτων των μορίων	443
Π11. Παράρτημα σύγκρισης των ομάδων στο σύνολο των ενοτήτων	444
Π12. Παράρτημα συγκρίσεων εντός των ομάδων	452
Π13. Παράρτημα αξιολόγησης μοντέλων	461



ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ



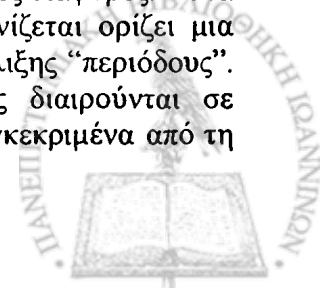
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Θεωρητικές προσεγγίσεις

1.1. Θεωρητικές προσεγγίσεις σχετικά με τη διαδικασία μάθησης

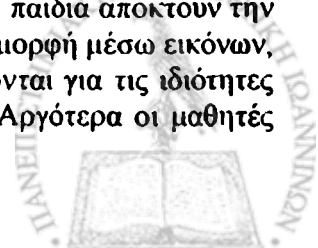
Οι πρώτες θεωρίες μάθησης ήταν άμεσα επηρεασμένες από τον συμπεριφορισμό. Σύμφωνα με αυτές η μάθηση ερμηνεύεται με το μοντέλο της κλασικής εξαρτημένης μάθησης, στο οποίο έχουμε τη δημιουργία υποκατάστατων αντανάκλαστικών (Pavlov, Watson, Guthrie), ως δοκιμή και πλάνη (Thorndike) ή με τη συντελεστική μάθηση κατά το οποίο έχουμε επανάληψη μιας αντίδρασης μετά από θετική ενίσχυση (Skinner). Η κεντρική ιδέα του συμπεριφορισμού, που έχει τις ρίζες του στο ρεαλισμό, είναι η άποψη ότι ο οργανισμός αποτελεί “εξαρτημένη μεταβλητή” των περιβαλλοντικών επιδράσεων από τους οποίους σχεδόν αποκλειστικά διαμορφώνεται, εδραιώνεται και ελέγχεται η συμπεριφορά (Κολιάδης 1997). Ωστόσο οι θεωρίες που βασίζονταν στον απόλυτο συμπεριφορισμό δεν επαρκούσαν για την ερμηνεία της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Δεν ερμήνευαν ούτε το φαινόμενο της μάθησης, καθώς η συνάφεια ερεθίσματος και αντίδρασης δεν κρίθηκε επαρκής για να ερμηνεύσει ικανοποιητικά το πώς ο άνθρωπος αποκτά τη γνώση, ιδιαίτερα όταν επιδιώκεται ουσιαστική κατανόηση πολύπλοκων αντικειμένων. Η εννοιακή μάθηση των Wertheimer, Koffka, Kohler, Lewin, η εμπρόθετη – σκόπιμη μάθηση και οι νοητικοί χάρτες ή χάρτες εννοιών του Tolman, απομακρύνονται από το απόλυτο συμπεριφοριστικό μοντέλο και επικεντρώνονται στην ανθρώπινη σκέψη και τον τρόπο με τον οποίο ο ανθρώπινος νους αντιλαμβάνεται, συλλαμβάνει τις σχέσεις των πραγμάτων, σκέφτεται και αντιδρά στις διάφορες καταστάσεις. Εισάγεται 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 και Ausubel. Σε μελέτες τους διερευνώνται οι γνωστικές δομές και οι εσωτερικές διαδικασίες του ανθρώπου με τις οποίες έρχεται σε επαφή και κατανοεί τον κόσμο που τον περιβάλλει. Η μάθηση για τους γνωστικούς ψυχολόγους είναι αποτέλεσμα διεργασιών που γίνονται στον ανθρώπινο εγκέφαλο.

Κατά τον Piaget πηγή γνώσης είναι η δράση. Ως αποτέλεσμα της δράσης νέα αντικείμενα και γεγονότα ενσωματώνονται με τη διαδικασία της ομοίωσης στα υπάρχοντα νοητικά σχήματα. Όταν τα νέα σχήματα διαφέρουν από τα υπάρχοντα, δημιουργείται ανισορροπία η οποία αίρεται με τη διαδικασία της συμμόρφωσης, που είναι συγγενής προς τη μάθηση. Τα νοητικά σχήματα μεταβάλλονται, προσαρμόζονται για να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των αντικειμένων. Αυτό επιτυγχάνεται ή με την ένταξη των νέων αντικειμένων στις υπάρχουσες γνωστικές δομές ή με την 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. Η ομοίωση και η συμμόρφωση είναι οι θεμελιώδεις και συμπληρωματικές διαδικασίες που γίνονται ταυτόχρονα σε κάθε ενέργεια προσαρμογής (Bliss 1994, 1995). Ο Piaget ισχυρίζεται ότι η διαμόρφωση της γνώσης μέσα από τις πράξεις με τα αντικείμενα του φυσικού χώρου γίνεται με την ενεργητική συμμετοχή του παιδιού. Η γνώση προκύπτει μέσα από τη σχέση και την αλληλεπίδραση εγγενών και περιβαλλοντικών συνθηκών. Ο Piaget θεωρεί την ανάπτυξη της ανθρώπινης νόησης ως μια ειδική βιολογική περίπτωση προσαρμογής του οργανισμού στο περιβάλλον. Στη προσπάθεια προσαρμογής ο οργανισμός οικοδομεί σταδιακά τις νοητικές δομές. Υπάρχει μια αδιάρρηκτη συνέχεια στην εξέλιξη των νοητικών δομών από την βρεφική μέχρι την εφηβική ηλικία οπότε και αυτές φτάνουν στην ανώτερη μορφή που χαρακτηρίζεται από μέγιστη σταθερότητα. Προϋπόθεση για την εμφάνιση της μιας δομής είναι να έχει ολοκληρωθεί ο σχηματισμός της προγενέστερης. Οι νοητικές δομές στις διάφορες φάσεις εξέλιξης παρουσιάζουν μεταξύ τους ποιοτικές διαφορές. Κατά τη διάρκεια της νοητικής εξέλιξης κάθε διαφορετικό είδος δομών που εμφανίζεται ορίζει μια ξεχωριστή φάση νοητικής εξέλιξης. Ο Piaget ονομάζει τις διάφορες φάσεις εξέλιξης “περιόδους”. Διακρίνει μάλιστα τρεις περιόδους εξέλιξης οι οποίες με τη σειρά τους διαιρούνται σε “υποπεριόδους” και στάδια. Στους πρώτους μήνες της ζωής του παιδιού και συγκεκριμένα από τη



γέννηση μέχρι την ηλικία των δυο ετών περίπου οι νοητικές δομές παίρνουν την μορφή συγκεκριμένων "αισθησιοκινητικών σχημάτων". Αυτή είναι η πρώτη περίοδος της νοητικής ανάπτυξης την οποία ο Piaget ονομάζει αισθησιοκινητική. Η δεύτερη περίοδος, η περίοδος της "συγκεκριμένης λειτουργικής σκέψης", διαρκεί από τα δύο μέχρι τα 11 χρόνια και διαιρείται σε δυο υποπεριόδους. Κατά την πρώτη υποπερίοδο, που διαρκεί από τα δύο έως τα επτά χρόνια και ονομάζεται προσυλλογιστική, το παιδί αποκτά βαθμιαία την ικανότητα να διατηρεί τα φυσικά μέγεθη και να αποκεντρώνει την αντίληψη, αλλά δεν έχει την ικανότητα των νοητικών λειτουργιών και της νοητικής αντιστρεψιμότητας. Κατά την δεύτερη υποπερίοδο που ονομάζεται περίοδος των συγκεκριμένων νοητικών ενεργειών και φτάνει στα 11 χρόνια, το παιδί έχει την ικανότητα των νοητικών λειτουργιών, αλλά λύνει τα προβλήματα με τη γενίκευση από συγκεκριμένες ενέργειες που απορρέουν από τις προηγούμενες εμπειρίες του. Η τρίτη περίοδος, η περίοδος της "τυπικής λειτουργικής σκέψης", αρχίζει από τα 11 χρόνια περίπου και ολοκληρώνεται κατά την εφηβεία. Το τελευταίο αυτό στάδιο της νοητικής ανάπτυξης χαρακτηρίζεται από την ικανότητα της αναλογικής σκέψης, της συστηματικής αξιολόγησης υποθέσεων, την επίλυση προβλημάτων με συστηματικό τρόπο. Οι έννοιες που μπορεί το άτομο να αναπαραστήσει και ο τρόπος που το πραγματοποιεί καθορίζονται από το είδος των νοητικών διεργασιών, που το άτομο είναι σε θέση να εκτελέσει στο συγκεκριμένο στάδιο. Καθώς ο νοητικός εξοπλισμός εξελίσσεται και η εξέλιξή του περνά σε ανώτερο στάδιο, το άτομο καθίσταται ικανό να αναπαραστήσει έννοιες πιο σύνθετες και πιο αφηρημένες. Η συνεισφορά του Piaget στην παροχή άποψης γνωστικής ανάπτυξης είχε ενημερώσει την κοινότητα διδακτικής επιστήμης για πολλά χρόνια. Ειδικά η εργασία του Piaget συνηγορεί για χειρονακτικές, αναληπτικές προσεγγίσεις, που δέχτηκαν το κύριο δόγμα του εικοδομισμού. Η απευθείας εφαρμογή της συνολικής θεωρίας του στη διδασκαλία φυσικών επιστημών σε ευρεία κλίμακα δεν είναι δυνατή. Όμως μια από τις σημαντικότερες προσφορές του έργου του είναι ότι οι μαθητές διαθέτουν απόψεις για τον κόσμο που είναι αφ' ενός διαφορετικές από των ενηλίκων και αφ' ετέρου αναγκαίες για την παραπέρα εξέλιξή τους.

Ο J. Bruner θεωρεί ότι η γνώση των δομών 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 ανακαλυπτική -ερευνητική μάθηση κατά την οποία ο μαθητής προσπαθεί με δικές του δυνάμεις να εμβαθύνει στο αντικείμενο και να ανακαλύψει 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. Κατά τον Bruner η δομή κάθε επιστήμης περιλαμβάνει βασικές αρχές, οι οποίες άπαξ και γίνουν κτήμα του μαθητή, μπορούν να τον εισαγάγουν στην κατανόηση του σχετικού επιστημονικού πεδίου ως συνόλου. Οι αρχές αυτές μπορούν να διδαχθούν και να γίνουν κτήμα των παιδιών σε οποιαδήποτε φάση της ανάπτυξής τους. Η δεύτερη αυτή ιδέα οδήγησε τον Bruner στην γνωστή ριζοσπαστική του άποψη ότι "οποιοδήποτε αντικείμενο μπορεί να διδαχθεί αποτελεσματικά σε οποιοδήποτε παιδί και σε οποιαδήποτε φάση της ανάπτυξής του, αρκεί αυτό να γίνει σε κάποια κατάλληλη για το γνωστικό επίπεδο του παιδιού μορφή". Η διατύπωση αυτή δεν σημαίνει ότι μπορεί ο καθένας να τα μάθει όλα. Μπορούν ωστόσο να παρουσιασθούν σε κάθε παιδί βασικές αρχές και βασικές διαστάσεις ενός θέματος ή ενός αντικειμένου, αν τις μεταφράσουμε σε διατύπωση κατανοητή από το παιδί. Κατά τον Bruner υπάρχουν τρεις τρόποι αναπαράστασης της γνώσης και αντιστοίχως τρεις τρόποι μάθησης, οι οποίοι ακολουθούν μια εξελικτική σειρά, α. ο πραξιακός, β. ο εικονικός και γ. ο συμβολικός. Οι άνθρωποι δηλαδή μαθαίνουν και μπορούν να γνωρίσουν τον κόσμο α. με την πράξη, β. με την εικόνα και γ. με συμβολικά μέσα και κυρίως με την γλώσσα. Κατά τα πρώτα χρόνια της ζωής του παιδιού κυριαρχεί ο πρώτος τρόπος της πρακτικής μάθησης. Ό,τι κάνει το παιδί αυτό και μαθαίνει. Εικόνες, γλώσσα και άλλα σύμβολα δεν συμμετέχουν στην διαδικασία της μάθησης. Με την πρόοδο της ανάπτυξης τα παιδιά αποκτούν την ικανότητα να κατανοούν την γνώση η οποία τους παρουσιάζεται με εικονική μορφή μέσω εικόνων, φωτογραφιών και απομνημονευθεισών εμπειριών. Αρχίζουν τώρα να σκέφτονται για τις ιδιότητες των αντικειμένων και όχι μόνον για το τί μπορεί κανείς να κάνει με αυτά. Αργότερα οι μαθητές

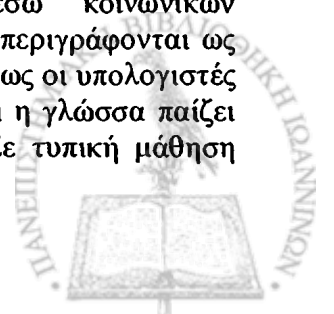


αποκτούν την ικανότητα να αναπαριστούν την γνώση σε συμβολική μορφή και κατ' αυτόν τον τρόπο να κατανοούν και να εργάζονται με εντελώς αφηρημένες έννοιες. Αυτό είναι απαραίτητο προκειμένου να επωφελούνται από ό,τι τους μεταβιβάζεται μέσω της γλώσσας. Ο συμβολικός τρόπος αναπτύσσεται τελευταίος και γίνεται ο πλέον προτιμώμενος, μολονότι το άτομο εξακολουθεί να χρησιμοποιεί παράλληλα και τους άλλους δύο. Το κύριο πλεονέκτημα του συμβολικού τρόπου είναι το γεγονός ότι επιτρέπει στον μαθητή να αναπαριστά και να μεταμορφώνει την γνώση με μεγαλύτερη ευελιξία και μεγαλύτερη δύναμη από ό,τι οι άλλοι δύο τρόποι.

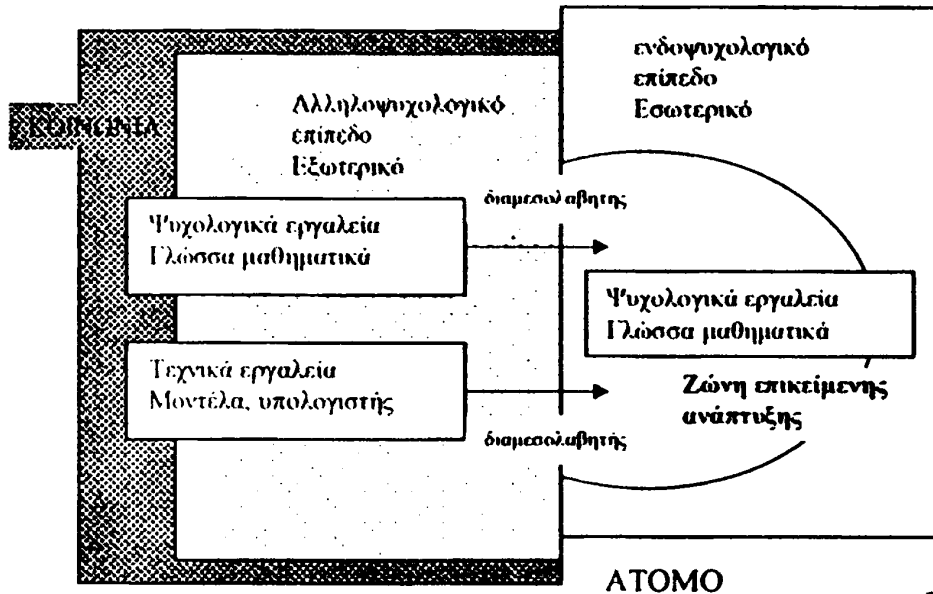
Ο D. Ausubel διατύπωσε μια δική του άποψη για τη μάθηση, την οποία αποκάλεσε νοηματική λεκτική ή νοηματική παραληπτική μάθηση. Υποστηρίζει ότι η νοηματική μάθηση είναι μια διαδικασία σύνδεσης, συσχέτισης και ενσωμάτωσης κατά ιεραρχικό τρόπο των νέων γνώσεων με τις γνώσεις που προϋπάρχουν στη γνωστική 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 αλληλεξαρτήσεων επιμέρους γνώσεων. Αυτή η γνωστική δομή κρίνεται απαραίτητη για την επιβίωση και την ενσωμάτωση του μαθητή στην κοινωνία (Κολιάδης 1997).

Οι μελέτες των γνωστικών ψυχολόγων άνοιξαν το δρόμο στα γνωστικά εποικοδομητικά μοντέλα μάθησης.

Ο L. Vygotsky ανέπτυξε μια κοινωνικοπολιτισμική προοπτική για την κατανόησή μας της σκέψης και μάθησης. Παρόλο που ο Piaget και ο Vygotsky μοιράστηκαν πολλές κοινές ιδέες σχετικά με την εκπαίδευση, ο Piaget είδε τη δόμηση της γνώσης κυρίως ως μια ατομική προσπάθεια, ενώ ο Vygotsky είδε το κοινωνικό περιβάλλον (context) ως κυρίαρχο στην μεσολάβηση της αντιληπτικής μάθησης. Ο Vygotsky συμφωνεί στον ενεργητικό ρόλο που διαδραματίζει το παιδί για την διαμόρφωση της γνώσης του. Παράλληλα, όμως, αποδίδει μεγάλη σημασία στο κοινωνικό και μορφωτικό περιβάλλον μέσα στο οποίο συμμετέχει το παιδί και θεωρεί ότι διαμέσου της γλώσσας αναπτύσσεται η σκέψη. Ο Vygotsky υποστηρίζει ότι στη θεωρία του Piaget *"...το παιδί δεν θεωρείται ως μέρος του κοινωνικού συνόλου, ως υποκείμενο των κοινωνικών σχέσεων, που από τις πρώτες μέρες της ζωής του λαμβάνει μέρος στην κοινωνική ζωή, στην οποία ανήκει. Το κοινωνικό θεωρείται ως εξωτερικό στο παιδί, ως μια ξένη δύναμη που ασκεί πίεση στο παιδί και που επιβάλλει τους τρόπους σκέψης του"* (Vygotsky 1970, p. 116). Δυο απόψεις - έννοιες της θεωρίας του Vygotsky, που έχουν συγκεκριμένο ενδιαφέρον στη διδασκαλία, είναι: α. η ζώνη της επικείμενης ανάπτυξης, β. η διαμεσολάβηση υψηλότερης μάθησης μέσω της χρήσης ψυχολογικών και τεχνικών εργαλείων. Στη θεωρία του για τη "ζώνη επικείμενης ανάπτυξης" ο Vygotsky ενδιαφέρεται για το τι μπορεί να πετύχει το παιδί με την βοήθεια του ενήλικα. Η διαφορά ανάμεσα στην πραγματική νοητική ηλικία ενός παιδιού και στο επίπεδο στο οποίο μπορεί να φτάσει βοηθούμενο στη λύση προβλημάτων καθορίζει τη ζώνη της επικείμενης ανάπτυξης. Αυτό το μέτρο δίνει μια περισσότερο χρήσιμη ένδειξη για τη δυναμική της διανοητικής προόδου από ότι η νοητική ηλικία. Η "ζώνη" έχει καθοριστεί με πολλαπλούς τρόπους αλλά στην ουσία ο όρος περικλείει την ατομική επίτευξη που διαμεσολαβείται από έναν ενήλικα, έναν περισσότερο ικανό ομήλικο ή φυσικά εργαλεία (Newman et al. 1989). Μέσω αυτής της ζώνης η μάθηση κινείται από ένα εξωτερικό σε ένα εσωτερικό επίπεδο. Ο Vygotsky προτείνει ότι όλες οι υψηλότερες νοητικές λειτουργίες ξεκινούν ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ συνομηλίκων. Συνεπώς η μάθηση λαμβάνει χώρα στο αλληλοψυχολογικό επίπεδο (εξωτερικός κόσμος) πριν εσωτερικοποιηθεί σε προσωπικό ενδοψυχολογικό επίπεδο (Wertsch 1979, 1985). Μετακίνηση από το αλληλοψυχολογικό επίπεδο στο ενδοψυχολογικό λαμβάνει χώρα μέσω κοινωνικών διαμεσολαβητών, που έχουν κυρίως πολιτισμικό καθορισμό. Τέτοια ενδιάμεσα περιγράφονται ως ψυχολογικά εργαλεία όπως η γλώσσα και τα μαθηματικά και τεχνικά εργαλεία όπως οι υπολογιστές και οι αριθμομηχανές (Wertsch 1991) (Διάγραμμα 1.1). Ο Vygotsky θεωρεί ότι η γλώσσα παίζει ζωτικό ρόλο και στο αλληλοψυχολογικό και στο ενδοψυχολογικό επίπεδο. Σε τυπική μάθηση

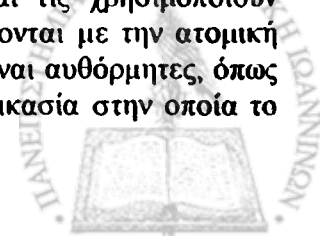


επιστημών, διαμεσολαβημένη με πολιτιστικά τεχνουργήματα, η γλώσσα παρέχει το μέσο να συζητηθούν οι επιστημονικές ιδέες μεταξύ των σπουδαστών και δασκάλων και μεταξύ των σπουδαστών σε αλληλοψυχολογικό επίπεδο. Σε μια διαδικασία εσωτερίκευσης οι σπουδαστές εκτιμούν και γίνονται ικανοί να χρησιμοποιούν για τους εαυτούς τους (σε ένα εσωτερικό ψυχολογικό επίπεδο) τα νοητικά εργαλεία που αντιμετώπισαν στο αλληλοψυχολογικό επίπεδο. Ακολουθώντας την εσωτερικοποίηση η γλώσσα παρέχει το εργαλείο για ατομική σκέψη. Έτσι η γλώσσα και η σκέψη είναι αξεχώριστα συνδεδεμένα.



Διαγραμμα 1.1.: Δόμηση της γνώσης μέσω της άποψης του Vygotsky (in Carter et al. 1999)

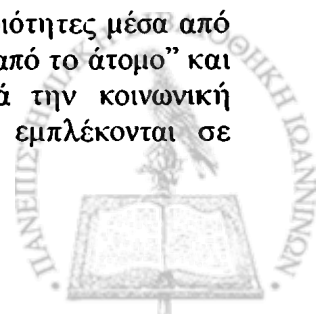
Η θεωρία μάθησης του Vygotsky δίνει στοιχεία για την ανάπτυξη επιστημονικής έννοιας. Εστιάζει στην σχέση μεταξύ εννοιών που σχηματίζονται από τις εμπειρίες των παιδιών και ανεξάρτητη σκέψη (καθημερινές έννοιες) με κείνες που μαθαίνονται στο σχολείο (επιστημονικές έννοιες). Ο Piaget έκανε μια διάκριση των εννοιών σε αυθόρμητες και μη αυθόρμητες και εστίασε κυρίως στις αυθόρμητες παρά στην αλληλεπίδρασή τους. Ο Vygotsky βλέπει μια διαλεκτική σχέση μεταξύ καθημερινών και επιστημονικών. Οι καθημερινές έννοιες βασίζονται σε συγκεκριμένα περιστατικά, αναπτύσσονται ως αποτέλεσμα πρακτικής δραστηριότητας και επαφής του παιδιού με ανθρώπους του περιβάλλοντός του. Χαρακτηριστικό γνώρισμά τους είναι ότι τα παιδιά λειτουργούν αυθόρμητα μ' αυτές αλλά δεν είναι συνειδητές. Τα παιδιά έχουν μεγαλύτερο βαθμό συνείδησης του αντικειμένου παρά της ίδιας της έννοιας. Η έλλειψη της συνειδητοποίησής τους οφείλεται στο ότι καθημερινές έννοιες δεν είναι μέρος συναφούς συστήματος σκέψης. Κατά τον Vygotsky "η έννοια μπορεί να είναι συνειδητή και εκούσια μόνο όταν είναι μέρος ενός συστήματος". Η εξέλιξη των καθημερινών εννοιών διέρχεται κατά τον Vygotsky τρεις κύριες φάσεις. Για τα παιδιά που διανύουν την πρώτη φάση κατά την πρώιμη παιδική ηλικία η σημασία μιας λέξης δεν δηλώνει παρά μια "αόριστη συγκριτική συσώρευση ξεχωριστών αντικειμένων" που έχουν κατά κάποιον τρόπο ενωθεί στο μυαλό τους. Στη δεύτερη φάση το παιδί σκέφτεται με "συμπλέγματα", δηλαδή συλλογές αντικειμένων που τα συνδέουν πραγματικοί δεσμοί ανάμεσά τους και όχι μόνο η υποκειμενική εντύπωση του παιδιού. Οι δεσμοί όμως αυτοί είναι συγκεκριμένοι και πρακτικοί και όχι αφηρημένοι και λογικοί, όπως συμβαίνει με τις γνήσιες έννοιες που σχηματίζονται στην επόμενη φάση. Η τρίτη φάση τοποθετείται στην εφηβεία και χαρακτηρίζεται τόσο από ανωτέρου τύπου γενικεύσεις όσο και από μια διαρκώς αυξανόμενη αφαιρετική ικανότητα. Οι επιστημονικές έννοιες αντίθετα, όπως διδάσκονται στο σχολείο, γίνονται αντικείμενο μελέτης ως ξεχωριστές έννοιες αλλά και ως μέρη ενός εσωτερικά ιεραρχημένου συστήματος εννοιών. Τα παιδιά αποκτούν επίγνωση των εννοιών και της δομής τους στην οποία αυτή ανήκει και τις χρησιμοποιούν συνειδητά και εκούσια. Το αδύνατό τους σημείο όμως είναι ότι δεν συνδέονται με την ατομική εμπειρία, δεν εφαρμόζονται σε πολλές συγκεκριμένες περιστάσεις και δεν είναι αυθόρμητες, όπως είναι οι καθημερινές. Οι εννοιολογικές αλλαγές είναι μια αυξανόμενη διαδικασία στην οποία το



παιδί σε συνεργασία με άλλους μαθητές ολοκληρώνει καθημερινές έννοιες σε ένα σύστημα σχετιζόμενων εννοιών και μετασχηματίζει τις πρώτες ύλες της εμπειρίας σε συναφές σύστημα εννοιών. Όταν ο μαθητής έχει μάθει πώς ειδικές έννοιες οργανώνονται σε ένα ιεραρχικό σύστημα αλληλεπιδράσεων, αυτή η γνώση βοηθά το μαθητή να δει πώς άλλες σχετιζόμενες έννοιες ταιριάζουν σε ένα σύστημα ή ιεραρχία. Αυτή η διαδικασία συμβαίνει καθώς το παιδί σκέφτεται τι έχει μάθει στο σχολείο και με στοχασμό συναισθάνεται αυτό που προηγουμένως ήταν ασυνείδητο. Με σύγχρονους όρους το παιδί χρησιμοποιεί μεταγνωστικές διαδικασίες για να μετασχηματίσει και γενικεύσει τη γνώση. Η εξέλιξη των καθημερινών εννοιών συνδέεται στενά με την εξέλιξη των επιστημονικών εννοιών. Ο Vygotsky θεωρεί ότι η διδασκαλία των επιστημονικών εννοιών βοηθάει το παιδί να συνειδητοποιήσει και ακολούθως να συστηματοποιήσει τις καθημερινές έννοιες που διαθέτει. Αντίστροφα οι επιστημονικές έννοιες, οι οποίες αναπαριστώνται από το παιδί ξεχωριστά από τις καθημερινές αλληλεπιδρώντας με αυτές, συνδέονται βαθμιαία με τις εμπειρίες του παιδιού και αποκτούν έτσι συγκεκριμένο περιεχόμενο. Για να γίνει δυνατή η αλληλεπίδραση πρέπει η καθημερινή έννοια να βρίσκεται σε ορισμένο επίπεδο ούτως ώστε να καταστεί δυνατόν να απορροφηθεί μια επιστημονική έννοια σχετικά με την καθημερινή. Όταν η καθημερινή έννοια φτάσει στο κατάλληλο επίπεδο εξέλιξης, τότε η συνειδητοποίηση και η εκούσια χρήση των εννοιών θα βρίσκεται στη ζώνη επικείμενης ανάπτυξης, δηλαδή θα φανερώνονται και θα γίνονται ενεργές με την βοήθεια ενηλίκων.

Πολλοί ερευνητές προτείνουν τη συγχώνευση του ψυχολογικού εποικοδομισμού του Piaget με την κοινωνικοπολιτισμικές αντιλήψεις του Vygotsky, αναγνωρίζοντας ότι η μάθηση είναι μια διαδικασία ατομικής δόμησης και επιπολιτισμού (Goodnow & Wapton 1992, Cobb et al. 1993, Hataho 1993, Cobb 1994). Ειδικότερα ένα μοντέλο που ενσωματώνει αυτές τις απόψεις παρέχει ένα πλαίσιο μέσα στο οποίο συντονίζονται κοινωνικές και ψυχολογικές αντιλήψεις της ζωής της τάξης (Inagaki 1992, O' Loughlin 1992, Driever et al. 1994a) και θεωρεί σημαντικό το ρόλο της γλώσσας στην εκπαίδευση στις επιστήμες. Μια κοινωνικοπολιτισμική προσέγγιση διδασκαλίας επιστήμης βασισμένη στην γλώσσα αναδεικνύει τη γλώσσα ως ένα σημαντικό εργαλείο για υποστήριξη και προώθηση της σκέψης, ως μέσον που παρακινεί τους μαθητές να απεικονίζουν και να εξηγούν με σκοπό να καταλάβουν πώς οι εμπειρίες τους και η γνώση που περιορίζεται από το περιβάλλον, ταιριάζει σε ένα μεγαλύτερο σύστημα. Η χρήση της γλώσσας, ως ένα εργαλείο σκέψης και επικοινωνίας, οδηγεί βαθμιαία στην εκμάθηση χρήσης της ειδικής γλώσσας της επιστήμης. Στο πλαίσιο της κοινωνικής αλληλεπίδρασης γενικά και στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών ειδικότερα η γλώσσα θεωρείται ως πολιτισμικά οικειοποιούμενο εργαλείο για την παραγωγή κοινωνικών νοημάτων (Halliday 1978, Halliday & Martin 1993, Lemke 2001, Bazerman 1988, Sutton 2002). Η μάθηση στις επιστήμες θα μπορούσε να εμπλέκει μια βαθμιαία ολοκλήρωση της προσωπικής εμπειρίας και γνώσης σε ένα σύνθετο σύστημα μοντέλων και θεωριών και των τρόπων σκέψης που οι επιστήμονες χρησιμοποιούν για να εξηγήσουν φυσικά φαινόμενα.

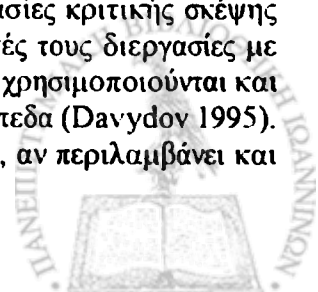
Η ιδέα της κοινωνικοπολιτισμικής θεωρίας του Vygotsky οδήγησε τους J. Lave και E. Wenger να διατυπώσουν το μοντέλο της “εγκατεστημένης μάθησης” (situated learning), υποστηρίζοντας ότι η μάθηση περιλαμβάνει μια διαδικασία συμμετοχής σε “κοινότητες πρακτικής” (communities of practice) ή αλλιώς “κοινότητες μάθησης” (learning communities) (Lave και Wenger 1991, Lave 1997, Lave & Chaiklin 1993, Wenger 1999 και Wenger και Snyder 2000α, 2000β). Αντί να αντιμετωπίσουν τη μάθηση ως την κατάκτηση συγκεκριμένων γνωστικών σχημάτων, οι Lave και Wenger την τοποθέτησαν μέσα στην κοινωνική διάδραση, δηλαδή σε καταστάσεις συμμετοχής. Οι μαθητές δεν διδάσκονται δομές σκέψης ή νοηματικά μοντέλα κατανόησης του κόσμου, αλλά συμμετέχουν σε περιβάλλοντα-πλαίσια, που είναι ήδη δομημένα. Η μάθηση είναι τόσο η διαδικασία όσο και το αποτέλεσμα του συγκερασμού της δραστηριότητας, του περιβάλλοντος-πλαισίου και της κουλτούρας μέσα στην οποία πραγματοποιείται - είναι *εγκατεστημένη*. Η θέση αυτή αντίτιθεται στις παραδοσιακές μαθησιακές δραστηριότητες μέσα από τις οποίες η γνώση εμφανίζεται συχνά ως απόλυτη και ως κάτι που υπάρχει “έξω από το άτομο” και εκτός οποιωνδήποτε συγκεκριμένων περιβαλλόντων - πλαισίων και καθιστά την κοινωνική διάδραση κριτικής σημασίας για την εγκατεστημένη μάθηση. Οι μαθητές εμπλέκονται σε



κοινότητες μάθησης, που ενστερνίζονται συγκεκριμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές για το τι είναι αναμενόμενο. Κάποιοι παιδαγωγοί και ψυχολόγοι (π.χ. Salomon 1993, Gardner 1993) έχουν προεκτείνει το μοντέλο της εγκατεστημένης μάθησης. Όπως αναφέρει χαρακτηριστικά ο Salomon, "οι άνθρωποι φαίνεται ότι σκέφτονται συνδυαστικά ή με τη συνεργασία άλλων και με τη βοήθεια δεδομένων εργαλείων και εφαρμογών από την κουλτούρα (στην οποία ανήκουν)". Με άλλα λόγια τονίζεται η ανάγκη διερεύνησης της σχέσης μεταξύ της μάθησης (ή της ευφυΐας) και των εργαλείων ή μέσων που έχουν στη διάθεση τους τα άτομα. Αυτά τα μέσα μπορεί να είναι οι βιβλιοθήκες και το διαδίκτυο, αλλά μπορεί να περιλαμβάνουν και τη χρήση εργαλείων όπως μολύβια και πένες. Οι Brown, Collins και Duguid (1989) έχουν αναπτύξει ακόμη περισσότερο το μοντέλο της εγκατεστημένης μάθησης και προτείνουν την ιδέα της "γνωστικής μαθητείας" (cognitive apprenticeship). Με αυτό τον όρο εννοούν ότι οι μαθητές ενισχύονται να αποκτήσουν, να αναπτύξουν και να χρησιμοποιήσουν γνωστικά εργαλεία μέσω αυθεντικών δραστηριοτήτων. Η συνεργατική κοινωνική αλληλεπίδραση και η κοινωνική κατασκευή της γνώσης (εποικοδομισμός) γίνονται οι φορείς μέσω των οποίων οι μαθητές θα αναπτύξουν τις διάφορες γνωστικές τους δεξιότητες, τόσο εντός όσο και εκτός σχολείου. Ο Brown και οι συνεργάτες του τονίζουν την ανάγκη για μια νέα επιστημολογία της μάθησης η οποία αναγνωρίζει την ενεργητική γνωστική συμμετοχή των ατόμων, σε αντίθεση με την υπερβολική σημασία που δινόταν μέχρι τώρα στις καθαυτό αναπαραστάσεις της γνώσης (βλ. επίσης Brown & Duguid 2000). Κάποιοι παιδαγωγοί (Suchman 1988, Roth & McGinn 1998, Roth et al. 1996), ιδίως στο χώρο της διδακτικής της επιστήμης και της τεχνολογίας, υποστηρίζουν με ενθουσιασμό τον σχεδιασμό μαθησιακών περιβαλλόντων τα οποία να επικεντρώνονται στη δημιουργία πολλαπλών ευκαιριών για ανάπτυξη της γνωστικής μαθητείας. Μέσα στην κοινότητα μάθησης τα άτομα προβληματίζονται, αναστοχάζονται και ερμηνεύουν γεγονότα και καταστάσεις. Τα μοντέλα της εγκατεστημένης μάθησης και της γνωστικής μαθητείας αποκτούν ιδιαίτερη σημασία, αν αναλογιστεί κανείς τις σύγχρονες ανάγκες που δημιουργούνται σ' ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο κόσμο, μέσα στον οποίο τα άτομα στηρίζονται ολοένα και περισσότερο στη συλλογική γνώση, την οποία κανένα άτομο από μόνο του δεν κατέχει (Collins 1998). Η μάθηση μέσα σε κοινότητες μπορεί να πάρει διάφορες μορφές και φέρνει στην επιφάνεια πολλαπλές διαστάσεις της διαδικασίας της μάθησης. Για παράδειγμα, σε κάποιες περιπτώσεις οι κοινότητες μάθησης είναι "άμεσα" παρούσες χωροχρονικά (πρόσωπο με πρόσωπο) ενώ σε άλλες "εικονικά" με τη βοήθεια της τεχνολογίας (π.χ. εικονικές κοινότητες ή virtual communities) (Palloff & Pratt 1999).

1.1.1. Ο ρόλος των τεχνικών και συμβολικών εργαλείων ως διαμεσολαβητές μάθησης

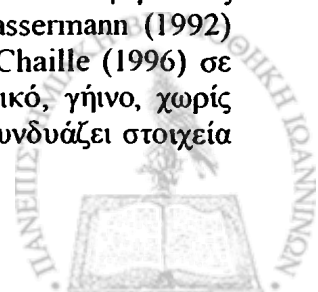
Αξίζει να δούμε πώς τα εργαλεία, τεχνικά και συμβολικά, διαμεσολαβούν για επίτευξη υψηλότερης γνώσης. Η επίδραση της χρήσης εργαλείων στους ανθρώπους είναι βασική όχι μόνο επειδή βοηθά περισσότερο αποτελεσματικά να κατανοήσουν το εξωτερικό περιβάλλον, αλλά επίσης επειδή η χρήση εργαλείων έχει ενδιαφέρουσες όψεις σε εσωτερικές και λειτουργικές σχέσεις μέσα στον ανθρώπινο εγκέφαλο (John - Steiner & Soubertman 1978). Σύμφωνα με τον Vygotsky τα τεχνικά εργαλεία χρησιμοποιούνται για να ρυθμίζουν τις εξωτερικές λειτουργίες του κόσμου, ενώ τα ψυχολογικά εργαλεία είναι εσωτερικά προσανατολισμένοι μηχανισμοί που κανονίζουν υψηλότερες νοητικές λειτουργίες. Το μονοπάτι μεταξύ εργαλείων - αντικειμένων και σκέψης διαμεσολαβείται από άλλους ανθρώπους διαμέσου της χρήσης σημάτων ή συμβόλων της γλώσσας (Veer & Valsiner 1993, p 220). Παρόλο που τα τεχνικά εργαλεία, όπως οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, είναι εγκατεστημένα στον εξωτερικό κόσμο, οι αλληλεπιδράσεις με αυτά ουσιαστικά οδηγούν σε διαφορετικό τρόπο σκέψης και μπορούν να διαμεσολαβήσουν υψηλότερη μάθηση (Miller 1991). Όταν οι μαθητές δημιουργούν ή τροποποιούν και χρησιμοποιούν εφαρμογές λογισμικού για να αναπαραστήσουν τις γνώσεις τους εμπλέκονται σε διεργασίες κριτικής σκέψης σχετικά με το υπό μελέτη θέμα (Jonassen 2000) ενώ ενισχύονται οι γνωστικές τους διεργασίες με τη δημιουργία νοητικών μοντέλων (Salomon 1993). Τα ψυχολογικά εργαλεία χρησιμοποιούνται και στον εσωτερικό και εξωτερικό κόσμο και έτσι εγκαθίστανται και στα δυο επίπεδα (Davydov 1995). Μια μαθησιακή εμπειρία έχει υψηλό δυναμικό στη διαμεσολάβηση μάθησης, αν περιλαμβάνει και



τεχνικά εργαλεία (εργαστηριακά εργαλεία) και ψυχολογικά εργαλεία (λεκτικές αλληλεπιδράσεις). Το δυναμικό που ένα συγκεκριμένο εργαλείο ή αλληλεπίδραση που μπορεί να έχει ως μεσολαβητής της μάθησης μπορεί να εξεταστεί μέσω της προοπτικής της ζώνης επικείμενης ανάπτυξης του Vygotsky. Μόνο τα εργαλεία που αλληλεπιδρούν με την ζώνη αυτή των μαθητών μπορούν να διαμεσολαβήσουν τη μάθηση. Στο πλαίσιο της διδασκαλίας της επιστήμης στην τάξη υπάρχει δυναμικό για διαμεσολάβηση μέσα στη ζώνη επικείμενης ανάπτυξης από ψυχολογικά εργαλεία καθώς οι μαθητές αλληλεπιδρούν με τον δάσκαλο και άλλους μαθητές. Η ανάπτυξη χρήσης εργαλείων συγκρίνεται με την χρήση των λέξεων – λόγου. Ο Vygotsky (στο Howe 1996) περιγράφει την ανάπτυξη της χρήσης των λέξεων – λόγου ως μια αναπτυξιακή διαδικασία, που είναι αρχικά μιμητική. Τα παιδιά αρχικά παπαγαλίζουν τις λέξεις των ενηλίκων μέχρι να αναπτύξουν μια εμβρυακή κατανόηση των εννοιών που αντιπροσωπεύονται από τις λέξεις. Η κατανόηση της έννοιας που κωδικοποιείται με τις λέξεις αυξάνει ακολούθως με την ικανότητα των μαθητών να χρησιμοποιούν τις λέξεις με έναν αποτελεσματικό τρόπο. Αν η ανάπτυξη της χρήσης εργαλείων γίνει παράλληλα με τη χρήση λέξεων, τότε η μίμηση των πράξεων των δασκάλων με τα εργαλεία ήταν ανεπαρκής για διαμεσολάβηση, αν και θα έπρεπε να είναι το πρώτο βήμα. Η χρήση των εργαλείων θα πρέπει να καθοδηγείται μέχρι το εργαλείο να έχει μια σύνδεση με τον εσωτερικό κόσμο των μαθητών. Δηλαδή οι μαθητές θα πρέπει να έχουν μια αρχική ιδέα της σύνδεσης μεταξύ του εργαλείου και της έννοιας που σχετίζεται με το εργαλείο. Χρήση εργαλείου χωρίς σύνδεση δεν έχει αξία περισσότερη από την χρήση λέξεων που η έννοιά τους δεν είναι γνωστή. Η πρόοδος από την χρήση των εργαλείων στον εξωτερικό κόσμο και η συνεπόμενη νοητική αναπαράσταση των εργαλείων ως έννοιες στο αλληλοψυχολογικό επίπεδο μπορεί να απαιτεί προηγούμενη χρήση των εργαλείων σε καθημερινό ή σχετιζόμενο με το περιβάλλον πλαίσιο.

Η αντίληψη ότι τα εργαλεία μπορούν να διαμεσολαβήσουν στη μάθηση αγκαλιάστηκε με ενθουσιασμό από την κοινότητα της εκπαίδευσης στις επιστήμες (Carter et al. 1999). Η αποτελεσματική διδασκαλία περιγράφεται ως “εξαρτώμενη από την διαθεσιμότητα και την οργάνωση των υλικών, εξοπλισμό, μέσα και τεχνολογία” (National Science Education Standards, NSES 1996). Ένα αποτελεσματικό μαθησιακό περιβάλλον απαιτεί ένα ευρύ φάσμα βασικών επιστημονικών υλικών, καθώς και εξειδικευμένα εργαλεία για συγκεκριμένα θέματα και μαθησιακές εμπειρίες. Ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός συνεπάγεται ότι οι μαθητές πρέπει να βοηθηθούν να αναπτύξουν την συνήθεια χρήσης εργαλείων μαζί με επιστημονικές και μαθηματικές ιδέες και δεξιότητες υπολογιστικές για να λύνουν προβλήματα και να αυξάνουν την κατανόηση για το πώς ο κόσμος λειτουργεί (Association for the Advancement of science, 1993). Η επίδραση των πρώιμων εμπειριών με τα εργαλεία στη στοιχειώδη βαθμίδα καθορίζει το επίπεδο της διανοητικής ανάπτυξης που πιθανόν θα αυξηθεί σε ανώτερες τάξεις. Ωστόσο η χρήση των τεχνικών εργαλείων δεν εγγυάται πάντα αντιληπτική κατανόηση (Hofstein & Lunetta 1982, Lazarowitz & Tamir 1994). Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτικότητά τους είναι οι επιστημολογικοί προσανατολισμοί των μαθητών (Roth & Roychoudhury 1994), η χρήση οικείων υλικών (White 1988), η επίδραση της προηγούμενης προσωπικής εμπειρίας (Tobin 1990, Roth 1991, 1994) και η ποιότητα και ποσότητα λεκτικής αλληλεπίδρασης (Webb 1982, 1984, 1991, Carter & Jones 1994). Υπάρχει απόδειξη ότι γνωστική ανάπτυξη μπορεί να ενδυναμωθεί μέσω της χρήσης ανοιχτού περιβάλλοντος αναζήτησης όπου οι μαθητές μπορούν να επιλέγουν τα ερευνητικά ερωτήματα και σχεδιασμό πειράματος (Roth & Roychoudhury 1994).

Εκτός από τα τεχνικά εργαλεία και το παιχνίδι μπορεί να λειτουργήσει ως διαμεσολαβητής μάθησης. Το παιχνίδι, αυτή “η τυχαία ενασχόληση και αταξία γύρω και μέσα”, είναι γενικά δημιουργικό, επιτρέπει ανάληψη ρίσκου, είναι αυτόνομο, συχνά εμπλέκει τα χέρια, είναι ευχάριστο, είναι ανοιχτό και εσωτερικά υποκινούμενο (Wassermann 1992, Curtis 1994). Αυτά τα χαρακτηριστικά του παιχνιδιού εμφανίζονται σε διαφορετικές κουλτούρες και διαφορετικές περιοχές και έχουν σημειωθεί σε αρχαίους πολιτισμούς (Bruce 1994). Ο Wassermann (1992) περιγράφει το παιχνίδι ως παιχνίδι με τα χέρια ή με το μυαλό ενώ Bagley & Chaille (1996) σε σύνθετο ή απλό παιχνίδι. Απλό παιχνίδι σύμφωνα με αυτούς είναι στερεοτυπικό, γήινο, χωρίς προσοχή, ενώ από την άλλη μεριά το σύνθετο παιχνίδι είναι παρακινούμενο, συνδυάζει στοιχεία



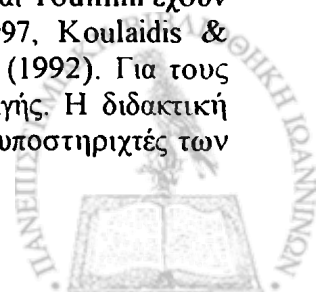
ευκαμψίας και καινοτομίας. Όλοι οι παραπάνω συμφωνούν ότι οι τύποι πολύπλοκων παιχνιδιών εμπλέκουν δραστικά τον μαθητή σε έννοιες και νέες ιδέες και ο μαθητής γίνεται σημαντικός παίχτης στη διαδικασία της δόμησης της γνώσης. Το παιχνίδι συνδέεται με την δόμηση συνηθειών του μυαλού (Wassermann 1992), με λύση προβλήματος (Bagley & Chaille 1996) και δόμηση αντιλήψεων και σχηματισμό εννοιών (Smith 1994). Ο Wassermann ισχυρίζεται ότι με το παιχνίδι ο δάσκαλος μπορεί να τα έχει όλα: ανάπτυξη της γνώσης, αίσθηση της αναζήτησης, της δημιουργικότητας, της αντιληπτικής κατανόησης. Η εμπειρική μάθηση, που αρχίζει με δραστική ενασχόληση με συγκεκριμένα υλικά και εμπλουτίζεται με στοχαστική παρατήρηση, επιτρέπει στους σπουδαστές να δομούν έννοιες και να φτάσουν σε θεωρητικές κατανοήσεις, που οδηγούν με τη σειρά τους σε ικανότητες μαθητών να παίρνουν περισσότερο στοχαστικές αποφάσεις και να λύνουν περισσότερο δύσκολα προβλήματα. Ο αδέξιος πειραματισμός αλλά και ο οπτικός, ακουστικός και κιναισθητικός πειραματισμός ισχυροποιούν την μάθηση εννοιών (Kronish & Abelmann 1989). Οι Goodman & Goodman (1990) ισχυρίζονται ότι τα παιδιά μαθαίνουν να δομούν έννοιες μέσω της χρήσης αναπαράστασης στη διάρκεια του παιχνιδιού. Επιπλέον πιστεύουν ότι *“οι έννοιες που αρχίζουν με παιχνίδι όχι μόνο είναι η βάση για επιστημονικές έννοιες, αλλά ουσιαστικά γίνονται μέρος των εννοιών”*. Η παιχνιδώδης ενασχόληση και ο πειραματισμός παρατηρείται συχνότερα στα αγόρια (Rennie & Rennie 1991), τα οποία κυριαρχούν πάνω στα εργαλεία εξαιτίας της προϋπάρχουσας εμπειρίας τους με αυτά (Carter et al. 1999). Ο Harsch (1987) αναφέρει τη χρήση ενός παιχνιδιού τύχης με μπάλες για προσομοίωση χημικής κινητικής. Το παιχνίδι είχε αξία για την εσωτερική δυναμική του, την οπτικοποίηση και γιατί εξασφάλιζε ελεύθερο χώρο για δράση και συζήτηση. Το δραστικό παίξιμο αναδείχθηκε πιο αποτελεσματικό από την επίδειξη. Πιο αποτελεσματικό αναδείχθηκε το παιχνίδι όταν οι μαθητές, ακολουθώντας οδηγίες, εμπλέκονταν σε δραστηριότητες. Σημειώθηκαν καλύτερα αποτελέσματα σε μαθητές σε προχωρημένο επίπεδο μαθημάτων και αναγνωρίστηκε η δυναμική του από τους δασκάλους.

1.2. Επιστημολογία Φυσικών επιστημών και διδακτική

Η φιλοσοφία της επιστήμης μπορεί να συνεισφέρει στην ανάπτυξη διδακτικών στρατηγικών για ουσιαστική μάθηση επιστήμης.

Στη δεκαετία του '70 η διδακτική ασχολήθηκε με μια συγκεκριμένη θεματική, τις ιδέες των παιδιών, γεγονός που οφείλεται στη στροφή προς την μαθητοκεντρική διδακτική, το ευρύτερο κοινωνικό και κοινωνικοεπιστημονικό ενδιαφέρον για την *“παιδική ηλικία”*, την ιδιαίτερη έμφαση στις παραστάσεις και αναπαραστάσεις των παιδιών για το φυσικό και κοινωνικό τους κόσμο. Κυρίως όμως η στροφή σε αυτή τη θεματική είναι αποτέλεσμα της μετατόπισης στις επιστημολογικές και γνωσιολογικές αναζητήσεις. Η παραδοσιακή διδακτική θεωρήθηκε αυταρχική, αναποτελεσματική, αναχρονιστική και ξεπερασμένη. Θεωρήθηκε αυταρχική γιατί επιβάλλει τη γνώση που εκπροσωπούν οι επιστήμες ως μοναδική, αγνοώντας τις ιδέες των παιδιών ή απορρίπτοντάς τις και αναποτελεσματική γιατί η μαθησιακή διαδικασία δεν μπορεί να είναι εγγραφή πληροφοριών που δίνονται από τον διδάσκοντα ούτε μπορεί να αποβάλουμε μια ιδέα ή παράσταση μόλις πληροφορηθούμε ή τη μάθουμε. Η αναχρονιστικότητα κυρίως αφορά επιστημολογική στήριξη καθώς της καταλογίζουν προσήλωση στην ανωτερότητα, βεβαιότητα, αντικειμενικότητα αλλά και αλήθεια της επιστήμης, κάτι που θεωρείται προσήλωση σε ένα ξεπερασμένο θετικισμό, κυρίαρχη αντίληψη τη δεκαετία του '60 (Κάλφας 1983). Για τον λογικό θετικισμό η παρατήρηση είναι η πηγή και το μέλημα της επιστημονικής γνώσης και πραγματικό είναι ό,τι αποτελεί τμήμα της ανθρώπινης εμπειρίας. Η γνώση επάγεται από την εμπειρία και η επιστήμη είναι ένα αρθρωμένο σύνολο επιστημονικών θεωριών, είναι μια επαγωγική διαδικασία. Επειδή δεν μπορούμε σε κάθε περίπτωση να φτάσουμε σε διατύπωση θεωριών με επαγωγικό τρόπο, δηλαδή να κάνουμε γενικεύσεις, μπορούμε να κάνουμε υποθέσεις. Η αξία της επιστημονικής υπόθεσης συνίσταται στη δυνατότητα να δίνει καθολική και ενιαία εξήγηση σε διαφορετικά φαινόμενα. Οι θεωρίες είναι αξιωματικά συστήματα που διατυπώνονται ως υποθέσεις και που ερμηνεύονται και νομιμοποιούνται από τα εμπειρικά συνακόλουθα (Υποθετικο-παραγωγικό μοντέλο). Η κριτική του Popper (1902-1994) στον Λογικό Θετικισμό και Εμπειρισμό

και στο πρόβλημα της επαγωγής τον οδηγεί στην αντιστροφή της σχέσης εμπειρίας και θεωρίας: Η γνώση δεν αρχίζει με την εμπειρία αλλά με τη θεωρία η οποία ελέγχεται από την εμπειρία. Η εμπειρία δεν αποτελεί το θεμέλιο των προτάσεων της επιστήμης αλλά τις ελέγχει και τις ανακατασκευάζει (Popper 1993). Για τον Popper είναι σαφές ότι μια θεωρία πρέπει να εγκαταλειφθεί από τους επιστήμονες αν “ένα πειραματικό κριτήριο τη διαψεύδει”. Μια απλοϊκή πεποίθηση που είναι σε ισχύ, του κριτηρίου ενός “πειράματος”, το οποίο είτε αποδεικνύει μια θεωρία ή τη “διαψεύδει”, ακόμη επηρεάζει κάποιους συγγραφείς σχολικών βιβλίων. Πολλοί εκπαιδευτικοί αισθάνονται ότι τα πειράματα – κριτήρια από μόνα τους μπορούν να αποδείξουν μια θεωρία, ενώ άλλοι αισθάνονται ότι αυτά μπορούν να πείσουν τους μαθητές για τις εσφαλμένες τους ιδέες. Η θετικιστική εξιδανίκευση της επιστημονικής γνώσης αμφισβητήθηκε ριζικά κυρίως από τον T.S. Kuhn, τον κύριο εκπρόσωπο του συμφραστικού ρεύματος (Koun 1981). Ο Kuhn επιχειρηματολογεί ότι οι περιεκτικές θεωρίες (παράδειγματα) δεν αντικαθίστανται απαραίτητα απλώς από τη διάψευση των πειραμάτων – κριτηρίων, αλλά σε ένα μεγάλο βαθμό εξ’ αιτίας κοινωνικών και ψυχολογικών παραγόντων, οι οποίοι επηρεάζουν τον κάθε επιστήμονα και την επιστημονική κοινότητα. Οι εξηγήσεις και ερμηνείες της επιστήμης δεν αντιπροσωπεύουν ασφαλείς γνώσεις, η επιστημονική γνώση υφίσταται ριζικές αλλαγές, η εξέλιξή της δεν είναι συνεχής και ευθύγραμμη και δεν συσσωρεύεται σταδιακά. Επίσης δεν υπάρχει αντικειμενικό κριτήριο για να συγκρίνουμε δυο ερμηνείες του κόσμου. Η επιστημονική γνώση είναι πολιτισμικό προϊόν και έχει σχετική αξία. Η κυρίαρχη επιστήμη είναι καλύτερη, πληρέστερη ορθότερη αληθέστερη από κάποια παλιότερη μόνο με δικά της κριτήρια που μας έχει επιβάλει γιατί έχει επικρατήσει. Ο Kuhn θεωρεί τις εννοιολογικές αλλαγές στην ιστορία των επιστημών κυρίως ως “επαναστάσεις” ή “παραδειγματικές μετατοπίσεις” οι οποίες συμβαίνουν σε σχετικά μικρές χρονικές περιόδους. Οι απόψεις του Kuhn επηρέασαν τους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν επιστήμες κατά την διάρκεια της δεκαετίας του ’70. Τότε οι εκπαιδευτικοί άρχισαν να αντλαμβάνονται την ευρεία επικράτηση του φαινομένου των εναλλακτικών ιδεών των σπουδαστών. Συνεπώς οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν επιστήμες έψαξαν για στρατηγικές οι οποίες θα επιφέρουν μια παραδειγματική μετατόπιση στην αίθουσα διδασκαλίας. Ο Lakatos (1970) και Toulmin (1972) πήραν ενδιάμεση θέση μεταξύ των Popper και Kuhn. Ο Lakatos, αντιτιθέμενος στον σχετικισμό, προσπαθεί να καθιερώσει κάποια αντικειμενικά κριτήρια αξιολόγησης επιστημονικών θεωριών και να εγκαθιδρύσει ορθολογικά κριτήρια εκεί που ο Kuhn χρησιμοποιεί κοινωνιολογικά ή ψυχολογικά. Ορίζει την πρόοδο ως την αύξηση του εμπειρικού περιεχομένου των θεωριών, δηλαδή το σύνολο των γεγονότων που εξηγούν. Μια θεωρία είναι επιστημονική μόνο αν έχει επιβεβαιωμένο επιπλέον εμπειρικό περιεχόμενο σε σχέση με την προκάτοχό της. Η θεωρία πρέπει να προβλέπει νέα γεγονότα και ορισμένες τουλάχιστον απ’ αυτές να επαληθεύονται. Ο Toulmin έδωσε έμφαση στη βαθμιαία και εξελικτική, σε αντίθεση με την επαναστατική φύση των ιστορικών εννοιολογικών αλλαγών. Αυτοί οι δυο φιλόσοφοι θεωρούν ότι η εννοιολογική αλλαγή που συμβαίνει στους επιστήμονες δεν είναι καθαρά νοητική διαδικασία αλλά επίσης περιέχει μια διαδικασία κοινωνικής διαπραγμάτευσης. Οι Lakatos και Toulmin δεν θεωρούν τα πειράματα ως κριτήρια καθ’ εαυτά, τα οποία δημιουργούν την εννοιολογική αλλαγή. Ο Lakatos ισχυρίστηκε ότι η εγκατάλειψη μιας θεωρίας δεν προέρχεται από τη σύγκρουση ανάμεσα στη θεωρία και στο πείραμα αλλά μάλλον από μια ανοιχτή συζήτηση μεταξύ εναλλακτικών θεωριών. Μια θεωρία εγκαταλείπεται μόνο όταν οι υποστηρικτές της βαθμιαία αντιληφθούν τα πλεονέκτημα μίας εναλλακτικής θεωρίας και τα μειονεκτήματα του να εμμένουν στη δική τους θεωρία. Οι θεωρίες πρέπει να προβλέπουν νέα γεγονότα και ορισμένες τουλάχιστον απ’ αυτές να επαληθεύονται. Ο Laudan (1977), (1986) θεωρεί ότι η επιστημονική δραστηριότητα στοχεύει στη λύση προβλημάτων και προτείνει έναν πλήρη απολογισμό του είδους των προβλημάτων που συναντούν οι επιστήμονες και μια εκλεπτυσμένη ανάλυση για το πώς οι επιστήμονες αξιολογούν την σοβαρότητα των προβλημάτων και την σημασία των λύσεων. Από τις προσεγγίσεις των Lakatos και Toulmin έχουν επηρεαστεί οι διδακτικές στρατηγικές εννοιολογικής αλλαγής (Nussbaum 1997, Koulaidis & Ogborn 1995), που προτείνονται από Posner et al. (1982) και Strike & Posner (1992). Για τους παραπάνω αντικείμενο της διδασκαλίας είναι η επιχείρηση εννοιολογικής αλλαγής. Η διδακτική στρατηγική πρέπει να περιέχει συζητήσεις και διαπραγματεύσεις ανάμεσα σε υποστηρικτές των



εναλλακτικών μοντέλων καθώς και ανάλυση των φιλοσοφικών θεμελιώσεων της δοσμένης θεωρίας. Εκτός από τα προαναφερθέντα φιλοσοφικά ρεύματα, ήτοι το εμπειρικό - επαγωγικό με ακραία μορφή το λογικό θετικισμό, το υλοθετικοπαραγωγικό, το συμφραστικό - πραγματιστικό, στην επιστημολογία των Φυσικών Επιστημών αναφέρεται και ο ακραίος σχετικισμός με κύριο εκπρόσωπο τον Feysabend (Κουλαϊδής 1994). Η επιστημονική γνώση κατά τον Feysabend (1975) δεν είναι διαφορετική από άλλες μορφές γνώσης και η αλλαγή της επιστημονικής γνώσης δεν γίνεται εσωτερικά μέσα από τη δραστηριότητα των επιστημόνων αλλά υπό την καθοριστική επίδραση εξωγενών παραγόντων που εκφράζουν τη διαμάχη στο ιδεολογικό - κοινωνικό γίγνεσθαι. Η επιστημονική μέθοδος δεν είναι μια και σταθερή αλλά όλα είναι επιτρεπτά. Η εξέλιξη της επιστήμης δεν γίνεται με συσσώρευση ή επαύξηση ή με ασυνέχειες αλλά οι διαφορές μεταξύ δυο θεωριών είναι ριζικές ώστε να μην είναι δυνατή η μεταξύ τους σύγκριση. Η νέα γνώση ανατρέπει και δεν συμπληρώνει την παλιά, η δε επικράτησή της δεν είναι ζήτημα μεθόδου ή της αλήθειας που περιέχει αλλά αποτέλεσμα ανταγωνισμού και σχέσεων ισχύος και εξουσίας στο ευρύτερο κοινωνικό πεδίο. Ο Feysabend διαβλέπει έναν συντηρητισμό σε κάθε προσπάθεια να καθορίσουμε μια επιστημονική μεθοδολογία. Απορρίπτει την ιδέα ότι οι επιστήμονες θα πρέπει να αποδέχονται μια θεωρία μέχρι να διαψευστεί. Πρέπει να εξετάζουμε εναλλακτικές θεωρίες ώστε να εντοπίσουμε τα δεδομένα τα οποία θα διαψεύσουν την θεωρία. Αρνείται ότι υπάρχουν συγκεκριμένες μεθοδολογικές αρχές που θα πρέπει να επιβληθούν στην επιστήμη. Υποστηρίζει ότι κάθε αρχή που θα προτείνουμε έχει ήδη παραβιαστεί από άλλους επιστήμονες και ότι αναπόφευκτα θα πρέπει να παραβιαστεί για να προοδεύσει η επιστήμη. Διατυπώνει μια αρχή μεθοδολογικού αναρχισμού. *"Υπάρχει μόνο μια αρχή που θα πρέπει να υπερασπιστούμε κάτω από οποιοδήποτε συνθήκες και σε όλα τα στάδια της ανθρώπινης ανάπτυξης: Όλα επιτρέπονται"*.

1.3. Εποικοδομισμός και εποικοδομητικές διδακτικές προσεγγίσεις

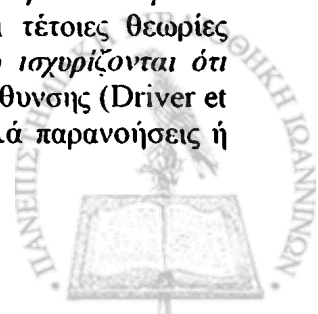
Ο εποικοδομισμός, κυρίαρχη τάση στη φιλοσοφία της επιστήμης, μια μεταθεωρία για τις επιστήμες και την εξέλιξή τους, σχετίζεται με τον εμπειρισμό και αντιτίθεται στο ρεαλισμό. Κατά τον ρεαλισμό γνωρίζουμε ή μπορούμε να γνωρίσουμε πίσω από τα φαινόμενα την αληθινή φύση των πραγμάτων (τις οντότητες και του νόμους σύμφωνα με τους οποίους αυτά αλληλεπιδρούν π.χ. στοιχειώδη σωμάτια, θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις) ενώ κατά τον εμπειρισμό, ακόμα και με την χρήση οργάνων και πειραματικών διατάξεων, δεν αποκτούμε την αληθή γνώση αλλά πρόσκαιρες θεωρίες, τις οποίες στη συνέχεια αλλάζουμε, μένοντας εγκλωβισμένοι στον όλο και διευρημένο κόσμο των εμπειριών μας (McMullin 1994). Ο Matthews συμφωνεί ότι ακόμα και ο ήπιος ρεαλισμός είναι ασυμβίβαστος με τον εποικοδομισμό. Τα όριά του είναι ότι υπάρχει μια πραγματικότητα οντολογική, ότι οι επιστημονικές θεωρίες είναι ανθρώπινες επιχειρήσεις που αναφέρονται σε αυτή την πραγματικότητα, ότι οι θεωρίες είναι επιβεβαιώσιμες από αποδείξεις (ή διάψευση) και ότι υπάρχει μια πρόοδος στις επιστημονικές θεωρίες που παράγουν αυξημένη ακρίβεια προσεγγίσεις και περιγραφές της πραγματικότητας αυτής (Matthews 1994). Έτσι μια τέτοια προσέγγιση έχει παιδαγωγικές εφαρμογές που είναι αξιοπρόσεκτα διαφορετικές από εκείνες του εποικοδομισμού. Οι οπαδοί του εποικοδομισμού βρίσκουν τον ισχυρισμό των ρεαλιστών ασυνεπή, τουλάχιστον εν μέρει, διότι δεν μπορεί να γνωριστεί ο κόσμος χωρίς να χρησιμοποιηθούν έννοιες από το ανθρώπινο εννοιολογικό οικοδόμημα (Garnham & Oakhill 1994).

Ο εποικοδομισμός αντικατέστησε δυο αντιμαχόμενες κλασσικές τάσεις, τον εμπειρισμό και τον ορθολογισμό. Ο εμπειρισμός δίνει έμφαση στην εμπειρία των αισθήσεων ως πηγή γνώσης, ενώ ο ορθολογισμός υποστηρίζει ότι ο ορθός λόγος είναι η μόνη πηγή, εφ' όσον οι αισθήσεις είναι παραπλανητικές. Κατά τον Matthews (1994) ο εποικοδομισμός προέρχεται από δυο σημαντικές παραδόσεις. Η πρώτη είναι αυτή του ψυχολογικού εποικοδομισμού και ανάγεται στο έργο του Piaget για τη μάθηση στα παιδιά, την οποία θεωρεί προσωπική, εξατομικευμένη και διανοητική διαδικασία που προέρχεται από τη δράση πάνω στο φυσικό κόσμο. Αυτή η παράδοση διαχωρίζεται σε δυο τάσεις: η μεν πρώτη, που αναφέρεται ως ριζικός εποικοδομισμός, στρέφεται περισσότερο προς το άτομο και την υποκειμενική του θέση στη μάθηση, όπως εκτίθεται στο έργο του Piaget και ενσωματώνεται στο έργο του von Glaserfeld, η δε δεύτερη τάση στρέφεται προς την κοινωνική

διάσταση της μάθησης η οποία εκφράζεται στο έργο του Vygotsky και των νεώτερων οπαδών της άποψης, η οποία δίνει έμφαση στο ρόλο της γλώσσας για την κατασκευή της γνώσης από τα μέλη της κοινωνίας όπως οι Duckworth and Lave. Η δεύτερη είναι η παράδοση του κοινωνικού εποικοδομισμού που ανάγεται στο έργο του Durkheim και υποστηρίζεται από κοινωνιολόγους της πολιτισμικής ανάπτυξης και κοινωνιολόγους της επιστήμης. Η συμβατότητα ή η προσέγγιση με το σχετικιστικό - ιστορικό ρεύμα των Kuhn και Feysabend βρίσκεται στη θεώρηση ότι η μεθοδολογία είναι αποτέλεσμα συναίνεσης των ερευνητών ή συναίνεσης μέσα στην αντιπαλότητα. Επίσης βρίσκεται στην άρνηση της προνομιακής θέσης της επιστημονικής γνώσης σε σχέση με την αλήθεια, καθώς δέχεται είτε την πρόοδο είτε την ομοιότητα με άλλες μορφές γνώσης. Στην μετριοπαθή εκδοχή του ο εποικοδομισμός προσεγγίζει το υποθετικό - παραγωγικό ρεύμα και ειδικότερα τη θέση για την δι - υποκειμενική αντικειμενικότητα της γνώσης, η οποία τοποθετείται στην επιτομή των απόψεων του Popper με κοινωνιολόγους και υποστηρίζεται από Solomon, Tobin και Vygotsky.

Οι επιστημολογικές θέσεις του εποικοδομισμού κατά τον Olssen (1996) συμπυκνώνονται στις εξής προτάσεις: η γνώση οικοδομείται ενεργητικά από το μανθάνον υποκείμενο και δεν γίνεται παθητικά δεκτή, η μάθηση είναι μια προσαρμοστική διαδικασία κατά την οποία αυτός που μαθαίνει οργανώνει τον κόσμο των εμπειριών του και δεν ανακαλύπτει έναν ανεξάρτητο και προϋπάρχοντα κόσμο, ο οποίος υπάρχει έξω από το νου. Για τον εποικοδομισμό η μάθηση είναι μια οργανική διαδικασία επινόησης μάλλον παρά μια μηχανιστική διαδικασία επισώρευσης (Fosnot 1989).

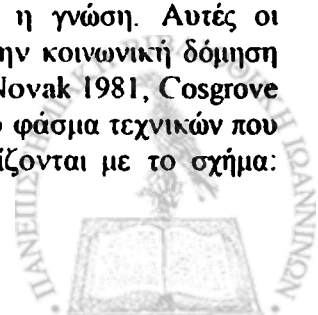
Ο ριζικός εποικοδομισμός είναι σκόπιμα μια επιστημολογία, μια θεωρία της γνώσης, ακριβέστερα μια θεωρία της "εμπειρικής" γνώσης. Αυτή η γνώση θεωρείται ως δοκιμαστική ανθρώπινη κατασκευή βάσει της ήδη υπάρχουσας γνώσης. Ο δοκιμαστικός, προσωρινός χαρακτήρας της εμπειρικής γνώσης είναι μεγάλης σπουδαιότητας. Οδηγεί στην άρνηση ότι μπορεί να υπάρξει τελική αλήθεια γι' αυτό το είδος γνώσης. Ο δοκιμαστικός χαρακτήρας αφορά κάθε είδος εμπειρικής γνώσης, γνώσης που κατασκευάζεται από το άτομο και γνώσης επιστήμης. Η επιστημονική γνώση αντιμετωπίζεται ως ανθρώπινη κατασκευή βάσει των συλλήψεων και των ιδεών του μεμονωμένου επιστήμονα ή της αντίστοιχης επιστημονικής κοινότητας. Για τον ριζικό εποικοδομισμό η γνώση κατασκευάζεται, δομείται, δημιουργείται από το άτομο που δίνει έννοιες. Το άτομο κάνει τη μάθηση και αποκτά νέα γνώση. Όταν το άτομο αντιμετωπίζει ένα φαινόμενο έχει να δομήσει και να εσωτερικοποιήσει μια αναπαράσταση με νόημα με τρόπο που η γνώση κατασκευάζεται από το άτομο. Ο Glaserfeld (1987) ισχυρίζεται ότι ο γνωστικός οργανισμός προσπαθεί να δώσει έννοια σε εμπειρίες με σκοπό να αποφύγει συγκρούσεις με περιορισμούς κόσμου, να εξάγει συμπεράσματα από εμπειρίες και να δράσει αναλόγως. Για τον Glaserfeld (1993 in Osborne 1996) η γνώση πάντα είναι το αποτέλεσμα μιας δομικής δραστηριότητας και έτσι δεν μπορεί να μεταφερθεί σε ένα παθητικό δέκτη. Η γνώση υπάρχει μόνο στο μυαλό του όντος που γνωρίζει, όπου ερμηνεύεται, και δεν βρίσκεται στα βιβλία ή σε παραδοσιακές πηγές ανθρώπινης γνώσης, που απλά παρουσιάζουν σύμβολα ανοιχτά σε ένα φάσμα ερμηνείας. Έτσι δεν υπάρχει γνώση χωρίς γνώστη. Η επιστημολογία του ριζικού εποικοδομισμού απαιτεί η γνώση να είναι βιώσιμη, εφαρμόσιμη, να έχει συνάφεια με άλλες κατανοήσεις, να ταιριάζει με την εμπειρία και να είναι υποκείμενο εμπειρικής επιβεβαίωσης από το άτομο και την ευρύτερη κοινωνία. Οι θεωρίες είναι βολικές επινοήσεις για περιγραφή φαινομένων και σύνδεσης μεταξύ τους. Είναι χρήσιμα εφευρήματα που δεν σημαίνει ότι έχουν σχέση με την πραγματικότητα και μια ιδέα θεωρείται καλύτερη από μια άλλη μόνο αν είναι περισσότερο χρήσιμη επινόηση για υπολογισμούς και προβλέψεις. *"Ο εποικοδομιστής έχει συνείδηση του ρόλου του ερευνητή στη γέννηση όλων των δομών... για τον εποικοδομισμό δεν υπάρχουν δομές άλλες εκτός από εκείνες τις οποίες εγκαθιδρύει αυτός που γνωρίζει με την αποκλειστικά δική του δραστηριότητα της συν-άρθρωσης των στοιχείων της εμπειρίας του"* (Glaserfeld, 1989). Ο Glaserfeld (1991) αναφέρει ότι *"εμείς προσπαθούμε να αναπτύξουμε μια θεωρία που προσφέρει μια σχετικά συνεπή εξήγηση"* και ότι τέτοιες θεωρίες δοκιμάζονται στην πειραματικό κόσμο, *"όπου κάνουν ή δεν κάνουν αυτό που ισχυρίζονται ότι κάνουν"*. Για τους εκπροσώπους αυτής της εποικοδομητικής παιδαγωγικής κατεύθυνσης (Driver et al. 1978, Driver 1981) οι ιδέες των παιδιών για το φυσικό κόσμο δεν είναι απλά παρανοήσεις ή



εναλλακτικές έννοιες αλλά είναι εναλλακτικά πλαίσια εργασίας (alternative framework). Τα εναλλακτικά αυτά πλαίσια αντιστοιχούν σε σύνολο προϋποθέσεων της κατανόησης και κατά Kuhh σε ένα παράδειγμα. Τα εννοιολογικά πλαίσια με τα οποία τα παιδιά είναι εφοδιασμένα πριν έλθουν σχολείο ούτε αδόκιμα είναι, ούτε απλοϊκά. Αντίθετα αποδεικνύονται εξαιρετικά πολύπλοκα, σύνθετα και απολύτως λειτουργικά για τις βιωματικές ανάγκες των παιδιών αλλά και των ενηλίκων που ελάχιστα το σχολείο έχει μεταβάλλει τα σχήματα που αντικρίζουν και εξηγούν τον κόσμο. Δεν είναι τυχαίο που στη βιβλιογραφία αυτά τα πλαίσια βαφτίστηκαν "εναλλακτικά" (Driver 1981) και εναλλακτικά μεταξύ τους και εναλλακτικά προς την κυρίαρχη σύλληψη του κόσμου. Σύμφωνα με την κατεύθυνση αυτή της παιδαγωγικής αφήνουμε τις ιδέες των παιδιών να εξελιχθούν ελεύθερα και αυτόνομα, ενισχύουμε το ιδιαίτερο οπλοστάσιο εννοιών και σημασιών με το οποίο το συγκεκριμένο παιδί ερμηνεύει τον κόσμο και βοηθούμε το κάθε παιδί χωριστά να αυξήσει την εσωτερική συνοχή και συνάφεια των σκέψεων και των ιδεών, όσο και αν διαφέρουν από αυτές που ισχύουν στον επιστημονικό κόσμο.

Για τον κοινωνικό εποικοδομισμό τα αντικείμενα της επιστήμης δεν είναι τα φαινόμενα της φύσης αλλά δομήσεις που προάγονται από την επιστημονική κοινότητα για περιγραφή της φύσης. Έτσι δεν είναι η φύση που περιορίζει την επιστημονική φαντασία αλλά απλά οι ανθρώπινες ικανότητες και τα πολιτισμικά και διαδικαστικά εργαλεία που "αντανακλούν την αθροιστική σοφία της κουλτούρας". Για τον κοινωνικό εποικοδομισμό οι επιστημονικές θεωρίες δεν περιγράφουν τον κόσμο αλλά σε αντίθεση τον συνθέτουν. Αυτό έχει οδηγήσει τον εποικοδομισμό να δει την επιστήμη ως μια διαδικασία δόμησης και διαχείρισης αναπαραστάσεων που δεν έχουν απαραίτητα σχέση με κάποια οντολογική πραγματικότητα, μια λειτουργική άποψη της επιστήμης ως ανθρώπινο προϊόν που δομείται κοινωνικά (Driver & Oldham 1986). "*Αν και μπορούμε να υποθέσουμε την ύπαρξη ενός εξωτερικού κόσμου στον οποίο δεν έχουμε άμεση πρόσβαση, οι επιστήμες ως κοινωνική γνώση δεν είναι μια ανακάλυψη αλλά μια προσεχτικά οικοδομημένη κατασκευή*". Ο κοινωνικός εποικοδομισμός βλέπει την εκπαίδευση στις επιστήμες ως μια διαδικασία επιπολιτισμού στην οποία "*τα μέλη που φιλοδοξούν να μάθουν από του δασκάλους*" και "*οι άπειροι*" εισάγονται στην κοινότητα της γνώσης μέσω ομιλίας στο πλαίσιο της σχετικής εργασίας (Driver et al. 1994a). Η μάθηση είναι μια πολιτισμική μαθητεία και η γνώση εγκαθίσταται σε ειδικό πλαίσιο. Δεν μπορεί η μάθηση να ξεχωριστεί από το πλαίσιο μάθησης. Η διδασκαλία γίνεται διαδικασία όπου κατανόηση και γνώση δεν μεταβιβάζεται αλλά διαπραγματεύεται μέσω μιας διαδικασίας γνωστικής μαθητείας. Ο εποικοδομισμός γυρίζει την προσοχή του στον μαθητή συμφωνώντας ότι αυτός είναι υπεύθυνος για τη μάθηση και στο μυαλό του σχηματίζονται νέες έννοιες και κατανοήσεις. Αυτό επιτυγχάνεται με δραστική συμμετοχή στη διαδικασία της μάθησης.

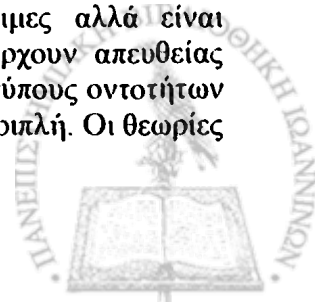
Ο εποικοδομισμός έχει επηρεάσει την έρευνα, τη διδασκαλία, τις πρακτικές αξιολόγησης της εκπαίδευσης στην επιστήμη και έχει στηρίξει τη σύγχρονη διδακτική περισσότερο από κάθε άλλη (Τσαπαρλής 2000, Taber 2000). Υπάρχει κοινός πυρήνας της εποικοδομητικής άποψης στη διδασκαλία της επιστήμης. Τα χαρακτηριστικά της εποικοδομητικής διδακτικής είναι η μετακίνηση προς διδασκαλία μαθητοκεντρική, η δραστική δόμηση βασισμένη σε προϋπάρχουσες απόψεις, η δοκιμαστική υποθετική δόμηση, η βιωσιμότητα και η κοινωνική δόμηση (Duit 1994). Η μεγάλη συνεισφορά των εμπειρικών ερευνών που παράγονται με το παράδειγμα του εποικοδομισμού είναι η παροχή ευρείας και λεπτομερούς γνώσης της σκέψης των παιδιών και των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν με τις επιστημονικές ιδέες. Οι Driver et al. (1994b) δίνουν έξοχη περίληψη της προέλευσης της σκέψης των παιδιών και των σταδίων της ανάπτυξής της. Για την εποικοδομητική διδακτική η εκμείευση των γνώσεων των μαθητών είναι ενδιαφέρουσα γιατί ενθαρρύνει το παιδί να ξεκαθαρίσει και αποσαφηνίσει τις κατανοήσεις του αλλά και για το δάσκαλο για να εξακριβώσει τις μαθησιακές ανάγκες των μαθητών (Driver & Oldham 1986). Η εποικοδομητική παιδαγωγική συνδέεται με δραστηριότητες με τις οποίες δημιουργείται ή αποκτιέται η γνώση. Αυτές οι δραστηριότητες θεωρούν ουσιαστική όψη της επιστημονικής εκπαίδευσης την κοινωνική δόμηση των εννοιών με συζήτηση σε ομάδες και δημιουργία πόστερς (Nussbaum & Novak 1981, Cosgrove et al. 1984, Clis Project 1987). Ο εποικοδομισμός έχει οδηγήσει σε ένα ευρύ φάσμα τεχνικών που απαιτούν δραστική συμμετοχή του μαθητή. Κάποιες δραστηριότητες σχετίζονται με το σχήμα:



πρόβλεψη, παρατήρηση εξήγηση (White 1988, White & Gunstone 1992), άλλες με τη δημιουργία νοητικών χαρτών (Novak & Gowin 1984), σύνδεση λέξεων (Shavelson 1974), και ενεργό διάβασμα τεχνικών DARTS (Directed Activities Related To Text) (Davies & Greene 1984), παιδαγωγική πρακτική βασισμένη στην συνεργατική μάθηση και κοινωνική συνεργασία για ανάπτυξη επιχειρήματος (Tobin 1990), χρήση μικρών ομάδων τεσσάρων μαθητών που σχηματίζουν τη δομική μονάδα γύρω από το σχήμα δραστηριοτήτων για ανάπτυξη προγραμμάτων (Driver 1989) και "ιδεοθύελλα" στην τάξη (Nussbaum & Novak 1981). Άλλες δραστηριότητες δίνουν έμφαση σε διερμηνευτική συζήτηση (Baird Northfield 1992), ακουστική συζήτηση και ομαδικές δραστηριότητες όπως παιχνίδια, παιχνίδια ρόλων και προσομοιώσεις (Bently & Watts 1989) (οι αναφορές στο Osborne 1996).

Η εποικοδομητική άποψη έχει επηρεαστεί από την ανάπτυξη των νέων μέσων, όπως τους υπολογιστές. Οι Linn and Burbules (1993), για παράδειγμα, αναφέρουν τους υπολογιστές ως εργαστηριακούς συντρόφους σε προσεγγίσεις της θερμότητας ενώ οι Goldberg and Bendall (1992) σχεδίασαν αλληλεπιδραστική διδασκαλία βασισμένη σε υπολογιστές και βίντεο στη διδασκαλία οπτικής. Οι υπολογιστές γενικά μπορούν να παρέχουν ευκαιρίες για δυναμικές παρουσιάσεις και οπτικοποιήσεις, προσομοιώσεις και δόμηση μοντέλων (Schecker 1993, Henessy et al. 1993).

Ωστόσο ο εποικοδομισμός, ως επιστημολογική θεωρία, έχει δεχθεί κριτικές. Η σώρευση και γενίκευση παρατηρήσεων, δηλαδή η απόκτηση εμπειρικής γνώσης και σύλληψη της μάθησης ως επαγωγικής πορείας, παραμένει επιστημολογικά εναρμονισμένη με τον εμπειρισμό (Κόκκοτας 1997). Μερικές γενικές θέσεις της εποικοδομητικής επιστημολογίας θεωρούνται ότι είναι σε σύγκρουση με την επιστημονική αντίληψη και με τις μεθόδους με τις οποίες οι επιστήμονες προσπαθούν να ερμηνεύσουν τα φυσικά φαινόμενα (Matthews 1998). Κατά συνέπεια, η βασική εποικοδομητική ιδέα ότι η αλήθεια είναι αυτή που προσαρμόζεται στην εμπειρία μας ή είναι βιώσιμος (Glaserfeld 1995), συχνά οδηγεί στην πελοίθηση ότι δραστηριότητες εργαστηρίου και οι εμπράγματα είναι συνώνυμες με την επιστημονική έρευνα. Αυτή η θέση συχνά οδηγεί στην παραμέληση του περιεχομένου επιστήμης. Μια περισσότερο σοβαρή κριτική του εποικοδομισμού είναι ότι δεν παρέχει έναν καλά ορισμένο μηχανισμό με τον οποίο το άτομο μπορεί να αναπτύξει νέες δομές με τις οποίες να δει τον κόσμο, έννοιες που ισχυροποιούν την εμπειρία και ερμηνείες που υπερβαίνουν την κοινή λογική (Matthews, 1998, 1995, Osborne 1996). Παρεμβατικές μελέτες έχουν εστιαστεί κυρίως σε νοητικές συγκρούσεις (Gunstone & White 1981, Hewson & Hewson 1984, Cosgrove et al. 1984, Thorley & Treagust 1986) που θεωρούνται ότι έχουν δείξει μόνο περιορισμένη αποτελεσματικότητα (Cosgrove et al. 1984). Επί πλέον ο πρακτικός μηχανισμός του σχολείου δεν είναι καλό όχημα για ανάπτυξη θεωρίας (Osborne 1990). Η εποικοδομητική παιδαγωγική έχει προτείνει συνεργασία και δραστηριότητες για την παραγωγή γνώσης αλλά αγνοεί το γεγονός ότι μπορεί να υπάρχει ένας ρόλος για επίδειξη, προβολή και διήγηση. Ωστόσο τα θεωρητικά μοντέλα και επιστημονικές συμβάσεις δεν "ανακαλύπτονται" από τα παιδιά μέσω πρακτικής δουλειάς και χρειάζεται να παρουσιαστούν, χρειάζεται καθοδήγηση να βοηθήσει τα παιδιά να αφομοιώσουν τις πρακτικές εμπειρίες που είναι πιθανά ένας νέος τρόπος σκέψης σχετικά με το θέμα (Driver et al. 1994a). Κατά τον Hanson οι παρατηρήσεις των μαθητών δεν μπορούν να οδηγήσουν σε απόκτηση νέων εννοιών γιατί είναι θεωρητικά φορτισμένες (Hanson 1965). Γι' αυτό η παρουσίαση θεωριών πρέπει να προηγείται των πειραματικών αναζητήσεων (Hodson 1990). Ο εποικοδομισμός θεωρείται για τους επικριτές του ότι αποτυχαίνει να επεξεργαστεί ένα μηχανισμό με τον οποίο μια θεωρία μπορεί να θεωρηθεί περισσότερο εφαρμόσιμη από κάποια άλλη. Τα παιδιά δεν μπορούν να δομήσουν επιστημονικές εξηγήσεις από περιγραφή εμπειρικών δεδομένων. Απαιτείται θεωρητική περιγραφή πριν την παρατήρηση και την εμπειρία. Αυτό έχει οδηγήσει σε μια αποδοχή ήπιας ρεαλιστικής επιστημολογίας, ειδικά για τη διδασκαλία σωματιδιακής δομής της ύλης. Ο ήπιος ρεαλισμός μετακινεί το επιχείρημα του ρεαλισμού από "αλήθεια ή ψέμα" στην ερώτηση "ύπαρξη ή μη ύπαρξη" για οντότητες που είναι μη παρατηρήσιμες αλλά είναι προσβάσιμες στις αισθήσεις μέσω χρήσης οργάνων ή για τις οποίες δεν υπάρχουν απευθείας αποδείξεις για την ύπαρξή τους (Harre 1986). Ο Harre θεωρεί ότι για τους τρεις τύπους οντοτήτων που μαθαίνουμε από πείρα στον κόσμο απαιτείται όχι μια απλή θεωρία αλλά μια τριπλή. Οι θεωρίες



του χώρου 1 κάνουν ικανή την ταξινόμηση και πρόβλεψη σχετικά με μακροσκοπικά αντικείμενα που είναι απτά και προσβάσιμα σε αισθησιοκινητικές εμπειρίες. Οι θεωρίες του χώρου 2 είναι εικονικές με την έννοια ότι παρουσιάζουν μη παρατηρήσιμες οντότητες που είναι προσβάσιμες στις αισθήσεις μέσω χρήσης οργάνων. Οι θεωρίες του χώρου 3 περιγράφουν αντικείμενα για τα οποία δεν υπάρχει απευθείας απόδειξη για την ύπαρξή τους, τέτοια όπως στα κουάρκ και οι μαύρες τρύπες, των οποίων οι περιγραφές είναι συχνά μαθηματικές. Μια επιστημολογία ήπιου ρεαλισμού συνιστά ότι οι ισχυρισμοί γνώσης ελέγχονται με την πραγματικότητα, έτσι αποφεύγονται σχετικιστικές παγίδες του ριζικού εποικοδομισμού που αποδίδει εγκυρότητα σε κάποια βιώσιμη θεωρία που συμπυκνώνει προσωπικές εμπειρίες. Το πιο ενδιαφέρον είναι ότι κάνει ικανούς αυτούς που σχεδιάζουν τα προγράμματα σπουδών να παίρνουν αποφάσεις για το περιεχόμενο. Για τους οπαδούς της ρεαλιστικής αυτής προσέγγισης μια πρώιμη εκπαίδευση στις επιστήμες θα έπρεπε να επιχειρήσει τη δόμηση και επέκταση των εμπειριών των παιδιών από τα μακροσκοπικά φαινόμενα, εισάγοντας το παιδί σε μια περιγραφική γλώσσα των επιστημονικών και θεωρητικών πλαισίων, τις ιδέες των χώρων 2 και 3, που καθιστούν ικανούς τους μαθητές να γενικεύουν τις εμπειρίες και να περιγράφουν τις δράσεις της αντίληψης με τα ματογυάλια της επιστήμης.

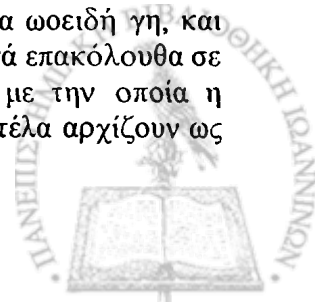
Αν και δεν υπάρχει συμφωνία ότι υπάρχει μια μεθοδολογική βάση στην επιστήμη, όπως έδειξαν τα γραπτά των Popper, Kuhn, Feyerabend, Lakatos, Laudan, αυτό δεν σημαίνει ότι η επιστήμη είναι μη ορθολογική πρακτική που δεν έχει μεθόδους. Η επιστήμη έχει ένα φάσμα και μια ποικιλία μεθόδων και είναι ενδιαφέρον ότι η εκπαίδευση στις επιστήμες δημιουργεί κάποιες κατανοήσεις του πώς οι πρακτικές της επιστήμης νομιμοποιούν τους γνωστικούς ισχυρισμούς της. Παρόλα τα ελαττώματα η επιστημονική παράδοση έχει προωθήσει ορθολογισμό, κριτική σκέψη και αντικειμενικότητα. Ενσταλάζει ένα ενδιαφέρον για απόδειξη και δίνει ιδέες που δικαιολογούν όχι με προσωπικό ή κοινωνικό ενδιαφέρον αλλά από το πώς είναι ο κόσμος. Άλλωστε η δικαιολόγηση της θέσης και του χρόνου της εκπαίδευσης στις επιστήμες στα προγράμματα βρίσκεται στον ισχυρισμό ότι οι μέθοδοι της επιστήμης και οι επιστήμονες παράγουν αξιόπιστη γνώση (Matthews 1995). Ακόμα και αν η επιστήμη είναι κυρίαρχη ιδεολογία που επιβάλλεται δια της εξουσίας της, δεν έχουμε το δικαίωμα να αποκλείουμε εκ των προτέρων τα παιδιά από την ιδιοποίηση εργαλείων παραγωγής αυτής της ιδεολογίας που θα τους επιφέρει αντίστοιχη δύναμη. Εξάλλου ο πλήρης σχετικισμός και η αμφισβήτηση ύπαρξης ορθολογικού κριτηρίου πρόκρισης μια αντίληψης του κόσμου έναντι κάποια άλλης έχουν χάσει την πειστικότητά τους. Η πιο σύγχρονη επιστημολογία ανασυγκρότησε την επιχειρηματολογία της υπέρ της ιδέας της προόδου και κατασκεύασε εκ νέου κριτήρια επιλογής μεταξύ θεωριών και οροθέτησης της επιστήμης από μια μη επιστήμη (Κουζέλης 1992, Κάλφας 1983). Με τα δεδομένα αυτά δεν μπορεί κανείς να ισχυριστεί ότι δεν υπάρχουν σοβαροί λόγοι να βλέπει κανείς τον κόσμο με τα μάτια της επιστήμης.

Σύμφωνα με τους εκπροσώπους της εποικοδομητικής προσέγγισης (Scott et al. 1994) "η εκμάθηση επιστήμης από την άποψη του εποικοδομισμού εμπλέκει επιστημολογικές, όπως επίσης αντιληπτικές βελτιώσεις". Για τους παραπάνω "η μάθηση επιστημών εμπλέκει όχι μόνο συμβιβασμό με νέες αντιληπτικές δομές αλλά επίσης ανάπτυξη νέων λογικών για γνώση. Αυτός ο ορθολογισμός φαίνεται να αποδίδει αξία σε γνώση χωρίς συμφραζόμενα μάλλον παρά σε εγκατεστημένη γνώση. Η γνώση αυτή δίνει αξία σε επεξηγήσεις που γενικεύονται σε πολλά συμφραζόμενα και που δεν περιορίζονται από τη φύση τους σε ειδικό προκαθορισμένο σκοπό. Η γνώση αυτή απαιτεί εσωτερική συνέπεια θεωριών. Κατά την διδασκαλία επιστήμης η νέα αυτή ορθολογική βάση πρέπει να διδάσκεται με σαφήνεια και να μην αφήνεται ως συνεπαγόμενο χαρακτηριστικό της διδασκαλίας".

1.4. Θεωρίες, φυσικά και νοητικά μοντέλα

Μια φυσική θεωρία είναι ένα αναπαραστατικό σύστημα που χρησιμοποιεί μαθηματικά και λεκτικά σύμβολα. Τα γλωσσικά σύμβολα οργανώνονται σε δηλώσεις σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα που τείνει να περιγράψει και οι δηλώσεις αυτές αποκτούν νόημα στο πλαίσιο της θεωρίας. Το σημαντικό περιεχόμενο της θεωρίας δεν αναφέρεται στο σύστημα, τα αντικείμενα ή γεγονότα που λαμβάνονται μέσω παρατήρησης. Η σχέση μεταξύ μιας θεωρίας και

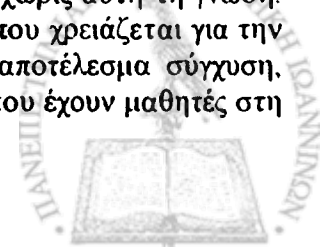
πραγματικότητας πάντα διαμεσολαβείται από ένα φυσικό μοντέλο. Όταν οι δηλώσεις μιας θεωρίας σχετίζονται με ένα απλοποιημένο και ιδεατό φυσικό σύστημα ή φαινόμενο, η περιγραφή που προκύπτει είναι ένα φυσικό μοντέλο. Τα φυσικά μοντέλα μπορεί να καθορίζουν τους περιορισμούς, τις απλοποιήσεις και συνδέσεις ή τις εσωτερικές δομές ακόμη και αν δεν είναι απευθείας παρατηρήσιμες. Έτσι τα φυσικά μοντέλα συνιστούν “δυναμικές ευρηστικές εικόνες” που από μόνες τους συνοψίζουν τις βασικές όψεις της θεωρίας (Greca & Moreira 2001 p. 108). Η σχέση φυσικού μοντέλου και πραγματικότητας δεν είναι μια απεικονιστική σχέση, όπου στοιχείο του μοντέλου απεικονίζεται στα στοιχεία της πραγματικότητας. Ένα νοητικό μοντέλο είναι ένα ιδιαίτερο είδος αναπαράστασης των γνώσεων, είναι μια αναλογική αναπαράσταση η οποία διατηρεί τη δομή αυτού που αναπαριστά. Οι αναπαραστάσεις αυτές είναι δυναμικές και δημιουργικές, μπορούν να παρέχουν αιτιακές εξηγήσεις των φυσικών φαινομένων και να κάνουν προβλέψεις για την κατάσταση των πραγμάτων στο φυσικό κόσμο. Δημιουργούνται με σκοπό να απαντηθούν ερωτήματα ή να λυθούν προβλήματα ή να γίνει δυνατός ο χειρισμός άλλων καταστάσεων (Greca & Moreira 2001, Vosniadou 1994). Είναι επίσης εσωτερικές περιγραφές των αντικειμένων και των ιδεών που είναι μοναδικές σ’ αυτόν που μαθαίνει και προκύπτουν και αναπτύσσονται “μέσω της αλληλεπίδρασης με το σύστημα στόχος” (Norman 1983). Τα νοητικά μοντέλα δεν χρειάζονται να είναι τεχνικά ακριβή, αλλά πρέπει να είναι λειτουργικά και “οι άνθρωποι μπορούν να δηλώσουν (και να πιστεύουν πραγματικά) ότι πιστεύουν ένα πράγμα αλλά ενεργούν με αρκετά διαφορετικό τρόπο”. Τα νοητικά μοντέλα, οι αναλογικές αναπαραστάσεις και οι νοητικές εικόνες είναι τύποι των νοητικών αναπαραστάσεων που το άτομο χρησιμοποιεί για αναπαράσταση της γνώσης του κόσμου (Johnson - Laird 1983). Για την κατανόηση ενός φυσικού μοντέλου το πρώτο βήμα είναι η δόμηση νοητικών μοντέλων που θα επιτρέψει στο άτομο να καταλαβαίνει τα βασικά σημεία μιας θεωρίας. Την ίδια στιγμή τροποποιείται ο τρόπος αντίληψης του φαινομένου από τη δόμηση των νοητικών μοντέλων που επιτρέπει να αξιολογήσουμε ως αληθείς ή ψευδείς τις περιγραφές της θεωρίας που κάναμε με αυτά. Όταν αυτή η διπλή διαδικασία επιτευχθεί σχετικά με συγκεκριμένο φαινόμενο, με τέτοιο τρόπο που τα αποτελέσματά του (πρόβλεψη και εξήγηση) ταιριάζουν με τις αποδεκτές, κάποιος μπορεί να πει ότι το άτομο έχει δομήσει ένα επαρκές νοητικό μοντέλο για το φυσικό μοντέλο της θεωρίας. Σημειώνουμε ότι τα εννοιολογικά μοντέλα είναι εξωτερικές αναπαραστάσεις, ακριβείς, ολοκληρωμένες και συνεπείς με την επιστημονική γνώση ειδικά δημιουργημένες να διευκολύνουν την κατανόηση της διδασκαλίας ενός φυσικού μοντέλου δηλαδή είναι η διδακτική έκδοση ενός φυσικού μοντέλου. Κατά τη δόμηση νοητικών μοντέλων μπορεί να παρατηρηθούν δυσκολίες καθώς αυτά μπορεί να μην εξηγούν ή προβλέπουν τα φυσικά φαινόμενα όπως τα φυσικά μοντέλα. Οι Grecas & Moreira (1997, 2001) αναφέρουν ότι οι μαθητές που δεν μπορούν να δομήσουν νοητικά μοντέλα για τα φυσικά μοντέλα των θεωριών τείνουν να δουλεύουν μόνο με ορισμούς και τύπους, τουλάχιστον στη λύση αλγορίθμων. Οι μαθητές που κατανοούν τα φυσικά μοντέλα, δηλαδή δομούν νοητικά μοντέλα που προβλέπουν και εξηγούν τα φαινόμενα σύμφωνα με τα αποδεκτά φυσικά μοντέλα, δίνουν ελαττωμένη σημασία στα μαθηματικά μοντέλα κατά την περιγραφή φαινομένων και στη λύση προβλημάτων. Επίσης οι μαθητές προσπαθούν να αναδιατυπώνουν τα αρχικά νοητικά μοντέλα τους για να δώσουν νόημα στο παρουσιασμένο περιεχόμενο, αν και συχνά αυτές οι προσπάθειες ματαιώνονται. Τα νοητικά μοντέλα παρέχουν “συνδεδεμένα σχήματα λόγου” ή συνδεδεμένα προϊόντα φαντασίας που κάνουν τη μοντελοποίηση έτσι μια διαδικασία αποτελεσματικής σκέψης και μάθησης (Sutton 1992a) αλλά αυτά τα ίδια χαρακτηριστικά γνωρίσματα καθιστούν τα νοητικά μοντέλα ιδιαίτερα προσωπικά, δυναμικά, και δύσκολο να προσεγγιστούν (Vosniadou 1994). Η Βοσνιαδου επίσης χρησιμοποιεί τον όρο “συνθετικό νοητικό μοντέλο” (σελ. 50) για να περιγράψει τη δόμηση των εξελισσόμενων εναλλακτικών αντιλήψεων των σπουδαστών καθώς αυτοί προσπαθούν να προσαρμόσουν τα διαισθητικά διανοητικά τους μοντέλα σε αυτά των δασκάλων ή στα αναλογικά μοντέλα των εγχειριδίων. Παραδείγματος χάριν, η επίπεδη γη των μαθητών προσχολικής ηλικίας γίνεται μια κυρτή γη με τον μαθητή στο επίπεδο μέρος και αυτό εξελίσσεται έπειτα σε μια ωοειδή γη, και τελικά μια σφαίρα για μαθητές 10 ετών. Τα συνθετικά νοητικά μοντέλα είναι κοινά επακόλουθα σε πολλά μαθήματα επιστήμης (Strike & Posner 1992). Υπάρχει μια αίσθηση με την οποία η κατασκευή νοητικού μοντέλου εντάσσει κάθε τύπο μοντέλου επειδή όλα τα μοντέλα αρχίζουν ως



ιδέες. Αυτή η έννοια συμπίπτει με την θεμελιώδη προϋπόθεση του εποικοδομισμού ότι η γνώση δεν έχει καμία ανεξάρτητη ύπαρξη πέρα από τα μυαλά των ατόμων που γνωρίζουν (Staver 1998). Λεπτομέρειες για τα νοητικά μοντέλα αναφέρονται από Craik (1943) και Johnson-Laird (1983).

1.5. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, οι παρανοήσεις και η εννοιολογική αλλαγή

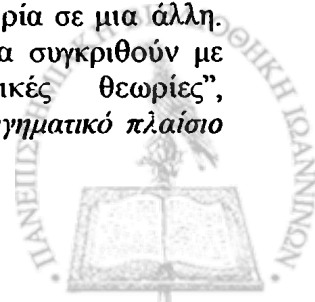
Τις δυο τελευταίες δεκαετίες η βιβλιογραφία για την εκπαίδευση στις επιστήμες έχει αποδείξει πειστικά ότι μεγάλος αριθμός σπουδαστών, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που έχουν μάθει να λύνουν τα απαιτούμενα προβλήματα και ακόμα μετά από ειδικευση, δεν έχουν μάθει την εννοιολογική δομή που αφορά την επιστήμη τους (Driver & Easley 1978, Gunstone 1982, Gilbert et al. 1982, Griffiths & Preston, 1992, Lenton & Turner 1999, Bahar et al. 1999). Όταν οι νοητικές αναπαραστάσεις των εννοιών δεν αντιστοιχούν στην τρέχουσα επιστημονική έννοια, δημιουργούνται παρανοήσεις. Οι παρανοήσεις αυτές, αν και δεν είναι πλήρως αναπτυγμένες και ολοκληρωμένες, θεωρούνται ότι είναι βαθιά ριζωμένες και αποτελούν ανθεκτικά εμπόδια στην απόκτηση επιστημονικών εννοιών (Lawson 1988). Σύμφωνα με τους Skelly & Hall (1993) οι παρανοήσεις διαιρούνται σε δυο κατηγορίες: αυτές που οφείλονται στις εμπειρίες των μαθητών και αυτές που οφείλονται στη διδασκαλία. Οι εμπειρικές αναφέρονται και ως εναλλακτικές ή διαισθητικές (native conceptions). Σε εμπειρικές παρανοήσεις εντάσσονται έννοιες που έχουν κατανοηθεί τουλάχιστον σε κάποια έκταση μέσω καθημερινών εμπειριών και αλληλεπίδραση με φαινόμενα, τέτοιες όπως η ενέργεια, η κίνηση και η βαρύτητα. Οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά (Driver et al. (1985/93 σελ. 273-285). Για τους μαθητές τα μη ορατά δεν υπάρχουν. Εστιάζουν σε εμφανή χαρακτηριστικά (περιορισμένη εστίαση) και στην κίνηση παρά στην ακινησία. Δεν διαχωρίζουν τις έννοιες και κάνουν χρήση μιας λέξης για την περιγραφή πολλών φαινομένων. Όταν τα παιδιά εξηγούν τις αλλαγές, οι συλλογισμοί τους τείνουν να ακολουθούν μια γραμμική αιτιακή αιτιολογία. Σκέφτονται αλυσιδωτά και με προτίμηση προς μια κατεύθυνση χωρίς να αντιμετωπίζουν αντιστρεπτές διαδικασίες. Επίσης έχουν δυσκολία στην αντίληψη της αλληλεπίδρασης των γεγονότων και δείχνουν εξάρτηση από το πλαίσιο. Όταν αντιμετωπίζουν ένα πρόβλημα "σχολικού" τύπου, το επιλύουν ανατρέχοντας στις σχολικές γνώσεις, ενώ όταν αντιμετωπίζουν κάποιο μη "τυποποιημένο" πρόβλημα χρησιμοποιούν τις ιδέες τους. Οι παρανοήσεις, οι σχετικές με χημικά φαινόμενα, ωστόσο, διαφέρουν ουσιαστικά επειδή τα άτομα και τα μόρια δεν σχετίζονται με την καθημερινή εμπειρία. Παρανοήσεις σχετικές με τόσο θεωρητικές έννοιες οφείλονται στη διδασκαλία μέσα ή έξω από το σχολείο συμπεριλαμβανομένης και της ανεξάρτητης μελέτης. Ο Hepton (1996 p.187) βρήκε χρήσιμη επίσης την διαίρεση παρανοήσεων σε δυο κατηγορίες. Μια κατηγορία σχετίζεται με το τι συμβαίνει στον φυσικό κόσμο και σ' αυτή την κατηγορία οι ιδέες των μαθητών απλά είναι αντίθετες με τα εμπειρικά γεγονότα. Η άλλη κατηγορία σχετίζεται με τις εξηγήσεις του τι συμβαίνει στον φυσικό κόσμο. Σε πολλές περιπτώσεις αυτές οι εξηγήσεις είναι λογικές από τη σκοπιά των μαθητών, είναι συνεπείς στην κατανόηση του κόσμου και είναι ανθεκτικές στην αλλαγή. Ο Hepton προτείνει τρεις γενικές κατηγορίες που σχετίζονται με την περιγραφή της τυπικής συλλογιστικής κατά Piaget. Κάποιες παρανοήσεις σχετίζονται με έννοιες που εμπλέκουν αναλογικές σχέσεις: πυκνότητα, ισορροπία, ποιε, επιτάχυνση, και ρυθμοί κάθε είδους. Άλλη κατηγορία παρανοήσεων σχετίζεται με θεωρητικά μοντέλα που απαιτούν οι μαθητές να ερμηνεύσουν παρατηρήσεις με όρους που δεν είναι απευθείας παρατηρήσιμοι, όπως η γενετική και η εξέλιξη, εξηγήσεις με ατομικά μοντέλα και εξηγήσεις με πιθανολογικά μοντέλα. Πολλές παρανοήσεις σχετίζονται με δυσκολία να ακολουθήσουν οι μαθητές αλυσίδες λογικών συμπερασμάτων (δικαιολόγηση αν...τότε). Μια από τις ποικίλες πηγές παρανοήσεων που οφείλονται στη διδασκαλία είναι η προηγούμενη γνώση. Κάποιοι ερευνητές αναφέρουν ότι η προηγούμενη γνώση των μαθητών αναδομείται κατά τη διάρκεια των μαθημάτων (Galili et al. 1993, Hoz et al. 2001) και αναφέρουν ότι η μάθηση κάποιων θεμάτων διευκολύνεται από ένα υπόβαθρο βασικών ειδικών γνώσεων και είναι δύσκολη ή απίθανη χωρίς αυτή τη γνώση. Οι Skelly and Hall (1993) επίσης αναφέρουν ότι αν η προηγούμενη γνώση που χρειάζεται για την επεξεργασία νέας γνώσης είναι ελλιπής, τότε η γνώση έχει χάσματα με αποτέλεσμα σύγχυση, ανακριβείς δικαιολογήσεις και σχηματισμό παρερμηνειών. Οι παρανοήσεις που έχουν μαθητές στη



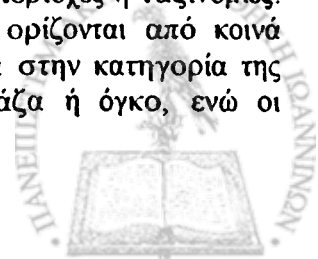
χημεία μπορεί να οφείλονται στην αφηρημένη και συμβολική φύση του αντικειμένου, τη προσπάθεια απλοποίησης πολύπλοκων και δυσνόητων εννοιών, τη χρήση πολλών μοντέλων και ορισμών, την ανεπαρκή προαπαιτούμενη γνώση και την αδυναμία των μαθητών να φαντάζονται την μικροσκοπική φύση της ύλης (Τσαπαρλής 2000).

Οι έννοιες – αντιλήψεις των ανθρώπων πώς είναι και πώς λειτουργεί ο κόσμος, αλλάζοντας ως μια συσσώρευση πληροφορίας και εμπειριών, και καθώς σκέφτονται σχετικά και αναγνωρίζουν τις γνώσεις τους αυτές οι επιστημολογικές αλλαγές μπορεί να είναι τριών τύπων: απλή προσαύξηση νέας πληροφορίας και ασθενής ή ισχυρή αναδόμηση γνώσης. Για τον Gunstone (1994) η εννοιολογική αλλαγή, ως ανταλλαγή ενός συνόλου σημασιών με ένα άλλο σύνολο, σπάνια είναι απότομη και συχνότερα είναι μια βαθμιαία διαδικασία που περιλαμβάνει εννοιολογική προσθήκη, κατά την οποία γίνεται γνωστική αναδόμηση, χωρίς όμως απαραίτητα να σβήνει προϋπάρχουσες έννοιες. Ασθενής αναδόμηση γνώσης, που καλείται επίσης αφομοίωση (Posner et al. 1982) ή νοητική σύλληψη, περιλαμβάνει ένταξη νέων εννοιών σε προϋπάρχοντα σχήματα χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα. Ισχυρή (Carey 1985) ή ριζική αναδόμηση (Vosniadou 1994), που καλείται συμμόρφωση (Posner et al. 1982, Strike & Posner 1992) ή νοητική ανταλλαγή (Hewson & Hewson 1984) εμπλέκει εννοιολογικό ανταγωνισμό που το αποτέλεσμα του είναι νέα έννοια που αντικαθιστά την παλιά, ή η παλιά διατηρείται και η νέα απορρίπτεται. Οι έννοιες που αντικαταστάθηκαν δεν ξεχνιούνται αλλά μάλλον έχουν μειωμένο κύρος (Hewson & Hewson 1984) και μπορούν εν μέρει ή ολικά να επανεγκατασταθούν σε άλλο χρόνο. Υπάρχει πάντα η πιθανότητα να υπάρχουν στον μαθητή παράλληλα ή πολλαπλά εννοιολογικά σχήματα που χρησιμοποιούνται σε ιδιαίτερες όψεις των φυσικών επιστημών σε διαφορετικά πλαίσια (Solomon 1983).

Έχουν διατυπωθεί διάφορες απόψεις για την εννοιολογική αλλαγή. Σύμφωνα με όσα υποστηρίζει ο Piaget, η εξέλιξη των εννοιών είναι αποτέλεσμα της γενικότερης νοητικής τους εξέλιξης. Η εννοιολογική αλλαγή απαιτεί “ολική αναδιοργάνωση”, η οποία εμπεριέχει αλλαγές όχι μόνο στο περιεχόμενο αλλά και στην αναπαραστατική μορφή των γνωστικών δομών. Ωστόσο, η ισχύς της θεωρίας του Piaget έχει αμφισβητηθεί από πολλούς ερευνητές (Gelman & Baillargeon 1983, Metz 1995). Ο McCloskey (1983) υποστηρίζει ότι οι διαισθητικές έννοιες των μαθητών προβάλλουν αντίσταση στη διδασκαλία γιατί οι αρχάριοι αναπτύσσουν ολοκληρωμένες θεωρίες για τα φαινόμενα, όπως π.χ. για την κίνηση των σωμάτων. Οι θεωρίες αυτές (αφελείς θεωρίες) στηρίζονται στις εμπειρίες των ατόμων με το φυσικό κόσμο και είναι δύσκολο να εγκαταλειφθούν. Ο DiSessa (1988) υποστηρίζει ότι η διαισθητική γνώση είναι αποσπασματική. Αποτελείται από ένα αρκετά μεγάλο αριθμό κομματιών γνώσης, τα οποία ονομάζει “phenomenological primitives”, και όχι μια ολοκληρωμένη θεωρία. Τα κομμάτια αυτά προκύπτουν από απλές αφαιρέσεις από κοινές εμπειρίες και δεν απαιτούν γενικά εξήγηση, απλώς συμβαίνουν. Για την ερμηνεία των φαινομένων οι αρχάριοι χρησιμοποιούν εκείνα τα “κομμάτια γνώσης” που κάθε φορά θεωρούν κατάλληλα. Ο DiSessa θεωρεί ότι δεν μπορούμε να μιλάμε για μια ολοκληρωμένη “αφελή θεωρία”, εφ’ όσον οι αρχάριοι δεν αντιμετωπίζουν με τον ίδιο τρόπο όλες τις περιπτώσεις κίνησης. Σύμφωνα με όσα υποστηρίζει η διδασκαλία πρέπει να αποβλέπει στο να βοηθήσει τους αρχάριους να συλλέξουν και να οργανώσουν τα κομμάτια γνώσης που έχουν. Τότε θα αναπτύξουν την επιστημονική κατανόηση που τους λείπει. Η Carey (1985) συμπεράνει ότι ο περισσότερο ενδιαφέρον παράγοντας που διαφοροποιεί την σκέψη των παιδιών από των ενηλίκων είναι η επάρκεια της γνώσης σε ορισμένη περιοχή. “Τα παιδιά είναι αρχάριοι σε σχεδόν όλες τις περιοχές στις οποίες οι ενήλικοι είναι ειδικοί”. Αυτή η πολύπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ γνώσης ειδικών περιοχών και επιστημονικής αναζήτησης είναι περαιτέρω τεκμηριωμένη σε άλλα περιβάλλοντα. Έτσι οι Sodian et al. (1991) συμφώνησαν ότι τα παιδιά μπορούν αρχικά να πάρουν μια μηχανιστική τοποθέτηση επειδή η γνώση τους σε μια περιοχή δεν είναι ακόμη επαρκής να πλαισιώσει την υπόθεση. Για το ζήτημα της εννοιολογικής αλλαγής η Carey έχει υποστηρίξει την άποψη της “ειδικής κατά πεδίο αναδιοργάνωσης”, η οποία συνπάγεται αλλαγές από μια ειδική κατά πεδίο θεωρία σε μια άλλη. Για τον Brewer (1991) οι αρχικές γνωστικές δομές των αρχαρίων μπορούν να συγκριθούν με ανακριβείς αλλά περισσότερο ή λιγότερο συνεπείς “επιστημονικές θεωρίες”, συμπεριλαμβανομένων των υποθέσεων και των εικόνων που παρέχουν το επεξηγηματικό πλαίσιο



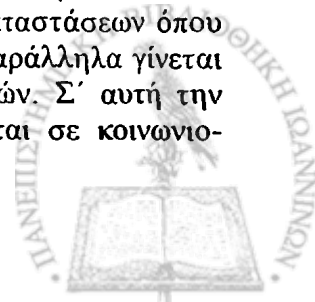
για να σκεφτείς για τον κόσμο. Μια διαφορετική άποψη για τη διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής προτείνουν οι Vosniadou (1980), (1994), (1995), Vosniadou & Brewer (1992). Οι θέσεις των ερευνητών αυτών στηρίζονται σε αποτελέσματα ερευνών για τις διαισθητικές ιδέες των μαθητών σχετικά με τα φαινόμενα από το χώρο της αστρονομίας. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι ιδέες των μαθητών δεν μπορούν να θεωρηθούν ως καλά διαμορφωμένες θεωρίες (όπως επιχειρηματολογούν οι McCloskey και Carey) αλλά ότι παρ' όλα αυτά παρουσιάζουν μεγαλύτερη συστηματικότητα και συνέπεια απ' ό,τι υποστηρίζει ο DiSessa. Οι έννοιες είναι ενσωματωμένες σε μεγαλύτερες θεωρητικές δομές. Έχουν περιγράψει τις δομές αυτές με τους όρους "προϋποθέσεις", "πεποιθήσεις" και "νοητικά μοντέλα". Οι προϋποθέσεις, οι πεποιθήσεις και τα νοητικά μοντέλα για το φυσικό κόσμο αρχίζουν να οικοδομούνται στην παιδική ηλικία και αποτελούν την βάση μιας σφαιρικής, διαισθητικής θεωρίας του φυσικού κόσμου. Οι δομές αυτές δρουν ως περιορισμοί στον τρόπο με τον οποίο ερμηνεύουμε τις παρατηρήσεις μας και τις πληροφορίες που παίρνουμε από το πολιτιστικό πλαίσιο που ζούμε και είναι υπεύθυνες για τη δημιουργία παρανοήσεων. Το είδος των νοητικών αναπαραστάσεων ή νοητικών μοντέλων που προτείνει η Vosniadou και συν. ανταποκρίνονται καλύτερα στα εμπειρικά δεδομένα από ότι οι "θεωρίες" ή τα "κομμάτια γνώσης". Διέκριναν τρία είδη νοητικών μοντέλων: τα διαισθητικά, τα συνθετικά και τα επιστημονικά. Το χαρακτηριστικό των διαισθητικών νοητικών μοντέλων είναι ότι παρουσιάζουν τη μικρότερη δυνατή απόκλιση από τον φυσικό κόσμο όπως αυτός γίνεται φαινομενικά αντιληπτός, χωρίς να διαφαίνεται σε αυτά η επίδραση των επιστημονικών απόψεων. Επιστημονικά είναι τα εννοιολογικά μοντέλα που είναι σύμφωνα με τις επιστημονικές απόψεις. Τα συνθετικά νοητικά μοντέλα είναι αποτέλεσμα της προσπάθειας των ατόμων να αφομοιώσουν τις επιστημονικές απόψεις στις υπάρχουσες νοητικές δομές τους. Καθώς αυξάνεται η ηλικία παρατηρείται μια εξέλιξη των νοητικών μοντέλων από διαισθητικά προς συνθετικά. Οι προϋποθέσεις αποτελούν τον εννοιολογικό πυρήνα της οντολογίας των παιδιών και είναι διαμορφωμένες με βάση την καθημερινή εμπειρία, την οποία τα παιδιά δεν είναι διατεθειμένα να θέσουν υπό αμφισβήτηση. Προσπαθούν, επομένως, να αφομοιώσουν τις πληροφορίες από το πολιτιστικό τους περιβάλλον, διατηρώντας όσο το δυνατόν περισσότερες από τις προϋποθέσεις τους. Αυτό το πετυχαίνουν παραλλάσσοντας τις πληροφορίες και σχηματίζοντας έτσι τα συνθετικά εννοιολογικά μοντέλα. Οι προϋποθέσεις περιορίζουν τον αριθμό των νοητικών μοντέλων που αναπαριστούν τα παιδιά και εξηγούν τη σταθερότητα των νοητικών μοντέλων και την ύπαρξη των συνθετικών νοητικών μοντέλων. Η διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής προχωρά διαμέσου της σταδιακής τροποποίησης των νοητικών μας μοντέλων του φυσικού κόσμου. Αυτό γίνεται μέσω της αντικατάστασης συγκεκριμένων προϋποθέσεων και πεποιθήσεων με ένα διαφορετικό επεξηγηματικό πλαίσιο. Η εκπαιδευτική διαδικασία πρέπει να οδηγήσει τους αρχαίους να "χτίσουν νέες επιστημονικογνωστικές δομές" με τη βοήθεια μιας ριζικής ή αδύνατης - ασθενούς αναδημιουργίας (Vosniadou & Brewer 1987). Το είδος αναδημιουργίας που απαιτείται καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά της αρχικής γνώσης τους. Οι αρχικές υποθέσεις και οι προϋποθέσεις των αρχαίων είναι ανθεκτικές, αφού βασίζονται σε αισθητηριακές αντιλήψεις και διαδεδωμένες κοινωνικές πεποιθήσεις (Bransford 1979, Vosniadou, 1995). Η διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής προχωρεί διαμέσου της σταδιακής τροποποίησης των νοητικών μοντέλων για τον φυσικό κόσμο (Βοσνιάδου 1994). Μια προσπάθεια, λοιπόν, εννοιολογικής αλλαγής μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα: α) την απόρριψη της έννοιας και την διατήρηση του αρχικού, διαισθητικού, νοητικού μοντέλου, β) την προσπάθεια αφομοίωσης της νέας έννοιας, των επιστημονικών απόψεων δηλαδή, στις υπάρχουσες νοητικές δομές. Θα υπάρξει έτσι ένας συνδυασμός των αρχικών εννοιών με τις νέες έννοιες, γ) την αποδοχή ενός νέου νοητικού μοντέλου που απηχεί τις επιστημονικές απόψεις (Vosniadou & Brewer 1992, Ιωαννίδης & Βοσνιάδου 1994). Οι Chi et al. (1994) και Chi & Slotta (1993) προτείνουν ότι οι αρχαίοι έχουν οντολογικές θεωρίες ή πιστεύω σχετικά με τι είδη πραγμάτων υπάρχουν και τι είδη οντολογικών ιδιοτήτων μπορεί να κατέχει κάθε τάξη ή υποτάξη σε μια οντολογική ιεραρχία. Υποθέτουν ειδικά ότι η οντολογική γνώση των ανθρώπων οργανώνεται σε τουλάχιστον τρεις περιοχές ή ταξινομίες: ύλη, διαδικασίες και διανοητικές καταστάσεις. Οι τρεις αυτές περιοχές ορίζονται από κοινά αποκλειστικά οντολογικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα τα αντικείμενα στην κατηγορία της ύλης (νερό, αυτοκίνητα, σκυλιά), έχουν οντολογική συνεισφορά ως μάζα ή όγκο, ενώ οι



διαδικασίες παρέχουν οντολογικές συνεισφορές όπως ότι συμβαίνουν πάνω από τον χρόνο. Οι παραπάνω ερευνητές δέχονται ότι οι αρχάριοι έχουν δυσκολίες με την απόκτηση επιστημονικών εννοιών, επειδή οι αντιλήψεις αυτές απαιτούν μια επαναδόμηση των οντολογιών τους. Ενώ οι αρχάριοι τυπικά ταξινομούν την θερμότητα στις ουσίες που ανήκουν στο οντολογικό δέντρο της ύλης, οι επιστήμονες το θεωρούν ως βασική διαδικασία. Παρόλο που οι οντολογικές ιδιότητες περιορίζουν τα είδη των εξηγήσεων για τα φυσικά φαινόμενα, οι περιορισμοί αυτοί είναι ασθενέστεροι από κείνους που παρέχονται από τα αληθινά επεξηγηματικά πλαίσια. Ενώ τα πιστεύω των μαθητών σχετικά με την ύλη δεν παρουσιάζουν τα επίπεδα θεωρητικής συνέπειας που χαρακτηρίζει τα επεξηγηματικά πλαίσια εργασίας, αυτά τα συστήματα πίστης παρουσιάζουν συνέπεια σε ένα οντολογικό επίπεδο σύμφωνα με τις γραμμές που θέτουν οι παραπάνω ερευνητές. Έτσι είναι κοινά αποδεκτό ότι οι μαθητές πρέπει να υποβληθούν σε μεγάλη εννοιολογική αναδόμηση για να μπορέσουν να μάθουν καλά μια φυσική θεωρία.

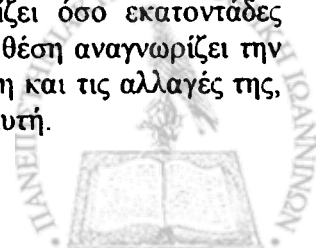
Στη βιβλιογραφία έχουν προταθεί στρατηγικές εννοιολογικών αλλαγών που συνήθως απαιτούν τα ακόλουθα στοιχεία: α. οι μαθητές ευαισθητοποιούνται και συνειδητοποιούν ότι οι τρέχουσες έννοιες δεν μπορούν να λύσουν ένα πρόβλημα, β. οι απόψεις των μαθητών περαιτέρω αναπτύσσονται και διευκρινίζονται μέσω επιδείξεων, πειραματισμών και ερωτημάτων, γ. οι απόψεις των μαθητών δείχνονται ότι είναι ανεπαρκείς, δ. εισάγονται νέες απόψεις που φαίνεται να λύνουν προβλήματα και ε. επιδεικνύονται περαιτέρω εφαρμογές των νέων απόψεων (Roth 1989, Anderson 1992, Minstrell 1992). Ένα γενικό μαθησιακό μοντέλο που περιέχει πολλά από αυτά τα στοιχεία έχει προταθεί από Osborne & Freyberg (1985). Οι Posner et al. (1982) έχουν προτείνει έναν κατάλογο απαιτήσεων για να αντικατασταθεί μια έννοια από μια άλλη. Οι μαθητές πρέπει να έχουν την ευκαιρία να δουν πώς οι αποδείξεις υποστηρίζουν την επιστημονική άποψη και πώς αντικρούουν τις εναλλακτικές απόψεις. Οι απαιτήσεις αυτές είναι: 1. Η παλιά άποψη να μην είναι ικανοποιητική, να προκαλεί δυσαρέσκεια (dissatisfaction). Οι μαθητές πρέπει να εκτεθούν σε φαινόμενα που οι τρέχουσες αντιλήψεις τους δεν μπορούν να εξηγήσουν. Οι άνθρωποι δεν αλλάζουν εύκολα τις έννοιες που παίζουν κεντρικό ρόλο στη σκέψη τους αν δεν νιώσουν ότι έχουν γίνει μη λειτουργικές. Ακόμη και σε αυτή την περίπτωση, θα προσπαθήσουν να αντιμετωπίσουν τα νέα προβλήματα με τις λιγότερες δυνατές αλλαγές στα εννοιολογικά σχήματα. 2. Η νέα άποψη να είναι κατανοητή (intelligibility). Οι μαθητές πρέπει να μπορούν να αναπαριστούν νοερά την 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. 3. Η νέα άποψη να είναι εύλογη και αληθοφανής (plausibility). Η νέα έννοια πρέπει να εμφανιστεί να λύνει προβλήματα που η παλιά αντίληψη δεν μπορούσε. 4. Η νέα άποψη να είναι καρποφόρα (fruitfulness), να οδηγεί στην πιθανότητα επιπρόσθετων εφαρμογών, να εμφανίζεται ότι έχει τη δυναμική να είναι ένα παραγωγικό εργαλείο σκέψης. Παρ' όλο που αυτό το μοντέλο νοητικών αλλαγών είναι χρήσιμο και αποδοτικό, η συνεχιζόμενη χρησιμότητα έχει αμφισβητηθεί από Pinitich et al. (1993) που δείχνει κάποιες αδυναμίες όπως η έλλειψη θεώρησης παραγόντων συμφραζομένων, και από Linder (1993) που εστιάζει στην μη θεώρηση συμφραζομένων. Οι Strike & Posner (1992), που ήταν από τους προεξέχοντες στην ανάπτυξη του μοντέλου, έχουν ζητήσει αναθεώρηση.

Για την Driver (1989b) σημαντικός παράγοντας εννοιολογικής αλλαγής είναι η αποσταθεροποίηση των αρχικών απόψεων των μαθητών η οποία θα μπορούσε να γίνει με ένα παράδειγμα το οποίο μπορεί να ξαφνιάσει τους μαθητές και να τους οδηγήσει σε κατάσταση γνωστικής σύγκρουσης (cognitive conflict), από την οποία μόνη διέξοδος αποτελεί η αποδοχή επιστημονικών απόψεων. Οι νεοαποκτηθείσες απόψεις σταθεροποιούνται με την εφαρμογή τους σε νέους τομείς γνώσης. Αντιρρήσεις όμως έχουν διατυπωθεί σχετικά με τη δυνατότητα εννοιολογικής αλλαγής με βάση ένα και μόνο αντιπαράδειγμα. Μια σημαντική παράμετρος στη διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής θεωρείται η συμμετοχή των μαθητών σε μια ποικιλία καταστάσεων όπου έρχονται αντιμέτωποι οι ιδέες και οι απόψεις τους με την πραγματικότητα και παράλληλα γίνεται γνωστική επεξεργασία των διαφορετικών απόψεων μέσα σε μια ομάδα μαθητών. Σ' αυτή την περίπτωση η γνωστική σύγκρουση που θα αφορούσε ένα μαθητή μετατρέπεται σε κοινωνιο-



γνωστική σύγκρουση (socio-cognitive conflict), καθώς πολλές και διαφορετικές απόψεις των μαθητών τίθενται σε μικρές ή μεγαλύτερες ομάδες μέσα στην τάξη (Johnsua & Dupin, 1993 in Σολομωνίδου 2006). Οι Lee et al. (2003) σε έρευνές τους σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που διδάσκονται φυσικές επιστήμες, διαπίστωσαν ότι η διαδικασία γνωστικής σύγκρουσης εμφανίζεται σε τέσσερα στάδια: αναγνώριση της αντίθεσης μεταξύ μιας κατάστασης και των αντιλήψεών τους, ενδιαφέρον για την προβληματική κατάσταση, άγχος για την επίλυσή της και γνωστική επανεξέταση της κατάστασης. Παρ' όλα αυτά, σε αρκετές περιπτώσεις έχει διαπιστωθεί ότι οι καταστάσεις γνωστικής σύγκρουσης δεν είναι πάντα ιδιαίτερα αποτελεσματικές, ειδικά αν πρόκειται να αντιμετωπιστούν βασικά εννοιολογικά εμπόδια, όπως τα λεγόμενα "επιστημολογικά" ή "διδασκτικά μαθησιακά εμπόδια", τα οποία αποτελούν διάφορες ισχυρά εδραιωμένες εναλλακτικές αντιλήψεις. Πέρα από καταστάσεις γνωστικής ή κοινωνιο-γνωστικής σύγκρουσης και το ξεπέραςμα των γνωστικών εμποδίων, μια άλλη διαδικασία οικοδόμησης νοήματος είναι η διεύρυνση του εμπειρικού πεδίου αναφοράς (Martinand 1986, Martinand et al. 1996 in Σολομωνίδου 2006). Ορισμένες αρχικές ιδέες των μαθητών μπορεί να χρησιμεύσουν ως βάση πάνω στην οποία θα στηριχθεί η διδασκαλία για να τους βοηθήσει να προχωρήσουν εννοιολογικά. Η βάση αυτή θα χρησιμεύσει ως το αρχικό επίπεδο αναφοράς των παιδιών το οποίο μπορεί να διευρυνθεί ως προς τα στοιχεία της εμπειρικής πραγματικότητας (νέα υλικά, νέα φαινόμενα, νέες διαδικασίες κ.λ.π.) και ως προς τις εννοιολογικές κατασκευές (νέες έννοιες, νέες κατηγορίες, νέες κανονικότητες κ.λ.π.). Η διεύρυνση του εμπειρικού πεδίου αναφοράς των μαθητών είναι αναγκαία για την οικοδόμηση της επιστημονικά αποδεκτής γνώσης και επιτυγχάνεται μέσα από σταδιακές διευρύνσεις και διαδοχικές προσεγγίσεις. Στο πλαίσιο της διεύρυνσης αυτής έχει μεγάλη σημασία να γνωρίσουν οι μαθητές ορισμένες πρακτικές αναφοράς οι οποίες επιτρέπουν το χειρισμό και την εφαρμογή εννοιών, συλλογισμών, τακτικών και στρατηγικών προκειμένου να αντιμετωπιστούν αυθεντικά προβλήματα της καθημερινής ζωής. Επίσης η εφαρμογή και η λειτουργία μιας έννοιας σε πλαίσια διαφορετικά από αυτό που αρχικά αναπτύχθηκε οδηγεί στον εμπλουτισμό της σημασίας της και στην εδραίωσή της. Η διαδικασία αυτή έχει κάποιες ομοιότητες με τη διαδικασία μεταφοράς γνώσης ή της μάθησης (transfer of knowledge /learning) από το ένα πλαίσιο σε άλλα πλαίσια, που είναι το ζητούμενο και συνιστά μια επιθυμητή και αναγκαία διαδικασία για τη μάθηση (Σολομωνίδου 2006). Έχει διαπιστωθεί ότι η καλή οργάνωση της πληροφορίας σε ένα γνωστικό πλαίσιο διευκολύνει την καλύτερη μεταφορά της γνώσης ή της μάθησης σε άλλους τομείς γνώσης και επιτρέπει στο μαθητή να εφαρμόζει αυτά που έμαθε σε νέους τομείς και να μαθαίνει τη νέα πληροφορία πιο γρήγορα (Bransford et al. 2000).

Τέλος αξίζει να επισημάνουμε ότι ο σχηματισμός εννοιών, η εννοιολογική αλλαγή και η μάθηση αλληλοεπηρεάζονται, διαπλέκονται και εμπλουτίζονται με άλλα στοιχεία όπως η πρόθεση, οι πεποιθήσεις, οι στάσεις, τα ενδιαφέροντα, οι προβλέψεις, καθώς μεταβαίνουμε από το σχηματισμό εννοιών, στην εννοιολογική δομή και την αλλαγή της και τελικά στη μάθηση (Κόκκοτας 1997 σελ. 58-61). Η σημασία των στάσεων και προβλέψεων για τη μαθησιακή διαδικασία αναγνωρίζεται από την εποικοδόμηση και περιγράφεται από Claxton (1993 p. 59), "η επιλογή να μάθει κάποιος με τον ένα ή τον άλλο τρόπο ή να μη μάθει καθόλου εξαρτάται από τις απαιτήσεις της κατάστασης, τους προσωπικούς του στόχους και τα προσωπικά του εφόδια". Για τους Grea & Viard (1995), που συντάσσονται με τις θέσεις του Vygotsky για την κοινωνική διάσταση της γνώσης, η μάθηση θεωρείται ιδιοποίηση της γνώσης που υπάρχει και χρησιμοποιείται στον κοινωνικό περίγυρο. Οι ίδιοι υποδεικνύουν ανάλογες συνθήκες για τη μάθηση στις φυσικές επιστήμες. Για τον Matthews (1995), που περιγράφει τη μάθηση με τον τρόπο του Bruner, η μάθηση είναι τις περισσότερες φορές το να σχεδιάζεις πώς θα χρησιμοποιήσεις αυτό που ήδη γνωρίζεις για να πας πέρα από αυτό που τώρα σκέφτεσαι. Υπάρχουν πολλοί τρόποι να το κάνεις και μερικοί είναι περισσότερο διαισθητικοί, άλλοι είναι τυπικά παραγωγικοί αλλά όλοι εξαρτώνται από το να γνωρίζεις κάτι "δομικό" γι' αυτό που σε απασχολεί - το πώς να το συνταιριάξεις (put together). Το να γνωρίζεις πώς συναρμόζεται (και λειτουργεί) κάτι αξίζει όσο εκατοντάδες στοιχεία. Σου επιτρέπει να πας πέρα από αυτό που γνωρίζεις. Η παραπάνω θέση αναγνωρίζει την αξία της χρηστικότητας της γνώσης χωρίς να αναφέρεται στην αρχική γνώση και τις αλλαγές της, που σύμφωνα με την μεταθεωρία της εποικοδόμησης πρέπει να συμβούν σε αυτή.



1.6. Επιστημονική γνώση και μοντέλα

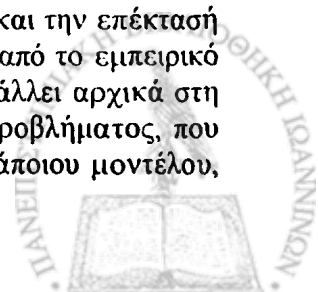
1.6.1. Διδασκαλία επιστημονική γνώσης με μοντέλα

Το μοντέλο είναι μια απλοποιημένη συστηματική αναπαράσταση μιας διαδικασίας ή ενός συστήματος που μπορεί να περιλαμβάνει συγκεκριμένο αντικείμενο, σχηματική αναπαράσταση, μια ιδέα, ένα αντικείμενο, ένα γεγονός, μια διαδικασία ή ένα σύστημα εξισώσεων (Gilbert et al. 2000, Coll & France 2005, Σταυρίδου 1995, Louca 2004). Ένα μοντέλο αποτελεί τη γέφυρα ή το σύνδεσμο μεταξύ του γνωστού (φυσικός κόσμος ή επιστημονική γνώση) και του άγνωστου (επιστημονική γνώση ή φυσικός κόσμος αντίστοιχα) (Hardwicke 1995). Το μοντέλο μπορεί να επιτελέσει ορισμένες λειτουργίες, όπως η αναπαράσταση του συστήματος, με στόχο την επίλυση ενός ή περισσότερων προβλημάτων, η πρόβλεψη της εξέλιξης του συστήματος και των μεταβολών του, χωρίς να είναι αναγκαίο να παρατηρήσει κανείς την ίδια την πραγματικότητα, η εξήγηση των μηχανισμών που διέπουν τη λειτουργία των φυσικών φαινομένων (Hodgson 1995, Σταυρίδου 1995, Hestenes 1997). Ένα μοντέλο είναι μια υπόθεση και η εγκυρότητα του καθορίζεται από την ικανότητά του να εξηγήσει τι θα συμβεί αν δοκιμαστεί πειραματικά (Andersson 1986). Αυτή η θεωρητική σχέση μεταξύ μοντέλου και πραγματικότητας απαιτεί οι δάσκαλοι επιστημών να βοηθούν στην ανάπτυξη της ικανότητας συλλογισμού με σκοπό να κάνουν την σύνδεση πραγματικότητας και μοντέλου.

Τα μοντέλα είναι διαφορετικών τύπων.

- Νοητικό μοντέλο - τι ο καθένας από μας συλλαμβάνει στον νου του.
- Εκφρασμένο μοντέλο, όταν προσπαθούμε να εξηγήσουμε ή να παρουσιάσουμε με άλλους τύπους το νοητικό μοντέλο.
- Αποδεκτό ή επιστημονικό μοντέλο, δηλαδή ένα εκφρασμένο μοντέλο που είναι αποδεκτό στην επιστημονική κοινότητα.
- Ιστορικό μοντέλο, που είναι ένα αποδεκτό μοντέλο που έχει ξεπεραστεί. Παράδειγμα το μοντέλο του ατόμου, όπως οι σταφίδες στο κέικ, είναι το ιστορικό μοντέλο που έχει ξεπεραστεί από το μοντέλο των τροχιών ηλεκτρονίων.
- Ένα διδακτικό μοντέλο, ένα ειδικά παραγόμενο μοντέλο να διδάξει ένα αποδεκτό ή ιστορικό μοντέλο. Είναι κάτι που βοηθά τους μαθητές να συλλαμβάνουν μια ιδέα και βοηθά την οπτικοποίηση της ιδέας. Τα τελευταία τέσσερα μοντέλα μπορούν να εισαχθούν με έναν αριθμό διαφορετικών τρόπων περιέχοντας αντικείμενα, συμβολικό ή μαθηματικές αναπαραστάσεις, διαγράμματα, λεκτικές εξηγήσεις ή μίγμα αυτών (Gilbert 1998). Τα συγκεκριμένα, θεωρητικά και μικτά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στα εγχειρίδια από δασκάλους και μαθητές για αναπαράσταση ενός επιστημονικού φαινομένου και θεωρίας αναφέρονται ως αναλογικά μοντέλα και σχετίζουν ένα αντικείμενο στόχο, οντότητα ή θεωρία χρησιμοποιώντας ρητές χαρτογραφήσεις στόχου - αναλογίας (Glynn 1991). Μαζί με τα μοντέλα και τις αναλογίες χρησιμοποιούμε στη διδασκαλία και τις μεταφορές π.χ. το άτομο ως πλανητικό σύστημα, το ηλεκτρονιακό νέφος, οι φλοιοί.

Το μοντέλο και η πραγματικότητα είναι δυο διαφορετικές οντότητες, που η κάθε μια έχει τα δικά της χαρακτηριστικά. Προκειμένου τα μοντέλα να επιτελέσουν μια ή περισσότερες από τις λειτουργίες που προαναφέρθηκαν, απαιτείται μια διαδικασία εισαγωγής επινόησης και χρήσης μοντέλων, δηλαδή μια διαδικασία μοντελοποίησης (Σταυρίδου 1995), ένας μαθησιακός κύκλος της μοντελοποίησης (Constantinou 1999, Louca & Constantinou 2002, Hestenes 1997). Ο κύκλος αυτός περιλαμβάνει την κατασκευή, τη βελτιωτική ρύθμιση ενός μοντέλου αλλά και την επέκτασή του σε άλλα παρόμοια φυσικά φαινόμενα. Η διαδικασία μοντελοποίησης ξεκινά από το εμπειρικό πεδίο και μέσα από πειράματα, παρατηρήσεις και κατάλληλα ερωτήματα, συμβάλλει αρχικά στη δημιουργία παραστάσεων από το εμπειρικό πεδίο. Ακολουθεί η επιλογή ενός προβλήματος, που προσφέρεται για μοντελοποίηση και η εισαγωγή ή η επινόηση και κατασκευή κάποιου μοντέλου,



του οποίου καθορίζονται οι ιδιότητες και ο τρόπος συμβολισμού. Στη συνέχεια αποκαθίστανται οι σχέσεις αντιστοιχίας μεταξύ μοντέλου και πραγματικότητας (π.χ. ο αριθμός των σωματιδίων ενός αερίου αντιστοιχεί στη μάζα του σώματος κ.λ.π.). Μετά καλούνται οι σπουδαστές να εφαρμόσουν το μοντέλο σε διάφορες περιπτώσεις ή να χρησιμοποιούν μια προσομοίωση που έγινε με βάση το μοντέλο. Μέσα από την εφαρμογή του μοντέλου ενισχύεται η δημιουργία νέων παραστάσεων, που σε σύζευξη με αυτές του εμπειρικού πεδίου, συμβάλλουν στην οικοδόμηση νέας επιστημονικής γνώσης. Με τη βοήθεια του μοντέλου η "ανάγνωση" της πραγματικότητας δεν είναι πια ίδια και αυτό δηλώνεται ως τελική φαινομενολογία, που είναι διαφορετική της αρχικής. Υπάρχει συνεχής "διάλογος" ανάμεσα στην πραγματικότητα και το μοντέλο, τόσο στη φάση της κατασκευής του, όσο και στη μετέπειτα χρήση του (κανόνες αντιστοιχίας). Κάθε μοντέλο περιγράφει και εξηγεί ορισμένη περιοχή και ορισμένες όψεις της πραγματικότητας, έχει δηλαδή όρια εγκυρότητας (Σταυρίδου 1995).

Υπάρχουν διάφορα εργαλεία μοντελοποίησης όπως είναι το χαρτί και το μολύβι, οι τρισδιάστατες κατασκευές, τα λογισμικά ρομποτικής, τα λογισμικά προγραμματισμού και οι μαθηματικές εξισώσεις. Όταν τα μοντέλα περιγράφονται από αλγοριθμικές γλώσσες ή γενικότερα από λογισμικό, η μελέτη υλοποιείται σε υπολογιστή και το αποτέλεσμα της μοντελοποίησης αναφέρεται ως προσομοίωση. Οι τεχνολογίες της πληροφορίας μιμούνται τα χαρακτηριστικά ενός μοντέλου παρέχοντας τη δυνατότητα για τη μεταφορά του σε υπολογιστικό σύστημα, δηλαδή υλοποιώντας μια προσομοίωση. Έτσι η προσομοίωση ορίζεται ως η αναπαράσταση ενός αντικειμένου ή μιας κατάστασης από λογισμικό που προσφέρει δυνατότητες χειρισμού συνθηκών και παραμέτρων για μελέτη (Μικρόπουλος 2006).

Τα μοντέλα είναι ένα από τα κύρια προϊόντα της επιστήμης και η διαδικασία μοντελοποίησης (εισαγωγή ή επινόηση και χρήση πολλαπλών μοντέλων στη λύση προβλημάτων) αυτή καθ' αυτή είναι αναπόσπαστο στοιχείο της επιστημονικής μεθοδολογίας (Gilbert 1994), είναι ένα κύριο μέσο με το οποίο επιστήμονες διατυπώνουν εξηγήσεις (Lavonen et al. 2003, Hestenes 1992), δημιουργούν δε μια πιο ρεαλιστική αντίληψη για τον επιστημονικό τρόπο σκέψης (Grosslight et al. 1991) καθώς προσομοιάζει τη συνήθη μέθοδο παραγωγής θεωριών (Hestenes 1992). Αλλά τα μοντέλα είναι και ένα κύριο εργαλείο μάθησης στην επιστημονική εκπαίδευση (Gilbert 1994). Ουσιαστική έρευνα και θεωρία έχουν καθιερώσει μια θετική σχέση μεταξύ αναλογικών μοντέλων και επιστημονικής κατανόησης (Mayer 1992, Solomon 1995, Halloun 1996). Η δόμηση, δοκιμή και αποτίμηση μοντέλων των φαινομένων συνεισφέρουν στην επιστημονική εγγραμματοσύνη. Η διδακτική αξιοποίηση των μοντέλων συμβάλλει στην καλλιέργεια της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών (Hestenes 1992, Constatinou 1999, Tregidgo & Ratcliffe 2000, Erduran 2000) και, εφ' όσον τα μοντέλα γίνουν κεντρικό χαρακτηριστικό της μαθησιακής διαδικασίας, οι μαθητές σημειώνουν ψηλά επίπεδα κατανοήσεων, ενώ προηγουμένως αδύνατοι μαθητές συμμετέχουν θετικά (Raghavan & Glaser 1995). Η διδακτική αξιοποίηση των μοντέλων δίνει δυνατότητες συζήτησης ενδιαφερόντων όψεων των χημικών μοντέλων, όπως τα όρια ισχύος τους και την εφαρμοσιμότητά τους σε μια νέα χημική έννοια (Erduran 2000). Επίσης η διδασκαλία με μοντέλα βοηθά στην κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των φυσικών φαινομένων αλλά και ανάπτυξης μεταγνωστικών δεξιοτήτων (Coll et al. 2005), ενώ παράλληλα παρέχει στους μαθητές μεγαλύτερη ευχέρεια στο χειρισμό του φυσικού κόσμου. Επιπλέον τα μοντέλα βοηθούν να γίνει η επιστήμη ενδιαφέρουσα και σχετική - κατάλληλη (Hodgson 1995). Το ενδιαφέρον είναι ακριβώς τόσο σπουδαίο όσο και τα περιεχόμενα γνώσης, γιατί οι σπουδαστές δεν θα εμπλακούν με επιστημονικές ιδέες, εκτός αν βρουν αυτές ενδιαφέρουσες (Pintrich et al. 1993). Η εργασία με μοντέλα δεν είναι απλά μόνο διανοητική υπόθεση, αλλά επίσης και συναισθηματική, απαιτεί δημιουργικότητα και πειθαρχία και μπορεί να οδηγήσει τόσο σε αναδόμηση απόψεων όσο και ικανοποίηση (Laszlo 2000, De Vos 1990). Επίσης η διαδικασία μοντελοποίησης συμβάλλει στην ενοποίηση και ουσιαστική συνοχή ενός εμπειρικού πεδίου αναφοράς (Σταυρίδου 1995, Βλάχος & Κόκκοτας 2000) και την καλλιέργεια της άποψης ότι η επιστημονική γνώση είναι σχετική και εξελίσσεται συνεχώς.



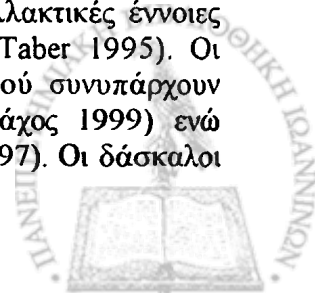
1.6.2. Τα μοντέλα στη διδασκαλία της χημείας

Σχεδόν σε όλα τα μαθήματα επιστήμης οι δάσκαλοι χρησιμοποιούν μοντέλα για να εξηγήσουν κάποιες όψεις των επιστημονικών περιεχομένων. Στη χημεία τα αναλογικά μοντέλα μπορεί να είναι μοντέλα κλίμακας, μοριακά μοντέλα, εικονικά/ συμβολικά μοντέλα (π.χ. χημικοί τύποι), μαθηματικά μοντέλα (π.χ. K_{PV} και η γραφική παράστασή του), θεωρητικά μοντέλα (μηχανισμοί αντίδρασης), και μοντέλα έννοιες - διαδικασίες (μοντέλα των οξέων - βάσεις, οξειδοαναγωγές).

Ο Mayer (1989) έχει καθορίσει τα κριτήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας ενός μοντέλου στην εξερεύνηση της ιδέας - στόχου. Ένα καλό μοντέλο είναι κατασκευαστικά ολοκληρωμένο σε σχέση με τα στοιχεία που το αποτελούν, έχει όλα τα ουσιώδη στοιχεία της ιδέας - στόχου, είναι συναφές και κατάλληλο στο επίπεδο λεπτομερειών, χρησιμοποιείται κατάλληλο λεξιλόγιο, είναι συγκεκριμένο στην παρουσίασή του, η σχέση των μερών είναι προφανής και παρέχει καθαρή αντιληπτική εξήγηση ενώ επισημαίνονται ο σκοπός και οι περιορισμοί του μοντέλου.

Ωστόσο κατά τη διδασκαλία με μοντέλα δημιουργούνται προβλήματα. Το μεγαλύτερο πρόβλημα αφορά τη σύγχυση μοντέλου και πραγματικότητας. Αν και για έναν επιστήμονα η διάκριση των δυο επιπέδων περιγραφής, αυτών του μοντέλου και της πραγματικότητας, είναι αυτονόητη και γίνεται σχεδόν αυτόματα, η διάκριση των δυο επιπέδων για τους μαθητές δεν είναι καθόλου αυτονόητη, συχνά συγχέουν τα δυο επίπεδα και τούτο, διότι για να φτάσουν σε μια τέτοια διάκριση πρέπει να οικοδομήσουν βήμα - βήμα τα συστατικά των δυο επιπέδων, πριν μπορέσουν να τα συσχετίσουν και να λειτουργήσουν με τη βοήθεια κάποιου μοντέλου (Σταυρίδου 1995). Περιπλοκές προκύπτουν στην επικοινωνία ειδικού με αρχάριους καθώς χρησιμοποιούνται όροι ή λεκτικές συντομεύσεις με διαφορετική σημασιοδότηση (Treagust et al. 2001, Weller 1970). Οι εικόνες που κατέχουν οι ειδικοί δεν είναι πραγματικά αντικείμενα αλλά θεωρητικές εικόνες, δηλαδή κατασκευές βασισμένες σε ένα σύστημα στόχο (Kleinman et al. 1987). Ωστόσο οι σπουδαστές προτιμούν να σκεφτούν για τις αφηρημένες διαδικασίες και έννοιες με συγκεκριμένους όρους (Harrison & Treagust 1996) και είναι απρόθυμοι να αντικαταστήσουν συγκεκριμένα αναλογικά μοντέλα με την κατάλληλη διαδικασία, με μαθηματικά και θεωρητικά μοντέλα προοδεύοντας έτσι στη γνώση τους (Chi et al. 1994). Η αναπαράσταση μη υλικών οντοτήτων ως συγκεκριμένα αντικείμενα μπορούν να οδηγήσουν στα εννοιολογικά "δίκοπα ξίφη" (Glynn 1991). Πολλοί σπουδαστές βρίσκουν τα αναλογικά μοντέλα, που διεισδύουν σε επιστημονικές εξηγήσεις, και προκλητικά και μπερδευτικά (Bent 1984, Carr 1984, Garnett & Treagust 1992).

Αλλά και οι πολλαπλές αναπαραστάσεις που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες, τα βιβλία και οι δάσκαλοι συχνά εμποδίζουν παρά παρακινούν τους σπουδαστές (Cobern & Aikenhead 1998, Sutton 1991, 1992). Αυτό συμβαίνει γιατί οι σπουδαστές δεν είναι εξοικειωμένοι με τα επιστημονικά μοντέλα και τα όρια των αναλογικών και μεταφορικών αναπαραστάσεων (Duit 1991, Gentner 1983, Glynn 1991). Τα αναλογικά μοντέλα κάνουν χοντρικές ή υπερβολικές απλοποιήσεις για να κάνουν προφανείς τις σχέσεις στόχου - αναλογίας (Ogborn et al. 1996). Οι μεταφορές είναι συνήθως αρκετά ευδιάκριτες από τις αναλογίες αλλά στη χημεία το όριο μεταφοράς - αναλογίας δεν είναι σαφές. Παραδείγματος χάριν ένας δάσκαλος μπορεί να πει ότι "ένα άτομο είναι όπως ένα ηλιακό σύστημα" και μιλά αργότερα για "το πλανητικό ατομικό σύστημα" (Sandomir et al. 1993). Απαιτείται μεγάλη προσοχή όταν χρησιμοποιούμε αναλογίες για να αποφύγουμε την μεταφορά μη κοινών χαρακτηριστικών στον στόχο (Glynn 1991, Harrison & Treagust 1993, Duit 1991). Η διδασκαλία μοντέλων και η μοντελοποίηση είναι ιδιαίτερα δύσκολη, όταν οι δάσκαλοι έχουν έλλειψη γνώσης παιδαγωγικού περιεχομένου (De Jong & Van Driel 2001, Justi & Gilbert 2000, 2001, Zimmermann 2000) ή όταν τα εγχειρίδια και τα άλλα υλικά του προγράμματος ισχυροποιούν ή εισάγουν εναλλακτικές έννοιες (Fischler & Siefert 2001, Hawkes 1996). Εναλλακτικές έννοιες στα κείμενα χημείας είναι εκπληκτικά κοινότυπες (Fensham & Kass 1988, Taber 1995). Οι απεικονίσεις στα βιβλία δίνουν την εντύπωση αυθύπαρκτων οντοτήτων, αλλού συνυπάρχουν στοιχεία μικροσκοπικού και μακροσκοπικού επιπέδου (Σταυρίδου 1995, Βλάχος 1999) ενώ εναλλακτικές ιδέες διατηρούν και οι δάσκαλοι (Hawkes 1996, Pfundt & Duit 1997). Οι δάσκαλοι



συχνά δεν εξηγούν εντελώς την αναλογία που χρησιμοποιούν, οι μαθητές δείχνουν περιορισμένη κατανόηση (Treagust (1992) και τείνουν να βλέπουν στοιχεία των πολλαπλών μοντέλων απομονωμένα (Harrison & De Jong 2005). Όταν τα μοντέλα δεν χρησιμοποιούνται προσεχτικά στην εξήγηση χημικών φαινομένων οι μαθητές σχηματίζουν εναλλακτικές ιδέες (Harrison & Treagust 1996). Υπάρχει έλλειψη συγκεκριμένης στρατηγικής για την εισαγωγή και τη διδακτική αξιοποίηση των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα μοντέλα. Κατά τη διδασκαλία τα μοντέλα διδάσκονται ως αυθύπαρκτες οντότητες, η γνώση είναι δηλωτικού και όχι λειτουργικού χαρακτήρα και δεν συνδέεται το μοντέλο επαρκώς και με σαφήνεια με φαινόμενα της πραγματικότητας (Σταυρίδου 1995). Παρουσιάζονται πρώτα τα πιο πολύπλοκα μοντέλα και ύστερα τα πιο απλά. Συνήθως οι δάσκαλοι χρησιμοποιούν αναλογίες, όταν θεωρούν ότι οι μαθητές δεν έχουν καταλάβει μια αρχική έννοια, συνήθως αυθόρμητα, σπάνια προσχεδιάζουν τις αναλογίες, χρησιμοποιούν ως πηγές αναλογιών την εμπειρία τους ή τα εγχειρίδια, χρησιμοποιούν συχνότερα αναλογίες – σχέδια και λίγοι κάνουν αναφορές στους περιορισμούς των αναλογιών (Jampan 1996, Tiele & Treagust 1994).

Προκειμένου οι μαθητές να συμμετέχουν και να καταλαβαίνουν τις επιστημονικές συζητήσεις πρέπει πρώτα να μάθουν την γλώσσα των μοντέλων που χρησιμοποιούνται στην επιστήμη. Για το σκοπό αυτό προτείνεται ανάπτυξη δεξιοτήτων μοντελοποίησης, δηλαδή χρήση μοντέλων για εξήγηση ιδεών και αναγνώριση των δυνατών σημείων και των ορίων των συγκεκριμένων μοντέλων (Σταυρίδου 1995). Οι δάσκαλοι χρειάζεται να προσδιορίζουν με τους μαθητές τις θετικές και αρνητικές πτυχές των αναλογιών (Glynn 1991), να βεβαιώνονται ότι η αναλογία είναι οικεία, να αναγνωρίζουν τα κοινά και μη κοινά χαρακτηριστικά της αναλογίας και στόχου και να αξιολογούν τις αναλογίες (Focus, Action, Reflection) (Treagust et al. 1998). Χρειάζεται προσεχτική διαπραγμάτευση των σχετικών εννοιών και συζήτηση για το πότε ισχύει μια αναλογία και αν συμβαίνει αυτό ενισχύεται η κατανόηση (Treagust et al. 1996) αρκεί να δοθεί ο απαραίτητος χρόνος και να ενθαρρύνονται οι μαθητές να δομήσουν και να αναδομήσουν τις αναλογίες τους (Cosgrove 1995). Επίσης απαιτείται ανάπτυξη της γνώσης παιδαγωγικού περιεχομένου που αφορά τη χρήση μοντέλων (De Jong et al. 2005).

1.6.3. Μοντέλα και επιστημολογία

Οι Grosslight et al. (1991) διερεύνησαν τις απόψεις σπουδαστών και ειδικών τις επιστήμες σχετικά με τη δομή και τους στόχους των μοντέλων. Για το σκοπό αυτό σπουδαστές και ειδικοί απάντησαν σε ερωτήσεις όπως: για ποιον σκοπό δημιουργείται το μοντέλο, πώς και από ποιον κατασκευάστηκαν, κάτω από ποιες συνθήκες κάποιο μπορεί να αλλάξει, εάν ή όχι μπορούν να είναι πολλαπλά τα μοντέλα, τι πραγματικά αντιπροσωπεύουν, με ποια κριτήρια οι μαθητές αποφασίζουν εάν βασικά φυσικά θέματα θα μπορούσαν να καλούνται μοντέλα, ή όχι και την συνέπεια με την οποία αυτά τα κριτήρια εφαρμόζονται. Η έρευνα έδειξε ότι οι ειδικοί θεωρούν ότι υπάρχουν και φυσικά και θεωρητικά μοντέλα, τα μοντέλα βοηθούν να καταλάβουμε ή να σκεφτούμε τα φαινόμενα, η εγκυρότητα ενός μοντέλου μπορεί να δοκιμαστεί συγκρίνοντας τις εφαρμογές του με παρατηρήσεις και μετρήσεις στον πραγματικό κόσμο, διαφορετικά μοντέλα του ίδιου φαινομένου μπορούν να δομηθούν να εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς. Τα επιστημονικά μοντέλα μπορούν να αντικατασταθούν από ένα καλύτερο. Οι μαθητές σκέφτονται ότι τα μοντέλα είναι φυσικά ή στην πραγματικότητα, βοηθούν ή δείχνουν επικοινωνιακές πληροφορίες σχετικά με πραγματικά αντικείμενα, διαφορετικά μοντέλα του ίδιου πράγματος δείχνουν κατά γράμμα διαφορετικές όψεις των πραγματικών πραγμάτων. Τα επιστημονικά μοντέλα μπορούν να αλλάξουν εάν έγιναν λάθος ή εάν προκύψουν νέες πληροφορίες. Οι παραπάνω ερευνητές, ανάλογα με το πώς κάποιος περιγράφει τη σχέση των μοντέλων με την πραγματικότητα και το ρόλο που παίζουν οι ιδέες σε σχέση με τα μοντέλα, ενέταξαν τις κατανοήσεις των μοντέλων σε 3 επίπεδα που αντικατοπτρίζουν τρεις διαφορετικές επιστημολογικές όψεις σχετικά με τα μοντέλα και την χρήση τους στις επιστήμες. Πολλοί μαθητές των πρώτων τάξεων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ήταν στο επίπεδο 1, όπου σημειώθηκε 1 προς 1 αντιστοιχία μεταξύ μοντέλων και πραγματικότητας και τα μοντέλα είναι παιχνίδια ή μικρά ατελή αντίγραφα των πραγματικών αντικειμένων. Κάποιοι μαθητές

δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης έφτασαν στο επίπεδο 2, όπου τα μοντέλα παρέμειναν αντικείμενα πραγματικού κόσμου ή γεγονότα παρά αναπαράσταση των ιδεών, είναι ατελή ή έχουν διαφορετική εξάρτηση από τα περιεχόμενα, υπάρχει ένας συγκεκριμένος, σαφής σκοπός που επδρά τον τρόπο που δομείται το μοντέλο. Ωστόσο η κύρια εστίαση είναι ακόμη στο μοντέλο και σε μια πραγματικότητα μοντελοποιημένη, όχι στις ιδέες που απεικονίζονται καθ' αυτές. Οι ειδικοί ικανοποιούν τα κριτήρια του επιπέδου 3, κατά το οποίο τα μοντέλα είναι πολλαπλά, είναι εργαλεία σκέψης και διαχειρίζονται από τους ειδικούς σκόπιμα ώστε να ταιριάζουν στις επιστημολογικές ανάγκες τους. Τα μοντέλα δομούνται για ανάπτυξη και δοκιμή ιδεών, ο μοντελιστής δίνει έναν δραστικό ρόλο στη δόμηση του μοντέλου, ανάλογα με τους σκοπούς που επιδιώκει. Κάποιοι μαθητές είναι στα ενδιάμεσα επίπεδα 1 - 2 ή 2 - 3. Σύμφωνα με τους Grosslight et al. η επιστημολογική πρόοδος είναι συνάρτηση της αυξημένης χρήσης δυναμικών νοητικών μοντέλων, όταν συνοδεύεται με την μείωση της εξάρτησης από στατικά μοντέλα αντικειμένων.

Για τον Perry (1970) οι μαθητές μπορούν να προοδεύουν διαμέσου εννιά θέσεων που εντάσσονται κάτω από τέσσερις επικεφαλίδες που καλούνται: δυϊσμός, πολλαπλότητα, σχετικότητα και εφαρμογή σχετικότητας. Οι μαθητές στο δυϊσμό κατηγοριοποιούν γνώσεις ως ορθές ή λάθος, πειθαρχούν στους δασκάλους οι οποίοι ξέρουν τις ορθές απαντήσεις και περιμένουν να τους ειπωθεί τι είναι σωστό και αυτοί να θυμηθούν και να αναμασήσουν την αλήθεια. Οι μαθητές που προχωρούν στο πολλαπλό επίπεδο πιστεύουν ότι οι ειδικοί δεν έχουν βρει ακόμα την απάντηση, κάθε γνώμη είναι ισοδύναμα έγκυρη και οι συλλογισμοί που περιορίζονται από τα συμφραζόμενα είναι ακριβώς ειδικές περιπτώσεις. Για να φτάσουν στο σχετικισμό οι μαθητές πρέπει να αντιληφθούν ότι η γνώση είναι σχετική και από τα συμφραζόμενα ορισμένη, η γνώση θα πρέπει να είναι ηθικά και κοινωνικά υπεύθυνη καθώς επίσης συναφώς ορθή, οι γνώσεις είναι δομημένες, όχι δοσμένες, συναφείς, όχι απόλυτες, μεταβλητές όχι αμετάβλητες (Belenky et al. 1986).

Οι εργασίες των Grosslight κ.ά και Perry για τα μοντέλα προτείνουν ότι η διδασκαλία που αγνοεί το επιστημολογικό στάτους των μοντέλων είναι αναποτελεσματική. Μαθητής στο επίπεδο 1, που πιστεύει ότι ένα μοντέλο είναι παιχνίδι ή μινιατούρα που αντιστοιχεί ένα προς ένα με την πραγματικότητα, ίσως να είναι σε ένα δυϊσμό (το μοντέλο είναι η ορθή απάντηση) και θα αντισταθεί στα πολλαπλά μοντέλα. Αντίθετα ένας σχετικιστής πιθανόν θα αποδεχθεί πολλαπλά μοντέλα, βλέποντας ένα μέρος των ιδιοτήτων του στόχου σε κάθε μοντέλο και επιπλέον προσαρμόζοντας εκείνα τα μέρη στα νοητικά του μοντέλα. Διδασκαλία βασισμένη σε μοντέλα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες και ικανότητες όλων των μαθητών. Η επιστημολογική γνώση των μαθητών είναι ικανοποιητική, αν οι μαθητές μπορούν να μετακινηθούν κατά μήκος του μονοπατιού από τον δυϊσμό στον σχετικισμό και από το επίπεδο 1 στο επίπεδο 3. Δυναμική πρόοδος μπορεί να διατηρηθεί κατά μήκος τέτοιων διδακτικών συνεχειών (Finster 1989, 1991) παρέχοντας κατάλληλες προκλήσεις στην τρέχουσα αντίληψη του μαθητή.

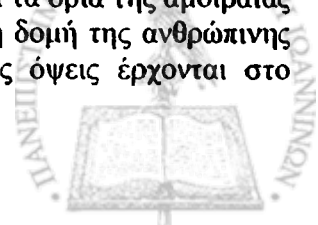
1.7. Δόμηση γνώσης επιστήμης με συνεργατική αλληλεπίδραση

Τις δυο τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί μια μετακίνηση από θέσεις που υιοθετούσαν πώς η μάθηση είναι μια καθαρά ατομική διαδικασία προς θέσεις που υποστηρίζουν πώς η μάθηση εμπεριέχει κοινωνικές και πολιτισμικές διεργασίες (Wertsch 1991, Cobern & Aikenhead 1998). Η φύση των φυσικών επιστημών και η διδασκαλία τους αντιμετωπίζονται ως πεδίο προσπάθειας δημιουργίας νοήματος στα πλαίσια μιας κοινότητας (Lemke 1990), συνεργατικής επίλυσης προβλημάτων και πολιτισμικής πρακτικής (Roth 1995), επιχειρηματολογίας (Boulter & Gilbert 1995), χρήσης μεταφορών και αναλογιών (Giere 1988), εξερεύνησης (Ogborn et al 1996), σημειωτικής (Halliday 1978, Lemke 1990, Wells 1999) ή και πολυσημειωτικής διαδικασίας (Kress, et al. 2001). Οι παραπάνω προοπτικές προϋποθέτουν επικοινωνία και συνεργασία. Στις μέρες μας είναι αποδεκτό ότι οι επιστημονικές θεωρίες και εξηγήσεις δεν μπορούν να ανακαλυφθούν διαμέσου προσωπικών αλληλεπιδράσεων με τα φαινόμενα και οι συζητήσεις με συνομηλίκους και δασκάλους πρέπει να είναι στο επίκεντρο των βασικών κατανοήσεων των μαθητών (Kuhn 1993, Newton et al. 1999, Boulter & Gilbert 1995, Κόκκοτας 2002, Σταυρίδου 2000).



Η ομάδα είναι ο μηχανισμός για συνεργατική και συναδελφική μάθηση και εξασφαλίζει την εξερεύνηση, την κατανόηση και την επίδραση πάνω στις ιδέες των μελών για μια συγκεκριμένη έννοια των Φυσικών Επιστημών (Κόκκοτας 2002). Μεγάλος αριθμός ερευνών καθώς και ερευνών μεταανάλυσης έχουν δείξει ότι συστηματική χρήση της ομαδοσυνεργατικής μάθησης εξασφαλίζει υψηλότερες μαθησιακές επιδόσεις, ιδιαίτερα σε απαιτητικά μαθήματα, όπως αυτό των Φυσικών Επιστημών ευνοεί την ανάπτυξη της σκέψης και της κοινωνικότητας των παιδιών, κινητοποιεί και ενεργοποιεί τους μαθητές (Johnson & Johnson 1999, Σταυρίδου 2000, Ματσαγούρας 2000, Roth 1995, Lazarovitz & Hertz- Lazarovitz 1998), δημιουργεί θετικότερη στάση απέναντι στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών (Σταυρίδου 2000, Σολομωνίδου 2001), προάγει την κατανόηση και την εμπέδωση της γνώσης, συμβάλλει στην καλύτερη παιδαγωγική διαχείριση της ανομοιογένειας του μαθητικού πληθυσμού και αναπτύσσει τις γνωστικές και τις μεταγνωστικές δεξιότητες των μαθητών (Σταυρίδου 2000).

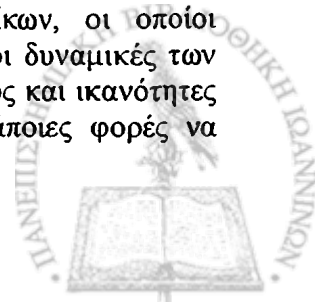
Η συνεργασία θεωρείται ότι αποτελεί ειδική μορφή αλληλεπίδρασης και διαδικασία συμμετοχής σε δραστηριότητες που περιλαμβάνουν την επίτευξη κοινών στόχων και σκοπών (Hertz-Lazarowitz & Miller 1992, Cohen 1994). Κατά τη συνεργασία, τη συντονισμένη συγχρονική δραστηριότητα που είναι αποτέλεσμα μιας συνεχούς προσπάθειας για οικοδόμηση και διατήρηση μιας κοινής αντίληψης του προβλήματος, έχει μεγάλη σημασία η κοινή αντίληψη και κατανόηση (Rochelle & Teasley 1995). Έρευνες που κατευθύνονται από μια κοινωνιογλωσσολογική προοπτική δείχνουν πως ο ρόλος της γλωσσικής επικοινωνίας είναι καθοριστικός στην επίτευξη μάθησης, αφού μέσω της γλώσσας οι μαθητές εισάγονται και έρχονται σε επαφή με τα πολιτισμικά εργαλεία της ευρύτερης κοινότητας (Vygotsky 1978, Lemke 1990, Wertsch 1991). Για τον Vygotsky, που δίνει έμφαση στη δόμηση γνώσης ως μια κοινωνική διαδικασία και έμφαση στον θεμελιώδη ρόλο της γλώσσας και της συζήτησης στο σχηματισμό εννοιών, η κατανόηση έχει κοινωνική προέλευση και η συζήτηση συνομηλίκων με ενήλικες και πιο ικανούς συνομηλίκους θεωρείται η βάση για την συνεπαγόμενη μάθηση. Η αλληλεπίδραση μεταξύ συνομηλίκων οδηγεί σε υψηλότερες νοητικές λειτουργίες και βελτιώνει την ατομική επίδοση των μαθητών. Η γνώση αναδύεται από ένα δίκτυο αλληλεπιδράσεων, διαμοιράζεται και διαμεσολαβείται μεταξύ των παραγόντων (άτομα και εργαλεία) που αλληλεπιδρούν (Cole & Wertsch, 1997). Από την προοπτική του Vygotsky το πιο ικανό μέλος μπορεί να αποδειχθεί αυτό που έχει μεγαλύτερη εξοικείωση με υλικά και, καθώς συνεργάζεται με άλλους ανθρώπους, κάνει αισθητές τις νέες ιδέες (Carter et al. 1999). Ο Lemke (1990) αναφέρει πως η εισαγωγή σε ακαδημαϊκά αντικείμενα είναι στην ουσία εισαγωγή σε μια εξειδικευμένη χρήση της γλώσσας. Με βάση μια τέτοια άποψη, τα παιδιά μαθαίνουν Φυσικές Επιστήμες δρώντας, επικοινωνώντας και ανταλλάσσοντας απόψεις με τα υπόλοιπα μέλη της κοινότητας. Ο Sutton (1992) θέλοντας να τονίσει τη σημασία της ενεργού συμμετοχής των μαθητών σε συζητήσεις και διάλογους σε ένα συνεργατικό μαθησιακό περιβάλλον αναφέρει χαρακτηριστικά: *«Εάν οι μαθητές δε συζητήσουν οι ίδιοι Φυσικές Επιστήμες, δε θα μάθουν ποτέ Φυσικές Επιστήμες... το πείραμα αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο των Φυσικών Επιστημών, το ίδιο όμως απαραίτητο είναι το γράφημα και η συζήτηση»*. Ο Crook (1994) αναγνωρίζει τη σύγκρουση και την συνεργατική δόμηση κατά την αλληλεπίδραση συνομηλίκων ως δυο ενδιαφέροντα γνωστικά κέρδη της συνεργασίας συνομηλίκων. Ο ίδιος σημειώνει ότι η διαπροσωπική σχέση των παιδιών κατά το συμβολικό παιχνίδι εξελίσσεται σε μια αμοιβαία κατανόηση και κοινή γνώση και τονίζει ότι στο συμβολικό παιχνίδι των παιδιών ο υλικός κόσμος παίζει κρίσιμο ρόλο στο συντονισμό των δραστηριοτήτων και στη δημιουργία ενός κοινού πλαισίου συνεργασίας. Ο παραπάνω ερευνητής τονίζει ότι ο υλικός κόσμος παίζει σπουδαίο ρόλο στις συνεργατικές διαδικασίες. Ιδιαίτερα οι υπολογιστές προσφέρουν μια πλούσια βάση αναφοράς για ποικίλες καταστάσεις άγκυρας (anchors), όταν τα παιδιά μοιράζονται, για παράδειγμα την εμπειρία της προσομοίωσης σε έναν υπολογιστή. Η εμπιστοσύνη μεταξύ των μετεχόντων, το πλούσιο υλικό από εξωτερικές πηγές αναφοράς, όπως οι υπολογιστές, αποτελούν χαρακτηριστικά της συνεργασίας κατά τον Crook (1998). Ο Engeström αναφέρει ότι σημασία έχουν επίσης ο συντονισμός, η συνεργασία και η μεταγνωστική επικοινωνία, που υπερβαίνει τα όρια της αμοιβαίας εμπλοκής. Οι Marton & Booth (1997) ανέπτυξαν μια θεωρία που αφορά τη δομή της ανθρώπινης ενημερότητας στην οποία κατά την εμπειρία με ένα φαινόμενο βασικές όψεις έρχονται στο



προσκήνιο, γίνονται σχήματα και θεματοποιούνται, ενώ άλλες όψεις υποχωρούν στο περιθώριο και παραμένουν σιωπηλές. Η μάθηση προκύπτει από την εμπειρία με την ποικιλία που κάνει ικανές βασικές κριτικές όψεις να έρθουν στην ενημερότητα ταυτόχρονα. Η ποικιλία είναι απαραίτητη συνθήκη για αποτελεσματικές επιλογές - διακρίσεις και ο κύριος μηχανισμός μάθησης. Η έννοια της ποικιλίας στην εμπειρία εξηγεί γιατί οι συνεργατικές συγκρούσεις στη λύση προβλήματος στη μάθηση επιστήμης είναι περισσότερο ωφέλιμες από την συνεργατική δόμηση. Στις συγκρούσεις οι μαθητές αντιμετωπίζουν εναλλακτικές προτάσεις καθώς θεωρούν τις φυσικές αρχές και / ή τις στρατηγικές που εφαρμόζονται στη λύση προβλήματος. Οι ποικίλες κριτικές όψεις και αρχές προβληματικής κατάστασης έρχονται στην ενημερότητα, γίνονται διακριτές και διευκολύνουν τη μάθηση.

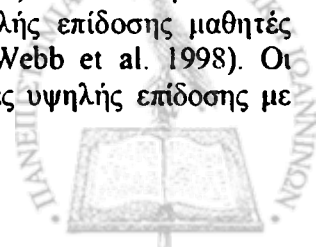
Μελέτες που εστιάζουν στην δόμηση της γνώσης σε τάξεις που αλληλεπιδρούν δάσκαλοι με μαθητές και μαθητές με μαθητές, παρέχουν αποδείξεις για απόκτηση γνώσεων σε γενικές και σε συγκεκριμένες επιστημονικές περιοχές ως μια διαδικασία επιπολιτισμού σε σημασιές ειδικών συζητήσεων (Edwards & Mercer 1987). Η σπουδαιότητα της συνεργασίας των μαθητών στην διευκόλυνση της μάθησης έχει δείχθει με μελέτες (Howe et al. 1990) και έχει ενσωματωθεί στις παιδαγωγικές πρακτικές κατά τη διδασκαλία επιστήμης. Οι συζητήσεις συνομηλικών προσφέρουν στους μαθητές την ευκαιρία να δομήσουν νέους δρόμους κατανόησης με συνεργατική διαπραγμάτευση των συλλογισμών τους. Η συζήτηση είναι ενδιαφέρουσα για μοίρασμα, διευκρίνιση και κατανομή γνώσης μεταξύ των μελών της ομάδας ενώ η διατύπωση ερωτήσεων και υποθέσεων, οι εξηγήσεις και διατύπωση ιδεών είναι όλα ενδιαφέροντες μηχανισμοί στη συζήτηση (Bargh and Schul 1980, Rivard & Straw 2000). Για τον Toulmin (1958) η επιχειρηματολογία περιλαμβάνει ισχυρισμούς, υποστηρικτικά δεδομένα, δικαιολόγηση και τεκμηρίωση ενώ οι Osborne et al. (2004) προτείνουν δόμηση και βελτίωση της επιχειρηματολογίας αυτής στην τάξη κατά τη διδασκαλία Φυσικών επιστημών. Οι μαθητές που δουλεύουν συνεργατικά αναπτύσσουν περισσότερο επιστημονικά ορθές έννοιες από ότι αυτοί που δουλεύουν μόνοι τους. Η συνεργασία ομηλικών βοηθά τους μαθητές να ξεπεράσουν εναλλακτικές απόψεις, όταν η συνεργασία σε ομάδες σχεδιάζεται για να εμπλέκει μαθητές σε αλληλεπίδραση συμφωνίας και διαφωνίας (Lumpre & Staver 1995). Οι Heller et al. (1992) ερεύνησαν τους παράγοντες που επηρεάζουν τη λύση προβλήματος από άτομα και ομάδες και βρήκαν ότι οι μαθητές που εργάστηκαν σε ομάδες σημείωσαν καλύτερη επίδοση και σε ερωτήσεις ποιοτικής ανάλυσης ενώ οι μαθητές παρουσίασαν χαρακτηριστικά έμπειρου λύτη. Για όλους τους μαθητές που συμμετείχαν σε ομάδες βελτιώθηκε με τον χρόνο η επίδοση σε ατομική λύση προβλήματος αλλά σε πολύ δύσκολα προβλήματα δεν έδειξαν ατομική βελτίωση, αν και αυτά είχαν λυθεί στην ομάδα. Βελτίωση παρουσίασαν και οι καλοί μαθητές και η διαδικασία ήταν και για αυτούς χρήσιμη.

Μελέτες που εστιάζουν σε κοινωνικές διαδικασίες δόμησης της γνώσης σε ομαδικό περιβάλλον δείχνουν ότι συζητήσεις συνομηλικών σχετικά με ένα θέμα συνδέονται με τη διαπραγμάτευση της αλληλεπίδρασης σε κοινωνικό πλαίσιο. Οι διαθέσεις και οι συμπεριφορές των σπουδαστών εξαρτώνται από την ποικιλία των κοινωνικών και συναφών παραγόντων που λειτουργούν σε σχολικές τάξεις (Barnes & Todd 1977, Edwards & Mercer 1987). Ερευνώντας τα αποτελέσματα της σύγκρουσης σε μικρές ομάδες οι Petter- Clermont, et al. (1991) βρήκαν ότι η προθυμία των μαθητών να αναγνωρίζουν και να διαπραγματεύονται καταστάσεις, που μπορεί να εμπλέκουν κοινωνικές αντιπαραθέσεις, εξαρτάται από τις αντιλήψεις και τις ερμηνείες των σκοπών και του περιβάλλοντος μάθησης και της μαθησιακής κατάστασης. Οι μαθητές που ήταν κιόλας επιδέξιοι στην δόμηση επιστημονικής επιχειρηματολογίας συμμετείχαν περισσότερο και εξασκούσαν και ανατροφοδοτούσαν (Eichinger et al. 1991). Επιπλέον οι μαθητικές δυσκολίες φαίνεται να προέκυπταν και από τις αντιληπτικές απαιτήσεις της εργασίας και από την έλλειψη κοινά κατανοητών στάνταρς της επιστημονικής επιχειρηματολογίας και συνεργασίας συνομηλικών. Άλλες μελέτες που ερεύνησαν την κοινωνική δυναμική μεταξύ συνομηλικών, οι οποίοι εμπλέκονταν σε συζητήσεις ομάδων σχετικά με την επιστήμη, προτείνουν ότι οι δυναμικές των ομάδων που σχετίζονται με επρροές ομηλικών και αντιλήψεις μαθητών δικές τους και ικανότητες άλλων, επηρεάζουν ατομικές στάσεις και αλλαγές απόψεων και μπορούν κάποιες φορές να



οδηγήσουν ομηλικούς σε πισωγυρίσματα στους συλλογισμούς τους (Solomon 1989, Bivens 1990, Tudge 1989). Η αλληλεπιδραστικότητα στην ομάδα ισχυροποιεί και σχετίζεται με την αποτελεσματικότητα της μάθησης. Η ομαδική επίδοση, η ομαδική δραστηριότητα καθώς και η συμμετοχή κάθε υποκειμένου σχετίζονται με την ατομική επίδοση. Υπάρχει μια ποικιλία στη φύση της αλληλεπίδρασης και ανταλλαγής πληροφοριών και δυο ρόλοι: μάθησης και διευκόλυνσης μάθησης (Stamoniatis et al. 2006). Αποδείξεις συσχέτισης της συμπεριφοράς των ομηλικών στις ομάδες (ποσό λεκτικής συμμετοχής, δίνοντας και λαμβάνοντας εξηγήσεις κ.λ.π.) και της συνεπαγόμενης μάθησης παρέχονται επίσης από έρευνες που εστιάζονται στα αποτελέσματα των διαφορετικών συνθηκών αλληλεπίδρασης σε ατομική μάθηση (Webb 1989, Bennett 1991). Ωστόσο δεν εσωτερικοποιούνται ατομικά από τα μέλη της ομάδας όλες οι όψεις της ομαδικής δουλειάς. Διαφορετικοί τύποι ομάδων, όσον αφορά το επίπεδο ικανότητας, φύλο, και αριθμό συμμετεχόντων, επιδρά στους τρόπους ομαδικής συζήτησης και επίσης στην ατομική μάθηση. Η μάθηση σε μικρές ομάδες επηρεάζεται από μια ποικιλία μεταβλητών. Σε αυτές περιλαμβάνεται το γνωστικό επίπεδο των συμμετεχόντων, η πολυπλοκότητα της εργασίας (Hooper & Hannafin 1988), η προσωπικότητα των αλληλεπιδρούντων (Jones et al. 2000, Windschitl 2001), η σύνθεση της ομάδας ως προς το φύλο (Webb 1991, Rivard & Straw 2000), και η αντιληπτική εμπειρία (Carter et al. 1999). Η προηγούμενη γνώση επηρεάζει την ανάπτυξη γνώσης στη διάρκεια της συζήτησης και σχετίζεται πιθανόν με αναλογία επικοινωνίας σχετικά με το θέμα (Gijlers & de Jong 2005). Οι υποκείμενες ιδεολογίες και οι υποθέσεις assumptions σχετικά με την αποτελεσματικότητα της ομάδας παίζουν δευκοιλυτικό και ανασταλτικό ρόλο (Kittleson & Southerland 2004). Οι Tharp & Gallimore (1988) αναφέρουν πέντε χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα στην ομάδα όπως η προσωπικότητα των μελών, τα κίνητρα, τα γραπτά, οι απαιτήσεις της εργασίας και τα πιστεύω. Οι Zady et al. (2003) αναφέρουν ότι οι ευκαιρίες για ανάπτυξη εννοιών επηρεάζονται από τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, όπως δραστηριότητες επιστήμης, η δόμηση της μάθησης, σημασίες στα μαθήματα και συγκρούσεις πάνω σε έλεγχο.

Ωστόσο υπάρχει έλλειψη ομοφωνίας στην βιβλιογραφία για το βέλτιστο μέγεθος των ομάδων. Κάποιες έρευνες προτείνουν ότι η αλληλεπίδραση σε ζεύγη είναι αποτελεσματικότερη γιατί τα μέλη δεν παραιτούνται ούτε αφήνουν υπευθυνότητες σε άλλους (Webb 1989). Επιπλέον, η δουλειά των Kempa and Ayob (1991) προτείνει ότι ακόμη και για μεγάλες ομάδες η ανταλλαγή πολύ συχνά περιορίζεται σε δυο μέλη τη φορά. Άλλες μελέτες συμφωνούν ότι μεγαλύτερες ομάδες π.χ. τετράδες δίνουν στους μαθητές την ευκαιρία να θεωρήσουν ένα ευρύτερο φάσμα ιδεών άρα να μειώσουν την πιθανότητα να σβήσει σταδιακά η συζήτηση (Needham 1987). Σημαντική διαφοροποίηση σε επιδόσεις μαθητών ως συνέπεια του αν συμμετείχαν σε συζητήσεις σε ζεύγη ή τετράδες έδειξε έρευνα των Alexoroulou & Driver (1996). Η ανάλυση των διαλόγων σε ομάδες έδειξε ότι οι τρόποι που αλληλεπιδρούν κατά τη διαπραγμάτευση των απόψεών τους και τη διαχείριση των διαφωνιών τους σε ζεύγη είναι περισσότερο περιοριστικοί απ' ότι σε τετράδες. Όσον αφορά την πρόοδο στους συλλογισμούς τους, περισσότερο ενδιαφέρον έχει η προθυμία να είναι ανοιχτοί σχετικά με τις απόψεις τους και να αείρουν τις διαφωνίες τους στα πλαίσια των φυσικών συλλογισμών απ' ότι η ίση συμμετοχή στη συζήτηση. Για τις παραπάνω ερευνήτριες Alexoroulou and Driver η πιθανότητα πολλαπλών ερμηνειών από τους περισσότερο ικανούς ομηλικούς μπορεί να εξηγήσει τα ευρήματά τους ότι δουλεύοντας σε ομάδα τεσσάρων φαίνεται να είναι περισσότερο αποτελεσματικό από τη δυάδα. Αυξάνοντας τον αριθμό των μελών μπορούμε να αυξήσουμε τη πιθανότητα ότι ο πιο ικανός είναι παρών στην πλειονότητα ενδιαμέσων περιβαλλόντων. Υπάρχει ένδειξη ότι μαθητές μέσης επίδοσης, κερδίζουν από ομοιογενείς ομάδες (Lou et al. 1996, Webb 1982) και σε χαμηλής επίδοσης μαθητές φαίνεται ότι οι ανομοιογενείς ομάδες παρέχουν μεγαλύτερες ευκαιρίες για μάθηση (Carter & Jones 1994, Jones & Carter 1994, Webb et al. 1998). Ωστόσο υπάρχουν συγκρουόμενα αποτελέσματα από μελέτες που εξετάζουν την επίδραση της ομάδας σε μαθητές υψηλής επίδοσης. Κάποιες έρευνες αναφέρουν ότι δεν υπάρχουν πλεονεκτήματα από ομοιογενείς σχηματισμούς (Lou et al. 1996, Webb 1995). Αποτελέσματα από άλλες έρευνες προτείνουν ότι οι ομοιογενείς ομάδες παρέχουν σε υψηλής επίδοσης μαθητές δυνατότητες για διανοητική ανάπτυξη (Allan 1991, Fuchs et al. 1998, Webb et al. 1998). Οι Feldhusen and Moon (1992) ισχυρίζονται ότι ομαδοποιώντας τους μαθητές υψηλής επίδοσης με

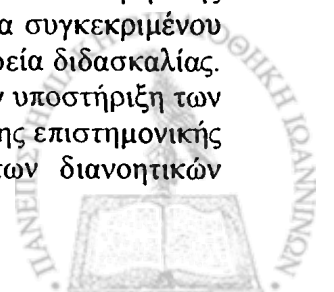


χαμηλής ή μεσαίας δεν μπορούν να βοηθήσουν αλλά καθυστερούν την πρόοδο στην εκμάθηση, επιπλέον μπορεί να σημειώσουν χαμηλή επίδοση και κίνητρα καθώς και χαμηλή διάθεση για το σχολείο. Robinson (1990) and Ellett (1993) προτείνουν ότι χρησιμοποιώντας χαρισματικούς μαθητές να διδάξουν άλλους είναι σαν να τους χρησιμοποιείς και τους στερείς τη μάθηση με πραγματική προσπάθεια. Οι Carter et al. (2003) συγκρίναν την επίδοση και τα γνωστικά κέρδη ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ενός υψηλής επίδοσης μαθητή με ένα υψηλής επίδοσης ή χαμηλής επίδοσης συνεργάτη. Τα αποτελέσματα δείχνουν μη σημαντική διαφοροποίηση στην επίδοση ανεξάρτητα από το επίπεδο επίδοσης του συνεργάτη και μόνο μια ελαφριά διαφοροποίηση στην εννοιολογική αναδιοργάνωση. Ο Rivard (2004) βρήκε ότι οι χαμηλής επίδοσης μαθητές ολοκληρώνουν περισσότερα προβλήματα και κατανοούν έννοιες όταν εμπλέκονται σε ζεύγη, σε αντίθεση με υψηλής επίδοσης που κερδίζουν περισσότερο από γραπτές εργασίες παρά από συζήτηση. Η συνεργασία σε ακραία ανομοιογενείς δυάδες είναι δύσκολη όταν ο υψηλής επίδοσης δεν έχει τη θέληση να δώσει σκαλωσιές στη ζώνη της επεικείμενης ανάπτυξης του μαθητή που σημειώνει χαμηλή επίδοση (Gijlers & de Jong 2005). Οι Basili & Sanford (1991) εξέτασαν πώς επιδρά η εργασία σε συνεργατικές ομάδες σε διαδικασία νοητικών αλλαγών πάνω σε θέματα διατήρησης της ύλης και ενέργειας και σε σωματιδιακές όψεις των στερεών, υγρών και αερίων. Η μελέτη έδειξε ότι οι σπουδαστές που εργάστηκαν σε ομάδες σημείωσαν σημαντικά χαμηλότερη αναλογία εναλλακτικών ιδεών σε σχέση με την ομάδα ελέγχου σε τέσσερις από τις πέντε έννοιες. Οι σπουδαστές που δεν παρουσίασαν νοητικές αλλαγές είχαν υψηλή συχνότητα λεκτικών υπαινισσόμενων συμπεριφορών που εμπόδιζαν τις νοητικές αλλαγές σε σχέση με αυτούς που άλλαξαν. Από την ποιοτική ανάλυση αναδύθηκαν τρεις παράγοντες που φαίνεται να επηρεάζουν την μάθηση: η προηγούμενη κατανόηση των προαπαιτούμενων εννοιών, οι προδιαθέσεις των σπουδαστών απέναντι στην μάθηση επιστήμης καθώς και ο ρόλος μαθητών που είχαν ηγετικό ρόλο στις ομάδες.

Τέλος οι Heller & Hollabaugh (1992), που εργάστηκαν πάνω στη λύση προβλήματος, προτείνουν ότι ομάδες τριών και τεσσάρων μελών δουλεύουν καλύτερα από τα ζεύγη καθώς η τριάδα είναι αρκετά μεγάλη για μοίρασμα ιδεών και αρκετά μικρή για διευθέτηση προβλημάτων ώστε να συμμετέχουν όλοι. Οι μικτών ικανοτήτων ομάδες (υψηλό, μεσαίο, χαμηλό επίπεδο ικανότητας) δουλεύουν καλά όσο και οι ομάδες υψηλών μόνο ικανοτήτων και καλύτερα από ομάδες μόνο με χαμηλές ή μόνο με μεσαίες ικανότητες. Οι μικτές ομάδες από δυο κορίτσια και ένα αγόρι δουλεύουν καλύτερα από ομάδες ενός κοριτσιού και δυο αγοριών. Η φυσική διάταξη των μαθητών επηρεάζει την λειτουργία των ομάδων. Χρειάζεται διευθέτηση προβλημάτων όπως αυτά που προκύπτουν από κυρίαρχες προσωπικότητες και αποφυγή συγκρούσεων. Όταν η εργασία είναι δύσκολη, απαιτείται εκχώρηση, ορισμός και εναλλαγή ρόλων. Η λειτουργία των ομάδων διευκολύνεται όταν τα μέλη αυθόρμητα υιοθετούν μια ποικιλία ρόλων και συζητούν για την καλή λειτουργία της ομάδας. Είναι απαραίτητη η ανάπτυξη ατομικής και ομαδικής υπευθυνότητας και θετικής αλληλεξάρτησης. Ο Κόκκοτας (2002) αναφέρει ότι μια συνεργατική ομάδα πρέπει να είναι ετερογενής με σύνθεση προσεχτικά επιλεγμένη, να θέτει και ατομικούς και ομαδικούς στόχους, να καλλιεργεί τη θετική αλληλεξάρτηση και την ατομική και συλλογική ευθύνη. Η λεκτική αλληλεπίδραση πρέπει να είναι πρόσωπο με πρόσωπο και κάθε μαθητής θα πρέπει να συνεισφέρει σύμφωνα με τις δυνατότητές του. Ο δάσκαλος εποπτεύει την εργασία των ομάδων. Η ανατροφοδότηση και η συζήτηση για τις διαδικασίες που ακολουθήθηκαν είναι απαραίτητες όπως και η αποκέντρωση εξουσίας.

1.8. Θεωρητικές παραδοχές της παρούσης εργασίας

Στην παρούσα εργασία αποδεχόμαστε τις πιο ώριμες όψεις της εποικοδομητικής διδασκαλίας, όπως σκιαγραφήθηκαν από Scott et al. (1994). 1. Για τη διδασκαλία συγκεκριμένου θέματος από την άποψη του εποικοδομισμού δεν υπάρχει μοναδική μέθοδος ή πορεία διδασκαλίας. Όποια διδακτική προσέγγιση υιοθετηθεί, η διδασκαλία θα πρέπει να στοχεύει στην υποστήριξη των μαθητών να κάνουν συνδέσεις μεταξύ των υπάρχοντων δικών τους απόψεων και της επιστημονικής άποψης, έτσι που να παρέχουν στους μαθητές ενόραση – βαθιά γνώση των διανοητικών



απαιτήσεων για ανάπτυξη των επιστημονικών απόψεων. Αναγνωρίζονται τα κοινά στοιχεία στις απόψεις μαθητών και επιστήμης και η διδακτική στρατηγική εμπλέκει έκθεση των μαθητικών αρχικών σκέψεων και χρήση αυτών ως αρχικά σημεία για την διδασκαλία π.χ. χρησιμοποιώντας γεφυρωποιές αναλογίες όπως προτείνεται από τον Clement et al. (1989). Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν τέτοια κοινά στοιχεία, η διδασκαλία πρέπει βοηθά τους μαθητές να δομήσουν μια επιστημονική άποψη πριν αποδεχτούν εναλλακτικές ερμηνείες (Rowell and Dawson 1985). 2. Η διδασκαλία εμπλέκει εγκατάσταση μιας επιχειρηματολογίας για την επιστημονική άποψη, η οποία είναι πιθανόν να εμπλέκει εμπειρικά ευρήματα αλλά υπερβαίνει αυτά για να βοηθήσει τους μαθητές να δομήσουν συγκεκριμένους τρόπους να "βλέπουν" τα πράγματα ανάλογους με αυτούς που υιοθετούνται από την επιστημονική κοινότητα. Ο δάσκαλος αναπτύσσει μια αφηγηματική εισαγωγή της επιστημονικής άποψης στην οποία υποστηρικτικές αποδείξεις χρησιμοποιούνται ως πηγή τροφοδότησης και νέα μοντέλα εκφράσεων δοκιμάζονται μέσω της ομιλίας στην τάξη. Αφού η επιστημονική άποψη είναι από μόνη της κοινωνικά δομημένη μέσα στην επιστημονική κοινότητα, η μάθηση επιστήμης απαιτεί οι μαθητές να κοινωνικοποιούνται σε νέο τρόπο θεώρησης. 3. Διδασκαλία ενημερωμένη από την κατασκευαστική άποψη αναγνωρίζει ότι και οι πρακτικές δραστηριότητες και η συζήτηση αυτών μπορεί να ερμηνεύεται από τους μαθητές με τρόπους που διαφέρουν από τους σκόπιμους. Ακόμα και όταν τα επιχειρήματα έχουν φαινομενικά αναπτυχθεί μέσω της συζήτησης στην τάξη, αυτό δεν σημαίνει ότι τα άτομα έχουν αίσθηση αυτών. Η διδασκαλία πρέπει να εμπλέκει μια διαδικασία τακτικής ανατροφοδότησης και ελέγχου για να αναγνωρίζει ποια συλλογιστική χρησιμοποιείται από τους μαθητές έτσι που οι διδακτικές δραστηριότητες μπορούν να προσαρμοστούν αναλόγως.

Όσον αφορά την ανάπτυξης εννοιών, αποδεχόμαστε την άποψη του Vygotsky, που τοποθετείται στην πλευρά του κοινωνικού εποικοδομισμού. Μια τέτοια άποψη αποδέχεται τις ιδέες των παιδιών ως αρχικό σημείο με σκοπό την επέκταση της γνώσης τους μαθαίνοντας να τις χρησιμοποιούν ευέλικτα, εφαρμόζοντας αυτή σε περισσότερες καταστάσεις και ουσιαστικά ολοκληρώνοντας αυτές σε ένα σύστημα περισσότερο ευρύτερων περιεκτικών εννοιών. Οι μαθητές αποκτούν κατανόηση καθώς συνδέουν σταδιακά τις καθημερινές εμπειρίες τους με περισσότερο δομημένες εμπειρίες που έχουν στο σχολείο. Με αυτό τον τρόπο το κοινωνικοπολιτισμικό περιβάλλον και του καθημερινού κόσμου και του κόσμου του σχολείου επηρεάζει πώς θα δομηθεί τελικά η γνώση. Μια τέτοια άποψη δεν είναι τόσο σύμφωνη με το μοντέλο νοητικών αλλαγών, που θεωρεί ότι τα παιδιά έρχονται στο σχολείο με παρανοήσεις ή εναλλακτικές απόψεις σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα, και αυτές οι παρανοήσεις πρέπει να εκμιαευτούν και να αντικρουστούν ή προκληθούν. Στο μοντέλο νοητικών αλλαγών παρέχονται νέες πληροφορίες μέσω επίδειξης, πειραματισμού και άλλα μέσα με σκοπό να προκαλούν νοητική σύγκρουση, που οδηγεί τα παιδιά να αναγνωρίσουν ασυνέπειες και μετά να τις συμβιβάζουν αποδεχόμενοι μια περισσότερο λογική και γενική άποψη (Nussbaum & Novick 1982, Osborne & Freyberg 1985, Posner et al. 1982). Στο μοντέλο, που αποδέχεται την άποψη ανάπτυξης εννοιών κατά Vygotsky, ο σκοπός της εκμιαύσης των ιδεών ως ένα μέρος της εργασίας στην τάξη δεν προκαλεί απευθείας τις αρχικές ιδέες των μαθητών αλλά στοχεύει περισσότερο στην εγκατάσταση μιας βάσης πάνω στην οποία θα δομηθεί η νέα γνώση ή ένα σημείο εισόδου σε ένα σύστημα σχέσεων που είναι ουσιαστικό να κατανοήσουν. Έτσι ένα τέτοιο μοντέλο δεν είναι συγκρουσιακό και βασίζεται περισσότερο στη συζήτηση και λιγότερο στην ισχύ της εμπειρίας της τάξης να αλλάζει καθημερινές αντιλήψεις των παιδιών ή τη γνώση κοινής λογικής. Κατά τη διαδικασία οικοδόμησης νοήματος επιχειρούμε τη διεύρυνση του εμπειρικού πεδίου αναφοράς (Martinand 1986, Martinand et al. 1996 in Σολομωνίδου 2006). Σε μια τέτοια διαδικασία η βάση των αρχικών ιδεών των μαθητών χρησιμεύει ως αρχικό επίπεδο αναφοράς των παιδιών το οποίο μπορεί να διευρυνθεί ως προς τα στοιχεία της εμπειρικής πραγματικότητας (νέα υλικά, νέα φαινόμενα, νέες διαδικασίες κ.λ.π.) και ως προς τις εννοιολογικές κατασκευές (νέες έννοιες, νέες κατηγορίες, νέες κανονικότητες κ.λ.π.). Η διεύρυνση του εμπειρικού πεδίου αναφοράς των μαθητών είναι αναγκαία για την οικοδόμηση της επιστημονικά αποδεκτής γνώσης και επιτυγχάνεται μέσα από σταδιακές διευρύνσεις και διαδοχικές προσεγγίσεις. Πρέπει να ληφθεί υπ' όψη ότι τα παιδιά χρειάζονται χρόνο να συνηθίσουν και να αποδεχτούν νέες ιδέες και άλλους τρόπους κατανόησης φαινομένων που προτάθηκαν από δάσκαλο ή άλλους μαθητές, και ότι



τα παιδιά χρειάζονται χρόνο να κινηθούν πίσω και μπρος μεταξύ καθημερινών εννοιών και επιστημονικών ταιριάζοντάς τες, απορρίπτοντας κάποιες και αποδεχόμενοι άλλες. Η βιωματική γνώση των παιδιών δεν μπορεί να αντικατασταθεί από την επιστημονική, σε θέματα όπως η ατομική και μοριακή δομή που οι μαθητές δεν έχουν άμεση εποπτεία, αλλά μπορεί να εμπλουτιστεί ή να τροποποιηθεί, να ανακατασκευαστεί. Τη διαδικασία της ανακατασκευής αποδέχεται και ο Sutton (2002) και οπαδοί της τάσης της Εποικοδόμησης η οποία κινείται στην κατεύθυνση της υπερίσχυσης του κοινωνικού στοιχείου και της γλώσσας στην κατασκευή των νοημάτων και εννοιών όπως η Solomon. Δεν πιστεύουμε ότι οι ιδέες αντικαθίστανται από άλλες σωστότερες, τουλάχιστον μετά από τον περιορισμένο αριθμό μαθημάτων, αλλά ούτε θεωρούμε ότι μπορούμε να τις βελτιώσουμε σταδιακά στο πνεύμα του επαγωγικού εμπειρισμού. Η διδακτική παρέμβαση πρέπει να είναι η οργάνωση του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές, με την βοήθεια των εργαλείων που τους προσφέρουν οι αντίστοιχες επιστήμες και που με συστηματικό τρόπο τίθενται στη διάθεσή τους, επεξεργάζονται κριτικά τις πρώτες ιδέες τους για τον κόσμο και τις ανασκευάζουν, τις ανακατασκευάζουν, με νέες έννοιες και σε ένα νέο πλαίσιο σημασιών. Σε μια τέτοια διαδικασία η γνώση δεν μεταφέρεται, δεν μεταδίδεται αλλά οικοδομείται κάθε φορά και για κάθε μαθητή εκ νέου όπως προτείνεται από Κουζέλης (1992 σελ. 191 κ. ε.). Η διαδικασία αυτή δίνει τη δυνατότητα στον μαθητή να ελέγχει με τις νέες γνώσεις τις αρχικές του εμπειρικές παραστάσεις και καθώς η αξιολόγηση των δυο προσεγγίσεων, καθημερινών και επιστημονικών, είναι διαφορετική, οδηγεί σε αντιπαράθεση που κάνει φανερή και την ανεπάρκεια των ερμηνειών που πηγάζουν από την εμπειρικό βιωματική γνώση, όσο και τον μη αποκλειστικό και μη πλήρη χαρακτήρα των εξηγήσεων. Ο μαθητής πρέπει να είναι σε θέση να πει: "αυτό που νόμιζα δεν ισχύει, και στην πραγματικότητα πρόκειται για το εξής", ή "αυτό που έλεγα δεν στέκει, και θα έπρεπε κανονικά να λέμε το εξής", έστω και αν όπως συμβαίνει συνήθως σε όλους μας, εξακολουθεί να λέει το ίδιο και να αντιδρά με τον ίδιο τρόπο στην καθημερινή ζωή, όπως πριν τη διδασκαλία. Σε μια τέτοια διαδικασία ο δάσκαλος χρειάζεται να γνωρίζει τις ιδέες των παιδιών, τη δομή και την εσωτερική λογική τους, αλλά και να διαθέτει ουσιαστική γνώση της επιστήμης που διδάσκει, για να μπορεί να μεταφέρει την εσωτερική δομή της επιστήμης, το τρόπο με τον οποίο συνδέονται και ορίζονται οι έννοιές της και τον τρόπο που εφαρμόζονται οι μέθοδοί της. Πρέπει να διαθέτει επίσης και τη διδακτική ικανότητα να οδηγήσει τις ιδέες των μαθητών λίγο πολύ σε αδιέξοδο ή κάτι που είναι η άλλη πλευρά του ίδιου νομίσματος, να μπορεί να τους αιφνιδιάσει. Η μάθηση αρχίζει εκεί που τελειώνει η επάρκεια των κοινών τόπων, των στερεοτύπων, των καθημερινών ερμηνειών, των προφανών απαντήσεων, εκεί που διαπιστώνει ότι τα πράγματα δεν είναι ακριβώς όπως τα περίμενε, πως δεν ξέρεי τι συμβαίνει, εκεί που συνειδητοποιεί την άγνοιά του. Η δημιουργία των συνθηκών για τη διαπίστωση αυτή είναι ευθύνη όχι μόνο του εκπαιδευτικού αλλά και του αναλυτικού προγράμματος.

Στην εργασία μας και σε μια ομάδα, την Πειραματική ομάδα 2 (Π2), η συγκρότηση της γνώσης με κοινωνική αλληλεπίδραση παρατηρείται στην οριζόντια αλληλεπίδραση μεταξύ συνομηλίκων. Στην οριζόντια αλληλεπίδραση τα κίνητρα των μελών να ανακαλύψουν τις ιδέες τους τείνουν να είναι φυσικά και ισχυρά, γιατί δεν υπάρχουν έγκυρες και σωστές απαντήσεις, επομένως τα μέλη εκφράζουν άφοβα μια ποικιλία ιδεών, που θα επιλεγούν, θα ταξινομηθούν και θα γίνουν αντικείμενα αλληλεπίδρασης. Μια οριζόντια σχέση δεν αποκλείει την πιθανότητα μερικά μέλη να είναι πιο ικανά από άλλα τη δεδομένη στιγμή. Εξάλλου οι ρόλοι των μελών στην αλληλεπίδραση μεταβάλλονται. Θεωρούμε ότι κατά την παραπάνω αλληλεπίδραση η δυάδα δεν αποτελεί τον καλύτερο συνδυασμό και η παρουσία τρίτου μέλους είναι ένα ουσιαστικό στοιχείο ομαδικής διαδικασίας μέσω της οποίας δομείται η γνώση. Τα δυο μέλη σπάνια αγνοούν ένα ακροατήριο ή άλλο τρίτο μέλος. Το ακροατήριο εντείνει τη συλλογική δόμηση της γνώσης για κοινωνικούς και γνωστικούς λόγους. Κοινωνικά το ακροατήριο καθιστά τη συζήτηση ζωηρότερη και με διάρκεια, γιατί η συζήτηση γίνεται διανοητικό παιχνίδι, όπου πρέπει να αποκτηθούν οπαδοί που θα σχηματίσουν πλειοψηφία. Γνωστικά το ακροατήριο ορίζει πια μέλη θα προτείνουν και θα αξιολογήσουν τις ιδέες. Το τρίτο μέλος προσφέρει, άμεσα ή έμμεσα, ενδείξεις για την αξιολόγηση των επιχειρημάτων που εκφράζει ο οπαδός και ο αντίπαλός του. Αυτοί μπορούν να εκτιμήσουν πόσο πειστικές είναι οι ιδέες τους παρακολουθώντας τις αντιδράσεις του ακροατηρίου. Επίσης για

επίτευξη εποικοδομητικής αλληλεπίδρασης στην ομάδα. Θεωρούμε απαραίτητη την αναζήτηση εξωτερικών πληροφοριών έξω από τα πλαίσια της ομάδας. Η εμπειρική απόδειξη, που προέρχεται από παρακολούθηση, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για τη διευκόλυνση της συλλογικής κατανόησης (Miyake 1986). Επίσης η δημιουργική αλληλεπίδραση στην ομάδα επιτυγχάνεται συχνά, όταν τα μέλη συζητούν για κάποιες σαφώς διατυπωμένες εναλλακτικές λύσεις που διαψεύδονται από τα εμπειρικά μέσα. Η δόμηση της γνώσης συχνά συμβαίνει, όταν η δραστηριότητα της ομάδας "εντάσσεται" σε συγκεκριμένο πλαίσιο. Αλλιώς το να καταλάβουν όλοι αυτό που συζητήθηκε απαιτεί πολλή προσπάθεια και κόστος. Οι άνθρωποι μπορεί να συμφωνήσουν (ή να διαφωνήσουν) πρόωρα με πολύ διαφορετικές ερμηνείες σχετικά με το θέμα. Η ομάδα δίνει περιθώρια για την ατομική απόκτηση γνώσης και διαθέτει περισσότερα στοιχεία και πληροφορίες από κάθε μέλος για επίλυση προβλημάτων. Κανένα μέλος δεν έχει πρόσβαση σε όλες τις πληροφορίες αλλά κάθε χωριστή πληροφορία την κατέχει τουλάχιστον ένα μέλος της ομάδας. Έτσι, αν συγκεντρωθούν οι πληροφορίες που κατέχουν τα μέλη, η ομάδα θα πετύχει την επίλυση προβλήματος με μεγαλύτερη επιτυχία απ' ό,τι τα άτομα μόνα τους. Ωστόσο η επίλυση προβλήματος από την ομάδα μπορεί να μην καταλήγει στην κατάκτηση του προϊόντος από όλα τα μέλη της. Αυτά μπορεί να μην είναι σε θέση να λύσουν μόνα τους το πρόβλημα, που έλυσαν ομαδικά. Ίσως χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες που κατέχουν για να το λύσουν, χωρίς αυτές να γίνουν μια καινούργια γνώση που θα τη μάθει το κάθε μέλος. Αυτό γιατί η γνώση δεν επινοήθηκε ή δεν διατυπώνεται με ένα σαφή και εύχρηστο τύπο για τα άτομα. Τα γνωστικά αποτελέσματα μιας ομαδικής εργασίας σχετίζονται και με τα κίνητρα των μελών. Η διαρκής δραστηριότητα αντίληψης των μαθητών ενισχύεται από το κοινωνικό κίνητρο ή ειδικότερα το κίνητρο της "προσωπικής καταξίωσης" όπως επίσης από το γνωστικό ή το κίνητρο της "επιστημονικής γνώσης". Το κίνητρο της προσωπικής καταξίωσης καθιστά τη δραστηριότητα κατανόησης των παιδιών πιο αποτελεσματική γιατί βοηθά στην εύχρηστη κατανομή έργου. Είναι δύσκολο για κάθε άτομο να συλλέξει επιχειρήματα και αντεπιχειρήματα για κάθε εναλλακτική λύση και να τα υποστηρίξει αμερόληπτα. Στη συλλογική δραστηριότητα κατανόησης δεν χρειάζεται αυτό. Αυτοί που υποστηρίζουν μια λύση, πρέπει να την υπερασπιστούν επεξεργαζόμενοι τους λόγους επειδή αυτοί που υποστηρίζουν τις άλλες λύσεις θα προσπαθήσουν να την κατακρίνουν. Απαντώντας στις κριτικές των άλλων μελών οι πιο ενεργητικοί υποστηρικτές θα σκεφτούν πειστικότερους και πιο σύνθετους λόγους από αυτούς που είχαν σκεφτεί στην αρχή ενώ διατηρούν μια σχετικά σταθερή στάση. Η υποστήριξη, που είναι δύσκολο να γίνει με αμιγή γνωστικά στοιχεία, ενδυναμώνεται με τις κοινωνικές ενδείξεις. Η αποτελεσματικότητα του επιχειρήματος που διατυπώνει κάποιος ή ο σύντροφός του μπορεί να κριθεί από το αν δημιουργεί σιωπηλούς αντιπάλους ή προσελκύει περισσότερους οπαδούς. Σε κάθε ομάδα κοινών απόψεων οι μαθητές συμπληρώνουν ή επεξεργάζονται αυτά που είπαν οι σύντροφοί τους. Οι διευκρινήσεις είναι περισσότερο πειστικές και λεπτομερειακές, αν και κάθε μαθητής προσθέτει λίγα στοιχεία. Η συζήτηση του θέματος στην ομάδα είναι πιθανόν να φέρνει τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν ότι η κατανόηση δεν είναι επαρκής και να νιώσουν έκπληξη ότι οι απόψεις τους δεν είναι επαρκείς ή ότι δεν έχουν συνοχή, άρα το επίπεδο κατανόησής τους δεν είναι ικανοποιητικό. Η ομάδα δίνει τις πληροφορίες και τα μέλη μπορούν να επεξεργαστούν ή να αναθεωρήσουν τις απόψεις τους, όταν γίνει η ανατροφοδότηση. Τα σιωπηλά μέλη προσπαθούν να βρουν ένα σύμμαχο που τους αντιπροσωπεύει επάξια. Ένας καλός σύμμαχος ή ένα μέλος που μιλά μπορεί να εκφράσει αυτά που το σιωπηλό μέλος προσπαθούσε να πει χωρίς επιτυχία και με τη σαφήνεια της έκφρασής του επιβεβαιώνει το κύρος του ισχυρισμού για τον κάθε ενδιαφερόμενο. Ένα τέτοιο μέλος όχι μόνο πείθει τους συνομιλητές αλλά τονώνει τους οπαδούς ότι βρίσκονται σε σωστό δρόμο (Gallimore & Tharp 1986, Tharp, R. & Gallimore, R. (1988).



ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Η ΜΟΡΙΑΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

Ερευνητικά δεδομένα

Η έρευνά μας



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

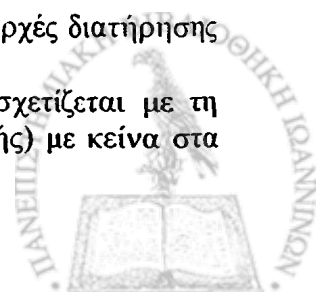
Το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης: ερευνητικά δεδομένα και διδακτικές προτάσεις

2.1. Επιστημολογία και σωματιδιακά μοντέλα

Τα σωματιδιακά μοντέλα αναπτύχθηκαν σε στενή αλληλεπίδραση με φιλοσοφικές και επιστημολογικές αντιλήψεις. Η Ιστορία Επιστημών κάνει φανερό ότι ήδη από την ελληνική αρχαιότητα αναπτύχθηκαν δυο διαφορετικά ρεύματα σκέψης για την ύλη και τις μεταβολές της, από τα οποία το ένα θεωρούσε την ύλη ως ασυνεχή, αποτελούμενη από άτομα και κενό μεταξύ τους, με εκπροσώπους τον Δημόκριτο και τον Λεύκιππο, ενώ το άλλο, με εκφραστή τον Αριστοτέλη, κυριάρχησε για δυο χιλιάδες χρόνια περίπου και δεχόταν ότι η ύλη είναι συνεχής και ότι στη φύση δεν υπάρχει κενό. Ο ατομισμός του Δημόκριτου θεμελιώθηκε πάνω σ' αυτή την "ορθολογική" άποψη, η οποία υπαινίσσεται ότι η υπόθεση σχετικά με το κενό και τα σωματίδια αναπαριστάνει την αλήθεια, ενώ το συνεχές της ύλης είναι μια παραπλάνηση των αισθήσεων. Από την άλλη μεριά ο "αντι - ατομισμός" του Αριστοτέλη, προήλθε από την "εμπειριοκρατική" άποψη, η οποία υπαινίσσεται ότι η ύλη έπρεπε να προσδιοριστεί ως κάτι το οποίο συλλαμβάνεται από τις αισθήσεις. Συνεπώς η διαφωνία μεταξύ εκείνων που θεωρούσαν την ύλη σωματιδιακή και εκείνων που ισχυρίζονταν ότι η ύλη είναι συνεχής προέρχεται από μια βαθιά φιλοσοφική διαμάχη. Οι σωματιδιακές απόψεις, αφού άρχισαν να αναβιώνουν κατά τον 16^ο και τον 17^ο αιώνα, διαμορφώθηκαν σε επιστημονική θεωρία στις αρχές του 19^{ου}, μέσα από την διατύπωση της ατομικής υπόθεσης από το Dalton. Είναι αξιοσημείωτο ότι το μεν πρώτο μισό του 19^{ου} αιώνα σηματοδεύτηκε από διαμάχες μεταξύ ατομικιστών και αντιπάλων της ατομικής θεωρίας, που δέχονταν ότι η ύλη είναι συνεχής, ενώ το δεύτερο μισό με διαμάχες μεταξύ ατομιστών και ενεργητιστών. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο Ostwald, από τους τελευταίους αντίπαλους της ατομικής θεωρίας, αποδέχτηκε την ατομική θεωρία μόλις στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, όταν είχαν ήδη συσσωρευτεί σημαντικές ενδείξεις για την ορθότητα αυτής της υπόθεσης (στο Σταυρίδου 1995).

Μια ανασκόπηση της εξέλιξης των σωματιδιακών μοντέλων από Βλάχος & Κόκκοτας δείχνει ότι:

- Η ιδέα για τη σωματιδιακή δομή του κόσμου είναι προγενέστερη του Δημόκριτου και το πεδίο γέννησής της είναι η φιλοσοφική αντιπαράθεση.
- Η ιδέα του άτμητου δομικού λίθου, όπως διατυπώθηκε από το Δημόκριτο, λειτούργησε ως πρότυπο - οδηγός για την εξέλιξη των Φυσικών επιστημών.
- Η ιδέα του άτμητου δομικού λίθου επαναδιατυπώθηκε πάρα πολλές φορές μέχρις ότου καταλήξει στην αυτοαναίρεσή της μέσα από την ισοδυναμία ενέργειας και μάζας και το δυϊσμό σωματίου - κύματος.
- Η ιδέα του άτμητου δομικού λίθου προσέφερε υπηρεσίες ενοποίησης, ώστε να αντιμετωπιστούν με ενιαίο τρόπο περιοχές φαινομένων που αρχικά φαίνονταν ανεξάρτητες. Σήμερα η Φυσική και η Χημεία συναντώνται στο πεδίο της Φυσικοχημείας, της τεχνολογίας των υλικών, της Αστρονομίας, της Μοριακής Βιολογίας, της φαρμακευτικής.
- Τα σωματιδιακά μοντέλα αναπτύχθηκαν σε στενή αλληλεπίδραση με φιλοσοφικές και επιστημολογικές αντιλήψεις, οι οποίες ενισχύθηκαν, επαναδιατυπώθηκαν ή αναιρέθηκαν μέσα από την εξέλιξή τους. Για παράδειγμα, την τελονομία του Αριστοτέλη διαδέχτηκαν η αιτιοκρατία της Μηχανοκρατικής περιόδου, η στατιστική προβλεψιμότητα, η αρχή της απροσδιοριστίας του Heisenberg και η αδυναμία της πρόβλεψης στη θεωρία του Χάους.
- Τα σωματιδιακά μοντέλα αναπτύχθηκαν σε συνδυασμό με τις ανάλογες αρχές διατήρησης (μάζα, φορτίου) και λειτούργησαν ως ερμηνευτικά μοντέλα.
- Η ανάπτυξη των εννοιών για την ύλη και τη σωματιδιακή της δομή σχετίζεται με τη δυνατότητα να συσχετιστούν στο επίπεδο της γλώσσας (γραπτής και συμβολικής) με κείνα στα



οποία αναφέρονται. Οι θέσεις του Δημόκριτου για τη γλώσσα, η επιτυχία του Αριστοτέλη με τον ορισμό και την κατηγοριοποίηση, η προσπάθεια του Lavoisier για την ονοματολογία, η απεικόνιση των ατόμων από το Dalton και η μαθηματική περιγραφή της σύγχρονης φυσικής δείχνουν την καθοριστική σημασία της αναπαράστασης των εννοιών (σε γλωσσικό και συμβολικό επίπεδο) στην εξέλιξη των ιδεών για την ύλη και τη δομή της.

Η ερμηνευτική ικανότητα του κάθε μοντέλου λειτούργησε ως εφόδιο των επιστημόνων, όταν το χρησιμοποιούσαν στη διερεύνηση των φαινομένων και ταυτόχρονα η ερμηνευτική του επάρκεια λειτούργησε ως εμπόδιο για την απόρριψή του (Βλάχος & Κόκκοτας 2000 155-209).

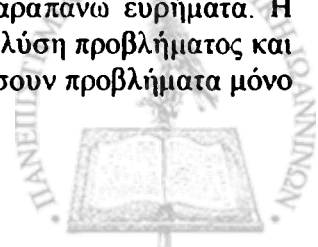
2.2. Σωματιδιακά μοντέλα της ύλης στην εκπαίδευση

2.2.1. Τα σωματιδιακά μοντέλα της ύλης στη διδασκαλία επιστήμης

Ένα στοιχειώδες σωματιδιακό μοντέλο της ύλης είναι παράδειγμα επιστημονικού μοντέλου που θα μπορούσε να αποτελεί τη βάση για τα νοητικά μοντέλα των μαθητών και να εξηγήσει φαινόμενα που εμπλέκουν μετασχηματισμούς της ύλης.

Αν και η ουσία της μοριακής κινητικής θεωρίας περιλαμβάνεται σε μια απλή πρόταση “η ύλη συνίσταται από μικρά σωματίδια, καλούμενα μόρια, που είναι σταθερά σε κίνηση” (Lee et al. 1993), έχει μεγάλο ενδιαφέρον για τη χημεία καθώς θεμελιώνει πολλές έννοιες (Driver 1994a). Η κατάλληλη κατανόηση της μοριακής φύσης της ύλης είναι ουσιαστική στην εκμάθηση των εννοιών χημείας (Duncan & Johnstone 1979, Anderson 1986, Hackling & Garnett 1986), την εκμάθηση των καταστάσεων της ύλης καθώς και των αλλαγών που συνδέονται με τη θέρμανση ή την ψύξη μιας ουσίας, όπως η θερμική διαστολή ή οι αλλαγές κατάστασης (Osborne & Cosgrove 1983, Bar 1989, Johnson 1998a, 1998b, 1998c, Parageorgiou & Johnson 2005). Αυτή η κατανόηση είναι επίσης ουσιαστική στη σύλληψη της φύσης και της σημασίας των καθημερινών φαινομένων, όπως η διαδικασία της διάλυσης των ουσιών (Longden et al. 1991, Blanco & Prieto 1997, Parageorgiou & Johnson 2005).

Οι μακροσκοπικές παρατηρήσεις δεν κατανοούνται χωρίς προσφυγή στην υποατομική αναπαράσταση των μοντέλων (Oversby 2000, Walton 1978). Ειδικότερα οι αισθητηριακές πληροφορίες που προέρχονται από χημικές διαδικασίες εξηγούνται με σωματίδια, τα οποία στη συνέχεια μετατρέπονται σε σύμβολα ή τύπους (Gabel et al. 1987, Johnstone 1991). Για τον Johnstone (1991) η Χημεία έχει τρεις συνιστώσες, την μακροσκοπική, την μικροσκοπική ή υποατομική και την συμβολική ή αναπαραστατική. Οι τρεις αυτές συνιστώσες μπορεί να παρασταθούν ως οι τρεις γωνίες ενός τριγώνου. Η μακροσκοπική συνιστώσα περιλαμβάνει χειροπιαστό, το ορατό και το χρήσιμο. Η υποατομική συνιστώσα αφορά τα άτομα, τα μόρια, την δομή, τους χημικούς δεσμούς, τις αλληλεπιδράσεις των μορίων. Τέλος η συμβολική συνιστώσα έχει να κάνει με τα σύμβολα, τις εξισώσεις και τους υπολογισμούς μέσω του μαθηματικού φορμαλισμού. Ενώ είναι εύκολο να σκεφτεί και να εργαστεί κανείς σε μακροσκοπικό επίπεδο, οι απαιτήσεις είναι πολύ υψηλές όταν περάσουμε σε άλλα επίπεδα. Οι περισσότεροι άνθρωποι που σκέφτονται χημικά, σκέφτονται μόνο σε μακροσκοπικό επίπεδο. Ο δάσκαλος της χημείας όμως σκέφτεται και στα τρία επίπεδα και η σκέψη του μπορεί να αναπαρασταθεί με μια σειρά σημείων στο εσωτερικό του τριγώνου σε θέσεις που εξαρτώνται από την αναλογία των τριών συνιστωσών. Ο Johnstone (1991) έχει τονίσει τη δυσκολία που έχουν οι σπουδαστές να λειτουργούν νοητικά στα τρία επίπεδα της χημείας, στο μακροσκοπικό, στο συμβολικό και ιδιαίτερα στο μικροσκοπικό επίπεδο και να μεταπηδούν νοητικά με ευκολία από το ένα επίπεδο στο άλλο. Με άλλα λόγια οι μαθητές αδυνατούν να μας παρακολουθήσουν στις περιπλανήσεις μας στο εσωτερικό του τριγώνου. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξε και ο Τσαπαρλής (1994), ο οποίος και πρότεινε μια μέθοδο διδασκαλίας της Χημείας που στηρίζεται στα τρία επίπεδα που προαναφέρθηκαν (Tsapalis & Georgiadou 1994). Υπάρχουν διάφορες εξηγήσεις για τα παραπάνω ευρήματα. Η απλούστερη είναι ότι η διδασκαλία εστιάζει στο συμβολικό επίπεδο και στη λύση προβλήματος και εξαντλείται σε συμβολικό επίπεδο. Οι μαθητές μπορεί να είναι ικανοί να λύσουν προβλήματα μόνο



με την μαθηματική τους ικανότητα και όχι απαραίτητα με την σχετική έννοια (Bunce et al. 1991). Άλλη εξήγηση είναι ότι, ακόμη και αν διδάσκεται η έννοια στα τρία επίπεδα, δεν γίνονται σημαντικές συνδέσεις και οι πληροφορίες παραμένουν κατακερματισμένες στην μακροχρόνια μνήμη των μαθητών. Μια τρίτη εξήγηση είναι ότι ακόμα και αν η χημεία διδάσκεται σε τρία επίπεδα και δίνεται έμφαση στις σχέσεις τριών επιπέδων, τα θεωρούμενα φαινόμενα δεν σχετίζονται με την καθημερινή ζωή των μαθητών. Οι μαθητές διαχωρίζουν τις γνώσεις που μαθαίνουν στο σχολείο με αυτές της καθημερινής ζωής. Η έμφαση κατά τη διδασκαλία στο μικροσκοπικό σωματιδιακό μοντέλο της ύλης φαίνεται να βελτιώνει την κατανόηση της χημείας στα τρία επίπεδα καθώς βοηθά να γίνουν συνδέσεις σε άλλα επίπεδα (Gabel 1993).

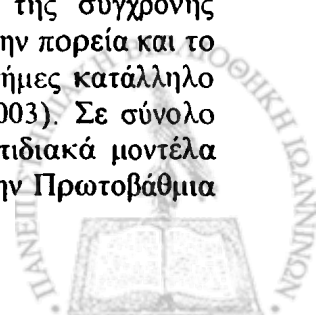
Οι de Vos & Verdonk (1996) επιχειρώντας να διευκρινίσουν τι θεωρείται ως ορθή επιστημονική αντίληψη της σωματιδιακής φύσης της ύλης στα πλαίσια της εισαγωγικής εκπαίδευσης στις επιστήμες στο μέσο σχολείο, έκαναν μια ανασκόπηση της ερευνητικής βιβλιογραφίας και συμβουλευτήκαν τους συγγραφείς διάφορων άρθρων. Τα ευρήματά τους συνοψίστηκαν σε 8 σημεία που, όταν ληφθούν μαζί, εμφανίζονται να αντιπροσωπεύουν "μια μέση και έγκυρη περιγραφή των σωματιδίων της στοιχειώδους εκπαίδευσης στις επιστήμες". Αυτά τα σημεία συνοψίζονται ως ακολούθως:

- Όλη η ύλη συνίσταται από οντότητες καλούμενες σωματίδια. Τα σωματίδια από μόνα τους είναι πολύ μικρά για να τα δεις. Συμπεριφέρονται ως σκληρές, στερεές τέλεια ελαστικές μπάλες και (εκτός από τις χημικές αντιδράσεις) ως αμετάβλητα αντικείμενα.
- Η κίνηση είναι ένα μόνιμο χαρακτηριστικό όλων των σωματιδίων, που στα αέρια και υγρά οδηγεί σε συχνή σύγκρουση των σωματιδίων. Υπάρχει μια απευθείας σχέση μεταξύ της θερμοκρασία μιας ποσότητας της ύλης και της μέσης κινητικής ενέργειας των σωματιδίων της.
- Σε ένα αέριο τα σωματίδια κατανέμονται εξ ίσου στον χώρο, ο άδειος χώρος μεταξύ των σωματιδίων είναι πολύ μεγαλύτερος από τον χώρο που κατέχουν τα σωματίδια αυτά καθ' εαυτά.
- Τα σωματίδια έλκονται μεταξύ τους αλλά το μέγεθος της έλξης ελαττώνεται γρήγορα με την απόσταση.
- Στα στερεά και τα υγρά τα σωματίδια είναι πολύ κοντά απ' ό,τι στα αέρια έτσι η κοινή έλξη είναι πολύ μεγάλη. Συνεπώς στα στερεά τα σωματίδια μπορούν μόνο να δονούνται γύρω από μια ορισμένη θέση, ενώ στα υγρά τα σωματίδια μπορούν να κινούνται από ένα μέρος στο άλλο.
- Διαφορετικές ουσίες συνίστανται από διαφορετικά σωματίδια. Όλα τα σωματίδια σε μια ουσία είναι ίδια. Ένα μίγμα ουσιών περιέχει σωματίδια από δυο ή περισσότερα είδη.
- Στο πλαίσιο των χημικών αντιδράσεων είναι απαραίτητο να κάνουμε διάκριση μεταξύ μορίων και ατόμων. Μια χημική αντίδραση λαμβάνεται ως επαναστασιοποίηση ατόμων. Τα άτομα από μόνα τους διατηρούνται, ενώ τα μόρια ενός ορισμένου είδους μετασχηματίζονται σε μόρια από άλλου είδους.
- Υπάρχουν περίπου 100 διαφορετικά είδη ατόμων. Κάθε άτομο αποτελείται από ένα πυρήνα με θετικό ηλεκτρικό φορτίο, που περιβάλλεται από αρνητικά φορτισμένα σωματίδια. Ο σχηματισμός χημικών δεσμών περιγράφεται με όρους κινητικότητας ηλεκτρονίων.

Παρά την απλή φύση της η κινητική θεωρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξηγήσει μια ποικιλία ιδιοτήτων της ύλης. Ωστόσο προκειμένου να εφαρμοστεί η θεωρία αποτελεσματικά, οι μαθητές χρειάζεται να έχουν μια μακροσκοπική θεώρηση των ιδιοτήτων της ύλης και των μετασχηματισμών της και μετά εισαχθούν στα σωματίδια και τη σχέση σωματιδίων και ενέργειας.

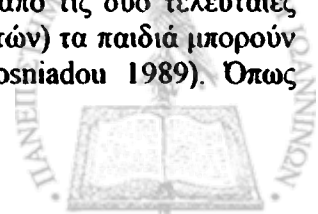
2.2.2. Το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης και τα προγράμματα σπουδών

Το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης είναι μια από τις κεντρικές ιδέες της σύγχρονης επιστήμης. Μαζί με τη ροή ύλης και την ενέργεια στα οικοσυστήματα καθώς και την πορεία και το σχήμα της γης η μοριακή κινητική θεωρία είναι κεντρικό περιεχόμενο στις επιστήμες κατάλληλο για τη μέση εκπαίδευση (Stern & Ahlgren 2002, Kesidou & Roseman 2002, 2003). Σε σύνολο πενήντα έξι χωρών και εβδομήντα οχτώ Αναλυτικών Προγραμμάτων τα σωματιδιακά μοντέλα βρίσκονται στην Κατώτερη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση σε ποσοστό 88% και στην Πρωτοβάθμια



Εκπαίδευση μόνο στις δέκα οχτώ χώρες (ποσοστό 23%) (Βλάχος 1999). Στο εκπαιδευτικό σύστημα της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης πολλών χωρών καθημερινά φαινόμενα συχνά περιγράφονται αλλά δεν εξηγούνται. Η απλή περιγραφή όμως δεν είναι επαρκής ένδειξη για την κατανόησή τους από τους μαθητές (Hogan & Thomas, 2001). Η κατανόηση των φαινομένων απαιτεί αναφορά σε άλλα φυσικά φαινόμενα, σε ιδιότητες της ύλης αλλά και σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αντικειμένων, σε έννοιες, σε διαδικασίες που αυτά περιλαμβάνουν και σχέσεις μεταξύ των συστατικών μερών τους καθώς και κατανόηση του μηχανισμού λειτουργίας των φαινομένων (Louca 2004, Papaenrigidou et al. 2007). Ερμηνεία φαινομένων που σχετίζονται με την ύλη και τους μετασχηματισμούς της δίνει το σωματιδιακό μοντέλο. Μάλιστα αν ένας μαθητής δεν μπορεί να καταλάβει τη μικροσκοπική δομή των ουσιών, δεν θα είναι και σε θέση να κατανοήσει τους μετασχηματισμούς της (Parageorgiou & Johnson 2005). Όμως η κατανόηση της σωματιδιακής δομής προκαλεί δυσκολίες στους μαθητές, όπως θα δούμε στην παράγραφο 2.4.3. Έτσι το περιεχόμενο της διδασκαλίας επιστήμης στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση περιορίζεται σε παρατηρήσεις και περιγραφές ενώ η σωματιδιακή φύση της ύλης αναβάλλεται για τις επόμενες βαθμίδες (Fensham 1994). Ο περιορισμός αυτός πιθανά να οφείλεται στην άποψη ότι τα θέματα αυτά, όπως η δομή της ύλης, είναι θεωρητικά και απαιτούν τυπική συλλογιστική (Shepherd & Renner 1982, Gabel et al. 1987). Σύμφωνα με τον Piaget (Piaget 1974) στην ηλικία των 10-12 ετών τα παιδιά, που βρίσκονται στο στάδιο των συγκεκριμένων λειτουργιών, δεν είναι σε θέση να χειριστούν αφηρημένα εννοιολογικά πλαίσια. Η μη ολοκλήρωση της αφαιρετικής σκέψης στις ηλικίες αυτές θεωρείται ότι αποτελεί ανυπέρβλητο εμπόδιο για την κατανόηση των φαινομένων, αφού κάτι τέτοιο θα προαπαιτούσε μια μικροσκοπική ανάλυση της δομής της ύλης (Fensham 1994). Κατά τους Stern & Ahlgren (2002) οι συγγραφείς NSES (National Science Education Standards, 1996) αναβάλουν την κινητική θεωρία μέχρι το ανώτερο σχολείο βασισμένοι στα ευρήματα ότι μόνο μισοί από τους μαθητές την μελέτη των Lee et al. (1993) καταλαβαίνουν πλήρως την κινητική μοριακή θεωρία. *“Θα μπορούσαμε να εισαγάγουμε άτομα και μόρια ή να βελτιώσουμε την κατανόηση των μαθητών σε αυτή την περιοχή έτσι που τα σωματίδια να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εξήγηση για τις ιδιότητες των στοιχείων και των ενώσεων. Ωστόσο, η χρήση αυτής της ορολογίας είναι πρόωρη για αυτούς τον μαθητές και μπορούν να εκτραπούν από την προσοχή από την κατανόηση που μπορεί να κερδηθεί από την παρατήρηση και την περιγραφή των ουσιών και των φυσικών και χημικών αντιδράσεων (p. 149).* Η Stern (2003) προτείνει να μην περικλείονται στα προγράμματα 6^{ης} ως 8^{ης} τάξης όροι όπως η κινητική ενέργεια των μορίων ή τα είδη της μοριακής κίνησης και οι νόμοι των αερίων, τα υποατομικά σωματίδια και η ποσοτική σχέση θερμοκρασίας και όγκου ενώ ο Shiland (2003) ισχυρίζεται ότι η κινητική μοριακή θεωρία είναι ένα κατάλληλο σύνολο κεντρικών ιδεών που θα μπορούσαν να εισαχθούν στο τέλος του κύκλου μαθημάτων 6^{ης} έως 8^{ης} τάξης.

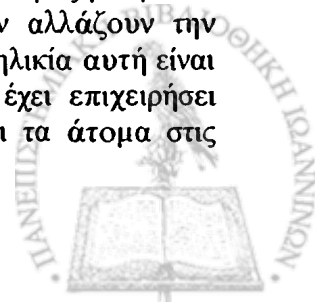
Ωστόσο η κριτική της πρόσφατης βιβλιογραφίας από τον Metz (1995) δείχνει ότι οι μαθητές του δημοτικού σχολείου είναι ικανοί για αρκετά σύνθετους και θεωρητικούς συλλογισμούς. Κατά τον Metz η ανάλυση της βιβλιογραφίας αποτυχαίνει να υποστηρίξει κάποια αναπτυξιακή λογική βάση για τη διδασκαλία επιστήμης στο δημοτικό που εστιάζει σε απευθείας αντιληπτικά και συγκεκριμένα και σε διαδικασίες παρατήρησης, σειροθέτησης, και ταξινόμησης. Επίσης δεν υποστηρίζει την αναστολή διδασκαλίας θεωρητικών εννοιών και ερευνών σε επόμενες βαθμίδες. Οι μαθητές είναι σε θέση να κατανοήσουν αφηρημένα εννοιολογικά πλαίσια αλλά δεν τα χρησιμοποιούν για την περιγραφή των φαινομένων (Metz 1995, diSessa 1992, White 1993). Τούτο συμβαίνει γιατί οι μαθητές τείνουν να δίνουν φαινομενολογικά παρά εννοιολογικά προσανατολισμένες περιγραφές για τα διάφορα φαινόμενα (Metz 1995). Οι diSessa (1992) και White (1993) μάλιστα υποστηρίζουν ότι η διαδικασία της μοντελοποίησης απαιτεί λιγότερες αφαιρετικές ικανότητες από τους μαθητές σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς τρόπους διδασκαλίας εξαιτίας της αναπαράστασης των μηχανισμών που κρύβονται πίσω από τα φαινόμενα. Με κατάλληλη επιλογή φαινομένων και καταστάσεων και σωστή μεθόδευση η εξοικείωση των μαθητών με κάποιες διαδικασίες μοντελοποίησης μπορεί να αρχίσει ήδη από τις δυο τελευταίες τάξεις του Δημοτικού σχολείου, δεδομένου ότι σ' αυτή την ηλικία (11-12 ετών) τα παιδιά μπορούν να χειριστούν απλούς αναλογικούς συλλογισμούς (Σταυρίδου 1995, Vosniadou 1989). Όπως



έχουμε ήδη αναφέρει, για τους Chi et al. (1994) και Chi & Slotta (1993) οι περιορισμοί στην κατανόηση της ύλης δεν είναι αναπτυξιακοί αλλά οντολογικοί. Οι αρχάριοι έχουν οντολογικές θεωρίες ή πιστεύω σχετικά με τι είδη πραγμάτων υπάρχουν και τα είδη οντολογικών ιδιοτήτων που κάθε τάξη ή υποτάξη μπορεί να κατέχει σε μια οντολογική ιεραρχία. Η ύλη ως μια ξεχωριστή περιοχή δεν υπάρχει γι' αυτούς. Έτσι η διδασκαλία της φύσης της ύλης πρέπει να εστιαστεί στη βοήθεια να καταλάβουν την οντολογική μεταφορά σχετικά με την ύλη από τα καθαρά πλαίσια των μακροσκοπικών ιδιοτήτων στα σωματιδιακά πλαίσια που είναι εσωτερικά στις επεξηγήσεις σχετικά με ύλη, κατά τα οποία η ύλη συντίθεται από μικροσκοπικά σωματίδια με ιδιότητες και συμπεριφορά που είναι διαφορετικές από τα μακροσκοπικά παρατηρήσιμα φαινόμενα και ιδιότητες, αλλά τα οποία μπορούν να με την σειρά τους να εξηγήσουν τις μακροσκοπικές ιδιότητες και τα φαινόμενα. Οι Nakhleh & Samarungavan (1999) εξέτασαν τις κατανοήσεις μαθητών δημοτικού για ένα ευρύ φάσμα ουσιών στις τρεις καταστάσεις της ύλης, για διαφορετικούς τύπους στερεών και τις κατανοήσεις αλλαγών κατάστασης, όπως το λιώσιμο του πάγου ή τις κατανοήσεις της διάλυσης. Συμπέραναν ότι οι μαθητές του δημοτικού δεν είχαν σχηματισμένες αντιλήψεις για την σωματιδιακή φύση της ύλης, ισοδύναμες για όλες τις ουσίες, αλλά διατηρούσαν εντοπισμένες ιδέες για την ύλη που δεν παρουσιάζουν τα επίπεδα θεωρητικής συνέπειας που χαρακτηρίζει τα επεξηγηματικά πλαίσια εργασίας. Ωστόσο οι παραπάνω ερευνητές συμπέραναν ότι αυτά τα συστήματα πίστης παρουσιάζουν συνέπεια σε ένα οντολογικό επίπεδο σύμφωνα με τις γραμμές που θέτουν οι Chi et al. (1994), Chi & Slotta (1993). Μάλιστα οι Nakhleh & Samarungavan (1999) θεωρούν ότι οι μαθητές του Δημοτικού είναι ικανοί για αρκετά σύνθετους και θεωρητικούς συλλογισμούς, ειδικά με κατάλληλα υποστηρικτικά διδακτικά συμφραζόμενα. Οι παραπάνω προτείνουν ότι τα πιστεύω των μαθητών σχετικά με την ιδιαιτερότητα των κοκκωδών ουσιών και της ύπαρξης κοκκωδών σωματιδίων στη διάλυση θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν γι' αυτήν τη μετατόπιση. Αντίθετα οι μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε έρευνα των Nakhleh et al. (2005), γνώριζαν ότι η ύλη αποτελείται από άτομα και μόρια και κάποιοι από αυτούς μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν αυτή τη γνώση για κάποιες διαδικασίες, όπως η αλλαγή κατάστασης του νερού. Όμως δεν χρησιμοποιούσαν με συνέπεια τις γνώσεις τους για να εξηγήσουν τις ιδιότητες ή διαδικασίας. Οι ιδέες των μαθητών ήταν αποσπασματικές και η αποσπασματικότητα αυτή οφείλεται στη δυσκολία αφομοίωσης της μικροσκοπικής επιστημονικής άποψης που αποκτάται με την τυπική διδασκαλία. Αντίθετα οι μαθητές δημοτικού έδιναν μη ακριβείς επιστημονικές επεξηγήσεις αλλά περισσότερο συνεπείς (μακροσκοπικά συνεχή ή μακροσκοπικά σωματιδιακά).

Η διάκριση μεταξύ των θεμελιωδών οντολογικών κατηγοριών όπως η ύλη, οι διαδικασίες και οι αφηρημένες οντότητες είναι περισσότερο ακριβής για τα μεγαλύτερα παιδιά 6^{ης} τάξης σε σχέση με αυτά της 1^{ης} τάξης του δημοτικού (Tytler 2000). Οι μεγαλύτεροι μαθητές δείχνουν μεγαλύτερη γνώση σε ειδικές περιοχές (του ατμού, και καπνού, της θερμοκρασίας, της υγρασίας, του κύκλου του νερού), μια σιγουριά στην κατανόηση των τρόπων που χρησιμοποιούν για να δικαιολογήσουν και για να εξετάσουν την ευλογοφάνεια των εξηγήσεων, εκτιμούν και ελέγχουν πιο σύνθετες επεξηγηματικές μορφές και δείχνουν μεγαλύτερη ακρίβεια στις παρατηρήσεις και στην ανάπτυξη των ερμηνειών. Επίσης δείχνουν μια αιχμηρότερη κατανόηση του τρόπου που η εννοιολογική γλώσσα χρησιμοποιείται για να διακρίνουν μεταξύ των διαφορετικών φαινομένων (εξάτμιση, τήξη, απορρόφηση, κ.λ.π.) ενώ έχουν μεγαλύτερη δυνατότητα να συνδέσουν τις εξηγήσεις και τα στοιχεία. Οι Gómez et al. (2006) αναφέρουν υψηλού βαθμού συνέπεια στις ιδέες των μαθητών 9-22 ετών για τη σωματιδιακή δομή της ύλης.

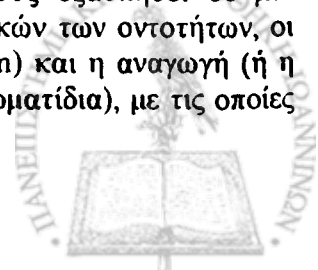
Υπάρχουν παρεμβατικές μελέτες που ερευνούν την ανάπτυξη σωματιδιακών ιδεών σε μαθητές δημοτικού σχολείου. Οι Lee et al. (1993) έχουν αναφέρει ότι σχεδόν το 50% ενός δείγματος ηλικίας 11 ετών κατανόησαν σωματιδιακές εξηγήσεις για τις καταστάσεις, την αλλαγή κατάστασης, τη διαστολή και τη διάλυση. Οι παραπάνω επισήμαναν ότι κάποιοι μαθητές μπορεί να χρησιμοποιούν επιστημονικούς όρους, που διδάχθηκαν, αλλά μπορεί να μην αλλάζουν την κατανόησή τους. Επίσης θεωρούν ότι η εισαγωγή των σωματιδιακών ιδεών στην ηλικία αυτή είναι εφικτή, αν και προβλήματα θα συνεχίσουν να υπάρχουν. Ο Leisten (1995) έχει επιχειρήσει διδασκαλία και ατόμων και μορίων. Οι μαθητές χρησιμοποιούν τα μόρια και τα άτομα στις



καθημερινές τους εκφράσεις και ο Leisten (1995) θεωρεί ότι οι μαθητές καταλαβαίνουν αυτές τις έννοιες. Πρότεινε δυο σειρές μαθημάτων που περικλείουν απευθείας διδασκαλία με πολύ απλά μοριακά μοντέλα π.χ. για το υδρογόνο και το νερό, παιχνίδι ρόλων για τα άτομα και τα μόρια, παρατηρήσεις πάνω σε αλλαγή κατάστασης του νερού και ασκήσεις λύσεις προβλήματος με διαχείριση μοντέλων. Χρησιμοποιώντας μοντέλα από ξύλο εισάγει ιδέες για το σχήμα των μορίων, τη σχετική μάζα, και το σθένος καθώς και την αλλαγή κατάστασης. Ο Skamp (1999) ερεύνησε την επίδραση του διδακτικού σχήματος του Leisten σε μαθητές 5^{ης} και 7^{ης} τάξης και έδειξε ότι οι κατανοήσεις των φαινομένων ποικίλουν και ότι καλύτερες επιδόσεις σημειώθηκαν σε θέματα αλλαγής κατάστασης, που διδάχθηκαν οι μαθητές στα μαθήματα, ενώ οι μαθητές δεν χρησιμοποίησαν τις σωματιδιακές ιδέες σε νέα περιβάλλοντα. Ένα ποσοστό 9% μαθητών 5^{ης} τάξης έδωσε πλήρεις σωματιδιακές και 51% έδωσε σωματιδιακές αποδεκτές αλλά όχι πλήρεις στην ερμηνεία φαινομένων αλλαγής κατάστασης. Η έρευνα έδειξε ότι μετά από ορισμένο χρόνο οι μαθητές ξαναγυρίζουν στις αρχικές ιδέες με εξαίρεση τις εξηγήσεις για την αλλαγή κατάστασης. Μέχρι οι μαθητές να αναπτύξουν βασική κατανόηση πιθανών καταστάσεων μιας ουσίας η εισαγωγή ιδεών ατόμων και μορίων είναι ένα ζήτημα. Η διδασκαλία βοηθάει στην αποστήθιση και όχι στην κατανόηση. Ο Tsai (1999) δίνει ενδείξεις ότι μια δραστηριότητα με αναλογία – παιχνίδι ρόλων, στην οποία οι μαθητές δρουν ως σωματίδια, βοηθά τα παιδιά να αναπτύξουν την ιδέα της εσωτερικής κίνησης. Οι Lee and Tan (2004) θεωρούν ότι τα σωματιδιακά μοντέλα ενδυναμώνουν την κατανόηση καθημερινών φαινομένων και προτείνουν χρήση αναλογιών, προσομοιώσεων και δυναμικών αναπαραστάσεων για την απόδοση σωματιδιακής κίνησης ενώ σημαντική θεωρούν και την αναφορά στις έλξεις μεταξύ των σωματιδίων. Οι Parageorgiou & Johnson (2005) βρήκαν ότι η κατανόηση αλλαγών κατάστασης και διάλυσης από μαθητές 10 ως 11 ετών βελτιώνεται με την εισαγωγή σωματιδιακών ιδεών. Προτείνουν ένταξη των σωματιδιακών ιδεών στα αναλυτικά προγράμματα σε πρώιμες ηλικίες για να αποφεύγονται παρανοήσεις: Η εισαγωγή μπορεί να γίνει ή με το φαινόμενο της τήξης ή της διάλυσης, που εμπλέκουν στερεά και υγρά. Ένα μοντέλο, όπου η ύλη συνίσταται από σωματίδια, μπορεί να οδηγήσει στην κατανόηση της αέρας κατάστασης, η οποία πρέπει να κατανοηθεί ως μια άλλη κατάσταση στην οποία μπορεί να βρεθεί μια ουσία. Προτείνουν δε να δοθεί έμφαση στις έλξεις μεταξύ των σωματιδίων.

Τα δεδομένα ερευνών, που προαναφέρθηκαν, συγκλίνουν προς την άποψη ότι οι μαθητές μικρής ηλικίας είναι σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό ικανοί απ' ό,τι πιστεύαμε παλιότερα, στο να διαμορφώνουν επιστημονικά αποδεκτές απόψεις για τη δομή της ύλης. Η σωματιδιακή θεώρηση της ύλης μπορεί να γίνει αποδεκτή σε σημαντικό βαθμό και να χρησιμοποιηθεί από τους μαθητές για την ερμηνεία φαινομένων. Ακόμη, σε σχετικές έρευνες που έγιναν πρόσφατα στην Ελλάδα, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές του δημοτικού σχολείου, ιδιαίτερα αυτοί που είχαν υψηλές επιδόσεις στα σχολικά μαθήματα, μπορούσαν να προσεγγίσουν χωρίς μεγάλη δυσκολία το σωματιδιακό μοντέλο (Γεωργούση κ.ά. 1998, Georgousi et al. 2001). Η πιο κατάλληλη τάξη για την εισαγωγή της έννοιας του μορίου είναι για τους Kokkotas & Hatzinikita (1994) η 6^η τάξη του δημοτικού. Οι ίδιοι θεωρούν ότι είναι πολύ νωρίς για παιδιά 5^{ης} να καταλάβουν τη συγκεκριμένη θεωρία ύλης, εξ αιτίας της θεωρητικής φύσης της. Στην 5^η τάξη προτείνουν να εισάγονται πειράματα σχετιζόμενα με την μακροσκοπική συμπεριφορά της ύλης και το κατάλληλο επιστημονικό λεξιλόγιο.

Κατά τους Βλάχος και Κόκκοτας (2000) είναι σκόπιμο να υπάρχουν τα σωματιδιακά μοντέλα στα αναλυτικά προγράμματα της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Η μετάβαση από τις δευτερεύουσες ιδιότητες (χρώμα, σχήμα, γεύση, βάρος, σκληρότητα) στις πρωτεύουσες ιδιότητες (σωματίδια) και η ελαχιστοποίηση των ερμηνευτικών υποθέσεων στις επιστημονικά αποδεκτές (ταυτότητα, κινητικότητα και δυνάμεις μεταξύ των σωματιδίων) αποτελεί αξιόλογο στόχο της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Η κατασκευή και ανακατασκευή / εξέλιξη σωματιδιακών μοντέλων ως ερμηνευτικών υποθέσεων για την ποικιλία υλικών και φαινομένων, εκτός από το ότι θα οδηγήσει τους μαθητές στην επιθυμητή επιστημονική γνώση, θα τους εξασκήσει σε μια σημαντική γνωστική – μαθησιακή δεξιότητα. Η μείωση των χαρακτηριστικών των οντοτήτων, οι οποίες συνθέτουν τα υποθετικά ερμηνευτικά μοντέλα (ξυράφι του Ockham) και η αναγωγή (ή η υπαγωγή) της φαινομενικής ποικιλίας σε έναν μικρό αριθμό οντοτήτων (σωματίδια), με τις οποίες



μπορεί να περιγραφεί / εξηγηθεί η ύλη και τα φαινόμενα, είναι χαρακτηριστικό της σύγχρονης φυσικής και πρέπει να ενταχθούν ως στόχοι στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η επιστημονική περιγραφή / ερμηνεία της φύσης μέσω των σωματιδιακών μοντέλων, που χαρακτηρίζεται από απλότητα και οικονομία μπορεί να μειώσουν σημαντικά τη φαινομενολογία που υπάρχει στο περιεχόμενο των Αναλυτικών Προγραμμάτων και να περιορίζουν τη συσσωρευτική - απομνημονευτική περιγραφή της φύσης και την πληθωρική, πολύπλοκη και δυσνόητη περιγραφή / ερμηνεία του φυσικού κόσμου. Οι ίδιοι θεωρούν ότι πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα εμπλουτισμού των Αναλυτικών Προγραμμάτων με κείνα τα στοιχεία τα οποία θα διευκολύνουν τη σύνδεση των εξελίξεων που οδήγησαν στη σημερινή επιστημονική γνώση με τα πλαίσια στα οποία αυτές συνέβησαν. Επίσης εντοπίζουν ότι είναι απαραίτητη μια ευρύτερη θεώρηση της διδασκαλίας - μάθησης των Φυσικών Επιστημών, η οποία θα περιλαμβάνει επιστημολογικές, γνωσιολογικές και γλωσσολογικές θέσεις. Τονίζουν ότι η σύλληψη της έννοιας του άτμητου δομικού λίθου έγινε στο πλαίσιο της φιλοσοφικής αντιπαράθεσης για τα σταθερά και τα αμετάβλητα (Ηράκλειτος, Παρμενίδης) ή της επ' άπειρο διαιρετότητας (Πυθαγόρειοι - Ζήνωνας), στοιχείο που αγνοείται ή παραβλέπεται από τα Αναλυτικά Προγράμματα.

Στο εκπαιδευτικό σύστημα της Ελλάδας, βάσει του Διαθεματικού Ενιαίου Πλαισίου Σπουδών (ΔΕΠΠΣ 2003), εισάγεται το μοντέλο του μικρόκοσμου με συστηματικό τρόπο σε μεγάλο αριθμό ενοτήτων και στο επίπεδο του μαθητή. Από το ΕΠΠΣ στο ΔΕΠΠΣ έχουμε προώθηση εννοιών προς μικρότερες ηλικίες. Για παράδειγμα οι έννοιες του ιόντος, της πυκνότητας και του μορίου εμφανίζονται στην Ε΄ Δημοτικού. Στη δομή και τις ιδιότητες της ύλης παρατηρούνται μικρές διαφορές με το 2061 (AAAS, 1993), αλλά σημαντικές σε σχέση με το Αγγλικό και ακόμα σημαντικότερες με το Αυστραλιανό Αναλυτικό Πρόγραμμα, ειδικά ως προς την τάξη εισαγωγής των εννοιών. Για παράδειγμα η έννοια του μορίου εισάγεται στο ΔΕΠΠΣ στην Ε΄ Δημοτικού, στο 2061 στην αντίστοιχη ΣΤ΄ Δημοτικού, στο Αγγλικό (DFES) (2003) στην Α΄ και στο Αυστραλιανό SACSA στην αντίστοιχη Β΄ Γυμνασίου. Σημειώνουμε ότι στα καινούρια βιβλία 'Ερευνώ και Ανακαλύπτω' για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην Ε΄ Δημοτικού γίνεται αναφορά σε μια απλοποιημένη μορφή διδασκαλίας της σωματιδιακής φύσης της ύλης που αποσκοπεί στην ενοποιημένη θεώρηση του φυσικού κόσμου. Σύμφωνα με αυτή την πρόταση διδασκαλίας το σωματιδιακό μοντέλο μπορεί να διδάσκεται προαιρετικά αποτελώντας συμπλήρωμα των υφιστάμενων κεφαλαίων ενώ θα πρέπει να στηρίζεται στην πρόκληση του ενδιαφέροντος και της περιέργειας των μαθητών (Φυσικά Δημοτικού, Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Βιβλίο μαθητή, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα).

2.2.3. Πορείες εισαγωγής των σωματιδιακών μοντέλων στα Αναλυτικά Προγράμματα

Διακρίνονται δυο πορείες για τη διδασκαλία των ατόμων και των μορίων. Η μια έχει κατεύθυνση από τον μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο και η άλλη είναι η αντιστροφή της.

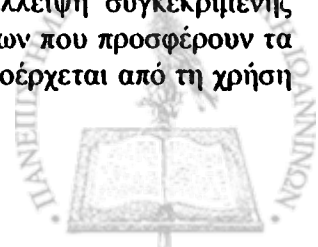
Οι πορείες εισαγωγής των σωματιδιακών μοντέλων κυρίως ακολουθούν στη Φυσική τη μελέτη αερίων και στη Χημεία τις διαδικασίες διάκρισης των υλικών σωμάτων σε απλά και σύνθετα, ενώσεις, μείγματα, στοιχεία. Σε προγράμματα, όπως το Nuffield ή όσα έχουν επηρεαστεί από αυτό (Scottish Intergrated Science Course), υποστηρίζεται η ενοποιημένη παρουσίαση της σωματιδιακής δομής της ύλης αποφεύγοντας στις χαμηλότερες βαθμίδες τη διάκριση σε Φυσική και Χημεία. Η διδακτική ακολουθία αναγνωρίζει την εγκυρότητα των σταδίων του Piaget και τοποθετεί τις σχετικές με τα μικροσκοπικά σωματίδια έννοιες στο στάδιο της τυπικής συλλογιστικής. Η αφετηρία τοποθετείται στη διάκριση των τριών καταστάσεων της ύλης και ακολουθούν οι αλλαγές κατάστασης, τα διάφορα είδη διαλυμάτων και μειγμάτων καθώς και οι τεχνικές διαχωρισμού σε καθαρές ουσίες και στοιχεία, η εισαγωγή εννοιών που σχετίζονται με τα σωματίδια, όπως η κινητικότητα και η εξάρτηση από το θερμοκρασία και τέλος η ατομική θεωρία της ύλης. Η κριτική που ασκήθηκε στη προσέγγιση αυτή εστιάζεται στη σχέση με τις θέσεις κατά Piaget, τη σχεδόν αποκλειστική θεμελίωση σε εργαστηριακές δραστηριότητες και τις επιστημολογικές θέσεις που βρίσκονται πίσω από τη συγκεκριμένη επιλογή (Millar & Driver



1987). Η δομή της διδακτικής ακολουθίας στο πρόγραμμα Children's Learning in Science - CLIS 1987 (Scott 1992, Johnston 1990) για τη διδασκαλία της σωματιδιακής δομής της ύλης, που συνδέεται με την ανάπτυξη του εποικοδομισμού, ήταν η εξής: ανάδειξη των ιδεών των μαθητών, η φύση των επιστημονικών θεωριών, οι ιδιότητες των στερεών, υγρών και αερίων, η παραγωγή θεωριών από τους μαθητές για τη σωματιδιακή δομή, η αναδιοργάνωση των ιδεών και μετατόπιση προς την άποψη της σχολικής επιστήμης και η ανασκόπηση των αλλαγών στις ιδέες, διαδικασία που γίνεται σε σύγκριση με τις αρχικές. Το επιστημονικό μοντέλο για τις αλλαγές είναι αυτό των ατόμων και των μορίων (με έμφαση στα άτομα), και η σύνδεση αλλαγών κατάστασης με την κινητική θεωρία της ύλης (Scott 1992). Τα χημικά φαινόμενα εξηγούνται με την βοήθεια αλλαγών που συμβαίνουν στα μόρια. Το πρόγραμμα CLIS, σε σχέση με το Nuffield, απομακρύνεται από την ακολουθία που περνάει από τον διαχωρισμό των ουσιών σε μίγματα, ενώσεις και στοιχεία, εισάγει το θέμα για τη φύση των επιστημονικών θεωριών και την παραγωγή θεωριών από τους μαθητές. Τοποθετεί το μόριο πριν από το άτομο και χρησιμοποιεί τις ιδέες των μαθητών ως αφετηρία με στόχο την αλλαγή τους. Το πρόγραμμα SPACE (Russell et al. 1991), που έπεται χρονικά του CLIS, περιορίζεται στη μελέτη των υλικών σωμάτων, των ιδιοτήτων τους, του τρόπου παραγωγής τους και των αλλαγών κατάστασης και χρησιμοποιεί τις ιδέες των μαθητών ως αφετηρία. Δεν περιλαμβάνονται έννοιες του μικρόκοσμου αλλά περιορίζεται στο μακροσκοπικό επίπεδο, την έννοια της διατήρησης, την ανάδειξη των παραμέτρων που εμπλέκονται στα φαινόμενα (επιφάνεια και ταχύτητα εξάτμισης). Το πρόγραμμα COPES (Conceptually Oriented Program in Elementary Science) έχει κοινά σημεία με το CLIS και SPACE κυρίως στην έμφαση για την ανάπτυξη των εννοιών. Προτείνει δε την ένταξη ατόμου και μορίου στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Στη σύνοψη αυτή των πορειών ανάπτυξης των σωματιδιακών μοντέλων, όπως παρουσιάζεται στο Βλάχος (1999), υπάρχει μια απομάκρυνση από τις θέσεις του Piaget για τα στάδια, την ανάπτυξη της λογικομαθηματικής σκέψης, και συνακόλουθα την ηλικία στην οποία συνιστάται να διδαχθούν οι έννοιες του ατόμου και του μορίου. Δεν θεωρούνται ως προαπαιτούμενη γνώση για τη διδασκαλία σωματιδιακών μοντέλων διαδικασίες όπως ο διαχωρισμός υλικών σε ενώσεις, μίγματα στοιχεία, ο προσδιορισμός της χημικής σύστασης. Δεν θεωρούνται επίσης ως το πλαίσιο σκέψης στο οποίο θα γεννηθούν οι έννοιες του άτμητου και του κενού. Η γλώσσα, το πολιτισμικό πλαίσιο στο οποίο ζουν οι μαθητές, η αρχική γνώση θεωρούνται σημαντικοί για τον σχεδιασμό των Αναλυτικών προγραμμάτων, τη διδασκαλία και τη μάθηση.

2.2.4. Τα σωματιδιακά μοντέλα της ύλης και η έλλειψη διδακτικής στρατηγικής

Ο Βλάχος (1999) και Σταυρίδου (1995), μελετώντας τα σχολικά εγχειρίδια του δημοτικού και του γυμνασίου, καταλήγουν στις παρακάτω παρατηρήσεις σχετικά με τα παρακάτω: υπάρχει μεγάλη ποικιλία σωματιδιακών μοντέλων τα οποία στο μεγαλύτερο ποσοστό τους προέρχονται από το μετασχηματισμό ενός βασικού μοντέλου. Στο μοντέλο αυτό ο πυρήνας δομείται από νετρόνια και πρωτόνια, ο ατομικός αριθμός δίνει τον αριθμό πρωτονίων ή ηλεκτρονίων και τα ηλεκτρόνια κατανέμονται σε τροχιές σύμφωνα με τον τύπο $2n^2$. Το μοντέλο αυτό απλοποιείται ανάλογα με την τάξη, το μάθημα και την ενότητα ενώ δεν αναπτύσσεται προκειμένου να προκύψουν οι μοριακές δυνάμεις. Μια δεύτερη κατηγορία σωματιδιακών μοντέλων χρησιμοποιούνται σε αναλογίες. Αν και πρόκειται για μακροσκοπικά μοντέλα, λόγω του τρόπου απεικόνισης (κλίμακα χρώμα) και λόγω απουσίας απαραίτητων διευκρινίσεων, χρησιμοποιούνται ερμηνευτικά και προκαλούν παρανοήσεις. Στα παλιά βιβλία της υποχρεωτικής εκπαίδευσης τα μικροσκοπικά μοντέλα ύλης δεν εισάγονται με συστηματικό τρόπο ούτε με κάποια λογική σειρά αυξανόμενης πολυπλοκότητας. Παρουσιάζονται πρώτα τα πιο πολύπλοκα μοντέλα και ύστερα τα πιο απλά. Πολλές φορές οι απεικονίσεις, που παρουσιάζονται στα βιβλία, δίνουν την εντύπωση αυθύπαρκτων οντοτήτων, αλλού συνυπάρχουν στοιχεία μικροσκοπικού και μακροσκοπικού επιπέδου. Τα μοντέλα δεν συνδέονται επαρκώς και με σαφήνεια με φαινόμενα ή καταστάσεις του εμπειρικού πεδίου (που το μοντέλο θα μπορούσε να περιγράψει ή να εξηγήσει). Υπάρχει σαφώς έλλειψη συγκεκριμένης στρατηγικής για την εισαγωγή και τη διδακτική αξιοποίηση των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα μοντέλα. Το σημαντικότερο, κατά την Σταυρίδου, είναι ότι η γνώση που προέρχεται από τη χρήση

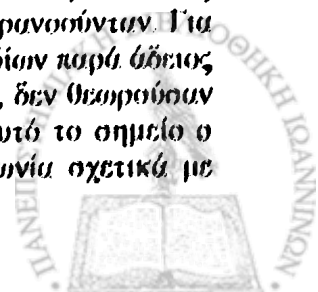


μοντέλων είναι δηλωτικού και όχι λειτουργικού χαρακτήρα. Δηλώνεται δηλαδή ότι "έτσι είναι τα πράγματα", για παράδειγμα, το άτομο του υδρογόνου, το μόριο του νερού, η κίνηση των μορίων κ.λ.π. και δεν αναζητούνται εκείνες οι καταστάσεις και τα φαινόμενα με τα οποία θα μπορούσαν να συνδεθούν και να λειτουργήσουν τα μοντέλα, ώστε τελικά να επιτευχθεί η διαμόρφωση απόψεων του τύπου "έτσι δεχόμαστε ότι συμβαίνει, διότι αυτές οι παραδοχές μας επιτρέπουν να περιγράψουμε και να εξηγήσουμε αυτά τα συγκεκριμένα φαινόμενα". Βασική λοιπόν αδυναμία αποτελεί το γεγονός ότι δεν λαμβάνεται καμία μέριμνα, ώστε να υπάρξει μια προοδευτική εξοικείωση των μαθητών με μια έστω και στοιχειώδη διαδικασία επινόησης και χρήσης μοντέλων (μοντελοποίηση), γεγονός που θα τους επέτρεπε να κατανοήσουν καλύτερα τη λειτουργία και τη χρησιμότητα των μοντέλων και να προσεγγίσουν με εννοϊκότερους όρους, έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών, που ούτως ή άλλως διδάσκονται.

2.2.5. 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, πολλά από τα οποία αναφέρονται στην αέρια κατάσταση, η οποία όμως δεν κατανοείται από τους μαθητές (Lee et al. 1993, Smith et al. 1997, Stavy 1991). Δεν δίνεται στους μαθητές η ευκαιρία να κατανοήσουν ότι η σωματιδιακή θεωρία είναι ένα θεωρητικό μοντέλο και όχι ένα σύνολο από γεγονότα 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 γεγονότα: η ύλη αποτελείται από σωματίδια - άτομα ή μόρια, υπάρχει κενό μεταξύ ατόμων και μορίων, τα άτομα ή μόρια είναι σε συνεχή κίνηση και 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. 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 Driver και συνεργάτες και χρησιμοποιήθηκε σε μαθητές 8^{ης} τάξης. 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 υπόβαθρου για την δόμηση της σωματιδιακής θεωρίας με: α. εμπλοκή των μαθητών σε δημιουργία δικών τους εμπειριών με διάφορα φαινόμενα σχετικά με την ύλη, β. εμπλέκοντας τους μαθητές σε ένα μυστήριο φόνου σχεδιασμένο να τονίσει ότι μια καλή εξήγηση λογαριάζεται σε ένα φάσμα ενδείξεων ή πειστηρίων, γ. έχοντας εξερευνήσει αρχικά τους τρόπους που τα στερεά, υγρά και αέρια διαφέρουν μεταξύ τους και αναγνωρίσει ένα πρότυπο 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 πόστερς 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 κάποιους πόστερς 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, μερδεύοντας τα σωματίδια του αέρα με κόκκους σκόνης μέσα στον αέρα, δεν θεωρούσαν τα σωματίδια σε κίνηση ή δεν είχαν ιδέα τι κρατά τα άτομα μεταξύ τους. Σε αυτό το σημείο ο δάσκαλος απασχολούσε τους μαθητές να προσπαθήσουν να φτιάσουν σε ομοφωνία σχετικά με



βασικά θέματα και αναλάμβανε να παρακινήσει τους μαθητές να αποδεχθούν 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 πιάνει 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 ανάμιξη και την διάλυση. Παρουσιάστηκαν ποικίλα μοντέλα συμπεριλαμβανομένου του μοντέλου “ώθησης” (μίγμα πραγμάτων επειδή ένα υλικό ωθεί και μπαίνει στο άλλο), το μοντέλο “ανατάραξης” (μίγμα πραγμάτων επειδή αυτά τινάζεται μαζί) και το μοντέλο “μικρών μορίων” (μίγμα πραγμάτων επειδή αποτελούνται από μικρά μόρια που κινούνται). Η υπόθεση των υπεύθυνων 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 μίξης 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 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 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 απλά να δημιουργήσει νοητική σύγχυση παρά διαμόρφωση επιστημολογικής άποψης. Περαιτέρω αυτοί 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 αποδεχθούν 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 ανάμιξη νερού και οινοπνεύματος, 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 ευκαιρία στους μαθητές αρχικά να σκεφτούν και να παρατηρήσουν τα κεντρικά γεγονότα. Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση μοντέλων που δίνουν στους μαθητές την ευκαιρία να εξερευνούν 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 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 ποσοτήτων βάρους, όγκος και πυκνότητα. Για πολλούς μαθητές προβλήματα κατανόησης της σωματιδιακής θεωρίας προκύπτουν από προβλήματα κατανόησης σε μακροσκοπικό επίπεδο. Παρόμοια συμπεράσματα αναφέρουν και 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 συμπίεστος 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 μικτές αντιλήψεις (εναλλακτικές σωματιδιακές αντιλήψεις). Οι ερευνητές συστήνουν 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 Nussbaum (1997) και επικεντρώνεται στην εξήγηση της συμπίεστος 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 ουσιαστών ιδεών ώστε να ξεκαθαρίζονται οι προϋπάρχουσες ιδέες και να αναπτυχθεί επιστημολογική άποψη και για το πώς λειτουργεί η επιστήμη. 2. Ξεκινώντας τη διδασκαλία 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

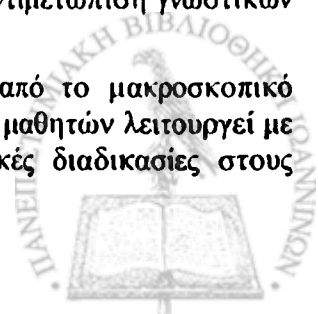


είναι η σωστή αφετηρία για την θεμελίωση της ιδέας της ύπαρξης του κενού. 4. Εισάγοντας αναλογίες και "πειράματα κλειδιά" όπως του Pascal, του Boyle με το μαλλί ή με το ελατήριο για συμπίεστικότητα ή η αναλογία Torricelli της ατμόσφαιρας, τα οποία έχουν επηρεάσει την ιστορία της επιστήμης. Το συμπέρασμα 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 σειράς μαθημάτων ετών 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 εκμειεύτηκε 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 μικροσκοπικό 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. Αυτό σημαίνει 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 γεγονότα 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.

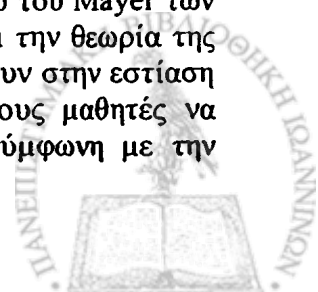
Οι Ben-Zvi et al. υποστηρίζουν ότι η ταυτόχρονη γνωστική λειτουργία σε τρία επίπεδα (μακροσκοπικές ιδιότητες, άτομα - μόρια, ερμηνεία των μακροσκοπικών ιδιοτήτων από τις ιδιότητες των σωματιδίων) είναι η σημαντικότερη δυσκολία για τη μάθηση Χημείας σε μαθητές άνω των 15 ετών. Προτείνουν την ανάδειξη 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.

2.3. 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 και στο μακροσκοπικό και μικροσκοπικό 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

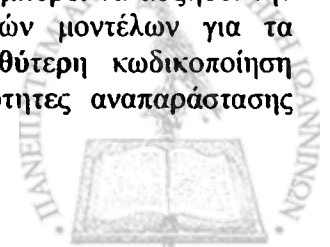


διαδικασία παροχής πληροφοριών, όπου οι μαθητές πρέπει να κωδικοποιούν κάθε στοιχείο, πριν εξεταστεί η αλληλεπίδραση. Ο Mayer, όπως ο Ausubel, κάνει μια διάκριση μεταξύ καθαρής απομνημόνευσης των παραγόντων και της ισχυρής κατανόησης. Σύμφωνα με τον Mayer οι μαθητές υψηλής προηγούμενης γνώσης μπορεί να είναι ικανοί να δομήσουν ένα νοητικό μοντέλο ενός συστήματος χρησιμοποιώντας μόνο τις πληροφορίες που δίνονται σε κείμενο, ενώ 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 ερευνήσαν πώς οι αναπαραστάσεις της ύλης που παρουσιάστηκαν σε μια πειραματική και μια ομάδα ελέγχου επιδρούν στην επίδοση. 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 & Schampmann (1997) τα εικονογραφικά υλικά σε μοριακό επίπεδο βοηθούν τους μαθητές να δομήσουν επιστημονικά 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 ελοπτικά 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 ελοπτείας (Pozo 2001). Η στατική ελοπτικοποίηση δυο 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). Κάτω από την διπλή κωδική θεωρία του Ραίνιο (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 επιδράσεών τους με την εξέλιξη του φαινομένου που προσομοιώνεται (Ράπτης και Ράπτη 2002).

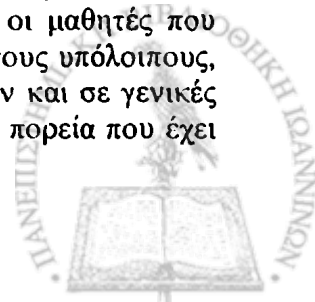
Τα στατικά μοντέλα, όπως διαφάνειες ή διαγράμματα με κιμωλίες, μπορούν να βοηθούν τη δημιουργία νοητικών μοντέλων, αποτυχαίνουν όμως να εικονίσουν τη δυναμική φύση πολλών εννοιών που ερευνώνται στη χημεία. Με ηλεκτρονικούς υπολογιστές έχουμε τη δυνατότητα να παρέχουμε δυναμικές ακολουθίες (animation) 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 κείνα 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, Ardaç & Akaygun 2005, Zacharia 2005). Οι αναπαραστάσεις των μοντέλων με ηλεκτρονικό υπολογιστή βοηθούν στη μετάβαση μεταξύ μακροσκοπικού / πραγματικού και μικροσκοπικού / 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 Ardaç & Akaygun (2004) αναφέρουν ότι οι μαθητές που παρακολούθησαν διδασκαλία, βασισμένη σε πολυμέσα με έμφαση στη μοριακή δομή, ξεπέρασαν τους μαθητές που παρακολούθησαν κανονική διδασκαλία και στη συνολική επίδοση 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 & Dorí (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 μικροσκοπικό 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 λειτουργικής μνήμης και να προωθείται η εννοιολογική κατανόηση και η ολοκλήρωση με την προγενέστερη γνώση. Οι σπουδαστές ενδέκατης τάξης 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 αναπαραστάσεων 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 λογισμικού, 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 φυλετικές διαφορές 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).

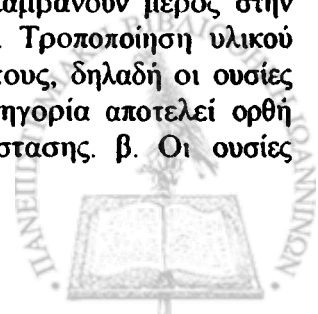
Οι Bunce & Gabel (2002) έδειξαν ότι η διδασκαλία σωματιδιακής φύσης της ύλης έχει μια διαφορετική επίδραση σε κορίτσια από ότι στα αγόρια. Κορίτσια με την ίδια τυπική συλλογιστική με τα αγόρια, είχαν προηγούμενη χαμηλότερη επίδοση απ' ότι τα αγόρια. Τα κορίτσια που διδάχτηκαν σωματιδιακή φύση της ύλης 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 παρέχεις στα κορίτσια ένα νοητικό μοντέλο, η επίτευξη στη λύση προβλήματος είναι ισοδύναμη. Για τις Bunce & Gabel (2002) τα αγόρια έχουν καλύτερη επίδοση σε χωρικής ικανότητας τεστ συγκρινόμενα με κορίτσια 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.

2.4. Οι αντιλήψεις των παιδιών για την ύλη, τις μεταβολές της και τη δομή της

2.4.1. 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

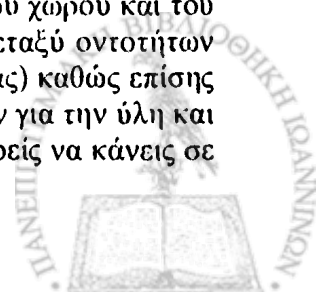


τροποποιούνται ως προς το ποσό, δηλαδή η ουσία συνεχίζει να είναι ίδια αλλά το ποσό διαφέρει. Οι κατηγορίες αναφέρονται και από Gomez (1995). 5. Μεταστοιχείωση (Transmutation). Οι ουσίες αλλάζουν σε άλλες. Τροποποίηση και μεταστοιχείωση χρησιμοποιούν και τα δυο ένα ευκαιριακό μοντέλο: μια ουσία μπορεί 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 διασπάζτηκαν 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 αγγίξεις, 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 αίτιά 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. θερμιδική 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 αποτελείται από άτομα. Τα άτομα μπορούν να έχουν την ίδια ύλη όπως 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.

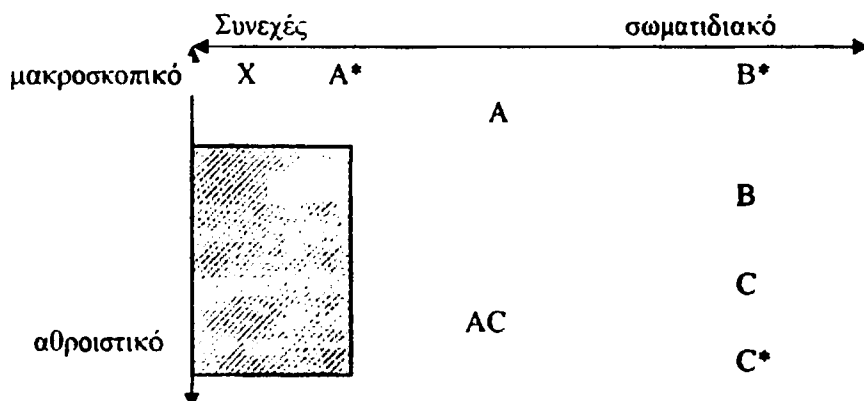
Μοντέλο Α: Τα σωματίδια είναι μέσα σε συνεχείς ουσίες. Τα σωματίδια απεικονίζονται αλλά οι ουσίες λέγεται ότι είναι μεταξύ των σωματιδίων. Τα σωματίδια είναι επιπλέον στην ουσία. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία βαθμών προφίλ για τα σωματίδια (ασθενές ή ισχυρό) και σύνδεσης με την ουσία.



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

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



Διάγραμμα 2.1.: Μοντέλα ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας (Johnson, 1998c)

Λίγοι μαθητές χρησιμοποιούν το μοντέλο Β για την υγρή κατάσταση αλλά χρησιμοποιούν το μοντέλο Α για την αέρια κατάσταση. Κάποιοι μαθητές χρησιμοποιούν το μοντέλο Β 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 Α. Τα εγχειρίδια ενθαρρύνουν το μοντέλο Α, όταν για παράδειγμα αναφέρουν φράσεις όπως “τα σωματίδια στα στερεά”. Επίσης το μοντέλο Β 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 Β 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 Α, Β και να παραλείπονται οι κεντρικές όψεις του C. Προτείνει να δοθεί στα παιδιά η δυνατότητα να δείξουν τι καταλαβαίνουν. Τα μοντέλα Α ή Β μπορούν να θεωρηθούν αρχικά απαραίτητα στάδια εισαγωγής προς την επιστημονική άποψη και όχι εναλλακτικές απόψεις. Ίσως το Β 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.

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

2.4.2.1. 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) (Kmel et al. 1998). Η διαφοροποίηση μεταξύ αντικειμένων και ουσιών εμφανίζεται γύρω στην ηλικία των 9 ετών, όπου η πλειονότητα των μαθητών χρησιμοποιούν τις οίσιες ως πρώτο κριτήριο για την ταξινόμηση αντικειμένων (Kmel 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 (Kmel 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 Kmel 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.

2.4.2.2. Το χρώμα των αντικειμένων

Η εντατική ιδιότητα του χρώματος θεωρείται από μόνη της ουσία και δεν χρησιμοποιείται στην αναγνώριση ουσιών. Τα παιδιά έχουν την άποψη ότι το χρώμα είναι ιδιότητα του αντικειμένου και είναι ανεξάρτητο από το φως και τον λήπτη (Feher & Meyer 1992). Μέχρι τον 17^ο αιώνα άλλωστε το χρώμα θεωρούνταν αξεχώριστη ιδιότητα των αντικειμένων. Μόνο την εποχή του Νεύτωνα το χρώμα ερμηνεύτηκε ως αλληλεπίδραση του φωτός με το αντικείμενο. Το χρώμα στις πέτρες δεν αποδίδεται από μαθητές 7-11 ετών ως εσωτερική ιδιότητα της ουσίας αλλά θεωρείται ότι οι πέτρες παίρνουν χρώμα από τη λάσπη, τον ήλιο, το νερό, το χορτάρι ή τα λουλούδια που αφήνουν χρώμα σε αυτές. Άλλοτε δε νομίζουν ότι τα αντικείμενα έχουν χρώμα μόνο στην επιφάνειά τους, ότι είναι χρωματισμένα. Οι απαντήσεις ότι το χρώμα στις πέτρες οφείλεται στην ουσία είναι πολύ σπάνιες (Symington et al. 1985). Μεγαλύτεροι μαθητές και σπουδαστές νομίζουν



ότι το μπλε χρώμα στο θειικό χαλκό οφείλεται σε ένα εσωτερικό χρώμα (Sanmatri et al. 1994). Το βάρος επίσης φαίνεται να συνδέεται με την ένταση του χρώματος. Παιδιά 5-7 ετών περιμένουν μια σχέση μεταξύ βάρους και εμφάνισης - χρώματος. Πιστεύουν ότι σκούρα πράγματα είναι βαρύτερα (Smith et al. 1985). Κάποιοι μαθητές ωστόσο, βλέπουν το χρώμα ως εσωτερική ιδιότητα. Ο Stavy (1991) βρήκε ότι τα παιδιά καταλαβαίνουν πιο εύκολα την εξάτμιση της ακετόνης, αν προηγουμένως πειραματιστούν με χρωματισμένο ιώδιο και παρατηρήσουν τους χρωματισμένους ατμούς που σχηματίζονται. Αντίθετα η Pfundt (1981) ισχυρίζεται ότι το χρώμα δεν είναι ενδιαφέρον παράγοντας στην εξήγηση της διατήρησης της ύλης. Οι μαθητές σύντομα μαθαίνουν ότι τα αντικείμενα είναι χρωματισμένα ή μπορούν να αλλάξουν χρώμα, χωρίς να χάσουν άλλες ιδιότητες.

2.4.2.3. Καταστάσεις της ύλης

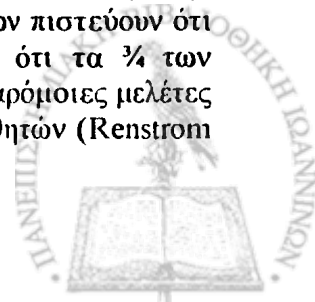
Στερεά. Για την ταξινόμηση των υλικών ως στερεά οι μαθητές χρησιμοποιούν εντατικά κριτήρια, όπως αν είναι μαλακά, σκληρά, αν έχουν συγκεκριμένο σχήμα, αν ζυμώνονται, αν λιώνουν εύκολα, αν μπορούν να γίνουν ορατά και να πιαστούν, αν το αντικείμενο είναι κοφτερό, που σχετίζεται με την εντατική ιδιότητα 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 παχύρρευστα 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 Kmetl 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 κατανομημένος. 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 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 μυρωδιά 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%).

2.4.2.4. 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.

2.4.2.5. 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 (Kmel 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.

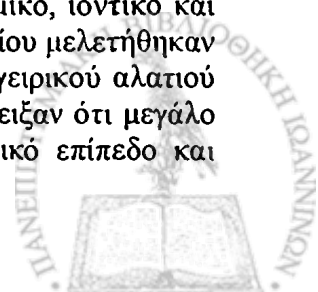
Στο τρίτο στάδιο των εξηγήσεων για τη διάλυση που περιγράφηκε από Piaget & Inhelder (1974) τα παιδιά δίνουν ατομιστικές εξηγήσεις, χρησιμοποιώντας κυρίως τη λέξη "σπάει", που αντιπροσωπεύουν το 13% σε ομάδα παιδιών 12-14 ετών. Στην περιγραφή της διαδικασίας της διάλυσης τα παιδιά αναφέρουν ότι το νερό σπάει τους κρυστάλλους ζάχαρης ή το νερό σπρώχνει τα σωματίδια ζάχαρης και τα χωρίζει (Driver 1989). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται από Hatzinikita & Koulaïdis (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 & Koulaïdis (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 μπερδεμα μεταξύ φυσικών και χημικών αλλαγών χρησιμοποιήθηκε από Kmel 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 & Koulaïdis (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 (Gennago 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.



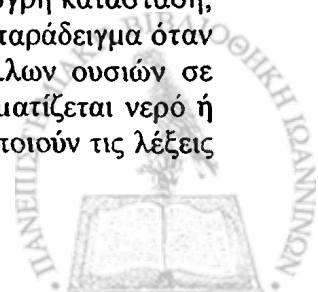
Προτείνεται επίσης η ανάλυση του ρόλου της ανάδευσης και θέρμανσης. Η αιτία της διάλυσης δεν ανήκει σε μια φυσική ιδιότητα όπως η πυκνότητα και απαιτείται η εισαγωγή σωματιδιακών μοντέλων για ιδέα αλληλεπίδρασης και κίνησης. Άλλες έρευνες εστιάζουν στο πώς οι αντιλήψεις των παιδιών σχετίζονται με καθημερινές 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 διδάσκουν και του γνωστικού επιπέδου των ερωτήσεων 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) έρευνησε 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 οινοπνεύματος 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 δείχνουν ότι η μοριακή δομή της ύλης δεν γίνεται κατανοητή 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.

2.4.2.6. 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 κερι 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 (Kmel et al. 1998). Όταν συζητάνε την τήξη, συνήθως χρησιμοποιούν τις λέξεις

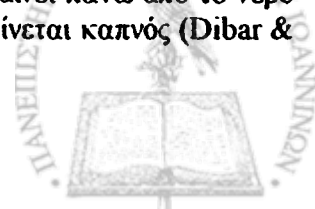


“διαλύεται”, “μετατρέπεται σε νερό”. Περισσότερο συχνά απαντούν ότι το νερό που σχηματίζεται, έχει διαφορετικές ιδιότητες από το τρεχούμενο νερό (Osborne & Cosgrove 1983). Επίσης οι μαθητές χρησιμοποιούν μακροσκοπικές εξηγήσεις, όταν αναφέρονται σε μικροσκοπικό επίπεδο. Σχέδια μαθητών λυκείου έδειξαν 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 “άορατα 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 του ατμού που συμβαίνει πάνω από το νερό που βράζει, υπήρχαν απαντήσεις που ισχυρίζονταν ότι το νερό που βράζει γίνεται καπνός (Dibar & Colinvaux 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 αφορά το πώς μπορούμε 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, δ. 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 Koulaïdis (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, βρασμό, 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 γνώρισμα της αλλαγής κατάστασης. Υποστηρίζει ότι οι απόψεις των σπουδαστών γι' αυτά τα διαφορετικά φαινόμενα (βρασμός και δημιουργία φυσαλίδων, 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 Parageorgiou & Johnson (2005).

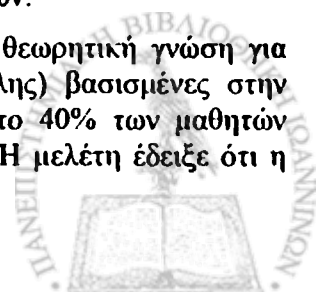


2.4.2.7. Διατήρηση ύλης

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 κεριό 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.

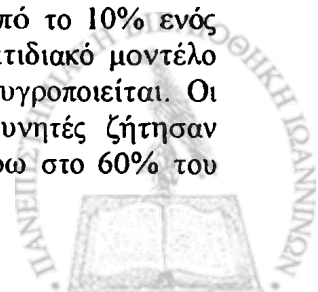
Οι Abraham et al. (1992) εξέτασαν κατά πόσο οι παρανοήσεις των μαθητών για πέντε χημικές έννοιες επηρεάζονται από την κριτική ικανότητα που αυτοί διαθέτουν, και σε ποιο βαθμό τα ίδια τα σχολικά βιβλία ενθαρρύνουν τις παρανοήσεις. Οι παραπάνω διερεύνησαν πέντε χημικές έννοιες μεταξύ αυτών και πώς αντιλαμβάνονται 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).

2.4.3. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τη σωματιδιακή δομή της ύλης

Έρευνες για τις ιδέες των μαθητών σχετικά με την φύση της ύλης δείχνουν ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στην κατανόηση σωματιδιακών ιδεών. 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 τη διδασκαλία νοήματα και αντιλήψεις στο πλαίσιο της καθημερινής ζωής για έννοιες, όπως άτομο, μόριο, σωματίδιο, ένωση στοιχείο κ.λ.π. (Maskill et al. 1997). Τις αντιλήψεις αυτές πρέπει να γνωρίζει ο εκπαιδευτικός προκειμένου να είναι αποτελεσματικός κατά τη διδασκαλία.

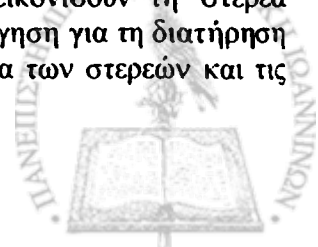
Οι μαθητές δεν χρησιμοποιούν αυθόρμητα τις έννοιες του ατόμου και του μορίου στην εξήγηση φαινομένων (Andersson 1986, de Vos & Vendronk 1987a) και διατηρούν συνεχή παρά σωματιδιακά μοντέλα της ύλης, αν και τα διδάσκονται (Ben-Zvi 1987, Renstrom 1987). Μαθησιακές δυσκολίες σχετίζονται με την περιγραφή 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 μία 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.

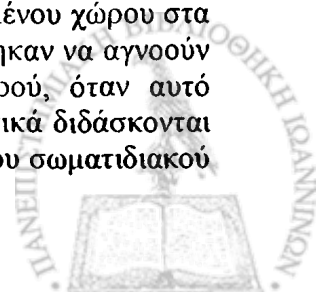
Η έννοια του κενού μεταξύ πυρήνα και ηλεκτρονίων είναι δύσκολη υπόθεση τόσο για τα παιδιά όσο και για τους ενήλικες, που αυθόρμητα σκέφτονται την ύλη σαν συνεχή, άρα χωρίς κενό (Pfundt 1981, Renstrom 1987). Οι Ben-zvi et al. (1988) προτείνουν ότι οι μαθητές 15-16 ετών αντιμετωπίζουν δυσκολία στην κατανόηση 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. Οι μαθητές 12 και 13 ετών σε έρευνα των Dow et al. (1978), που είχαν διδαχθεί σύμφωνα με το πρόγραμμα ολοκληρωμένων φυσικών επιστημών της Σκοτίας (Scottish Intergrated Science Course), μπορούσαν να απεικονίσουν τη στερεά κατάσταση ως μία οργανωμένη διάταξη μορίων, δεν έδιναν όμως καμιά εξήγηση για τη διατήρηση δομής των στερεών, ούτε μπορούσαν να εξηγήσουν τη μη συμπίεσιμότητα 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 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 αντανάκλασε 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 σχήμα, 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 απλά 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 στα αέρια 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 δυο 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 μικροσκοπικά χαρακτηριστικά. Τα παιδιά με τη διδασκαλία 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 πάνω στα άτομα και τα μόρια. Χρησιμοποιούν μακροσκοπικό τύπο δικαιολόγησης, μεταβιβάζουν δηλαδή την παρατηρήσιμη συμπεριφοράς 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, Gamett 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. κερι), 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 (μικτές 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.

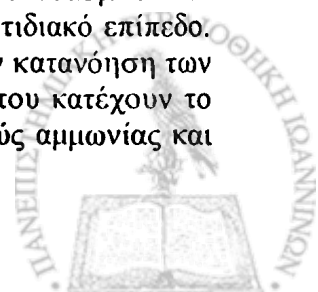
Το μέγεθος των μορίων εξαρτάται από τη θερμοκρασία ενώ το μέγεθος, το σχήμα και το βάρος ατόμων και μορίων μεταβάλλεται κατά την αλλαγή φυσικής κατάστασης. Για παράδειγμα, το νερό στη στερεή κατάσταση έχει μεγαλύτερα και βαρύτερα μόρια. Τα μόρια στα στερεά είναι μεγάλα, ενώ στα αέρια είναι τα πιο μικρά. 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 από την Πορτογαλία ετών 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 μιν ότι είναι τα ίδια αλλά χωρίς να τα αιτιολογεί. Αξιοσημείωτο είναι ότι 26,3% των φοιτητών πιστεύουν λανθασμένα ότι είναι διαφορετικά τα μόρια 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. Ψέλος 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 Yapooh (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 αναπαράστησαν 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 Yapooh κατέληξε ότι οι συντελεστές και οι δείκτες για τους μαθητές είναι απλά αριθμοί που διέφεραν λόγω της θέσης που είχαν στην εξίσωση, χωρίς να αναγνωρίζεται κάποια ιδιαίτερη χημική σημασία. Όταν τους ζητήθηκε να αναπαραστήσουν στο ατομικό – μικροσκοπικό επίπεδο τη χημική εξίσωση $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ αναπαράστησαν το μεν υδρογόνο $3H_2$ με έξι άτομα υδρογόνου στη σειρά και την αμμωνία $2NH_3$ με δυο 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 – μικροσκοπικό 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 σαν 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 απλά 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 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) ερευνήσαν την ιδέα ότι ένα στοιχείο είναι φτιαγμένο από ένα είδος ατόμων και βρήκαν ότι γύρω στο 75% δεκαεπεντάχρονων 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 μπόρέσουν 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 απλά δημιουργείται ένα μίγμα όταν οι ατμοί συναντώνται σε ποσοστό 30%. Τα αντίστοιχα ποσοστά αυτών που είχαν συνεχή άποψη ήταν 18% και 51% αντίστοιχα. Οι Lavery 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 δυο 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 ερμηνεύθηκαν ως ένας ιοντικός δεσμός και πέντε φυσικού 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 δασκάλων όπως υποψηφίων, 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 προερχόταν 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 τη κινητική θεωρία, και ειδικά τη σχέση σωματιδίων και ενέργειας, που στη συνέχεια χρησιμοποιούν αποτελεσματικά για εξήγηση καθημερινών αλλαγών της ύλης (Taylor & Coll 2002).

2.5. Η έννοια της χημικής ουσίας

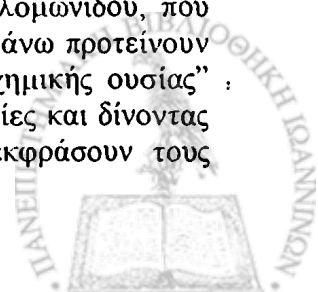
Η έννοια της χημικής ουσίας είναι σημαντική για τη διδασκαλία στη χημεία αφενός γιατί επηρεάζει την οικοδόμηση και λειτουργία άλλων βασικών εννοιών (χημική αντίδραση) και αφετέρου γιατί συμβάλλει στη κατανόηση φαινομένων καθημερινής ζωής, όπως διάφορες μορφές ρύπανσης του περιβάλλοντος (Stavridou & Solomonidou 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 ιδιοτήτων, η κάθε μια από τις οποίες είναι αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης της ουσίας με μια ή περισσότερες άλλες ουσίες ή την ενέργεια (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 αναμειγμένου 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 μίγμα στην ιδέα της αλληλεπίδρασης, από την ιδέα του διαχωρισμού μιας ουσίας από τις ιδιότητές της στην ιδέα της προϋπαρξης 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 μίγματα 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 τη εισαγωγή της έννοιας της χημικής ουσίας προτείνεται και στην βιβλιογραφία (Dickinson 1987, Johnson 2002, Kmel 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 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 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 αξιοποιούμε τις προτάσεις των Σταυρίδου και Σολομονίδου, 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 κάτω από την οποία υπάρχει (πίεση, 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 στη περιγραφή και εξήγηση χημικών αλληλεπιδράσεων (Paradimitriou et al. 1997, Σταυρίδου 1995, Vogelezang 1987, Σολομωνίδου & Σταυρίδου 2000, Stavridou & Solomonidou 1989, Stavridou et al. 1994, Σολομωνίδου & Σταυρίδου 1994). Κάποιοι ερευνητές όπως ο Johnson (1996, 1998a,b,c), θεωρούν 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 τα αρχικά. 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.

2.6. Η ύλη, οι μετασχηματισμοί της και η σωματιδιακή της δομή στη διδακτική μας παρέμβαση

Στην παράγραφο αυτή συνοψίζουμε τους λόγους της φτωχής κατανόησης της σωματιδιακής δομής από τους μαθητές, όπως προέκυψε από τη μελέτη της βιβλιογραφίας και προτείνουμε αλλαγές στη διδακτική πρακτική. Η σωματιδιακή θεωρία, που είναι αντικείμενο αξιοσημείωτων ερευνών της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, δεν κατανοείται πλήρως από τους μαθητές. Οι μαθητές δεν χρησιμοποιούν αυθόρμητα τις έννοιες του ατόμου και του μορίου στην εξήγηση φαινομένων. Ένα σημαντικό ποσοστό μαθητών, από όλο το ηλικιακό φάσμα, διατηρεί εναλλακτικές αντιλήψεις σχετικά με τα μόρια και άτομα. Οι μαθητές θεωρούν ότι τα σωματίδια περιέχονται στην ουσία, τα σωματίδια δομούν την ουσία αλλά έχουν μακροσκοπικά χαρακτηριστικά ή έχουν δυσκολίες με την έννοια του κενού χώρου και διατηρούν συνεχή παρά σωματιδιακά μοντέλα της ύλης, αν και τα διδάσκονται. Χωρίς να υποτιμούμε τις εγγενείς δυσκολίες των μαθητών να κατανοούν τα αφηρημένα μοντέλα δομής της ύλης (Τσαπαρλής 1991, 1994, Γεωργούση κ.ά. 1998, Tsaparlis 1997, Kampourakis et al. 2001) η μελέτη της βιβλιογραφίας μας οδήγησε στην υπόθεση ότι η φτωχή κατανόηση σωματιδιακών ιδεών μπορεί να είναι συνάρτηση πολλών ατυχών περιστάσεων.

- Το σωματιδιακό μοντέλο, ως σειρά από πειραματικά δεδομένα και ξεχωριστή ενότητα, δεν έχει για τους μαθητές καμιά έννοια, καθώς είναι αδρανής γνώση, δεν συνδέει την πραγματικότητα (καθημερινή και επιστημονική) και έτσι δεν έχει λειτουργική αξία (Millar 1990, Σταυρίδου 1995). Απαιτούνται διδακτικές ακολουθίες, οι οποίες θα οδηγούν το μαθητή από καθημερινά γνωστικά



περιβάλλοντα σε επιστημονικές έννοιες, από τον μακρόκοσμο στον μικρόσκοσμο. Θεωρούμε ότι μια προσεκτική επιλογή μακροσκοπικών φαινομένων για μοντελοποίηση μπορεί να οδηγήσει στη σύζευξη του μακροσκοπικού και μικροσκοπικού πεδίου και να δώσει στο σωματιδιακά μοντέλα λειτουργικό χαρακτήρα. Το σωματιδιακό μοντέλο είναι κεντρικό στις επιστημονικές κατανοήσεις των μαθητών σε μια ευρεία περιοχή θεμάτων και μπορούν να ενοποιήσουν τα ποικίλα φαινόμενα και να αναπαριστούν, προβλέπουν και εξηγούν άλλα, δίνοντας απλότητα και οικονομία στα προγράμματα (De Vos 1990, Βλάχος & Κόκκοτας 2000, Lee et al. 1993). Εξάλλου, η διαδικασία μοντελοποίησης (επινόηση και χρήση πολλαπλών μοντέλων στη λύση προβλημάτων) αυτή καθ' αυτή είναι αναπόσπαστο στοιχείο της επιστημονικής μεθοδολογίας και δημιουργεί μια πιο ρεαλιστική αντίληψη για τον επιστημονικό τρόπο σκέψης (Grosslight et al. 1991). Η εργασία με μοντέλα δεν είναι μόνο διανοητική υπόθεση, αλλά επίσης και συναισθηματική, απαιτεί δημιουργικότητα και πειθαρχία και μπορεί να οδηγήσει τόσο σε αναδόμηση απόψεων όσο και ικανοποίηση (Laszlo 2000, De Vos 1990). Είναι επίσης πολύ σημαντικό να διατηρηθεί κάτι από την αβεβαιότητα και δοκιμαστικότητα, οι οποίες είναι χαρακτηριστικές των μοντέλων και να δοκιμάζονται οι συνέπειες στην ερμηνεία κατάλληλων πειραμάτων (de Vos 1990).

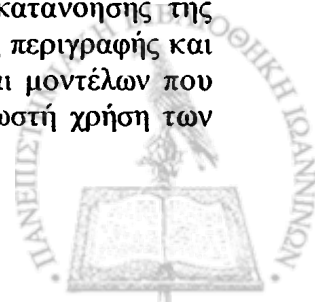
- Το σωματιδιακό μοντέλο παρουσιάζεται συνήθως κατά τη διδασκαλία ως ένα γνωστό γεγονός που ερμηνεύει φαινόμενα, πολλά από τα οποία αναφέρονται στην αέρια κατάσταση. Τα αέρια ωστόσο, αν και έχουν λιγότερες εκτατικές ιδιότητες από τα στερεά και υγρά και είναι πιο κοντά στην έννοια της ύλης, δεν κατανοούνται από τους μαθητές (Lee et al. 1993, Smith et al. 1997, Stavy 1991) και λαμβάνονται ως ύλη αργά και μόνο μέσω ιδιοτήτων που αντικειμενοποιούν τα αέρια. Τα υγρά, που είναι είναι ευκολότερο να τα αντιληφθούμε ως ύλη παρά τα στερεά, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την κατανόηση των ιδιοτήτων της ύλης (Kmel et al. 2003, Benson et al. 1993).

- Η σωματιδιακή κίνηση δυσκολεύει τους μαθητές, οπότε απαιτείται η δυναμική απεικόνιση της σωματιδιακής συμπεριφοράς (Williamson et al. 1995). Απαιτείται επίσης να δοθεί έμφαση στις έλξεις μεταξύ σωματιδίων (Johnston & Driver 1989) και να δίνεται προσοχή και χρόνος να δείξουν οι μαθητές τι καταλαβαίνουν (Johnson 1998c).

- Προβλήματα κατανόησης της σωματιδιακής θεωρίας προκύπτουν από προβλήματα κατανόησης σε μακροσκοπικό επίπεδο (Johnston & Driver, 1989, Berkheimer 1990, Snir et al. 2003). Για την μικροσκοπική περιγραφή απαιτείται πιστοποίηση γνώσεων από το μακροσκοπικό επίπεδο.

- Κατά τη διδασκαλία της χημείας χρησιμοποιούνται διδακτικές επινοήσεις και αναλογίες που επιχειρούν να απλοποιήσουν την κατανόηση των χημικών μοντέλων. Οι μαθητές εξηγούν λαθεμένα ή κυριολεκτικά αναλογίες και διδακτικές επινοήσεις, δημιουργώντας έτσι εναλλακτικές ιδέες. Η χρήση αναλογιών απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Χρειάζεται να προσδιορίζονται οι θετικές και αρνητικές πτυχές των αναλογιών (Glynn 1991), να αναγνωρίζονται στην τάξη τα κοινά και μη κοινά χαρακτηριστικά της αναλογίας και στόχου και να αξιολογούνται οι αναλογίες, που πρέπει να είναι οικείες στους μαθητές (Focus, Action, Reflection) (Treagust et al. 1998).

- Οι εναλλακτικές ιδέες ενθαρρύνονται όταν κατά τη διδασκαλία χρησιμοποιούνται λαθεμένες προτάσεις όπως “τα σωματίδια στο στερεό”, “σαν τι είναι το μικρότερο κομμάτι στο κερι” οπότε οι μαθητές θεωρούν ότι τα σωματίδια είναι μέσα σε συνεχείς ουσίες (μοντέλο Α κατά Johnson 1998c) (Johnston & Driver 1989, Johnson 1998c). Ανακριβείς ορισμοί που συντελούν μερικές φορές στο σχηματισμό εναλλακτικών ιδεών χρησιμοποιούν και τα εγχειρίδια (de Vos & Vendronk 1987a, Johnson 1996, Johnson 1998c). Αλλά και η εικονογράφηση βιβλίων και τα μοντέλα που σχεδιάζονται σε αυτά ισχυροποιούν το μοντέλο Α κατ'ατο οποίο τα μόρια είναι μέσα στα υλικά (Renstrom 1988, Andersson 1990, Σταυρίδου 1995). Η δυσκολία κατανόησης της σωματιδιακής δομής της ύλης μπορεί να προέρχεται από διαφορετικές διαδικασίες περιγραφής και εννοιοδότησης μεταξύ συμβόλων που απεικονίζουν μακροσκοπικά φαινόμενα και μοντέλων που βασίζονται στη σωματιδιακή δομή (Han & Roth 2006). Απαιτείται επομένως σωστή χρήση των σχετικών όρων και των συμβόλων.



Πριν καταλήξουμε ότι οι σωματιδιακές ιδέες είναι πολύ δύσκολες απαιτείται περαιτέρω έρευνα (Fensham 1994) και σίγουρα βελτίωση διδακτικών πρακτικών. Μια προσεκτικά σχεδιασμένη διδασκαλία μπορεί να βοηθήσει μαθητές έκτης τάξης να αναπτύξουν κατανόηση ατόμων και μορίων, παρόλο που κάποιες αδυναμίες στην κατανόηση των μαθητών μπορούν να παραμείνουν και μετά την προσέγγιση αυτή (Lee et al. 1993).

Προκειμένου να ερευνήσουμε την επιτευξιμότητα μιας επιτυχημένης διδασκαλίας ενός στοιχειώδους σωματιδιακού μοντέλου στο δημοτικό σχολείο δομήσαμε διδακτικό υλικό (Παράρτημα Π1), λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα της βιβλιογραφίας και το διδάξαμε σε μαθητές έκτης τάξης του δημοτικού σχολείου. Η ταυτότητα της έρευνάς μας παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 3 και τα αποτελέσματα της έρευνας στα Κεφάλαια 4-14.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Η ταυτότητα της έρευνας

3.1. Περιεχόμενα έρευνας

Η έρευνά μας έχει διπλό χαρακτήρα, έρευνας και διδακτικής καινοτομίας, που έχει ως στόχο να εξασφαλιστεί αφενός η γεφύρωση του χάσματος μεταξύ έρευνας και πράξης και αφετέρου να υπάρξει καθοριστική επίδραση της έρευνας στο σχεδιασμό της διδασκαλίας (Kemp 1994). Για το σκοπό αυτό έχουμε σχεδιάσει μια σειρά δραστηριοτήτων μοντελοποίησης μακροσκοπικών φαινομένων (Σταυρίδου 1995), που βασίζεται σε εποικοδομητική αντίληψη για τη μάθηση (Driver & Oldham 1986, Driver 1989, Johnston 1990, Scott et al. 1994).

Επιλέξαμε να ερευνήσουμε την μικροσκοπική θεώρηση της ύλης, γιατί θεωρούμε ότι η κατανόηση και χρήση της έννοιας του μορίου είναι ουσιαστική στην διδασκαλία της Χημείας. Αντικείμενο της έρευνας - διδακτικής παρέμβασης είναι: *Η εποικοδομητική εισαγωγή της έννοιας του μορίου, μέσω μοντελοποίησης επιλεγμένων μακροσκοπικών φαινομένων χρησιμοποιώντας πειράματα, επιδείξεις, αναλογίες και προσομοιώσεις σε Η/Υ.* Η έννοια του μορίου εισάγεται μέσω ενός στοιχειώδους σωματιδιακού μοντέλου, που περιλαμβάνει τις βασικές όψεις (σωματίδια, κενός χώρος, κίνηση, πρόκληση κίνησης, διάταξη και αναδιάταξη σωματιδίων, διαμοριακοί δεσμοί). Το μόριο παρουσιάζεται χωρίς δομή, ως δομική μονάδα της ύλης.

Με την εποικοδομητική εισαγωγή του μορίου, στοχεύουμε στα παρακάτω:

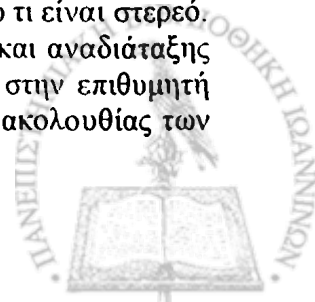
- οικοδόμηση εννοιών και δημιουργία νοητικών παραστάσεων,
- εγκατάσταση ενός καλού σωματιδιακού μοντέλου, που απαιτείται για την εισαγωγή της έννοιας της χημικής ουσίας,
- εξοικείωση των μαθητών με διαδικασίες μοντελοποίησης.

Επιδιώκουμε να ελέγξουμε την κατανόηση βασικών όψεων του σωματιδιακού μοντέλου, την ικανότητα των μαθητών να αναπαριστούν, εξηγούν και προβλέπουν μακροσκοπικά φαινόμενα με τη χρήση σωματιδιακών μοντέλων και τη συναισθηματική αποδοχή της διδασκαλίας με σωματιδιακά μοντέλα.

Η μελέτη αυτή διεξάγεται στο πλαίσιο μιας σειράς μαθημάτων και θα μας δώσει πληροφορίες για την έκταση των αλλαγών που γίνονται στον τρόπο σκέψης των παιδιών ως αποτέλεσμα οργανωμένων μαθησιακών εμπειριών, με άλλα λόγια πώς οι καθημερινές έννοιες των μαθητών υποβάλλονται σε αλλαγές υπό την επίδραση των αντίστοιχων επιστημονικών. Στην μελέτη μας θέλαμε να δούμε πώς ο μαθητής χρησιμοποιούν την γνώση τους, όταν απαντούν σε γραπτό ερωτηματολόγιο και όταν αλληλεπιδρούν σε συζήτηση σε ομάδες.

3.2. Η διδακτική παρέμβαση και το διδακτικό υλικό

Στη διδακτική μας παρέμβαση οι μαθητές ανακατασκευάζουν, αναδομούν την αρχική γνώση τους για τη δομή της ύλης υπό την καθοδήγηση του δασκάλου. Ο δάσκαλος κοινοποιεί και μεταδίδει το επιστημονικό περιεχόμενο, δηλαδή μια δομή που ενσωματώνει και απεικονίζει τις βασικές πτυχές της επιστημονικής σκέψης και πρακτικής. Ως παράδειγμα ανακατασκευής αναφέρουμε ότι η έννοια που αποδίδουν οι μαθητές στο στερεό, ανακατασκευάζεται στη διάρκεια των μαθημάτων. Η παρουσίαση του σχήματος και του όγκου των στερεών και υγρών θα προκαλέσει άλλες προσωρινές μακροσκοπικές επιθυμητές γνώσεις και θα μεταβάλουν την αρχική γνώση. Η αλλαγή κατάστασης θα προκαλέσει ακόμη μια αλλαγή στην θεώρηση του τι είναι στερεό. Η σωματιδιακή περιγραφή της ύλης, η ερμηνεία των στερεών με όρους κίνησης και αναδιάταξης των σωματιδίων προκαλούν επιθυμητές αλλαγές της γνώσης μέχρι να φτάσουμε στην επιθυμητή γνώση. Η λειτουργία ανακατασκευής των εννοιών γίνεται μέσα από επιλογή της ακολουθίας των εννοιών.



Δομώντας το υλικό της διδακτικής μας παρέμβασης καθορίσαμε τα βασικά χαρακτηριστικά της δομής του επιστημονικού περιεχομένου, το οποίο προορίζεται να αντικαταστήσει τις αρχικές γνωστικές δομές των αρχαρίων μαθητών. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να διαμορφώσουν ένα επεξηγηματικό πλαίσιο με τη δυνατότητα να προσφερθεί μια εξίσου πειστική εικόνα του κόσμου σαν αυτή που παρέχεται από τις ιδέες των αρχαρίων πριν από τη διδασκαλία. Κάποια από τα χαρακτηριστικά του σωματιδιακού μοντέλου, που υιοθετήθηκαν από μας στη διδακτική μας παρέμβαση, αναφέρονται από την Gabel et al. (1987). Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι:

- Η διατήρηση των σωματιδίων: ο αριθμός πριν και μετά τις φυσικές αλλαγές είναι σταθερός.
- Η απόσταση των σωματιδίων: κοντύτερα στα στερεά, διασκορπισμένα στα αέρια αλλά πάντα με χώρο μεταξύ τους.
- Η τάξη στα στερεά και η αταξία στα αέρια.
- Η θέση τους σε ένα δοχείο: τα στερεά και υγρά στον πάτο, τα αέρια σκορπίζουν.
- Η σταθερότητα στο σχήμα και το μέγεθος ανεξάρτητα από τη φυσική κατάσταση.
- Η διακρισιμότητά τους.
- Η χημική του σύσταση που είναι ίδια στα φυσικά και διαφορετική στα χημικά φαινόμενα.
- Δεσμοί κατάλληλοι για συγκεκριμένα μόρια.

Για να εφαρμόσουμε τα επιθυμητά χαρακτηριστικά των σωματιδιακών μοντέλων πρέπει κατά τους Βλάχο και Κόκκοτα (2000) να αντιμετωπίσουμε προβλήματα που σχετίζονται με τη δυσκολία επιλογής του κατάλληλου συνδυασμού που θα προταθεί για τη διδασκαλία των Φυσικών επιστημών, την προσαρμογή της όποιας επιλογής στους στόχους και στους περιορισμούς που θέτει το εκπαιδευτικό σύστημα, την εναρμόνιση με τα πορίσματα της έρευνας για τη διδασκαλία και τη μάθηση, την επιλογή του πεδίου φαινομένων στο οποίο θα αναδειχθεί το πρώτο σωματιδιακό μοντέλο και, συνακόλουθα την επιλογή των φαινομένων τα οποία θα το εξελίξουν στο επιθυμητό επιστημονικό μοντέλο. Οι λύσεις που θα προτείνουμε πρέπει να ερευνηθούν ως προς την εφαρμοσιμότητά τους και την αξιολόγησή τους σε σχέση με αυτά που ισχύουν.

Προκειμένου να διδάξουμε το στοιχειώδες σωματιδιακό μοντέλο, αναπτύξαμε διδακτικό υλικό για μια σειρά μαθημάτων. Για να διευκολύνουμε τη λειτουργία ανακατασκευής των εννοιών δώσαμε έμφαση στην ακολουθία των εννοιών. Επιλέξαμε θέματα-ενότητες που αποτελούν την κοινωνική καθημερινή διάσταση της επιστημονικής κατανόησης που θεωρούμε ότι πρέπει να κατανοούν οι μαθητές και έννοιες που είναι όψεις ατομικής γνώσης και που είναι απαραίτητες για ικανοποιητική επίδοση. Γενικά κάθε θέμα απαιτεί την ολοκληρωμένη, ενοποιημένη χρήση διαφόρων εννοιών και κάθε έννοια χρησιμοποιείται για περισσότερα από ένα θέματα (Berkeheimer et al. 1990). Στους μαθητές δίνονται πολλαπλές ευκαιρίες να εμπλακούν σε κάθε τύπο εργασίας αρχίζοντας από δραστηριότητες που αποβλέπουν στην εγκατάσταση του προβλήματος ως πραγματικό και ενδιαφέρον και συνεχίζοντας με μοντελοποίηση της επιστημονικής προσέγγισης. Στοχεύουμε με αυτό τον τρόπο οι μαθητές να δίνουν περιγραφές και ερμηνείες για τα καθημερινά φαινόμενα και στα δυο επίπεδα, καθημερινό και επιστημονικό. Ο στόχος αυτός είναι αποδεκτός καθώς τα δυο συστήματα γνώσης (επιστημονική και καθημερινή) πρέπει να συνυπάρχουν και ότι οι συνθήκες μάθησης πρέπει να ενεργοποιούν το καθένα από αυτά (Solomon 1994b). Τη διδασκαλία χημικών εννοιών σε διαφορετικά περιβάλλοντα προτείνει και η Nieswandt (2001) που ερεύνησε πώς η μάθηση αλλαγών κατάστασης ουσιών και η σωματιδιακή δομή της ύλης σε μαθητές ένατης τάξης επηρεάζεται και εμποδίζεται από καθημερινές έννοιες σχετικά με χημικά φαινόμενα. Κάθε νέα έννοια δίνει στους μαθητές διαφορετικές ευκαιρίες να ασκηθούν σε παρόμοιες εργασίες και να ασκηθούν στην εφαρμογή σε καθημερινά φαινόμενα.

Το σωματιδιακό μοντέλο, που εισάγουμε, βασίζεται στη διάταξη, κίνηση και αναδιάταξη των σωματιδίων, στους δεσμούς μεταξύ των σωματιδίων και τα μόρια ως αμετάβλητος δομικός λίθος στα φαινόμενα που μελετάμε. Η αντίθεση μεταξύ αλλαγής και διατήρησης ως πλαίσιο για τη διδασκαλία της σύγχρονης άποψης για τη σωματιδιακή δομή της ύλης προτείνεται και από Piaget (Buck 1990). Ο Βλάχος (1999) στη πρότασή του για σχεδιασμό αναλυτικού προγράμματος χρησιμοποιεί για το μακροσκοπικό επίπεδο το τρίπτυχο κατάσταση - αλλαγή - διατήρηση και στο



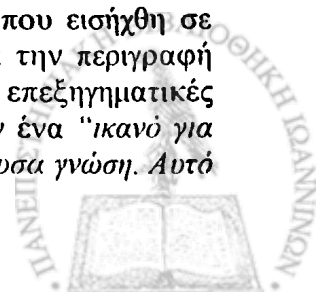
σωματιδιακό ταυτότητα – κινητικότητα - δυνάμεις. Οι Parageorgiou & Johnson (2005) εξηγώντας την τήξη με ένα σωματιδιακό μοντέλο, παρουσιάζουν ένα δείγμα μιας ουσίας ως συδάθροιση σωματιδίων με κενό χώρο μεταξύ τους, όπου τα σωματίδια συγκρατούνται μεταξύ τους, κινούνται συνεχώς με κάποιο τρόπο, έχουν ενέργεια κίνησης και τα σωματίδια μιας συγκεκριμένης ουσίας παραμένουν τα ίδια κατά την αλλαγή κατάστασης. Κάθε ουσία αποτελείται από διαφορετικά σωματίδια και ο τρόπος σύνδεσης με άλλα και η κινητικότητα τους προσδιορίζουν τον τύπο της ουσίας (στερεή, υγρή ή αέρια). Η θέρμανση ή ψύξη επηρεάζουν την κινητικότητα των μορίων επηρεάζοντας την αποτελεσματικότητα των δυνάμεων που τα συγκρατούν και αποδίδοντας την έννοια της αλλαγής κατάστασης. Ωστόσο, δεν παραβλέπουμε το γεγονός ότι η χρήση ενέργειας στις φυσικές μεταβολές δυσκολεύει τους μαθητές (Besson 2003, Hapison et al. 1999, Lewis & Linn 1994). Έμφαση με χρήση δυναμικών οπτικοποιήσεων δόθηκε στην έννοια της σωματιδιακής κίνησης που είναι ένα σκοτεινό σημείο για τους μαθητές. Εκτός από την κίνηση των σωματιδίων δόθηκε έμφαση και στους δεσμούς μεταξύ των μορίων. Στη ενότητα της διάλυσης έγινε αναφορά και στην έννοια της αλληλεπίδρασης μεταξύ των σωματιδίων. Οι έννοιες της φυσικής κατάστασης μιας ουσίας και της αλλαγής κατάστασης αποδίδονται με σχήματα και σύμβολα που δείχνουν την κίνηση και τη διάταξη των σωματιδίων στα στερεά, υγρά και αέρια (αποδεκτό μοντέλο). Οι εικονικές αυτές αναπαραστάσεις απαιτούν τη διατήρηση του σωματιδίου δομικού λίθου καθώς στα φυσικά φαινόμενα τα μόρια μένουν αμετάβλητα. Απαιτούν λεπτούς χειρισμούς διότι είναι μακροσκοπικές και μπορεί να εισάγουν παρανοήσεις. Στο διδακτικό υλικό επισημαίνεται ότι αυτές οι παραστάσεις δεν ταυτίζονται με την πραγματικότητα.

Οι ενότητες – θέματα που παρουσιάστηκαν και οι βασικές έννοιες - χαρακτηριστικά του μοντέλου παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2.1.

Πίνακας 3.2.1.: Ενότητες και έννοιες ανά δραστηριότητα, που χρησιμοποιήθηκαν για την εισαγωγή του στοιχειώδους σωματιδιακού μοντέλου.

Δραστηριότητες	Ενότητες – θέματα	Έννοιες – χαρακτηριστικά του μοντέλου
1	Διάχυση μελάνης σε νερό	Κάθε τι είναι φτιαγμένο από σωματίδια – μόρια και ανάμεσά τους υπάρχει κενός χώρος. Τα μόρια είναι πολύ μικρά. Τα μόρια δεν έχουν τις ιδιότητες των σωμάτων. Τα μόρια δεν μεταβάλλονται, ούτε αλλάζουν οι διαστάσεις τους στα φαινόμενα που θα μελετήσουμε, που είναι φυσικά φαινόμενα.
2	Όγκος και σχήμα στερεών και υγρών	Τα στερεά, υγρά και αέρια διαφέρουν στις μακροσκοπικές ιδιότητες αλλά και στην διάταξη και κίνηση των μορίων τους
3	Διάχυση μελάνης σε ζεστό και κρύο νερό. Εξήγηση θερμικής διαστολής στερεού	Προσθέτοντας θερμότητα σε μια ουσία, μεγαλώνει η απόσταση των σωματιδίων και τα σωματίδια κινούνται γρηγορότερα. Ως αποτέλεσμα η ουσία διαστέλλεται. Τα σωματίδια όμως της ουσίας παραμένουν αμετάβλητα
4	Ζάχαρη σε φίλτρο εξαφανίζεται όταν διαλύεται σε νερό	Τα σωματίδια των ουσιών συνεχώς κινούνται και ανακατεύονται χωρίς να μεταβάλλονται. Τα μόρια συνδέονται μεταξύ τους. Τα σωματίδια των ουσιών αλληλεπιδρούν
5	Τήξη πάγου	Προσθέτοντας ακόμη περισσότερη θερμότητα σε μια ουσία, μεγαλώνει ακόμη περισσότερο η απόσταση των σωματιδίων της και τα σωματίδια κινούνται γρηγορότερα. Σπάνε ή χαλαρώνουν οι δεσμοί μεταξύ των σωματιδίων και οι ουσίες αλλάζουν κατάσταση. Τα σωματίδια όμως παραμένουν αμετάβλητα.

Το διδακτικό υλικό που αναπτύξαμε είναι βασισμένο σε διδακτικές προσεγγίσεις που απαντώνται στη βιβλιογραφία. Από τη διδακτική προσέγγιση του CLIS (Children's Learning in Science Project (1987) (Johnston 1990, Scott 1992) λάβαμε ως βάση τη διαπραγμάτευση των ιδιοτήτων των στερεών, υγρών και αερίων, κάποιες αναφορές στη φύση των επιστημονικών θεωριών, την αναδιοργάνωση των ιδεών και μετατόπιση προς την άποψη της σχολικής επιστήμης, την ανασκόπηση των αλλαγών στις ιδέες, διαδικασία που γίνεται σε σύγκριση με τις αρχικές. Από τη διδακτική προσέγγιση των Bèrkheimer et al. (1988) (Matter and Molecules), που εισήχθη σε μαθητές 6^{ης} τάξης, λάβαμε τις καλά σχηματισμένες εξηγήσεις με σωματίδια για την περιγραφή φαινομένων. Κατά την ανάπτυξη του διδακτικού υλικού δεν αγνοήσαμε τις επεξηγηματικές επιδείξεις, που δείχνουν πώς μια διαδικασία βοηθά τους μαθητές να οπτικοποιούν ένα "ικανό για να διαρκέσει νοητικό μοντέλο ενός συστήματος, που είναι σε συνέπεια με την υπάρχουσα γνώση. Αυτό



τω νοητικό μοντέλο είναι ο μηχανισμός με τον οποίο οι μαθητές αποκτούν γνώση και προχωρούν προς μια γνώση που έχει νόημα” (Mayer 1993). Η επιδέξια χρήση των επεξηγηματικών επιδείξεων μπορεί να βοηθά τη βελτίωση της επίδοσης αγοριών και κοριτσιών. Δεν περιμέναμε οι μαθητές να παράξουν μοντέλα για τη σωματιδιακή δομή της ύλης προκειμένου να ερμηνεύσουν τις ιδιότητες των σωμάτων και την αλλαγή κατάστασης. Ο σχηματισμός υποθέσεων απαιτεί χρόνο και δεν σημαίνει ότι οι περιορισμένες συζητήσεις με μαθητές θα μας οδηγήσουν σε ανάδειξη ιδεών συμβατών με τις επιστημονικά αποδεκτές.

Η διδακτική μας προσέγγιση διαφοροποιείται από αυτές που απαντώνται στη βιβλιογραφία στα παρακάτω σημεία:

– Επιλέξαμε να εισαγάγουμε τις διαστάσεις του σωματιδιακού μοντέλου με στερεά και υγρά όπως προτείνουν και οι Kpel (2003), Benson et al. (1993), αποφεύγοντας τα αέρια, τα οποία δεν κατανοούνται ως ύλη αλλά χρησιμοποιούνται συνήθως για τον ίδιο σκοπό (Meheut & Chomat 1990, Nussbaum 1997). Τα στερεά είναι πιο κοντά στις εμπειρίες των μαθητών, έχουν περισσότερες εκτατικές ιδιότητες (ορισμένο σχήμα, όγκος, βάρος) ενώ τα υγρά έχοντας λιγότερες εκτατικές ιδιότητες (όγκος, βάρος) δίνουν την έννοια την ύλης. Εισαγωγή σωματιδιακού μοντέλου με στερεά και υγρά προτείνουν και οι Parageorgiou & Johnson (2005).

– Η διδακτική μας παρέμβαση έγινε αφού οι μαθητές είχαν διδαχθεί τα αντίστοιχα μακροσκοπικά φαινόμενα ώστε να έχουν παραστάσεις από το εμπειρικό πεδίο. Αντίθετα η παρέμβαση των Berkheimer et al. (1988) περιλαμβάνει ταυτόχρονη μακροσκοπική περιγραφή παρόμοιων φαινομένων και ερμηνεία με σωματίδια. Σε μια διαδικασία μοντελοποίησης φαινομένων, σαν αυτή που ακολουθήσαμε, η θεμελίωση των εννοιών σε εμπειρικό επίπεδο προηγείται. Στη συνέχεια, αφού οι μαθητές απέκτησαν μια καλή μακροσκοπική περιγραφή των φαινομένων, έγινε η επινόηση και η κατασκευή μοντέλων, καθορίστηκαν οι ιδιότητες και ο τρόπος συμβολισμού και οι σχέσεις αντιστοίχισης μεταξύ μοντέλου και πραγματικότητας. Μια τέτοια μεθοδολογία εισαγωγής σωματιδιακού μοντέλου αναπτύχθηκε από Σταυρίδου (1995) σε φοιτητές παιδαγωγικού τμήματος. Οι σωματιδιακές ιδέες δημιουργούν ένα επεξηγηματικό πλαίσιο που προσφέρει μια εξίσου πειστική εικόνα του κόσμου σαν αυτή που παρέχεται από τις ιδέες των μαθητών πριν από τη διδασκαλία. Με τη διαδικασία αυτή ο μαθητής ελέγχει με τις νέες γνώσεις τις αρχικές του εμπειρικές παραστάσεις και καθώς η αξιολόγηση των δύο προσεγγίσεων είναι διαφορετική, η σύγκρισή τους οδηγεί σε αντιπαράθεση που κάνει φανερή και την ανεπάρκεια των ερμηνειών που πηγάζουν από την εμπειρική βιωματική γνώση, όσο και τον μη αποκλειστικό και μη πλήρη χαρακτήρα των εξηγήσεων.

– Η διδακτική πρόταση του Βλάχου (1999) είναι η παραγωγή των πρώτων σωματιδιακών μοντέλων και η διαπραγμάτευσή τους, με συγκεκριμένα τεχνάσματα όπως ο μεγεθυντικός φακός, οι μεταφορές και οι επικοινωνιακές δραστηριότητες. Στην πρότασή του προτείνονται και τις δυο κατευθύνσεις από το μακρόκοσμο και μικρόκοσμο και αντίστροφα.

– Στο πρόγραμμα CLIS προτείνεται για την ερμηνεία προβλημάτων που προκύπτουν από το μακροσκοπικό επίπεδο ένα απλό σωματιδιακό μοντέλο. Το επιστημονικό μοντέλο για τις αλλαγές είναι αυτό των ατόμων και των μορίων (με έμφαση στα άτομα) (Scott 1992). Στη δική μας πρόταση εισάγεται ένα σωματιδιακό μοντέλο με όλες τις διαστάσεις όπως ταυτότητα, κινητικότητα, δεσμοί. Στη σειρά μαθημάτων εξαντλήσαμε την έννοια του μορίου για την εμπέδωση της έννοιας της χημικής ουσίας. Σε επόμενη εργασία ευελπιστούμε ότι θα διαπραγματευτούμε την επέκταση του μοντέλου σε χημικά φαινόμενα.

– Διαφορετική είναι και η ομάδα στην οποία απευθυνόμαστε. Το πρόγραμμα CLIS και οι προσεγγίσεις των Meheut & Chomat (1990) και Nussbaum (1997) απευθύνονται σε μαθητές 13-14 ετών ενώ μια διαδικασία μοντελοποίησης που αναπτύχθηκε από Σταυρίδου (1995) απευθύνεται σε φοιτητές παιδαγωγικού τμήματος. Η πρόταση του Βλάχου απευθύνεται σε μαθητές Ε΄ δημοτικού. Η ηλικιακή ομάδα - στόχος της δικής μας εργασίας είναι μαθητές έκτης δημοτικού που έχουν



μελετήσει τα αντίστοιχα μακροσκοπικά φαινόμενα. Το ίδιο προτείνουν και Kokkotas & Hatzinikita (1994).

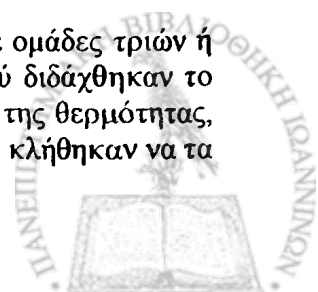
Χαρακτηριστικό της διδακτικής μας παρέμβασης είναι η χρήση ποικιλίας αναλογιών και μοντέλων. Χρησιμοποιήσαμε πολλές αναλογίες, προσομοιώματα και οπτικοποιήσεις (animations) που αναζητήσαμε στο διαδίκτυο και επιλέξαμε αυτά που θεωρούσαμε ότι δεν δημιουργούν παρανοήσεις. Βιβλιογραφικές αναφορές για τις αναλογίες και διευθύνσεις από το διαδίκτυο παρουσιάζονται στο διδακτικό υλικό (Παράρτημα Π1). Ανάλογες παιδαγωγικές δραστηριότητες με αυτές που χρησιμοποιούνται στη διδακτική μας παρέμβαση και αναπαραστάσεις περιεχομένου αναφέρονται και στην καταγραφή των Loughran et al. (2001) και προτείνονται για την βελτίωση γνώσης παιδαγωγικού περιεχομένου σε υποψηφίους δασκάλους (Loughran et al. 2004). Εξήγηση καθημερινών φαινομένων όπως η διάλυση, η διάχυση αρώματος, η κίνηση του καπνού με σωματίδια προτείνεται και από Lee & Tan (2004).

Χρησιμοποιήσαμε επίσης ένα παιχνίδι προσομοίωσης ή παιχνίδι ρόλων που αναφέρεται ως κιναισθητικό μοντέλο, στο οποίο οι μαθητές παριστάνουν με τα σώματά τους τα μόρια τα οποία μπορούν να κινούνται και να αναδιατάσσονται. Λέγοντας παιχνίδι προσομοίωσης εννοούμε ένα παιχνίδι με στοιχεία ενός λειτουργικού μοντέλου δραστικού στην ανακάλυψη των κρυμμένων δυναμικών στοιχείων (Rennie and Rennie 1991, σ.136). Στο παιχνίδι ρόλων οι μαθητές είναι στο επίκεντρο της μαθησιακής διαδικασίας. Δίνεται έμφαση στην αυτονομία μάθησης και τοποθετείται ως διδακτική στρατηγική σε περιβάλλοντα εποικοδομητικής μάθησης (Taylor and Fraser 1991, Tsai 1997). Στο παιχνίδι αυτό οι μαθητές παριστάνουν με το σώμα τους το αμετάβλητο μόριο στις τρεις καταστάσεις της ύλης. Οι μαθητές παριστάνουν τα στερεά κάνοντας ελαφριά δόνηση του κορμιού χωρίς να αλλάζουν θέση και έχουν τα μπράτσα μπλεγμένα για να δείξουν ότι τα σωματίδια συνδέονται με δεσμούς μεταξύ τους. Η ένταση της μουσικής, που αντιστοιχεί στην αύξηση της θερμοκρασίας, κάνει τα μόρια να κινούνται ελεύθερα στο χώρο ανά δύο, με τους δεσμούς να διατηρούνται, όπως οι χορευτές χωρίς να αλλάζει η απόσταση. Με τον τρόπο αυτό αποδίδουν τα υγρά. Η κίνηση αυτή γίνεται ελεύθερα στα αέρια, καθώς η ένταση της μουσικής αυξάνει - αύξηση της θερμοκρασίας. Καθώς οι μαθητές χτυπούνε στα τοιχώματα της τάξης φωνάζουν "πίεση αερίου". Το μοντέλο ερμηνεύει το σχήμα στερεών, υγρών και αερίων, την σταθερότητα όγκου στα στερεά και υγρά, τις πιέσεις στα τοιχώματα. Επίσης ερμηνεύει τη διαστολή ως αύξηση της δόνησης χωρίς να αλλάζει η διάταξη. Ερμηνεύει και την αλλαγή κατάστασης καθώς η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει την κίνηση και απόσταση των σωματιδίων και από στερεά μπορεί να έχουμε υγρά και αέρια. Οι μαθητές νοιώθουν τους δεσμούς μεταξύ των μορίων, κατανοούν την διάταξη, την αναδιάταξη και την εσωτερική κίνηση. Ο κενός χώρος αποδίδεται επίσης καθώς οι μαθητές και όταν ακουμπούν μεταξύ τους αφήνουν κενά. Οι μαθητές κατανοούν τη διατήρηση του μεγέθους, σχήματος και του αριθμού των σωματιδίων στις φυσικές αλλαγές. Παρόμοια αναλογία - παιχνίδι ρόλων χρησιμοποιήθηκε σε μαθητές 8^{ης} τάξης (Tsai 1999), όπου κάθε μαθητής παριστάνει το άτομο βρωμίου και ζεύγη μαθητών παριστάνουν τα μόρια του βρωμίου, σε διαφορετικές θερμοκρασίες και καταστάσεις. Ανάλογες προσομοιώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την επίδειξη μικροσκοπικών όψεων των χημικών αντιδράσεων στις οποίες τα άτομα αλληλεπιδρούν.

Η οπτικοποίηση ενός μοντέλου είναι δυνατό να δημιουργήσει εκ νέου εναλλακτικές απόψεις στους εκπαιδευόμενους, γι' αυτό δόθηκαν πολλαπλά μοντέλα τα οποία αξιολογήθηκαν ως προς την περιγραφική και ερμηνευτική τους ισχύ (Harrison & Treagust 2000) και δόθηκε έμφαση στη διάκριση του μικροσκοπικού επιπέδου με το μακροσκοπικό (Fischler & Seifert 2001).

Θεωρούμε ότι τα εργαλεία που χρησιμοποιήσαμε ήταν σχετικά με την καθημερινή εμπειρία των μαθητών κι είχαν μεγάλη δυνατότητα να δράσουν ως ενδιάμεσα στη διαδικασία μάθησης. Το διδακτικό υλικό, που χρησιμοποιήσαμε, παρουσιάζεται στο Παράρτημα Π1.

Ιδιαίτερα πρωτότυπη θεωρούμε τη συζήτηση των σωματιδιακών όψεων σε ομάδες τριών ή τεσσάρων μαθητών. Οι μαθητές μιας από τις πειραματικές ομάδες, της Π2, αφού διδάχθηκαν το μοντέλο σύμφωνα με το σχήμα διάταξη, κίνηση αναδιάταξη, δεσμοί και το ρόλο της θερμοκρασίας, και ερμήνευσαν με αυτό κάποια φαινόμενα, συζήτησαν σε ομάδες κάποια άλλα και κλήθηκαν να τα

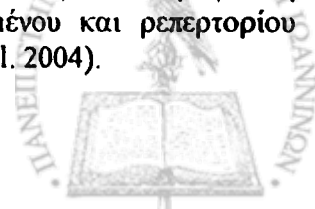


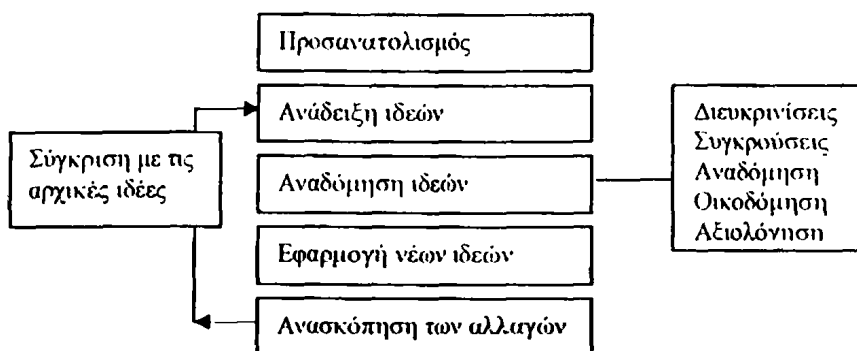
ερμηνεύσουν. Στόχος αυτών των συζητήσεων είναι η ανάδειξη αυθεντικής γνώσης των μαθητών, το βαθύτερο πιστεύω και οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν. Ο ρόλος της συζήτησης και του διαλόγου είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Στη διάρκεια της συζήτησης επιδιώκουμε οι μαθητές να αναπτύξουν μια επιχειρηματολογία, ήτοι να προβλέπουν, δικαιολογούν, παρέχουν απόδειξη για στήριξη ισχυρισμών, να υπολογίζουν, να εφαρμόζουν την επιστημονική αρχή και να αλλάζουν άποψη (Alexoroulou & Driver 1996). Κατά τη συζήτηση εξάγουν συμπεράσματα, ελέγχουν την πειστικότητά τους αναζητώντας περισσότερες εξωτερικές πληροφορίες ή χρησιμοποιώντας αυτές που ήδη ξέρουν και με το συντονισμό παλαιών και νέων πληροφοριών δημιουργούν μια πλήρη και συνεκτική αναπαράσταση αυτών που συμβαίνουν πίσω από κάποιες δοσμένες πληροφορίες. Με τη διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται η κατανόηση. Όμως για να έχει η συζήτηση θετικά αποτελέσματα απαιτείται αυθεντική συμμετοχή. Οι αυθόρμητες και αυθεντικές συνεισφορές, όπως οι εμπειρίες και οι αμφιβολίες και η εμπιστοσύνη για το αποτέλεσμα της συζήτησης, δίνουν την αλήθεια στο αποτέλεσμα. Όλα αυτά δίνουν στα αποτελέσματα αξία και τα κάνουν αξιόπιστα και αξιομνημόνευτα κάτι που πιστοποιείται από το ότι οι μαθητές θυμούνται το θέμα της συζήτησης και το συμπέρασμά της μετά από δυο ή περισσότερες εβδομάδες (Solomon 1994b). Στη μελέτη μας ενδιαφέρει η αλληλεπίδραση μαθητών που αφορά τη διαπραγμάτευση νοημάτων κατά την οποία οι συμμετάχοντες διατυπώνουν, τεκμηριώνουν, επιχειρηματολογούν σχετικά με έννοιες και φαινόμενα (Shepardson 1996). Δεν εξετάσαμε αλληλεπιδράσεις που αφορούν τη διαπραγμάτευση σχετικά με τον έλεγχο της δραστηριότητας, με δράση ούτε με το χειρισμό υλικών. Δεδομένου ότι οι διαδικασίες δόμησης της γνώσης σε ομαδικό περιβάλλον συνδέονται με τη διαπραγμάτευση της αλληλεπίδρασης σε κοινωνικό πλαίσιο, χρησιμοποιήσαμε ομάδες τριών ή τεσσάρων μελών όπως προτάθηκαν από τους μαθητές. Έτσι αποφύγαμε, όσο το δυνατόν, κοινωνικές αντιπαραθέσεις. Στη διάρκεια των συζητήσεων στις ομάδες προκειμένου να εξασφαλιστεί η κατανόηση μεταξύ των συνομιλητών επιλέξαμε μια στρατηγική επικοινωνίας που να είναι περισσότερο αποτελεσματική. Έτσι επιλέξαμε αυτή που αναφέρεται από Ogborn (1993). Η πορεία της επικοινωνίας γίνεται σε τρεις φάσεις. Πρώτα οι μαθητές θα πρέπει να συμφωνήσουν τι βλέπουν. Μετά να περιγράψουν αυτό που βλέπουν, το πώς συμπεριφέρεται το υλικό στα πειράματα που τους επιδεικνύονται. Στην τρίτη φάση οι συνομιλητές διαπραγματεύονται τις ερμηνείες τους δίνοντας το αίτιο και τα αποτελέσματα. Το τι και πώς αντιστοιχούν στην μακροσκοπική παρατήρηση των φαινομένων ενώ το γιατί στη σωματιδιακή θεώρηση.

3.3. Η διδακτική στρατηγική

Η διδακτική στρατηγική είναι μια ολοκληρωμένη ακολουθία από διαδικασίες που έχει επιλέξει κάποιος έχοντας κατά νου ένα στόχο και η οποία έχει σχεδιαστεί για να βελτιστοποιήσει την απόδοση (Fayol 1994). Για να σχεδιαστεί και να πραγματοποιηθεί μια στρατηγική, ο δάσκαλος πρέπει να έχει στη διάθεσή του ένα αριθμό από διαδικασίες μεταξύ των οποίων θα επιλεγεί η κατάλληλη. Η επιλογή της διαδικασίας γίνεται σύμφωνα με τον στόχο, τους περιορισμούς του προβλήματος και τις ικανότητές του. Απαραίτητος είναι ο έλεγχος και η αξιολόγηση της διαδικασίας. Η διδακτική στρατηγική, που αποτελεί το πρότυπο στο οποίο στηρίζονται οι διάφορες παραλλαγές της εποικοδομητικής διδασκαλίας προτάθηκε από Driver & Oldham (1986) και αποδίδεται με το Διάγραμμα 3.1.

Η διδακτική στρατηγική είναι ανοιχτή στην επιλογή εναλλακτικών βημάτων και ενδιάμεσων διακλαδώσεων (Κόκκοτας 1997). Κατά το σχεδιασμό μιας στρατηγικής σύμφωνης με την εποικοδομητική προσέγγιση ο δάσκαλος πρέπει να γνωρίσει: τη γνωστική αφετηρία των μαθητών, τα γνωστικά εφόδια και εμπόδια, τη δομή της επιστήμης που θα διδάξει. Χρειάζεται να επινοήσει μαθησιακές δραστηριότητες και να τις εμπλουτίσει με κατάλληλα οπτικοακουστικά βοηθήματα. Να λάβει επίσης υπόψη και τη δική του εξοικείωση με τη χρήση διδακτικών τεχνικών όπως μεταφορών και αναλογιών, τη συζήτηση στις ομάδες και τις ερωτήσεις, αλλά και να διαμορφώσει μαθησιακή διδακτική σχέση με τους μαθητές (Τριλιανός 1991). Για την γνώση παιδαγωγικού περιεχομένου η αλληλεπίδραση αναπαράστασης περιεχομένου και ρεπερτορίου επαγγελματικής και παιδαγωγικής εμπειρίας είναι σημαντική (Loughran et al. 2004).





Διάγραμμα 3.1.: Στρατηγική εποικοδομητικής διδασκαλίας όπως προτάθηκε από Driver & Oldham (1986)

Κατά την εισαγωγή του σωματιδιακού μοντέλου ακολουθήσαμε την παρακάτω διδακτική στρατηγική. Η στρατηγική αυτή χρησιμοποιήθηκε κατά τη διδασκαλία σωματιδιακού μοντέλου στην πειραματική ομάδα Π1 και Π2 στις ενότητες που διδάχθηκαν.

- Αρχικά παρουσιάζεται το φαινόμενο - πρόβλημα που επιλέχθηκε για μοντελοποίηση, δηλαδή για την εισαγωγή στοιχειώδους σωματιδιακού μοντέλου. Κάθε φαινόμενο παρουσιάζεται με πείραμα. Κατά την παρουσίαση των φαινομένων οι μαθητές περιγράφουν αυτά με μακροσκοπικούς όρους. Τα φαινόμενα ήταν γνωστά στους μαθητές, αλλά με την παρότρυνση να δώσουν ερμηνεία για τα φαινόμενα, προκαλείται η περιέργεια και ενεργοποιείται η αρχική γνώση των παιδιών. Σε σημειωματάριο κάθε μαθητής χωριστά γράφει την ερμηνεία που δίνει για το φαινόμενο.

- Ακολουθεί η διαδικασία μοντελοποίησης. Στη φάση αυτή γίνεται η εισαγωγή και χρήση πολλαπλών μοντέλων και αναλογιών στη λύση προβλημάτων. Η φάση αυτή βοηθά στην οικοδόμηση της γνώσης, κυρίως όσον αφορά τα χαρακτηριστικά του σωματιδιακού μοντέλου. Χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα με συγκεκριμένα σωματίδια, όπως βόλοι, αλλά και δυναμικές αναπαραστάσεις της σωματιδιακής συμπεριφοράς στον Η/Υ. Χρησιμοποιήσαμε και παράσταση - εμπύχωση (κιναισθητικό μοντέλο) των σωματιδίων με τα σώματα των μαθητών κατά το οποίο αισθάνονται τις ενδομοριακές δυνάμεις καθώς πιάνονται με τα χέρια τους. Επισημαίνουμε ότι τα σωματίδια δεν έχουν ανθρωπομορφικά χαρακτηριστικά. Η θερμοκρασία παραβάλλεται με τη μουσική και η αύξηση της θερμοκρασίας με την αύξηση της έντασης της μουσικής. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται για την παράσταση στερεών, υγρών και αερίων, για τη διαστολή και την αλλαγή κατάστασης. Όλα τα μοντέλα παρουσιάστηκαν έτσι ώστε να μην προβάλλουν την εικόνα της αληθινής και τελικής γνώσης αλλά να χειρίζονται τη γνώση ως συσχετισμένη με προβλήματα και υποκείμενη σε πιθανή μελλοντική διάψευση. Τέλος αναφέρουμε το αποδεκτό μοντέλο, στο οποίο τα σωματίδια δεν έχουν μακροσκοπικά χαρακτηριστικά και γίνεται αξιολόγηση των μοντέλων από τους μαθητές. Η αξιολόγηση των μοντέλων που χρησιμοποιούνται σε κάθε ενότητα, γίνεται ως προς την κλίμακα που χρησιμοποιούν, την αναπαραστατική τους ικανότητα, τον τρόπο που κατασκευάστηκαν. Η αξιολόγηση των μοντέλων σκόπευε στην παρεμπόδιση παρανοήσεων που αφορούσαν τις μακροσκοπικές ή ανθρωπομορφικές ιδιότητες των σωματιδίων. Για να αποτρέψουμε τη σύγχυση μοντέλου και πραγματικότητας δείξαμε στους μαθητές την αρχή δημιουργίας των κινούμενων σχεδίων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Δημιουργήσαμε σχέδια (μπάλες σε μικρές αποστάσεις μεταξύ τους), που διέφεραν ελάχιστα μεταξύ τους πάνω σε ριζόχαρτο και τα προβάλαμε όπως οι διαδοχικές σελίδες σε βιβλίο ώστε να δημιουργείται η ψευδαίσθηση κίνησης (flick book). Επιλέξαμε αυτή την πρακτική για να μην δημιουργηθεί η παρανόηση ότι οι στατικές ή δυναμικές απεικονίσεις είναι μεγέθυνση της πραγματικότητας.

- Στη συνέχεια κάθε φαινόμενο – πρόβλημα ερμηνεύεται με το αποδεκτό μοντέλο. Στη φάση αυτή εφαρμόζονται οι νέες ιδέες στην ερμηνεία φαινομένων.

- Τέλος εξετάζονται οι εναλλακτικές απόψεις. Κατά τη φάση αυτή γίνεται συζήτηση για τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και συγκρίνονται με τις αρχικές, που οι μαθητές είχαν διατυπώσει. Δίνεται η ευκαιρία στους μαθητές να δουν ότι αυτό που πίστευαν δεν ισχύει.



Στην ομάδα Π2, για τα θέματα που οι μαθητές δεν διδάχθηκαν, ακολουθήσαμε την παρακάτω στρατηγική. Δώσαμε στους μαθητές τις σχετικές έννοιες – χαρακτηριστικά των μοντέλων χωρίς να ερμηνεύσουμε με αυτές τα αντίστοιχα φαινόμενα (Αποδεκτό μοντέλο από το Παράρτημα Π1). Οι μαθητές απάντησαν στα αντίστοιχα ερωτηματολόγια. Στη συνέχεια παρουσιάσαμε στις ομάδες το πείραμα, που είχε παρουσιαστεί στην Π1 (Μέρος Α των δραστηριοτήτων στο Παράρτημα Π1) και παροτρύναμε τους μαθητές να δώσουν ερμηνεία του φαινομένου. Ο ρόλος του δασκάλου-ερευνητή ήταν να παρουσιάσει το πείραμα, να παροτρύνει τους μαθητές να συμμετέχουν και να συνοψίζει αυτά που είχαν ακουστεί στην ομάδα. Επίσης ζητούσε από τους μαθητές να απαντήσουν στις ερωτήσεις τις σχετικές με το θέμα, όπως διατυπώνονταν στο ερωτηματολόγιο. Όταν οι μαθητές δυσκολεύονταν στις απαντήσεις με μόρια, τους παρότρυνε να δουν τις απαντήσεις που έδωσαν στο τεστ και να τις συζητήσουν.

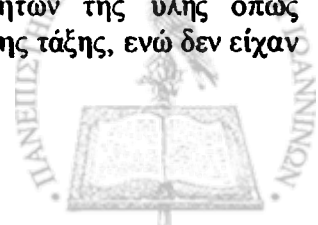
3.4. Ερευνητικά ερωτήματα

Με τη διδακτική μας παρέμβαση - έρευνα επιδιώκουμε να απαντήσουμε κυρίως στα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

- ? ποιες είναι οι αρχικές ερμηνείες των μαθητών για τα φαινόμενα που χρησιμοποιήθηκαν για την εισαγωγή του σωματιδιακού μοντέλου;
 - ? σε ποιο βαθμό χρησιμοποιούνται οι σωματιδιακές ιδέες στην ερμηνεία φαινομένων από τις επιμέρους ομάδες;
 - ? είναι οι μαθητές του δημοτικού σχολείου ικανοί να κατανοούν βασικές όψεις ενός στοιχειώδους σωματιδιακού μοντέλου;
 - ? πώς η διδασκαλία σωματιδιακού μοντέλου της ύλης επιδρά στην επίδοση των μαθητών στις πέντε ενότητες (διάχυση, ιδιότητες, διαστολή, διάλυση, τήξη, διατήρηση μάζας);
 - ? ποια νοητικά μοντέλα αναπτύσσουν οι μαθητές που διδάχθηκαν κάποιες όψεις του σωματιδιακού μοντέλου αλλά όχι όλες;
 - ? πώς η συζήτηση σε ομάδες βελτιώνει την επίδοση των μαθητών σε θέματα σωματιδιακής δομής της ύλης;
 - ? πώς το πλαίσιο (μακροσκοπικό ή μικροσκοπικό) στο οποίο αναπτύσσεται μια ερώτηση επηρεάζει την απάντηση;
 - ? κατά πόσο διαφοροποιούνται επιδόσεις σε θέματα που διδάχθηκαν οι μαθητές και σε θέματα που κλήθηκαν να προβλέψουν;
 - ? πόσο συνεπείς είναι οι μαθητές στη χρήση κατηγορίας απαντήσεων (αποδεκτές, εναλλακτικές, όχι απάντηση) σε όλες τις ενότητες;
 - ? βοηθά το σωματιδιακό μοντέλο στην ερμηνεία φαινομένων το ίδιο τα αγόρια και τα κορίτσια
 - ? ποιες είναι οι απόψεις των μαθητών σχετικά με τη δομή και τους στόχους των μοντέλων;
- Θεωρούμε ότι η έρευνά μας, με την απάντηση των παραπάνω ερωτημάτων, θα συμβάλει καθοριστικά στον σχεδιασμό διδασκαλίας των σχετικών θεμάτων και θα προωθήσει τον τομέα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, αφού θα διερευνήσει και προσδιορίσει το τι είναι δυνατό να επιτευχθεί από διδακτική άποψη στα σχετικά θέματα.

3.5. Το δείγμα

Η έρευνα διεξήχθη τον Μάρτιο - Απρίλιο του 2003 και Μάρτιο - Απρίλιο του 2004 και συμμετέσχον συνολικά 170 μαθητές στ' δημοτικού, από τρία σχολεία της πόλης των Ιωαννίνων. Τρία τμήματα (N = 59), ένα από κάθε σχολείο, αποτέλεσαν την ομάδα Ελέγχου (Ε), τρία τμήματα (N = 57), επίσης ένα από κάθε σχολείο, αποτέλεσαν την Πειραματική ομάδα 1 (Π1) και τα άλλα τρία τμήματα αποτέλεσαν την Πειραματική ομάδα 2 (Π2) (N = 54). Οι μαθητές και των τριών ομάδων είχαν διδαχθεί τις σχετικές με την έρευνα ενότητες ιδιοτήτων της ύλης όπως παρουσιάζονται στο βιβλίο "Έρευνώ και Ανακαλύπτω", από τον δάσκαλο της τάξης, ενώ δεν είχαν



διδασθεί κανένα σωματιδιακό μοντέλο. Οι ομάδες Ε, Π1 και Π2 συγκροτήθηκαν από μαθητές με την ίδια κοινωνικοοικονομική προέλευση.

- Οι απαντήσεις της ομάδας Ε θεωρήθηκαν απαντήσεις αναφοράς – αρχικό σημείο των μαθητών της Π1.
- Στην πειραματική ομάδα Π1 έγινε εισαγωγή της έννοιας του μορίου διάρκειας (5) διδακτικών ωρών. 1. Διάχυση υγρού 2. Σχήμα στερεού υγρού 3. Διάχυση με θέρμανση – Διαστολή στερεού 4. Διάλυση αλατιού σε νερό 5. Τήξη πάγου.
- Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας Π2 διδάχθηκαν κάποιες ενότητες (3 ώρες) ενώ κλήθηκαν να συζητήσουν σε ομάδες κάποιες άλλες (2 ώρες).

Το Π2 (Σχ1) διδάχθηκε τις ενότητες 1, 4, 5 και συζήτησε σε 4 ομάδες τις ενότητες 2 και 3 (N = 14 πριν από τη συζήτηση, N = 12 μετά τη συζήτηση).

Το Π2 (Σχ2) διδάχθηκε τις ενότητες 1, 2, 5 και συζήτησε σε 4 ομάδες τις ενότητες 3 και 4 (N = 16 πριν από τη συζήτηση, N = 15 μετά τη συζήτηση).

Το Π2 (Σχ3) διδάχθηκε τις ενότητες 1, 2, 3 και συζήτησε σε 6 ομάδες τις ενότητες 4 και 5 (N = 24 πριν από τη συζήτηση, N = 21 μετά τη συζήτηση).

Η μελέτη της ομάδας Π2 (Σχ1, Σχ2, Σχ3) αποσκοπεί στη διερεύνηση νοητικών μοντέλων των μαθητών και σύγκριση της επίδοσης πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες. Η Π2 δεν αποτελεί ομοιογενή ομάδα καθώς τα τμήματα Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) διδάχθηκαν και συζήτησαν διαφορετικά θέματα. Τα αποτελέσματα που μας δίνει είναι περισσότερο ποιοτικά και οι οποιεσδήποτε συγκρίσεις στο σύνολο της Π2 έγιναν για να αναδειχθεί μια γενική τάση. Για κάθε τμήμα Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) της Π2 υπολογίστηκαν οι επιδόσεις χωριστά στις ενότητες που διδάχθηκαν οι μαθητές και στις ενότητες που αρχικά δεν διδάχθηκαν και στη συνέχεια συζήτησαν. Οι μέσες επιδόσεις και οι συχνότητες αυτές αθροίστηκαν ανεξάρτητα από την ενότητα, παρουσιάζονται σε πίνακες και συγκρίνονται. Έτσι προκύπτουν δεδομένα για τις Π2(διδ), Π2pre(συζ), Π2post(συζ).

Η ομάδα Π2 διαφοροποιείται από την Π1 και κατά ένα άλλο παράγοντα. Οι μαθητές συζήτησαν στις ομάδες και τις ερωτήσεις πρόβλεψης μαζί με τις ερωτήσεις περιγραφής. Αυτό για να βοηθηθούν οι μαθητές να δομήσουν σωματιδιακά μοντέλα συνεπή και συναφή για μια ενότητα θεμάτων. Όσα πειράματα παρουσιάστηκαν στην Π1 κατά την εισαγωγή του μοντέλου, παρουσιάστηκαν και στην Π2 κατά τη συζήτηση, ώστε οι μαθητές να μοντελοποιήσουν με τις γνώσεις που είχαν το φαινόμενο που παρουσιαζόταν κατά το πείραμα.

Για τη διεξαγωγή της έρευνας ζητήσαμε και λάβαμε άδεια από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο διάρκειας πέντε διδακτικών ωρών ανά τμήμα (Ε.Τ.Ε.Τ. 4/14-4-2003). Στο χρόνο αυτό έγινε η διδασκαλία μοριακού μοντέλου. Οι τρεις περίπου διδακτικές ώρες ανά τμήμα που απαιτούνται για τη συλλογή δεδομένων και τη συζήτηση στις ομάδες ζητήθηκε από τους δασκάλους που δίδασκαν διάφορα γνωστικά αντικείμενα.

Για τη διδασκαλία χρησιμοποιήσαμε υλικά που υπήρχαν στα σχολεία όπως δοχεία ζέσης, ογκομετρικούς σωλήνες, θερμομέτρα, υπερμαγγανικό κάλιο. Άλλα υλικά όπως ζάχαρη, αλάτι, βόλοι, φίλτρο είναι υλικά καθημερινής χρήσης με ελάχιστο κόστος και προσκομίστηκαν από μας. Αξιοποιήσαμε τον εξοπλισμό των σχολείων σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές και χρησιμοποιήσαμε βιντεοπροβολέα που δανειστήκαμε από κάποιο σχολείο που διέθετε. Η παραγωγή και διακίνηση των ερωτηματολογίων και η μαγνητοφώνηση των συζητήσεων των ομάδων έγινε από μας.

3.6. Εργαλεία έρευνας

1. Πριν από τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές όλων των ομάδων απάντησαν στο **Τεστ ελέγχου μακροσκοπικών γνώσεων** (Παράρτημα Π2.1.). Το τεστ αυτό χρησιμοποιήθηκε για την πιστοποίηση γνώσεων από το μακροσκοπικό επίπεδο αλλά και εκ των υστέρων για τον έλεγχο ισοδυναμίας των τμημάτων Ε, Π1, Π2.



2. Ως κύρια εργαλεία έρευνας χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο σε δυο παράλληλα μέρη, ένα τεστ Α μακροσκοπικών - καθημερινών αλλαγών (Παράρτημα Π2.2.) και ένα τεστ Β μικροσκοπικών αλλαγών (Παράρτημα Π2.3.). Κάθε τεστ περιείχε 22 ερωτήσεις (2 για τη Διάχυση, 5 για τις Ιδιότητες ύλης, 4 για τη θερμική Διαστολή, 6 για τη Διάλυση και 5 για την Αλλαγή κατάστασης). Από τις ερωτήσεις αυτές 3 αφορούσαν τη διατήρηση μάζας (στη θερμική Διαστολή, τη Διάλυση και την Τήξη). Μια ερώτηση "περιγραφής" από κάθε ενότητα είχε ερμηνευτεί στη διάρκεια των μαθημάτων ενώ οι υπόλοιπες ήταν ερωτήσεις "πρόβλεψης", δηλαδή ερμηνείας φαινομένων που δεν παρουσιάστηκαν τα μαθήματα. Το τεστ Β περιείχε και 6 ερωτήσεις που αναφέρονταν στις ιδιότητες των μορίων. Στο τεστ Α περικλείονταν οι ερωτήσεις 14 και 15 και απαντήθηκαν μόνο από τις ομάδες Π1, Π2. Τα δεδομένα των τεστ Α και τεστ Β αναλύθηκαν ποσοτικά και ποιοτικά.

Τα δυο τεστ σχεδιάστηκαν παράλληλα έτσι που το ίδιο θέμα να επαναλαμβάνεται και στα δυο τεστ αλλά σε διαφορετικό πλαίσιο, καθημερινό και μικροσκοπικό, με σκοπό να δούμε αν υπάρχουν διαφορές στις απαντήσεις των μαθητών όταν οι ερωτήσεις διατυπώνονται σε διαφορετικό πλαίσιο. Τα συμφραζόμενα με τα οποία η εργασία παρουσιάζεται (καθημερινά προβλήματα συγκρινόμενα με εργασίες ακαδημαϊκές) θεωρείται ότι επηρεάζουν την δραστηριοποίηση διαφορετικών εννοιών (de Vos & Vendronk 1987 a,b). 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 (Haidar & Abraham 1991). Υπάρχουν λίγες ομοιότητες μεταξύ καθημερινών και επιστημονικών προβλημάτων και έτσι χαμηλής εξάσκησης μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην μεταφορά γνώσης από μια περιοχή στην άλλη. Έτσι η γνώση είναι ευκολότερο να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές κοντύτερα σε αυτή που αποκτήθηκε (Claxton 1991). Στο ερωτηματολόγιο περιλαμβάνονται κάποιες ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν σε άλλες έρευνες. (Haidar 1991, Lee et al. 1993, Williamson, 1992, 1995, Βλάχος 1999). Οι μαθητές της Ε απάντησαν μόνο στο τεστ Α. Οι μαθητές της Π1 απάντησαν στο τεστ Α μία εβδομάδα μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης και στο τεστ Β την άλλη μέρα. Οι μαθητές της Π2 απάντησαν στα δυο τεστ Α και τεστ Β και μετά τη συζήτηση στα δυο τεστ αλλά μόνο στα θέματα που συζήτησαν στις ομάδες.

Η συμπλήρωση του τεστ μακροσκοπικών αλλαγών (τεστ Α) διήρκησε 55 με 60 λεπτά ενώ η συμπλήρωση του τεστ μικροσκοπικών αλλαγών διήρκησε 70-75 λεπτά.

Για να είμαστε σίγουροι ότι οι μαθητές καταλάβαιναν τα φαινόμενα, που θέλαμε να ερμηνεύσουν και να δώσουν τις δικές τους ερμηνείες, ακολουθήσαμε την παρακάτω διαδικασία. Διαβάσαμε την ερώτηση και μετά παρουσιάζαμε πολύ απλά το φαινόμενο π.χ. για την πρώτη ερώτηση του τεστ Α ρίξαμε μια σταγόνα μελάνη μέσα στο νερό. Αυτό έγινε μόνο στο τεστ Α. Οι μαθητές των Π1 και Π2 με ευκολία έδιναν τις απαντήσεις τους. Οι μαθητές των Ε, που δεν είχαν συνηθίσει να ερμηνεύουν τα φαινόμενα, αν και δεν είχαν αρνητική στάση απέναντι στο ερωτηματολόγιο, χρειάστηκε να πειστούν ότι οι ερμηνείες τους ήταν πολύτιμες, ανεξάρτητα αν συμφωνούσαν με τις επιστημονικές. Τους υπενθυμίσαμε ότι οι ερμηνείες τους θα μας βοηθούσαν να αξιολογήσουμε τη διδασκαλία στα τμήματα Π1 Π2. Όταν τελείωσε η διδακτική παρέμβαση και οι μαθητές των Π1 και Π2 απάντησαν στα ερωτηματολόγια, παρουσιάσαμε στους μαθητές της Ε τις απεικονίσεις στον Η/Υ που χρησιμοποιήσαμε στη Π1. Το ίδιο έγινε και στην Π2, για τις ενότητες που δεν είχε διδαχθεί. Πάντα όμως επισημαίναμε ότι τα σωματίδια χρησιμοποιούνται για την ερμηνεία των φαινομένων.

3. Οι συζητήσεις στις ομάδες που σχημάτισαν οι μαθητές των Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) μαγνητοφωνήθηκαν και αποτέλεσαν το υλικό για τον εντοπισμό των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μαθητές με τα σωματίδια.



3.7. Αξιοπιστία και εγκυρότητα περιεχομένου του ερωτηματολογίου

Τα δυο μέρη του ερωτηματολογίου, ήτοι το τεστ Α και το τεστ Β, ελέγχθηκαν ως προς την αξιοπιστία και εγκυρότητα. Τα δυο αυτά κύρια ψυχομετρικά χαρακτηριστικά εξετάζουν δυο διαφορετικές πλευρές των μετρήσεων. Η αξιοπιστία δείχνει τις ατομικές διαφορές που δεν οφείλονται σε πρόσκαιρους παράγοντες της εξέτασης, αλλά είναι σταθερές. Η εγκυρότητα δείχνει το πόσο οι σταθερές ατομικές διαφορές οφείλονται στη μελετούμενη μεταβλητή και πόσο σε άλλα, άσχετα με την έρευνά μας χαρακτηριστικά της εξέτασης. Η σχέση μεταξύ της αξιοπιστίας και της εγκυρότητας είναι μονόδρομη, δηλαδή υπάρχουν μετρήσεις που είναι αξιόπιστες χωρίς να είναι έγκυρες, ενώ όλες οι έγκυρες είναι απαραίτητως και αξιόπιστες. Σε κάθε τεστ πρέπει πρώτα να διαπιστωθεί και να εξασφαλιστεί ικανοποιητικός βαθμός αξιοπιστίας και τότε μόνο να προχωρήσουμε στην εξέταση και εξασφάλιση ικανοποιητικής εγκυρότητας. Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου αναλύθηκαν ποιοτικά όσον αφορά το περιεχόμενο και ποσοτικά, όσον αφορά τις στατιστικές ιδιότητες. Η ποιοτική ανάλυση αφορά της “εγκυρότητα του περιεχομένου” και τη βελτίωση των ερωτήσεων ως προς την κατασκευή τους. Η ποσοτική ανάλυση περιλαμβάνει τον υπολογισμό της δυσκολίας των ερωτήσεων κι την εγκυρότητα των μετρήσεων (μέσω του δείκτη διαφοροποίησης).

3.7.1. Αξιοπιστία

Ένα ερωτηματολόγιο κρίνεται αξιόπιστο όταν αφού το χορηγήσουμε για δεύτερη φορά στο ίδιο άτομο, θα πάρουμε τα ίδια αποτελέσματα ή σχεδόν τα ίδια. Η αξιοπιστία καλύπτει διάφορες όψεις της σταθερότητας του ερωτηματολογίου. Όλα τα είδη αξιοπιστίας, δηλαδή η σταθερότητα μετρήσεων σε δυο περιπτώσεις, μπορούν να εκφραστούν με ένα συντελεστή συνάφειας, η αριθμητική τιμή του οποίου κυμαίνεται από 0,0 ως 1,0. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αξιοπιστίας.

a. Η “αξιοπιστία επαναληπτικών μετρήσεων” (test - retest reliability), στην οποία επαναλαμβάνουμε τη μέτρηση στα ίδια άτομα κάτω από τις ίδιες συνθήκες με τα ίδια ψυχομετρικά μέσα και στη συνέχεια συσχετίζουμε τις δυο βαθμολογίες.

b. “Η αξιοπιστία ισοδύναμων τύπων” (alternate forms reliability), στην οποία χορηγούμε ένα τύπο ερωτηματολογίου και αργότερα έναν άλλο (όμοιο με το προηγούμενο), στα ίδια άτομα κάτω από τις ίδιες συνθήκες, στη συνέχεια συσχετίζουμε τις δυο βαθμολογίες των δυο ισοδύναμων ερωτηματολογίων.

c. Η “αξιοπιστία των ημικλάστων” (split- half reliability), κατά την οποία το ερωτηματολόγιο χορηγείται μία φορά, αλλά βαθμολογούμε ξεχωριστά τις άρτιες από τις περιττές ερωτήσεις του και στο τέλος υπολογίζουμε τον δείκτη συνάφειας των δυο αυτών τμημάτων (ο όρος συνάφεια ή συσχέτιση αναφέρεται στον τρόπο με τον οποία δύο ή περισσότερες μεταβλητές συμμεταβάλλονται και καθορίζει την κατεύθυνση και το ποσό της αλλαγής που παρατηρείται στις τιμές της μιας μεταβλητής, όταν συμβεί μία ορισμένη αλλαγή στις τιμές της άλλης μεταβλητής).

d. Η “αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας” (Kuber - Richardson formula). Σε αυτή την περίπτωση φαίνεται η συνέπεια των απαντήσεων και βασίζεται σε κάθε ερώτηση της κλίμακας χωριστά. Στην πραγματικότητα είναι σαν να χωρίζουμε το ερωτηματολόγιο όχι σε δύο μισά (όπως στην περίπτωση γ), αλλά σε τόσα μέρη όσα και οι ερωτήσεις του είναι η έσχατη επέκταση της μεθόδου των ημικλάστων. Όταν οι ερωτήσεις επιδέχονται βαθμολόγηση σε περισσότερες από μια βαθμίδες διαβαθμιστικής κλίμακας και το περιεχόμενο των ερωτήσεων είναι ομοιογενές, χρησιμοποιούμε τον συντελεστή αξιοπιστίας “alpha του Cronbach”. Με τον δείκτη αυτόν μετράμε την εσωτερική σταθερότητα ενός ερωτηματολογίου και αυτό γίνεται με τον υπολογισμό της τιμής alpha του Cronbach κάθε ερώτησης με την ερώτηση και χωρίς την ερώτηση. Αν η τιμή είναι υψηλότερη χωρίς την ερώτηση, τότε η ερώτηση πρέπει να απορριφθεί.

e. Η “αξιοπιστία μεταξύ βαθμολογητών” (inter- scorer reliability), στην οποία εξασφαλίζουμε τις δυο σειρές μετρήσεων βαθμολογώντας τις απαντήσεις από δυο ανεξάρτητους βαθμολογητές. Στη



συνέχεια υπολογίζουμε το δείκτη συνάφειας μεταξύ των δυο αυτών βαθμολογήσεων (Αλεξόπουλος 1998).

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε η “αξιοπιστία των ημικλάστων” (split-half reliability). Ο δείκτης συνάφειας άρτιων και περιττών ερωτήσεων ήταν $r = 0,880$ στο τεστ Α και $r = 0,934$ στο τεστ Β (Π3.Π1). Επίσης έγινε έλεγχος αξιοπιστίας εσωτερικής συνέπειας. Η τιμή alpha του Cronbach χωρίς την ερώτηση για όλες τις ερωτήσεις ήταν χαμηλότερη από αυτή που υπολογίστηκε στο σύνολο των ερωτήσεων και οι ερωτήσεις θεωρήθηκαν κατάλληλες (Π3.Π2).

Σημειώνουμε ότι το βαθμολογικό σχήμα που χρησιμοποιήσαμε και αναλύθηκε παραπάνω, μας δίνει τη δυνατότητα να κατηγοριοποιήσουμε εύκολα τις απαντήσεις σε πλήρως αποδεκτές, εν μέρει αποδεκτές, εναλλακτικές και απαντήσεις μη κατανόησης.

3.7.2. Εγκυρότητα

Η εγκυρότητα (validity) δείχνει κατά πόσο το ερωτηματολόγιο, και κατά συνέπεια οι μετρήσεις που μας δίνει, μετράει αυτό για το οποίο το χρησιμοποιούμε. Τα είδη της εγκυρότητας, είναι τα εξής:

a. Η “αντιπροσωπευτικού περιεχομένου εγκυρότητα” (content validity) ενός ερωτηματολογίου επιτυγχάνεται εάν το περιεχόμενό του μετράει με επάρκεια, πληρότητα και ακρίβεια αυτό που επιδιώκεται να μετρηθεί. Το μειονέκτημα αυτού του είδους της εγκυρότητας είναι ότι βασίζεται σε μια γενική συνεκτίμηση (έλεγχος στη βιβλιογραφία, έλεγχος από ειδικούς) και όχι σε κάποια αντικειμενική στατιστική διαδικασία. Μπορεί να επιδιωχθεί με τη συλλογή όλων των διαθέσιμων βιβλιογραφικά ερωτηματολογίων, τη συστηματική επιλογή ερωτήσεων με στόχο το ερωτηματολόγιο να καλύπτει όλες τις διαφορετικές συνιστώσες του διερευνώμενου θέματος, και με την αξιολόγηση από τους κριτές.

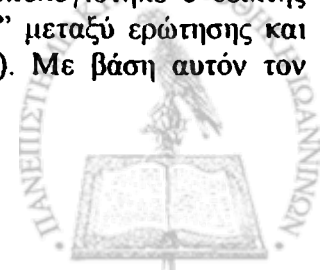
b. Η “εννοιολογικής δομής εγκυρότητα” επιτυγχάνεται όταν διαφοροποιούνται ομάδες ατόμων του δείγματος που έχουν σαφώς διακριτά χαρακτηριστικά. Για τον υπολογισμό αυτού του είδους της εγκυρότητας χρησιμοποιείται εν μέρει ο “δείκτης διαφοροποίησης των ερωτήσεων”. Για να βρεθεί ο δείκτης διαφοροποίησης, χρησιμοποιείται συνήθως η συνάφεια μεταξύ ερώτησης και ολικού ερωτηματολογίου, δηλ. το άθροισμα των υπόλοιπων ερωτήσεων του ερωτηματολογίου. Για την μέτρηση της συνάφειας αυτής συνήθως χρησιμοποιείται ο “δείκτης συνάφειας Pearson”. Όλοι οι άλλοι δείκτες είναι απομιμήσεις. Όσον αφορά την αξιολόγηση του δείκτη διαφοροποίησης και την απόφαση για συγκατάταξη της ερώτησης στο τελικό ερωτηματολόγιο, οι απόψεις των ψυχομετρών συγκλίνουν ότι τα ελάχιστα όρια για να συμπεριληφθεί η ερώτηση είναι 0,2 ή 0,3 και ειδικότερα 0,4 και μεγαλύτεροι δείκτες διαφοροποίησης δείχνουν ότι οι ερωτήσεις είναι πολύ κατάλληλες.

a. 0,3-0,39 δείκτες διαφοροποίησης δείχνουν κατάλληλες ερωτήσεις αλλά πιθανόν χρειάζονται βελτίωση

b. 0,20 – 0,29 δείκτης διαφοροποίησης σημαίνει ότι οι ερωτήσεις είναι οριακής καταλληλότητας και χρειάζονται αναθεώρησης.

c. 0,19 ή μικρότεροι δείκτες διαφοροποίησης φανερώνουν ότι οι ερωτήσεις είναι ανεπαρκείς και χρειάζονται αναθεώρηση μεγάλης κλίμακας ή πρέπει να απορριφθούν (Αλεξόπουλος 1998).

Στην παρούσα εργασία ελέγξαμε την “αντιπροσωπευτικού περιεχομένου εγκυρότητα”. Κάναμε συστηματική επιλογή ερωτήσεων από διαθέσιμα βιβλιογραφικά ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν από Haidar 1991, Lee, 1993, Williamson, 1992, 1995, Βλάχος 1999. Προσθέσαμε και ερωτήσεις για να καλύψουμε τις διαφορετικές συνιστώσες των θεμάτων που διερευνούμε. Για την εκτίμηση της εννοιολογικής δομής εγκυρότητας υπολογίστηκε ο δείκτης διαφοροποίησης των ερωτήσεων με εύρεση “δείκτης συνάφειας Pearson” μεταξύ ερώτησης και αθροίσματος των υπόλοιπων ερωτήσεων του ερωτηματολογίου (Π3.Π3). Με βάση αυτόν τον δείκτη οι ερωτήσεις θεωρούνται επαρκείς.



3.8. Κατανομή της συνολικής βαθμολογίας των τμημάτων

Για την επιλογή των κριτηρίων που θα επιλέξουμε για τη στατιστική σύγκριση απαιτείται να γνωρίζουμε αν οι βαθμολογίες όλων των τμημάτων ακολουθούν κανονική κατανομή. Ελέγχθηκαν και βαθμολογίες στο σύνολο των ομάδων Ε, Π1 και Π2. Για τον έλεγχο χρησιμοποιείται το τεστ Kolmogorov-Smirnov, κατά το οποίο συγκρίνεται η κατανομή των τιμών του δείγματος με τις θεωρητικές που προκύπτουν από την αντίστοιχη κατανομή. Από τη σύγκριση προκύπτει το z ως γινόμενο της τετραγωνικής ρίζας του μεγέθους του δείγματος επί τη μέγιστη διαφορά ανάμεσα στη θεωρητική και την πραγματική τιμή που έχει υπολογιστεί. Αν το z είναι στατιστικά σημαντικό, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στην κανονική κατανομή και την κατανομή των τιμών του δείγματος και το δείγμα δεν ακολουθεί κανονική κατανομή. Αν το z δεν είναι στατιστικά σημαντικό, το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή (Siegel & Castellan, 1988). Όλες οι βαθμολογίες των ομάδων ακολουθούν κανονική κατανομή (Πίνακας 3.8.1.).

Πίνακας 3.8.1.: Τα αποτελέσματα του Test Kolmogorov-Smirnov στις συνολικές βαθμολογίες One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test των Ε και Π1 και Π2.

	Ε	Π1Α	Π1Β	Π2 preA	Π2 preB	Π2 postA	Π2 postB	Π2 ΔιδΑ	Π2 ΔιδΒ	Π2pre συζΑ	Π2pre συζΒ	Π2post συζΑ	Π2post συζΒ
N	59	57	57	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Kolmogorov-Smirnov Z	0,826	0,831	0,991	0,643	0,818	0,895	0,734	0,623	0,458	1,351	0,884	0,976	0,677
Sig.	0,502	0,495	0,280	0,803	0,516	0,400	0,654	0,832	0,985	0,052	0,415	0,296	0,749

Στο Παράρτημα Π3 παρουσιάζονται τα ιστογράμματα (Π3.Π.) για τη συνολική βαθμολογία όλων των τμημάτων.

3.9. Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των δεδομένων των τεστ Α και τεστ Β μακροσκοπικών και μικροσκοπικών αλλαγών

3.9.1. Ποιοτική ανάλυση

Οι απαντήσεις για την ερμηνεία φαινομένων καταγράφηκαν σε πίνακες ανά ερώτηση, ομάδα και τεστ (Ε, Π1, Π2(διδ) ενώ για τις Π2(συζ) καταγράφηκαν οι απαντήσεις πριν και μετά τη συζήτηση.

- Οι απαντήσεις για την ερμηνεία των φαινομένων κατηγοριοποιήθηκαν σε ειδικές κατηγορίες ως: πλήρης σωματιδιακή, πλήρης μακροσκοπική, εν μέρει σωματιδιακή, εν μέρει μακροσκοπική, εναλλακτική μακροσκοπική, εναλλακτική μικροσκοπική, όχι κατανόηση. Οι απαντήσεις υπολογίστηκαν στο σύνολο των απαντήσεων των μαθητών.

- Οι απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν επίσης ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας (Johnson 1998c).

X: Η ύλη θεωρείται συνεχής

A: Τα σωματίδια είναι μέσα στη συνεχή ύλη/ η ύλη αποτελείται από ένα συνεχές μέσο

B: Τα σωματίδια έχουν μακροσκοπικές ιδιότητες

C: Η ύλη αποτελείται από σωματίδια με μικροσκοπικές ιδιότητες

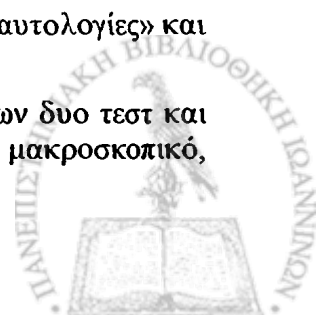
AX, XC, AB, BC: Μικτά μοντέλα

W: Δεν γίνεται σαφής διάκριση μεταξύ των Β και C

B*, C*: Ακραία μορφή μοντέλων με σαφή διατύπωση.

- Έγινε κατηγοριοποίηση των απαντήσεων μη κατανόησης ως «κυκλικές –ταυτολογίες» και «όχι απάντηση».

- Αναλύθηκαν τα ποσοστά των απαντήσεων ανά κατηγορία στο σύνολο των δυο τεστ και συγκρίθηκαν τα ποσοστά απαντήσεων των μαθητών στα επίπεδα ερμηνείας: μακροσκοπικό, σωματιδιακό, όχι απάντηση – κυκλική απάντηση.



- Αναλύθηκαν οι συζητήσεις στις ομάδες και αναδείχθηκαν οι δυσκολίες των μαθητών στις ερωτήσεις και τα νοητικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν κατά την ερμηνεία των φαινομένων.

3.9.2. Ποσοτική ανάλυση

Για τη στατιστική σύγκριση των απαντήσεων σε μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο, ταξινομήσαμε τις απαντήσεις στις γενικές κατηγορίες: Δεν απαντούν ή δίνουν κυκλική απάντηση (βαθμολογήθηκαν με μηδέν), εναλλακτικές απαντήσεις (βαθμολογήθηκαν με ένα), εν μέρει αποδεκτές που περικλείουν τουλάχιστον έναν από τους παράγοντες της επιστημονικής έννοιας, αλλά όχι όλους (βαθμολογήθηκαν με 2) και απαντήσεις που περικλείουν όλους τους παράγοντες μιας επιστημονικής άποψης (βαθμολογήθηκαν με 3). Το βαθμολογικό σχήμα χρησιμοποιείται ευρέως στη σχετική βιβλιογραφία (Abraham et al. 1992, Haidar & Abraham 1991, Simpson & Marek 1988, Westbrook & Marek 1992, Haidar 1997, Noh & Schampmann 1997). Η στατιστική σύγκριση των επιδόσεων μεταξύ των ομάδων έγινε: με το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U και με το παραμετρικό κριτήριο one way ANOVA. Η στατιστική σύγκριση των επιδόσεων εντός των ομάδων στις επιμέρους ενότητες ή ερωτήσεις έγινε με το μη παραμετρικό κριτήριο Friedman test για πολλές ενότητες - το τεστ Wilcoxon για σύγκριση ανά ζεύγη και με το παραμετρικό κριτήριο GLM-Repeated- Measures Define Variables ANOVA για πολλές ενότητες - το t-test για ζεύγη. Για σύγκριση των επιμέρους ενότητων απαιτείται ομοιογένεια διακύμανσης (Levene's Test of Equality of Error Variances) και ομοιογένεια συνδιακύμανσης (Mauchly's Test of Sphericity W) (Kinneer & Gray p. 220). Όταν το τεστ Mauchly's W ήταν σημαντικό ($p < 0,05$) ελέγξαμε τη στατιστική σημαντικότητα με πιο συντηρητικά τεστ όπως το Greenhouse-Geisser, Huynh-Feldt, Lower-bound, τα οποία όμως σε όλες τις συγκρίσεις μας έδιναν ίδια αποτελέσματα. Στις συγκρίσεις ανά ζεύγη παραθέτουμε μόνο τα αποτελέσματα από το μη παραμετρικό κριτήριο και αναφέρεται αν συμφωνούν ή όχι με το παραμετρικό. Πολυπαραγοντικές αναλύσεις έγιναν με το κριτήριο ANOVA. Χρησιμοποιήσαμε επίσης το κριτήριο χ-τετράγωνο. Το κριτήριο αυτό ελέγχει τις διαφορές μεταξύ δυο πληθυσμών σχετικά με την συχνότητα των ποιοτικών κατηγορικών γνωρισμάτων (Παρασκευόπουλος 1993). Με το χ-τετράγωνο συγκρίναμε τις ποιοτικές κατηγορίες "σωστό" και "λάθος" στη διατήρηση μάζας και στις ιδιότητες των μορίων και τις κατηγορίες: πλήρως αποδεκτή απάντηση, εν μέρει αποδεκτή, εναλλακτική απάντηση, όχι κατανόηση για τη σύγκριση ομάδων.

Έγιναν οι παρακάτω συγκρίσεις:

- Συγκρίσεις για κάθε ενότητα. Οι συγκρίσεις έγιναν ανά ερώτηση, τεστ και σύνολο ενότητας μεταξύ των ομάδων πριν και μετά τη συζήτηση. Έγιναν και συγκρίσεις εντός των ομάδων για τις ερωτήσεις κάθε ενότητας. Οι συγκρίσεις εντός των ομάδων ανά ερώτηση αναδεικνύουν τις δύσκολες και εύκολες ερωτήσεις, οπότε είμαστε σε θέση να προτείνουμε για διδασκαλία τις ερωτήσεις που δεν δυσκολεύουν τους μαθητές.

- Συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων στο σύνολο των ερωτήσεων των δυο τεστ. Έγιναν συγκρίσεις στο σύνολο των ερωτήσεων των δυο τεστ. Αναλυτικότερα συγκρίθηκαν οι μέσες επιδόσεις, οι επιδόσεις στις ερωτήσεις πρόβλεψης και περιγραφής, και η επίδραση του φύλου και στις μέσες επιδόσεις και στις ερωτήσεις περιγραφής και πρόβλεψης. Έγιναν και συγκρίσεις ως προς την χρήση κατηγοριών απαντήσεων. Έγιναν συγκρίσεις στη συνέπεια χρήσης γενικής κατηγορίας (αποδεκτή, εναλλακτική, μη κατανόησης). Έγιναν συγκρίσεις ως προς την επίδοση στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας και επίδραση του φύλου.

- Συγκρίσεις εντός των ομάδων. Για την ομάδα Ε έγιναν συγκρίσεις των μέσων επιδόσεων ανά ενότητα, φύλο και εξήγηση/πρόβλεψη. Για την Π1 και τα τμήματα Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) έγιναν συγκρίσεις των μέσων επιδόσεων, ανά ενότητα, φύλο και εξήγηση/πρόβλεψη και τεστ. Επιπλέον για τα τμήματα Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) έγιναν συγκρίσεις των επιδόσεων πριν και μετά τη συζήτηση, καθώς και συγκρίσεις μεταξύ θεμάτων που διδάχθηκαν και συζητήσαν και εξήγησαν/πρόβλεψαν.



- Εκτιμήθηκε επίσης η συνέπεια χρήσης γενικής κατηγορίας στο σύνολο των τεστ.
 - Για κάθε ομάδα παρουσιάστηκαν συγκρίσεις στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας.
 - Έγιναν και συγκρίσεις ως προς την χρήση κατηγοριών απαντήσεων ανά ενότητα και τεστ.
- Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό υπολογιστικό πρόγραμμα SPSS 12.0 for Windows. Τα αποτελέσματα και ο σχολιασμός τους παρουσιάζονται ανά ενότητα στα επόμενα κεφάλαια.

3.10. Αρχικές μακροσκοπικές γνώσεις των μαθητών για τα φαινόμενα που χρησιμοποιήσαμε για την εισαγωγή του σωματιδιακού μοντέλου

Προκειμένου να πιστοποιήσουμε επαρκείς γνώσεις από το εμπειρικό πεδίο, δόθηκε στους μαθητές όλων των ομάδων Ε, Π1, Π2 ένα τεστ αξιολόγησης μακροσκοπικών γνώσεων (Παράρτημα Π2.1.). Στο τεστ αυτό ελέγχθηκαν οι γνώσεις των μαθητών για τις ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων (υλική υπόσταση, βάρος, όγκος, σχήμα, συμπίεστότητα). Επίσης οι μαθητές κλήθηκαν να ορίσουν τη διαστολή, τη διάλυση και την αλλαγή κατάστασης. Περιγράφηκαν ακόμη καθημερινά φαινόμενα και κλήθηκαν οι μαθητές να αναγνωρίζουν τις έννοιες. Ρωτήθηκαν επίσης σε τι διαφέρουν δυο ουσίες με την ίδια εξωτερική εμφάνιση όπως το νερό και το οινόπνευμα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σύντομα πιο κάτω. Οι στατιστικές συγκρίσεις των συχνοτήτων των απαντήσεων παρουσιάζονται στο Παράρτημα Π3 στον Πίνακα Π3.Π4.

3.10.1. Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων

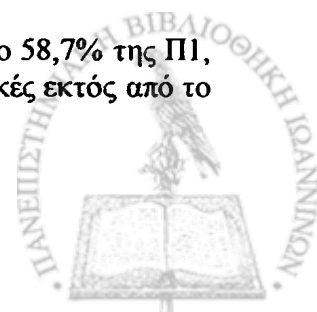
Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα Π3.10.1. και οι στατιστικές συγκρίσεις στο Παράρτημα στον Πίνακα Π3.Π4.

Πίνακας 3.10.1.: Αρχικές μακροσκοπικές γνώσεις των μαθητών των Ε, Π1, Π2 για τις ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων (οι αριθμοί αναφέρονται σε ποσοστά % των απαντήσεων)

Ιδιότητες	Στερεά			Υγρά			Αέρια		
	Ε	Π1	Π2	Ε	Π1	Π2	Ε	Π1	Π2
Χώρος									
Καταλαμβάνουν χώρο	92,6	96,5	98,0	59,3	75,9	60,8	40,7	28,4	47,1
Βάρος									
Έχουν βάρος	100,0	94,7	100,0	72,2	78,1	76,5	24,1	15,8	39,2
Σχήμα									
Έχουν σχήμα από μόνα τους	98,1	93,5	96,1	7,4	5,3	0,0	5,6	5,3	0,0
Παίρνουν το σχήμα του μέρους του δοχείου	1,9	15,3	17,6	100,0	91,2	96,1	44,4	41,1	54,9
Όγκος									
Έχουν ορισμένο όγκο	83,3	87,9	80,4	18,5	17,9	9,8	5,6	8,1	21,6
Δεν έχουν ορισμένο όγκο	1,9	0,0	3,9	74,1	74,8	64,7	59,3	54,4	66,7
Συμπίεση									
Δεν συμπιέζονται	83,3	70,7	76,5	50,0	30,5	15,7	31,5	29,3	25,5
Συμπιέζονται εύκολα	18,5	10,0	17,6	35,2	50,2	47,1	72,2	66,3	70,6
Σύνολο	91,5	88,6	90,2	60	58,7	51,8	48,2	41,2	55,7

Η περιγραφή των στερεών από τους μαθητές και των τριών ομάδων είναι ικανοποιητική. Αποδεκτές απαντήσεις για τις ιδιότητες των στερεών δίνουν το 91,5% της Ε, 88,6% από την Π1, και το 90,2% από την Π2. Οι διαφορές των συχνοτήτων των απαντήσεων για τις ιδιότητες των στερεών δεν είναι στατιστικά σημαντικές μεταξύ των τριών ομάδων. Πριν την εισαγωγή του σωματιδιακού μοντέλου τα στερεά θεωρούνται ότι καταλαμβάνουν χώρο, έχουν βάρος και σχήμα. Μικρότερα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων σημειώθηκαν στην ερώτηση αν τα στερεά έχουν ορισμένο όγκο. Όπως φάνηκε και μετά τη διδασκαλία, η έννοια του όγκου μπερδεύεται με την έννοια του βάρους ή του σχήματος. Μπέρδεμα εννοιών όπως βάρος και πυκνότητα με έννοιες όπως μάζα, όγκος και βαρύτητα σε μαθητές 14-15 ετών αναφέρουν και οι Mullet & Gervair (1990). Μικρότερα ποσοστά αναφέρονται και στη συμπίεση των στερεών.

Αποδεκτές απαντήσεις για τις ιδιότητες των υγρών δίνουν το 60% της Ε, το 58,7% της Π1, και το 51,8% από την Π2. Οι διαφορές στα ποσοστά δεν είναι στατιστικά σημαντικές εκτός από το ζευγάρι Ε-Π2 ($p < 0,1$).



Τα υγρά παίρνουν το σχήμα του δοχείου για το σύνολο σχεδόν των μαθητών. Το ένα τέταρτο περίπου των μαθητών δεν θεωρούν τα υγρά να έχουν βάρος ή δεν έχουν ορισμένο όγκο. Τα παρόμοια ποσοστά που δίνουν για το βάρος και τον όγκο δείχνουν σύγχυση βάρους και όγκου. Όπως παρουσιάζουμε στο Κεφάλαιο 5 οι μαθητές θεωρούν ότι "τα στερεά έχουν όγκο και τα υγρά δεν έχουν". Αυτή η άποψη σχετίζεται με την ιδιότητα των στερεών να έχουν όγκο και σχήμα ως στερεά σχήματα στο χώρο και τα υγρά να μην έχουν. Δυσκολίες παρουσιάζουν οι μαθητές και στη συμπίεση των υγρών.

Τα αέρια, ως υλικά σώματα που έχουν βάρος, αναφέρονται από μικρά ποσοστά μαθητών. Οι μισοί περίπου μαθητές αναφέρουν ότι δεν έχουν σχήμα δικό τους και λίγο περισσότεροι ότι δεν έχουν ορισμένο όγκο. Χαμηλά ποσοστά κατανόησης των αερίων ως υλικά σώματα αναφέρονται και στην βιβλιογραφία. Πάνω από τα δύο τρίτα των μαθητών θεωρούν ότι τα αέρια συμπιέζονται εύκολα. Αποδεκτές απαντήσεις στο σύνολο των ιδιοτήτων των αερίων δίνουν το 48,2% της Ε, το 41,2% από την Π1, και το 55,7% από την Π2. Οι διαφορές αυτές στα ποσοστά είναι στατιστικά σημαντικές για τα ζεύγη Ε-Π1, Ε-Π2 σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,1$ και για το ζεύγος Π1-Π2 σε επίπεδο $p < 0,05$.

Στο σύνολο των ιδιοτήτων στερεών υγρών και αερίων αποδεκτές δίνουν 66,5% από την Ε, 62,8% από την Π1 και 65,9% από την Π2. Οι διαφορές των ποσοστών των απαντήσεων στο σύνολο των ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων δεν είναι σημαντικές για κανένα ζεύγος ομάδων.

3.10.2. Ορισμός και αναγνώριση θερμικής διαστολής

Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα Π3.10.2 και οι στατιστικές συγκρίσεις στο Παράρτημα Π3.Π4.

Η διαστολή αναφέρεται από τα τρία τέταρτα περίπου των μαθητών και από τις τρεις ομάδες. Οι διαφορές στα ποσοστά μεταξύ των ομάδων Ε, Π1 και Π2 δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Σε μικρότερα ποσοστά οι μαθητές αναγνωρίζουν τη διαστολή και συστολή υγρού και αερίου. Ωστόσο σαφής αναφορά στην αύξηση όγκου κατά τη διαστολή γίνεται από το 22,2% από την ομάδα Ε, το 22,8% από την Π1 και το 29,4% από την ομάδα Π2 (Πίνακας 3.10.2).

Πίνακας 3.10.2.: Αρχικές μακροσκοπικές γνώσεις των μαθητών των Ε, Π1, Π2 για τη θερμική διαστολή (οι αριθμοί αναφέρονται σε ποσοστά % των απαντήσεων)

	Διαστολή			Αναγνώριση φαινομένων διαστολής		
	Ορισμός	Λάθος απάντηση	Δεν απαντούν	Διαστολή υγρού	Συστολή υγρού	Διαστολή αερίου
Ε	72,2	16,7	9,3	57,4	59,3	64,8
Π1	78,9	15,8	5,3	64,9	61,4	80,7
Π2	78,4	15,7	5,9	64,7	66,7	72,5

3.10.3. Ορισμός και αναγνώριση της διάλυσης

Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα Π3.10.3 και οι στατιστικές συγκρίσεις στο Παράρτημα Π3.Π4.

Πίνακας 3.10.3.: Αρχικές μακροσκοπικές γνώσεις των μαθητών των Ε, Π1, Π2 για τη διάλυση (οι αριθμοί αναφέρονται σε ποσοστά % των απαντήσεων)

	Διάλυση			Παράγοντες που επηρεάζουν τη διάλυση			
	Το διάλυμα ως ομογενές μίγμα	Παράδειγμα	Αναγνώριση διάλυσης	Θερμοκρασία	Ποσότητα διαλύτη	Είδος διαλύτη	Ανακάτεμα
Ε	85,2	74,1	83,3	55,6	22,2	1,9	37,0
Π1	82,5	80,7	82,5	59,6	19,3	0,0	43,9
Π2	86,3	80,4	86,3	68,6	25,5	0,0	37,3

Η περιγραφή της διάλυσης είναι πιο εύκολη για τους μαθητές. Οι μαθητές και των τριών ομάδων αναφέρουν το διάλυμα ως ομογενές μίγμα και δίνουν και παράδειγμα σε μεγαλύτερα ποσοστά από αυτά της διαστολής. Από τους παράγοντες που επηρεάζουν τη διάλυση η

θερμοκρασία αναφέρεται σε μεγαλύτερα ποσοστά ακολουθούμενη από το ανακάτεμα. Η ποσότητα διαλύτη επίσης αναφέρεται. Οι διαφορές στα ποσοστά μεταξύ των ομάδων Ε, Π1 και Π2 δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

3.10.4. Αλλαγή κατάστασης

Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα Π3.10.4. και οι στατιστικές συγκρίσεις στο Παράρτημα Π3.Π4.

Πίνακας 3.10.4.: Αρχικές μακροσκοπικές γνώσεις των μαθητών των Ε, Π1, Π2 για την αλλαγή κατάστασης (οι αριθμοί αναφέρονται σε ποσοστά % των απαντήσεων)

	Ορισμός φαινομένων αλλαγής κατάστασης					Αναγνώριση φαινομένων αλλαγής κατάστασης				
	Τήξη	Πήξη	Εξάτμιση	Βρασμός	Συμπύκνωση	Τήξη	Πήξη	Εξάτμιση	Βρασμός	Συμπύκνωση
Ε	90,7	90,7	94,4	79,6	66,7	85,2	83,3	98,1	83,3	74,1
Π1	84,2	91,2	86,0	66,7	63,2	77,2	82,5	96,5	89,5	63,2
Π2	88,2	88,2	90,2	76,5	66,7	82,4	86,3	96,1	90,2	66,7

Οι μαθητές και των τριών ομάδων ορίζουν σε μεγάλα ποσοστά την εξάτμιση, την πήξη και την τήξη. Ο βρασμός ορίζεται από λιγότερους μαθητές και ακόμα λιγότεροι αναφέρουν τη συμπύκνωση σαν μετατροπή αερίου σε υγρό. Η εξάτμιση και ο βρασμός αναγνωρίζονται μεταξύ φαινομένων και ακολουθούν η πήξη και τήξη. Πάλι η συμπύκνωση αναγνωρίζεται σε μικρότερα ποσοστά. Με μεγάλη ευκολία οι μαθητές αναγνωρίζουν την εξάτμιση. Οι διαφορές στα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων σε όλα τα φαινόμενα μεταξύ των ομάδων Ε, Π1 και Π2 δεν είναι στατιστικά σημαντικές ενώ στο σύνολο αλλαγής κατάστασης σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ Ε-Π1 ($p < 0,1$).

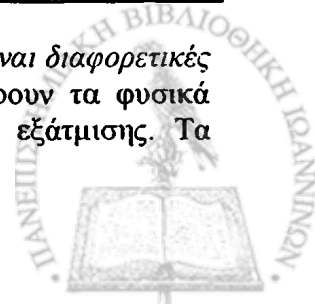
Όπως προκύπτει από την παραπάνω ανάλυση, οι γνώσεις που έχουν οι μαθητές από το μακροσκοπικό επίπεδο κρίνονται ικανοποιητικές για να αποτελέσουν τη βάση πάνω στα οποία θα οικοδομηθεί το σωματιδιακό μοντέλο. Τα τμήματα Ε, Π1 και Π2 είναι ισοδύναμα ως προς τις αρχικές μακροσκοπικές γνώσεις για τα φαινόμενα που χρησιμοποιήθηκαν στην εισαγωγή του σωματιδιακού μοντέλου.

3.10.5. Σε τι διαφέρουν το οινόπνευμα και το νερό

Πίνακας 3.10.5.: Ποσοστά (%) απαντήσεων των μαθητών των ομάδων Ε, Π1, Π2 στην ερώτηση για τη διάκριση ουσιών νερό και οινόπνευμα

Το νερό και το οινόπνευμα διαφέρουν	Ε	Π1	Π2
Φυσικά χαρακτηριστικά	59,3	50,9	62,7
Ρυθμός εξάτμισης	5,6	35,1	72,5
Φυσικές σταθερές	22,2	14	37,3
Σύσταση	50	3,5	2
Βαθμός διαστολής	3,7	1,8	
Το οινόπνευμα είναι μίγμα		12,3	2
Το νερό είναι μίγμα			
Το οινόπνευμα είναι εύφλεκτο	1,9	38,6	3,9
Το νερό διαστέλλεται ανώμαλα		3,5	
Έχουν διαφορετική θερμοκρασία			5,9
Έχουν διαφορετικά μόρια	1,9		
Χρήση	11,1	3,5	2
Το οινόπνευμα ως διαλύτης			2

Στην ερώτηση "Σε τι μπορεί να διαφέρουν το οινόπνευμα και το νερό που είναι διαφορετικές ουσίες" οι μισοί και πάνω μαθητές των τριών ομάδων Ε, Π1 και Π2 αναφέρουν τα φυσικά χαρακτηριστικά (χρώμα, μυρωδιά). Αρκετοί μαθητές αναφέρονται στο ρυθμό εξάτμισης. Τα



ποσοστά ανά κατηγορία απαντήσεων διαφέρουν μεταξύ των ομάδων. Όπως φάνηκε στις συζητήσεις των ομάδων, η διαφορά στη σύσταση είναι για τους μαθητές η ουσία που τα αποτελεί. Οι διαφορετικές φυσικές σταθερές αναφέρονται σε ποσοστά 22,2% από την Ε, 14% από την Π1 και 37,3% από την Π2. Μόνο ένας μαθητής αναφέρθηκε σε διαφορετικά μόρια (Παράρτημα Πίνακα Π3.10.5.).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Διάχυση υγρών και αερίων

Στην ενότητα αυτή οι μαθητές της Π1 και της Π2 απάντησαν στην ερώτηση για τη διάχυση μελάνης σε νερό, που είχαν διδαχθεί και τη διάχυση αερίων (μυρωδιάς -αρώματος) που κλήθηκαν να προβλέψουν (ερωτήσεις 1 και 2 στο τεστ Α και στο τεστ Β, Παράρτημα Π2.2, Π2.3.).

4.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων - Σχολιασμός

4.1.1. Διάχυση υγρού (μελάνης) σε νερό

Ως πλήρως αποδεκτές ταξινομήθηκαν απαντήσεις που θεωρούν ότι η χρωματιστή ουσία / μελάνη διασκορπίζεται στο νερό, επειδή τα μόρια των δυο ουσιών είναι σε σταθερή και τυχαία κίνηση. Τα μόρια της μελάνης χτυπιούνται από τα μόρια νερού και μεταξύ τους και μετακινούνται με αποτέλεσμα το χρώμα να σκορπίζει σε ολόκληρο το ποτήρι. Ως εν μέρει αποδεκτές ταξινομήθηκαν απαντήσεις που περιγράφουν την ανάμιξη σωματιδίων αλλά δεν κάνουν αναφορά σε αλληλεπίδραση των μορίων.

Οι απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.1.

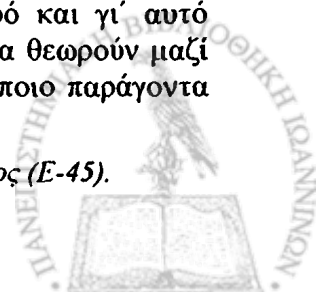
Πίνακας 4.1.1.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών των ομάδων Ε και ΠΙ σχετικά με τη διάχυση μελάνης σε νερό

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και test				
	Etest A (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2testA (N=48)	Π2testB (N=48)
Διάχυση μελάνης σε νερό					
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	40	48	19	21	
Πλήρεις (Αλληλεπίδραση σωματιδίων, σπάσιμο δεσμών και ανακάτεμα)		20	26	2	2
Εν μέρει (Ανακάτεμα μορίων)		20	22	17	19
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μικροσκοπικό επίπεδο	58	5		20	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	1	12	9	14	32
Δεν απαντούν				1	1

Ομάδα ελέγχου (Ε)

Η πλειονότητα των μαθητών της ομάδας ελέγχου (Ε) θεωρεί ότι το νερό και η μελάνη κάνουν ομογενές μίγμα (79,7%) ή οι ουσίες που υπάρχουν μέσα στο νερό ή τη μελάνη σκορπίζουν και σχηματίζουν ομογενές μίγμα (11,9%). Το μοντέλο αυτό για την ανάμιξη και τη διάχυση της μελάνης μέσα στο νερό θα μπορούσε να θεωρηθεί ένα μοντέλο "ώθησης" (μίγμα πραγμάτων επειδή ένα υλικό ωθεί για να περάσει μέσα από το άλλο). Το μοντέλο αυτό θεωρεί τα υλικά συνεχή και ελαστικά. Αυτό συμβαίνει ή επειδή τα δυο υγρά είναι ίδιου βάρους (ή καλύτερα πυκνότητας) ή επειδή το νερό είναι πιο ελαφρύ ή έχει μικρότερη πυκνότητα ή επειδή η ποσότητα της μελάνης είναι μικρή. Το ίδιο μοντέλο αναφέρεται για την ανάμιξη και διάλυση ουσιών από Berkheimer et al. (1990). Η προτίμηση στο μοντέλο αυτό είναι απόρροια της δικαιολόγησης με χρήση φυσικών χαρακτηριστικών, όπως το βάρος ή η πυκνότητα, που αποτελεί πηγή εναλλακτικών απόψεων (Westbrook 1988). Υποπερίπτωση του μοντέλου αυτού είναι ο διασκορπισμός των ουσιών που αποτελούν κυρίως τη μελάνη αλλά με τον ίδιο τρόπο. Επειδή το μίγμα νερού και μελάνης ήταν ακίνητο, δεν είχαμε απαντήσεις για το μοντέλο "ανατάραξης" που αναφέρεται από Berkheimer (1990). Μικρές προτιμήσεις συγκεντρώνει το μοντέλο "βαφικής ύλης" (ποσοστό 6,8%). Το χρώμα σχετίζεται με την ποσότητα της βαφικής ύλης - μελάνης. Αυτό βάφει το νερό και γι' αυτό χρωματίζεται μπλε. Η παρερμηνεία αυτή αποδίδεται στη δυσκολία των παιδιών να θεωρούν μαζί περισσότερους από έναν παράγοντες και να αποδίδουν πρωταρχική δράση σε κάποιο παράγοντα (Sere 1985).

Η μελάνη σκορπίστηκε και μετά ενώθηκε, έγινε μίγμα ομογενές με το νερό γιατί έχει ίδιο βάρος (Ε-45).



Σκόρπισε, έχουν ίδια τοποθεσία (ως υγρά ίδιου βάρους) (E-58).

Σκορπίζει γιατί το νερό είναι πιο ελαφρύ (E-41).

Η μελάνη έχει πολλά συστατικά και σκορπίζει σε πολλές περιοχές του δοχείου (E-48).

Τα δυο μίγματα γίνανε ένα και σκόρπισαν οι ουσίες, όπως στη χρωματογραφία (E-31).

Το χρώμα της μελάνης είναι έντονο και βάφει το νερό (E-8).

Τα παραπάνω μοντέλα που ανέπτυξαν οι μαθητές θεωρούν την ύλη συνεχή. Οι μαθητές της Ε δεν χρησιμοποιούν σωματίδια για την ερμηνεία της διάχυσης. Μόνο ένα μαθητής χρησιμοποιεί εναλλακτικές σωματιδιακές ιδέες επηρεασμένος ίσως από την ενότητα στατικού ηλεκτρισμού.

Τα άτομα του νερού και της μελάνης έλκονται γιατί είναι ετερόνυμα και έτσι ανακατεύονται (E-27).

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Οι απαντήσεις των μαθητών της Π1 στο τεστ Α διαφοροποιούνται σημαντικά από αυτές της Ε. Συνολικά οι αποδεκτές απαντήσεις σημειώθηκαν σε ποσοστό 70,2% (35,1% πλήρεις απαντήσεις και 35,1% εν μέρει αποδεκτές). Οι εναλλακτικές απαντήσεις σχετίζονται κυρίως με ανάμιξη δυο υγρών ως συνεχή (μοντέλο ώθησης) ή αναφέρονται στον διασκορπισμό της μελάνης ανάμεσα στα μόρια νερού. Άλλες εναλλακτικές σχετίζονται με το διασκορπισμό μορίων μελάνης σε ένα συνεχές υγρό, με την μελάνη ως βαφική ύλη είτε ότι τα μόρια μελάνης βάφουν τα μόρια νερού ή τα μόρια μελάνης διαλύονται και βγάζουν χρώμα. Στο τεστ Β, που οι μαθητές της Π1 ερμηνεύουν τα φαινόμενα με μόρια, συνολικά οι αποδεκτές απαντήσεις ήταν 84,2 % (45,6% πλήρεις απαντήσεις και 38,6% εν μέρει αποδεκτές). Οι εναλλακτικές είναι εξ ολοκλήρου σε μικροσκοπικό επίπεδο. Αυτές θεωρούν είτε ότι η μελάνη ή μόρια μελάνης χρωματίζουν τα μόρια νερού είτε ότι τα μόρια μελάνης διασπώνται ή διαλύονται και φεύγει το χρώμα.

Πλήρεις απαντήσεις

Η μελάνη που ρίξαμε στο χλιαρό νερό ήταν μόρια μελάνης, καθώς και το νερό ήταν μόρια νερού και τα δυο μόρια ανακατεύονται δηλαδή αυτά τα μόρια μελάνης τα τραβάν τα μόρια νερού, ανακατεύονται και η μελάνη διαλύεται (Π1-38).

Τα μόρια νερού παίρνουν τα μόρια μελάνης, αν το νερό είναι ζεστό ή χλιαρό τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα και παίρνουν τα μόρια της μελάνης πιο γρήγορα (Π1-44).

Η σταγόνα της μελάνης είχε μόρια που είχαν ένα κενό μεταξύ τους. Τα μόρια του νερού μπήκαν και συμπλήρωσαν το κενό των μορίων της μελάνης και τα χώρισαν (Π1-54).

Εναλλακτικές απαντήσεις

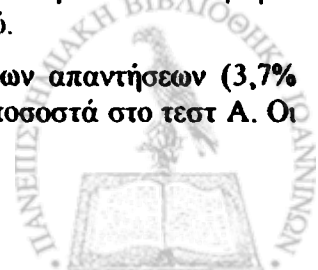
Η μελάνη εξαπλώθηκε και χρωμάτισε τα μόρια (Π1-8).

Όταν ρίχνουμε τη μελάνη στο νερό τα μόρια του νερού απομακρύνουν τα μόρια του χρωματιστού υγρού και στο τέλος η μελάνη διαλύεται, δεν εξαφανίζεται, όμως τα μόρια διαλύονται και δεν υπάρχουν μόρια μελάνης (Π1-56).

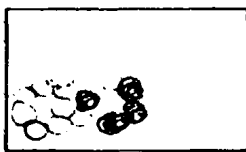
Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Οι μαθητές της Π2 (τμήματα Σχ1, Σχ2, Σχ3) διδάχθηκαν τη διάχυση μελάνης στο νερό. Στο τεστ Α δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε χαμηλότερα ποσοστά από τους μαθητές της Π1 (35,2% όπου το 3,7% είναι οι πλήρεις και 31,5% οι εν μέρει). Αντίθετα δίνουν εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο σε ποσοστό 37,0% έναντι 7% της Π1. Οι μαθητές αποδίδουν την διάχυση μελάνης κυρίως στο ανακάτεμα μέχρι να σχηματιστεί ομογενές μίγμα (μοντέλο ώθησης σε ποσοστό 29,6%) ενώ λίγες απαντήσεις σχετίζονται με την παρουσία βαφικής ύλης. Εναλλακτικές απαντήσεις στις οποίες χρησιμοποιούνται μόρια είναι σε ποσοστό 25,9%. Αυτές σχετίζονται κυρίως με μικτές παραστάσεις (σε ποσοστό 18,5%) στις οποίες παριστάνονται με μόρια είτε το νερό (14,8%) είτε η μελάνη αλλά όχι και οι δυο ουσίες. Άλλες εναλλακτικές θεωρούν ότι τα μόρια διασπώνται και φεύγει το χρώμα ή ότι τα μόρια χρωματίζουν τα μόρια νερού.

Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις σημειώνονται στο 38,9% των απαντήσεων (3,7% πλήρεις και 35,2% εν μέρει) και δεν διαφοροποιούνται από τα αντίστοιχα ποσοστά στο τεστ Α. Οι

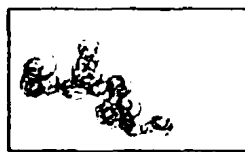


εναλλακτικές απαντήσεις, που είναι σε μοριακό επίπεδο, καλύπτουν το 59,3% με προτίμηση τον χρωματισμό των μορίων νερού από τα μόρια μελάνης (29,6%), και ακολουθούν μικτές παραστάσεις (24,2%) στις οποίες παριστάνονται με μόρια είτε το νερό (11,1%) είτε η μελάνη (7,4%) αλλά όχι και οι δυο ουσίες. Επίσης παρατηρούνται και απαντήσεις που τα μόρια διασπώνται και φεύγει το χρώμα.



Κουτί 1

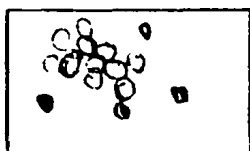
Ακριβώς μόλις προσθέσουμε μελάνη στο νερό



κουτί 2

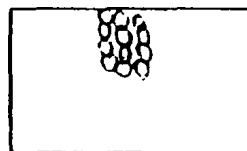
μετά από κάποιο διάστημα

Σχήμα 4.1.: Χρωματισμός μορίων νερού από μόρια μελάνης (Π2(Σχ2-12)).



Κουτί 1

Ακριβώς μόλις προσθέσουμε μελάνη στο νερό



κουτί 2

μετά από κάποιο διάστημα

Σχήμα 4.2.: Τα μόρια μελάνης διασπώνται και φεύγει το χρώμα (Π2(Σχ2-3)).

4.1.2. Διάχυση αερίων (πρόβλεψη)

Η πλήρης εξήγηση περικλείει την ιδέα ότι τα μόρια της ουσίας που μυρίζει είναι πάντα σε κίνηση, ανακατεύονται με τον αέρα και φτάνουν στη μύτη μας περνώντας από τον κενό χώρο των μορίων αέρα. Βασική έννοια εδώ είναι η κίνηση των μορίων και ο κενός χώρος. Οι απαντήσεις που περικλείουν την κίνηση των μορίων (ή την εξάτμιση της υγρής βενζίνης και τον σχηματισμό αέριας βενζίνης) ταξινομήθηκαν ως εν μέρει αποδεκτές. Όσες απαντήσεις δεν αναφέρονταν στην κίνηση μορίων όπως "ο αέρας κουβαλάει την μυρωδιά (ή τα μόρια) στη μύτη μας" θεωρήθηκαν ως εναλλακτικές καθώς αγνοούν την κίνηση των μορίων, που λαμβάνεται ως σημαντικός παράγοντας του μοριακού μοντέλου που διδάχτηκαν οι μαθητές. Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.3.

Πίνακας 4.1.3.: Κατανομή συχνοτήτων των απαντήσεων των μαθητών των ομάδων Ε και Π1 σχετικά με τη διάχυση αερίου

Τύποι απαντήσεων Διάχυση αερίου	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2testA (N=48)	Π2testB (N=48)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	3	42	44	31	40
Πλήρεις (Διασκορπισμός μορίων βενζίνης και μορίων αέρα)		6	10		
Εν μέρει σωματιδιακές (διασκορπισμός μορίων βενζίνης και		36	34	18	40
Εν μέρει μακροσκοπικές (Η μυρωδιά είναι αέρια βενζίνη)	3			13	
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	55	4	1	18	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων		11	11	4	13
Δεν απαντούν	1		1	1	1

Ομάδα ελέγχου (E)

Ένα μικρό ποσοστό μαθητών της Ε (5,1%) λαμβάνουν τη μυρωδιά ως αέρια βενζίνη που προέρχεται από την εξάτμιση της υγρής βενζίνης. Οι μαθητές που λαμβάνουν τη μυρωδιά ως αέριο που προέρχεται από την εξάτμιση υγρής βενζίνης αναφέρουν την ανάμιξη με τον αέρα, ωστόσο,



δεν διασαφηνίζουν πώς γίνεται. Δεν αναφέρουν τον διασκορπισμό της στον αέρα. Η απάντηση λαμβάνεται ως εν μέρει αποδεκτή στο μακροσκοπικό επίπεδο αλλά όχι ως πλήρης.

Το υγρό γίνεται αέριο και έτσι φτάνει στη μύτη μας (E-28).

Η πλειονότητα των μαθητών της E (72,9%) θεωρεί την μυρωδιά ως μη ύλη - αέριο και την αποδίδει σε ιδιότητα - χαρακτηριστικό της υγρής βενζίνης. Η μυρωδιά δεν συνδέεται με αέρια αλλά με την δράση του μυρίσματος και μπορεί να λαμβάνεται γιατί μετακινείται μέσω του αέρα. Αναλυτικότερα αναφορά μόνο στη δράση μυρίσματος κάνει το 37,3%. Η μυρωδιά ως δράση μυρίσματος αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (Kmel et al. 1998, Russell et al. 1991). Η μυρωδιά ως δράση μυρίσματος και ιδιότητα της υγρής βενζίνης, μπορεί να αποδοθεί στη δυσκολία των παιδιών να θεωρούν μαζί περισσότερους από έναν παράγοντες και να αποδίδουν πρωταρχική δράση σε κάποιο παράγοντα (Sere 1985). Ένα ποσοστό 35,6% των μαθητών θεωρεί ότι η μυρωδιά μεταφέρεται από τον αέρα. Η εναλλακτική αυτή άποψη υπονοεί ότι ο αέρας υπάρχει μόνο όταν κινείται (Sere 1985).

Η βενζίνη είναι στο μεγάλο κουτί για να μη διασκορπιστεί, μετά εξατμίζονται κάποια κιλά και όταν τη βάζουμε στα αυτοκίνητο βγαίνει μια μυρωδιά (E-34).

Η βενζίνη εξατμίζεται και η μυρωδιά φτάνει στη μύτη (E-31).

Επειδή η βενζίνη εξατμίζεται σιγά σιγά στην ατμόσφαιρα, έτσι φτάνει στη μύτη από την έντονη μυρωδιά της (E-25).

Η μυρωδιά της βενζίνης δίνει μυρωδιά στον αέρα και φτάνει στη μύτη μας (E-44).

Η μυρωδιά της βενζίνης απλώνεται και τη μυρίζουμε από τα διάφορα συστατικά της (E-52).

Τα πιο ελαφριά συστατικά της βενζίνης τα σήκωσε ο αέρας και τα φτάνει στη μύτη μας (E-51).

Η μυρωδιά συνδέεται με την εξάτμιση αλλά αποδίδεται λαθεμένα σε ποσοστό 15,3% είτε γιατί η βενζίνη ή τα συστατικά εξατμίζονται και παράγεται μυρωδιά είτε γιατί η ίδια η μυρωδιά εξατμίζεται. Ένα μικρό ποσοστό 5,1% αποδίδει την μυρωδιά σε καύση.

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Οι απαντήσεις των μαθητών της Π1 στο τεστ Α διαφοροποιούνται από αυτές της E. Αποδεκτές απαντήσεις έδωσαν σε ποσοστό 73,7% (πλήρεις 10,5% και εν μέρει μικροσκοπικές 63,2%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι το 7,0% των απαντήσεων και αφορούν: τη μυρωδιά ως αέριο μέσα στην υγρή βενζίνη και ελευθερώθηκε και τη μυρωδιά ως δράση μυρίσματος. Οι εναλλακτικές σε μοριακό επίπεδο ήταν σε ποσοστό 19,3% και αφορούσαν: Τα μόρια διασπώνται και η μυρωδιά διαχέεται, τα μόρια μυρωδιάς σκορπίζουν, τα μόρια βενζίνης μεταφέρονται από τον αέρα.

Αποδεκτές απαντήσεις

Η βενζίνη που είναι υγρή σιγά σιγά εξατμίζεται και τα μόρια της αέριος βενζίνης σκορπίζονται παντού και έτσι η μυρωδιά της βενζίνης έρχεται στη μύτη μας. Τα μόρια αέρα τώρα που υπάρχει εκεί ανακατεύονται μεταξύ τους σκορπίζονται (Π1-38).

Εν μέρει αποδεκτές. Αναφέρεται ο αέρας αλλά όχι ως σωματίδια.

Η ουσία παίρνει τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και τα μόρια αυξάνουν την απόστασή τους και κινούνται γρηγορότερα έτσι φτάνουν και η μυρωδιά στη μύτη μας (Π1-41).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Η βενζίνη έχει έντονη μυρωδιά (Π1-6).

Μυρωδιά εξατμίζεται και φτάνει στη μύτη μας (Π1-14).

Μέσα στα υγρά υπάρχουν και λίγα αέρια μόρια που όταν ανοίγουμε αυτά φεύγουν και σκορπίζονται. Τα αέρια μόρια διασκορπίζουν τα υγρά γιατί μπορούν να περάσουν μέσα από τα υγρά και να χωρίσουν. Έτσι τα μυρίζουμε. (Π1-55).

Η μυρωδιά της βενζίνης φτάνει στη μύτη μας καθώς η μυρωδιά της ανακατεύεται με τον αέρα. Τα μόρια της διασπώνται και μετατρέπονται σε μόρια αερίου. Έτσι φτάνει η μυρωδιά στη μύτη μας. Αυτό είναι το φαινόμενο της εξάτμισης (Π1-56).



Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι σε ποσοστό 77,2% (πλήρεις 17,5%, εν μέρει 59,7%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις είναι κυρίως σε μικροσκοπικό επίπεδο (19,3%) και αφορούν: τη διάσπαση των μορίων και διάχυση αρώματος, τον διασκορπισμό των μορίων της μυρωδιάς βενζίνης και τη μυρωδιά λόγω μορίων που είναι μέσα στη βενζίνη.

Αποδεκτές απαντήσεις

Το άρωμα εξατμίζεται και τα μόριά του ανακατεύονται με τα μόρια του αέρα του δωματίου (Π1-43).

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις

Τα μόρια κινούνται γρηγορότερα η απόσταση αυξάνεται και απλώνονται σε όλο το χώρο (Π1-41).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Τα μόρια διασπώνται (Π1-47).

Τα σωματίδια εξατμίζονται και σκορπίζει η μυρωδιά τους πιο γρήγορα από άλλα (Π1-1).

Τα μόρια της μυρωδιάς φτάνουν στη μύτη μας μέσω του αέρα (Π1-48).

Φεύγει κάποιο μέρος από την εξάτμιση και τα μόρια που είναι μέσα φεύγουν (Π1-28).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Οι μαθητές της Π2 στο τεστ Α δίνουν σε ποσοστό 57,4% εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις (33,3% σωματιδιακές και 24,1% μακροσκοπικές). Δεν σημειώθηκαν πλήρεις απαντήσεις. Οι εναλλακτικές απαντήσεις είναι μακροσκοπικές σε ποσοστό 33,3% με κυριότερες τη μυρωδιά ως δράση μυρίσματος και την παραγωγή μυρωδιάς από εξάτμιση. Οι εναλλακτικές σε μικροσκοπικό επίπεδο αφορούν κυρίως τον διασκορπισμό των μορίων μυρωδιάς. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις της Π2 είναι εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 74,1%. Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές σε ποσοστό 24,1% αφορούν κυρίως τη διάσπαση μορίων και παραγωγή μυρωδιάς αλλά και τον διασκορπισμό μορίων

Εν μέρει αποδεκτές

Η βενζίνη εξατμίζεται και τα σωματίδια αιωρούνται στον αέρα και έτσι την μυρίζουμε (Π2(Σχ2-9)).

Τα μόρια του υγρού σπάνε τους δεσμούς και κάνουν αέριο και τα μόρια είναι σε όλο το χώρο (Π2(Σχ2-1)).

4.2. Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων στο σύνολο της ενότητας της διάχυσης

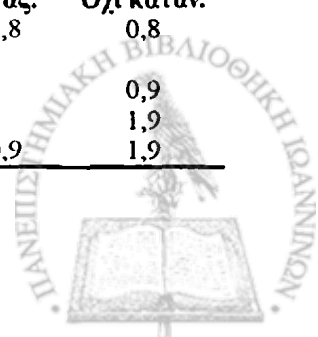
Η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών στο σύνολο της ενότητας της διάχυσης ως πλήρεις σωματιδιακές, πλήρεις μακροσκοπικές, εν μέρει σωματιδιακές, εν μέρει μακροσκοπικές, εναλλακτικές μακροσκοπικές, εναλλακτικές μικροσκοπικές, όχι κατανόηση παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.2.1. Η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.2.2.

Πίνακας 4.2.1.: Ποσοστά απαντήσεων ανά κατηγορία για όλες τις ομάδες στα δυο τεστ στο σύνολο της ενότητας της διάχυσης

	Πλήρεις σωμ.	Εν μέρει σωμ.	Εν μέρει μακρο	Εναλ. μακρο	Εναλ. σωμ.	Όχι καταν.
Etest A			2,5	95,8	0,8	0,8
Π1test A	22,8	49,1		7,9	20,2	
Π1test B	31,6	49,1		0,9	17,5	0,9
Π2test A	1,9	32,4	12,0	35,2	16,7	1,9
Π2test B	1,9	54,6			41,7	1,9

Πίνακας 4.2.2.: Ποσοστά απαντήσεων ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας για όλες τις ομάδες στα δυο τεστ στο σύνολο της ενότητας της διάχυσης

	X	A	AB	XC	B	W	C	C*	Αταξ.	Όχι καταν.
Etest A	98,3								0,8	0,8
Π1test A	7,9	3,5	4,4	8,8	3,5	1,8	49,1	22,8		
Π1test B	0,9	4,4	5,3		7,9		49,1	31,6		0,9
Π2test A	47,2	1,9	0,9	10,2	3,7	0,9	32,4	1,9		1,9
Π2test B		3,7	7,4	9,3	19,4	0,9	54,6	1,9	0,9	1,9



Ενδεικτικά ταξινομήσαμε:

X: Η μελάνη ανακατεύεται με το νερό και κάνει ομογενές μίγμα. Η μυρωδιά της βενζίνης δίνει μυρωδιά στον αέρα και φτάνει στη μύτη μας.

A: Τα μόρια υπάρχουν μέσα στην αέρια βενζίνη

AB: Οι ουσίες βγαίνουν από τα μόρια και ανακατεύονται

XC: Η μελάνη σκορπίζει ανάμεσα στα κενά των μορίων νερού (η μελάνη χωρίς μόρια)

B: Τα μόρια μελάνης χρωματίζουν τα μόρια νερού

W: Τα μόρια βενζίνης μεταφέρονται από τον αέρα

C: Εν μέρει σωματιδιακές

C*: Πλήρεις σωματιδιακές

Αταξινόμητες: Τα σωματίδια αλληλεπιδρούν

Η ομάδα E δίνει για τη διάχυση κυρίως μακροσκοπικές εναλλακτικές ερμηνείες σε ποσοστό 95,8%, ενώ η Π1, που διδάχθηκε τη σειρά μαθημάτων, δίνει πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 22,8% στο τεστ A και 31,6% στο τεστ B και μερικώς αποδεκτές μακροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 49,1% και στα δυο τεστ. Οι μαθητές της Π2, που δεν είχαν διδαχθεί όλη τη σειρά μαθημάτων, στην ενότητα της διάχυσης είχαν χαμηλές επιδόσεις δίνοντας στο τεστ A και B πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 1,9% και εν μέρει αποδεκτές στο τεστ A σε ποσοστό 32,4% και στο τεστ B σε ποσοστό 54,6%. Η χρήση του σωματιδιακού μοντέλου σε μια σειρά φαινομένων στην Π1, βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν και να ερμηνεύσουν τη διάχυση, ενώ η αποσπασματική διδασκαλία κάποιων όψεων του μοντέλου δε βοήθησε το ίδιο τους μαθητές της Π2.

Όσον αφορά τις εναλλακτικές απαντήσεις, η ομάδα Π1 δίνει στο τεστ A μικτές μακροσκοπικές και σωματιδιακές απαντήσεις (μοντέλο XC) σε ποσοστό 8,8%. Η Π2 δίνει στο τεστ A μικτές μακροσκοπικές και σωματιδιακές (μοντέλο XC) σε ποσοστό 10,2%. Το συνθετικό μεταβατικό μοντέλο XC είναι ένα μοντέλο σύμφωνα με το οποίο μια από τις δυο ουσίες περιγράφεται με σωματιδιακούς όρους ενώ η άλλη περιγράφεται μακροσκοπικά και εκφράζει τη δυσκολία των μαθητών να λειτουργήσουν με πληρότητα σε σωματιδιακό επίπεδο στο οποίο όλα τα σώματα τα οποία εμπλέκονται στα φαινόμενα περιγράφονται με σωματιδιακούς όρους. Το μοντέλο αυτό παρουσιάστηκε και στην ενότητα της διάλυσης.

Ένα άλλο εναλλακτικό μοντέλο περιγραφής της δομής της ύλης είναι το μοντέλο B (τα μόρια δομούν τα υλικά αλλά έχουν μακροσκοπικές ιδιότητες) που σημειώθηκε κυρίως στο τεστ B σε ποσοστό 7,9% στην Π1 και σε ποσοστό 19,4% στο Π2. Σε μικρότερα ποσοστά εμφανίστηκε το μοντέλο A, κατά το οποίο τα μόρια είναι μέσα στη συνεχή ύλη (3,5% στο τεστ A και 4,4% στο τεστ B για την Π1 και 1,9% για το τεστ A και 3,7% για το τεστ B για την Π2). Ένα άλλο μικτό μοντέλο είναι το AB κατά το οποίο οι ουσίες βγαίνουν από τα μόρια και ανακατεύονται. Το μοντέλο AB από την Π1 επιλέγουν 4,4% στο τεστ A και 5,3% στο τεστ B και για την Π2 0,9% στο τεστ A και 7,4% στο τεστ B.

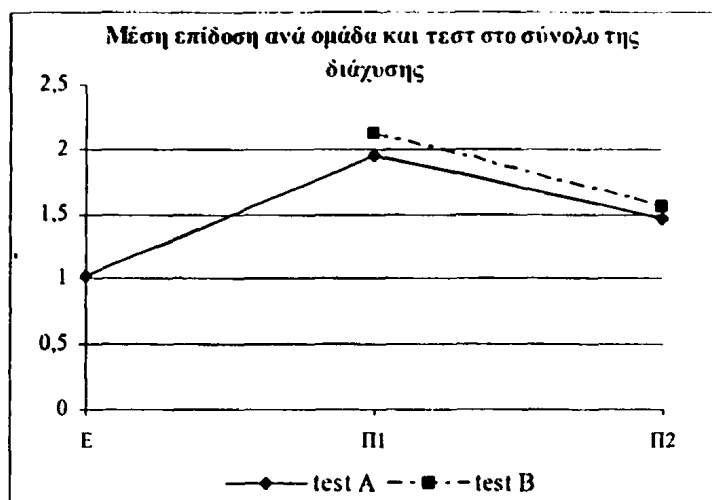
Τα ποσοστά μη κατανόησης αναφέρονται όλα σε μηδενική απάντηση.

4.3. Στατιστική σύγκριση μεταξύ και εντός των ομάδων

Οι μέσες επιδόσεις και οι στατιστικές συγκρίσεις δίνονται στο Παράρτημα Π4.



4.3.1. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων στο σύνολο της ενότητας της διάχυσης



Διάγραμμα 4.1.: Μέση επίδοση ανά ομάδα και τεστ στο σύνολο της ενότητας της διάχυσης

Συγκρίναμε τις μέσες επιδόσεις των ομάδων (Παράρτημα Πίνακας Π4.Π1., Διάγραμμα Π4.Δ1.) με το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U two-independent samples tests και με το κριτήριο F one way Anova between subjects. Επίσης συγκρίναμε τα ποσοστά ανά γενική κατηγορία (πλήρης, εν μέρει, εναλλακτική, μη κατανόηση) με το κριτήριο χ-τετράγωνο. Οι στατιστικές συγκρίσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα Π4.Π2 στο Παράρτημα Π4. Η ομάδα Π1 σημείωσε την υψηλότερη επίδοση σε σχέση με τις E και Π2. Στο σύνολο των ερωτήσεων της διάχυσης οι επιδόσεις των ομάδων Π1 και Π2 διαφοροποιούνται από την επίδοση της E, που παρουσιάζει τη χαμηλότερη επίδοση σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,000$. Οι ομάδες Π1 και Π2 διαφοροποιούνται μεταξύ τους και ως προς τις μέσες επιδόσεις και ως προς την χρήση γενικών κατηγοριών ($p = 0,000$)

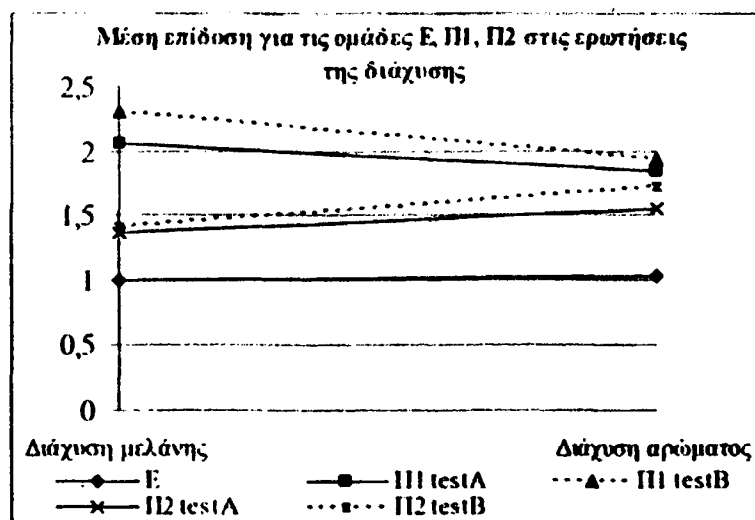
4.3.2. Σύγκριση εντός των ομάδων στο σύνολο της ενότητας της διάχυσης

Για κάθε ομάδα κάναμε και σύγκριση των ερωτήσεων με το μη παραμετρικό κριτήριο Wilcoxon Signed Ranks Test (Πίνακας Π4.Π3 Παράρτημα).

Οι μαθητές της E δίνουν εναλλακτικές απαντήσεις και στις δυο ερωτήσεις και οι επιδόσεις στις ερωτήσεις δεν διαφοροποιούνται.

Αντίθετα οι μαθητές της Π1 σημειώνουν καλύτερες επιδόσεις στην ερώτηση διάχυσης μελάνης από τη διάχυση αρώματος που εμπλέκει σχηματισμό αερίου. Στην διάχυση μελάνης στο τεστ A οι αποδεκτές απαντήσεις ήταν σε ποσοστό 70,2% (35,1% πλήρεις απαντήσεις και 35,1% εν μέρει αποδεκτές). Στο τεστ B, που οι μαθητές ερμηνεύουν τα φαινόμενα με μόρια, συνολικά οι αποδεκτές απαντήσεις ήταν 84,2% (45,6% πλήρεις απαντήσεις και 38,6% εν μέρει αποδεκτές). Στην ερώτηση για τη διάχυση αερίου τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων ήταν χαμηλότερα. Αποδεκτές απαντήσεις έδωσαν στο τεστ A σε ποσοστό 73,7% (πλήρεις 10,5% και εν μέρει μικροσκοπικές 63,2%). Στο τεστ B οι αποδεκτές απαντήσεις είναι σε ποσοστό 77,2% (πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 17,5%, εν μέρει σε ποσοστό 59,7%). Συγκρίνοντας τις δυο ερωτήσεις βρίσκουμε να διαφοροποιούνται και στο τεστ A όπως και στο τεστ B ($p < 0,05$). Επίσης στην ερώτηση της διάχυσης μελάνης σημειώνουν καλύτερη επίδοση σε μικροσκοπικό πλαίσιο που διαφοροποιείται από την αντίστοιχη στο μακροσκοπικό πλαίσιο ($p < 0,01$). Η διάχυση αρώματος που εμπλέκει σχηματισμό αερίου προκαλεί μια επιπλέον δυσκολία στους μαθητές.





Διάγραμμα 4.2.: Μέση επίδοση ανά ερώτηση και τεστ για τις E, Π1 και Π2 στην ενότητα της διάχυσης

Η επίδοση των μαθητών της Π2 ήταν καλύτερη στην ερώτηση διάχυσης αρώματος παρά στη διάχυση μελάνης και στα δυο τεστ και οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο $p < 0,05$ (Παράρτημα Π4.3.). Στην ερώτηση διάχυσης μελάνης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο τεστ. Μια πιο λεπτομερής εξέταση των τμημάτων που αποτελούν την Π2 έδειξε ότι οι μαθητές του τμήματος Π2(Σχ1), που δεν είχαν διδαχθεί την ενότητα "Ιδιότητες στερεών" απαντούν τις δυο ερωτήσεις με τον ίδιο τρόπο. Οι μαθητές της Π2(Σχ2) σημείωσαν καλύτερες επιδόσεις στην ερώτηση για τη διάχυση αερίου από αυτή στη διάχυση μελάνης. Η διδασκαλία ιδιοτήτων στερεών και υγρών καθώς και αλλαγή κατάστασης φαίνεται να επέδρασαν στην κατανόηση της διάχυσης. Καλύτερη επίδοση στη διάχυση αερίου από τη διάχυση υγρού σημείωσε και η ομάδα Π2(Σχ3) (Διάγραμμα Π4.Δ1).

4.4. Συμπεράσματα για την ενότητα της διάχυσης

Η ομάδα E δίνει για τη διάχυση κυρίως μακροσκοπικές εναλλακτικές ερμηνείες σε ποσοστό 95,8%. Για την ερμηνεία της διάχυσης της μελάνης μέσα στο νερό χρησιμοποιεί κυρίως ένα μοντέλο "ώθησης" (μίγμα πραγμάτων επειδή ένα υλικό ωθεί για να περάσει μέσα από το άλλο), που θεωρεί τα υλικά συνεχή και ελαστικά. Στο μοντέλο αυτό τα δυο υγρά είναι ίδιου βάρους ή το νερό είναι πιο ελαφρύ ή έχει μικρότερη πυκνότητα ή η ποσότητα της μελάνης είναι μικρή. Οι μαθητές βασίζονται στις ερμηνείες τους σε φυσικά χαρακτηριστικά, όπως το βάρος ή η πυκνότητα, γεγονός που αποτελεί πηγή εναλλακτικών απόψεων (Westbrook 1988). Υποπερίπτωση του μοντέλου αυτού είναι ο διασκορπισμός των ουσιών που αποτελούν κυρίως τη μελάνη αλλά με τον ίδιο τρόπο. Το ίδιο μοντέλο αναφέρεται για την ανάμιξη και διάλυση ουσιών από Berkheimer et al. (1990). Μικρές προτιμήσεις συγκεντρώνει το μοντέλο "βαφικής ύλης", κατά το οποίο η μελάνη βάφει το νερό (ποσοστό 6,8%). Το μοντέλο βαφικής ύλης αναφέρεται και από Knel et al. (1998). Στην ερώτηση για τη διάχυση αερίου η πλειονότητα των μαθητών της E θεωρεί την μυρωδιά ως μη ύλη - αέριο και την αποδίδει σε ιδιότητα - χαρακτηριστικό της υγρής βενζίνης. Η μυρωδιά δεν συνδέεται με αέρια αλλά με την δράση του μυρίσματος και μπορεί να λαμβάνεται γιατί μετακινείται μέσω του αέρα. Η μυρωδιά ως δράση μυρίσματος και ιδιότητα της υγρής βενζίνης μπορεί να αποδοθεί στη δυσκολία των παιδιών να θεωρούν μαζί περισσότερους από έναν παράγοντες και να αποδίδουν πρωταρχική δράση σε κάποιο παράγοντα (Sere 1985). Η μυρωδιά ως δράση μυρίσματος αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (Knel et al. 1998, Russell et al. 1991). Ένα ποσοστό 35,6% των μαθητών θεωρεί ότι η μυρωδιά μεταφέρεται από τον αέρα. Η εναλλακτική αυτή άποψη υπονοεί ότι ο αέρας υπάρχει μόνο όταν κινείται (Sere 1985). Η μυρωδιά συνδέεται με την εξάτμιση, αλλά αποδίδεται λαθεμένα σε ποσοστό 15,3% είτε γιατί η βενζίνη ή τα συστατικά της εξατμίζονται και παράγεται μυρωδιά είτε γιατί η ίδια η μυρωδιά εξατμίζεται.



Οι μαθητές της Π1, που διδάχθηκαν τη διάχυση μελάνης και τις υπόλοιπες ενότητες, δίνουν απαντήσεις που διαφοροποιούνται από αυτές της Ε. Η διάχυση ερμηνεύεται ως αλληλεπίδραση και ανάμιξη των μορίων των δυο υγρών ουσιών. Έτσι δίνουν πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 22,8% στο τεστ Α και 31,6% στο τεστ Β και μερικώς αποδεκτές μακροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 49,1% και στα δυο τεστ. Η ερώτηση διάχυσης αρώματος αναδείχθηκε πιο δύσκολη από την διάχυση υγρού, καθώς εμπλέκει κατανόηση αέριας κατάστασης και αλλαγή από υγρή σε αέρια κατάσταση.

Οι μαθητές της Π2, που δεν είχαν διδαχθεί όλη τη σειρά μαθημάτων, στην ενότητα της διάχυσης σημείωσαν χαμηλές επιδόσεις, δίνοντας στο τεστ Α και στο τεστ Β πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 1,9% και εν μέρει αποδεκτές στο τεστ Α σε ποσοστό 32,4% και στο τεστ Β 54,6%. Η προηγούμενη γνώση των μαθητών για τις ιδιότητες των στερεών, υγρών και αερίων καθώς και για την αλλαγή κατάστασης επηρεάζει την επίδοση στην διάχυση αερίου. Αυτό φαίνεται χαρακτηριστικά στο τμήμα Π2(Σχ2), που είχε διδαχθεί τις παραπάνω ενότητες και δίνει απαντήσεις στη διάχυση αερίου καλύτερες από τη διάχυση μελάνης.

Όσον αφορά τις εναλλακτικές απαντήσεις, η ομάδα Π1 δίνει στο τεστ Α μικτές μακροσκοπικές και σωματιδιακές (μοντέλο ΧC) σε ποσοστό 8,8% ενώ στο τεστ Β απαντήσεις μοντέλου Β (τα μόρια δομούν τα υλικά αλλά έχουν μακροσκοπικές ιδιότητες) σε ποσοστό 7,9%. Αντίθετα η Π2 δίνει τα μοντέλα αυτά σε μεγαλύτερο ποσοστά. Στο τεστ Α δίνει το μοντέλο ΧC σε ποσοστό 10,2% ενώ στο τεστ Β το μοντέλο Β σε ποσοστό 19,4%. Το μοντέλο ΧC εκφράζει τη δυσκολία των μαθητών να λειτουργήσουν με πληρότητα σε σωματιδιακό επίπεδο και περιγράφουν τη μια από τις δυο ουσίες με σωματιδιακούς όρους ενώ την άλλη την περιγράφουν μακροσκοπικά. Στο σωματιδιακό επίπεδο το μοντέλο εμφανίζεται πιο σπάνια. Το μοντέλο ΧC αναφέρεται και από Βλάχος (1999).

Η κατανόηση της σωματιδιακής δομής της ύλης και των διαστάσεων του σωματιδιακού μοντέλου βοηθά τους μαθητές να περιγράψουν τη διάχυση - διασκορπισμό της ουσίας με όρους ανάμιξης των μορίων λόγω σταθερής και τυχαίας κίνησης. Η περιγραφή αυτή είναι ευκολότερη, αν οι μαθητές έχουν ερμηνεύσει μια σειρά φαινομένων με το σωματιδιακό μοντέλο. Αντίθετα οι μαθητές που δεν έχουν διδαχθεί ένα τέτοιο μοντέλο ερμηνεύουν τη διάχυση δίνοντας εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων

Σε μακροσκοπικό επίπεδο οι μαθητές είχαν διδαχθεί από το δάσκαλό τους ότι τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια διαφέρουν στις μακροσκοπικές ιδιότητές τους. Τα στερεά έχουν συγκεκριμένο όγκο και σχήμα ενώ τα υγρά έχουν μόνο συγκεκριμένο όγκο. Τα αέρια μπορούν να συμπιεστούν και να σκορπίσουν στο χώρο. Στη σειρά μαθημάτων για την εισαγωγή μοριακού μοντέλου οι μαθητές της Π1 και Π2(διδ) διδάχθηκαν ότι στα στερεά τα μόρια είναι κοντά μεταξύ τους, συνδεδεμένα με τρόπο άκαμπτο και έτσι δεν κινούνται μακριά το ένα από το άλλο αλλά δονούνται και μένουν στην ίδια θέση. Στα υγρά τα μόρια κινούνται γρηγορότερα από το ένα μέρος στο άλλο, γλιστρούν σταθερά το ένα πέρα από το άλλο και χτυπούν τυχαία μεταξύ τους ενώ είναι ακόμη κοντά μεταξύ τους αλλά δεν είναι πολύ γερά συνδεδεμένα, όπως τα στερεά. Στα αέρια τα μόρια κινούνται περισσότερο ελεύθερα με πολύ χώρο μεταξύ τους απ' ότι στα στερεά και υγρά, είναι μακριά το ένα από το άλλο, κινούνται γρήγορα μέσω του κενού χώρου, χτυπώντας και αναπηδώντας το ένα πέρα από το άλλο. Οι ερωτήσεις στην ενότητα "Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων" ήταν: 1. Σχήμα στερεού - υγρού (εξήγηση), 2. Σχήμα αερίου (πρόβλεψη), 3. Συμπίεση υγρού (πρόβλεψη), 4. Συμπίεση αερίου (πρόβλεψη), 5. Συμπίεση μέχρι τέρμα (πρόβλεψη) (ερωτήσεις 3, 4, 5 στο τεστ Α και 7, 8, 9 στο τεστ Β, Παράρτημα Π2.2, Π2.3. Οι μαθητές των ομάδων Ε, Π1 και των Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3) (Π2(διδ)) διδάχθηκαν την ενότητα ενώ του Π2(Σχ1) (Π2(συζ)) δεν τη διδάχθηκαν αλλά τη συζήτησαν στις ομάδες.

- 5.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων ανά ερώτηση και ομάδα - Σχολιασμός

5.1.1. Εξήγηση του σχήματος στερεών - υγρών

Ως πλήρεις απαντήσεις σε μοριακό επίπεδο ταξινομήθηκαν απαντήσεις που εξηγούσαν το σχήμα των στερεών και υγρών με όρους τακτοποίησης σωματιδίων, διαφορών στους δεσμούς και κίνησης σωματιδίων ενώ ως εν μέρει μικροσκοπικές αυτές που αναφέρονταν στην αλλαγή θέσης ή κίνησης των σωματιδίων. Οι απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.1.1.1 και 5.1.1.2.

Πίνακας 5.1.1.1.: Κατανομή συχνότητας των τύπων των απαντήσεων των μαθητών Ε, Π1, Π2(διδ) στην ερώτηση σχετικά με τη διαφορά στο σχήμα στερεών - υγρών

Τύποι απαντήσεων Διαφορά στο σχήμα στερεών - υγρών	Συχνότητες απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ) testA(N=40)	Π2(διδ) testB(N=40)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	1	49	56	34	37
Πλήρεις μικροσκοπικές		16	23	7	12
Εν μέρει μικροσκοπικές	1	33	33	27	25
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	29	6		4	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων		1		1	2
Όχι απάντηση/Επανάληψη ερώτησης	29	1	1	1	1

Πίνακας 5.1.1.2.: Κατανομή συχνότητας των τύπων των απαντήσεων των μαθητών Π2(συζ) πριν και μετά τη συζήτηση στην ερώτηση σχετικά με τη διαφορά στο σχήμα στερεών - υγρών

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητες απαντήσεων ανά τεστ			
	Π2(συζ) preA(N=14)	Π2(συζ) preB(N=14)	Π2(συζ) postA(N=12)	Π2(συζ1) postB(N=12)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής	4	10	10	11
Πλήρεις μικροσκοπικές			3	5
Εν μέρει μικροσκοπικές	4	10	7	7
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	7		1	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	1	4		
Όχι απάντηση / Επανάληψη ερώτησης	2		1	



Ομάδα Ελέγχου (E)

Οι μαθητές της E ερμηνεύουν το σχήμα στερεών και υγρών δίνοντας κυρίως εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο σε ποσοστό 49,1% ενώ ένα μεγάλο ποσοστό (49,1%) δίνουν κυκλική απάντηση ήτοι “τα στερεά έχουν ορισμένο σχήμα ενώ τα υγρά όχι”. Μια κατηγορία εναλλακτικών απαντήσεων (ποσοστό 39%) είναι “τα υγρά ρέουν ενώ τα στερεά όχι”, που σχετίζεται με την άποψη ότι τα στερεά είναι άκαμπτα και ψυχρά ενώ τα υγρά απλώνονται. Στην ίδια κατηγορία περιλαμβάνονται απαντήσεις που θεωρούν ότι τα υγρά απλώνονται γιατί είναι πιο ζεστά. Η ικανότητα των υγρών να μεταφέρονται ή να ρέουν αναφέρεται στη βιβλιογραφία επίσης ως κύριο κριτήριο για διάκριση μεταξύ στερεών και υγρών από τους μαθητές (Kipiel 2003, Jones 1984, Lee et. al. 1993). Άλλη κατηγορία εναλλακτικών απαντήσεων είναι εκείνη που αναφέρει ότι “τα στερεά έχουν όγκο και τα υγρά δεν έχουν” και σχετίζεται με την ιδιότητα των στερεών να έχουν όγκο και σχήμα ως στερεά σχήματα στο χώρο και τα υγρά να μην έχουν. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η πλειονότητα των μαθητών 6^{ης} τάξης αλλά και μεγαλύτεροι μαθητές θεωρούν ότι στερεά ορίζονται ως βαριά και σκληρά και ταυτοποιούν τα σώματα ως στερεά αν μπορούν να τα κρατούν, αν είναι άκαμπτα (Lee et. al. 1993, Mortimer 1993). Μόνο μια μαθήτρια αναφέρθηκε σε σωματίδια και έδωσε εν μέρει αποδεκτή απάντηση.

Τα άτομα των στερεών είναι σφιχτά δεμένα ενώ των υγρών όχι και έτσι μπορούν να αλλάζουν σχήμα ανάλογα με το δοχείο στο οποίο είναι (E-44).

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Αντίθετα οι μαθητές της Π1 ερμηνεύουν το σχήμα στερεών και υγρών με αποδεκτό τρόπο. Στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 86,0% (πλήρεις 28,1%, εν μέρει 57,9%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις στο τεστ Α είναι μακροσκοπικές σε ποσοστό 10,5% και αφορούν την κατηγορία “τα υγρά ρέουν ενώ τα στερεά όχι” και την κατηγορία “τα στερεά έχουν όγκο και τα υγρά δεν έχουν”. Οι εναλλακτικές απαντήσεις οφείλονται στη θεώρηση ότι οι καταστάσεις διαφέρουν στις παρατηρήσιμες ιδιότητες (τα στερεά είναι βαριά, σκληρά ενώ τα μόρια κινούνται στα υγρά και αέρια και δεν κινούνται στα στερεά). Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 98,2% (40,3% πλήρεις και εν μέρει 57,9%).

Πλήρεις απαντήσεις

Στα στερεά τα μόρια είναι σφιχτά δεμένα το ένα με το άλλο και δονούνται έτσι έχουν ορισμένο σχήμα ενώ στο νερό τα μόρια δεν είναι σφιχτά δεμένα, γλιστράνε και παίρνουν το σχήμα του δοχείου (Π1-35).

Εν μέρει αποδεκτές

Τα μόρια στα στερεά είναι το ένα δίπλα στο άλλο σε τάξη και φτιάχνουν ένα σχήμα ενώ τα μόρια του νερού δεν έχουν συγκεκριμένη θέση (Π1-24).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Τα στερεά έχουν σχήμα ενώ τα υγρά απλώνονται, ρέουν (Π1-36).

Τα στερεά είναι σκληρά και έχουν σχήμα (Π1-1).

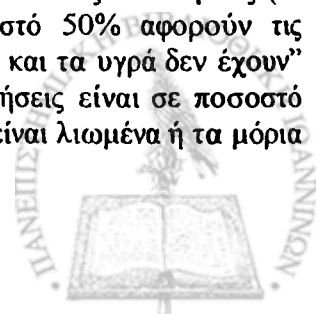
Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3))

Η ομάδα Π2(διδ) (τμήματα Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3)) στο τεστ Α σημειώνουν αποδεκτές απαντήσεις που φτάνουν το 85,0% (πλήρεις 17,5%, εν μέρει 67,5%) και στο τεστ Β οι αποδεκτές είναι το 92,5% (πλήρεις 30% και εν μέρει 62,5%).

Π2(συζ) (Π2(Σχ1))

Πριν τη συζήτηση στο τεστ Α οι μαθητές της Π2(συζ) δίνουν αποδεκτές απαντήσεις (εν μέρει) σε ποσοστό 28,6%. Οι εναλλακτικές μακροσκοπικές σε ποσοστό 50% αφορούν τις κατηγορίες τα “υγρά ρέουν ενώ τα στερεά όχι” και “τα στερεά έχουν όγκο και τα υγρά δεν έχουν” καθώς και ότι τα υγρά περιέχουν αέρα. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι σε ποσοστό 71,4% και οι εναλλακτικές μικροσκοπικές θεωρούν ότι τα μόρια στα υγρά είναι λιωμένα ή τα μόρια χρησιμοποιούνται λαθεμένα.



Μετά τη συνέντευξη οι αποδεκτές απαντήσεις στο τεστ Α είναι το 83,3% (25,0% πλήρεις και 58,3% εν μέρει). Οι αποδεκτές απαντήσεις στο τεστ Β είναι το 100% (41,7% πλήρεις και 58,3% εν μέρει).

5.1.2. Σχήμα αερίων

Οι απαντήσεις ταξινομήθηκαν ως πλήρεις μικροσκοπικές, αν γινόταν αναφορά σε αλλαγή στην κίνηση και στην απόσταση σωματιδίων καθώς και ότι στα αέρια τα μόρια κινούνται ελεύθερα. Εν μέρει μικροσκοπικές θεωρήθηκαν απαντήσεις που αναφέρονταν σε αλλαγή θέσης ή απόστασης και δεν έκαναν αναφορά στην ελεύθερη κίνηση.

Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.1.2.1 και 5.1.2.2.

Πίνακας 5.1.2.1.: Κατανομή συχνότητων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών Ε, Π1, Π2(διδ) στην ερώτηση σχετικά με το σχήμα αερίων

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητες απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ) testA(N=40)	Π2(διδ) testB(N=40)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	1	52	55	34	37
Πλήρεις μικροσκοπικές		29	47	17	28
Εν μέρει μικροσκοπικές	1	23	8	17	9
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	36	4	1	3	1
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων					
Όχι απάντηση/Επανάληψη ερώτησης	22	1	1	3	2

Πίνακας 5.1.2.2.: Κατανομή συχνότητων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών Π2(συζ) πριν και μετά τη συζήτηση στην ερώτηση σχετικά με το σχήμα αερίων

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά τεστ			
	Π2(συζ) preA(N=14)	Π2(συζ) preB(N=14)	Π2(συζ) postA(N=12)	Π2(συζ) postB(N=12)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	6	11	10	12
Πλήρεις μικροσκοπικές	3	9	7	10
Εν μέρει μικροσκοπικές	3	2	3	2
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	3			
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	1	2		
Όχι απάντηση/Επανάληψη ερώτησης	4	1	2	

Η ομάδα ελέγχου (Ε)

Ένα ποσοστό 37,3% δίνει κυκλικές απαντήσεις, δηλαδή ότι τα αέρια έτσι είναι από τη φύση τους ή ότι δεν έχουν συγκεκριμένο σχήμα. Μεγάλο ποσοστό μαθητών (61,0%) δίνει εναλλακτικές απαντήσεις για το σχήμα αερίων. Ο αέρας θεωρείται ένα αραιό / ελαφρύ / αόρατο συνεχές από το 42,4% των μαθητών. Έτσι ισχυρίζονται ότι τα αέρια είναι ελαφριά και προσαρμόζονται (18,6%), τα αέρια αποτελούνται από αέρια συστατικά που απλώνονται (16,9%), τα αέρια απλώνονται (6,8%). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και σε άλλες έρευνες. Ο αέρας θεωρείται συνεχής από το 46% (Serge 1986), από το 25-45% των παιδιών 12-13 ετών (Kircher 1981) και από το 40% των παιδιών 13-14 ετών (Novick & Nussbaum 1978). Μια άλλη μελέτη που περιλαμβάνει και φοιτητές χημείας, δείχνει ότι οι μαθητές καταλαβαίνουν τα αέρια ως συνεχή και η επί τοις εκατό αναλογία μειώνεται με την ηλικία (87% των παιδιών 7-9 ετών, 74% 11-12 ετών, 46% 13-14 ετών και 12% φοιτητών χημείας) (Benson 1993). Ακόμη και φοιτητές θεωρούν τα αέρια συνεχή (Kmet 1994a).

Προσαρμόζονται γιατί είναι ελαφριά (E-39).

Επίσης τα αέρια συχνά ταξινομούνται ως οντότητες συνδεδεμένες με κάτι αόρατο, κάτι μη υλικό (ποσοστό 16,95%). Έτσι αναφέρουν ότι τα αέρια είναι άυλα / αόρατα / άπιαστα. Άλλες εναλλακτικές απαντήσεις αναφέρουν ότι τα αέρια εξατμίζονται γι' αυτό πίνουν όλο το χώρο.

Τα αέρια δεν τα πίνουμε και δεν έχουν συγκεκριμένο χώρο (E-45).



Στην ίδια κατηγορία υπάγεται η εναλλακτική "τα αέρια πάνε παντού" (E-58).

Τα αέρια ως αόρατο, μη υλικό, ως μια μορφή ενέργειας αναφέρονται από Lee et al. (1993) ενώ τα αέρια χωρίς βάρος αναφέρονται από Renstrom (1990), Pioto (1993), Stavy (1988).

Μόνο μια μαθήτρια αναφέρθηκε στη δομή των αερίων.

Η δομή των ατόμων τους είναι χαλαρή. Ανάλογα με το χώρο που τους προσφέρεται το αέριο αραιώνει ή πυκνώνει καταλαμβάνοντας όλο το χώρο (E-44).

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Για τους μαθητές της Π1 η ερώτηση για το σχήμα αερίων, αν και δεν διδάχθηκε, ήταν μια εύκολη ερώτηση. Στο τεστ Α ένα μεγάλο ποσοστό 91,2% δίνει αποδεκτές απαντήσεις (50,9% πλήρεις και 40,3% εν μέρει). Οι εναλλακτικές απαντήσεις αναφέρονται στο ότι τα αέρια πάνε παντού ή απλώνονται. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι ακόμη περισσότερες (96,5% από τις οποίες 82,5% πλήρεις και 14,0% εν μέρει).

Πλήρεις απαντήσεις

Τα μόρια των αερίων κινούνται ελεύθερα και γρήγορα και δεν συνδέονται μεταξύ τους έτσι απλώνονται σε όλο τον χώρο που τους δίνεται (Π1-41).

Εν μέρει αποδεκτές αποδεκτές

Τα μόρια των αερίων διασκορπίζονται σε όλο το χώρο (Π1-43).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ2), Π2(Σχ3))

Παρόμοια με την Π1 είναι και η επίδοση της ομάδας Π2(διδ), που είχε διδαχθεί τις ιδιότητες στερεών – υγρών. Έτσι οι μαθητές δίνουν αποδεκτές απαντήσεις στο τεστ Α σε ποσοστό 85% (πλήρεις 42,5% και εν μέρει 42,5%). Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται στο 92,5% (πλήρεις 70%, εν μέρει 22,5%).

Π2(συζ) (Π2(Σχ1))

Πριν τη συζήτηση στο τεστ Α οι μαθητές έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 42,7% (21,4% πλήρεις και 21,4% εν μέρει). Οι εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο (21,4%) αναφέρονται στα αέρια ως αόρατα, άπιαστα (14,3%) και ως συνεχή και ελαστικά. Σε μικροσκοπικό επίπεδο μια εναλλακτική απάντηση θεωρεί ότι τα μόρια είναι μέσα σε ένα συνεχές αέριο και καθώς κινούνται παρασύρουν και τον αέρα. Ένα ποσοστό 28,6% δίνει κυκλικές απαντήσεις. Ωστόσο στο τεστ Β, η ερμηνεία με μόρια του σχήματος αερίων δεν δημιουργεί δυσκολίες. Οι μαθητές ερμηνεύουν το σχήμα αερίων σε μικροσκοπικό επίπεδο δίνοντας αποδεκτές απαντήσεις σε υψηλό ποσοστό 78,6% (64,3% πλήρεις και 14,3%). Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές θεωρούν τα μόρια να παρασύρουν το αέριο σε όλο το χώρο.

Μετά τη συζήτηση στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται στο 83,3% (58,3% πλήρεις και 25% εν μέρει). Στο τεστ Β όλες οι απαντήσεις είναι αποδεκτές (83,3% πλήρεις, 16,7% εν μέρει).

5.1.3. Συμπύεση υγρών

Οι απαντήσεις ταξινομήθηκαν ως πλήρεις μικροσκοπικές, αν έκαναν αναφορά στην απόσταση σωματιδίων και στους δεσμούς που εμποδίζουν, ως εν μέρει μικροσκοπικές αν έκαναν αναφορά στην απόσταση σωματιδίων και ως εν μέρει μακροσκοπικές αν ανέφεραν ότι τα υγρά δεν συμπιέζονται γιατί έχουν ορισμένο όγκο. Οι συχνότητες ανά τύπο απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.1.3.1 και 5.1.3.2.



Πίνακας 5.1.3.1.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών E, Π1, Π2(διδ) στην ερώτηση σχετικά με τη συμπίεση υγρού

Τύποι απαντήσεων Ερμηνεία συμπίεσης υγρού	Συχνότητες απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ) testA(N=40)	Π2(διδ) testB(N=40)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης		36	49	27	34
Πλήρεις μικροσκοπικές		4	8	4	4
Εν μέρει μικροσκοπικές		29	41	23	30
Εν μέρει μακροσκοπικές		3			
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	49	11		4	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων		7	5	2	2
Όχι απάντηση/Επανάληψη ερώτησης	10	3	3	7	4

Πίνακας 5.1.3.2.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών της Π2(συζ) στην ερώτηση σχετικά με τη συμπίεση υγρού

Τύποι απαντήσεων Ερμηνεία συμπίεσης υγρού	Συχνότητα απαντήσεων			
	Π2(συζ) preA(N=14)	Π2(συζ) preB(N=14)	Π2(συζ) postA(N=12)	Π2(συζ1) postB(N=12)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	4	6	10	11
Πλήρεις μικροσκοπικές				1
Εν μέρει μικροσκοπικές	4	6	10	10
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	6	2	2	1
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	2	6		
Όχι απάντηση/Επανάληψη ερώτησης	2			

Ομάδα ελέγχου (E)

Η συμπίεση υγρών ερμηνεύεται από τους μαθητές της E με εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 83,1% ενώ 16,9% δίνουν κυκλικές απαντήσεις. Κάποιες εναλλακτικές απαντήσεις αναφέρουν ότι τα υγρά δεν συμπιέζονται, επειδή γεμίζουν το χώρο (45,7%). Αυτή η άποψη θεωρεί τα υγρά συνεχή. Επειδή τα υγρά θεωρούνται συνεχή, δεν συμπιέζονται. Ισχυρίζονται ότι τα υγρά δεν συμπιέζονται επειδή δεν υπάρχει αρκετός αέρας για να γίνει η συμπίεση (5,1%). Άλλοι μαθητές (ποσοστό 20,3%) βασίζονται σε αισθητηριακά χαρακτηριστικά και αναφέρουν ότι το νερό δεν μπορεί να φύγει γιατί εγκλωβίζεται, έχουμε κλείσει την τρύπα, εμποδίζεται από το χέρι, έχει βάρος και εμποδίζει. Και αυτή η άποψη θεωρεί τα αέρια συνεχή και το βάρος φαίνεται να συγγέεται με τον όγκο (6,8%). Μπέρδεμα εννοιών όπως βάρος και πυκνότητα με έννοιες όπως μάζα, όγκος και βαρύτητα σε μαθητές 14-15 βρήκαν και οι Mullet & Germain 1990. Αντίθετα κάποιοι μαθητές αποδίδουν αυτή την ιδιότητα των υγρών στο ότι περιέχεται και αέρας ή ότι τα υγρά δεν συμπιέζονται επειδή δεν εξατμίζονται, δεν πάνε παντού, όπως κάνουν τα αέρια.

Είναι γεμάτο επειδή τα υγρά πιάνουν το χώρο και παίρνουν το σχήμα του δοχείου (E-50).

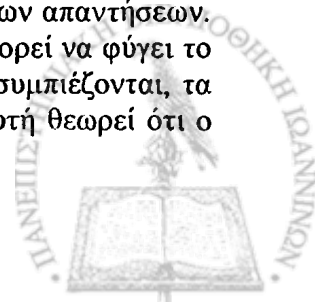
Δεν μπορούμε να τα συμπίεσουμε γιατί έχουν όγκο και έχουν πίεση η οποία μας σπρώχνει προς τα πάνω (E-59).

Δεν συμπιέζεται γιατί κλείνουμε την είσοδο (E-46).

Εμποδίζεται από το χέρι (E-54).

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Στη συμπίεση υγρού στο τεστ A οι μαθητές της Π1 δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 63,2% (πλήρεις 7,0%, εν μέρει μικροσκοπικές 50,9%, εν μέρει μακροσκοπικές 5,3%). Οι εναλλακτικές σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι σε ποσοστό 19,3%. Στις απαντήσεις αυτές το υγρό θεωρείται συνεχές (8,8%), δεν συμπιέζεται επειδή δεν υπάρχει αέρας (7,0%), εμποδίζεται από το χέρι ή έχει μέσα αέρα. Οι εναλλακτικές σε μικροσκοπικό επίπεδο είναι το 12,3% των απαντήσεων. Αυτές αναφέρουν ότι υπάρχει αέρας ή μόρια αέρα μεταξύ των σωματιδίων, δεν μπορεί να φύγει το νερό γιατί εγκλωβίζονται τα μόρια, τα μόρια ασκούν πιέσεις στο έμβολο και δεν συμπιέζονται, τα μόρια δεν κινούνται γιατί δεν υπάρχει χώρος, έχει φύγει ο αέρας. Η απάντηση αυτή θεωρεί ότι ο



κενός χώρος καλύπτεται με αέρα. Στο τεστ Β οι μαθητές της Π1 δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 86,0% (πλήρεις 14,0%, εν μέρει μικροσκοπικές 71,9%). Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές απαντήσεις (8,8%) αναφέρουν ότι δεν μπορεί να φύγει το νερό γιατί εγκλωβίζονται τα μόρια, υπάρχει αέρας ή μόρια αέρα μεταξύ των σωματιδίων που εμποδίζουν να συμπιεστεί, τα μόρια ασκούν πιέσεις στο έμβολο και δεν συμπιέζονται. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι απαντήσεις είναι κυρίως εν μέρει μικροσκοπικές και αυτό γιατί οι μαθητές δεν κάνουν εύκολα χρήση των δεσμών μεταξύ των μορίων.

Αποδεκτές πλήρεις

Το υγρό δεν συμπιέζεται γιατί τα μόρια είναι κοντά. Τα μόρια στο υγρό δεν έχουν μεγάλο κενό μεταξύ τους και γι' αυτό όταν προσπαθήσουμε να συμπίεσουμε τα μόρια πλησιάζουν τόσο που δεν μπορούν να συμπιεστούν και είναι συνδεδεμένα (Π1-27).

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις

Δεν μπορώ να συμπίεσω το νερό γιατί τα μόριά του γλιστρούν το ένα στο άλλο και δεν μπορούν να έρθουν πιο κοντά (Π1-23).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Τα μόρια δεν μπορούν να φύγουν (Π1-22).

Το νερό δεν συμπιέζεται γιατί υπάρχουν μόρια αέρα που εμποδίζουν (Π1-32).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ2), Π2(Σχ3))

Στο τεστ Α οι μαθητές δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 67,5% (πλήρεις 10%, εν μέρει μικροσκοπικές 57,5%). Στο τεστ Β οι μαθητές δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 85% (πλήρεις 10%, εν μέρει μικροσκοπικές 75%)

Τα μόρια έχουν δεσμούς και είναι το ένα κοντά στο άλλο και δεν μαζεύονται άλλο (Σχ2-4 τεστ Β).

Π2(συζ)

Πριν τη συζήτηση οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 28,6% των απαντήσεων (εν μέρει μικροσκοπικές). Οι εναλλακτικές σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι το 42,7% και σε μικροσκοπικό 14,3%. Στο τεστ Β πριν τη συζήτηση οι αποδεκτές είναι το 42,9% ενώ οι εναλλακτικές σε μακροσκοπικό είναι το 14,3% και οι μικροσκοπικές το 42,9%. Οι εναλλακτικές αναφέρουν ότι δεν υπάρχει αέρας, τα μόρια δεν κινούνται, τα μόρια εμποδίζουν, τα μόρια φυλακίζονται ή εμποδίζονται.

Μετά τη συζήτηση στο τεστ Α οι αποδεκτές εν μέρει είναι το 83,3% και στο τεστ Β οι αποδεκτές είναι 91,7% (πλήρεις 8,3% και 83,3%).

5.1.4. Συμπίεση αερίου

Οι πλήρεις απαντήσεις θεωρούν ότι το έμβολο σπρώχνεται μέχρι ένα σημείο γιατί τα μόρια που φτιάχνουν τον αέρα είναι μακριά το ένα από το άλλο και μπορούν να σπρωχτούν πιο κοντά το ένα στο άλλο και μικραίνει ο κενός χώρος. Οι συχνότητες ανά τύπο απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.1.4.1., 5.1.4.2.

Πίνακας 5.1.4.1: Κατανομή συχνότητων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών των Ε, Π1 και Π2(διδ) στην ερώτηση σχετικά με τη συμπίεση αερίου

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητες απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ) testA(N=40)	Π2(διδ) testB(N=40)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης (Πλήρεις μικροσκοπικές)	42	53	30	36	
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	39	5		2	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων		4	2	3	2
Όχι απάντηση/Επανάληψη ερώτησης	20	6	2	5	2

Πίνακας 5.1.4.2.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών της Π2(συζ) στην ερώτηση σχετικά με τη συμπίεση αερίου

Τύπος απαντήσεων Ερμηγεία συμπίεσης αερίου	Συχνότητα απαντήσεων			
	Π2(συζ) preA(N=14)	Π2(συζ) preB(N=14)	Π2(συζ) postA(N=12)	Π2(συζ1) postB(N=12)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης (Πλήρεις μικροσκοπικές)	3	8	9	11
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	7			
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	1	6	2	1
Όχι απάντηση/Επανάλληψη ερώτησης	3		1	

Ομάδα Ελέγχου (E)

Το 66,1% των μαθητών δίνουν εναλλακτικές απαντήσεις για τη συμπίεση του αερίου ενώ το 33,9% των μαθητών δίνουν κυκλικές απαντήσεις ή δεν απαντούν. Μια κατηγορία εναλλακτικών απαντήσεων θεωρεί ότι ο αέρας είναι συνεχής και ελαστικός και προτιμάται από το 40,7% των μαθητών. Λένε λοιπόν ότι ο αέρας απλώνεται και μαζεύεται γιατί δεν έχει σχήμα, μορφή ή όγκο (25,4%) ενώ άλλες εναλλακτικές αναφέρουν ότι είναι αραιός και γίνεται πυκνός (ή τα υλικά του), είναι μαλακός ή έχει ελάχιστη βαρύτητα ή μαζεύεται στο στόμιο. Ο αέρας ως συνεχής και ελαστικός αναφέρεται και από άλλες έρευνες (Serre 1986, Lee et al. 1993, Kircher 1981, Novick & Nussbaum 1978, Benson 1993, Kmel 1994a). Οι Lee et al. (1993) αναφέρουν ότι μαθητές 11-12 χρόνων νομίζουν ότι όταν τα αέρια πιέζονται σε ένα δοχείο, περισσότερος αέρας βρίσκεται στο πάτο. Ομοίως ο αέρας σε ένα δωμάτιο δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένος. Ο αέρας μπορεί να ρέει παρόμοια με το νερό και συμπιέζεται επειδή είναι μαλακότερος από το νερό. Τα αέρια κινούνται όταν συμπιεστούν ή εκταθούν από το ένα μέρος στο άλλο και μοιράζονται ακανόνιστα. Άλλη κατηγορία εναλλακτικών απαντήσεων αναφέρεται στο ότι ο αέρας είναι άυλος, δεν πάνει χώρο, πάει παντού και γι' αυτό συμπιέζεται (ποσοστό 20,3%). Η συμπίεση αερίου αποδίδεται στην πιέζουσα δύναμη, δίνοντας έτσι πρωταρχικό ρόλο στον παράγοντα δύναμη (5,1%).

Ο αέρας μπορεί να πυκνώσει και να προσαρμοστεί στο χώρο που του δίνεται (E-44).

Ο αέρας δεν καταλαμβάνει χώρο και μπορούμε να τον συμπιέσουμε (E-45).

Έχει ελάχιστη βαρύτητα και μπορεί να συμπιεστεί (E-52).

Γιατί ο αέρας μαζεύεται πολύ προς τα κάτω (E-20).

Συμπιέζεται γιατί ο αέρας μπορεί να ξεφύγει (E-1).

Ο αέρας μπορεί να πάει σε όλη τη σύριγγα, γιατί είναι αέριο, ενώ το νερό πχ. Είναι υγρό (E-14).

Ο αέρας απλώνεται παντού και μπορεί να συμπιεστεί γιατί δεν έχει όγκο άρα πυκνότητα (E-27).

Μπορούμε να συμπιέσουμε το έμβολο λόγω της δύναμης που βάζουμε (E-33).

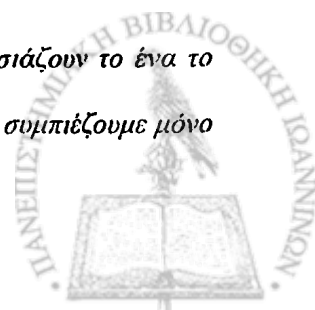
Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Στο τεστ Α οι μαθητές ερμηνεύουν σωστά τη συμπίεση αερίου σε ποσοστό 73,7%. Οι εναλλακτικές μακροσκοπικές σε ποσοστό 8,8% αναφέρονται στα αέρια ως ελαστικά (7%) ή στη συμπίεση λόγω δύναμης (1,8%). Σε μικροσκοπικό επίπεδο οι εναλλακτικές απαντήσεις είναι σε ποσοστό 7,0% και αναφέρονται στην συμπίεση των μορίων ή στο ότι τα μόρια φεύγουν από το στόμιο. Είναι χαρακτηριστικό ότι δεν υπάρχουν απαντήσεις που θεωρούν το αέριο άυλο. Αρκετοί μαθητές σε ποσοστό 10,5% δεν απαντούν ή δίνουν κυκλικές απαντήσεις. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται στο 93%. Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές (3,5%) σχετίζονται ή με την συμπίεση μορίων ή τη φυλάκισή τους. Η διδασκαλία με σωματίδια βελτιώνει τη κατανόηση της συμπίεση αερίων. Οι Lee et al. (1993) αναφέρουν ότι πριν τη διδασκαλία έδωσαν επαρκείς εξηγήσεις για την συμπίεση το 3,8% των μαθητών ενώ μετά τη συζήτηση έδωσαν επαρκείς απαντήσεις το 50%.

Αποδεκτές απαντήσεις

Ανάμεσα στα μόρια των αερίων υπάρχει πολύς κενός χώρος. Καθώς τα συμπιέζουμε πλησιάζουν το ένα το άλλο κι έτσι ο όγκος του αερίου μικραίνει (Π1-43).

Τα μόρια έρχονται τόσο κοντά που δεν μπορούμε να συμπιέσουμε άλλο γιατί τα μόρια δεν τα συμπιέζουμε μόνο το κενό μικραίνει και έρχονται πιο κοντά (Π1-27).



Εναλλακτικές απαντήσεις

Τα μόρια θα συμπιεστούν και ο αέρας θα μαζευτεί (Π1-22).

Τα μόρια στην αρχή είναι απελευθερωμένα ενώ μετά είναι φυλακισμένα (Π1-7).

Τα μόρια ελαττώνονται άρα βγαίνουν (Π1-8).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ2), Π2(Σχ3))

Παρόμοια με τη Π1, η Π2(διδ) δίνει στο τεστ Α αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 75% ενώ στο τεστ Β σε ποσοστό 90%.

Π1(συζ)

Πριν τη συζήτηση στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις είναι 21,4%. Οι εναλλακτικές μακροσκοπικές (50%) σχετίζονται με τα αέρια ως ελαστικά συνεχή υλικά (28,6%), ως άυλα (7,1%) και ως επίδραση της δύναμης (14,3%). Οι εναλλακτικές σε μικροσκοπικό επίπεδο είναι το 7,1% και θεωρούν ότι τα μόρια φυλακίζονται. Ωστόσο στο τεστ Β ένα ποσοστό 57,1% δίνουν αποδεκτές απαντήσεις. Αυτό γιατί με μόρια οι μαθητές δίνουν σωστή ερμηνεία της συμπίεσης. Οι εναλλακτικές σε μικροσκοπικό επίπεδο είναι το 42,9% των απαντήσεων και αναφέρονται στη συμπίεση ή φυλάκιση μορίων, στο μέγεθος λόγω συμπίεσης και στην ελάττωση της απόστασης των μορίων μια και το αέριο συμπιέζεται.

Μετά τη συζήτηση στο τεστ Α οι εν μέρει μικροσκοπικές είναι το 75% και οι μικροσκοπικές εναλλακτικές το 16,7%. Στο τεστ Β οι αποδεκτές είναι το 91,7% των απαντήσεων.

5.1.5. Συμπύεση αερίων μέχρι τέρμα

Ως πλήρης απάντηση μπορεί να θεωρηθεί η εξής: Το έμβολο δεν μπορεί να σπρωχθεί μέχρι τέρμα επειδή τα μόρια αέρα σπρώχνονται όλο και πιο κοντά μεταξύ τους. Αυτά χτυπούν το έμβολο όλο και πιο πολύ συχνά, μέχρι να γίνει πολύ δύσκολο να σπρώξουμε αυτά περαιτέρω. Είναι μια δύσκολη ερώτηση. Ως εν μέρει αποδεκτές μπορούν να θεωρηθούν απαντήσεις που αναφέρονται στο πλησίασμα των μορίων. Οι απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.1.5.1, 5.1.5.2.

Ομάδα Ελέγχου (Ε)

Η πλειονότητα των μαθητών δίνει εναλλακτικές απαντήσεις (ποσοστό 93,2%). Ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητών (50,9%) θεωρεί τον αέρα ως ένα αραιό / ελαφρύ / άορατο συνεχές το οποίο μπορεί να μαζευτεί στον άκρο της σύριγγας και να φυλακιστεί εκεί ή μπορεί να συμπιεστεί και να αυξηθεί η πυκνότητά του. Στην κατηγορία αυτή περιλάβαμε απαντήσεις (σε ποσοστό 5,1%) που θεωρούν ότι το αέριο συμπιέζεται μέχρι ένα σημείο γιατί δεν ασκεί πίεση αλλά μετά από κείνο το σημείο η πίεση αυξάνει. Οι μαθητές που επιλέγουν να θεωρήσουν τον αέρα άυλο χωρίς όγκο και βάρος θεωρούν ότι ασκείται δύναμη από το χέρι και εμποδίζει τη διαφυγή του (28,8%). Κάποιοι μαθητές, παρά τη ρητή διατύπωση της ερώτησης ότι ο αέρας συμπιέζεται, θεωρούν ότι δεν συμπιέζεται απλά διαφεύγει μια ποσότητα και η υπόλοιπη φυλακίζεται (5,1%). Άλλοι μαθητές θεωρούν ότι δεν συμπιέζεται γιατί μέσα υπάρχουν και κάποια στερεά που δεν συμπιέζονται (3,4%).

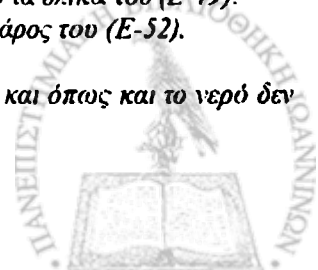
Ο αέρας μπορεί να πυκνώσει και να προσαρμοστεί στο χώρο που του δίνεται δεν μπορεί να συμπιεστεί μέχρι τέρμα γιατί καταλαμβάνει χώρο όπως όλα τα σώματα (Ε-44).

Τα υλικά του είναι πιο αραιά και συμπυκνώνονται εύκολα. Δεν συμπυκνώνονται άλλο τα υλικά του (Ε-49).

Έχει ελάχιστη βαρύτητα και μπορεί να συμπιεστεί αλλά δεν μηδενίζεται το ελάχιστο βάρος του (Ε-52).

Ο αέρας δεν έχει σχήμα και όγκο και όταν συμπιεστεί γίνεται πυκνός (Ε-27).

Ο αέρας δεν καταλαμβάνει χώρο και συμπιέζεται. Όταν όμως συμπιέζεται έχει όγκο και όπως και το νερό δεν συμπιέζεται μέχρι τέρμα.(Ε-45).



Δεν έχει πίεση μέχρι ένα σημείο από κείνο το σημείο η πίεση αυξάνει (E-40).

Ο αέρας δεν έχει μορφή και βρίσκεται παντού αλλά εμποδίζεται από κάτι στερεό (E-32).

Τα αέρια όταν απλώνονται και συμπιέζονται εξατμίζονται αλλά δεν μπορούμε να τα συμπιέσουμε άλλο γιατί μια δύναμη μας σπρώχνει (E-42).

Ασκείται αντίθετα μεγάλη δύναμη (E-41).

Ήταν μεγάλη η ποσότητα, έφυγε το πολύ αλλά έμεινε και άλλο (E-46).

Ο αέρας δεν συμπιέζεται αλλά φεύγει λίγος από τις τρύπες του χεριού και εμποδίζεται να φύγει ο υπόλοιπος (E-23).

Ο αέρας είναι άυλος αλλά περιέχει στερεές ή υγρές ουσίες που δεν συμπιέζονται (E-4).

Πίνακας 5.1.5.1.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών E, Π1, Π2(διδ) στην ερώτηση σχετικά με τη συμπίεση αερίου μέχρι τέρμα

Τύπος απαντήσεων Ερμηνεία συμπίεσης αερίων μέχρι τέρμα	Συχνότητες απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ) testA(N=40)	Π2(διδ) testB(N=40)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής	42	53	29	37	
Πλήρεις μικροσκοπικές	4	4	1	1	
Εν μέρει μικροσκοπικές	37	49	27	36	
Εν μέρει μακροσκοπικές	1		1		
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	55	7	2	4	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων		4		3	1
Όχι απάντηση/Επανάληψη ερώτησης	4	4	2	4	2

Πίνακας 5.1.5.2.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών της Π2(συζ) στην ερώτηση σχετικά με τη συμπίεση αερίου μέχρι τέρμα

Τύποι απαντήσεων Ερμηνεία συμπίεσης αερίων μέχρι τέρμα	Συχνότητα απαντήσεων			
	Π2(συζ) preA(N=14)	Π2(συζ) preB(N=14)	Π2(συζ) postA(N=12)	Π2(συζ1) postB(N=12)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής	5	13	11	12
Πλήρης μικροσκοπική	1	1	1	1
Εν μέρει μικροσκοπικές	4	12	10	11
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	9		1	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων		1		
Όχι απάντηση/Επανάληψη ερώτησης				

Πειραματική ομάδα 1(Π1)

Οι απαντήσεις στο τεστ Α είναι αποδεκτές σε ποσοστό 73,7% (πλήρεις 7,0%, εν μέρει μικροσκοπικές 64,9%, εν μέρει μακροσκοπικές 1,8%). Οι μακροσκοπικές εναλλακτικές είναι το 12,3% των απαντήσεων. Αυτές αναφέρονται στο αέριο ως ένα αραιό /ελαφρύ/ αόρατο συνεχές το οποίο μπορεί να μαζευτεί στον άκρο της σύριγγας και να φυλακιστεί εκεί ή μπορεί να συμπιεστεί και να αυξηθεί η πυκνότητά του και στην μετατροπή αερίου σε στερεό ή απόκτηση με τη συμπίεση ενός σχήματος, στην διαφυγή ποσότητας αερίου. Οι εναλλακτικές σε μικροσκοπικό επίπεδο (7,0%) σχετίζονται με τη φυλάκιση μορίων και τα εμπόδια που προκαλούν τα μόρια σύριγγας. Ένα ποσοστό 7,0% δεν απαντά. Στο τεστ Β οι απαντήσεις είναι αποδεκτές σε ποσοστό 93,0% (πλήρεις 7,0%, εν μέρει μικροσκοπικές 86%). Είναι χαρακτηριστικό ότι και στα δυο τεστ οι πλήρεις απαντήσεις είναι ελάχιστες.

Πλήρεις απαντήσεις

Τα μόρια πιέζουν τη σύριγγα και είναι δύσκολο να συμπιέσεις (Π1-57).

Το κενό με την συμπίεση τα μόρια πλησιάζουν πολύ και μικραίνει το κενό ανάμεσά τους και δεν μπορεί να συμπιεστεί άλλο γιατί δεν υπάρχει άλλο μεγάλο κενό και να υπάρχει η ιδιότητα να μικρύνει άλλο το κενό με τη δύναμη που βάζουμε για να πατήσουμε τη σύριγγα (Π1-27).

Εν μέρει αποδεκτές

Τα μόρια κάποια στιγμή πηγαίνουν κοντά τόσο κοντά που δεν γίνεται άλλο. Έτσι ο όγκος του αερίου σταματά να μικραίνει (Π1-43).

Σωστές μακροσκοπικές



Τα αέρια πιάτουν χώρο ακόμα έχουν όγκο και όταν συμπιέζονται (Π1-23).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Δεν γίνεται γιατί ο αέρας έχει πάρει ένα σχήμα (Π1-48).

Τα μόρια έρχονται κοντά δεν έχουν μεγάλο κενό κι έτσι γίνεται σαν στερεό και δεν σκάει (Π1-26).

Δεν μπορούν να φύγουν τα μόρια γιατί εμποδίζονται (Π1-22).

Εμποδίζονται από μόρια σύριγγας (Π1-38).

Υπάρχουν λίγα μόρια ακόμη (ελάττωση αριθμού) (Π1-8).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ)(Π2(Σχ2), Π2(Σχ3))

Παρόμοια με τις Π1, Π2(διδ) οι μαθητές του Π2(διδ) δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 72,5% (πλήρεις 2,5%, εν μέρει 67,5%). Εναλλακτικές μακροσκοπικές δίνει το 10% και μικροσκοπικές το 7,5% ενώ δεν απαντούν το 10%. Στο τεστ Β δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 92,5% (πλήρεις 2,5%, εν μέρει 90%).

Π2(συζ)(Π2(Σχ1))

Πριν τη συζήτηση στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις ήταν 35,7% (πλήρεις 7,1% και εν μέρει 28,6%). Οι εναλλακτικές μακροσκοπικές σε ποσοστό 64,3% αφορούν το αέριο ως συνεχές που μαζεύεται στην άκρη ή γίνεται πυκνό (35,7%), την άσκηση αντίθετης δύναμης από το δάχτυλο (21,4%) ή τη διαφυγή κάποιας ποσότητας αερίου (7,1%). Στο τεστ Β ένα πολύ μεγάλο ποσοστό δίνει αποδεκτές απαντήσεις 92,9% (7,1% πλήρεις, 85,7% εν μέρει).

Μετά τη συζήτηση οι αποδεκτές απαντήσεις φτάνουν στο τεστ Α το 91,7% (8,3% πλήρεις και 83,3% εν μέρει αποδεκτές). Και στο τεστ Β όλες οι απαντήσεις είναι αποδεκτές απαντήσεις (8,3% πλήρεις και 91,7% εν μέρει).

5.2. Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων στο σύνολο της ενότητας "Ιδιότητες στερεών υγρών και αερίων"

Στο σύνολο των ερωτήσεων της ενότητας ταξινομήθηκαν οι απαντήσεις ανά κατηγορία (Πίνακας 5.2.1.) και ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας (Πίνακας 5.2.2.). Στον Πίνακα 5.2.3. παρουσιάζονται οι κυκλικές απαντήσεις των μαθητές.

Πίνακας 5.2.1: Ποσοστά απαντήσεων ανά κατηγορία για όλες τις ομάδες στα δυο τεστ στο σύνολο της ενότητας "Ιδιότητες στερεών..."

	Πλήρης σωμ.	Εν μέρει σωμ.	Εν μέρει μακρο	Εναλ. μακρο	Εναλ. σωμ.	Όχι καταν.
Ε		0,7		70,5		28,8
Π1test A	33,3	42,8	1,4	11,6	5,6	5,3
Π1test B	47,4	46,0		1,1	2,5	3,2
Π2(συζ)testA	10,0	21,4		45,7	7,1	15,7
Π2(συζ)testB	25,7	42,9		2,9	27,1	1,4
Π2(συζ)posttestA	33,3	50,0		6,7	3,3	6,7
Π2(συζ)posttestB	46,7	50,0		1,7	1,7	
Π2(διδ)testA	29,5	47,0	0,5	8,5	4,5	10,0
Π2(διδ)testB	40,5	50,0		0,5	3,5	5,5



Πίνακας 5.2.2.: Ποσοστά απαντήσεων ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας για όλες τις ομάδες στα δυο τεστ στο σύνολο της ενότητας "Ιδιότητες στερεών..."

	X	A	B	B*	C	C*	Αταξ	Όχι κατ.
E	70,5				0,7			28,8
Π1testA	13,0	1,4	1,4	1,1	42,8	33,3	1,8	5,3
Π1testB	1,1	0,7	0,7	0,7	46,0	47,4	0,4	3,2
Π2(συζ)testA	45,7	4,3	1,4		21,4	10,0	1,4	15,7
Π2(συζ)testB	2,9	11,4	8,6		42,9	25,7	7,1	1,4
Π2(συζ)posttestA	6,7	1,7			50,0	33,3	1,7	6,7
Π2(συζ)posttestB	1,7		1,7		50,0	46,7		
Π2(διδ)testA	9,0	1,5	2,0		47,0	29,5	1,0	10,0
Π2(διδ)testB	0,5	0,5	2,5	0,5	50,0	40,5		5,5

Ενδεικτικά ταξινομήσαμε:

X: Τα στερεά (ή τα υλικά τους) είναι άκαμπτα και ψυχρά ενώ τα υγρά απλώνονται, ρέουν κυρίως λόγω της θερμοκρασίας τους

A: Τα μόρια σκορπίζουν και παρασύρουν και τον αέρα

B: Τα μόρια στα στερεά είναι στερεά και στα υγρά απλώνονται

C: Τα μόρια στα στερεά είναι το ένα δίπλα στο άλλο σε τάξη και φτιάχνουν ένα σχήμα ενώ τα μόρια του νερού δεν έχουν συγκεκριμένη θέση (Π1-24).

C:* Τα μόρια στα στερεά είναι σφιχτά δεμένα το ένα με το άλλο ενώ τα μόρια του νερού γλιστρούν γιατί είναι χαλαρά και παίρνουν το σχήμα του δοχείου (Π1-21).

Αταξινόμητες: Τα μόρια δεν κινούνται γιατί δεν υπάρχει χώρος

Πίνακας 5.2.3.: Ποσοστά ταυτολογικών και μηδενικών απαντήσεων στο σύνολο των ερωτήσεων μη κατανόησης

	E testA	Π1 testA	Π1 testB	Π2(διδ) testA	Π2(διδ) testB	Π2(συζ) testA	Π2(συζ) testB	Π2(συζ) postA	Π2(συζ) postB
Όχι απάντηση	2,7	4,9	3,2	6,0	3,0	5,7	1,4	1,7	
Κυκλική	26,1	0,4		4,0	2,5	10,0		5,0	
Μη κατανόηση	28,8	5,3	3,2	10,0	5,5	15,7	1,4	6,7	

Όπως προκύπτει από τα δεδομένα του Πίνακα 5.2.1, η ομάδα E δίνει για τις "Ιδιότητες ..." κυρίως μακροσκοπικές εναλλακτικές ερμηνείες (70,5%). Ένα μεγάλο ποσοστό 28,8% δίνει μηδενικές απαντήσεις από τις οποίες το 26,1% είναι ταυτολογίες - κυκλικές απαντήσεις (Πίνακας 5.2.3.).

Η Π1, που διδάχθηκε τη σειρά μαθημάτων για την εισαγωγή σωματιδιακού μοντέλου, δίνει πλήρεις (33,3% στο τεστ A και 47,4% στο τεστ B) και μερικώς αποδεκτές μακροσκοπικές απαντήσεις (42,8% στο τεστ A και 46,0% στο τεστ B). Οι μαθητές της Π2(συζ), που δεν είχαν διδαχθεί την ενότητα, σημείωσαν χαμηλές επιδόσεις δίνοντας στο τεστ A πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 10% και στο τεστ B 25,7% και εν μέρει αποδεκτές στο τεστ A σε ποσοστό 21,4% και στο τεστ B 42,9%. Μετά τη συζήτηση οι επιδόσεις της Π2(συζ) βελτιώθηκαν και δίνουν στο τεστ A πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 33,3% και στο τεστ B 46,7% και εν μέρει αποδεκτές στο τεστ A σε ποσοστό 50% και στα δυο τεστ.

Όσον αφορά τις εναλλακτικές απαντήσεις, η ομάδα Π1 δίνει στο τεστ A μακροσκοπικές εναλλακτικές σε ποσοστό 11,6% και μικροσκοπικές σε ποσοστό 5,6% ενώ στο τεστ B απαντήσεις μικροσκοπικές σε ποσοστό 2,5%. Αντίθετα το Π2(συζ) πριν τη συζήτηση δίνει στο τεστ A μακροσκοπικές εναλλακτικές σε ποσοστό 47,5% και μικροσκοπικές εναλλακτικές 7,1% (κυρίως μοντέλο A σε ποσοστό 4,3%) ενώ στο τεστ B μικροσκοπικές σε ποσοστό 27,1% (11,4% μοντέλο A, 8,6% μοντέλο B, 7,1% αταξινόμητες). Ένα ποσοστό 15,7% στο τεστ A πριν τη συζήτηση δίνει μηδενικές απαντήσεις (10% ταυτολογίες). Μετά τη συζήτηση στις ομάδες οι εναλλακτικές είναι ελάχιστες. Οι μαθητές κατανόησαν τη σωματιδιακή σύσταση και το γεγονός ότι δεν σημειώνονται εναλλακτικές μοντέλου A μας δείχνει ότι κατανόησαν ότι τα μόρια δεν είναι μέσα στα υλικά αλλά δομούν τα υλικά.



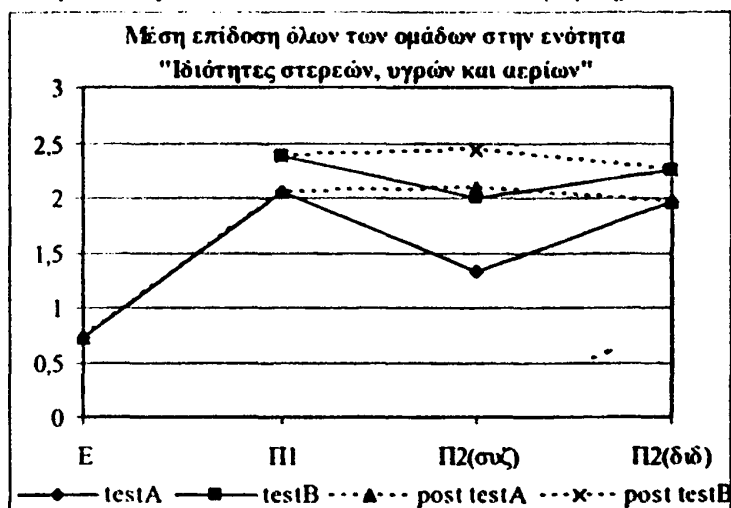
Στο σύνολο της ενότητας μετά τη συζήτηση στην Π2(συζ) βελτιώθηκαν το 56,7% των απαντήσεων στο τεστ Α και το 35,0% στο τεστ Β. Διατηρήθηκαν μετά τη συζήτηση το 40% των απαντήσεων στο τεστ Α και το 65% στο τεστ Β. Ένα μικρό ποσοστό 3,3% στο τεστ Α μετά τη συζήτηση ήταν ερωτήσεις υπαναχώρησης από εναλλακτικές σε μη κατανόηση.

5.3. Στατιστική σύγκριση μεταξύ και εντός των ομάδων

Οι επιδόσεις και οι στατιστικές συγκρίσεις παρουσιάζονται στο Παράρτημα Π5

5.3.1. Σύγκριση των ομάδων στο σύνολο της ενότητας

Οι μέσες επιδόσεις όλων των ομάδων σε όλες τις ερωτήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα Π5.Π1 και απεικονίζονται στο Διάγραμμα Π5.Δ1. Οι συγκρίσεις των ομάδων έγιναν με το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U και το κριτήριο F. Τα αποτελέσματα από το μη παραμετρικό κριτήριο παρουσιάζονται στον Πίνακα Π5.Π2 Παράρτημα.



Διάγραμμα 5.1.: Μέση επίδοση ανά ομάδα και τεστ στο σύνολο της ενότητας "Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων"

Η ομάδα Ε σημειώνει τη χαμηλότερη επίδοση από όλες τις ομάδες και διαφοροποιείται από αυτές σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,000$. Στο σύνολο της ενότητας η Π2(συζ) πριν την συζήτηση παρουσιάζει τις χαμηλότερες επιδόσεις και διαφοροποιείται από τις Π1 και Π2(διδ) ($p < 0,05$). Μετά τη συζήτηση οι επιδόσεις των Π1, Π2(συζ)post, Π2(διδ) δεν διαφοροποιούνται (Π5.Π2 Παράρτημα).

5.3.2 Σύγκριση εντός των ομάδων για τις ερωτήσεις της ενότητας "Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων"

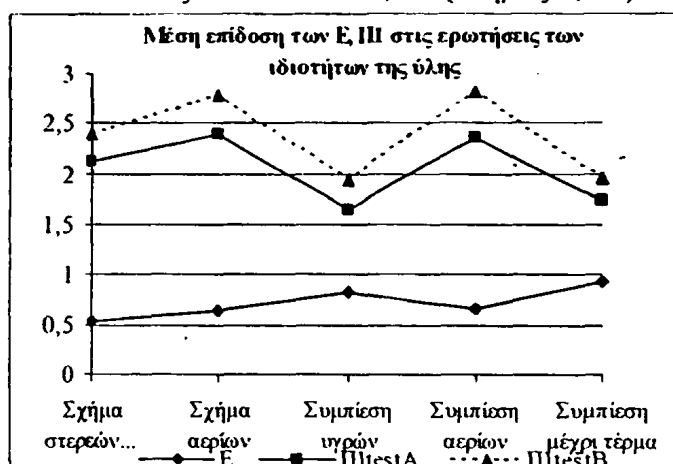
Ομάδα Ε

Οι ερωτήσεις στο σύνολο διαφοροποιούνται. Η σύγκριση των ερωτήσεων ανά ζεύγη έδωσε τα ζεύγη 1-4, 2-4 να μη διαφοροποιούνται, τα ζεύγη 1-2, 3-5 να παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές σε επίπεδο $p < 0,1$ ενώ τα άλλα ζεύγη να διαφοροποιούνται ($p < 0,05$) (Πίνακας Π5.Π3 Παράρτημα).

Ομάδα Π1

Αν και οι μαθητές της Π1 διδάχτηκαν την ερώτηση 1 για το σχήμα στερεών και υγρών, έχουν καλύτερη επίδοση στην 2 και στη 4 που σχετίζονται με το σχήμα και την συμπίεση αερίου. Στις ερωτήσεις αυτές οι μαθητές δίνουν μεγάλο ποσοστό αποδεκτών απαντήσεων. Στην ερώτηση για το σχήμα των στερεών και υγρών στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 86,0% (πλήρεις 28,1%) ενώ στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 98,2% (40,3% πλήρεις). Στην ερώτηση

για το σχήμα αερίων στο τεστ Α ένα μεγάλο ποσοστό 91,2% δίνει αποδεκτές απαντήσεις (50,9% πλήρεις) και στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι ακόμη περισσότερες (96,5% από τις οποίες 82,5% πλήρεις). Οι μαθητές ερμηνεύουν σωστά τη συμπίεση αερίου και στο τεστ Α δίνουν πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 73,7% ενώ στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται στο 93,0%. Η δυσκολότερη ερώτηση ήταν η 3 που αφορά την συμπίεση υγρού. Στη συμπίεση υγρού στο τεστ Α οι μαθητές της Π1 δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 63,16% (πλήρεις 7,02%). Στο τεστ Β οι μαθητές της Π1 δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 86,0% (πλήρεις 14,0%). Στην ερώτηση για τη συμπίεση υγρού σημειώθηκαν οι περισσότερες εναλλακτικές συνεχείς απαντήσεις (σε ποσοστό 19,3%). Στις απαντήσεις αυτές το υγρό δεν συμπιέζεται γιατί θεωρείται συνεχές, δεν υπάρχει αέρας, εμποδίζεται, έχει μέσα αέρα. Οι μαθητές σπάνια δίνουν πλήρεις απαντήσεις καθώς δεν αναφέρονται στους δεσμούς μεταξύ των μορίων υγρού. Στην ερώτηση για τη συμπίεση αερίου μέχρι τέρμα μεγάλο ποσοστό μαθητών δίνει αποδεκτές απαντήσεις ωστόσο οι πλήρεις απαντήσεις είναι ελάχιστες. Οι μαθητές δεν κάνουν αναφορά στις πιέσεις που ασκούν τα μόρια, κάτι που φάνηκε και στην ενότητα της διαστολής στην ερώτηση για τη συστολή αερίου που βρίσκεται σε ένα μπαλόνι. Οι απαντήσεις στο τεστ Α είναι αποδεκτές σε ποσοστό 73,7% (πλήρεις 7,0%). Στο τεστ Β οι απαντήσεις είναι αποδεκτές σε ποσοστό 93,0% (πλήρεις 7,0%).



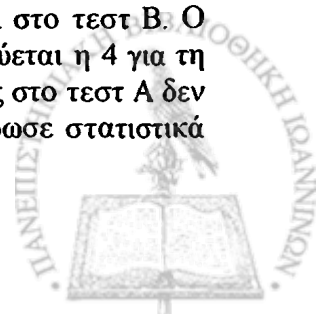
Διάγραμμα 5.2.: Μέση επίδοση των Ε και Π1 στις ερωτήσεις της ενότητας "Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων"

Οι συγκρίσεις των ερωτήσεων ανά ζεύγη έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις ($p < 0,05$) εκτός από την 2 και 4 και την 3 και 5 και στα δυο τεστ και στο σύνολο της ενότητας (Πίνακας Π5.Π3). Οι απαντήσεις των μαθητών της Π1 ήταν καλύτερες στο τεστ Β απ' ότι στο τεστ Α και διαφοροποιούνται και στο σύνολο των δυο τεστ και στις επιμέρους ερωτήσεις ($p < 0,005$). Οι ομάδες Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3) και η Π2(διδ) δεν διαφοροποιούνται από την Π1.

Ομάδα Π2(συζ)

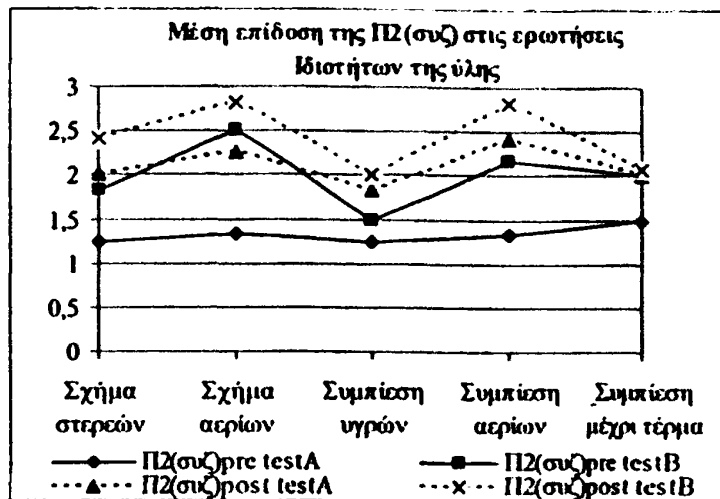
Πριν τη συζήτηση στις ομάδες οι μαθητές σε όλες τις ερωτήσεις του τεστ Α παρουσιάζουν χαμηλές επιδόσεις οι οποίες δεν διαφοροποιούνται μεταξύ τους (Πίνακας Π5.Π4). Στο τεστ Β η ερμηνεία με μόρια του σχήματος αερίων δεν δημιουργεί δυσκολίες. Οι μαθητές ερμηνεύουν την ερώτηση 2 για το σχήμα αερίων σε μικροσκοπικό επίπεδο δίνοντας αποδεκτές απαντήσεις σε υψηλό ποσοστό 78,6% (64,3% πλήρεις και 14,3%). Στην ερώτηση 4 για τη συμπίεση αερίου στο τεστ Β ένα ποσοστό 57,1% δίνει αποδεκτές απαντήσεις. Η 2 (σχήμα αερίων) διαφοροποιείται από την 1 και 3 ($p < 0,05$) και από την 5 ($p < 0,1$). Η πιο δύσκολη ερώτηση είναι η συμπίεση υγρού 3 που διαφοροποιείται από την 5 ($p < 0,05$) και την 4 ($p < 0,1$). Τα άλλα ζεύγη δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Όμως ως προς το τεστ οι ερωτήσεις διαφοροποιούνται.

Μετά τη συζήτηση η Π2(συζ) βελτιώνει τις επιδόσεις και στο τεστ Α και στο τεστ Β. Ο παράγοντας "τεστ" είναι σημαντικός. Στο τεστ Α η πιο εύκολη ερώτηση αναδεικνύεται η 4 για τη συμπίεση αερίων ακολουθούμενη από την δύο και η πιο δύσκολη η 3. Οι ερωτήσεις στο τεστ Α δεν διαφοροποιούνται με το κριτήριο F ενώ αντίθετα το μη παραμετρικό κριτήριο έδωσε στατιστικά



σημαντικές διαφορές. Η 4 διαφοροποιείται από την 1 ($p < 0,1$) και την 3 ($p < 0,05$). Και στο τεστ B οι πιο εύκολες ερωτήσεις είναι η 2 και 4 και πιο δύσκολες η 3 και 5. Η 2 διαφοροποιείται από τις 1, 3, 5 ($p < 0,05$), και η 4 από τις 1 ($p < 0,1$), 3 και 5 ($p < 0,05$).

Η αναλυτική σύγκριση των ερωτήσεων πριν και μετά τη συζήτηση έδειξε ότι οι ερωτήσεις στο σύνολο διαφοροποιούνται πριν και μετά τη συζήτηση ($p < 0,05$). Οι ερωτήσεις στο τεστ A πριν και μετά τη συζήτηση διαφοροποιούνται ($p < 0,05$). Οι ερωτήσεις πριν και μετά τη συζήτηση στο τεστ B διαφοροποιούνται ($p < 0,05$) εκτός από την 2 και την 5 (Πίνακας Π5.Π5). Στις ερωτήσεις αυτές και πριν τη συζήτηση οι μαθητές έδωσαν μικροσκοπικές ερμηνείες, που δεν διαφοροποιούνται στατιστικά από αυτές μετά τη συζήτηση. Διαφορετικές είναι και οι κατηγορίες απαντήσεων πριν και μετά τη συζήτηση. Διαφοροποίηση ως προς την χρήση κατηγορίας πριν και μετά τη συζήτηση στα δυο τεστ δίνει και το κριτήριο χ -τετράγωνο. (Πίνακας Π5.Π6, Π5.Π7 Παράρτημα).



Διάγραμμα 5.3.: Μέση επίδοση του Π2(συσ) (Π2(σχ1)) στις ερωτήσεις της ενότητας "Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων"

5.4. Ανάλυση των συζητήσεων στις ομάδες

Οι συζητήσεις αναλύθηκαν με βάση δυο μεταβλητές: την κατανόηση των συγκεκριμένων εννοιών και την στρατηγική λύσης προβλήματος. Οι επιδόσεις των μελών των ομάδων πριν και μετά τη συζήτηση παρουσιάζονται στον Πίνακα Π5.Π8 Παράρτημα.

5.4.1. Ανάλυση των συζητήσεων στις ομάδες ως προς την κατανόηση των εννοιών

1. Η ανάλυση των συζητήσεων έδειξε ότι η ερώτηση για το σχήμα στερεών - υγρών ήταν εύκολη καθώς οι μαθητές χρησιμοποιούσαν την κίνηση και απόσταση των σωματιδίων.

Στο παρακάτω απόσπασμα από την ομάδα 3 τριών αγοριών (M2, M9, M11) η συζήτηση για το σχήμα ήταν πιο λεπτομερής και έγινε αναφορά και στους δεσμούς μεταξύ των μορίων αλλά και στον κενό χώρο και αυτό οδήγησε τους μαθητές στο post τεστ να δώσουν πλήρεις απαντήσεις.

Στο pre τεστ οι μαθητές έδωσαν εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις εκτός από τον M11 που διατύπωσε εναλλακτική απάντηση στο τεστ A.

Τα μόρια των υγρών γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο (M2 τεστA).

Τα μόρια των στερεών έχουν συγκεκριμένες θέσεις, ενώ στα υγρά τα μόρια γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο (M2 τεστB).

Τα μόρια των στερεών βρίσκονται σε μια συγκεκριμένη θέση και έτσι τα στερεά έχουν συγκεκριμένο σχήμα. Τα μόρια των υγρών δεν βρίσκονται σε συγκεκριμένο σημείο, έτσι τα μόρια παίρνουν το σχήμα του δοχείου (M9 τεστA).

Τα μόρια των στερεών έχουν συγκεκριμένη θέση άρα συγκεκριμένο σχήμα τα μόρια των υγρών δεν έχουν συγκεκριμένη θέση και παίρνουν το σχήμα του δοχείου (M9 τεστB).

Τα στερεά έχουν συγκεκριμένο όγκο και τα υγρά δεν έχουν ίδιο σχήμα (M11 τεστ Α).

Τα μόρια στα στερεά δονούνται και έτσι έχουν συγκεκριμένο σχήμα ενώ τα υγρά γλιστράνε και παίρνουν το σχήμα του δοχείου (M11 τεστ Β).

[Οι μαθητές παρατηρούν τα πειράματα για το σχήμα και όγκο στερεών και υγρών, που παρουσιάζονται στη Δραστηριότητα 2 στο Παράρτημα Π1].

M2: Αλλάζει το σχήμα στα υγρά αλλά όχι ο όγκος ενώ στα στερεά δεν αλλάζει ο όγκος και το σχήμα.

M11: Τα υγρά αλλάζουν σχήμα, τα στερεά όχι.

Δ: Αρχίστε από τα στερεά.

M9: Εγώ λέω ότι τα στερεά έχουν συγκεκριμένο σχήμα και όγκο γιατί τα μόρια έχουν συγκεκριμένη θέση.

M2: Έχουν πράγματι τα μόρια συγκεκριμένη θέση, δεν αλλάζουν αυτό που κάνουν, είναι να δονούνται και έτσι το σχήμα τους είναι συγκεκριμένο.

M9: Αυτά τα μόρια συνδέονται μεταξύ τους με δεσμά, δεσμούς.

Δ: Στα υγρά;

M11: Τα μόρια στα στερεά είναι πιο μακριά και γλιστράνε.

M9: Όχι μακριά, αλλά γλιστράνε και είναι πιο χαλαρά.

Δ: Γιατί το νερό έχει τον ίδιο όγκο και δεν μίκρυνε από το ένα δοχείο στο άλλο;

M9: Γιατί και τα μόρια έχουν όγκο και δεν αλλάζουν.

Δ: Τι εννοείς;

M2: Ο αριθμός μορίων είναι ίδιος, το σχήμα δεν αλλάζει.

M9: Ο όγκος είναι ίδιος, δεν αλλάζει.

Η συζήτηση είχε ως αποτέλεσμα να δώσουν πλήρεις απαντήσεις στο post τεστ οι M2, M9 και εν μέρει ο M11.

Τα μόρια των στερεών έχουν γερά δεσμά και έτσι έχουν ένα συγκεκριμένο όγκο, ενώ τα δεσμά των υγρών είναι πιο χαλαρά και έτσι μπορούν να πάρουν το σχήμα του δοχείου (M2).

Τα μόρια των στερεών βρίσκονται σε ένα συγκεκριμένο μέρος, έτσι και τα ίδια τα στερεά έχουν συγκεκριμένο σχήμα. Τα μόρια των υγρών έχουν πιο ελεύθερη κίνηση μεταξύ τους, γλιστράνε μεταξύ τους και οι δεσμοί τους είναι πιο χαλαροί, γλιστράνε το ένα στο άλλο και παίρνουν το σχήμα του δοχείου τους (M9).

Τα μόρια στερεού είναι κοντά κι δονούνται ενώ του υγρού γλιστράνε το ένα πάνω στο άλλο (M11).

2. Σε όλες τις ομάδες η συζήτηση για το σχήμα αερίου δεν συζητήθηκε εκτενώς καθώς οι μαθητές αμέσως συμφώνησαν ότι τα μόρια κινούνται ελεύθερα και το σχήμα δεν είναι ορισμένο. Αυτό φαίνεται και στο παρακάτω απόσπασμα από συζήτηση τριών κοριτσιών (ομάδα 1 M1, M8, M10).

Στο pre τεστ οι μαθήτριες είχαν εναλλακτικές ιδέες ενώ στο τεστ Β έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις Στο τεστ Α

Το αέριο περιέχει οξυγόνο, άζωτο και πολλά άλλα, γι' αυτό (M1).

Γιατί τον αέρα ούτε να τον πιάσουμε δεν μπορούμε (M8).

Γιατί τα μόρια σκορπίζονται και παίρνουν και τον αέρα μαζί τους (M10).

Στο τεστ Β

Τα μόρια στο αέριο σώμα είναι ελεύθερα (M1).

Τα μόρια δεν είναι δεμένα και πηγαίνουν σε διαφορετικά σημεία και έτσι δεν έχουν κάποιο σχήμα (M8).

Τα μόρια στα αέρια κινούνται ελεύθερα και το σχήμα συνέχεια αλλάζει (M10).

Στην ομάδα έγινε αποδεκτή χωρίς συζήτηση η άποψη της M8

M8: Τα μόρια δεν είναι δεμένα και πηγαίνουν σε διαφορετικά σημεία και έτσι δεν έχουν κάποιο σχήμα.

M1, M10: Συμφωνούμε

Στο post τεστ Α οι απαντήσεις ήταν αποδεκτές

Τα αέρια παίρνουν το σχήμα του δοχείου γιατί τα μόρια πηγαίνουν σε όλο το χώρο (M1).

Τα μόρια στα αέρια δεν είναι καθόλου πιασμένα και έτσι σκορπίζονται σε όλο το δοχείο (M8).

Ο αέρας είναι τα ίδια τα μόρια και σκορπίζονται (ενδιαφέρουσα άποψη σε σχέση με πριν) (M10).

Στο τεστ Β δίνουν ακόμη πιο επεξεργασμένες απόψεις

Τα αέρια παίρνουν το σχήμα του δοχείου, γιατί πηγαίνουν σε όλο το χώρο τα μόρια, γιατί διασκορπίζονται (M1).



Τα μόρια στα αέρια δεν είναι καθόλου πιασμένα και έτσι σκορπίζονται σε όλο το δοχείο (M8).
Τα μόρια στα αέρια κινούνται ελεύθερα και δεν έχουν συγκεκριμένο σχήμα (M10).

3. Η συμπίεση υγρού σχετίστηκε με την παρουσία αέρα σε δυο ομάδες (ομάδες 1 και 4). Η εξήγηση με μόρια ωστόσο οδήγησε τους μαθητές σε αποδεκτή λύση.

Αυτό φαίνεται χαρακτηριστικά στο απόσπασμα από συζήτηση στην ομάδα 1 τριών κοριτσιών (M1, M8, M10). Αρχικά στο pre τεστA οι μαθήτριες M1, M8 διατυπώνουν συνεχείς απόψεις και μόνο η M10 αναφέρεται σε μόρια.

Είναι γεμάτο νερό, τα υγρά παίρνουν το σχήμα του δοχείου και δεν μένουν σε μια μεριά (M1).

Γιατί δεν παίρνει αέρα το νερό και δεν μπορούμε να τον συμπίεσουμε (M8).

Γιατί τα μόρια δεν συμπιέζονται (M10).

Στο τεστ B πάλι η μαθήτρια M10 διατύπωσε μια εν μέρει σωστή άποψη.

Γιατί δεν υπάρχει αέρας μέσα τα μόρια είναι σε στερεό σώμα (M1).

Δεν υπάρχει χώρος να φύγει ο αέρας και το νερό (M8).

Τα μόρια είναι μαζί και παίρνουν το σχήμα του δοχείου (M10).

Στη διάρκεια της συζήτησης η μαθήτρια M10 αναφέρεται στα μόρια και την απόστασή τους.

Δ: γιατί τα υγρά δεν συμπιέζονται;

M8: Δεν περνάει αέρας και δεν συμπιέζεται.

M10: Δεν υπάρχει αέρας για να συμπιεστεί. Το νερό έχει πάρει το σχήμα του δοχείου γι' αυτό δεν αφήνει χώρο να συμπιεστεί.

Δ: Κάντε ένα σχήμα για να το δείξετε.

M10: Τα μόρια υπάρχουν παντού και δεν μπορούν να έρθουν πιο κοντά.

Η άποψη αυτή γίνεται δεκτή από την M8 ενώ η M1 συμφωνεί. Ξεκαθαρίζει επίσης τι εννοεί με τον όρο συμπιέζονται.

M8: Είναι σχεδόν κοντά τα μόρια, είναι κοντά το ένα στο άλλο και δεν μπορούν να έρθουν πιο κοντά. Δεν μπορούμε να τα συμπίεσουμε.

M1: Συμφωνώ.

M8: Δεν αλλάζει το σχήμα για να τα φέρουμε πιο κοντά.

Μετά τη συζήτηση χρησιμοποιούν μόρια στην εξήγησή τους.

Τα μόρια γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο (M1).

Γιατί τα μόρια έχουν έρθει πολύ κοντά και δεν μπορούν να έρθουν άλλο κοντά (M8).

Τα μόρια δεν συμπιέζονται δηλαδή δεν μπορούν να έρθουν πολύ κοντά ούτε να πατηθούν γιατί πρέπει να έχουν κάποιο χώρο (M10).

4. Η συμπίεση αερίων εξηγείται στις ομάδες με ελάττωση του κενού χώρου μεταξύ των μορίων.

Το παρακάτω απόσπασμα είναι από την ομάδα 4

M7: Να, κλείνει το στόμιο, γι' αυτό γίνεται.

M12: Ναι, εντάξει το κλείνουμε για να μη φύγει. Δεν οφείλεται σε αυτό. Τα μόρια δεν συμπιέζονται. Στα υγρά γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο.

M13: Γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο.

M7: Ενώ στα αέρια τα μόρια κινούνται ελεύθερα.

M12: Στα αέρια κινούνται ελεύθερα, υπάρχει αρκετός κενός χώρος χωρίς ανάμεσα να μπορούν να συμπιεστούν.

Δ: Γιατί τα αέρια δεν συμπιέζονται μέχρι τέρμα;

M12: Νομίζω ότι έχουν έρθει κοντά αλλά επειδή έχουν αρκετό χώρο δεν σπρακατσώνονται.

Δ: Σχεδιάστε αυτό που λέτε. Νερό στη σύριγγα και αέρας στη σύριγγα.

(Βάζουν μόρια κοντά και λένε είναι υγρό).

M7: Είναι κοντά και γλιστρούν. Αν δεν ήταν κοντά θα συμπιέζονταν.

Δ: Όταν λες συμπιέζονται τα μόρια, τι εννοείς;

M7: Δεν εννοώ να πατιούνται.

M12: Αλλά μειώνεται ο κενός χώρος μεταξύ τους. Στα αέρια έβαλα 4 μόρια μετά όμως...

M7: (Διακόπτει) πιο κοντά τα 4 μόρια. Δεν μικραίνουν αλλά πρέπει να τα βάλουμε κοντά.

M12: Ελαττώνεται το κενό.



5.4.2. Ανάλυση των συζητήσεων στις ομάδες ως προς τη στρατηγική λύσης προβλήματος

Χαρακτηριστικό όλων των συνεντεύξεων είναι ότι η διατύπωση εναλλακτικών αντιλήψεων και η εξέτασή τους με βάση τις ιδιότητες των μορίων οδηγούσε σε αποδεκτές προτάσεις. Ωστόσο, επειδή οι προτάσεις σε αυτή την ενότητα δεν συζητήθηκαν ιδιαίτερα, καθώς φαινόταν για τους μαθητές εύκολες, δεν οδήγησαν σε αποδεκτές απαντήσεις όλα τα μέλη των ομάδων.

1. Στο παρακάτω απόσπασμα από συζήτηση στην ομάδα 2 (M4, M5, M6) για την συμπίεση υγρού και αερίου φαίνεται ότι οι μαθήτριες M4 και M5 δεν έχουν κατανοήσει τις ιδιότητες της ύλης, αν και η M6 χρησιμοποιούσε μόρια. Αρχικά οι M4, M5 έδωσαν εναλλακτικές απαντήσεις και μόνο η M6 χρησιμοποίησε μόρια

Κλείνουμε τον αέρα και το υγρό δεν μπορεί να βγει (M4 τεστA)

Τα μόρια κλείστηκαν μέσα στη σύριγγα, γιατί εμείς κλείσαμε τον αέρα και τα μόρια δεν μπορούν να συμπιεστούν (M4 τεστB).

Τα υγρά δεν συμπιέζονται, γιατί έχουν πιάσει τον χώρο (M5 τεστA).

Το υγρό δεν συμπιέζεται, γιατί τα μόρια δεν έχουν που να πάνε (M5 τεστB).

Τα μόρια στα υγρά γλιστρούν και δεν μπορούν να έρθουν πιο κοντά, να συμπιεστούν (M6 τεστA).

Τα μόρια δεν συμπιέζονται (σχεδιάζει μόρια πιο κοντά) (M6 τεστB).

Στη διάρκεια της συζήτησης η μαθήτρια M6, αφού δείχνει καθαρά ότι με τη λέξη συμπίεση εννοεί την ελάττωση της απόστασης μεταξύ των μορίων, παριστάνει στις συμμαθήτριές της την συμπίεση του υγρού και αερίου σύμφωνα με τα κιναισθητικό μοντέλο. Παρ' όλα αυτά δεν φαίνεται να πείθει τις συμμαθήτριές της που μετά τη συζήτηση εξακολουθούν να διατηρούν εναλλακτικές απόψεις, παρόμοιες με αυτές στο pre test

M6: Στο υγρό τα μόρια δεν συμπιέζονται.

M4: Κλείσαμε με το χέρι και δεν μπορούν να φύγουν τα μόρια

[Σύριγγα με αέριο]

M6: Τα μόρια του αερίου κινούνται σε διάφορες κατευθύνσεις και ελεύθερα. Όταν τα περιορίζουμε μαζεύονται κοντά.

M4: Δεν μαζεύονται μέχρι τέρμα γιατί τα μόρια είναι κοντά και δεν μπορούν να έρθουν πιο κοντά. Τα μόρια στριμώχονται.

M5: Στα υγρά τα υγρά παίρνουν το σχήμα της σύριγγας και δεν αλλάζει, μένει εκεί.

M6: Επειδή τα μόρια του αέρα κινούνται μακριά και μπορείς να τα φέρεις κοντά ενώ του υγρού είναι κοντά και δεν μπορούν να έρθουν πιο κοντά. Ελάτε να σας δείξω. Παριστάνει τα υγρά και τα αέρια, όπως στο κιναισθητικό μοντέλο.

2. Στο παρακάτω απόσπασμα τριών αγοριών στην ομάδα 4 φαίνεται η μικρή συμμετοχή του μαθητή M13 και η σχεδόν άκριτη αποδοχή της (σωστής) άποψης του M12.

Αρχικά ο M12 είχε δώσει αποδεκτές απαντήσεις.

Τα μόρια στα στερεά δεν αλλάζουν θέση ενώ του υγρού αλλάζουν θέση και γλιστρούν το ένα με το άλλο (M12 τεστA).

Τα μόρια στα στερεά δεν αλλάζουν ενώ του υγρού αλλάζουν θέση και γλιστρούν μεταξύ τους έτσι μπορούν να πάρουν το σχήμα του δοχείου τους (M12 τεστB).

Οι άλλοι δυο μαθητές έδωσαν εναλλακτικές απαντήσεις στο τεστ A ενώ στο B ο μαθητής M12 έδωσε αποδεκτή απάντηση με μόρια.

Τα στερεά είναι σκληρά και δεν μπορούν να αλλάξουν ενώ το υγρό δεν είναι σκληρό και μπορεί να αλλάξει σχήμα (M13 τεστA),

Τα μόρια στα στερεά είναι κοντά ενώ στα υγρά τα μόρια είναι ελεύθερα (M13 τεστB).

τα υγρά δεν μπορούν να σταθούν χωρίς το δοχείο γιατί θα χυθούν (M7 τεστA).

Στα στερεά τα μόρια απλώς δονούνται ενώ στα υγρά τα μόρια γλιστράνε και παίρνουν το σχήμα του δοχείου (M7 τεστB).

Στη συζήτηση ο M12, που γενικά έδινε αποδεκτές απαντήσεις, φαινόταν σίγουρος για την κίνηση και θέση των σωματιδίων.

M13: Τα στερεά είναι σκληρά και δεν αλλάζουν ενώ τα ρευστά απλώνονται.



M7: Τα μόρια το εξηγούν. Τα μόρια στα υγρά κινούνται ελεύθερα... ξέρω εγώ;... γλιστράνε ενώ στα στερεά δονούνται.

M12: Ναι, δηλαδή τα μόρια στα στερεά δονούνται και έτσι δεν αλλάζει το σχήμα στα στερεά, ενώ στα υγρά γλιστρούν και έτσι παίρνει το σχήμα του δοχείου.

Δ: Σχεδιάστε μια ποσότητα νερό.

(Ο M12 βάζει μόρια κοντά και λέει αυτό είναι το νερό).

M7: Όχι, δεν είμαι σίγουρος... Μάλλον ναι.

M12: Έτσι είναι, τα μόρια είναι το νερό και εκεί που δεν έχω τίποτε έχει κενό.

Μετά τη συζήτηση στο τεστ Α, ο M13 διατύπωσε πάλι εναλλακτική απάντηση “τα στερεά είναι σκληρά και δεν αλλάζει ενώ στα υγρά αλλάζουν γιατί δεν είναι σκληρά” ενώ οι M12 και M7 έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις

Τα μόρια στα στερεά μόνο δονούνται και στα υγρά γλιστρούν το ένα μετά το άλλο και έχουν περισσότερο χώρο (M7).

Τα μόρια στα υγρά γλιστρούν αναμεταξύ τους και παίρνουν το σχήμα του δοχείου τους τα υγρά ενώ στο τεστ Β έδωσε πιο επεξεργασμένη απάντηση (M12).

3. Κάποια άλλη παρατήρηση αφορά την αυθόρμητη χρήση των μορίων στην ερμηνεία των σχετικών φαινομένων. Σε αρκετές ερωτήσεις οι μαθητές αρχίζουν με μακροσκοπική περιγραφή και ακολουθεί η ερμηνεία με μόρια.

Ερμηνεία σχήματος στερεών και υγρών

Ομάδα 3.

M2: Αλλάζει το σχήμα στα υγρά αλλά όχι ο όγκος ενώ στα στερεά δεν αλλάζει ο όγκος και το σχήμα.

M11: Τα υγρά αλλάζουν σχήμα τα στερεά όχι.

Δ: Αρχίστε από τα στερεά.

M9: Εγώ λέω ότι τα στερεά έχουν συγκεκριμένο σχήμα και όγκο γιατί τα μόρια έχουν συγκεκριμένη θέση.

M2: Έχουν πράγματι τα μόρια συγκεκριμένη θέση, δεν αλλάζουν αυτό που κάνουν είναι να δονούνται και έτσι το σχήμα τους είναι συγκεκριμένο.

Ομάδα 4.

M13: Τα στερεά είναι σκληρά και δεν αλλάζουν ενώ τα ρευστά απλώνονται.

M7: Τα μόρια το εξηγούν. Τα μόρια στα υγρά κινούνται ελεύθερα... ξέρω εγώ;... γλιστράνε ενώ στα στερεά δονούνται.

Ερμηνεία συμπίεσης

Ομάδα 1.

M8: Δεν περνάει αέρας και δεν συμπιέζεται.

M10: Δεν υπάρχει αέρας για να συμπιεστεί. Το νερό έχει πάρει το σχήμα του δοχείου γι' αυτό δεν αφήνει χώρο να συμπιεστεί.

Δ: Κάντε ένα σχήμα για να το δείξετε.

M10: Τα μόρια υπάρχουν παντού και δεν μπορούν να έρθουν πιο κοντά.

Ομάδα 4.

M7: Ναι, κλείνει το στόμιο, γι' αυτό γίνεται.

M12: Ναι, εντάξει το κλείνουμε για να μη φύγει. Δεν οφείλεται σε αυτό. Τα μόρια δεν συμπιέζονται. Στα υγρά γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο.

5.5. Συμπεράσματα στην ενότητα Ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων

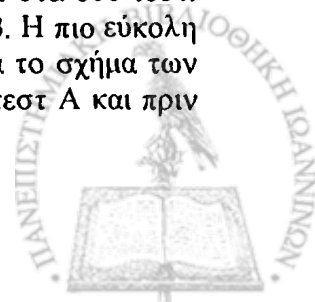
Οι μαθητές της ομάδας Ε, που δεν διδάχθηκαν κανένα σωματιδιακό μοντέλο, ερμηνεύουν τις ιδιότητες των στερεών, υγρών και αερίων με εναλλακτικό μακροσκοπικό τρόπο σε ποσοστό 70,5%. Ένα μεγάλο ποσοστό 28,8% μαθητών της Ε δίνει απαντήσεις μη κατανόησης από τις οποίες το 26,1% είναι ταυτολογίες. Οι μαθητές θεωρούν τα στερεά άκαμπτα και ψυχρά ή ως στερεά σχήματα στο χώρο που μπορούν να τα κρατούν. Η ικανότητα των υγρών να ρέουν, να απλώνονται, θεωρείται βασική ιδιότητα των υγρών και κύριο κριτήριο για τη διάκριση στερεών και υγρών. Για να ερμηνεύσουν ότι τα στερεά έχουν ορισμένο σχήμα και τα υγρά όχι, οι μαθητές της Ε λένε ότι “τα υγρά ρέουν ενώ τα στερεά όχι” ή ότι “τα στερεά έχουν όγκο και τα υγρά δεν έχουν”. Ανάλογα αποτελέσματα αναφέρονται στη σχετική βιβλιογραφία (Mortimer 1993, Kmel 2003, Jones 1984,

Lee et al. 1993). Σε όλες τις απαντήσεις της Ε τα υγρά παρουσιάζονται ως συνεχή και δεν συμπιέζονται επειδή δεν περιέχουν αέρα ή επειδή έχουν βάρος, κάτι που φαίνεται να συγχέουν με τον όγκο. Βασισμένη σε αισθητηριακά χαρακτηριστικά είναι η άποψη ότι η συμπίεση εμποδίζεται από το χέρι. Ο αέρας θεωρείται ως ένα αραιό, ελαφρύ ή αόρατο συνεχές από το 42,4% των μαθητών της ομάδας Ε. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και σε άλλες έρευνες (Sere 1986, Kircher 1981, Novick & Nussbaum 1978, Krieml 1994a, Benson 1993). Αφού τα αέρια θεωρούνται συνεχή εξηγείται γιατί μετακινούνται όταν πιέζονται (ποσοστό 40,7%). Λένε λοιπόν ότι ο αέρας απλώνεται και μαζεύεται στο στόμιο μιας σύριγγας γιατί δεν έχει σχήμα, μορφή ή όγκο, είναι αραιός και γίνεται πυκνός (ή τα υλικά του), είναι μαλακός ή έχει ελάχιστη βαρύτητα. Ο αέρας επίσης συμπιέζεται επειδή θεωρείται άυλος, δεν πιάνει χώρο, πάει παντού, εξατμίζεται, φεύγει χωρίς να το καταλάβουμε και γι' αυτό συμπιέζεται (ποσοστό 20,3%). Ο αέρας μπορεί να συμπιέζεται από μια πιέζουσα δύναμη, δίνοντας έτσι πρωταρχικό ρόλο στον παράγοντα δύναμη. Όσον αφορά τη συμπίεση μέχρι τέρμα ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητών (50,9%) θεωρεί τον αέρα ως συνεχές αραιό, ελαφρύ και αόρατο το οποίο μπορεί να μαζευτεί στον άκρο της σύριγγας και να φυλακιστεί εκεί ή μπορεί να συμπιεστεί και να αυξηθεί η πυκνότητά του. Οι μαθητές που επιλέγουν να θεωρήσουν τον αέρα άυλο χωρίς όγκο και βάρος θεωρούν ότι ασκείται δύναμη από το χέρι που εμποδίζει τη διαφυγή του. Παρόμοια 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 και ότι τα αέρια κινούνται όταν συμπιεστούν ή εκταθούν από το ένα μέρος στο άλλο και μοιράζονται ακανόνιστα.

Οι μαθητές του Π1, που διδάχθηκαν τη σειρά μαθημάτων, δίνουν πλήρεις (33,3% στο τεστ Α και 47,4% στο τεστ Β) και μερικώς αποδεκτές μακροσκοπικές απαντήσεις (42,8% στο τεστ Α και 46,0% στο τεστ Β). Αν και οι μαθητές της Π1 διδάχθηκαν την ερώτηση 1 για το σχήμα στερεών και υγρών, έχουν καλύτερη επίδοση στην 2 και στη 4 που σχετίζονται με το σχήμα και την συμπίεση αερίου. Στις ερωτήσεις αυτές οι μαθητές δίνουν υψηλό ποσοστό πλήρων απαντήσεων. Στην ερώτηση για το σχήμα των στερεών και υγρών στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 86,0% (πλήρεις 28,1%). Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 98,2% (40,3% πλήρεις). Η δυσκολότερη ερώτηση ήταν η 3 που αφορά την συμπίεση υγρού. Στην ερώτηση για τη συμπίεση υγρού σημειώθηκαν οι περισσότερες εναλλακτικές συνεχείς απαντήσεις (σε ποσοστό 19,3%). Στις απαντήσεις αυτές το υγρό δεν συμπιέζεται γιατί θεωρείται συνεχές, δεν υπάρχει αέρας, εμποδίζεται, έχει μέσα αέρα. Οι μαθητές σπάνια δίνουν πλήρεις απαντήσεις καθώς δεν αναφέρονται στους δεσμούς μεταξύ των μορίων υγρού. Στην ερώτηση για τη συμπίεση αερίου μέχρι τέρμα μεγάλο ποσοστό μαθητών δίνει αποδεκτές απαντήσεις, ωστόσο οι πλήρεις απαντήσεις είναι ελάχιστες. Οι μαθητές δεν κάνουν αναφορά στις πιέσεις που ασκούν τα μόρια, κάτι που φάνηκε και στην ενότητα της διαστολής στην ερώτηση για τη συστολή αερίου που βρίσκεται σε ένα μπαλόνι. Οι μαθητές δίνουν περισσότερες αποδεκτές απαντήσεις όταν απαντούν σε σωματιδιακό πλαίσιο παρά σε καθημερινό.

Οι μαθητές της Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3) (ομάδα Π2(διδ)), που διδάχθηκαν την ενότητα, δεν διαφοροποιήθηκαν από την Π1.

Οι μαθητές της Π2(συζ), που δεν είχαν διδαχθεί την ενότητα, σημείωσαν χαμηλές επιδόσεις δίνοντας στο τεστ Α πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 10% και στο τεστ Β σε ποσοστό 25,7% και εν μέρει αποδεκτές στο τεστ Α σε ποσοστό 21,4% και στο τεστ Β σε ποσοστό 42,9%. Στο τεστ Β η ερμηνεία με μόρια του σχήματος αερίων δεν δημιουργεί δυσκολίες καθώς δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε υψηλό ποσοστό 78,6% (64,3% πλήρεις). Στην ερώτηση για τη συμπίεση αερίου στο τεστ Β ένα ποσοστό 57,1% δίνουν αποδεκτές απαντήσεις. Μετά τη συζήτηση οι επιδόσεις της Π2(συζ) βελτιώθηκαν και σημειώθηκαν στο τεστ Α πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 33,3% και στο τεστ Β σε ποσοστό 46,7% και εν μέρει αποδεκτές στο τεστ Α σε ποσοστό 50% και στα δυο τεστ. Μετά τη συζήτηση η Π2(συζ) βελτιώνει τις επιδόσεις και στο τεστ Α και στο τεστ Β. Η πιο εύκολη ερώτηση αναδεικνύεται η 4 για τη συμπίεση αερίων ακολουθούμενη από την 2 για το σχήμα των αερίων και η πιο δύσκολη η 3. Οι απαντήσεις στο τεστ Β είναι καλύτερες από το τεστ Α και πριν και μετά τη συζήτηση.



Η συζήτηση στις ομάδες έκανε τους μαθητές του Π2(συζ) να βελτιώσουν τις απαντήσεις κυρίως στο μακροσκοπικό επίπεδο. Στο σύνολο της ενότητας μετά τη συζήτηση βελτιώθηκαν το 56,7% των απαντήσεων στο τεστ Α και το 35,0% στο τεστ Β. Διατηρήθηκαν πριν και μετά τη συζήτηση το 40% των απαντήσεων στο τεστ Α και το 65,0% στο τεστ Β.

Όσον αφορά τις εναλλακτικές απαντήσεις, η ομάδα Π1 δίνει στο τεστ Α μακροσκοπικές εναλλακτικές σε ποσοστό 11,6% και μικροσκοπικές σε ποσοστό 5,6% ενώ στο τεστ Β απαντήσεις μικροσκοπικές σε ποσοστό 2,5%. Αντίθετα το Π2(συζ) πριν τη συζήτηση δίνει στο τεστ Α συνεχείς μακροσκοπικές εναλλακτικές σε ποσοστό 47,5% και μικροσκοπικές 7,1% (κυρίως μοντέλο Α σε ποσοστό 4,3%) ενώ στο τεστ Β μικροσκοπικές σε ποσοστό 27,1% (11,4% μοντέλο Α, 8,6% μοντέλο Β, 7,1% αταξινόμητες). Ένα ποσοστό 15,7% στο τεστ Α πριν τη συζήτηση δίνει μηδενικές απαντήσεις (10% ταυτολογίες). Μετά τη συζήτηση στις ομάδες οι εναλλακτικές είναι ελάχιστες. Οι μαθητές κατανόησαν τη σωματιδιακή σύσταση και η ανυπαρξία μοντέλου Α μας δείχνει ότι κατανόησαν ότι τα μόρια δεν είναι μέσα στα υλικά αλλά δομούν τα υλικά. Η κατανόηση αυτή ενισχύθηκε και από τη συζήτηση της διαστολής αερίων στις ομάδες, που παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο. Συζητώντας για τη διαστολή αναφέρθηκαν πάλι σε έννοιες όπως ο όγκος και συζήτησαν την αύξηση του όγκου με την κίνηση των σωματιδίων.

Οι μαθητές των πειραματικών ομάδων κατανοούν ότι τα στερεά, υγρά και αέρια διαφέρουν στις μακροσκοπικές ιδιότητες αλλά και στην διάταξη και κίνηση των μορίων τους. Ωστόσο απαιτείται κατά τη διδασκαλία να δοθεί έμφαση τις πιέσεις που ασκούν τα αέρια στα τοιχώματα των δοχείων που τα περιέχουν.

Από τις συζητήσεις στις ομάδες του Π2(συζ) προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Η ερώτηση για το σχήμα στερεών - υγρών ήταν εύκολη καθώς οι μαθητές χρησιμοποιούσαν την κίνηση και απόσταση των σωματιδίων. Στη συζήτηση για το σχήμα έγινε αναφορά και στους δεσμούς μεταξύ των μορίων αλλά και στον κενό χώρο και αυτό οδήγησε τους μαθητές στο τεστ μετά τη συζήτηση να δώσουν πλήρεις απαντήσεις. Σε όλες τις ομάδες η συζήτηση για το σχήμα αερίου δεν συζητήθηκε εκτενώς καθώς οι μαθητές αμέσως συμφώνησαν ότι τα μόρια κινούνται ελεύθερα και το σχήμα δεν είναι ορισμένο. Η συμπύεση υγρού σχετίστηκε με την παρουσία αέρα σε δυο ομάδες. Η εξήγηση με μόρια ωστόσο οδήγησε τους μαθητές σε αποδεκτή λύση. Η συμπύεση αερίων εξηγείται στις ομάδες με ελάττωση του κενού χώρου μεταξύ των μορίων.

Χαρακτηριστικό όλων των συνεντεύξεων είναι ότι η διατύπωση εναλλακτικών αντιλήψεων και η εξέτασή τους με βάση τις ιδιότητες των μορίων οδήγούσε σε αποδεκτές προτάσεις. Ωστόσο, επειδή οι προτάσεις σε αυτή την ενότητα δεν συζητήθηκαν ιδιαίτερα καθώς φαινόταν για τους μαθητές εύκολες, δεν οδήγησαν σε αποδεκτές απαντήσεις όλα τα μέλη των ομάδων.

Ένα άλλο συμπέρασμα αφορά την αυθόρμητη χρήση των μορίων στην ερμηνεία των φαινομένων. Σε αρκετές ερωτήσεις οι μαθητές αρχίζουν με μακροσκοπική περιγραφή και ακολουθεί η ερμηνεία με μόρια. Η συζήτηση για τις ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων συνεχίστηκε και στην ενότητα της διαστολής.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Θερμική διαστολή και συστολή

Σε μακροσκοπικό επίπεδο οι μαθητές είχαν διδαχθεί ότι τα σώματα όταν θερμανθούν, αυξάνουν τον όγκο τους, δηλαδή διαστέλλονται. Στη σειρά μαθημάτων για την εισαγωγή του σωματιδιακού μοντέλου οι μαθητές της Π1 και Π2(διδ) διδάχθηκαν ότι προσθέτοντας θερμότητα σε μια ουσία μεγαλώνει η απόσταση των σωματιδίων και τα σωματίδια κινούνται γρηγορότερα. Ως αποτέλεσμα η ουσία διαστέλλεται. Τα σωματίδια όμως της ουσίας παραμένουν αμετάβλητα. Οι ερωτήσεις της ενότητας αφορούσαν: 1. Διαστολή στερεού (εξήγηση), 2. Διαστολή υγρού (πρόβλεψη), 3. Διαστολή και συστολή αερίου (πρόβλεψη) (ερωτήσεις 8,9,10 στο τεστ Α και 12,13,14,15 στο τεστ Β, Παράρτημα Π2.2, Π2.3). Από την πειραματική ομάδα Π2 τη θερμική διαστολή διδάχθηκαν οι μαθητές του Π2(Σχ3) (Π2(διδ)) και οι απαντήσεις τους παρουσιάζονται μαζί με την Π1. Οι μαθητές του Π2(Σχ1) και Π2(Σχ2) δεν διδάχθηκαν την ενότητα και αποτέλεσαν την ομάδα Π2(συζ).

6.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων ανά ερώτηση και ομάδα -Σχολιασμός

6.1.1. Διαστολή στερεού

Οι μαθητές πρέπει να κατανοήσουν ότι οι ουσίες διαστέλλονται όταν θερμανθούν και συστέλλονται όταν ψυχθούν. Αυτό συμβαίνει γιατί όταν μια ουσία θερμανθεί, τα μόρια κινούνται γρηγορότερα, αναπηδούν μακριά και απομακρύνονται κάνοντας την ουσία να διασταλεί. Αντίθετα, όταν οι ουσίες ψυχθούν, τα μόρια έρχονται κοντά και οι ουσίες συστέλλονται.

Οι τύποι και οι συχνότητες απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.1.1.1 και 6.1.1.2.

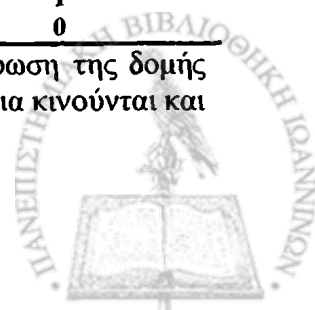
Πίνακας 6.1.1.1.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών Ε, Π1 και Π2(διδ) σχετικά με τη θερμική διαστολή στερεού

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	Ε testA (N=59)	Π1 testA (N=57)	Π1 testB (N=57)	Π2(διδ) testA (N=24)	Π2(διδ) testB (N=24)
Ερμηνεία θερμικής διαστολής στερεού					
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία αποδεκτής απάντησης	1	46	51	18	18
Πλήρεις μικροσκοπικές	1	23	27	8	9
Εν μέρει μικροσκοπικές		23	24	10	9
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	31	2			
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	4	4	5	5	6
Όχι απάντηση/κυκλική απάντηση	23	5	1	1	

Πίνακας 6.1.1.2.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών των ομάδων Π2(συζ) σχετικά με τη διαστολή στερεού

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ			
	Π2(συζ) preA(N=30)	Π2(συζ) preB(N=30)	Π2(συζ) postA(N=27)	Π2(συζ) postB(N=27)
Ερμηνεία θερμικής διαστολής στερεού				
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	8	17	23	26
Πλήρεις μικροσκοπικές	3	3	8	8
Εν μέρει μικροσκοπικές	5	14	15	18
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	12		2	0
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	4	10	1	1
Όχι απάντηση/κυκλική απάντηση	6	3	1	0

Ως πλήρεις απαντήσεις ταξινομήθηκαν αυτές που αναφέρονται στη χαλάρωση της δομής και την αύξηση όγκου ενώ ως εν μέρει απαντήσεις αυτές που αναφέρουν ότι τα μόρια κινούνται και



απομακρύνονται. Για την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων λάβαμε υπόψη και τις απαντήσεις στην ερώτηση για τη διατήρηση μάζας.

Ομάδα ελέγχου (E)

Μεγάλο ποσοστό μαθητών δίνει κυκλική απάντηση (39,0%). Οι μαθητές δικαιολογούν τη διαστολή λέγοντας ότι "έτσι συμβαίνει, όταν τα σώματα θερμανθούν αυξάνει ο όγκος". Η άποψη αυτή είναι αποδοχή της μακροσκοπικής περιγραφής που διδάχθηκαν στα μαθήματα ως εξήγηση και προέρχεται από τη διαισθητική αντίληψη ότι η θέρμανση αυξάνει τον όγκο. Η πλειονότητα των μαθητών (ποσοστό 52,5%) της E δίνει εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις. Μεγάλη απήχηση μεταξύ των εναλλακτικών έχει η άποψη ότι μπαίνει θερμότητα και φουσκώνει ή μπαίνει ενέργεια και κάνει το μπαλόνι πιο μεγάλο (33,9%) ή τα συστατικά αραιώνουν γιατί μπαίνει θερμότητα (3,4%). Η θερμότητα φαντάζει ως μια οντότητα, η οποία έχει τις ιδιότητες μιας υλικής ουσίας. Παρόμοια αναφέρουν και Engel Clough & Driver (1985). Άλλοι μαθητές θεωρούν ότι η μπάλα λιώνει, έστω και λίγο και αυξάνει ο όγκος της ή ότι κολλάει στον δακτύλιο (10,2%). Σε μικρότερα ποσοστά η διαστολή αποδίδεται στον αέρα. Η ουσία περιέχει αέρα και αυτός ζεσταίνεται και απλώνεται ή μπαίνει αέρας (5,1%). Μια άλλη άποψη (6,8%) σχετίζεται με την διαστολή των μορίων. Η μπάλα δεν περνά από τον δακτύλιο επειδή τα μόρια διαστέλλονται και γίνεται μεγαλύτερη. Το ποσοστό αυτό είναι το ψηλότερο που σημειώθηκε σε μικροσκοπικό επίπεδο στην ομάδα E.

Παίρνει ενέργεια και διαστέλλεται ενώ όταν ζεσταίνεται βαραίνει γιατί παίρνει ενέργεια και αυξάνει ο όγκος (E-45).

Διαστέλλεται με θέρμανση, λιώνει και δεν περνά με συστολή, με ψύξη επανέρχεται (E-38).

Παίρνει το υλικό υγρή μορφή έστω και ελάχιστα και μεγαλώνει (E-52).

Λιώνει λίγο και πλαταίνει (E-58).

Τα συστατικά αραιώνουν μεταξύ τους, αυξάνεται το βάρος γιατί αυξάνει ο όγκος (E-43).

Γίνεται βαριά όταν ζεσταίνεται γιατί φεύγει ο αέρας από το υλικό και μένει το βαρύ (E-40).

Μεγαλώνει ο όγκος, όταν ζεσταίνεται το βάρος μεγαλώνει γιατί παίρνει αέρα (E-18).

Αυξάνει ο όγκος ενώ το βάρος αυξάνει όπως όταν ζεσταίνουμε δεν είμαστε μαζεμένοι (E-37).

Τα μόρια θερμαίνονται και μεγαλώνουν το βάρος αυξάνει γιατί ο όγκος μεγαλώνει (E-49).

Μια μαθήτρια αναφέρθηκε στη χαλάρωση της δομής των ατόμων (1,69%)

Η δομή των ατόμων χαλαρώνει και ο όγκος αυξάνει ενώ το βάρος μένει ίδιο (E-44).

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Οι αποδεκτές απαντήσεις στο τεστ Α ανέρχονται σε ποσοστό 80,8% (40,4% πλήρεις και 40,4% εν μέρει μικροσκοπικές). Οι εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις (5,3%) αφορούν το φούσκωμα λόγω ενέργειας. Οι μικροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 7,1% αφορούν τη διαστολή μορίων και τη διαστολή της σφαίρας επειδή τα μόρια κινούνται και σπρώχνουν τη σφαίρα. Ένα ποσοστό 8,8% δίνει κυκλικές απαντήσεις. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι περισσότερες από το τεστ Α και φτάνουν το 89,5% (47,4% πλήρεις και 42,1% εν μέρει). Οι μικροσκοπικές απαντήσεις (8,8%) αφορούν την κίνηση μορίων σε μια σφαίρα που διαστέλλεται ή τη διαστολή μορίων ή την εισαγωγή μορίων θερμότητας.

Πλήρεις απαντήσεις

Όταν ζεστάνω της σφαίρα τα μόρια κινούνται γρηγορότερα, απομακρύνονται και μεγαλώνει ο όγκος, όταν είναι κρύα κάνουν τη συνηθισμένη δόνηση (Π1-26).

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις

Τα μόρια κινούνται γρηγορότερα και απομακρύνονται (Π1-49).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Μπαίνει θερμότητα και φουσκώνει (Π1-14).

Όταν ζεσταίνεται τα σωματίδια διαστέλλονται και δεν περνάνε από την τρύπα ενώ όταν κρύνει διαστέλλονται (Π1-52).

Τα μόρια, όταν ζεσταίνονται, κινούνται πιο γρήγορα και πιέζουν τη σφαίρα και έτσι μεγαλώνει (Π1-57).

Μπαίνουν μόρια θερμότητας (Π1-14).



Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ3))

Ανάλογες απαντήσεις με την Π1 δίνει και το τμήμα Π2(Σχ3), που διδάχθηκε την ενότητα της διαστολής. Οι αποδεκτές απαντήσεις στο τεστ Α φτάνουν το 75% (33,3% πλήρεις και 41,7% εν μέρει). Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές σε ποσοστό 20,8% αφορούν τη διαστολή μορίων, την κίνηση μέσα σε μια σφαίρα που διαστέλλεται. Στο τεστ Β οι πλήρεις απαντήσεις είναι το 37,5% και οι εν μέρει αποδεκτές το 37,5%. Οι εναλλακτικές σε ποσοστό 25% αφορούν τη διαστολή μορίων ή την απομάκρυνσή τους σε μια σφαίρα που διαστέλλεται.

Π2(συζ) (Π2(Σχ1), Π2(Σχ2))

Πριν τη συζήτηση στο τεστ Α οι μαθητές έδωσαν πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 10% και εν μέρει αποδεκτές σε ποσοστό 16,7%. Οι μακροσκοπικές εναλλακτικές απαντήσεις, όπως μπαίνει ενέργεια και φουσκώνει, φτάνουν το 40%. Οι μικροσκοπικές εναλλακτικές (13,3%) αφορούν τη διαστολή μορίων (10%) ή την κίνηση σε μια σφαίρα που διαστέλλεται. Στο τεστ Β ένα ποσοστό 56,7% δίνουν αποδεκτές απαντήσεις (10% πλήρεις, 46,7% εν μέρει). Οι εναλλακτικές σε μικροσκοπικό επίπεδο (ποσοστό 33,3%) αφορούν τη διαστολή μορίων (23,3%), την απομάκρυνση των μορίων λόγω διαστολής της σφαίρας και τα μόρια μαζεύονται καθώς πιέζονται από το μέταλλο που διαστέλλεται.

Μετά την συζήτηση στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις είναι σε ποσοστό 85,2% (πλήρεις 29,6% και εν μέρει 55,6%). Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι 29,6% πλήρεις και 66,7% εν μέρει).

6.1.2. Διαστολή υγρών

Ως πλήρεις ταξινομήθηκαν απαντήσεις που αναφέρουν ότι τα μόρια κινούνται πιο έντονα, απομακρύνονται και αυξάνει ο όγκος (χωρίς να αλλάξει η δομή), ως εν μέρει μικροσκοπικές αυτές που αναφέρονται στην κίνηση και απομάκρυνση μορίων ενώ ως εν μέρει μακροσκοπικές όσες αναφέρονται στη διαστολή του υδραργύρου. Οι συχνότητες ανά τύπο απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.1.2.1 και 6.1.2.2.

Πίνακας 6.1.2.1.: Κατανομή συχνότητων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών Ε και Π1 και Π2(διδ) σχετικά με τη διαστολή υγρών

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	ΕtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ) testA(N=24)	Π2(διδ) testB(N=24)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής	1	37	42	14	15
Πλήρεις μικροσκοπικές		14	16	4	7
Εν μέρει μικροσκοπικές		19	26	7	7
Εν μέρει μακροσκοπικές	1	4		3	1
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	56	13	1	7	2
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	2	7	12	3	7
Όχι απάντηση			2		



Πίνακας. 6.1.2.2.: Συχνότητα των τύπων των απαντήσεων των μαθητών της Π2(συζ) σχετικά με τη διαστολή υγρών

Τύποι απαντήσεων Ερμηνεία θερμικής διαστολής υγρών	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ			
	Π2(συζ) preA(N=14)	Π2(συζ) preB(N=14)	Π2(συζ) postA(N=12)	Π2(συζ) postB(N=12)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	4	8	19	23
Πλήρεις μικροσκοπικές	1	2	6	7
Εν μέρει μικροσκοπικές	3	6	13	16
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	23	1	3	0
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	2	21	5	4
Δεν απαντούν	1	0	0	0

Ομάδα ελέγχου (E)

Η πλειονότητα μαθητών δίνει εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο (94,9%). Μεγάλο ποσοστό μαθητών (42,4%) θεωρεί ότι η άνοδος της στάθμης του υδραργύρου είναι μια ιδιότητα των θερμομέτρων. Λένε λοιπόν ότι "το θερμοόμετρο έτσι είναι φτιαγμένο, θερμαίνεται και αυξάνει η θερμοκρασία". Ο Appleton 1985 αναφέρει ότι σχεδόν το ένα τρίτο από μαθητές ηλικίας 8 ως 11 ετών υπέθεσε ότι το θερμοόμετρο είναι "ευαίσθητο στη ζέση" ή ότι "είναι κατασκευασμένο ώστε να ανεβαίνει στην κατάλληλη τιμή". Αρκετοί μαθητές (25,4%) ισχυρίζονται ότι η θερμότητα ανεβάζει τα πράγματα προς τα πάνω, ότι τα ζεστά ανεβαίνουν. Αρκετοί μαθητές αναφέρουν ότι ο υδράργυρος διαστέλλεται όταν θερμανθεί και αυξάνει ο όγκος γιατί μπαίνει θερμότητα (18,6%). Η διαισθητική αντίληψη ότι η θερμότητα κάνει τα αντικείμενα να μεγαλώνουν (να διαστέλλονται) ίσως χρησιμοποιείται από τους μαθητές για να εξηγήσουν πώς ένα υγρό διαστέλλεται σε ένα σωλήνα. Αυτή η χρήση αναφέρεται και από Erickson (1977). Άλλες απαντήσεις θεωρούν ότι ο υδράργυρος λιώνει, εξατμίζεται, απλώνεται. Ένα ποσοστό 3,4% των μαθητών θεωρεί ότι τα μόρια διαστέλλονται.

Ανεβαίνει η θερμοκρασία γ' αυτό ανεβαίνει η στάθμη (E-38).

Έχει τέτοια συστατικά που, όταν θερμανθεί, ανεβαίνει (E-50).

Έχει ένα ειδικό πράγμα που, όταν ζεσταίνεται, ανεβαίνει και όταν κρυώνει κατεβαίνει (E-51).

Είναι φτιαγμένο να ανεβαίνει, όταν ζεσταθεί (E-56).

Όταν ζεσταίνεται, ανέβηκε η θερμοκρασία (E-59).

Η στάθμη του υδραργύρου εξαρτάται από τη θερμοκρασία υγρού (E-33).

Έχει τέτοια συστατικά που, όταν θερμανθεί, ανεβαίνει (E-15).

Όταν θερμαίνεται, ανεβαίνει το υγρό (E-57).

Λόγω ζέσης παίρνει ενέργεια και διαστέλλεται, οπότε ανεβαίνει (E-45).

Ο υδράργυρος είναι μαλακός και με την ζέση σαν να λιώνει (E-34).

Εξατμίζεται από τη ζέση (E-46).

Μόνο μια μαθήτρια αναφέρθηκε σε διαστολή υδραργύρου.

Ο υδράργυρος θερμαίνεται, διαστέλλεται, μεγαλώνει ο όγκος και ανεβαίνει στο σωληνάκι (E-44).

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Οι αποδεκτές απαντήσεις των μαθητών της Π1 στο τεστ Α ανέρχονται στο 64,9% (πλήρεις μικροσκοπικές 24,6%, εν μέρει μικροσκοπικές 33,3%, εν μέρει μακροσκοπικές 7,0%). Οι μακροσκοπικές εναλλακτικές σε ποσοστό 22,8% αφορούν την άνοδο στάθμης ως ιδιότητα θερμομέτρου (12,3%) και την άνοδο λόγω θέρμανσης (10,5%). Οι εναλλακτικές σε μικροσκοπικό επίπεδο (12,3%) αφορούν την κίνηση των μορίων προς τα πάνω λόγω θέρμανσης, την θέρμανση των μορίων που προκαλεί άνοδο της θερμοκρασίας και την διαστολή των μορίων. Στο μικροσκοπικό τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις της Π1 ανέρχονται στο 73,7% (πλήρεις μικροσκοπικές 28,1%, εν μέρει μικροσκοπικές 45,6%). Οι μακροσκοπικές εναλλακτικές αφορούν την εξάτμιση του υγρού. Οι εναλλακτικές σε μικροσκοπικό επίπεδο (21,1%) αφορούν την κίνηση των μορίων προς τα πάνω λόγω θέρμανσης (12,3%) αλλά και τη διαστολή των μορίων, την απομάκρυνση μορίων σε ένα υγρό που διαστέλλεται και την εισαγωγή μορίων θερμότητας.

Πλήρεις απαντήσεις

Το υγρό ζεσταίνεται και τα μόρια γλιστρούν περισσότερο και αυξάνει ο όγκος (Π1-48).

Τα μόρια γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο πιο γρήγορα κι μεγαλώνει ο χώρος έτσι ανεβαίνει η στάθμη (Π1-24).

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις

Τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα και πιάνουν μεγαλύτερη περιοχή (Π1-57).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Λόγω της θερμοκρασίας του ζεστού νερού ανεβαίνει, γιατί υπάρχει πολύ υψηλή θερμοκρασία ενώ στο κρύο νερό πολύ χαμηλή (Π1-38).

Το υγρό διαστάλθηκε και τα μόρια απομακρύνθηκαν (Π1-42).

Ανέβηκε από τον ατμό της θέρμανσης, τα μόρια αρχίζουν να δονούνται απομακρύνονται από την ζέση και ανεβαίνουν (Π1-53).

Τα μόρια νερού ζεσταίνουν τα μόρια του υδραργύρου και ανεβαίνουν (Π1-20).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ3))

Οι αποδεκτές απαντήσεις των μαθητών ανέρχονται στο 58,3% (πλήρεις μικροσκοπικές 16,7%, εν μέρει μικροσκοπικές 29,2%, εν μέρει μακροσκοπικές 12,5%). Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις των μαθητών ανέρχονται στο 62,5% (πλήρεις μικροσκοπικές 29,2%, εν μέρει μικροσκοπικές 29,2%, εν μέρει μακροσκοπικές 4,2%).

Π2(συζ) (Π2(Σχ1) και Π2(Σχ2))

Πριν τη συζήτηση οι αποδεκτές απαντήσεις στο τεστ Α είναι 14,8% (εν μέρει αποδεκτές 10%) ενώ στο τεστ Β είναι 26,7% (6,7% πλήρεις και 20% εν μέρει). Οι εναλλακτικές στο τεστ Α είναι κυρίως σε μακροσκοπικό επίπεδο (76,7%) και αφορούν την άνοδο των ζεστών προς τα πάνω (40%) την άνοδο του υδραργύρου ως ιδιότητα του θερμομέτρου (20%), την διαστολή λόγω εισόδου θερμότητας (10%), παίρνει αέρα όταν θερμαίνεται, λιώνει και απλώνεται. Οι μικροσκοπικές στο τεστ Β είναι το 70% και αναφέρουν κυρίως την κίνηση μορίων προς τα πάνω (40%), τη διαστολή μορίων (10%), την εξάτμιση των μορίων (10%) ή ότι τα μόρια του υγρού θερμαίνονται, κινούνται πιο γρήγορα και αναγκάζονται να ανεβεί το υγρό.

Μετά την συζήτηση οι αποδεκτές απαντήσεις φτάνουν στο τεστ Α το 70,4% (22,2% πλήρεις και 48,2% εν μέρει) ενώ στο τεστ Β το 85,2% (25,9% πλήρεις και 59,3% εν μέρει).

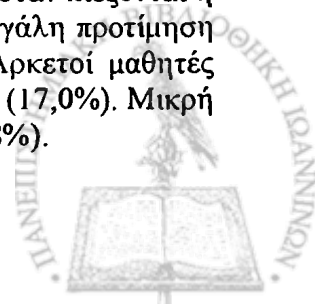
6.1.3. Διαστολή αερίων

Ως πλήρεις ταξινομήθηκαν απαντήσεις που αναφέρονταν στην αύξηση της κίνησης και της απόστασης και σε πιέσεις στα τοιχώματα. Ως εν μέρει μικροσκοπικές ταξινομήθηκαν αυτές που θεωρούσαν την αύξηση της κίνησης και απόστασης χωρίς αναφορά στις πιέσεις. Εν μέρει μακροσκοπική θεωρήθηκε μια απάντηση που αναφέρθηκε στη διαστολή αέρα.

Οι συχνότητες ανά τύπο απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.1.3.1 και 6.1.3.2.

Ομάδα ελέγχου (Ε)

Οι απαντήσεις των μαθητών είναι εναλλακτικές μακροσκοπικές σε ποσοστό 98,3%. Μεγάλο ποσοστό μαθητών ισχυρίζεται ότι ο αέρας είναι ζεστός και κινείται προς τα πάνω ή κάνει ρεύματα (49,2%). Η απάντηση αυτή είναι απόρροια της διαισθητικής άποψης ότι τα ζεστά είναι και πιο ελαφριά και της άποψης ότι τα αέρια είναι συνεχή και συνεπώς μετακινούνται όταν πιέζονται ή διαστέλλονται. Η άποψη αυτή σημειώθηκε και σε έρευνα των Kmet (1994a). Μεγάλη προτίμηση έχει η άποψη ότι η ενέργεια ή η θερμότητα φουσκώνει το μπαλόνι (25,4%) Αρκετοί μαθητές ισχυρίζονται ότι μπήκε μέσα ζεστός αέρας ή υδρατμός ή δημιουργήθηκε υδρατμός (17,0%). Μικρή προτίμηση έχει και η διαισθητική άποψη ότι το αέριο ζεστάθηκε και απλώθηκε (6,8%).



- Ενέργεια από το ζεστό νερό σπρώχνει τον αέρα προς τα πάνω (E-5).
 Ο θερμός αέρας διαστέλλεται, πάει επάνω και το μπαλόνι φουσκώνει (E-45).
 Το μπαλόνι παίρνει ενέργεια και φουσκώνει (E-4).
 Δημιουργήθηκε ζεστός αέρας στο μπουκάλι και πάει προς τα πάνω (E-46).
 Δημιουργείται υδρατμός που μπαίνει από έξω (E-51).
 Μπήκε ατμός από το νερό και ανέβηκε στο μπαλόνι (E-14).
 Εν μέρει αποδεκτή απάντηση δίνει μια μαθήτρια.
 Ο αέρας θερμαίνεται διαστέλλεται και γεμίζει το μπουκάλι (E-44).

Πίνακας 6.1.3.1.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών E και Π1 και Π2(διδ) σχετικά με τη θερμική διαστολή/συστολή αερίου

Τύποι απαντήσεων Ερμηνεία θερμικής διαστολής /συστολής αερίου	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ) testA(N=24)	Π2(διδ) testB(N=24)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	31	45	12	19	
Πλήρεις μικροσκοπικές		11		3	
Εν μέρει μικροσκοπικές		20	45	9	19
Εν μέρει μακροσκοπική	1				
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	58	15	2	7	1
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	9	9		5	4
Όχι απάντηση	2	1			

Πίνακας 6.1.3.2.: Συχνότητα των τύπων των απαντήσεων των μαθητών Π2(σχ1) και Π2(σχ2) σχετικά με τη διαστολή/συστολή αερίων

Τύποι απαντήσεων Ερμηνεία θερμικής διαστολής αερίων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ πριν και μετά τη συζήτηση			
	Π2(διδ) preA(N=14)	Π2(διδ) preB(N=14)	Π2(διδ) postA(N=12)	Π2(διδ) postB(N=12)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	4	8	26	22
Πλήρεις μικροσκοπικές	1		7	
Εν μέρει μικροσκοπικές	3	8	19	22
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	24	5	1	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	1	16		5
Δεν απαντούν	1	1		

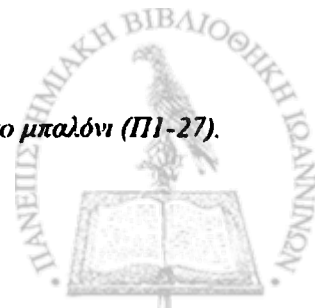
Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Στο τεστ Α οι μαθητές της Π1 δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 54,4% (19,3% πλήρεις και εν μέρει αποδεκτές 35,1%). Οι εναλλακτικές σε μακροσκοπικό επίπεδο (26,3%) αφορούν την κίνηση ζεστού αέρα ή την είσοδο αέρα ή υδρατμού από έξω. Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές (ποσοστό 15,8%) σχετίζονται με την κίνηση μορίων προς τα πάνω, την εξάτμιση ή την διαστολή των μορίων. Στο τεστ Β η ερώτηση που δόθηκε αφορούσε τη συστολή μπαλονιού που περιείχε αέρα. Η πλειονότητα των μαθητών της Π1 (ποσοστό 79,0%) απάντησε ότι το μπουκάλι θα μικρύνει γιατί τα μόρια χάνουν ενέργεια και έρχονται πιο κοντά χωρίς να κάνουν αναφορά στην πίεση που ασκούν τα μόρια στα τοιχώματα του δοχείου. Ένα ποσοστό 3,5% δίνουν μακροσκοπικές εναλλακτικές απαντήσεις. Έτσι θεωρούν ότι το μπαλόνι θα σπάσει από το κρύο. Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές είναι το 15,8%. Αυτές αναφέρουν: το μπαλόνι θα μικρύνει γιατί τα μόρια γίνονται στερεά ή συστέλλονται, το μπαλόνι θα μείνει αμετάβλητο είτε γιατί τα μόρια έρχονται κοντά, κινούνται λιγότερο, κρυώνουν. Άλλες θεωρούν ότι ο όγκος θα μεγαλώσει γιατί τα μόρια πιέζουν.

Πλήρεις απαντήσεις

Τα μόρια αέρα κινούνται και πιέζουν το μπαλόνι (Π1-26).

Τα μόρια αέρα κινούνται πιο γρήγορα αυξάνοντας έτσι την ταχύτητα και τεντώνουν το μπαλόνι (Π1-27).



Τα μόρια πάνε προς τα πάνω και προς όλες τις κατευθύνσεις, χτυπάνε το μπαλόνι και αυτό φουσκώνει (Π1-12).

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις

Τα μόρια κινούνται από τη θέρμανση προς όλες τις κατευθύνσεις και αυξάνει ο όγκος (Π1-5).

Ο όγκος του μπαλονιού θα μικρύνει λίγο, γιατί τα μόρια που υπάρχουν στο μπαλόνι θα κινούνται πιο αργά (Π1-55).

Τα μόρια κινούνται αργότερα και η απόστασή τους μικραίνει λίγο (Π1-41).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Το μπαλόνι θα σπάσει, γιατί κρύνει (Π1-22).

Το μπαλόνι θα μεγαλώσει γιατί το πιέζουν τα μόρια (Π1-46).

Το δ (το μπαλόνι θα μείνει αμετάβλητο) γιατί τα μόρια θα κινούνται με μικρότερη ταχύτητα (Π1-50).

Θα μείνει αμετάβλητο και τα μόρια θα κρύνουν (Π1-8).

Τα μόρια έρχονται κοντά και το μπαλόνι δεν μεταβάλλεται (Π1-28).

Θα μείνει αμετάβλητο, γιατί τα μόρια έρχονται κοντά αλλά είναι μέσα στον αέρα (Π1-20).

Το γ (θα μικρύνει) γιατί τα μόρια αερίου θα γίνουν μόρια στερεού (Π1-39).

Τα μόρια θα παγώσουν και το μπαλόνι θα μικρύνει (Π1-14).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ3))

Οι αποδεκτές απαντήσεις στο τεστ Α είναι το 50% των απαντήσεων (12,5% πλήρεις και 37,5% εν μέρει). Ένα ποσοστό 29,2% δίνει εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις (12,5% το ζεστό ανεβαίνει, 8,3% μπήκε υδρατμός, εξατμίζεται). Οι μικροσκοπικές εναλλακτικές σχετίζονται με την κίνηση των μορίων προς τα πάνω. Στο τεστ Β δίνουν εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 79,2%, εναλλακτικές μακροσκοπικές 4,2% (αναφέρουν ότι το μπαλόνι θα σπάσει) και μικροσκοπικές σε ποσοστό 16,7%. Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές αναφέρουν ότι το μπαλόνι θα σπάσει γιατί τα μόρια πιέζουν, το μπαλόνι θα μείνει αμετάβλητο, τα μόρια κινούνται λιγότερο, το μπαλόνι θα μικρύνει γιατί τα μόρια συστέλλονται ή τα μόρια έρχονται κοντά γιατί συστέλλεται το αέριο.

Π2(συζ) (Π2(Σχ1), Π2(Σχ2))

Οι εν μέρει απαντήσεις στο τεστ Α είναι το 10% ενώ οι πλήρεις το 3,3%. Οι εναλλακτικές σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι το 80% (Ο ζεστός αέρας πάει επάνω 36,7%, η ενέργεια φουσκώνει 20% μπαίνει αέρας απ' έξω, το ζεστό δίνει ενέργεια ή το υγρό εξατμίζεται). Στο τεστ Β οι εν μέρει απαντήσεις είναι το 26,7%. Οι εναλλακτικές μακροσκοπικές 16,7% σχετίζονται με το ότι το μπαλόνι θα σπάσει. Αναφέρουν ότι θα σπάσει από το κρύο όπως ένα μπουκάλι με νερό στη κατάψυξη. Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές (53,3%) σχετίζονται με τα παρακάτω: Ο όγκος θα μεγαλώσει / θα σπάσει γιατί τα μόρια πιέζουν, δεν αντέχουν (16,7%), το μπαλόνι θα μείνει αμετάβλητο (26,7%). Οι υπόλοιπες εναλλακτικές απαντήσεις αναφέρουν ότι το μπαλόνι μικραίνει γιατί τα μόρια συστέλλονται, εξαφανίζονται ή κινούνται λιγότερο, κρύνουν.

Μετά τη συζήτηση στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 96,3% (25,9% πλήρεις και 70,4% εν μέρει). Στο τεστ Β οι αποδεκτές είναι μόνο εν μέρει σωστές σε ποσοστό 81,5%. Οι εναλλακτικές σε ποσοστό 18,5% θεωρούν ότι το μπαλόνι θα μείνει αμετάβλητο ή θα μικρύνει γιατί τα μόρια κρύνουν.

Η ανάλυση των συνεντεύξεων έδειξε ότι αυτή η εναλλακτική απάντηση ότι το μπαλόνι θα μείνει αμετάβλητο προκύπτει επειδή οι μαθητές δεν λαμβάνουν υπόψη τις πιέσεις που ασκεί το αέριο στα τοιχώματα. Γενικά δέχονται ότι με την ψύξη τα μόρια επιβραδύνονται και έρχονται πιο κοντά αλλά θεωρούν ότι αυτό δεν επηρεάζει το μπαλόνι. Όσοι μαθητές έλαβαν υπόψη τις πιέσεις έδωσαν σωστή απάντηση.



Σημείωση: Οι μαθητές ρωτήθηκαν τι συμβαίνει στα μόρια όταν μια ουσία διαστέλλεται (ερώτηση 14 τεστ Β Παράρτημα Π2.3). Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1.4.

6.1.4. Ιδιότητες μορίων κατά την διαστολή (τεστ Β)

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Οι απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1.4.

Πίνακας 6.1.4.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών όλων των ομάδων στο τεστ Β σχετικά με τις ιδιότητες μορίων κατά τη διαστολή

Τύποι απαντήσεων Ιδιότητες μορίων κατά τη διαστολή	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ			
	Π1 (N=57)	Π2(διδ) (N=24)	Π2(συζ) pre(N=30)	Π2(συζ) post(N=27)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης Το μέγεθος των μορίων μένει ίδιο αλλά κινούνται γρηγορότερα	48	21	19	26
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	1		1	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	7	2	10	1
Δεν απαντούν	1	1		

Μεγάλο ποσοστό μαθητών (84,2%) απαντούν ότι τα μόρια κινούνται γρηγορότερα αλλά το μέγεθος των μορίων μένει ίδιο. Οι εναλλακτικές σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι 1,8% και οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων είναι το 12,3%. Οι μαθητές θεωρούν κυρίως ότι τα μόρια διαστέλλονται ή ζεσταίνονται αλλά δεν μεγαλώνουν, μπαίνουν μόρια θερμότητας ή τα μόρια κινούνται σε πιο μεγάλο χώρο.

Αποδεκτές απαντήσεις

Το γ γιατί τα μόρια απλώς κινούνται πιο γρήγορα ανάλογα με την ενέργεια που παίρνουν (Π1-27).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Τα μόρια διαστέλλονται (Π1-22)

Τα μόρια διαστέλλονται, γιατί η μπάλα διαστέλλεται (Π1-32).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ (Π2(Σχ3))

Μεγάλο ποσοστό μαθητών (87,5%) απαντούν ότι το μέγεθος των μορίων μένει ίδιο αλλά κινούνται γρηγορότερα. Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων είναι το 8,3%.

Π2(συζ) (Π2(Σχ1), Π2(Σχ2))

Σωστές απαντήσεις δίνει το 63,3% πριν τη συζήτηση και το 96,3% μετά τη συζήτηση. Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι πριν τη συζήτηση το 3,3% (μπαίνει θερμότητα) ενώ οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων είναι πριν τη συζήτηση το 33,3% και μετά τη συζήτηση το 3,7% και αφορούν τη διαστολή των μορίων.

Η στατιστική σύγκριση των συχνοτήτων αποδεκτών απαντήσεων των ομάδων έδειξε ότι η Π2(συζ) πριν τη συζήτηση διαφοροποιείται από την Π1 και η Π2(διδ). Μετά τη συζήτηση οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Η συζήτηση βελτίωσε τις επιδόσεις των ομάδων Π2(συζ) σε σχέση με αυτές πριν τη συζήτηση και οι διαφορές είναι σημαντικές ($p < 0,05$) (Πίνακας Π6.Π1).

6.2. Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων στο σύνολο της ενότητας της διαστολής

Στους Πίνακες 6.2.1. και 6.2.2. ταξινομούνται οι απαντήσεις ανά ειδική κατηγορία και ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας αντίστοιχα.



Πίνακας 6.2.1.: Ποσοστά απαντήσεων ανά κατηγορία για όλες τις ομάδες στα δυο τεστ στο σύνολο της ενότητας της διαστολής

	Πλήρης σωμ.	Πλήρης μακρο	Εν μέρει σωμ.	Εν μέρει μακρο	Εναλ. μακρο	Εναλ. σωμ.	Όχι καταν.
E	0,6			1,1	81,9	3,4	13,0
Π1test A	28,1		36,3	2,3	17,5	11,7	4,1
Π1test B	25,1		55,6		1,8	15,2	2,3
Π2(συζ)pretestA	5,6		12,2		65,6	7,8	8,9
Π2(συζ)pretestB	5,6		31,1		6,7	52,2	4,4
Π2(συζ)posttestA	25,9		58,0		7,4	7,4	1,2
Π2(συζ)posttestB	18,5		69,1			12,3	
Π2(διδ)testA	20,8		36,1	4,2	19,4	18,1	1,4
Π2(διδ)testB	22,2		48,6	1,4	4,2	23,6	

Πίνακας 6.2.2.: Ποσοστά απαντήσεων ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας για όλες τις ομάδες στα δυο τεστ στο σύνολο της ενότητας Διαστολή

	X	A	A1	B	C	C*	Αταξ	Όχι κατ.
E	83,1			3,4		0,6		13,0
Π1test A	19,9	0,6		11,1	36,3	28,1		4,1
Π1test B	1,8	2,9	2,3	8,8	55,6	25,1	1,2	2,3
Π2(συζ)pretestA	65,6	1,1		6,7	12,2	5,6		8,9
Π2(συζ)pretestB	6,7	11,1	8,9	30,0	31,1	5,6	2,2	4,4
Π2(συζ)posttestA	7,4	1,2		6,2	58,0	25,9		1,2
Π2(συζ)posttestB			4,9	7,4	69,1	18,5		
Π2(διδ)testA	23,6	2,8		15,3	36,1	20,8		1,4
Π2(διδ)testB	5,6	8,3		15,3	48,6	22,2		

Ενδεικτικά ταξινομήσαμε:

X: Το υγρό ανεβαίνει γιατί παίρνει θερμότητα

A: Τα μόρια απομακρύνονται γιατί η σφαίρα διαστέλλεται

A1: Στην κατηγορία αυτή ταξινομήσαμε απαντήσεις που θεωρούν ότι το μπαλόνι θα μείνει αμετάβλητο. Οι μαθητές λένε ότι τα μόρια έρχονται κοντά, κινούνται λιγότερο, κρυώνουν, δεν παθαίνουν τίποτε αλλά το μπαλόνι δεν μεταβάλλεται. Το μοντέλο αυτό μπορεί να θεωρεί ότι τα μόρια είναι μέσα στον αέρα αλλά μπορεί να οφείλεται και στο γεγονός ότι αγνοείται η πίεση.

B: Τα μόρια διαστέλλονται

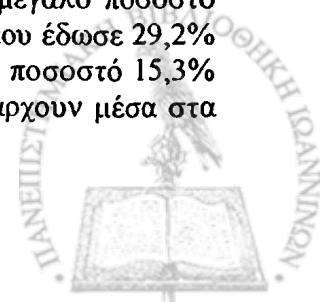
C: Το μπαλόνι θα μικρύνει λίγο γιατί ψύχοντας, τα μόρια χάνουν ενέργεια και μαζεύονται μαζί

C*: Τα μόρια αέρα κινούνται πιο γρήγορα αυξάνοντας έτσι την ταχύτητα και τεντώνουν το μπαλόνι

Αταξινόμητες: Μπαίνουν μόρια θερμότητας.

Η ομάδα E δίνει εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 81,9% ενώ δίνει μηδενικές κυκλικές απαντήσεις σε ποσοστό 13% (Πίνακας 6.2.3.). Οι αποδεκτές απαντήσεις είναι ελάχιστες (0,6% πλήρεις σωματιδιακές και 1,1% εν μέρει μικροσκοπικές).

Η ομάδα Π1 δίνει πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 28,1% στο τεστ A και 25,1% στο τεστ B. Οι εν μέρει αποδεκτές είναι πιο πολλές από τις πλήρεις και ανέρχονται σε ποσοστό 36,3% στο τεστ A και 55,6% στο τεστ B. Οι εναλλακτικές στο τεστ A είναι μακροσκοπικές σε ποσοστό 17,5% και μικροσκοπικές σε ποσοστό 11,7%. Στο τεστ B οι εναλλακτικές είναι κυρίως μικροσκοπικές σε ποσοστό 15,2%. Στο τεστ A οι εναλλακτικές σε ποσοστό 11,1% αποδίδουν στα μόρια μακροσκοπικές ιδιότητες (μοντέλο B). Στο τεστ B οι κυριότερες εναλλακτικές είναι μοντέλο B (8,8%), μοντέλο A (2,9%) και μοντέλο A1 (2,3%). Για το Π2(διδ), που διδάχθηκε την ενότητα της διαστολής, τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων είναι μικρότερα από την Π1, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές όπως θα δούμε στην παράγραφο 6.3. Η Π1(διδ) δίνει πιο μεγάλο ποσοστό εναλλακτικών απόψεων (37,5% στο τεστ A και 27,8% στο τεστ B έναντι της Π1 που έδωσε 29,2% στο τεστ A και 17,5% στο B). Οι εναλλακτικές αφορούν κυρίως το μοντέλο B σε ποσοστό 15,3% ενώ σημειώνεται και ένα ποσοστό 8,3% μοντέλο A, που θεωρεί τα μόρια να υπάρχουν μέσα στα υλικά.



Το τμήμα Π2(συζ), που δεν διδάχθηκε την ενότητα της διάστολης, δίνει στο τεστ Α κυρίως μακροσκοπικές εναλλακτικές απαντήσεις σε ποσοστό 65,6% ενώ στο τεστ Β εναλλακτικές μικροσκοπικές σε ποσοστό 52,2 %. Αυτές σχετίζονται με το μοντέλο Α σε ποσοστό 11,1%, με το μοντέλο Α1 σε ποσοστό 8,9% και με το μοντέλο Β σε ποσοστό 30,0%. Μετά τη συζήτηση έχουμε μεγάλη βελτίωση στην ερμηνεία της διάστολης. Οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται στο 83,9% (πλήρεις απαντήσεις είναι το 25,9%) στο τεστ Α και 87,6% στο τεστ Β (πλήρεις 18,5% στο τεστ Β). Οι εναλλακτικές στο τεστ Α είναι 7,4% μακροσκοπικές και 7,4% μικροσκοπικές και αφορούν κυρίως το μοντέλο Β. Στο τεστ Β οι εναλλακτικές είναι μικροσκοπικές σε ποσοστό 12,3% και αναφέρουν ότι ο αέρας συστέλλεται αλλά το μπαλόνι μένει αμετάβλητο ή αφορούν το μοντέλο Β.

Η συζήτηση στις ομάδες των τμημάτων Π2(Σχ1) και Π2(Σχ2) (ομάδα Π2(συζ)) όχι μόνο βελτίωσε τις επιδόσεις αλλά βοήθησε τους μαθητές σε μεγάλα ποσοστά να δώσουν αποδεκτές απαντήσεις. Επίσης μετά τη συζήτηση απουσιάζουν σχεδόν οι εναλλακτικές απαντήσεις που θεωρούν ότι τα μόρια περιέχονται μέσα στις ουσίες (Μοντέλο Α). Επίσης ελαττώνονται σημαντικά οι εναλλακτικές απαντήσεις που αποδίδουν μακροσκοπικές ιδιότητες στα μόρια (Μοντέλο Β). Πριν τη συζήτηση στις ομάδες το Π2(συζ) δίνει μηδενικές απαντήσεις στο τεστ Α σε ποσοστό 8,9% (6,7% κυκλικές). Μετά τη συζήτηση κυκλικές απαντήσεις δίνουν μόνο το 1,2% στο τεστ Α (Πίνακας 6.2.3.).

Μετά τη συζήτηση στις ομάδες του Π2(συζ) βελτιώθηκαν το 72,8% των απαντήσεων στο τεστ Α και το 61,7% στο τεστ Β. Διατηρήθηκαν πριν και μετά τη συζήτηση το 27,2% των απαντήσεων στο τεστ Α και το 38,3% στο τεστ Β.

Πίνακας 6.2.3.: Ποσοστά (%) ταυτολογικών και μηδενικών απαντήσεων στο σύνολο των ερωτήσεων μη κατανόησης

	Ε	Π Itest A	Π1 test B	Π2(συζ) testA	Π2(συζ) testB	Π2(συζ) post testA	Π2(συζ) posttestB	Π2(Σχ3) testA	Π2(Σχ3) testB
Μη κατανόηση	13,0	4,1	2,3	8,9	4,4	1,2		1,4	
Όχι απάντηση		1,2	2,3	2,2	3,3			1,4	
Κυκλική	13,0	2,9		6,7	1,1	1,2			

6.3. Στατιστική σύγκριση μεταξύ και εντός των ομάδων στο σύνολο της ενότητας της θερμικής διάστολης

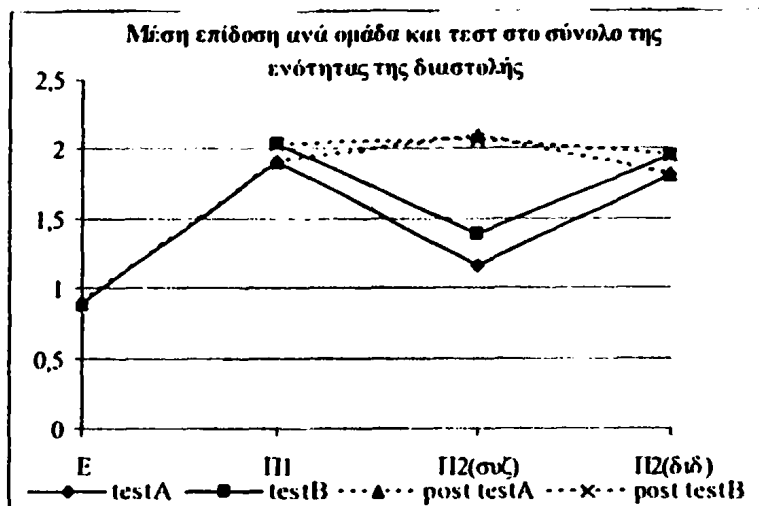
Οι μέσες επιδόσεις όλων των ομάδων παρουσιάζονται στο Παράρτημα Π6 στον Πίνακα Π6.Π2 και εικονίζονται στα Διαγράμματα 6.1 και Π6.Δ1.

6.3.1. Στατιστική σύγκριση των επιδόσεων των ομάδων στο σύνολο της ενότητας της θερμικής διάστολης

Οι συγκρίσεις των ομάδων έγιναν με το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U και το κριτήριο F. Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα Π6.Π3.

Η ομάδα Ε παρουσιάζει την πιο χαμηλή επίδοση που διαφοροποιείται από τις Π1testA, Π2(συζ)posttestA, Π2(Σχ3)testA σε επίπεδο σημαντικότητας $p = 0,000$ και τις Π2(συζ)pretestA σε επίπεδο $p < 0,05$. Η ομάδα Π2(συζ)pre διαφοροποιείται από την Π1 και την Π2(διδ) ως προς τη μέση επίδοση ($p = 0,000$) ενώ δεν διαφοροποιούνται μετά την συζήτηση. Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ζευγών Π1/Π2(διδ). Τα παραπάνω ισχύουν για το σύνολο του τεστ Α και του τεστ Β. Η σύγκριση των ομάδων Π2(συζ)post και Π1 ως προς τη χρήση γενικής κατηγορίας έδειξε ότι διαφοροποιούνται στο τεστ Α ($p < 0,05$). Παρόμοια οι Π2(συζ)post και Π2(διδ) διαφοροποιούνται ως προς τη χρήση κατηγορίας και στα δυο τεστ ($p < 0,05$).





Διάγραμμα 6.1.: Μέση επίδοση ανά ομάδα και τεστ στην ερώτηση για την ενότητα της θερμικής διαστολής

Παρατήρηση: Στην ερώτηση για τη διαστολή αερίου μετά τη συζήτηση στις ομάδες η Π2(συζ)post παρουσιάζει μέση επίδοση καλύτερη από την Π1 και Π2(διδ) στο τεστ Α και δίνει περισσότερες πλήρεις απαντήσεις (Π6.Δ1). Η συζήτηση βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν την κίνηση και απομάκρυνση των μορίων καθώς και κάποιους μαθητές τις πιέσεις στα τοιχώματα. Οι επιδόσεις της Π2(συζ)post σε σχέση με την Π1 διαφοροποιούνται και με τα τρία κριτήρια ($p < 0,05$) (Πίνακα Π6.Π3 Παράρτημα). Τα τμήματα Π2(Σχ1) και Π2(Σχ2), που αποτέλεσαν την ομάδα Π2(συζ), δεν διαφοροποιούνται ούτε πριν ούτε μετά τη συζήτηση.

5.3.2. Στατιστική σύγκριση εντός των ομάδων στις ερωτήσεις της ενότητας της θερμικής διαστολής

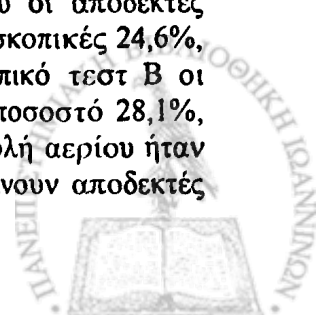
Για κάθε ομάδα (εκτός της E) κάναμε two-factor within subjects ANOVA. Χρησιμοποιήσαμε GLM-Repeated- Measures Define Variables. Η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η επίδοση των μαθητών ενώ οι δυο παράγοντες είναι οι ερωτήσεις της ενότητας και το τεστ (Τεστ Α και τεστ Β). Κάναμε και σύγκριση των ερωτήσεων με το μη παραμετρικό κριτήριο Friedman test για να δούμε αν διαφοροποιούνται στο σύνολο και Wilcoxon test για συγκρίσεις ανά ζεύγη.

Ομάδα E

Οι μαθητές της E στην ερώτηση για τη διαστολή στερεών δίνουν εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 59,3% και το 39% δίνει κυκλική απάντηση. Στη διαστολή υγρού και αερίου όλοι σχεδόν οι μαθητές δίνουν εναλλακτικές απαντήσεις. Η σύγκριση των ερωτήσεων ανά ζεύγη έδωσε σημαντικές διαφορές των ερωτήσεων 1-2, 1-3 ($p = 0,000$) ενώ στο ζεύγος 2-3 δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στατιστικά σημαντικές ($p = 1$) (Πίνακας Π6.Π4 Παράρτημα).

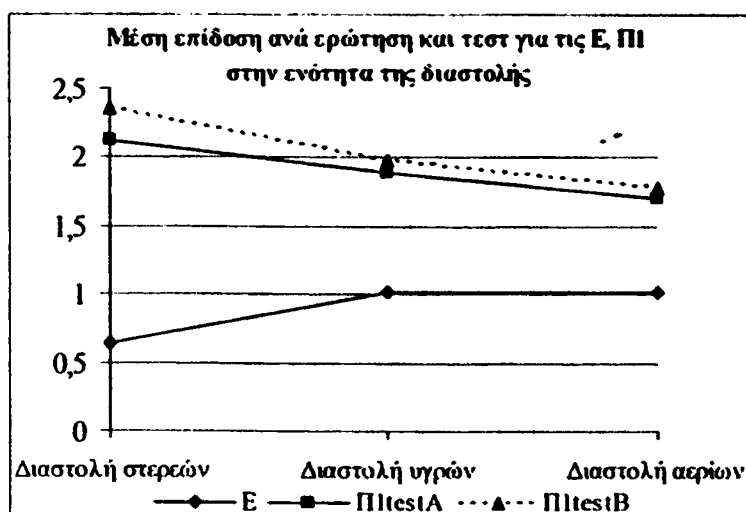
Ομάδα Π1

Οι μαθητές της Π1 σημείωσαν καλύτερες επιδόσεις στη διαστολή στερεού, που διδάχθηκαν. Οι αποδεκτές απαντήσεις στο τεστ Α ανέρχονται σε ποσοστό 80,8% (40,4% πλήρεις και 40,4% εν μέρει μικροσκοπικές). Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι περισσότερες από το τεστ Α και φτάνουν το 89,5% (47,4% πλήρεις και 42,1% εν μέρει). Στη διαστολή υγρού οι αποδεκτές απαντήσεις των μαθητών της Π1: στο τεστ Α ανέρχονται στο 64,9% (πλήρεις μικροσκοπικές 24,6%, εν μέρει μικροσκοπικές 33,3%, εν μέρει μακροσκοπικές 7,0%). Στο μικροσκοπικό τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις της Π1 ανέρχονται στο 73,7% (πλήρεις μικροσκοπικές σε ποσοστό 28,1%, εν μέρει μικροσκοπικές σε ποσοστό 45,6%). Οι αποδεκτές απαντήσεις στη διαστολή αερίου ήταν λιγότερες από τη διαστολή στερεού και υγρού. Στο τεστ Α οι μαθητές της Π1 δίνουν αποδεκτές



απαντήσεις σε ποσοστό 54,4% (19,3% πλήρεις και εν μέρει αποδεκτές 35,1%). Οι πλήρεις απαντήσεις που σημειώθηκαν εδώ ήταν λιγότερες από τις άλλες ερωτήσεις. Στο τεστ Β η ερώτηση που δόθηκε αφορούσε τη συστολή μπαλονιού που περιείχε αέρα. Η πλειονότητα των μαθητών της Π1 (ποσοστό 79,0%) απάντησε ότι το μπουκάλι θα μικρύνει γιατί τα μόρια χάνουν ενέργεια και έρχονται πιο κοντά χωρίς να κάνουν αναφορά στην πίεση που ασκούν τα μόρια στα τοιχώματα του δοχείου. Η άγνοια πίεσης ίσως οδηγούσε και στην εναλλακτική άποψη ότι το μπαλόνι δεν παθαίνει τίποτα αν και τα μόρια έρχονται κοντά. Για πολλούς μαθητές η συστολή αερίου δεν θεωρείται αντίστροφη διαδικασία από τη διαστολή. Ο τρόπος σκέψης των μαθητών είναι αλυσιδωτός με προτιμώμενη κατεύθυνση (γραμμικός αιτιακός συλλογισμός (Driver, 1985/1993 σελ. 273-285). Η επίδοση των μαθητών της Π1 είναι υψηλότερη στην ερώτηση της διαστολής στερεού από ότι στις ερωτήσεις διαστολής υγρού και αερίου (Διάγραμμα Π6.Δ2.). Μια ανά ζεύγη σύγκριση έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) μεταξύ όλων των ζευγών και με τα δυο κριτήρια. Σημαντικός είναι και εδώ ο παράγοντας "τεστ" στο σύνολο των ερωτήσεων. Η σύγκριση του τεστ Α με το τεστ Β ανά ερώτηση έδωσε σημαντική διαφοροποίηση στην ερώτηση 1 ($p < 0,01$), στην ερώτηση 2 ($p < 0,1$) ενώ δεν διαφοροποιούνται τα δυο τεστ στην ερώτηση 3. Η σύγκριση ανά ζεύγη των ερωτήσεων στο τεστ Α έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των ζευγών σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$. Παρόμοια στο τεστ Β οι ερωτήσεις διαφέρουν μεταξύ τους. (Πίνακας Π6.Π4 Παράρτημα).

Το Π2(διδ) δεν διαφοροποιείται από το Π1.



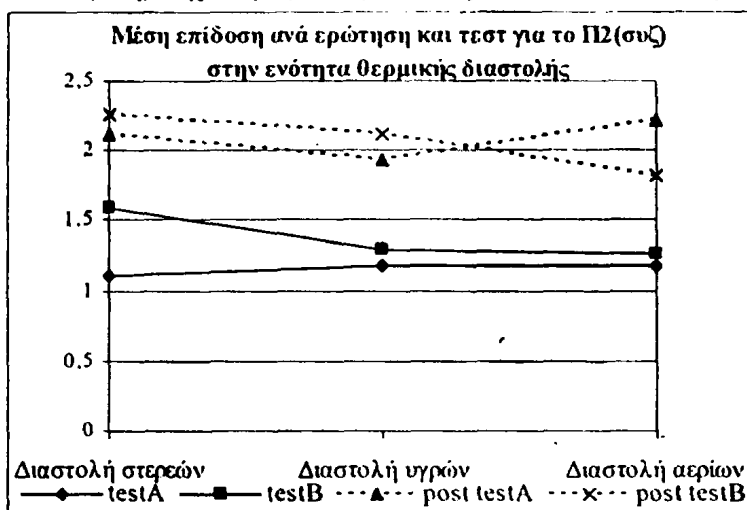
Διάγραμμα 6.2.: Μέση επίδοση ανά ερώτηση και τεστ στην ενότητα της θερμικής διαστολής για τις ομάδες Π1 και Ε.

Π2(σζ)

Πριν τη συζήτηση ανά ερώτηση παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τεστ Α και τεστ Β στην ερώτηση 1 ($p < 0,05$) (Πίνακας Π6.Π5 Παράρτημα), ενώ στις ερωτήσεις 2 και 3 δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Οι ερωτήσεις στο μακροσκοπικό τεστ Α δεν διαφοροποιούνται ανά ζεύγη ερωτήσεων (Πίνακας Π6.Π5 Παράρτημα). Αντίθετα στο τεστ μικροσκοπικών αλλαγών Β οι ερωτήσεις παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Οι διαφορές παρουσιάζονται μεταξύ 1-2, 1-3 ($p < 0,05$), ενώ μεταξύ 2-3 δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Μετά τη συζήτηση οι απαντήσεις βελτιώθηκαν και η μεγαλύτερη βελτίωση σημειώθηκε στην ερώτηση 3 για τη διαστολή αερίων στο τεστ Α. Μετά τη συζήτηση στην ερώτηση 1 δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τεστ Α και τεστ Β, στην ερώτηση 2 και στην ερώτηση 3 παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του τεστ Α και τεστ Β σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$. Στο τεστ Α σημειώθηκαν διαφορές στο ζεύγος 2-3 ($p < 0,1$). Στο τεστ Β παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στα ζεύγη 1-3 και 2-3 ($p < 0,05$ (Πίνακας Π6.Π5.)).



Πριν και μετά τη συζήτηση οι ερωτήσεις 1, 2, 3 στο σύνολο διαφοροποιούνται ($p < 0,05$). Οι ερωτήσεις στο τεστ Α και στο τεστ Β πριν και μετά τη συζήτηση διαφοροποιούνται ($p < 0,05$). Αξίζει να σημειώσουμε ότι πριν την συζήτηση υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ερωτήσεων στο τεστ Α και στο τεστ Β σε επίπεδο σημαντικότητας ($p < 0,05$). Μετά τη συζήτηση δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των απαντήσεων στο τεστ Α και στο τεστ Β (Π6.Π6.). Διαφορετικές είναι και οι κατηγορίες απαντήσεων που χρησιμοποιούν οι μαθητές πριν και μετά τη συζήτηση. Διαφοροποίηση ως προς την χρήση κατηγορίας πριν και μετά τη συζήτηση στα δυο τεστ δίνει και το κριτήριο χ -τετράγωνο (Πίνακας Π6.Π7, Π6.Π7 Παράρτημα).



Διάγραμμα 6.3.: Μέση επίδοση ανά ερώτηση και τεστ πριν και μετά τη συζήτηση για την ομάδα Π2(σολ)

6.3. Ανάλυση συζητήσεων στις ομάδες για την θερμική διαστολή

Οι αναλυτικές επιδόσεις των μελών των ομάδων παρουσιάζονται στους Πίνακες Π6.Π8, Π6.Π9 Παράρτημα.

6.3.1. Ανάλυση των συζητήσεων στις ομάδες ως προς την κατανόηση εννοιών της διαστολής

Η διαστολή στερεών και υγρών στη συζήτηση στις ομάδες δεν δυσκόλεψε τους μαθητές και αποδόθηκε σε αύξηση της κίνησης των μορίων και σε κάποιες ομάδες σε χαλάρωση δεσμών.

6.3.1.1. Θερμική διαστολή στερεού

Στις συζητήσεις διατυπώθηκαν εναλλακτικές απαντήσεις που ελέγχθηκαν με βάση τις ιδιότητες των μορίων και διατυπώθηκαν αποδεκτές απαντήσεις.

1. Στο παρακάτω απόσπασμα παρουσιάζουμε τη συζήτηση τριών κοριτσιών (ομάδα1) του Π2(Σχ2). Η ομάδα αυτή συζήτησε εκτενώς όλα τα θέματα. Και οι τρεις μαθήτριες στο αρχικό τεστ Α έδωσαν μη αποδεκτές απαντήσεις (η Μ1 και Μ7 έδωσαν κυκλική απάντηση και η Μ6 ότι η σφαίρα παίρνει θερμότητα και διαστέλλεται). Αντίθετα στο τεστ Β χρησιμοποιούν κίνηση και απόσταση σωματιδίων για την ερμηνεία της διαστολής (τα μόρια απομακρύνονται).

Στην αρχή της συζήτησης φάνηκε καθαρά ότι προτιμούσαν την μακροσκοπική περιγραφή από την ερμηνεία με σωματίδια και έγινε μια απόπειρα ερμηνείας του φαινομένου μακροσκοπικά.

Μ7: Βλέπουμε ότι η σφαίρα περνά μέσα από το δακτύλιο ενώ όταν τη θερμάνουμε δεν περνά.

Μ6: Όταν θερμανθεί διαστέλλεται και όταν ψυχθεί συστέλλεται.

Μ1: Όλα τα υλικά διαστέλλονται, όταν θερμαίνονται εκτός από το νερό που διαστέλλεται όταν ψυχθεί.

Μ6: Η σφαίρα διαστέλλεται και δεν περνά από τον δακτύλιο.

Δ: Γιατί συμβαίνει αυτό;

Αναδείχθηκαν οι εναλλακτικές απόψεις των μαθητριών που αφορούσαν τη διάκριση φυσικών και χημικών φαινομένων.



M1: Γιατί όλα τα υλικά, όταν τα θερμάνουμε διαστέλλονται. Είναι φυσικός νόμος.

M6: Πρήστηκε κάπως έτσι.

A: Γιατί έγινε αυτό;

M1: Είναι φυσικό φαινόμενο.

M6: Μπορεί να είναι και χημικό φαινόμενο.

A: Τι εννοείς;

M6: Φυσικό είναι να αλλάζει μόνο από τη φύση του και χημικό να το αλλάζουμε εμείς. Εδώ μπορεί να είναι χημικό γιατί εμείς το ζεστάναμε και προκαλέσαμε τη διαστολή του.

M7: Έχουμε κάνει τα καλώδια της ΛΕΗ που είναι χαλαρά, τότε; το καλοκαίρι και το χειμώνα είναι τεντωμένα. Δεν είναι χημικό γιατί επανέρχεται.

Η Μ6 στη συνέχεια επιχείρησε να εξηγήσει το φαινόμενο με μόρια χρησιμοποιώντας εναλλακτική άποψη ότι τα μόρια κινούνται και πιέζουν τη σφαίρα.

M6: Αφού θερμάναμε τη σφαίρα, τα μόρια άρχισαν να κινούνται πιο γρήγορα.

M7: Ναι.

M6: Άνοιξαν κατά κάποιο τρόπο τη σφαίρα, την άνοιξαν επειδή κινούνται πιο γρήγορα και θέλουν πιο πολύ χώρο για να κινηθούν.

M7: Αλλά δε τη μεγάλωσαν τη σφαίρα, δεν μεγάλωσαν τα μόρια.

Οι παρατηρήσεις της Μ7 και Μ1 φαίνεται να διόρθωσαν την άποψη αυτή.

M6: Δεν μεγάλωσαν τα μόρια αλλά θερμάνθηκε η σφαίρα.

M7: Όταν ψυχθεί η σφαίρα, τα μόρια ...

M1: Τα μόρια κινούνται πιο αργά.

M7: Τα μόρια κινούνται πιο αργά, και έτσι μαζεύονται κάπως. Δεν μπαίνει τίποτα μέσα.

Μετά τη συζήτηση έδωσαν εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις με κίνηση και αύξηση όγκου οι Μ1 και Μ7 ενώ η Μ6 έδωσε πιο επεξεργασμένη απάντηση.

Όταν τα μόρια της σφαίρας παίρνουν θερμότητα κινούνται πιο γρήγορα, κάνουν δόνηση, χαλαρώνουν λίγο γι' αυτό χρειάζονται περισσότερο χώρο. Όταν ψύχονται τα μόρια κινούνται πιο αργά γι' αυτό η σφαίρα μικραίνει και περνάει από τον κυκλικό δακτύλιο (Μ6).

2. Στην παρακάτω συζήτηση τριών μαθητριών της ομάδας 1 του Π2(Σχ1) χρησιμοποιούνται μόρια για την ερμηνεία της διαστολής. Οι μαθήτριες δεν διστάζουν να διατυπώσουν εναλλακτικές αντιλήψεις.

M8: Η μπάλα ζεστάθηκε, παίρνει θερμότητα και διαστέλλεται και κρυνώνει και συστέλλεται.

M10: Παίρνει η μπάλα ενέργεια και μεγαλώνει η μπάλα.

M8: Μήπως τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα όταν παίρνουν θερμότητα και κινούνται πιο γρήγορα κι θα φύγουν;

M10: Δεν θα φύγουν, θα είναι στη μπάλα και θα κινούνται πιο γρήγορα. Αυξάνει έτσι ο όγκος.

M1: Ναι.

6.3.1.2. Θερμική διαστολή υγρού

Η συζήτηση βοήθησε τους μαθητές να διατυπώσουν τις απόψεις τους. Κάθε πρόταση ελέγχονταν ως προς την ορθότητά της. Συζητήθηκαν και ανασκευάστηκαν προτάσεις που αφορούσαν την αύξηση αριθμού μορίων και τη διαστολή μορίων.

1. Στην ομάδα 1 του Π2(Σχ1) οι Μ10, Μ1 προτείνουν εναλλακτικές απόψεις και η Μ8 τις εξετάζει με κριτήριο αυτά που είχαν μάθει στα μαθήματα για τα μόρια. Οι μαθήτριες Μ10, Μ1 δέχονται τις παρατηρήσεις της Μ8 και καταλήγουν να συμφωνήσουν μαζί της. Η μαθήτρια Μ8 εισήγαγε από την αρχή τον παράγοντα "κίνηση σωματιδίων" και καθώς οι συμμαθήτριές της πρότειναν εναλλακτικές απαντήσεις, η Μ8 βελτιώνει την πρότασή της ως κίνηση προς όλες τις κατευθύνσεις

M10: Όταν παίρνει θερμότητα το θερμόμετρο, ο υδράργυρος ανεβαίνει και ...όχι, ανεβαίνουν τα μόρια... (διστάζει).

M8: Κινούνται πιο γρήγορα, όταν θερμαίνονται.

M10: Ναι κινούνται πιο γρήγορα και πάνε προς τα πάνω.

M8: Κινούνται πιο γρήγορα και πάνε προς διάφορα σημεία.

M1: Πάντως κινούνται πιο γρήγορα.



M10: Ανεβαίνει από τη θερμοκρασία. Μήπως παίρνει ενέργεια; Αχ, μιλήστε και σεις.

M1: Τα μόρια όταν θερμανθεί το στερεό γίνεται υγρό γιατί γλιστράνε. Υπάρχει και η ενέργεια... κινούνται πιο γρήγορα... τα μόρια.

M8: Τα μόρια κινούνται σε διάφορες κατευθύνσεις.

M1: Γίνονται πιο πολλά τα μόρια μήπως;

M8: Δεν αλλάζει ο αριθμός.

M1: Εντάξει, λάθος έχω υποχωρώ.

M10: Μήπως μεγάλωσαν τα μόρια, να φούσκωσαν από ενέργεια;

M8: Εγώ λέω, όπως μάθαμε, τα μόρια δεν μεταβάλλονται στα φαινόμενα που μελετάμε, δεν φουσκώνουν τα μόρια.

M1: Μήπως μπαίνουν και άλλα μόρια μέσα, πιο πολλά;

M10: Κινούνται πιο γρήγορα τα μόρια.

M1: Κινούνται πιο γρήγορα και ανεβαίνει η στάθμη.

Δ: Να βοηθήσω, κάντε ένα σχέδιο.

Η σχεδίαση βοήθησε την M8 να βελτιώσει την εξήγησή της ως χαλάρωση δεσμών.

M8: Μήπως χαλαρώνουν λίγο τα δεσμά τους;

M1: Τα μόρια, όταν θερμανθούν, παίρνουν ενέργεια και ...

M10: Χαλαρώνουν το ένα από το άλλο.

M1: Και χαλαρώνουν το ένα από το άλλο και γι' αυτό ανεβαίνει η στάθμη του υγρού.

M10: Ναι

M8: Είναι πιο χαλαροί οι δεσμοί.

2. Η απροθυμία των M6, M7 της ομάδας I του Π2(Σχ2) να χρησιμοποιήσουν σωματιδιακά μοντέλα για την ερμηνεία ενός φαινομένου, όταν δίνεται σε καθημερινό πλαίσιο, παρατηρήθηκε και στη συζήτηση για τη διαστολή υγρού, αν και η M1 πρότεινε συνεχώς τα σωματίδια για την ερμηνεία αυτή.

Στο μακροσκοπικό τεστ Α και οι τρεις μαθήτριες είχαν χρησιμοποιήσει εναλλακτικές απαντήσεις.

Όπως τριβουμε το θερμόμετρο αυξάνει η θερμοκρασία (M1).

Το θερμόμετρο θερμάνθηκε και όσο πιο πολύ θερμοκρασία παίρνει τόσο αυξάνεται η θερμοκρασία του (M6).

Αυξάνεται η θερμοκρασία (M7).

Στο μικροσκοπικό τεστ Β οι M6 και M7 είχαν χρησιμοποιήσει την κίνηση και απόσταση σωματιδίων ενώ η M1 έδωσε εναλλακτική μικροσκοπική απάντηση.

Η στάθμη ανεβαίνει γιατί όταν ζεστάνουμε το νερό βράζει και το νερό αυξάνεται γιατί τα μόρια θέλουν να έχουν μεγαλύτερο χώρο (M1).

Στη συζήτηση φάνηκε ότι η M1 είδε εξ αρχής την αναλογία της διαστολής υγρών με τη διαστολή στερεών, που είχε προηγηθεί και είχε γίνει αποδεκτή η σωματιδιακή εξήγηση και από τις τρεις μαθήτριες.

M1: Είναι το ίδιο με τη σφαίρα. Τα μόρια του υγρού, κινούνται πιο γρήγορα και θα αυξηθεί η στάθμη.

M6: Διαφωνώ κατά κάποιον τρόπο. Πιστεύω ότι το θερμόμετρο όσο παίρνει θερμοκρασία και όσο περισσότερη παίρνει, τόσο ανεβαίνει η στάθμη.

Δ: Φουσκώνει θερμότητα;

M6: Όχι, απλώς μεγαλώνει, δεν φουσκώνει. M...

Δ: Μεγαλώνει, μπαίνει κάτι μέσα;

M6: Μέσα εδώ είναι νερό. Όταν το νερό είναι κρύο η θερμοκρασία είναι τόση (Δείχνει στο σχέδιο κάποιο σημείο). Στο ζεστό νερό λογικά η θερμοκρασία είναι αρκετά πιο πάνω.

Οι M6 και M7 έδιναν μακροσκοπικές εξηγήσεις και η αντίρρηση της M1 δεν φαίνεται να λήφθηκε υπόψη.

M1: Δεν σημαίνει ότι όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία...

M6: Όσο περισσότερη θερμότητα παίρνει, θερμοκρασία, τόσο πιο πάνω ανεβαίνει η στάθμη.

Δ: Εγώ, αν πάρω θερμότητα κβλ ζεσταθώ, θα ψηλώσω;

M6: Όχι εσείς είστε άνθρωπος.

M7: Εγώ πιστεύω ότι, όπως είπαμε, όλα τα υλικά διαστέλλονται, αν θερμανθούν. Και εμείς όταν έχουμε πυρετό είμαστε πιο χαλαροί, πιο ψηλοί.

M6: Και όσο πιο πολύ θερμότητα πάρουμε, τόσο πιο ψηλοί θα γίνουμε.



M1: Τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα και πιάνουν πιο πολύ χώρο.

M6: Με μόρια έτσι είναι, συμφωνώ.

Φαίνεται καθαρά ότι η μαθήτρια M6 δεν προτιμά να ερμηνεύει μακροσκοπικά φαινόμενα με μόρια.

M7: Εγώ πιστεύω ότι δεν πιάνουν περισσότερο χώρο, απλώς χρειάζονται παραπάνω για να κινηθούν.

M6: Συμφωνώ.

M7: Ανεβαίνει γιατί είναι περισσότερη η θερμοκρασία και το νερό διαστάληκε.

M6: Γιατί θερμάναμε το νερό και γιατί θερμάνθηκαν τα μόρια, και κινούνται πιο γρήγορα. Όσο πιο πολύ το θερμάνουμε, τόσο περισσότερο ανεβαίνει η στάθμη και με μόρια όσο πιο πολύ θερμαίνεται, τόσο πιο γρήγορα κινούνται.

M1: Αυξάνει ο όγκος του υγρού.

M6: Εγώ πιστεύω ότι αυξάνει ο χώρος.

M1: Όγκος, χώρος είναι το ίδιο.

M6: Εγώ λέω ότι άλλο είναι ο όγκος, πόση ποσότητα είναι.

M1: Όγκος είναι πόσο χώρο πιάνει.

Σε όλη τη συζήτηση φάνηκε ότι η M1 είχε κατανοήσει τη μακροσκοπική ποσότητα όγκος και ερμήνευε τη διαστολή μικροσκοπικά ως αύξηση όγκο με συνέπεια. Έτσι η M7 διατυπώνει μια πρώτη σχέση κίνησης σωματιδίων και χώρου.

Δ: Ο όγκος είναι πράγματι ο χώρος που πιάνει, η ποσότητα είναι το βάρος. Με μόρια να δείτε το πρόβλημα.

M6: Αν βλέπαμε τα μόρια, θα βλέπαμε ότι κινούνται πιο γρήγορα απ' ότι στην αρχή και

M7: Συμφωνώ και επειδή κινούνται πιο γρήγορα πιάνουν πιο πολύ χώρο.

M6: Ακριβώς αυτό. Ανεβαίνει η στάθμη του νερού.

Στο τεστ μετά τη συζήτηση οι μαθήτριες έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις με χρήση κίνησης απόστασης και αύξησης όγκου ενώ οι απαντήσεις των M6 και M7 ήταν πιο επεξεργασμένες.

Επειδή το θερμόμετρο θερμάνθηκε, τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα, ανοίχουν οι δεσμοί και γι' αυτό χρειάστηκε περισσότερος χώρος, γι' αυτό όσο πιο πολύ θερμαίνεται το θερμόμετρο τόσο πιο πολύ ανεβαίνει η στάθμη του υγρού (M7).

6.3.1.3. Διαστολή αερίων

Στην ερμηνεία διαστολής αερίου οι μαθητές αντιμετώπισαν δυσκολίες. Στο μακροσκοπικό τεστ οι μαθητές εστίασαν περισσότερη στην εξάτμιση νερού και την είσοδο ατμού μέσα στο μπουκάλι και όχι στη διαστολή του αερίου, ίσως γιατί θεωρούν ότι ο αέρας είναι άυλος. Η επισήμανση ότι δεν μπαίνει ατμός από έξω οδήγησε τους μαθητές σε αποδεκτές γενικά λύσεις.

1. Στην ομάδα 1 του Π2(Σχ1) οι μαθητές συζήτησαν αν μπαίνει νερό μέσα στο μπουκάλι. Η M8 θεωρεί ότι το μπουκάλι έχει ατμό και οι M1, M10 που έχουν διαφορετική, άποψη την πείθουν ότι δεν μπαίνει νερό. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με κίνηση σε όλες τις κατευθύνσεις.

M8: Το νερό εξατμίζεται από την θερμότητα και φεύγει προς τα πάνω, δηλαδή φεύγουν ατμοί.

M10: Εγώ λέω ότι το μπαλόνι έχει αέρα και όταν θερμανθεί, τα μόρια του αέρα πάνε πιο γρήγορα και πάνε και στο μπαλόνι και φουσκώνει το μπαλόνι. Πάνε και πάνω και κάτω και παντού.

M8: Ναι... (διστακτικά).

M10: Ο ατμός που λέει η M8 δεν πάει στο μπαλόνι, φεύγει πάνω από το νερό.

M1: Ζεστό νερό είναι το έξω. Παίρνει θερμότητα το μπουκάλι και έτσι φουσκώνει το μπαλόνι.

Δ: Ας συνοψίσω τι έχετε πει. Η M10 λέει ότι το μπουκάλι δεν έχει νερό αλλά αέρα. Η M8 λέει ότι μπήκε ατμός και φούσκωσε. Η M1 λέει ότι φούσκωσε από θερμότητα.

M8: Εγώ νόμιζα ότι το μπουκάλι έχει νερό. Τα μόρια...

M1: Το ζεστό νερό που είναι απ' έξω από το μπουκάλι δίνει θερμότητα στο μπουκάλι, ήταν ζεστό το μπουκάλι; Όχι. Έτσι παίρνει ενέργεια και έτσι τα μόρια του αέρα... ναι, διασκορπίζονται και φουσκώνει το μπαλόνι.

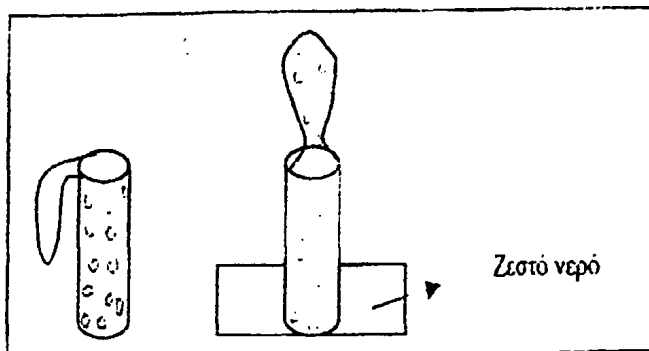
M8: ...ε... ναι. Όταν ζεσταίνεται το μπουκάλι τα μόρια περνάνε και μέσα στο μπουκάλι.

M10: Δεν περνάνε τα μόρια απ' έξω. Είναι κλειστό.

M1: Ζεσταίνεται το μπουκάλι και έτσι κινούνται τα μόρια.

M8: Τα μόρια αέρα κινούνται γρήγορα και πάνε σε διάφορες κατευθύνσεις. Πρέπει να είναι όπως λέει η M1.





Ο αέρας του
μπουκαλιού
σφοδραίνεται
και ανυψείται
προς τα πάνω
βγαλίζοντάς
το νερό

Σχέδιο 6.1.: Σχεδίαση διαστολής αερίου μετά τη συζήτηση (Π2(Σχ1)-1)

2. Οι μαθητές της ομάδας 2 του Π2(Σχ2) αρχικά θεωρούν ότι μπαίνει νερό απ' έξω. Αφού τους επισημάνθηκε ότι δεν μπαίνει νερό απ' έξω, η συζήτηση στράφηκε στην αύξηση κίνησης σωματιδίων και την αύξηση του όγκου.

Δ: Τι έχετε γράψει;

M15: Έγραψα ότι τα μόρια ζεσταίνονται και πάνε επάνω κάτω μένει κρύος αέρας. Ας πει και ο M5.

M5: Τα μόρια αέρα...

M14: Το ποτήρι έχει νερό και αφού το βάλουμε στη φωτιά εξατμίστηκε και ανέβηκε το νερό.

M15: Ναι ανέβηκαν οι ατμοί και φούσκωσε το μπουκάλι.

Δ: Αφήστε το M5, κάτι είχε αρχίσει...

M5: Να πω εγώ; Τα μόρια του αέρα από το νερό που εξατμίζεται σκορπίζουν στο χώρο και έτσι μπαίνει στο μπουκάλι.

Δ: Παιδιά, δεν μπαίνουν το νερό είναι απ' έξω.

M5: Α, τα μόρια αέρα κινούνται πιο γρήγορα.

M15: Εδώ είναι το νερό, εδώ έχει αέρα. Το βάλουμε σε νερό ζεστό και φουσκώνει γιατί, άκου, το ζεστό νερό δίνει ενέργεια στον αέρα και έτσι τα μόρια ανεβαίνουν.

M5: Όχι σίγουρα αυτό.

M15: Σίγουρα, αυτό το είδαμε. Άρα παίρνω ενέργεια από τη φωτιά κι όπως κινούνται πιο πολύ έτσι και τώρα κινούνται πιο πολύ και πιάνουν πιο πολύ χώρο.

M14: Εγώ λέω είναι τα μόρια και είναι κοντά τα μόρια και μετά απλώνονται και κινούνται και πιάνουν χώρο, αυτό έλεγα και πριν.

M5: Όχι, δεν έλεγες αυτό, έλεγες ότι γίνονται χοντρά.

Δ: Έλεγες επίσης ότι μπαίνουν μόρια θερμότητας. Τελικά τι λέμε;

M15: Κινούνται πιο γρήγορα και καταλαμβάνουν μεγαλύτερο χώρο.

M4: Παίρνουν ενέργεια.

M15: Η ενέργεια δεν δίνει μόρια, δίνει ταχύτητα.

M14: Τα ζεσταίνει τα μόρια η φωτιά και κινούνται γρήγορα. Η θερμότητα μπαίνει στο μπουκάλι δίνει ενέργεια και φουσκώνει και ανεβαίνουν τα μόρια προς τα πάνω.

M5: Σκορπίζεται πιο πολύ.

Δ: Ανεβαίνουν ή σκορπίζουν;

M5: Σκορπίζουν και ανεβαίνουν.

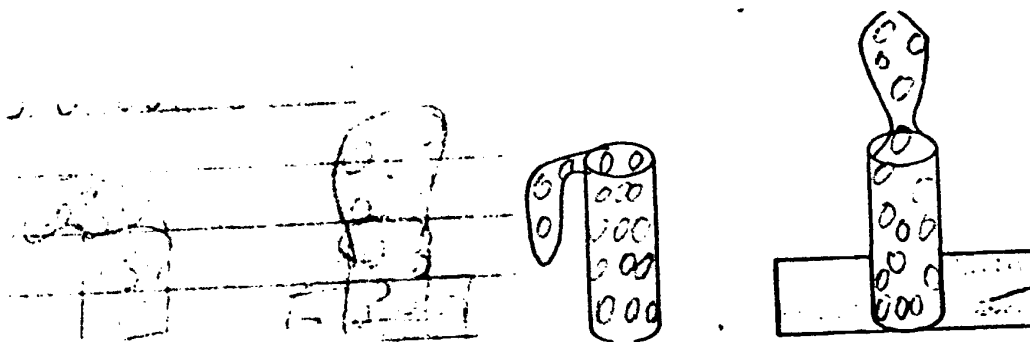
M15: Και εδώ πάνε και σκορπίζουν και πάνω και δω αναλόγως την ενέργεια.

Δ: Μπορείτε να κάνετε ένα σχέδιο;

Κατά τη σχεδίαση γίνεται αναφορά στις πιέσεις στα τοιχώματα του μπαλονιού. Ο M15 σχεδιάζει 6 μόρια και σκορπίζουν στον χώρο.

M15: Η θερμότητα δεν μπαίνει το μπουκάλι και τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα και όπως χτυπάνε στα τοιχώματα φουσκώνει.

M5, M14: Ναι.



Σχέδια 6.2.: Σχέδια των μαθητών Π2(Σχ2)-5 και Π2(Σχ2)-15 μετά τη συζήτηση

2. Στην ομάδα I του Π2(Σχ2) αρχικά οι μαθήτριες επέμεναν να εξηγήσουν το φαινόμενο μακροσκοπικά με ρεύματα αέρα ή λέγοντας ότι τα ζεστά πάνε προς τα πάνω. Στο τεστ μικροσκοπικών αλλαγών και οι τρεις μαθήτριες θεώρησαν ότι το μπαλόνι θα είναι αμετάβλητο γιατί τα μόρια δεν μεγαλώνουν ή μικραίνουν.

Η σχεδίαση οδήγησε τις μαθήτριες να προτείνουν κίνηση και απόσταση σωματιδίων και αύξηση χώρου, η μαθήτρια Μ7 πάλι μιλάει για ρεύματα αέρα, ίσως γιατί δεν κατανόησε τη σχέση απόστασης σωματιδίων και όγκου αέρα.

Μ1: Στην αρχή στον κρύο αέρα τα σωματίδια είναι ψυχρά... λάθος δεν κινούνται τα σωματίδια. Όπως είδαμε τα σωματίδια στον αέρα και στα υγρά και σε όλα τα σώματα κινούνται πιο γρήγορα, και θέλουν πιο πολύ χώρο, έτσι θέλουν στο ζεστό αέρα περισσότερο χώρο.

Μ6: Πιστεύω ότι στον κρύο αέρα τα σωματίδια κινούνται κανονικά, σαν αέριο, όχι πάρα πολύ γρήγορα. Μετά, όταν τα ζεστάνουμε, κινούνται πολύ γρήγορα και πάνε προς τα πάνω και έτσι φουσκώνει το μπαλόνι.

Μ7: Κινούνται περισσότερο τα μόρια και απλώνουν σε όλο το χώρο.

Μ1: Επειδή απλώνονται σε όλο το χώρο, θα πάνε και στο μπαλόνι.

Δ: Τελικά πάει προς τα πάνω;

Μ6: Μένει και κάτω. Έχει αέρα αρκετό, αλλά τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα και πάνε προς τα πάνω και στο μπουκάλι.

Μ1: Στα σχέδια που κάναμε ο αέρας άπλωνε.

Μ7: Εγώ νομίζω κάτι άλλο. Ότι αφού θερμαίνεται ο αέρας από το ζεστό νερό, ανεβαίνει ψηλά, όπως έχουμε ακούσει και ψύχεται και ξανακατεβαίνει και πάνε παντού, κάνοντας κύκλο.

Η Μ1 επισήμανε ότι τα μόρια κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις.

Μ1: Εσύ Μ7 λες ότι πάνε πάνω τα σωματίδια, όταν ζεσταίνεται ο αέρας. Έτσι όμως δεν θα υπάρχουν στο κάτω νερό του μπουκαλιού, ενώ εμείς λέμε ότι θα υπάρχουν παντού. Κατάλαβες;

6.3.1.4. Συστολή αέρα

Στη συστολή αερίου με ψύξη σε μικροσκοπικό επίπεδο οι μαθητές αντιμετώπισαν δυσκολίες:

- Θεωρούσαν ότι το μπαλόνι θα σπάσει, κάτι ανάλογο με τη διαστολή νερού με ψύξη.
- Θεωρούσαν ότι τα μόρια είναι μέσα στον αέρα και δεν συνιστούν τον αέρα.
- Δεν συσχέτιζαν την ελάττωση όγκου του αερίου και τα χτυπήματα στο μπαλόνι, δηλαδή με τις πιέσεις που ασκούν τα μόρια στα τοιχώματα. Η πιο συνηθισμένη απάντηση ήταν ότι τα μόρια έρχονται κοντά γιατί κινούνται λιγότερο αλλά το μπαλόνι παραμένει αμετάβλητο. Μια άλλη δυσκολία αφορούσε τη μη συσχέτιση όγκου και απόστασης μορίων.

1. Το παρακάτω απόσπασμα είναι από την ομάδα I του Π2(Σχ1). Στη συζήτηση για τη διαστολή στερεού και υγρού χρησιμοποίησαν μόρια και συμφώνησαν σε μια εξήγηση επιστημονικά αποδεκτή. Στην ομάδα η μαθήτρια Μ6 διατυπώνει αποδεκτές απαντήσεις για την διαστολή στερεού, υγρού και αερίου (μπαλόνι σε μπουκάλι).

[...]

Μ6: Τα μόρια του στερεού στη μπάλα, δονούνται. Αμα θερμάνουμε το στερεό...



M4: Μήπως όταν θερμάνουμε την μπάλα τα μόρια κάνουν μια πιο μεγάλη κίνηση, πιο δυνατή δόνηση, πιο τρεμουλιασθή και μεγαλώνει.

Παρόμοια στη διαστολή υγρού

M6: Τα μόρια του υγρού κάνουν μεγαλύτερη κίνηση, μεγαλύτερο γλίστρημα. Δεν γίνονται ακόμα αέριο, μένουν υγρό, αλλά κινούνται περισσότερο. Και ανεβαίνει γιατί δεν έχει πού να πάει.

[...]

M6: Στην αρχή είχαμε κρύο αέριο μέσα στο μπουκάλι και δεν φούσκωσε το μπαλόνι. Όταν βάλουμε το μπουκάλι στο ζεστό νερό, ο αέρας που ήταν στο μπουκάλι άρχισε να θερμαίνεται και το μπαλόνι να φουσκώνει. Δηλαδή τα μόρια αέρα, αφού ζεστάθηκαν περισσότερο, μπορούσαν να κάνουν μια πιο ελεύθερη κίνηση, διαφορετική από πριν...

M4: Τα μόρια του αερίου μέσα στο μπουκάλι πάνε λίγο πιο μακριά, αν ζεσταθεί το αέριο και μετά απομακρύνονται.

Ωστόσο στην ερώτηση για τη συστολή αερίου σε μπαλόνι με ψύξη οι μαθήτριες αντιμετώπισαν δυσκολία, αν και προσπάθησαν να εξετάσουν όλες τις προτάσεις. Αρχικά πίστευαν ότι το μπαλόνι θα σπάσει και προσπαθούσαν να το δικαιολογήσουν είτε γιατί δεν αντέχει, είτε γιατί κάτι στερεό σχηματίζεται και σπάει το μπαλόνι είτε γιατί πιάνει πάγο από έξω.

M6: Έβαλα ότι το μπαλόνι δεν θα αντέξει, θα σπάσει δηλαδή γιατί τα μόρια του αερίου δεν θα αντέξουν στη ψύξη αν το αφήσουμε πολύ ώρα.

M4: Ψύχονται, γιατί τα μόρια του αερίου ψύχονται και αφού δεν μπορούν να κινηθούν σπάει το μπαλόνι.

M5: Εγώ έχω γράψει ότι τα μόρια δεν αντέχουν (γελάει). Τα μόρια του αερίου στην κατάψυξη ψύχονται, δεν κινούνται, όχι κινούνται πολύ λίγο και το μπαλόνι, αν το αφήσουμε πολύ ώρα θα σπάσει.

M4: Μήπως ψύχονται, πάνε κοντά στην άκρη του μπαλονιού και σπάει;

M6: Μήπως ψύχονται και μετατρέπονται σε στερεό και σπάνε;

M4: Εγώ έγραφα ότι παραμένει αμετάβλητο.

M5: Το μπαλόνι θα παγώσει εξωτερικά, τα μόρια θα συνεχίσουν να κινούνται και θα κολλήσει μέσα στην κατάψυξη και πρέπει να το ξεπαγώσουμε. Όπως θα ψυχθεί θα πιάσει πάγο απ' έξω.

Το αδιέξοδο οδηγεί την M6 να προτείνει εξέταση όλων των εναλλακτικών απόψεων.

M6: Προτείνω να πάρουμε με τη σειρά όλες τις προτάσεις. Ας πάρουμε την πρώτη. Ο όγκος του μπαλονιού θα μεγαλώσει λίγο. Αν ήταν σωστό τα μόρια του αερίου θα έκαναν μεγαλύτερες κινήσεις και έτσι ο όγκος θα μεγαλώσει για να μπορούν να κινηθούν τα μόρια ευκολότερα. Η β: ο όγκος του μπαλονιού θα μικρύνει λίγο.

M4: Δηλαδή τα μόρια του αερίου θα στριμωχτούν λίγο, θα μαζετούν.

M5: Θα στριμωχτούν.

M6: Θα μικρύνουν τα μόρια.

M4: Δεν μικραίνουν τα μόρια.

M6: Όχι θα στριμωχτούν και θα μικρύνει ο όγκος.

Η συζήτηση της β πρότασης (ο όγκος του μπαλονιού θα μικρύνει λίγο) έστρεψε την συζήτηση σε μείωση όγκο και στο αν τα μόρια είναι μέσα στον αέρα ή είναι ο αέρας. Οι μαθήτριες κατέληξαν ότι ο όγκος του αέρα μικραίνει αλλά το μπαλόνι δεν παθαίνει τίποτε. Η δυσκολία τους αυτή προήλθε από την αδυναμία να συσχετίσουν την ελάττωση όγκου του αερίου και τα χτυπήματα στο μπαλόνι.

M5: Θα στριμωχτούν τα μόρια. Ο αέρας που είναι μέσα, αφού λέτε ότι θα μικρύνει, πού θα πάει ο αέρας;

M6: Ο αέρας δεν φεύγει γιατί είναι κλειστό το μπαλόνι, μένουν μέσα τα μόρια στον αέρα και βοηθάνε, δεν μπορεί να φύγει.

Δ: Τα μόρια βοηθάνε τον αέρα;

M6: Τα μόρια είναι ο αέρας. Το γ το αποκλείουμε, το συζητήσαμε πριν. Το μπαλόνι θα σπάσει αν το βάλουμε στο καλοριφέρ και όχι στο ψυγείο.

M4: Ένα μπαλόνι θα σπάσει, αν ζεσταθεί και όχι άμα κρυώσει.

M6: Ας δούμε το δ. Το μπαλόνι θα παραμείνει αμετάβλητο; Δηλαδή τα μόρια θα κινούνται κανονικά και θα παραμείνει αμετάβλητο.

M5: Αφού το βάλουμε στην κατάψυξη κάτι θα συμβεί, δεν μπορεί να μείνει ίδιο.

M6: Στο κρύο μήπως αντέχει περισσότερο; Ας δούμε και το άλλο. Τίποτα από τα παραπάνω; Αμα δεν είναι τίποτα από τα παραπάνω μπορεί το μπαλόνι να ...

M5: Μήπως τα μόρια του αερίου με την ψύξη πηγαίνουν δηλαδή σε ένα μέρος όλα.



M4: Όλα σε ένα μέρος;

M6: Θα γίνει στερεό;

M5: Μήπως τα μόρια του αερίου με την ψύξη πρώτα θα γίνουν υγρό και μετά στερεό;

M5: Μήπως τα μόρια θα δώσουν στερεό και θα δονούνται;

Οι μαθήτριες κατέληξαν ότι ο όγκος του αέρα μικραίνει αλλά το μπαλόνι δεν παθαίνει τίποτε. Η δυσκολία τους αυτή προήλθε από την αδυναμία να συσχετίσουν την ελάττωση όγκου του αερίου και τα χτυπήματα στο μπαλόνι.

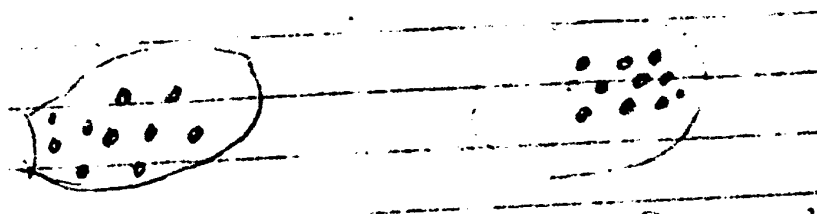
M4: Μήπως όλα τα μόρια πάνε στο κέντρο και δονούνται και το μπαλόνι μένει αμετάβλητο. Τα μόρια έρχονται κοντά και το μπαλόνι θα μείνει αμετάβλητο.

M5: Εγώ συμφωνώ με τη M4.

M6: Στη ζέστα σκάει το μπαλόνι; Αμα το πας κοντά στο καλοριφέρ σκάει; Ενώ άμα το πας κοντά στο κρύο θα μείνει αμετάβλητο.

M4: Μπορεί να μείνει αμετάβλητο.

Στο post τεστ Β και οι τρεις μαθήτριες απάντησαν λάθος ότι το μπαλόνι παραμένει αμετάβλητο.



Σχέδιο 6.3.: Σχεδίαση της συστολής αερίου μετά τη συζήτηση (Π2(Σχ1)-6))

2. Παρόμοιες δυσκολίες είχαν και οι μαθήτριες της ομάδας Ι του Π2(Σχ1). Στην ομάδα αυτή στην αρχή φάνηκε ότι τα μόρια θεωρούνται να περιέχονται στο αέριο. Η συζήτηση όμως οδήγησε σε εν μέρει αποδεκτή απάντηση.

Στην αρχή ξεδιπλώνουν τις σκέψεις τους. Η M8 αρχικά θεωρεί ότι ο όγκος δεν μεταβάλλεται αλλά μετά γίνεται στερεό λόγω ψύξης και μικραίνει. Η M1 θεωρεί ότι το μπαλόνι θα σπάσει λόγω κρύου, αναφέρει ότι η αρχική άποψη της βασιζόταν σε πείραμα που είχαν δει.

M1: Γιατί έχει σημάδια γύρω;

Δ: Για να δείξει κίνηση.

M8: Εγώ λέω ότι δεν θα κάθει τίποτε γιατί τα μόρια ούτε μεγαλώνουν ούτε μικραίνουν, δεν αλλάζουν. Τα μόρια γλιστράνε το ένα πάνω στο άλλο, μετά γίνονται ε...στερεά τα μόρια. Το μπαλόνι θα μικρύνει.

M10: Θα σπάσει;

M1: Εγώ είχα πει ότι ο κρύος αέρας θα σπάσει το μπαλόνι.

M10: Εγώ λέω ότι το μπαλόνι, ...κορίτσια θα σπάσει γιατί ο όγκος του μεγάλωσε και τα μόρια θα αρχίσουν να μεγαλώσει ο όγκος τους, νομίζω ναι.

M1: Το μπαλόνι θα σπάσει γιατί... ε... μέσα το μπαλόνι υπάρχει αέρας, υπάρχουν μόρια που κινούνται ελεύθερα. Αμα το βάλουμε στο ψυγείο...ε, το μπαλόνι, πώς να το πω, τα μόρια του μπαλονιού θα κινούνται πιο αργά, μ...θα κινούνται τα μόρια πιο αργά, ναι... και...

M8: Τα μόρια όταν γίνουν στερεά κινούνται πιο γερά πιασμένα και το μπαλόνι θα μικρύνει γιατί θα γίνει στερεό.

M1: Τα μόρια θα κινούνται πιο αργά.

M10: Θα γίνει πάγος;

M1: Όχι.

M10: Δεν μπορεί να γίνει πάγος, έχουμε αέρα.

Φαίνεται καθαρά ότι η διαστολή νερού, όταν παγώνει, οδηγεί τους μαθητές να απαντήσουν ότι θα σπάσει και το κρύο μπαλόνι. Καθώς η M8 αναπτύσσει το συλλογισμό της, διαπιστώνει ότι με ψύξη τα μόρια κινούνται αργά.

M8: Απλώς θα έρθουν πιο κοντά τα μόρια και θα κινούνται πιο αργά. Εγώ νομίζω ότι το μπαλόνι θα μικρύνει.

M1: Εγώ είχα γράψει ότι θα σπάσει, γιατί νόμιζα ότι μπήκε στην κατάψυξη, γιατί όταν είχαμε βάλει σε μια εικόνα το είδαμε στη φυσική ένα μπουκάλι έσπασε. Γιατί...

M10: Εκείνο είχε μύρα.

M1: Εγώ νόμιζα ότι δεν είχε τίποτε.

M8: Εγώ νομίζω ότι θα μικρύνει, γιατί θα κινούνται πιο αργά και θα έρθουν πιο κοντά.



M1: Μήπως μένει το ίδιο το μπαλόνι και απλώς τα μόρια κινούνται πιο αργά; Ωχ, Θεέ μου.

Δ: Για σκεφτείτε το.

M10: Τα μόρια θα κινούνται πιο αργά και ... και το μπαλόνι θα μικρύνει.

M1: Εγώ λέω ότι θα μείνει αμετάβλητο, αλλά μπορεί και να μικρύνει, δεν είμαι σίγουρη.

M8: Θα μικρύνει, επειδή τα μόρια έρχονται κοντά και κινούνται αργά.

M10: Ναι, όμως κορίτσια, τα μόρια δεν κινούνται σε μια θερμοκρασία, μήπως είναι πολύ το κρύο και δεν κινούνται;

M1: Πάντα κινούνται τα μόρια, εκτός από αυτή τη θερμοκρασία.

Δ: Στους -273 βαθμούς Κελσίου δεν κινούνται. Αλλά στο ψυγείο δεν έχουμε τέτοια θερμοκρασία.

M1: Άρα κινούνται.

M10: Έρχονται πιο κοντά, αν ήταν χαμηλή θα έμενε το ίδιο.

M1: Άρα το μπαλόνι θα μικρύνει λίγο, νομίζω... γιατί τα μόρια... έχω δυο γνώμες φυσικά, δεν ξέρω πια είναι σωστή. Το σίγουρο είναι ότι τα μόρια θα έρθουν πιο κοντά και θα κινούνται πιο αργά.

Δ: Πού είναι ο αέρας, δείξτε.

M1: Ο αέρας να, είναι εδώ (δείχνει γύρω από τα μόρια).

Οι μαθήτριες καταλήγουν ότι τα μόρια κινούνται αργά, αλλά για να δώσουν σωστή απάντηση θα πρέπει να συνειδητοποιήσουν ότι τα μόρια φτιάχνουν τον αέρα και έτσι μικραίνει ο όγκος. Στη συζήτηση δεν εστίασαν στις πιέσεις που ασκούν τα μόρια στα τοιχώματα του δοχείου και στο τεστ μετά τη συζήτηση έδωσαν εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις.

M10: Όχι, τα μόρια είναι ο αέρας.

M8: Ναι, τα μόρια είναι ο αέρας.

M1: Τα μόρια φτιάχνουν τον αέρα, οπότε το μπαλόνι μικραίνει.

M10: Σωστά.

M8: Άρα το μπαλόνι μικραίνει.

3. Στο απόσπασμα από συζήτηση μαθητριών (ομάδα 3 του Π2(Σχ2)) φαίνεται καθαρά ότι η μαθήτρια M8 έχει σωστές αντιλήψεις, παρουσιάζεται σίγουρη και αντιμετωπίζει με επιχειρήματα τις εναλλακτικές αντιλήψεις των συμμαθητριών της, ότι ο αέρας περιέχει τα μόρια. Επίσης αναφέρεται στην σύγκρουση μορίων με τα τοιχώματα του μπαλονιού.

M8: Όταν είναι ζεστό, τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα γι αυτό φουσκώνει το μπαλόνι.

Δ: Το βάζω στο ψυγείο.

M10: Θα μεγαλώσει λίγο ο ... όγκος γιατί τα μόρια σκορπίζονται όπου κινούνται και...

M2: Όσο πάει και μικραίνει, γιατί τα μόρια σαν να χάνουν τη δύναμή τους.

M13: Το μπαλόνι παίρνει ενέργεια και τα μόρια κινούνται πιο αργά, το μπαλόνι θα μικρύνει.

M8: Θα μικρύνει ο όγκος γιατί τα μόρια χάνουν θερμότητα όπως ψύχονται και έτσι κινούνται πιο αργά.

Δ: Πού είναι ο αέρας στο μπαλόνι;

M2: Στα μόρια, ανάμεσα στα μόρια.

M13: Συμφωνώ.

M8: Όχι, όχι τα μόρια είναι ο αέρας.

M10: Τα μόρια αέρα γύρω θα έχουν άλλα μόρια. Υπάρχει αέρας γύρω γύρω.

M8: Εγώ νομίζω ότι ο αέρας είναι μέσα στον αέρα, τα μόρια αποτελούν τον αέρα. Τα μόρια, ίσως, θα χτυπάνε στο μπαλόνι και το κρατάνε φουσκωμένο. Ο αέρας είναι τα μόρια και γύρω κενό.

M2: Και εγώ συμφωνώ.

M8: Θα μικρύνει ο όγκος γιατί τα μόρια θα έρθουν κοντά.

Δ: Αν το ζεστάνω;

M2: Θα κινηθούν γρήγορα και το μπαλόνι θα σπάσει.

4. Παρόμοια με την ομάδα 3 του Π2(Σχ2), και στην ομάδα 4 του Π2(Σχ1) ο μαθητής M12 δείχνει σίγουρος για την άποψή του και την υποστηρίζει. Ωστόσο, αν και δικαιολογεί την ελάττωση της απόστασης των σωματιδίων και τη μείωση όγκου του αερίου, δεν αναφέρθηκε σε χτυπήματα των μορίων στα τοιχώματα των δοχείων και αποδίδει το ξεφούσκωμα του μπαλονιού στην ελαστικότητα του υλικού του μπαλονιού.

M12: Αυτό το έχω κάνει και εγώ. Έβαλα ελαφριά μπάλα στον ήλιο και φούσκωσε.

M13: Εγώ είχα βάλει το β.

Δ: Για να βοηθήσω, βρείτε πρώτα που είναι ο αέρας.

M13: Ο αέρας είναι ανάμεσα στα μόρια.

M13: Ο αέρας είναι ανάμεσα στα μόρια.



M12: (Γελάει) τα μόρια είναι ο αέρας, ανάμεσα δεν υπάρχει τίποτε.

M13: Όταν το βάλουμε στο ψυγείο τα μόρια κινούνται πιο αργά.

M7: Εγώ λέω ότι μικρύνει το μπαλόνι. Όπως στη σφαίρα που μικρύνει με το κρύο, έτσι θα γίνει και με το μπαλόνι. Θα μικρύνει.

M12: Τα μόρια κινούνται πιο αργά και το κενό θα μειωθεί θα έρθουν κοντά και έχει λάστιχο και μαζεύεται.

Δ: Πιο θα μικρύνει περισσότερο ο αέρας ή η μπάλα;

M13: Το μπαλόνι, γιατί η μπάλα δεν έχει αέρα.

M12: Το μπαλόνι έχει αέρα είναι λάστιχο και μαζεύεται πιο εύκολα. Τα μόρια είναι μακρύτερα και μπορούν να έρθουν κοντά.

Οι μαθητές της ομάδας 2 του Π2(Σχ2) αρχικά παραθέτουν τις απαντήσεις που είχαν γράψει. Η ιδέα της κίνησης σωματιδίων, που οι μαθητές είχαν αποδεχτεί στα προηγούμενα ερωτήματα, χρησιμοποιήθηκε και εδώ για την εξήγηση της συστολής

M4: Εγώ έγραφα ότι το μπαλόνι θα μικρύνει γιατί τα μόρια θα μαζευτούν.

M15: Εγώ νομίζω ότι τα μόρια του αέρα θα κινούνται πιο αργά και το μπαλόνι θα ξεφουσκώσει λίγο.

Δ: Δεν είναι ότι λέει ο M4;

M15: Ο M4 κατάλαβα ότι λέει τα μόρια του στερεού μπαλονιού θα μαζευτούν. Εγώ εννοώ τα μόρια του αέρα που είναι μέσα.

M4: Και εγώ του αερίου εννοούσα.

M14: Εγώ κυρία το είχα σωστά, ότι το μπαλόνι θα παγώσει και θα σπάσει.

Δ: Θα παγώσει το μπαλόνι;

M5: Εγώ λέω ότι τα μόρια θα πάνε πιο αργά γιατί θα χάσουν θερμότητα και το μπαλόνι θα ξεφουσκώσει. Είχα γράψει ότι θα σπάσει αλλά δεν σπάει γιατί δεν γίνεται πάχος.

Δ: Πού είναι ο αέρας, δείξτε μου.

M5: Τα μόρια είναι ο αέρας.

M14: Αν το βάλουμε θα λιγοστεύει το μπαλόνι θα ξεφουσκώσει και θα πάει πιο σιγά τα μόρια.

M4: Ο αέρας είναι τα μόρια.

Δ: Είπαμε συγκεντρωθείτε.

Διευκρινίζουν τι σημαίνει "μαζεύονται τα μόρια" και καταλήγουν ότι το μπαλόνι θα ξεφουσκώσει, γιατί τα μόρια το χτυπάνε λιγότερο.

M15: Τα μόρια του αέρα συστέλλονται.

Δ: Μικραίνουν;

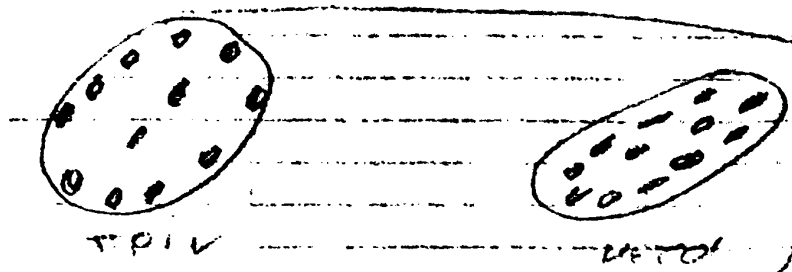
M15: Τα μόρια του αέρα συστέλλονται.

Δ: Τι εννοείς, μήπως μικραίνουν;

M15: Όχι κινούνται πιο αργά και έρχονται πιο κοντά και το μπαλόνι ξεφουσκώνει μικραίνει λίγο.

Δ: Γιατί ξεφουσκώνει;

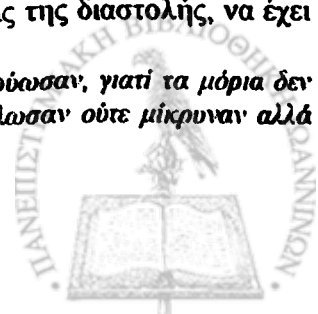
M5: Γιατί τα μόρια χτυπάνε λιγότερο το πλαστικό μπαλόνι και μαζεύεται.



Σχέδιο 6.4.: Σχεδίαση συστολής αερίου μετά τη συζήτηση (Π2(Σχ2)-15)

5. Δυσκολία στη συσχέτιση όγκου και απόστασης σωματιδίων είχε η ομάδα 1 τριών κοριτσιών του Π2(Σχ2). Στο τεστ πριν τη συζήτηση είχαν απαντήσει ότι το μπαλόνι παραμένει αμετάβλητο. Η M7 στη συζήτηση έδειξε ότι αυτή η αντίληψη προέρχεται από το γεγονός ότι τα μόρια δεν μεταβάλλονται. Η M7 συνεχίζει, όπως και στις άλλες ερωτήσεις της διαστολής, να έχει δυσκολία στην κατανόηση της σχέσης απόστασης σωματιδίων και όγκου.

M6: Τα μόρια άρχισαν να κινούνται πιο αργά, γιατί κρύωσαν. Όχι, δεν κρύωσαν, γιατί τα μόρια δεν κρύνουν. Τα μόρια κινούνται πιο αργά, και γι' αυτό τα μόρια δεν μεγάλωσαν ούτε μικρύναν αλλά απλώς κινούνται πιο αργά.



M1: Εγώ συμφωνώ.

M7: Να σας ρωτήσω κάτι; Εσύ είπες ότι δεν άλλαξε καθόλου το σχήμα του μπαλονιού. Άλλαξε καθόλου το σχήμα του μπαλονιού;

M6: Δεν ξέρω, πρέπει να έγινε λίγο πιο μικρό.

M1: Πρέπει να έγινε λίγο πιο μικρό.

M6: Έγινε πιο μικρό γιατί θα κινούνται πιο αργά τα μόρια.

M7: Εγώ πιστεύω ότι έμεινε το ίδιο.

M6: Μπορεί να έμεινε και το ίδιο γιατί μπορεί τα μόρια να κινούνται πιο αργά αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι δεν κινούνται και στο χώρο που έχει.

M7: Εγώ πιστεύω ότι μένει το ίδιο, γιατί δεν μπορεί να φύγει ο αέρας.

Δ: πού είναι ο αέρας;

M7: Τα σωματίδια είναι ο αέρας.

M6: Όταν ψυχθεί ο αέρας, τα σωματίδια κινούνται πιο αργά, δεν θα μαζευτούν στη μέση.

Η M1 προτείνει ότι το μπαλόνι μικρύνει, γιατί ό,τι ψύχεται μικραίνει. Πιο κάτω αναφέρει τα σωματίδια κινούνται πιο αργά και μικραίνει ο χώρος τους. Για να στηρίξει τα επιχειρήματά της αναφέρει παραδείγματα από την εμπειρία της, καθώς και την αναλογία του φαινόμενου με τη διαστολή με θέρμανση.

M1: Εγώ πιστεύω ότι θα μικρύνει το μπαλόνι.

M6: Κι εγώ έχω την εντύπωση ότι θα μικρύνει.

M1: Θα μικρύνει, γιατί έχουμε μάθει ό,τι ψύχεται μικραίνει.

M6: Πιστεύω ότι μικραίνει.

M1: Τα σωματίδια κινούνται πιο αργά και μικραίνει ο χώρος τους.

M7: Δεν συμφωνώ. Το μπαλόνι θα μείνει ίδιο, γιατί τα σωματίδια ούτε μεγαλώνουν ούτε μικραίνουν, κινούνται πιο αργά αλλά πιστεύω ότι το μπαλόνι θα μείνει το ίδιο.

Οι μαθήτριες M1, M6 αντιλαμβάνονται ότι η διαστολή με θέρμανση είναι ανάλογη με τη συστολή με ψύξη.

M1: Και γιατί στις άλλες ασκήσεις βγάλαμε το συμπέρασμα ότι όσο θερμαίνονται μεγαλώνουν γιατί τα σωματίδια κινούνται πιο γρήγορα; Και όταν ψύχονται μικραίνουν;

M7: Πιστεύω ότι τα μόρια δεν μεγαλώνουν.

M1: Έτσι αναιρείς τα άλλα συμπεράσματα που βγάλαμε.

M7: Δεν τα αναιρώ. Στο θερμόμετρο είπα ότι τα σωματίδια κινούνται πιο γρήγορα και αυξάνει ο όγκος.

Προφανώς η μαθήτρια M6 δεν σχετίζει την απόσταση σωματιδίων με τον όγκο του αερίου και δεν αναφέρεται στις συγκρούσεις των μορίων με τα τοιχώματα του δοχείου. Η M6 φαίνεται να μην είναι σίγουρη, καθώς σχετίζει την αύξηση όγκου του μπαλονιού με την ταχύτητα των μορίων και μόνο κατά το τέλος της συζήτησης η M6 αναφέρθηκε στην αύξηση όγκου γιατί αυξάνει η απόσταση των μορίων.

M6: Εδώ κινούνται πιο αργά και ελαττώνεται ο όγκος.

M7: Ε, ... νομίζω ότι θα μείνει το ίδιο, εντάξει τα μόρια κινούνται πιο αργά, αλλά πιστεύω ότι θα μείνει στο ίδιο μέγεθος.

M6: Ας δούμε πάλι το θερμόμετρο. Όταν το θερμάνουμε θα αυξηθεί η στάθμη, όταν το ψύξουμε θα μικρύνει. Εσύ λες θα μείνει το ίδιο. Είναι παρόμοια περίπτωση.

M7: Θα κινούνται πιο αργά αλλά μένει το ίδιο.

M6: Βρήκα ένα παράδειγμα. Έχεις ένα μπαλόνι, αν το αφήσει πολύ καιρό θα μικρύνει.

M7: Θα μικρύνει γιατί χαλαρώνει και φεύγει ο αέρας. Ή θα τρυπήσει ή..

M6: Είχα ένα μπαλόνι από αυτά τα μεγάλα στο σαλόνι. Φύγαμε και αυτό μικρύνει γιατί το σαλόνι ήταν κρύο.

M7: Δεν το έπαθε από το κρύο. Δεν συμφωνώ με τα κορίτσια. Θα μείνει το ίδιο.

M6: Εγώ συμφωνώ με την M1 που λέει ότι τα σωματίδια έρχονται κοντά και μικραίνει ο όγκος. Άλλωστε όλα τα σώματα αν ψυχθούν μικραίνει ο όγκος.

Στο τεστ μετά τη συζήτηση οι απαντήσεις των μαθητριών ήταν αποδεκτές, δεν έφτασαν όμως στη διατύπωση πλήρων απαντήσεων καθώς δεν συζήτησαν καθόλου τις πιέσεις στο μπαλόνι.

Όταν θερμαίνουμε τον αέρα, τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα και θέλουν περισσότερο χώρο (M1 τεστA). Πιστεύω το β γιατί όλα τα υλικά μικραίνουν όταν ψύχονται, τα μόρια του αέρα όταν ψύχουμε που υπάρχουν μέσα στο μπαλόνι κινούνται πιο αργά (M1 τεστB).



Όταν το μπαλόνι έχει ζεστό αέρα, τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα και ο αέρας ξέρουμε ότι όταν είναι ζεστός ανεβαίνει προς τα πάνω αλλά κάτω δεν είναι άδειο το μπουκάλι, αλλά απλώνεται σε όλο το χώρο που του δίνεται (M6 τεστΑ).

Τα μόρια του μπαλονιού θα κινούνται πιο αργά και το μπαλόνι θα μικρύνει λίγο (M6 τεστB).

Τα μόρια του αερίου απλώνονται και έτσι αυξάνεται ο όγκος του (M7 τεστΑ).

Το μπαλόνι μικραίνει, τα μόρια κινούνται πιο αργά (M7 τεστB).

6.3.2. Ανάλυση των συζητήσεων στις ομάδες ως προς τη στρατηγική λύσης προβλήματος

Όσον αφορά τη διαχείριση της γνώσης στην ομάδα, φαίνεται ότι η διατύπωση όσο το δυνατόν περισσότερων εναλλακτικών απόψεων και η εξέταση τους με βάση τις ιδιότητες των μορίων οδηγούν τους μαθητές σε αποδεκτές λύσεις. Παρατηρείται επίσης μια τάση των μαθητών να απαντούν αυθόρμητα στο μακροσκοπικό τεστ με μακροσκοπικές εξηγήσεις και καταφεύγουν τη χρήση μορίων, αφού η εξήγηση που δίνουν δεν φαίνεται επαρκής.

1. Η απροθυμία των μαθητριών της ομάδας 1 του Π2(Σχ2) να χρησιμοποιούν μόρια φάνηκε και στην ερμηνεία διαστολής του αέρα σε μακροσκοπικό επίπεδο.

Ο αέρας όταν θερμαίνεται, ανεβαίνει προς τα πάνω (M1, M6).

Ο αέρας κάνει από την θερμότητα κάτι σαν κύκλο, ρεύματα (M7).

Στο μικροσκοπικό τεστ και οι τρεις μαθήτριες θεώρησαν ότι το μπαλόνι θα είναι αμετάβλητο γιατί τα μόρια δεν μεγαλώνουν ή μικραίνουν.

Η M7 προτείνει ρεύματα αέρα, η M1 και η M6 τα ζεστά πάνε προς τα πάνω.

M7: Ξέρουμε ότι όταν θερμαίνεται το νερό, κάνει κάτι σαν κύκλο, ο αέρας ανεβαίνει και κάνει κύκλους.

M1: Συγγνώμη, μέσα στο μπουκάλι υπάρχει νερό;

M7: Στο μπουκάλι υπάρχει αέρας.

M1: Εγώ πιστεύω ότι ο ζεστός αέρας πάει προς τα πάνω, έτσι είχαμε μάθει.

M6: Συμφωνώ.

M7: Έτσι έλεγα κι εγώ, ότι ο ζεστός αέρας πάει προς τα πάνω.

M6: Στην αρχή ο αέρας στο μπουκάλι ήταν κρύος, μετά τον θερμάναμε και ο αέρας, όταν τον θερμάναμε πήγε προς τα πάνω.

Δ: Κάντε ένα σχέδιο

Η σχεδίαση οδήγησε τις μαθήτριες να προτείνουν κίνηση και απόσταση σωματιδίων και αύξηση χώρου, η μαθήτρια M7 πάλι μιλάει για ρεύματα αέρα, ίσως γιατί δεν κατανόησε τη σχέση απόστασης σωματιδίων και όγκου αέρα.

M1: Εσύ M7 λες ότι πάνε πάνω τα σωματίδια, όταν ζεσταίνεται ο αέρας. Έτσι όμως δεν θα υπάρχουν στο κάτω νερό του μπουκαλιού, ενώ εμείς λέμε ότι θα υπάρχουν παντού. Κατάλαβες;

2. Μια άλλη παρατήρηση αφορά την έκταση της συζήτησης στην ομάδα. Αν διατυπώνεται η σωστή άποψη από κάποιον μαθητή που τα καταφέρνει στα μόρια αλλά αυτή δεν συζητιέται επαρκώς ή δεν εξετάζονται οι εναλλακτικές απαντήσεις, η σωστή άποψη γίνεται αποδεκτή στην ομάδα αλλά στο τελικό τεστ κάποιοι μαθητές διατηρούν τις εναλλακτικές απόψεις. Στην ομάδα 4 του Π2(Σχ1) έγινε κάτι ανάλογο.

M7: Το μπαλόνι φουσκώνει όταν το βάζουμε στο ζεστό νερό. Ο αέρας ζεσταίνεται και τα μόρια κινούνται πιο ελεύθερα και απλώθηκε.

M12: πήγαν και πάνω τα μόρια.

M13: συμφωνώ.

Επειδή οι προτάσεις δεν αναλύθηκαν ιδιαίτερα, ο M7 στο post τεστ έδωσε εναλλακτική απάντηση όπως ο ζεστός αέρας ανεβαίνει προς τα πάνω.

3. Και στο παρακάτω απόσπασμα από τη συζήτηση κοριτσιών, οι απαντήσεις δεν συζητήθηκαν ούτε εξετάστηκαν οι εναλλακτικές απαντήσεις. Στην ομάδα 3 κοριτσιών του Π2(Σχ2) που ακολουθεί, η μαθήτρια M8 είχε διατυπώσει πλήρως ορθή απάντηση στο τεστ Α και Β.

Τα μόρια δονούνται πιο έντονα και παίρνουνε μεγαλύτερο χώρο ενώ με την ψύξη τα μόρια δονούνται λιγότερο και παίρνουν μικρότερο χώρο (M8).



Η Μ2 έδωσε εναλλακτικές απαντήσεις και στα δυο τεστ. Στο τεστ Α απαντά “η σφαίρα είναι σαν να πρήζεται”, ενώ στο τεστ Β “τα μόρια μαζεύονται, η ουσία διαστέλλεται και τὰ μόρια μαζεύονται”. Η Μ10 έδωσε εν μέρει αποδεκτές με κίνηση και απόσταση σωματιδίων. Η Μ13 θεωρεί ότι η σφαίρα παίρνει ενέργεια και διαστέλλεται στο τεστ Α ενώ στο τεστ Β ότι τα μόρια κινούνται και απομακρύνονται.

Κατά τη συζήτηση οι λαθεμένοι ισχυρισμοί της Μ2 απορρίφθηκαν από την Μ13 ενώ η Μ8 έδωσε μια πιο επεξεργασμένη άποψη και η Μ10 φαίνεται να συμφωνεί.

Μ8: Διαστάθηκε και αυξήθηκε ο όγκος συστέλλεται και περνάει.

Μ13: Όταν θερμαίνεται, τα μόρια παίρνουν ενέργεια και διαστέλλεται και όταν κρυώνει συστέλλεται.

Μ8: Εγώ πιστεύω ότι τα μόρια επειδή παίρνουν ενέργεια κινούνται πιο γρήγορα και πιάνουν περισσότερο χώρο.

Μ2: Εγώ πιστεύω ότι μεγαλώνουν τα μόρια...

Μ13: Τα μόρια δεν αλλάζουν, δεν διαστέλλονται.

Μ10: Ναι.

Μ8: Αλλάζει μόνο το σχήμα που θα κάνουν υγρό, στερεό και αέριο. Κινούνται πιο γρήγορα και πιάνουν περισσότερο χώρο.

Α: Τι λέμε όγκο;

Μ8: Ο χώρος που πιάνει.

Α: Έχει διαφορά από το βάρος;

Μ8: Το βάρος είναι πόσο ζυγίζει ενώ ο όγκος είναι ο χώρος.

Μετά τη συζήτηση η Μ8 συνεχίζει να δίνει πλήρεις απαντήσεις, η Μ2 διατηρεί τις εναλλακτικές απόψεις (τα μόρια διαστέλλονται) ενώ η Μ13 και Μ10 δίνουν εν μέρει αποδεκτές απόψεις

Τα μόρια όταν τους δίνουμε ενέργεια κινούνται πιο γρήγορα και διασκορπίζονται (Μ13).

Τα μόρια κινούνται παντού και αφαιρώνουν (Μ10).

4. Στην προηγούμενη συζήτηση αλλά και σε αυτή που ακολουθεί φαίνεται η επιρροή ενός καλού μαθητή, που διατυπώνει πλήρεις απαντήσεις, στα άλλα μέλη της ομάδας.

Στο παρακάτω απόσπασμα από τη συζήτηση ομάδας 4 τριών αγοριών του Π2(Σχ1) για τη διαστολή στερεού ο μαθητής Μ12 διατυπώνει πλήρεις απαντήσεις και πείθει τους φίλους του Μ13 και Μ7 που αρχικά είχαν διατυπώσει εναλλακτικές απόψεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην εξετάζονται εκτενώς οι εναλλακτικές αντιλήψεις. Ο μαθητής Μ12 είχε δώσει στο pre τεστ αποδεκτές απαντήσεις ενώ οι Μ7, Μ143 εναλλακτικές.

Η σφαίρα διαστέλλεται και τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα και ο χώρος μεταξύ τους αυξάνεται ενώ όταν ψύχεται τα μόρια κινούνται πιο αργά και το κενό μειώνεται (Μ12).

Η θερμότητα μπαίνει μέσα και το φουσκώνει (Μ7 τεστΑ).

Τα μόρια είναι μέσα και αφού διαστέλλεται κινούνται σε μεγαλύτερο χώρο (Μ7 τεστ Β).

Η μπάλα διαστέλλεται γιατί παίρνει θερμότητα (Μ13 τεστΑ).

Τα μόρια μεγαλώνουν γιατί παίρνουν θερμότητα (Μ13 τεστΒ).

Στη διάρκεια της συζήτησης για τη διαστολή στερεού, όταν οι Μ7, Μ13 έδιναν εναλλακτικές απαντήσεις, ο Μ12 έδινε πλήρη εξήγηση, η οποία όπως φαίνεται γινόταν αποδεκτή από τους Μ7, Μ13

Μ13: Μήπως με την θέρμανση μεγάλωσαν τα μόρια;

Μ7: Τα μόρια μεγαλώνουν; Δεν μεγαλώνουν αλλά κινούνται.

Μ12: Σε όλες τις ουσίες τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα, όταν θερμανθούν, κάνουν μεγαλύτερες κινήσεις και αυξάνει ο όγκος. Όπως δονούνται, επειδή παίρνουν θερμότητα, κινούνται πιο γρήγορα και κάνουν πιο μεγάλες δονήσεις αλλά μένουν στη θέση τους. Έτσι μεγαλώνει ο όγκος.

Στην ερώτηση για τη διαστολή υγρού πάλι ο Μ12 έδωσε πλήρεις απαντήσεις.

Μ12: Δεν ζεσταίνονται τα μόρια, αλλά κινούνται πιο γρήγορα. Ανεβαίνουν και πάνε στον κενό χώρο. Δηλαδή πάνε προς τα πάνω, γιατί έχει κενό χώρο. Τα μόρια είναι κοντά αλλά πάνε προς τα κει που έχει χώρο.

Μ7: (Διακόπτει) τότε πιάνουν περισσότερο χώρο και ανεβαίνει η στάθμη για να κινούνται πιο ελεύθερα.



6.4. Συμπεράσματα στην ενότητα θερμικής διαστολής

Η ομάδα Ε δίνει για την ερμηνεία της διαστολής στερεών, υγρών και αερίων εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 81,9%. Παρατηρήθηκε επίσης μεγάλος αριθμός ταυτολογικών απαντήσεων σε ποσοστό 13%. Οι μαθητές δικαιολογούν τη διαστολή λέγοντας ότι "έτσι γίνεται, όταν θερμανθούν τα σώματα αυξάνει ο όγκος". Η άποψη αυτή είναι αποδοχή της μακροσκοπικής περιγραφής που διδάχθηκαν στα μαθήματα ως εξήγηση και μια διαισθητική αντίληψη ότι η θέρμανση αυξάνει τον όγκο. Ορισμένα "γεγονότα" που αναφέρονται στη θερμότητα όπως "τα ζεστά αντικείμενα διαστέλλονται" ενώ είναι γνωστά στα παιδιά, δεν μπορούν να τα εξηγήσουν. Το εύρημα αυτό αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (Engel Clough and Driver 1985). Οι αποδεκτές απαντήσεις των μαθητών της Ε για τη διαστολή είναι ελάχιστες (0,6% πλήρεις σωματιδιακές και 1,1% εν μέρει μικροσκοπικές). Αναλυτικότερα οι μαθητές της Ε ερμηνεύουν τη διαστολή στερεού λέγοντας ότι μπαίνει θερμότητα και φουσκώνει ή μπαίνει ενέργεια και κάνει το μπαλόνι πιο μεγάλο (33,9%) ή τα συστατικά αραιώνουν γιατί μπαίνει θερμότητα. Η θερμότητα φαντάζει ως μια οντότητα, η οποία έχει τις ιδιότητες μιας υλικής ουσίας. Παρόμοια αναφέρουν και Engel Clough and Driver (1985). Σε μικρότερα ποσοστά η διαστολή αποδίδεται στον αέρα ή στη διαστολή των μορίων. Μεγάλο ποσοστό μαθητών (42,4%) θεωρεί ότι η άνοδος της στάθμης του υδραργύρου είναι μια ιδιότητα των θερμομέτρων, που είναι φτιαγμένα έτσι ώστε να αυξάνει η θερμοκρασία. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρει και Appleton (1985) που διαπιστώνει ότι οι μαθητές έχουν υψηλό βαθμό άγνοιας σχετικά με βασικές έννοιες γύρω από τη θερμοκρασία και τη μέτρησή της. Για την ερμηνεία διαστολής υγρού, αρκετοί μαθητές (25,4%) ισχυρίζονται ότι η θερμότητα ανεβάζει τα πράγματα προς τα πάνω, ότι τα ζεστά ανεβαίνουν. Επίσης αρκετοί μαθητές αναφέρουν ότι ο υδράργυρος διαστέλλεται, όταν θερμανθεί και αυξάνει ο όγκος, γιατί μπαίνει θερμότητα (18,6%). Η διαισθητική αντίληψη ότι η θερμότητα κάνει τα αντικείμενα να μεγαλώνουν (να διαστέλλονται) ίσως χρησιμοποιείται από τους μαθητές γα να εξηγήσουν πώς ένα υγρό διαστέλλεται σε ένα σωλήνα. Αυτή η χρήση αναφέρεται και από Erickson (1977). Οι απαντήσεις των μαθητών για τη διαστολή αερίου είναι εναλλακτικές μακροσκοπικές σε ποσοστό 98,3%. Η διαστολή αποδίδεται στην κίνηση ζεστού αέρα προς τα πάνω, στα ρεύματα. Η απάντηση αυτή είναι απόρροια της διαισθητικής άποψης ότι τα ζεστά είναι και πιο ελαφριά και της άποψης ότι τα αέρια είναι συνεχή και συνεπώς μετακινούνται όταν πιέζονται ή διαστέλλονται. Η άποψη αυτή σημειώθηκε και σε Kpel (1998). Μεγάλη προτίμηση έχει η άποψη ότι η ενέργεια ή θερμότητα φουσκώνει το μπαλόνι (25,4%). Αρκετοί μαθητές ισχυρίζονται ότι μπήκε μέσα ζεστός αέρας ή υδρατμός ή δημιουργήθηκε υδρατμός δείχνοντας περιορισμένη εστίαση. Μικρή προτίμηση έχει και η διαισθητική άποψη ότι το αέριο ζεστάθηκε και απλώθηκε.

Η ομάδα Π1 δίνει αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 64,4% στο τεστ Α και 80,7% στο τεστ Β από τις οποίες πλήρεις απαντήσεις είναι το 28,1% στο τεστ Α και 25,1% στο τεστ Β. Και στα δυο τεστ σε ποσοστό 11,1% στα μόρια αποδίδονται μακροσκοπικές ιδιότητες (μοντέλο Β). Οι μαθητές της Π1 σημείωσαν καλύτερες επιδόσεις στη διαστολή στερεού που διδάχθηκαν. Επίσης σημείωσαν καλύτερες επιδόσεις στο τεστ Β. Στη διαστολή υγρού οι αποδεκτές απαντήσεις των μαθητών της Π1 ήταν λιγότερες καθώς δεν αναφέρθηκαν με σαφήνεια στο γεγονός ότι τα μόρια γλιστράνε και πετάγονται πιο μακριά χωρίς να αλλάζει η δομή του υγρού. Οι αποδεκτές απαντήσεις στη διαστολή αερίου ήταν λιγότερες από τη διαστολή στερεού και υγρού. Οι πλήρεις απαντήσεις που σημειώθηκαν εδώ ήταν λιγότερες από τις άλλες ερωτήσεις. Στο τεστ Β η ερώτηση που δόθηκε αφορούσε τη συστολή μπαλονιού που περιείχε αέρα. Η πλειονότητα των μαθητών της Π1 απάντησε ότι το μπουκάλι θα μικρύνει γιατί τα μόρια χάνουν ενέργεια και έρχονται πιο κοντά χωρίς να κάνουν αναφορά στην πίεση που ασκούν τα μόρια στα τοιχώματα του δοχείου. Η άγνοια πίεσης ίσως οδηγεί και στην εναλλακτική άποψη ότι το μπαλόνι δεν παθαίνει τίποτα αν και τα μόρια έρχονται κοντά. Για πολλούς μαθητές η συστολή αερίου δεν θεωρείται αντίστροφη διαδικασία από τη διαστολή. Ο τρόπος σκέψης των μαθητών είναι αλυσιδωτός με προτιμώμενη κατεύθυνση (γραμμικός αιτιακός συλλογισμός (Driver 1985/1993, 273-285).



Για το Π2(διδ) που δίνει ανάλογες απαντήσεις με το Π1, οι αποδεκτές απαντήσεις είναι σε μικρότερα ποσοστά από την Π1 ενώ οι εναλλακτικές περισσότερες. Ωστόσο οι διαφορές μεταξύ Π1 και Π2(διδ) δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Η συζήτηση στην ομάδα Π2(συζ) (τμήματα Π2(Σχ1) και Π2(Σχ2)) όχι μόνο βελτίωσε την επίδοση αλλά βοήθησε τους μαθητές σε μεγάλα ποσοστά να δώσουν αποδεκτές απαντήσεις. Έτσι η Π2(συζ) δίνει αποδεκτές σε ποσοστό 83,9% στο τεστ Α και 87,6% στο τεστ Β. Επίσης μετά τη συζήτηση απουσιάζουν σχεδόν οι εναλλακτικές απαντήσεις που θεωρούσαν ότι τα μόρια περιέχονται μέσα στις ουσίες (Μοντέλο Α). Επίσης ελαττώνονται σημαντικά οι εναλλακτικές απαντήσεις που αποδίδουν μακροσκοπικές ιδιότητες στα μόρια (Μοντέλο Β).

Στην ερώτηση για τη διαστολή αερίου μετά τη συζήτηση στις ομάδες η Π2(συζ) παρουσιάζει επίδοση καλύτερη από την Π1 στο τεστ Α και δίνει περισσότερες πλήρεις απαντήσεις. Η συζήτηση βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν την κίνηση και απομάκρυνση των μορίων καθώς και κάποιους μαθητές τις πιέσεις στα τοιχώματα.

Μετά τη συζήτηση στις ομάδες του Π2(συζ) βελτιώθηκαν το των απαντήσεων στο τεστ Α και το 61,7% στο τεστ Β.

Η συζήτηση στις ομάδες βελτίωσε τις απαντήσεις σε ερωτήσεις διατυπωμένες σε μακροσκοπικό πλαίσιο. Πράγματι μετά τη συζήτηση στις ομάδες του Π2(συζ) βελτιώθηκαν το 72,8% των απαντήσεων στο τεστ Α και το 61,7% στο τεστ Β. Διατηρήθηκαν πριν και μετά τη συζήτηση το 27,2% των απαντήσεων στο τεστ Α και το 38,3% στο τεστ Β.

Συνοψίζοντας οι μαθητές ερμηνεύουν τη διαστολή στερεού με όρους αύξησης της απόστασης και της κινητικότητας των σωματιδίων χωρίς τα σωματίδια να μεταβληθούν ως προς το μέγεθος. Για την ερμηνεία της διαστολής αερίου απαιτείται να δοθεί έμφαση κατά τη διδασκαλία στις πιέσεις που ασκούν τα αέρια στα τοιχώματα των δοχείων.

Από τις συζητήσεις στην ομάδα Π2(συζ) (τμήματα Π2(Σχ1), Π2(Σχ2)) προκύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Γενικά η ερμηνεία της διαστολή στερεών και υγρών στη συζήτηση στις ομάδες δεν δυσκόλεψε τους μαθητές και αποδόθηκε σε αύξηση της κίνησης των μορίων και σε κάποιες ομάδες σε χαλάρωση δεσμών. Συζητήθηκαν και ανασκευάστηκαν προτάσεις που αφορούσαν την αύξηση αριθμού μορίων και τη διαστολή μορίων και την απομάκρυνση των μορίων που είναι μέσα στις ουσίες. Η κυριότερη δυσκολία αφορά τη διαστολή και συστολή αερίου. Στο μακροσκοπικό τεστ οι μαθητές εστίασαν περισσότερη στην εξάτμιση νερού και την είσοδο ατμού μέσα στο μπουκάλι και όχι στη διαστολή του αερίου, ίσως γιατί θεωρούν ότι ο αέρας είναι άυλος. Η επισήμανση ότι δεν μπαίνει ατμός από έξω οδήγησε τους μαθητές σε αποδεκτές γενικά λύσεις. Σε μικροσκοπικό επίπεδο όμως στη συστολή αερίου με ψύξη οι μαθητές αντιμετώπισαν δυσκολίες:

- Θεωρούσαν ότι το μπαλόνι θα σπάσει κάτι ανάλογο με τη διαστολή νερού με ψύξη.
- Θεωρούσαν ότι τα μόρια είναι μέσα στον αέρα και δεν τον συνιστούν τον αέρα.
- Δεν συσχετίζαν την ελάττωση όγκου του αερίου και τα χτυπήματα στο μπαλόνι δηλαδή με τις πιέσεις που ασκούν τα μόρια στα τοιχώματα. Η πιο συνηθισμένη απάντηση ήταν ότι τα μόρια έρχονται κοντά γιατί κινούνται λιγότερο αλλά το μπαλόνι παραμένει αμετάβλητο. Η άποψη αυτή επηρεάζεται και από τη θεώρηση ότι τα μόρια δεν μεταβάλλονται.

Η πρώτη δυσκολία αντιμετωπίστηκε σε όλες τις ομάδες, κυρίως γιατί οι εναλλακτικές απαντήσεις που έδινε η ερώτηση ταίριαζαν περισσότερο με όσα είχαν μάθει.

Η δεύτερη δυσκολία αντιμετωπίστηκε καθώς σε όλες τις ομάδες τουλάχιστον ένας μαθητής αναφέρθηκε στα μόρια ως δομικά υλικά του αερίου και αυτό φάνηκε λογικό με βάση αυτά που είχαν μάθει στη σειρά μαθημάτων. Οι ομάδες που δεν μπόρεσαν να εξετάσουν τη δυσκολία 3 δεν οδηγήθηκαν σε αποδεκτές λύσεις. Επίσης και στην ομάδα που αναφέρθηκε αυτή η σχέση μαθητές που δεν κατανόησαν τη συσχέτιση μείωσης όγκου με τα χτυπήματα στο μπαλόνι δεν μπόρεσαν να οδηγηθούν σε πλήρεις απαντήσεις.



Η ερμηνεία της διαστολής απαιτεί συσχέτιση της αύξησής της απόστασης σωματιδίων με την αύξηση όγκου.

Η επίδοση των ομάδων σχετίζεται με τη συζήτηση εναλλακτικών απόψεων και την απόρριψή τους. Εναλλακτικές απόψεις, όπως μπαίνουν μόρια θερμότητας, τα μόρια διαστέλλονται ή τα μόρια απομακρύνονται και πιέζουν τη σφαίρα ή τα μόρια πλησιάζουν και τραβάνε τον αέρα αντιμετώπιστηκαν σε όλες τις ομάδες καθώς έρχονταν σε αντίθεση με το μόριο ως αμετάβλητος δομικός λίθος στα φαινόμενα που μελετήσαμε. Σε ομάδες που ερμηνεύτηκαν τα φαινόμενα με αποδεκτό τρόπο από ικανό μέλος της ομάδα χωρίς να εξεταστούν εναλλακτικές απόψεις παρατηρήθηκε δυσκολία στην αποδοχή από όλα τα μέλη της αποδεκτής άποψης. Στην εξέταση των εναλλακτικών απόψεων βοηθάει αποτελεσματικά και η σχεδίαση.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Διάλυση

Οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με την διαδικασία της διάλυσης αλλά η εξήγησή της απαιτεί τη βασική ιδέα της αλληλεπίδρασης των σωματιδίων. Οι μαθητές στη σειρά μαθημάτων για την εισαγωγή στοιχειώδους σωματιδιακού μοντέλου διδάχθηκαν ότι τα σωματίδια των ουσιών συνεχώς κινούνται και ανακατεύονται χωρίς να μεταβάλλονται και υπάρχουν δυνάμεις που συνδέουν τα μόρια μεταξύ τους ενώ τα σωματίδια των ουσιών αλληλεπιδρούν. Την ενότητα διδάχθηκαν οι μαθητές της Π1 και από την Π2 το τμήμα Π2(Σχ1) (Π2(διδ)) και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται μαζί. Οι μαθητές των Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3) συζήτησαν τη διάλυση στις ομάδες κι αποτέλεσαν την ομάδα Π2(συζ). Οι ερωτήσεις που απάντησαν οι μαθητές αφορούσαν: 1. Διάλυση κόκκου αλατιού σε νερό (εξήγηση), 2. Τι συμβαίνει μετά από αρκετή ώρα (πρόβλεψη), 3. Γιατί ένας κόκκος άμμου δεν διαλύεται (πρόβλεψη), 4. Διάλυση με θέρμανση (πρόβλεψη), 5. Διάλυση με ανακάτεμα (πρόβλεψη) (ερωτήσεις 6, 7 στο τεστ Α και 10, 11 στο τεστ Β Παράρτημα. Π2.2, Π2.3.)

7.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων ανά ερώτηση και ομάδα -Σχολιασμός

7.1.1. Διάλυση κόκκου αλατιού σε νερό

Οι συχνότητες ανά τύπο απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.1.1.1 και 7.1.1.2.

Πίνακας 7.1.1.1: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών των ομάδων Ε και Π1 και Π2(διδ) στην ερώτηση για τη διάλυση κόκκου αλατιού στο νερό

Τύπος απαντήσεων Ερμηνεία διάλυσης κόκκου αλατιού σε νερό	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ			
	Etest (N=59)	Π1test (N=57)	Π1test (N=57)	Π2(διδ) testA(N=14) Π2(διδ) testB(N=14)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	45	48	9	9
Πλήρεις σωματιδιακές	27	32	7	8
Εν μέρει σωματιδιακές με αναφορά στο ρόλο νερού	14	14	2	1
Εν μέρει σωματιδιακές - παθητικός ρόλος νερού	4	2		
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	58	1		
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	1	11	8	5
Όχι απάντηση			1	

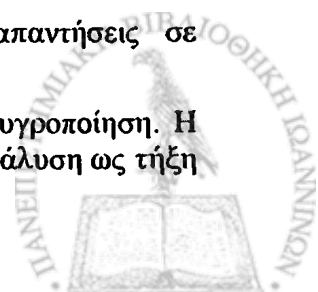
Πίνακας 7.1.1.2: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας Π2(συζ) στην ερώτηση για τη διάλυση κόκκου αλατιού στο νερό

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ			
	Π2(συζ) preA(N=40)	Π2(συζ) preB(N=40)	Π2(συζ) postA(N=36)	Π2(συζ) postB(N=36)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	8	14	23	27
Πλήρεις σωματιδιακές	2	2	16	16
Εν μέρει σωματιδιακές με αναφορά στο ρόλο νερού	1		3	3
Εν μέρει σωματιδιακές - παθητικός ρόλος νερού	4	12	4	8
Εν μέρει μακροσκοπικές	1			
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	21		1	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	11	25	12	9
Δεν απαντούν		1		

Ομάδα ελέγχου (E)

Οι μαθητές της E ερμήνευουν τη διάλυση δίνοντας εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο σε ποσοστό 98,3%.

– Ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών (44,1%) εξηγεί την διάλυση ως τήξη - υγροποίηση. Η ζάχαρη γίνεται υγρή και ανακατεύεται με το νερό και γίνεται μέρος του νερού. Η διάλυση ως τήξη



είναι το δεύτερο στάδιο της εξήγησης τριών σταδίων που περιγράφηκε από Piaget & Inhelder (1974). Το πρώτο στάδιο είναι η ερμηνεία διάλυσης ως εξαφάνιση και το τρίτο στάδιο είναι εξηγήσεις της διάλυσης με χρήση σωματιδίων. Οι Slone & Bokhurst (1992) αναφέρουν ότι το ποσοστό των μαθητών που θεωρούν ότι η διάλυση είναι υγροποίηση είναι 7% στην ηλικία 4 - 6 χρόνων και 74% σε ηλικία 12-14 χρόνων. Ερμηνείες διάλυσης ως υγροποίηση αναφέρονται και σε άλλες έρευνες (Driver 1989, Prieto 1989, Lee et al. 1993). Ο Jones (1984) συσχετίζει την κατανόηση διάλυσης και τήξης δηλώνοντας ότι η διάλυση είναι στην πραγματικότητα λιώσιμο με παρουσία νερού.

- Ένα μοντέλο διάλυσης, που μπορούμε να το χαρακτηρίσουμε ως μικτό, αναφέρεται στη σταδιακή διάσπαση σε κόκκους και στη συνέχεια αυτοί λιώνουν και δεν φαίνονται (ποσοστό 27,1%). Ο διαχωρισμός της ουσίας σε κομμάτια είναι μια προσωρινή κατάσταση και ακολουθεί διάσπαση μέχρι να "διαλυθεί" / να λιώσει. Αυτή η εναλλακτική άποψη αποδίδεται στο γεγονός ότι η σκέψη των μαθητών είναι κυριαρχούμενη από την αισθητηριακή αντίληψη καθώς τα παιδιά βασίζονται στους συλλογισμούς τους σε παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά (Driver 1985/1993). Αυτό το μικτό μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί ενδιάμεσο μεταξύ δεύτερου και τρίτου σταδίου που περιέγραψαν οι Piaget & Inhelder (1974). Στο τρίτο στάδιο των εξηγήσεων για τη διάλυση, που περιγράφηκε από Piaget & Inhelder (1974), βρίσκονται παιδιά που δίνουν ατομιστικές εξηγήσεις και αντιπροσωπεύουν το 13% σε ομάδα 12-14 παιδιών. Στην περιγραφή της διαδικασίας της διάλυσης τα παιδιά χρησιμοποιούν λέξεις όπως "σπάνε" (το νερό σπάει τους κρυστάλλους ζάχαρης) ή "σπρώχνουν" (το νερό σπρώχνει τα σωματίδια ζάχαρης χωριστά) (Driver 1989). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται από Hatzinikita & Koulaïdis (1997), Haidar & Abraham (1991). Οι Slone & Bokhurst (1992) αναφέρουν ότι οι σωματιδιακές ιδέες αποτελούν μια πιο ώριμη οικοδόμηση γνώσης από ότι η υγροποίηση και ότι ο ατομισμός είναι προϊόν του σχολείου, καθώς οι μαθητές σπάνια χρησιμοποιούν σωματιδιακές ιδέες.

- Ένα μικρό ποσοστό μαθητών (18,6%) θεωρεί ότι η ζάχαρη αφομοιώνεται, ότι σκόρπισαν οι ουσίες της. Αυτή η αφομοίωση μπορεί να είναι προσωρινή σε ποσοστό 10,2% και θεωρείται ότι η ουσία αλάτι ορίζεται από τις μακροσκοπικές ιδιότητές της, την σκληρή κρυσταλλική δομή. Έτσι με την διάλυση το αλάτι ως κρύσταλλος με τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά δεν υπάρχει πλέον. Μπορεί όμως να αντιστραφεί η διαδικασία και να ξαναπάρουμε την ουσία. Παρόμοια είναι και η άποψη ότι η ζάχαρη εξαφανίζεται - εξατμίζεται αλλά μόνιμα όταν διαλύεται στο νερό (8,5%). Αυτή η αντίληψη θεωρεί ότι οι ιδιότητες της ζάχαρης μεταβιβάζονται στο νερό ως γλυκιά γεύση. Επίσης η ζάχαρη δεν συμβάλλει στο βάρος του διαλύματος, απλώς η ζάχαρη διαλύεται. Οι μαθητές που διατηρούν αυτή την εναλλακτική άποψη βρίσκονται στο πρώτο στάδιο περιγραφής της διάλυσης κατά Piaget & Inhelder (1974). Ένα μικρό ποσοστό μαθητών (6,8%) ερμηνεύει τη διάλυση ως αλλαγή θέσης των κομματιών αλατιού που αφήνουν τον κρύσταλλο και κατακάθονται. Η διάλυση με βάση αυτή την εναλλακτική άποψη περιγράφεται ως μίγμα με την έννοια της μετατόπισης ή εκτόπισης (Anderson 1990) και όχι ως μια αλληλεπίδραση των σωματιδίων ζάχαρης με το νερό.

- Η εναλλακτική άποψη ότι κατά τη διάλυση γίνεται σύνθεση, δηλαδή η διαδικασία της διάλυσης μπορεί να θεωρηθεί ως συνδυασμός ή πρόσθεση από κοινού μορίων με διαφορετικό είδος, χωρίς πραγματική επίδραση στις βασικές ιδιότητες δεν εμφανίστηκε παρά μια φορά. Σε αυτή την απάντηση 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. Η εναλλακτική αυτή αναφέρεται και από Anderson, (1990), Meheut et al. (1985).

Πήρε θερμότητα από το νερό και έλιωσε, είχε μικρή θερμοκρασία (E-40).

Λιώνει και γίνεται ένα με το νερό (E-37).

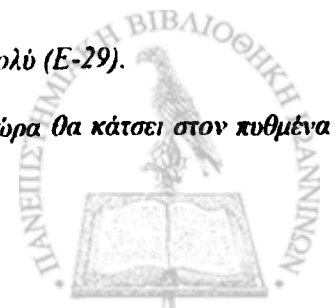
Λιώνει και γίνεται μικρό και δεν φαίνεται (βάζει κόκκους και μετά τίποτα) (E-27).

Έλιωσε, τα κομμάτια έλιωσαν και σκόρπισαν οι ουσίες του, στην αρχή λίγο μετά πολύ (E-29).

Εξαφανίζεται αλλά υπάρχει σαν ένα (E-42).

Ο κόκκος αλατιού διαλύθηκε, δηλαδή, σκόρπισε σε μικρά κομμάτια και σε λίγη ώρα θα κάτσει στον πυθμένα (E-50).

Τα άτομα ενώθηκαν με του νερού (E-44).



Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Στο τεστ Α το 78,9% της Π1 δίνει αποδεκτές απαντήσεις (47,4% πλήρεις μικροσκοπικές, 24,6% εν μέρει μικροσκοπικές). Υψηλό ποσοστό αποδεκτών απαντήσεων (ποσοστό 58%) για μαθητές της ίδιας ηλικίας αναφέρεται και από Lee et al. (1993). Οι εναλλακτικές απαντήσεις είναι κυρίως σε μικροσκοπικό επίπεδο (ποσοστό 19,3%). Οι κυριότερες αφορούν την σταδιακή διάσπαση των σωματιδίων χωρίς το ρόλο νερού σε ποσοστό 10,5% και με το ρόλο νερού σε ποσοστό 7,0%. Ένα μικρό ποσοστό (1,8%) εναλλακτικών απαντήσεων αφορά την αλλαγή θέσης. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις της Π1 είναι σε ποσοστό 84,2% (56,1% πλήρεις μικροσκοπικές, 28,0% εν μέρει μικροσκοπικές). Οι εναλλακτικές απαντήσεις είναι κυρίως σε μικροσκοπικό επίπεδο 14,0%. Οι μισές αφορούν την σταδιακή διάσπαση των σωματιδίων με ρόλο νερού και οι άλλες χωρίς το ρόλο νερού.

Πλήρεις απαντήσεις

Τα μόρια νερού κάνουν μια "επίθεση" στους κόκκους της ζάχαρης και τους διασπούν σε πολλά μόρια που διασκορπίζονται στο νερό και δεν φαίνονται (Π1-27).

Τα μόρια νερού σπάνε τον κόκκο αλάτι σε μόρια αλατιού και τραβάνε από ένα και έτσι το αλάτι διαλύεται (Π1-38).

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις

Το νερό μπαίνει μέσα στα μόρια του αλατιού και το διασπά. Έτσι διαλύεται και δεν φαίνεται μέσα στο νερό (Π1-37).

Ανάμεσα στα μόρια του αλατιού υπάρχουν κενά και τα σωματίδια του νερού πηγαίνουν και παίρνουν τα σωματίδια του αλατιού που είναι σαν τα μυρμηγκάκια, όταν παίρνουν την τροφή τους (Π1-46).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Τα μόρια νερού τραβούν τα μόρια αλατιού και τα σκορπίζουν και μετά ελαττώνονται (Π1-48).

Τα μόρια διασκορπίζονται και διαλύονται μέσα στο νερό (Π1-30).

Τα σωματίδια αλατιού σκορπίζουν και μετά σιγά σιγά σπάνε, διασπώνται κι άλλο και εξαφανίζονται (Π1-14).

Το αλάτι σπάει σε μικρά κομμάτια, το νερό παίρνει τους κόκκους και τους πηγαίνει στον πυθμένα (Π1-20).

Η ζάχαρη σε μόρια θα σκορπίσει στο ποτήρι (Π1-6).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

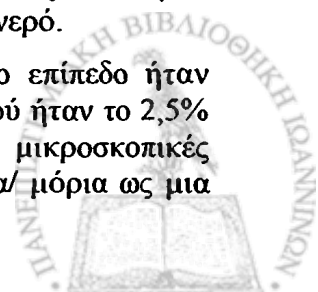
Π2(διδ) (Π2(Σχ1))

Οι αποδεκτές απαντήσεις είναι σε ποσοστό 64,3% (πλήρεις 50%, εν μέρει 14,3%). Οι εναλλακτικές αφορούν εξηγήσεις με σωματίδια σε ποσοστό 35,7% έναντι του 19,3% της ομάδα Π1 (28,6% αφορούν την σταδιακή διάσπαση των σωματιδίων με ρόλο νερού). Παρόμοιες απαντήσεις δόθηκαν στο τεστ Β.

Π2(συζ) (Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3))

Στο τεστ Α πριν τη συζήτηση οι πλήρεις απαντήσεις σε μικροσκοπικό επίπεδο ήταν ελάχιστες (ποσοστό 5%) ενώ οι εν μέρει σωματιδιακές που αναφέρονταν στο ρόλο του νερού ήταν το 2,5% και χωρίς το ρόλο νερού το 10%. Το μεγαλύτερο ποσοστό απαντήσεων ήταν μακροσκοπικές εναλλακτικές (52,5%) και αναφέρουν: διαχωρισμό της ουσίας σε κομμάτια ως μια προσωρινή κατάσταση και ακολουθεί διάσπαση μέχρι να "διαλυθεί", να λιώσει χωρίς το ρόλο νερού 25%, προσωρινή αφομοίωση της ζάχαρης ως εξαφάνιση ζάχαρης με την κρυσταλλική μορφή σε ποσοστό 12,5%. Οι υπόλοιπες αναφέρονταν στη διάλυση ως τήξη, στην προσωρινή αφομοίωση ζάχαρης ως εξαφάνιση ζάχαρης με την κρυσταλλική μορφή ή ως αλλαγή θέσης. Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές (27,5%) αναφέρονται στο διαχωρισμό της ουσίας σε σωματίδια/ μόρια, που είναι μια προσωρινή κατάσταση και ακολουθεί διάσπαση μέχρι να "διαλυθεί" ή να λιώσει χωρίς το ρόλο νερού (17,5%) ενώ οι υπόλοιπες αναφέρονταν στη σύνθεση (τα σωματίδια ουσίας και νερού συνδυάζονται και μαζί σχηματίζουν νέο σώμα) ή στη μετατροπή μορίων ουσίας σε νερό.

Στο τεστ Β πριν τη συζήτηση οι πλήρεις απαντήσεις σε μικροσκοπικό επίπεδο ήταν ελάχιστες (5%) ενώ οι εν μέρει σωματιδιακές που αναφέρονταν στο ρόλο του νερού ήταν το 2,5% και χωρίς το ρόλο νερού το 30%. Το μεγαλύτερο ποσοστό απαντήσεων ήταν μικροσκοπικές εναλλακτικές (62,5%) και αναφέρονται στο διαχωρισμό της ουσίας σε σωματίδια/ μόρια ως μια



προσωρινή κατάσταση και ακολουθεί διάσπαση μέχρι να "διαλυθεί" ή να λιώσει χωρίς το ρόλο νερού (32,5%), στη διάλυση μορίων (12,5%) ή στο συνδυασμό σωματιδίων ουσίας και νερού προς σχηματισμό νέου σώματος (7,5%). Οι υπόλοιπες αναφέρονται στο διαχωρισμό της ουσίας σε σωματίδια/ μόρια ως μια προσωρινή κατάσταση και ακολουθεί διάσπαση μέχρι να "διαλυθεί" ή να λιώσει από τα μόρια νερού, στην αλλαγή μορίων είτε γιατί μετατρέπονται σε μόρια νερού είτε μπαίνουν στα μόρια νερού και τα κάνουν αλμυρά ή γλυκά ή έγιναν υγρά.

Μετά τη συζήτηση οι πλήρεις απαντήσεις αυξάνουν και γίνονται 44,4% και στα δυο τεστ ενώ οι εν μέρει μικροσκοπικές με το ρόλο του νερού είναι 8,3%. Οι εν μέρει μικροσκοπικές χωρίς αναφορά στο ρόλο νερού ήταν το 11,1% στο τεστ Α και το 22,2% στο τεστ Β. Στο τεστ Α οι εναλλακτικές ήταν κυρίως μικροσκοπικές (33,3%) και αναφέρονταν στο διαχωρισμό της ουσίας σε σωματίδια/ μόρια ως μια προσωρινή κατάσταση και ακολουθεί διάσπαση μέχρι να "διαλυθεί" ή να λιώσει με το ρόλο νερού (16,7%). Στο τεστ Β οι εναλλακτικές ήταν μόνο μικροσκοπικές (25%) και αναφέρονταν κυρίως στη στο διαχωρισμό της ουσίας σε σωματίδια/ μόρια ως μια προσωρινή κατάσταση και ακολουθεί διάσπαση μέχρι να "διαλυθεί" ή να λιώσει με το ρόλο νερού (11,1%).

Αξιίζει να σημειώσουμε ότι μετά τη συζήτηση η Π2(Σχ2) παρουσιάζει χαμηλότερα ποσοστά πλήρων απαντήσεων από την Π2(Σχ3). Έτσι στο τεστ Α οι αποδεκτές είναι σε ποσοστό 60% (26,7% πλήρεις και 33,3% εν μέρει) και στο τεστ Β οι αποδεκτές είναι 73,3% (πλήρεις 26,7%, εν μέρει 46,7%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις είναι σε μικροσκοπικό επίπεδο και σχετίζονται κυρίως με τήξη και ανακάτεμα μορίων δυο υγρών. Όπως φαίνεται στη συζήτηση στις ομάδες οι μαθητές της Π2(Σχ2) απέδιδαν την διάλυση στην τήξη, που είχαν διδαχθεί με σωματίδια. Αντίθετα οι μαθητές της Π2(Σχ3) μετά τη συζήτηση στο τεστ Α δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 66,7% (57,1% πλήρεις μικροσκοπικές και 9,5% εν μέρει μικροσκοπικές). Ανάλογα στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 76,2% των απαντήσεων (57,1% πλήρεις μικροσκοπικές και 19,1% εν μέρει μικροσκοπικές).

Παρατηρήσεις για τις απαντήσεις των μαθητών των τμημάτων Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3) για τη διάλυση πριν τη συζήτηση

– Η διάλυση ως διασκορπισμός σωματιδίων νερού και αλατιού προτιμήθηκε μόνο από λίγους μαθητές στο τεστ πριν τη συζήτηση

– Κάποιοι μαθητές θεωρούσαν τη διάλυση ως διαδικασία μακροσκοπικής ανάμιξης, όπου τα μόρια ζάχαρης ή χρώματος ανακατεύονται με τα μόρια νερού ή εκτοπίζονται από το ένα μέρος στο άλλο για να σχηματίσουν μια τυχαία τακτοποίηση. Δεν είναι τόσο μια εναλλακτική άποψη αλλά μια μη ολοκληρωμένη έννοια, μια έλλειψη ενός μοντέλου αλληλεπίδρασης μεταξύ των μορίων. Χωρίς μοντέλο ελκτικών και απωστικών δυνάμεων μεταξύ των μορίων οι μαθητές δεν έχουν τον μηχανισμό εξήγησης γιατί μερικά υλικά διαλύονται και κάποια όχι. Χωρίς τέτοιες ιδέες οι μαθητές χρησιμοποιούν τις περισσότερο επιφανειακές ιδέες της μακροσκοπικής ανάμιξης και την εφαρμόζουν στον μικροσκοπικό κόσμο. Ρόλος νερού στη διάσπαση αυτή δεν τονίζεται. Το νερό περισσότερο θεωρείται ένας αδρανής παράγοντας. Όταν η ουσία πέσει στο νερό αυτόματα διασπάται. Η κατηγορία αυτή ταυτοποιήθηκε ως μίξη από Haidar et al. (1991) και ως "εκτόπισμα" από Andersson (1986).

Ο κόκκος διαλύεται σε πολύ μικρά κομμάτια που σκορπίζουν στο νερό και δεν φαίνονται (παριστάνει μόρια νερού και μόρια κόκκων) (Σχ3-1).

Οι κόκκοι που έσπασε το αλάτι μπαίνουν ανάμεσα στα μόρια νερού όπου υπάρχει κενό και εξαπλώνονται παντού (Σχ3-7).

Ο κόκκος αλατιού όταν βάλθει μέσα στο διαλύτη, διαλύεται (παριστάνεται πολύ μικρό κομμάτι μέσα στα μόρια νερού σαν να έχει λιώσει) (Σχ3-19.)

– Η διάσπαση από το νερό αναφέρεται σε σπάνιες περιπτώσεις

Στα μόρια νερού μεταξύ τους υπάρχει κενό, εκεί βρίσκει είσοδο το αλάτι και καθώς τα μόρια νερού κινούνται, το αλάτι αποσπάται σε μικρότερα μέρη και διαλύεται (μέχρι έναν τελικό τύπο χωρίς να θεωρείται, τα μόρια δεν υπάρχουν στο 2 σαν να έφυγε η ουσία τους) (Σχ3-4).



Τα μόρια νερού καθώς γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο, χτυπούν τον κόκκο και τον μετακινούν σε όλο το ποτήρι και λίγο αλάτι μπαίνει στα κενά (Σχ3-20).

- Ο ρόλος του νερού ως ενυδάτωση.

Ο κόκκος λιώνει και τα μόριά του ανακατεύονται με τα μόρια νερού και μετά έχουμε ένα υγρό με ένα είδος (περισσότερον) μορίων (σχεδιάζει μόρια ζάχαρης με υγρασία πιο μεγάλα) (Σχ3-22). Ο μαθητής, όπως φάνηκε και από τη συζήτηση στις ομάδες, έχει την εντύπωση ότι η ουσία γίνεται νοπή, δηλαδή παίρνει νερό και μετά χάνεται ο κόκκος σιγά σιγά και μένει η ουσία. Αν δεν λιώνει, δεν μπορεί να κρατήσει την υγρασία, την απορροφάει με την έννοια δεν κρατάει νερό δεν γίνεται νοπή, λιώνει. Αναφέρει ότι οι κόκκοι υγραίνονται και γίνονται μόρια. Να, βρέχονται από το νερό. Δεν διαλύεται γιατί η άμμος απορροφάει τα μόρια νερού.

- Η σημασία της λέξης "λιώνει" και η διαμόρφωση εναλλακτικών ιδεών.

Η ανάλυση των εξηγήσεων που έδιναν οι μαθητές για τη διάλυση και τα σχέδια που έκαναν έδειξε ότι η λέξη "λιώνει" είναι πολυσήμαντη στην ελληνική γλώσσα και ανακαλεί νοητικές εικόνες στους μαθητές εντελώς διαφορετικές μεταξύ τους.

- Λιώνει ως αφομοίωση της κρυσταλλικής μορφής

Ο κόκκος αλατιού, όταν βιαθεί μέσα στο διαλύτη διαλύεται (Σχ3-19) (παριστάνεται πολύ μικρό κομμάτι μέσα στα μόρια νερού σαν να έχει λιώσει).

Το αλάτι σκορπίζεται σε πάρα πολύ μικρά κομματάκια τα μόρια τα οποία με τον καιρό λιώνουν (Σχ3-11)

- Λιώνει ως διάσπαση σε μικρά κομμάτια

Ο κόκκος λιώνει και γίνεται σκόνη τα κομμάτια σκόνης μπαίνουν στα κενά του νερού (Σχ3-8)

- Λιώνει ως τήξη

Το αλάτι είναι ουσία που λιώνει και κάνει ομογενές μίγμα (αλλά ζωγραφίζει διάσπαση σε μεγάλα κομμάτια που μετά γίνονται πολύ περισσότερα). Οι κόκκοι αλατιού λιώνουν και γίνονται ένα με το νερό. Η άμμος είναι στερεή και δεν κάνει ομογενές μίγμα (Σχ3-10).

Λιώνει σαν τον πάγο (Σχ3-14)

- Μετατροπή ζάχαρης σε άλλη μορφή

Γίνεται νοπή απορροφάει νερό και λιώνει. Ο κόκκος λιώνει και τα μόριά του ανακατεύονται με τα μόρια νερού και μετά έχουμε ένα υγρό με ένα είδος μορίων αλλά περισσότερα μόρια. Οι κόκκοι υγραίνονται και γίνονται μόρια. Να, βρέχονται από το νερό. Δεν διαλύεται, γιατί η άμμος απορροφάει τα μόρια νερού (Σχ3-22).

Μετά τη συζήτηση οι εναλλακτικές απαντήσεις είναι σε μικροσκοπικό επίπεδο και στην ομάδα Π2(Σχ3) σχετίζονται με προσωρινή διάσπαση ενώ στην Π2(Σχ2) και με τήξη και ανακάτεμα μορίων δυο υγρών. Όπως φαίνεται στη συζήτηση, οι μαθητές αναγνωρίζουν το ρόλο του νερού στη διάσπαση του κόκκου και θεωρούν κυρίως ότι το νερό σπάει ή σπρώχνει τον κόκκο.

7.1.2. Τι συμβαίνει μετά από αρκετή ώρα

Οι απαντήσεις ταξινομήθηκαν ως πλήρεις μικροσκοπικές αν αναφέρουν ότι τα μόρια συνεχίζουν να είναι ανακατεμένα ενώ ως εν μέρει αν θεωρούν ότι τα μόρια συνεχίζουν να είναι ανακατεμένα αλλά έχουν μια τάση για επιβράδυνση ή κάποια κατακάθονται και κάποια κινούνται. Οι συχνότητες ανά τύπο απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.1.2.1 και 7.1.2.2.

Πίνακας 7.1.2.1: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων απαντήσεων των μαθητών των ομάδων Ε και Π1 και Π2(διδ) στην ερώτηση "Τι συμβαίνει μετά από αρκετή ώρα"

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ)testA (N=16)	Π2(διδ)testB (N=16)
Διάλυση μετά από αρκετή ώρα					
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης		34	42	8	8
Πλήρεις μικροσκοπικές		33	36	7	7
Εν μέρει μικροσκοπικές		1	6	1	1
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	58	3			
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μικροσκοπικό επίπεδο	1	20	13	6	6
Δεν απαντούν			2		



Πίνακας 7.1.2.2.: Κατανομή συχνοτήτων τύπων απαντήσεων των μαθητών της ομάδας Π2(σς) στην ερώτηση "Τι συμβαίνει μετά από αρκετή ώρα"

Τύπος απαντήσεων Διάλυση μετά από αρκετή ώρα	Συχνότητα απαντήσεων ανά τμήμα και τεστ			
	Π2(σς) preA(N=40)	Π2(σς) preB(N=40)	Π2(σς) postA(N=36)	Π2(σς) postB(N=36)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης (Πλήρεις μικροσκοπικές)	3	6	17	19
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	2		2	
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μικροσκοπικό επίπεδο	34	33	17	17
Δεν απαντούν	1	1		

Ομάδα ελέγχου (E)

Οι απαντήσεις των μαθητών είναι εναλλακτικές κυρίως σε μακροσκοπικό επίπεδο (98,3%). Οι πιο πολλοί μαθητές (42,4%) θεωρούν ότι η ζάχαρη κατακάθεται ή ως κόκκοι (37,3%) ή ως υγρό (5,1%). Η διαδικασία της διάλυσης θεωρείται ένα προσωρινό και αντιστρέψιμο φαινόμενο. Η ιδέα αυτή φαίνεται να σχετίζεται με καθημερινές εμπειρίες με διαλύματα στα οποία υπάρχει κατακάθι στο πάτο του δοχείου και ότι χωρίς ανακάτεμα οι ουσίες κατακάθονται στο πάτο του δοχείου και δεν υπάρχει διάλυση χωρίς ανακάτεμα. Παρόμοια οι Blanco & Prieto (1997) αναφέρουν ότι η άποψη αυτή κυριαρχεί και επιμένει μεταξύ σπουδαστών ηλικίας 12-18 ετών. Ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών (35,6%) θεωρεί ότι η ζάχαρη έγινε υγρό και δεν φαίνεται, μια άποψη που θεωρεί το άχρωμο νερό ως πρότυπο υγρό. Η αφομοίωση της ζάχαρης από το νερό αναφέρεται από το 18,6% των μαθητών. Μόνο μια μαθήτρια (1,7%) δίνει μικροσκοπική εναλλακτική απάντηση, δηλαδή έχει γίνει ομογενές μίγμα με ένωση ατόμων ζάχαρης.

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Μεγάλο ποσοστό μαθητών στο τεστ Α δίνει αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 59,7% (57,9% πλήρεις και 1,8% εν μέρει σωματιδιακές). Το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης που διδάχθηκαν οι μαθητές που περικλείει την κίνηση και την αλληλεπίδραση των σωματιδίων δίνει τον μηχανισμό να καταλάβουν ότι η διάλυση δεν είναι προσωρινό φαινόμενο. Οι Blanco & Prieto (1997) προτείνουν την επίδειξη πειραμάτων διάλυσης με γνωστές ουσίες, όπως το αλάτι και η ζάχαρη σε νερό που αφήνονται αρκετό χρόνο. Οι μαθητές που δίνουν εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 5,3% θεωρούν ότι μετά από αρκετό χρόνο κατακάθονται κόκκοι. Ωστόσο, οι περισσότερες εναλλακτικές απαντήσεις δόθηκαν με σωματίδια (36,1%) και αφορούν κυρίως την αφομοίωση της ουσίας (14,0%). Οι μαθητές σχεδιάζουν μόνο μόρια νερού και οι μισοί από αυτούς διατηρούν τη μάζα του διαλύματος λέγοντας "υπάρχει αλλά δεν φαίνεται γιατί διαλύθηκε" ενώ οι υπόλοιποι μισοί ότι "η ζάχαρη αφού διαλύθηκε εντελώς δεν συμβάλλει στη μάζα του διαλύματος". Επίσης το 10,5% θεωρεί ότι τα μόρια ζάχαρης κατακάθονται και το 8,8% ότι τα μόρια θα διασπαστούν και άλλο σχεδιάζοντας διάσπαση σε μικρότερα κομμάτια. Σε μικροσκοπικό επίπεδο οι απαντήσεις βελτιώνονται και οι αποδεκτές φτάνουν το 73,7% (63,2% πλήρεις και 10,5% εν μέρει). Οι εναλλακτικές φτάνουν το ποσοστό 22,8% και σχετίζονται με την αφομοίωση της ουσίας, την περαιτέρω διάσπαση των μορίων και την καθίζηση μορίων.

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ1))

Οι μαθητές του Π2(διδ) δίνουν απαντήσεις αποδεκτές σε ποσοστό 57,1% (50% πλήρεις και 7,1% εν μέρει) ενώ οι εναλλακτικές ανέρχονται στο ποσοστό 42,9% (28,6% αναφέρονται σε αφομοίωση ουσίας).



Π2(συζ) (Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3))

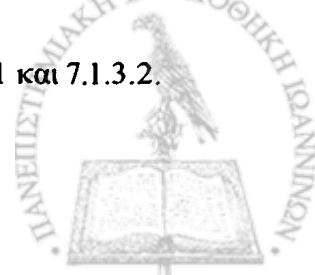
Πριν τη συζήτηση στο τεστ Α οι πλήρεις απαντήσεις είναι ελάχιστες (7,5%). Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο (ποσοστό 5%) σχετίζονται με την τήξη και το ανακάτεμα δυο υγρών. Οι περισσότερες απαντήσεις είναι εναλλακτικές μικροσκοπικές (ποσοστό 85%). Αυτές αναφέρουν ότι ο κόκκος έχει διασπαστεί σε μικρά κομμάτια ή μόρια και αυτά ελαττώνονται και λιώνουν ή έχουν διαλυθεί (42,5%) ή τα μόρια ουσίας κατακάθονται (20%). Σε μικρότερα ποσοστά εμφανίζονται απαντήσεις όπως ο κόκκος έχει αφομοιωθεί και έμειναν μόνο μόρια νερού αλλά η ουσία παραμένει μέσα στα μόρια νερού/ τα μόρια ζάχαρης μπήκαν στα μόρια νερού, τα μόρια διασπώνται συνεχώς και γίνονται ολοένα πιο μικρά ή τα μόρια ανακατεύτηκαν, ενώθηκαν οι ουσίες τους και έδωσαν μια νέα ουσία χωρίς μόρια. Άλλες απαντήσεις θεωρούν ότι ο κόκκος έχει αφομοιωθεί και έμειναν μόνο μόρια νερού αλλά η ουσία δεν παραμένει, μόνο δίνει γλυκιά γεύση ως ιδιότητα χωρίς διατήρηση μάζας, τα μόρια ζάχαρης εξακολουθούν να είναι ανακατεμένα σε ένα συνεχές υγρό ή τα μόρια ζάχαρης πήραν νερό και έγιναν μεγαλύτερα. Στο τεστ Β οι πλήρεις απαντήσεις είναι ελάχιστες (15%). Οι περισσότερες απαντήσεις είναι εναλλακτικές μικροσκοπικές (ποσοστό 82,5%). Αυτές αναφέρουν ότι ο κόκκος έχει διασπαστεί σε μικρά κομμάτια ή μόρια και αυτά ελαττώνονται και λιώνουν ή έχουν διαλυθεί (35%) ή τα μόρια ουσίας κατακάθονται (25%). Σε μικρότερα ποσοστά (12,5%) εμφανίζονται απαντήσεις όπως ο κόκκος έχει αφομοιωθεί και έμειναν μόνο μόρια νερού αλλά η ουσία παραμένει μέσα στα μόρια νερού/ τα μόρια ζάχαρης μπήκαν στα μόρια νερού, έμειναν μόνο μόρια νερού αλλά η ουσία δεν παραμένει μόνο δίνει γλυκιά γεύση ως ιδιότητα χωρίς διατήρηση μάζας. Άλλες απαντήσεις αναφέρουν ότι τα μόρια διασπώνται συνεχώς και γίνονται ολοένα πιο μικρά ή τα μόρια ζάχαρης πήραν νερό και έγιναν μεγαλύτερα.

Μετά τη συζήτηση στο τεστ Α οι πλήρεις απαντήσεις ανέρχονται στο 47,2%. Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο (ποσοστό 5,6%) σχετίζονται με την τήξη και το ανακάτεμα δυο υγρών. Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μικροσκοπικό επίπεδο (ποσοστό 47,2%) αφορούν τα παρακάτω: τα μόρια ουσίας κατακάθονται (13,9%), ο κόκκος έχει διασπαστεί σε μικρά κομμάτια ή μόρια και αυτά ελαττώνονται και λιώνουν ή έχουν διαλυθεί (19,4%), έχει αφομοιωθεί, έμειναν μόνο μόρια νερού αλλά η ουσία παραμένει μέσα στα μόρια νερού / τα μόρια ζάχαρης μπήκαν στα μόρια νερού (5,6%). Άλλες απαντήσεις αναφέρουν ότι ο κόκκος έχει αφομοιωθεί, έμειναν μόνο μόρια νερού αλλά η ουσία δεν παραμένει μόνο δίνει γλυκιά γεύση ως ιδιότητα χωρίς διατήρηση μάζας, τα μόρια διασπώνται συνεχώς και γίνονται ολοένα πιο μικρά ή τα μόρια διασπάστηκαν σε άτομα. Μετά τη συζήτηση στο τεστ Β οι πλήρεις μικροσκοπικές φτάνουν το 52,8%. Οι εναλλακτικές σε μικροσκοπικό επίπεδο 47,2% αφορούν: τα μόρια ουσίας κατακάθονται (19,4%), ο κόκκος έχει διασπαστεί σε μικρά κομμάτια ή μόρια και αυτά ελαττώνονται και λιώνουν ή έχουν διαλυθεί (13,9%), τα μόρια ζάχαρης εξακολουθούν αν είναι ανακατεμένα σε ένα συνεχές υγρό (5,6%). Άλλες απαντήσεις αναφέρουν ότι η ζάχαρη έχει αφομοιωθεί και έμειναν μόνο μόρια νερού αλλά η ουσία παραμένει μέσα στα μόρια νερού/ τα μόρια ζάχαρης μπήκαν στα μόρια νερού, τα μόρια διασπώνται συνεχώς και γίνονται ολοένα πιο μικρά ή τα μόρια διασπάστηκαν σε άτομα. Στο τμήμα Π2(Σχ2) μετά τη συζήτηση οι πλήρεις απαντήσεις ήταν λιγότερες από την Π2(Σχ3). Στο τεστ Α οι πλήρεις μικροσκοπικές ήταν το 33,3% έναντι 57,1% της Π2(Σχ3) και στο τεστ Β οι πλήρεις μικροσκοπικές φτάνουν το 46,7% έναντι 57,1% στην Π2(Σχ3).

7.1.3. Γιατί ο κόκκος άμμου δεν διαλύεται

Ως πλήρεις θεωρήθηκαν απαντήσεις όπως: οι δεσμοί μεταξύ των μορίων είναι πολύ δυνατοί και το νερό ή τα μόρια νερού και δεν μπορεί να τους σπάσει. Ως εν μέρει θεωρήθηκαν οι απαντήσεις που αναφέρουν ότι τα μόρια νερού δεν μπορούν να πάρουν τα μόρια / οι κόκκοι δεν διασπώνται σε μόρια.

Οι συχνότητες ανά τύπο απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.1.3.1 και 7.1.3.2.



Πίνακας 7.1.3.1.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων απαντήσεων των μαθητών των ομάδων E, Π1 και Π2(διδ) στην ερώτηση "Γιατί ο κόκκος άμμου δεν διαλύεται"

Τύποι απαντήσεων "Γιατί ο κόκκος άμμου δεν διαλύεται"	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ)testA (N=14)	Π2(διδ)testB (N=14)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης		35	44	6	6
Πλήρεις μικροσκοπικές		17	25	1	3
Εν μέρει μικροσκοπικές		18	19	5	3
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	35	6	2	2	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων		5	8		4
Όχι απάντηση/ επανάληψη απάντησης	24	11	3	6	4

Πίνακας 7.1.3.2.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων απαντήσεων των μαθητών της Π2(συζ) στην ερώτηση "Γιατί ο κόκκος άμμου δεν διαλύεται"

Τύποι απαντήσεων "Γιατί ο κόκκος άμμου δεν διαλύεται"	Συχνότητα απαντήσεων ανά τμήμα και τεστ			
	Π2(συζ) preA(N=40)	Π2(συζ) preB(N=40)	Π2(συζ) postA(N=36)	Π2(συζ) postB(N=36)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	4	11	22	23
Πλήρεις μικροσκοπικές	1	1	7	7
Εν μέρει μικροσκοπικές	3	10	15	16
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	23	2	7	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	5	23	4	12
Όχι απάντηση/ επανάληψη ερώτησης	8	4	3	1

Ομάδα Ελέγχου (E)

Η πλειονότητα των μαθητών της E (ποσοστό 59,3%) δίνει εναλλακτικές απαντήσεις. Οι κυριότερες από αυτές αποδίδουν τη μη διάλυση της άμμου σε φυσικά χαρακτηριστικά της, έτσι λένε: η άμμος είναι σκληρή και στερεή (25,4%) ή η άμμος είναι βαριά και κατακάθεται (13,6%). Άλλες απαντήσεις αναφέρουν ότι η άμμος δεν έχει την απαραίτητη θερμότητα για να λιώσει (11,9%), τα υλικά της άμμου δεν διασπώνται (είναι ένα ποσοστό 6,8) ή η άμμος δεν απλώνεται.. Ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών (40,7%) δεν απαντούν ή δίνουν κυκλική απάντηση. Οι μαθητές που αναφέρουν ότι η άμμος δεν διαλύεται (37,3%), θεωρούν ότι "τα πράγματα είναι έτσι όπως συμβαίνουν". Αυτό το χαρακτηριστικό της σκέψης των παιδιών έχει αναφερθεί από Andersson, 1984.

Οι κόκκοι είναι δυνατοί και υπάρχουν πέτρες μέσα που δεν διαλύονται (E-16).

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Οι μαθητές έδωσαν στο τεστ A αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 61,4% (29,8% πλήρεις και 31,6% εν μέρει μικροσκοπικές). Η γνώση και χρήση μοντέλων της ύλης που περιλαμβάνουν την κίνηση και την αλληλεπίδραση των σωματιδίων έδωσε στους μαθητές ένα μηχανισμό για να ερμηνεύσουν ποιες ουσίες διαλύονται και ποιες όχι (Haidar et al. 1991). Οι εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο (10,5%) σχετίζονται με τα φυσικά χαρακτηριστικά της άμμου (η άμμος είναι σκληρή, στερεή και βαριά). Σε μικροσκοπικό επίπεδο οι εναλλακτικές σε ποσοστό 8,8% αναφέρουν ότι τα μόρια είναι σκληρά, στερεά και βαριά. Μεγάλο ποσοστό μαθητών (19,3%) είτε δεν απαντούν είτε δίνουν κυκλικές απαντήσεις. Οι μαθητές στο τεστ B δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 77,2% (43,9% πλήρεις και 33,3% εν μέρει μικροσκοπικές). Οι εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο (3,5%) σχετίζονται με τα φυσικά χαρακτηριστικά της άμμου (η άμμος είναι σκληρή, στερεή). Σε μικροσκοπικό επίπεδο οι εναλλακτικές σε ποσοστό 10,5% αναφέρουν ότι τα μόρια είναι σκληρά, στερεά και βαριά, ενώ 3,5% ότι δεν διαλύονται. Λίγοι μαθητές δεν απαντούν (5,3 %).



Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ1))

Το τμήμα Π2(διδ) στο τεστ Α δίνει αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 42,9% (7,1% πλήρεις και 35,7% εν μέρει). Οι εναλλακτικές σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι σε ποσοστό 14,3% ενώ δίνουν κυκλική ή δεν απαντούν το 42,9%. Στο τεστ Β δίνει αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 42,9% (21,4% πλήρεις και 21,4% εν μέρει). Οι εναλλακτικές σε μικροσκοπικό επίπεδο είναι το 28,6% ενώ δεν απαντούν το 28,5%.

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις

Τα μόρια άμμου έχουν σκληρά δεσμά και έτσι τα μόρια νερού δεν μπορούν να τα διασπάσουν (Σχ1-12).

Δεν διασπάται σε μόρια (Σχ1-5).

Δεν απομακρύνονται από τα μόρια νερού (Σχ1-6 τεστΒ).

Εναλλακτική απάντηση

Απορροφά το νερό, δεν τραβάει νερό (Σχ1-11).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

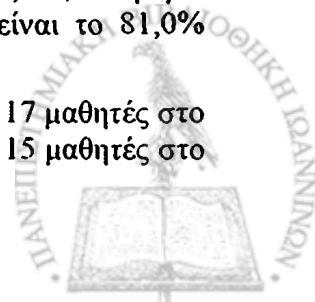
Π2(συζ) (Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3))

Πριν τη συζήτηση στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται στο 10% (πλήρεις μικροσκοπικές 2,5%, εν μέρει μικροσκοπικές 7,5%). Η πλειονότητα των μαθητών δίνει εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο 57,5%. Αυτές αναφέρουν ότι η άμμος δεν διαλύεται επειδή είναι πολύ βαριά και κατακάθεται (17,5%), δεν θερμαίνεται αρκετά για να λιώσει (12,5%). Σε μικρότερα ποσοστά σημειώνονται εναλλακτικές απαντήσεις όπως: η άμμος είναι σκληρή και στερεή, το νερό δεν διαλύει / διασπά, λιώνουν τα συστατικά της, κάνει ετερογενές μίγμα, είναι στεγνή δηλαδή απορροφά το νερό. Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων είναι το 12,5% και αφορούν ότι τα μόρια δεν διαλύονται / διασπώνται, η ουσία δεν απλώνεται στα κενά/ οι κόκκοι είναι μεγάλοι δεν μπαίνουν στα κενά. Άλλες απαντήσεις αναφέρουν ότι τα μόρια της άμμου δεν διασπώνται, οι κόκκοι είναι μόρια. Όχι απάντηση / επανάληψη ερώτησης παρατηρείται σε ποσοστό 20%. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 27,5% (πλήρεις μικροσκοπικές 2,5%, εν μέρει μικροσκοπικές 25%). Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων δίνουν το 57,5% των μαθητών. Αυτές είναι: τα μόρια δεν διαλύονται / διασπώνται (17,5%), τα μόρια είναι γερά, σφιχτά (12,5%), τα μόρια δεν λιώνουν (10%), τα μόρια είναι βαριά, η ουσία δεν απλώνεται στα κενά/ οι κόκκοι είναι μεγάλοι δεν μπαίνουν στα κενά. Όχι απάντηση / επανάληψη απάντησης δίνουν το 10%.

Μετά τη συζήτηση στο τεστ Α οι απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης είναι 61,1% (πλήρεις μικροσκοπικές 19,4%, εν μέρει μικροσκοπικές 41,7%). Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο (19,4%) αναφέρουν: δεν θερμαίνεται αρκετά για να λιώσει (11,1%), το νερό δεν διαλύει / διασπά, λιώνει τα συστατικά της, κάνει ετερογενές μίγμα, η άμμος δεν διαλύεται επειδή είναι πολύ βαριά και κατακάθεται. Δεν απαντούν ή δίνουν κυκλική απάντηση το 8,3% των μαθητών. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 63,9% (πλήρεις μικροσκοπικές 19,4%, εν μέρει μικροσκοπικές 44,4%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων 33,3% αφορούν: τα μόρια δεν λιώνουν (11,1%), τα μόρια δεν διαλύονται / διασπώνται (8,3%), τα μόρια είναι βαριά και δεν κινούνται, τα μόρια είναι γερά σφιχτά. Δεν απαντούν ή δίνουν κυκλική απάντηση το 2,8% των μαθητών.

Μετά τη συζήτηση στην Π2(Σχ2) στο τεστ Α οι απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης είναι 33,3% (πλήρεις μικροσκοπικές 6,7%, εν μέρει μικροσκοπικές 26,7%). το τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 40,0% (πλήρεις μικροσκοπικές 6,7%, εν μέρει μικροσκοπικές 33,3%). Μετά τη συζήτηση Π2(Σχ3) οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 81,0% (πλήρεις μικροσκοπικές 28,6%, εν μέρει μικροσκοπικές 52,4%).

Μετά τη συζήτηση στις ομάδες του Π2(συζ) βελτίωσαν τις απαντήσεις τους 17 μαθητές στο τεστ Α και 19 στο τεστ Β. Διατήρησαν τις απόψεις τους 17 μαθητές στο τεστ Α και 15 μαθητές στο



τεστ Β. Στο τεστ Α δυο μαθητές άλλαξαν τις απόψεις τους από εναλλακτική σε μηδέν. Στο τεστ Β ένας μαθητής άλλαξε την άποψή του από εν μέρει αποδεκτή σε μηδενική ενώ ένας μαθητής από εν μέρει σε εναλλακτική.

7.1.4. Διάλυση στο ζεστό νερό

Οι μαθητές απάντησαν στην ερώτηση “Γιατί η ζάχαρη διαλύεται πιο εύκολα στο ζεστό νερό”; Οι συχνότητες ανά τύπο απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.1.4.1 και 7.1.4.2.

Πίνακας 7.1.4.1: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών των ομάδων Ε Π1 και Π2(διδ) στην ερώτηση σχετικά με τη διάλυση με θέρμανση

Τύποι απαντήσεων “Γιατί η ζάχαρη διαλύεται πιο εύκολα στο ζεστό νερό”	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ) testA (N=14)	Π2(διδ) testB (N=14)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής	47	48	5	6	
Πλήρεις μικροσκοπικές	26	30	3	3	
Εν μέρει μικροσκοπικές (Τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα)	21	18	2	3	
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	39	1	1		
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων		7	6		5
Όχι απάντηση / κυκλική	20	2	3	8	3

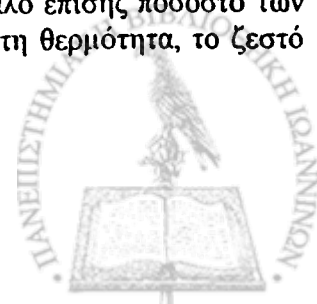
Πίνακας 7.1.4.2.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών της Π2(συζ) πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες στην ερώτηση σχετικά με τη διάλυση με θέρμανση

Τύποι απαντήσεων “Γιατί η ζάχαρη διαλύεται πιο εύκολα στο ζεστό νερό.”	Συχνότητα απαντήσεων ανά τμήμα και τεστ			
	Π2(συζ) preA(N=40)	Π2(συζ) preB(N=40)	Π2(συζ) postA(N=36)	Π2(συζ) postB(N=36)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	5	8	19	20
Πλήρεις μικροσκοπικές			8	8
Εν μέρει μικροσκοπικές (Τα μόρια ζάχαρης /τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα)	2	6	8	9
Εν μέρει μικροσκοπικές (οι δεσμοί χαλαρώνουν και η ζάχαρη διασπάται)	3	2	3	3
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	17	11	5	4
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	7	15	9	11
Όχι απάντηση / κυκλική	11	6	3	1

Ως πλήρεις μικροσκοπικές θεωρήθηκαν απαντήσεις όπως: η ζάχαρη διαλύεται γρηγορότερα στο ζεστό νερό παρά στο κρύο νερό επειδή τα μόρια του ζεστού νερού κινούνται γρηγορότερα, χτυπάνε τη στερεή ζάχαρη πιο συχνά και αποσπώνται μόρια ζάχαρης από το κομμάτι της ζάχαρης πιο γρήγορα. Τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα και διασπών τον κόκκο πιο γρήγορα και εύκολα και ανακατεύονται. Ως εν μέρει μικροσκοπικές ταξινομήθηκαν αυτές που αναφέρουν ότι τα μόρια νερού ή ζάχαρης κινούνται πιο γρήγορα και διασπών τον κόκκο ή οι δεσμοί χαλαρώνουν και η ζάχαρη διασπάται.

Ομάδα ελέγχου (Ε)

Η πλειονότητα των μαθητών δίνει εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο (66,1%). Οι απαντήσεις αυτές αναφέρουν ότι εξ αιτίας της θερμότητας η ζάχαρη αλλάζει φυσική κατάσταση ή μορφή (62,7%). Από αυτές μεγάλο ποσοστό αναφέρει ότι η ζάχαρη λιώνει (49,2%) ενώ σε μικρά ποσοστά ότι διασπάται και λιώνει, εξατμίζεται, διαλύεται και παράλληλα τήκεται, μαλακώνει, αλλοιώνεται γιατί καίγεται και ανακατεύεται. Μικρό ποσοστό (3,4%) αναφέρει ότι η αύξηση της διαλυτότητας οφείλεται στην δύναμη του ζεστού νερού. Μεγάλο επίσης ποσοστό των μαθητών 33,9% δίνει κυκλική απάντηση όπως η διάλυση εξαρτάται από τη θερμότητα, το ζεστό διαλύει.



Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Στο τεστ Α η αύξηση διαλυτότητας με θέρμανση είναι μια εύκολη ερώτηση για τους μαθητές της Π1 καθώς δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 82,5% (πλήρεις 45,6%, εν μέρει 36,8%). Η αύξηση κίνησης των μορίων με τη θέρμανση και η διάσπαση των δεσμών είναι έννοιες που έγιναν κατανοητές από τους μαθητές. Οι εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο σχετίζονται με την τήξη ουσίας (1,8%). Οι εναλλακτικές σε μικροσκοπικό επίπεδο (12,3%) αφορούν την διάλυση ή τήξη μορίων ή την τήξη ουσίας λόγω χαλάρωσης δεσμών. Κυκλική απάντηση δίνουν το 3,5% των μαθητών.

Πλήρεις απαντήσεις

Τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα και έτσι διασπών και παίρνουν τα μόρια αλατιού (Π1-41).

Τα μόρια του νερού κινούνται πιο γρήγορα και διασπών τη ζάχαρη σε μόρια, όσο μεγαλύτερη η θερμοκρασία διαλύτη τόσο πιο γρήγορα και περισσότερη ουσία διαλύεται (Π1-54).

Εν μέρει απαντήσεις

Τα μόρια αλατιού κινούνται γρηγορότερα και διασπώνται γρηγορότερα (Π1-39).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Παίζει ρόλο η θερμοκρασία του υγρού στη διάλυση (Π1-40).

Το ζεστό διαλύει πιο γρήγορα λόγω της θερμοκρασίας (Π1-38).

Η διάλυση μιας ουσίας εξαρτάται από την θερμοκρασία, οι δεσμοί στη ζάχαρη χαλαρώνουν και η ζάχαρη λιώνει (Π1-56).

Οι απαντήσεις στο τεστ Β είναι ανάλογες με το τεστ Α, αν και οι πλήρεις απαντήσεις είναι περισσότερες (84,2% αποδεκτές από τις οποίες 52,6% πλήρεις και 31,6% εν μέρει αποδεκτές). Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές είναι σε ποσοστό 10,5% και αφορούν τη διάλυση ή τήξη μορίων (8,8%), και τη αλλαγή κατάστασης λόγω κίνησης των μορίων. Το 5,3% δίνουν μηδενικές απαντήσεις - κυκλικές απαντήσεις.

Αυτό οφείλεται στο ότι συστάθηκαν τα μόρια του ζαχαρωτού και του νερού (Π1-38).

Τα μόρια της ζάχαρης κινούνται γρηγορότερα και το στερεό γίνεται υγρό (Π1-43).

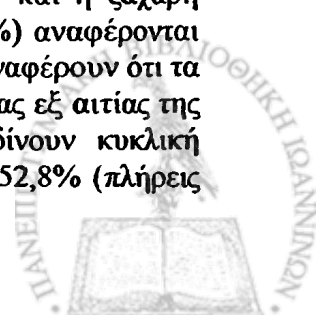
Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ1))

Οι μαθητές του Π2(διδ) στο τεστ Α δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 35,7% (πλήρεις 21,4% και εν μέρει 14,3%) αλλά μεγάλο ποσοστό δίνει μηδενικές απαντήσεις (ποσοστό 57,1%). Στο τεστ Β δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 42,9% (πλήρεις 21,4% και εν μέρει 21,4%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις είναι σε ποσοστό 35,7% και οι μηδενικές φτάνουν το 21,4%.

Π2(συζ) (Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3))

Στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 12,5% (Τα μόρια ζάχαρης / τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα σε ποσοστό 5%, οι δεσμοί χαλαρώνουν και η ζάχαρη διασπάται σε ποσοστό 7,5%). Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο (42,5%) αναφέρονται στην τήξη της ουσίας (Ο κόκκος παίρνει θερμότητα - ενέργεια και διαλύεται, η ζάχαρη λιώνει). Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων (17,5%) αναφέρονται στην αλλαγή μορίων, τα μόρια ουσίας εξ αιτίας της θερμότητας κινούνται γρήγορα και διαλύονται, τα μόρια νερού απομακρύνονται και η ουσία μπαίνει ανάμεσα, τα μόρια της ζάχαρης κινούνται γρηγορότερα και το στερεό γίνεται υγρό, τα μόρια λιώνουν. Δεν απαντούν ή δίνουν κυκλική απάντηση το 27,5% των μαθητών. Στο τεστ Β οι αποδεκτές (εν μέρει μικροσκοπικές) απαντήσεις είναι το 20% (τα μόρια ζάχαρης / τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα (15%), οι δεσμοί χαλαρώνουν και η ζάχαρη διασπάται 5%). Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο (27,5%) αναφέρονται στη τήξη ζάχαρης ενώ οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων (37,5%) αναφέρουν ότι τα μόρια νερού απομακρύνονται και η ουσία μπαίνει ανάμεσα (12,5%), τα μόρια ουσίας εξ αιτίας της θερμότητας λιώνουν ή κινούνται γρήγορα και διαλύονται. Δεν απαντούν ή δίνουν κυκλική απάντηση το 15%. Μετά τη συζήτηση στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις είναι 52,8% (πλήρεις



μικροσκοπικές 22,2%). Από τις εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις το 22,2% αναφέρονται στην κίνηση μορίων και το 8,3% στη χαλάρωση δεσμών. Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο (13,9%) αναφέρονται στην τήξη ή εξάτμιση ζάχαρης. Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων (25%) σχετίζονται ή με την κίνηση και διάλυση μορίων ή την μετατροπή στερεού σε υγρό λόγω κίνησης μορίων. Δεν απαντούν ή δίνουν κυκλική απάντηση το 8,3% των μαθητών. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 55,6% (πλήρεις μικροσκοπικές 22,2%). Από τις εν μέρει το 25% αναφέρονται στην κίνηση μορίων και 8,3% στη χαλάρωση δεσμών.

Μετά τη συζήτηση στην Π2(Σχ2) στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις είναι 46,7% (πλήρεις μικροσκοπικές 6,7%, εν μέρει μικροσκοπικές 40%). Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 53,3% (πλήρεις μικροσκοπικές 6,7%, εν μέρει μικροσκοπικές 46,7%). Και στην ερώτηση αυτή η Π2(Σχ3) μετά τη συζήτηση και στα δυο τεστ οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 57,1% (πλήρεις μικροσκοπικές είναι το 33,3%, εν μέρει μικροσκοπικές το 23,8%).

7.1.5. Γιατί με το ανακάτεμα η ζάχαρη διαλύεται πιο εύκολα;

Πλήρεις μικροσκοπικές θεωρήθηκαν οι απαντήσεις που αναφέρουν ότι τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα και διασπών τον κόκκο πιο γρήγορα και εύκολα και ανακατεύονται. Οι εν μέρει μικροσκοπικές αναφέρουν ότι τα μόρια ζάχαρης παίρνουν ενέργεια και κινούνται πιο γρήγορα ή τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα και διασπών τον κόκκο, ενώ ως εν μέρει αποδεκτές όσες θεωρούν τη διάλυση ως ανάμιξη, όπου τα μόρια ζάχαρη ανακατεύονταν με τα μόρια νερού ή εκτοπίζονταν από το ένα μέρος στο άλλο για να σχηματίσουν μια τυχαία τακτοποίηση.

Οι συχνότητες ανά τύπο απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.1.5.1 και 7.1.5.2.

Πίνακας 7.1.5.1.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων απαντήσεων των μαθητών των ομάδων Ε, Π1 και Π2(διδ) στην ερώτηση για τη διάλυση με ανακάτεμα

Τύποι απαντήσεων Διάλυση με ανακάτεμα	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ) TestA (N=14)	Π2(διδ) testB (N=14)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	39	49		7	7
Πλήρεις μικροσκοπικές	24	29		3	3
Εν μέρει μικροσκοπικές (Τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα και διασπών τον κόκκο)	14	18		4	4
Εν μέρει μικροσκοπικές (Τα μόρια ζάχαρης κινούνται πιο γρήγορα)		1	2		
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	41	6	1	1	1
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων			1	3	3
Όχι απάντηση / κυκλική	18	12	6	3	3

Πίνακας 7.1.5.2.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων απαντήσεων των μαθητών της Π2(συζ) στην ερώτηση για τη διάλυση με ανακάτεμα

Τύπος απαντήσεων Διάλυση με ανακάτεμα	Συχνότητα απαντήσεων ανά τμήμα και τεστ			
	Π2(συζ) preA(N=40)	Π2(συζ) preB(N=40)	Π2(συζ) postA(N=36)	Π2(συζ) postB(N=36)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	6	8	21	22
Πλήρεις μικροσκοπικές μα			9	9
Εν μέρει μικροσκοπικές (Τα μόρια ζάχαρης παίρνουν ενέργεια και κινούνται πιο γρήγορα)	1	2	8	9
Εν μέρει μικροσκοπικές (Τα μόρια κόκκου ξεχωρίζουν, ανακατεύονται)	1		1	1
Εν μέρει μικροσκοπικές (Τα μόρια ζάχαρης και νερού ανακατεύονται τα μόρια ζάχαρης μπαίνουν στα κενά)	4	6	3	3
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	8	6	5	3
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	13	18	4	8
Όχι απάντηση / κυκλική	13	8	6	3



Ομάδα ελέγχου (E)

Οι περισσότερες απαντήσεις είναι εναλλακτικές μακροσκοπικές σε ποσοστό 69,5%. Οι κυριότερες αναφέρουν ότι η δύναμη ή κίνηση του νερού προκαλεί λιώσιμο (28,8%) ή το ανακάτεμα προκαλεί διάσπαση και λιώσιμο (17,0%) ή αφομοίωση (8,5%). Άλλες εναλλακτικές θεωρούν ότι το ανακάτεμα βοηθάει τη συνένωση των ουσιών ή μαλακώνει τη ζάχαρη. Επίσης το ανακάτεμα προκαλεί θέρμανση ή δίνει ενέργεια στη ζάχαρη και στα συστατικά της για να λιώσει (10,2%). Μεγάλο ποσοστό μαθητών ή δεν απαντούν (6,8%) ή δίνουν κυκλικές απαντήσεις (23,7%).

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Οι μαθητές στο τεστ Α χρησιμοποιούν μικροσκοπικές αποδεκτές απαντήσεις για την ερμηνεία του φαινομένου σε ποσοστό 68,4% (42,1% πλήρεις και 26,3% εν μέρει). Οι περισσότεροι μαθητές που δίνουν εν μέρει απαντήσεις επιλέγουν την κίνηση μορίων νερού. Ένας μαθητής αναφέρεται στην κίνηση των μορίων ζάχαρης. Οι εναλλακτικές αφορούν διασκορπισμό και λιώσιμο (10,5%) ενώ δεν απαντούν το 8,8% και δίνουν κυκλικές απαντήσεις το 12,3%. Οι μαθητές της Π1 στο τεστ Β χρησιμοποιούν μικροσκοπικές αποδεκτές απαντήσεις για την ερμηνεία του φαινομένου σε ποσοστό 86,0% (πλήρεις 50,9% και εν μέρει 35,1%). Οι εναλλακτικές σε μακροσκοπικό επίπεδο και σε μικροσκοπικό είναι το 1,8%. Δεν απαντούν το 5,3% ενώ δίνουν κυκλικές απαντήσεις το 5,3%.

Πλήρεις απαντήσεις

Βοηθάμε τα μόρια νερού να διαλύσουν τη ζάχαρη σε μόρια (Π1-55).

Τα μόρια του νερού χτυπούν τον κόκκο της ζάχαρης και έτσι διασπάται και σκορπίζεται σε όλο το ποτήρι (Π1-51).

Τα μόρια με την κίνηση κινούνται γρηγορότερα και αυξάνει και διασπών πιο γρήγορα (Π1-39).

Εν μέρει αποδεκτές

Με την κίνηση τα μόρια νερού μπαίνουν πιο γρήγορα ανάμεσα στα κενά (Π1-49)

Το ανακάτεμα βοηθάει στην κίνηση και έτσι τα μόρια ζάχαρης απομακρύνονται (Π1-40).

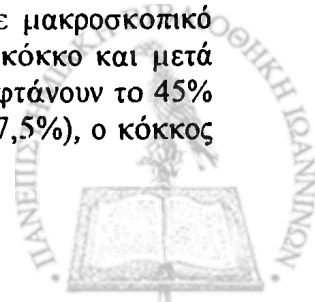
Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ1))

Το τμήμα Π2(διδ) έδωσε αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 50% (21,4% πλήρεις, 28,6% εν μέρει). Οι μακροσκοπικές εναλλακτικές είναι το 7,1%, οι μικροσκοπικές το 21,4% και συνδέονται με διάλυση μορίων ενώ δίνουν μηδενικές το 21,3%.

Π2(συζ) (Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3))

Πριν τη συζήτηση οι αποδεκτές απαντήσεις (εν μέρει) είναι το 15% των απαντήσεων και αναφέρουν κυρίως ότι τα μόρια ζάχαρης και νερού ανακατεύονται και τα μόρια ζάχαρης μπαίνουν στα κενά (10%). Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι το 20% και αναφέρονται στο ότι η ζάχαρη λιώνει (7,5%), απλώνεται ή το ανακάτεμα κάνει κομμάτια / διασκορπίζει τον κόκκο και μετά λιώνει ή το ανακάτεμα δίνει ενέργεια και διαλύει. Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων ανέρχονται στο 32,5% των απαντήσεων και αναφέρουν ότι τα μόρια ουσίας κινούνται πιο γρήγορα, σκορπίζουν και διαλύονται, λιώνουν (12,5%), ο κόκκος πάει στα κενά των μορίων νερού (10%), τα μόρια ζάχαρης ανακατεύονται σε συνεχές υγρό (7,5%), τα μόρια νερού κινούνται και διαλύουν την ουσία. Δεν απαντούν ή δίνουν κυκλική απάντηση το 32,5%. Στο τεστ Β πριν τη συζήτηση αποδεκτές απαντήσεις (εν μέρει μικροσκοπικές) δίνουν το 20% των μαθητών. Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο (15%) αναφέρουν ότι το ανακάτεμα κάνει κομμάτια / διασκορπίζει τον κόκκο και μετά λιώνει ή η ζάχαρη απλώνεται. Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων φτάνουν το 45% (τα μόρια ουσίας κινούνται πιο γρήγορα, σκορπίζουν και διαλύονται, λιώνουν (27,5%), ο κόκκος



πάει στα κενά των μορίων νερού (10%), τα μόρια νερού κινούνται και διαλύουν την ουσία, τα μόρια ζεσταίνονται, παίρνουν ενέργεια και διαλύονται, τα μόρια ζάχαρης ανακατεύονται σε συνεχές υγρό). Δεν απαντούν ή δίνουν κυκλική απάντηση το 20%.

Μετά τη συζήτηση οι αποδεκτές απαντήσεις στο τεστ Α είναι το 58,3% (πλήρεις 25%). Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι το 13,9% (το ανακάτεμα δίνει ενέργεια στο νερό και διαλύει ή η ζάχαρη λιώνει). Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων είναι το 11,1% στο τεστ Α. Τα μόρια ουσίας κινούνται πιο γρήγορα σκορπίζουν και διαλύονται, λιώνουν. Δίνουν κυκλική απάντηση το 16,7%. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται στο 61,1% από τις οποίες το 25% είναι πλήρεις. Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι το 8,3% (το ανακάτεμα δίνει ενέργεια στο νερό και διαλύει ή η ζάχαρη λιώνει). Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων είναι το 22,2% στο τεστ Α. Τα μόρια ουσίας κινούνται πιο γρήγορα, σκορπίζουν και διαλύονται, λιώνουν (16,7%). Οι υπόλοιπες αναφέρουν ότι τα μόρια ζεσταίνονται, παίρνουν ενέργεια και διαλύονται ή ο κόκκος πάει στα κενά των μορίων νερού.

Μετά τη συζήτηση η Π2(Σχ2) στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις φτάνουν το 40% (πλήρεις 13,3%, εν μέρει 26,7%). Μετά τη συζήτηση στο τεστ Β αποδεκτές απαντήσεις δίνουν το 46,7% (πλήρεις 13,3%, εν μέρει 33,3%). Μετά τη συζήτηση στην Π2(Σχ3) οι αποδεκτές απαντήσεις και στα δυο τεστ είναι το 71,4% (πλήρεις 33,3%, εν μέρει 38,1%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων είναι το 14,3% στο τεστ Α και το 19,1% στο τεστ Β.

Σημείωση

Προκειμένου να διευκολυνθούν οι μαθητές να αποσαφηνίσουν τι εννοούν στις απαντήσεις τους για τη διάλυση, ρωτήσαμε στο τεστ Α αν μπορούμε να ξαναπάρουμε πίσω το αλάτι από το αλατόνερο και να εξηγήσουν το λόγο. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι μαθητές του Π2(Σχ3) που συζήτησαν τη διάλυση και ανέπτυξαν μοντέλα αποδεκτά για τη διάλυση σε μεγάλο ποσοστό θεωρούν ότι δεν μπορούμε να ξαναπάρουμε το αλάτι από το αλατόνερο γιατί έχει διασκορπιστεί σε μόρια.

Πίνακας 7.1.6.: Συχνότητες απαντήσεων των μαθητών των ομάδων σχετικά με την αντιστρεψιμότητα κατά τη διάλυση

Η διάλυση είναι διαδικασία	Ε (N=59)	ΠΙ (N=57)	Π2(Σχ1) (N=14)	Π2(Σχ2)pre (N=16)	Π2(Σχ2)post (N=15)	Π2(Σχ3)pre (N=24)	Π2(Σχ3)post (N=21)
Αντιστρεπτή	47	52	10	8	13	14	13
Μη αντιστρεπτή	12	4	3	8	2	9	8
Δεν απαντά	0	1	1			1	

Παρακάτω παρουσιάζουμε απαντήσεις πριν / μετά τη συζήτηση στις ομάδες.

Δεν μπορούμε να ξαναπάρουμε το αλάτι γιατί το αλάτι έχει ξεχωριστεί σε πολύ μικρά κομμάτια / δεν μπορώ γιατί έχουν χωριστεί σε μόρια και δεν μπορούμε να τα ενώσουμε ξανά (Σχ3-1).

Δεν μπορούμε να ξαναπάρουμε το αλάτι γιατί είναι ανακατεμένο ένα υγρό με ένα άλλο υγρό / όχι, γιατί τα μόρια είναι πολύ μικρά και ανακατεύτηκαν (Σχ3-9).

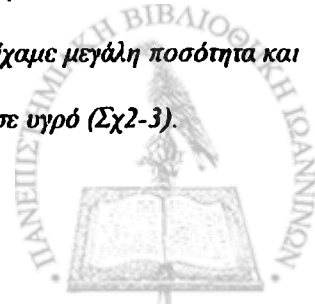
Δεν μπορούμε γιατί έχουν αναμιχθεί τα μόρια (εννοεί δεν έχουμε δυο μόρια) / ναι, εξατμίζεται το νερό και μένει το αλάτι (Σχ3-16).

Δεν μπορούμε, όχι, γιατί τα μόρια αλατιού δεν φαίνονται / δεν μπορούμε γιατί δεν βλέπουμε τα μόρια και δεν ξέρουμε που είναι (Σχ3-22).

Δεν μπορούμε γιατί έχουμε ένωση με μόρια νερού και σχηματίζεται αλατόνερο / μπορούμε με την εξάτμιση, τα μόρια νερού θα εξατμιστούν και θα γίνουν αέρια και κάτω θα μείνουν τα μόρια του αλατιού και θα σχηματίσουν κόκκο (Σχ2-5).

Δεν μπορούμε να πάρουμε πίσω το αλάτι διότι διαλύθηκε αλλά θα μπορούσαμε αν είχαμε μεγάλη ποσότητα και θα καθόταν κάτω / με εξάτμιση (Σχ2-9).

Με απόχυση γιατί η ζάχαρη κάθεται στον πάτο / όχι γιατί η ζάχαρη έχει μετατραπεί σε υγρό (Σχ2-3).



Το φίλτρο θα κρατήσει λίγη ποσότητα, η άλλη διαλύθηκε / θα πάρουμε αλάτι με φιλτράρισμα αλλά πολύ μικρότερη ποσότητα (Σχ2-12).

Ναι, με εξάτμιση / με εξάτμιση γιατί θα εξατμιστεί το νερό και θα μείνουν το αλάτι γιατί τα μόρια είναι βαριά και δεν εξατμίζονται (Σχ2-4).

7.2. Κατηγοριοποίηση απαντήσεων στο σύνολο της ενότητας της διάλυσης

Στους Πίνακες 7.2.1. και 7.2.2. ταξινομούνται οι απαντήσεις ανά ειδική κατηγορία και ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας αντίστοιχα. Στον Πίνακα 7.2.3. παρουσιάζονται τα ποσοστά ταυτολογικών και μηδενικών απαντήσεων στο σύνολο των ερωτήσεων μη κατανόησης.

Πίνακας 7.2.1.: Ποσοστά απαντήσεων ανά κατηγορία για όλες τις ομάδες στα δυο τεστ στο σύνολο της ενότητας της διάλυσης

	Πλήρης σομ.	Εν μέρει σομ.	Εν μέρει μακρο	Εναλ. μακρο	Εναλ. σομ.	Όχι καταν.
E				78,3	0,7	21,0
Π1testA	44,6	25,6		6,0	15,1	8,8
Π1testB	53,3	27,7		1,1	12,6	5,3
Π2(διδ)testA	30,0	20,0		5,7	20,0	24,3
Π2(διδ)testB	34,3	17,1		1,4	32,9	14,3
Π2(Σχ2)pretestA	5,0	5,0		52,5	25,0	12,5
Π2(Σχ2)pretestB	5,0	10,0		11,3	65,0	8,8
Π2(Σχ2)posttestA	17,3	25,3		24,0	21,3	12,0
Π2(Σχ2)posttestB	20,0	32,0		8,0	34,7	5,3
Π2(Σχ3)pretestA	1,7	12,5	0,8	24,2	41,7	19,2
Π2(Σχ3)pretestB	4,2	25,0		8,3	51,7	10,8
Π2(Σχ3)posttestA	41,9	24,8		1,9	28,6	2,9
Π2(Σχ3)posttestB	41,9	26,7		1,0	29,5	1,0
Π2(συζ)pretestA	3,0	9,5	0,5	35,5	35,0	16,5
Π2(συζ)pretestB	4,5	19,0	0,0	9,5	57,0	10,0
Π2(συζ)posttestA	31,7	25,0	0,0	11,1	25,6	6,7
Π2(συζ)posttestB	32,8	28,9	0,0	3,9	31,7	2,8

Πίνακας 7.2.2.: Ποσοστά απαντήσεων ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας για όλες τις ομάδες στα δυο τεστ στο σύνολο της ενότητας της διάλυσης

	X	A	XC	B	BC	C	C*	Αταξ	Όχι κατ.
E	78,3							0,7	21,0
Π1testA	6,0	0,4	2,8	7,7	3,5	25,6	44,6	0,7	8,8
Π1testB	1,1		1,8	7,7	2,8	27,7	53,3	0,4	5,3
Π2(διδ)testA	5,7		5,7	7,1	7,1	20,0	30,0		24,3
Π2(διδ)testB	1,4		7,1	18,6	7,1	17,1	34,3		14,3
Π2(Σχ2)pretestA	52,5		1,3	10,0	11,3	5,0	5,0	2,5	12,5
Π2(Σχ2)pretestB	11,3		6,3	40,0	16,3	10,0	5,0	2,5	8,8
Π2(Σχ2)posttestA	24,0		4,0	6,7	6,7	25,3	17,3	4,0	12,0
Π2(Σχ2)posttestB	8,0		6,7	20,0	4,0	32,0	20,0	4,0	5,3
Π2(Σχ3)pretestA	25,0		12,5	18,3	9,2	12,5	1,7	1,7	19,2
Π2(Σχ3)pretestB	8,3		13,3	22,5	12,5	25,0	4,2	3,3	10,8
Π2(Σχ3)posttestA	1,9		1,9	15,2	9,5	24,8	41,9	1,9	2,9
Π2(Σχ3)posttestB	1,0		1,0	20,0	6,7	26,7	41,9	1,9	1,0
Π2(συζ)pretestA	36,0		8,0	15,0	10,0	9,5	3,0	2,0	16,5
Π2(συζ)pretestB	9,5		10,5	29,5	14,0	19,0	4,5	3,0	10,0
Π2(συζ)posttestA	11,1		2,8	11,7	8,3	25,0	31,7	2,8	6,7
Π2(συζ)posttestB	3,9		3,4	20,0	5,6	28,9	32,8	2,8	2,8

Ενδεικτικά ταξινομήσαμε:

X: Η άμμος δεν διαλύεται επειδή είναι πολύ βαριά και κατακάθεται.

XC: Ο κόκκος πάει στα κενά των μορίων νερού.

A: Τα κομμάτια αφήνουν τον κρύσταλλο αλατιού και ανακατεύονται με το νερό και πάνε στον πάτο (αλλαγή θέσης).



B: Τα μόρια ζεσταίνονται, παίρνουν ενέργεια και διαλύονται.

BC: Ο διαχωρισμός της ουσίας σε σωματίδια / μόρια είναι μια προσωρινή κατάσταση και ακολουθεί διάσπαση μέχρι να "διαλυθεί" ή να λιώσει.

C: Τα μόρια νερού παίρνουν τα μόρια ζάχαρης και ανακατεύονται και δεν φαίνονται τα μόρια γιατί είναι πολλά τα μόρια νερού.

C*: Τα μόρια νερού κάνουν μια "επίθεση" στους κόκκους της ζάχαρης και τους διασκοπών σε πολλά μόρια που διασκορπίζονται στο νερό και δεν φαίνονται.

Αταξινόμητες: Τα σωματίδια αλατιού και νερού συνδυάζονται και μαζί σχηματίζουν νέο σώμα (σύνθεση)

Τα μόρια διασπάστηκαν σε άτομα.

Η ταξινόμηση των απαντήσεων ανά ειδική κατηγορία έδειξε ότι δεν υπάρχουν πλήρεις μακροσκοπικές απαντήσεις ενώ οι εν μέρει μακροσκοπικές είναι ελάχιστες (0,8% στην Π2(Σχ3)pretestA). Η ερμηνεία της διάλυσης απαιτεί χρήση σωματιδιακού μοντέλου που περιλαμβάνει κίνηση και αλληλεπίδραση σωματιδίων.

Πίνακας 7.2.3.: Ποσοστά ταυτολογικών και μηδενικών απαντήσεων στο σύνολο των ερωτήσεων μη κατανόησης

	E	Π1 testA	Π1 testB	Π2(διδ) testA	Π2(διδ) testB	Π2(συχ) pretestA	Π2(συχ) pretestB	Π2(συχ) post testA	Π2(συχ) posttestB	Π2(Σχ2) testA	Π2(Σχ2) testB	Π2(Σχ2) post testA	Π2(Σχ2) posttestB	Π2(Σχ3) testA	Π2(Σχ3) testB	Π2(Σχ3) post testA	Π2(Σχ3) posttestB
Όχι απάντ	2,0	3,9	3,2	11,4	12,9	9,0	5,5	2,8	1,7	10,0	2,5	6,7	4,0	8,3	7,5	0,0	0,0
Κυκλική	19,0	4,9	2,1	12,9	1,4	7,5	4,5	3,9	1,1	2,5	6,3	5,3	1,3	10,8	3,3	2,9	1,0

Στο σύνολο της ενότητας το 78,3% των μαθητών της E δίνουν μακροσκοπικές εναλλακτικές απαντήσεις για να ερμηνεύσουν φαινόμενα διάλυσης ενώ ένα μεγάλο ποσοστό 21% δίνουν μηδενικές απαντήσεις (19% ταυτολογικές). Η κατανόηση ότι σε σωματιδιακό επίπεδο ένα διάλυμα είναι ένα μίγμα και εξωτερικές δράσεις επηρεάζουν μόνο την ταχύτητα της διαδικασίας διάλυσης ή τον βαθμό με τον οποίο λαμβάνει χώρα η διαδικασία (διαλυτότητα), δεν μπορεί να γίνει χωρίς οι μαθητές να γνωρίζουν και να χρησιμοποιούν μοντέλα της ύλης που περιλαμβάνουν την κίνηση και την αλληλεπίδραση των σωματιδίων. Χωρίς τέτοια μοντέλα, οι μαθητές έχουν έλλειψη μηχανισμού, για παράδειγμα, γιατί κάποιες ουσίες διαλύονται και κάποιες όχι (Haidar & Abraham 1991). Η αιτία της διάλυσης δεν είναι να ανήκει σε μια φυσική ιδιότητα όπως η πυκνότητα. Απαιτείται εισαγωγή σωματιδιακών μοντέλων για ιδέα αλληλεπίδρασης και κίνησης καθώς και ανάλυση του ρόλου της ανάδευσης και θέρμανσης.

Αντίθετα από την E, στην Π1 σημειώθηκαν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 70,2% στο τεστ A (44,6% πλήρεις) και 81% στο τεστ B (53,3% πλήρεις). Στο σύνολο της ενότητας οι εναλλακτικές σωματιδιακές απαντήσεις είναι το 15,1% στο τεστ A και 12,6% στο τεστ B. Από αυτές ένα ποσοστό 7,7% είναι μοντέλου B (τα μόρια έχουν μακροσκοπικές ιδιότητες). Το σωματιδιακό μοντέλο, που διδάξαμε, βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν τη διάλυση ως αλληλεπίδραση μορίων νερού και ουσίας και να κατανοήσουν πώς οι παράγοντες επηρεάζουν τη διάλυση καθώς και γιατί η άμμος δεν διαλύεται. Οι έννοιες της εσωτερικής κίνησης και της αλληλεπίδρασης, που είναι απαραίτητες για την κατανόηση της διάλυσης, φαίνεται πώς κατανοήθηκαν από τους μαθητές που διδάχθηκαν το σωματιδιακό μοντέλο. Παρατηρούμε επίσης ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν απαντήσεις με σωματίδια ενώ οι μακροσκοπικές είναι ελάχιστες (6,0% εναλλακτικές στο τεστ A και 1,1% στο τεστ B). Η ερμηνεία σε σωματιδιακό επίπεδο είναι σε μεγαλύτερο βαθμό σύμφωνη με την αποδεκτή άποψη. Παρόμοια οι Longden et al. (1991) που εργάστηκαν με παιδιά δυο διαφορετικών ηλικιακών ομάδων (11-12 ετών και 13-14 ετών) βρήκαν ότι ένα μεγαλύτερο ποσοστό παιδιών και στις δυο ηλικίες έδωσαν μια ακριβή σωματιδιακή περιγραφή της διάλυσης ενώ μικρό ποσοστό έδωσε σωστές απαντήσεις σε ερωτήσεις στα πλαίσια καθημερινής ζωής. Επιπλέον, ενώ η κατανόηση της σωματιδιακής περιγραφής βελτιώθηκε με την ηλικία, υπήρξε μικρή ολική βελτίωση της κατανόησης της καθημερινής έννοιας. Η συνέπεια μεταξύ των δυο τρόπων βελτιώθηκε με την ηλικία. Τα αποτελέσματά μας έρχονται σε αντίθεση με αυτά που αναφέρονται από άλλες έρευνες που δείχνουν ότι οι μαθητές δεν χρησιμοποιούν αυθόρμητα εξηγήσεις με όρους σωματιδίων ακόμα και αν ρωτηθούν απευθείας να

χρησιμοποιήσουν αυτούς (Sanmatri 1989, Valcarcel 1990 in Blanco & Prieto 1997, Haidar & Abraham 1991, Ahtee 1993).

Στην ενότητα της διάλυσης, όπως και στη διάχυση, σημειώθηκε το συνθετικό μεταβατικό μοντέλο ΧC σε μικρό ποσοστό στο τμήμα Π1 (2,8% στο τεστ Α και 1,8% στο τεστ Β) και σε μεγαλύτερο στα τμήματα του Π2. Πρόκειται για ένα μοντέλο σύμφωνα με το οποίο μια από τις δυο ουσίες περιγράφεται με σωματιδιακούς όρους ενώ η άλλη περιγράφεται μακροσκοπικά. Το μοντέλο αυτό αναφέρεται και από τον Βλάχο (1999) σε ποσοστό 2% σε τμήματα που διδάχθηκαν εποικοδομητικά τη δομή της ύλης και σε μικροσκοπικό επίπεδο. Το συγκεκριμένο μοντέλο θεωρούμε ότι εκφράζει τη δυσκολία των μαθητών να λειτουργήσουν με πληρότητα σε σωματιδιακό επίπεδο, στο οποίο όλα τα σώματα τα οποία εμπλέκονται στα φαινόμενα περιγράφονται με σωματιδιακούς όρους. Στο σωματιδιακό επίπεδο το μοντέλο εμφανίζεται πιο σπάνια. Ο Ahtee (1994) αναφέρει ότι οι μαθητές εστίασαν έτσι στο αλάτι και γενικά αγνόησαν το νερό που εκτιμούν ότι απλά είναι παρόν στη διάλυση. Το μοντέλο αυτό στα τμήματα Π2(Σχ1), Π2(Σχ2) πριν και μετά τη συζήτηση, Π2(Σχ3) πριν τη συζήτηση εμφανίζεται σε υψηλότερα ποσοστά από την Π1.

Ένα άλλο συνθετικό μοντέλο, που εμφανίζεται σε υψηλότερο ποσοστό από το ΧC, είναι το μοντέλο BC (3,5% στο τεστ Α και 2,8% στο τεστ Β). Στο μοντέλο αυτό η διάλυση περιγράφεται ως διάσπαση του κόκκου σε μόρια με αλληλεπίδραση με τα μόρια νερού, ωστόσο η κατάσταση αυτή είναι προσωρινή και τα μόρια στη συνέχεια διασπώνται, διαλύονται. Το μοντέλο εμφανίζεται σε υψηλό ποσοστό στην ομάδα Π2(διδ) (τμήματα Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3)) ειδικά πριν τη συζήτηση. Η Pfundt (1981) αναφέρει ότι κάποιοι σπουδαστές δεν θεωρούν τα μικρότερα και άορα 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 άλλοι 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.

Το τμήμα Π2(Σχ1) (Π2(διδ)), αν και διδάχθηκε την ενότητα, είχε δυσκολίες στην ερμηνεία των φαινομένων της διάλυσης. Αποδεκτές απαντήσεις δίνουν το 50% των μαθητών στο τεστ Α (30% πλήρεις) και το 51,4% στο τεστ Β (34,3% πλήρεις). Το 20% των απαντήσεων στο τεστ Α και το 32,9% στο τεστ Β είναι εναλλακτικές μικροσκοπικές. Οι εναλλακτικές κατανέμονται στο μοντέλο ΧC, Β, BC και το τεστ Β το 18,6% είναι μοντέλο Β. Μεγάλο ποσοστό μαθητών δεν απαντούν ή δίνουν ταυτολογικές απαντήσεις (24,3% στο τεστ Α και 14,3% στο τεστ Β).

Η ομάδα Π2(συζ), που δεν τη διάλυση, πριν τη συζήτηση παρουσιάζει πολύ χαμηλή επίδοση. Οι αποδεκτές είναι το 12,5% στο τεστ Α και το 23,5% στο τεστ Β ενώ οι πλήρεις είναι μόνο το 3% στο τεστ Α και 4,5% στο τεστ Β. Οι εναλλακτικές είναι στο τεστ Α μακροσκοπικές σε ποσοστό 35,5% και σωματιδιακές σε ποσοστό 35%. Οι σωματιδιακές είναι μοντέλου Β και BC. Στο τεστ Β οι εναλλακτικές μακροσκοπικές είναι 9,5% και 57% μικροσκοπικές. Αυτές είναι μοντέλου ΧC 10,5%, μοντέλου Β 29,5% και μοντέλου BC 14%. Μετά τη συζήτηση οι αποδεκτές απαντήσεις αυξάνουν (56,7% στο τεστ Α και 61,7% στο τεστ Β). Ωστόσο εναλλακτικές απαντήσεις δίνουν περίπου οι μισοί μαθητές (36,7% στο τεστ Α και 35,6% στο τεστ Β). Αυτές κατανέμονται στα μοντέλα Β, BC ΧC, ενώ στο τεστ Β οι περισσότερες είναι μοντέλου Β (ποσοστό 20%).

Το τμήμα Π2(Σχ2), που δεν διδάχθηκε τη διαστολή και τη διάλυση, πριν τη συζήτηση παρουσιάζει πολύ χαμηλή επίδοση. Οι αποδεκτές είναι το 10% στο τεστ Α και το 15% στο τεστ Β ενώ οι πλήρεις είναι μόνο το 5%. Οι εναλλακτικές είναι στο τεστ Α μακροσκοπικές σε ποσοστό 52,5% και σωματιδιακές σε ποσοστό 25%. Οι σωματιδιακές είναι μοντέλου Β και BC. Στο τεστ Β οι εναλλακτικές μακροσκοπικές είναι 11,3% και 65% μικροσκοπικές. Αυτές είναι μοντέλου ΧC 6,3%, μοντέλου Β 40% και μοντέλου BC 16,3%. Μετά τη συζήτηση οι αποδεκτές απαντήσεις αυξάνουν (42,6% στο τεστ Α και 52% στο τεστ Β). Ωστόσο εναλλακτικές απαντήσεις δίνουν

περίπου οι μισοί μαθητές (45,3% στο τεστ Α και 42,7% στο τεστ Β). Αυτές κατανέμονται στα μοντέλα ΧC, Β, BC ενώ στο τεστ Β οι περισσότερες είναι μοντέλου Β (ποσοστό 20%). Οι μαθητές του Π2(Σχ2) κατά τη συζήτηση ανέπτυξαν μοντέλα τήξης της ζάχαρης και ανάμιξης δυο υγρών ή μοντέλο ανακατέματος μορίων νερού και ζάχαρης και παράσταση του τελικού προϊόντος ως ένα υγρό.

Το τμήμα Π2(Σχ3) δεν είχε διδαχθεί τη διάλυση και την αλλαγή κατάστασης. Πριν τη συζήτηση στις ομάδες οι αποδεκτές απαντήσεις ήταν στο τεστ Α σε ποσοστό 14,2% (1,7% πλήρης) και 29,2% στο τεστ Β (4,2% πλήρεις). Στο τεστ Α το 65,9% δίνουν εναλλακτικές απαντήσεις από τις οποίες το 24,2% είναι μακροσκοπικές. Οι σωματιδιακές κατανέμονται στα μοντέλα ΧC, Β, BC (12,5% 18,3% και 9,2% αντίστοιχα). Στο τεστ μικροσκοπικών αλλαγών οι εναλλακτικές φτάνουν το 60% από τις οποίες το 51,7% είναι μικροσκοπικές και κατανέμονται στα μοντέλα ΧC, Β, BC (13,3%, 22,5% και 12,5% αντίστοιχα). Μεγάλο ποσοστό μαθητών δεν απαντούν ή δίνουν κυκλικές απαντήσεις. Ωστόσο στο τμήμα αυτό η συζήτηση στις ομάδες βοήθησε στην ανάπτυξη αποδεκτών μοντέλων για τη διάλυση. Έτσι μετά τη συζήτηση δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 66,7% στο τεστ Α και 68,6% στο τεστ Β από τις οποίες το 41,9% είναι πλήρεις. Παραμένουν όμως εναλλακτικές απαντήσεις σε σωματιδιακό επίπεδο (28,6% στο τεστ Α και 29,5% στο τεστ Β που κατατάσσονται στο μοντέλο Β και BC με κυριότερο το Β (15,2% και 20% στο δυο τεστ).

Στο τμήμα Π2(Σχ2) μετά τη συζήτηση στο σύνολο της ενότητας βελτιώθηκαν το 37,3% των απαντήσεων στο τεστ Α και το 49,3% στο τεστ Β. Ίδιες απόψεις διατυπώθηκαν πριν και μετά τη συζήτηση σε ποσοστό 56% στο τεστ Α και 44% στο τεστ Β. Απαντήσεις υλιναχώρησης ήταν το 6,7% των απαντήσεων και στα δυο τεστ.

Στο τμήμα Π2(Σχ3) μετά τη συζήτηση στο σύνολο της ενότητας βελτιώθηκαν το 67,6% των απαντήσεων στο τεστ Α και το 64,8% στο τεστ Β. Ίδιες απόψεις διατυπώθηκαν πριν και μετά τη συζήτηση σε ποσοστό 30,5% στο τεστ Α και στο τεστ Β. Απαντήσεις υλιναχώρησης ήταν το 1,9% στο τεστ Α και το 4,8% στο τεστ Β.

Στο τμήμα Π2(συζ) μετά τη συζήτηση στο σύνολο της ενότητας βελτιώθηκαν το 55% των απαντήσεων στο τεστ Α και το 58,3% στο τεστ Β. Ίδιες απόψεις διατυπώθηκαν πριν και μετά τη συζήτηση σε ποσοστό 41,1% στο τεστ Α και 36,1% στο τεστ Β. Απαντήσεις υλιναχώρησης ήταν το 3,9% στο τεστ Α και το 5,6% στο τεστ Β.

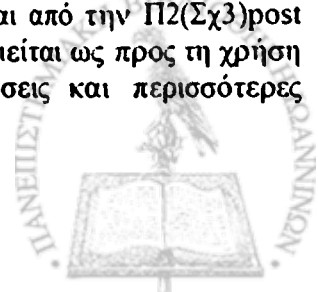
7.3. Στατιστική σύγκριση μεταξύ και εντός των ομάδων

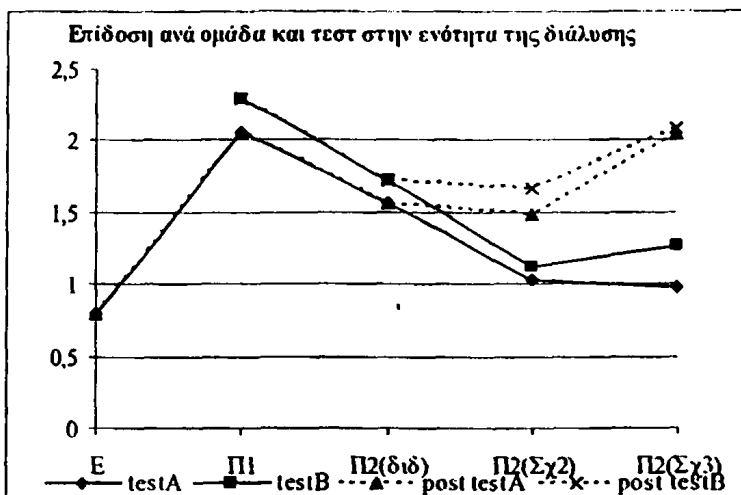
Οι επιδόσεις και οι στατιστικές συγκρίσεις παρουσιάζονται στο Παράρτημα Π7.

7.3.1. Σύγκριση των ομάδων στο σύνολο της ενότητας

Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για όλες τις ομάδες και στα δυο τεστ παρουσιάζονται στον Πίνακα Π7.Π1.

Στο σύνολο της ενότητας η Ε παρουσιάζει τη χαμηλότερη επίδοση και διαφοροποιείται από τη Π1testA, Π2(Σχ1)testA, Π2(συζ)posttestA, Π2(συζ)posttestA ($p = 0,000$) και από την Π2(συζ)pre ($p < 0,05$). Η Π1 παρουσιάζει την υψηλότερη επίδοση και διαφοροποιείται από την Π2(Σχ1) και στο test A και στο test B ($p < 0,05$). Η ομάδα Π2(συζ)pre διαφοροποιείται από την Π1 ενώ η Π2(συζ)post δεν διαφοροποιείται ως προς την μέση επίδοση από την Π1 στο τεστ Α αλλά διαφοροποιείται ως προς το τεστ Β. Ωστόσο και στα δυο τεστ η Π2(συζ) μετά τη συζήτηση χρησιμοποιεί διαφορετικές κατηγορίες απαντήσεων από αυτές που χρησιμοποιεί η Π1 καθώς δίνει λιγότερες αποδεκτές και περισσότερες εναλλακτικές απαντήσεις. Η Π1 επίσης διαφοροποιείται από την Π2(Σχ2)pre ($p = 0,000$) και την Π2(Σχ2)post ($p < 0,05$) και στα δυο test. Επίσης η Π1 διαφοροποιείται από την Π2(Σχ3)pre ($p = 0,000$), ενώ δεν διαφοροποιείται από την Π2(Σχ3)post και στα δυο test ως προς την μέση επίδοση. Ωστόσο η Π2(Σχ3) διαφοροποιείται ως προς τη χρήση κατηγορίας από την Π1 καθώς σημειώνει λιγότερες πλήρεις απαντήσεις και περισσότερες εναλλακτικές (Πίνακας Π7.Π2).





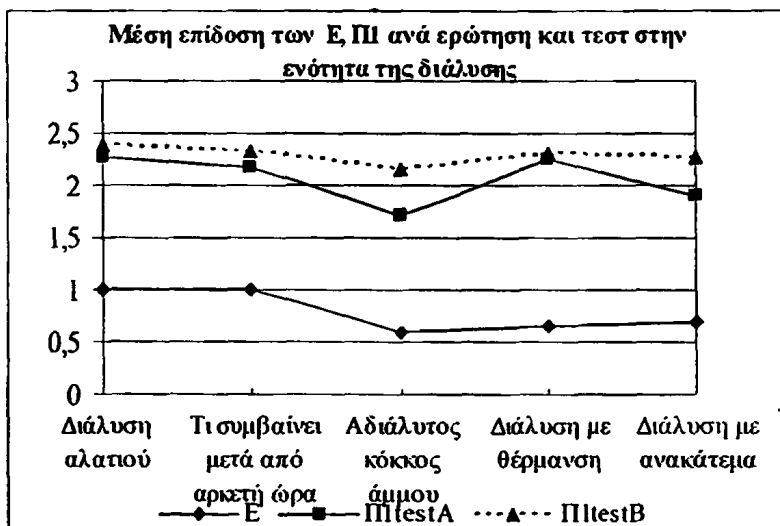
Διάγραμμα 7.1.: Μέση επίδοση ανά ομάδα και τεστ στην ενότητα της διάλυσης

7.3.2. Συγκρίσεις εντός των ομάδων στις ερωτήσεις της ενότητας της διάλυσης

Ομάδα E

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 7.2. οι μαθητές της E δίνουν εναλλακτικές απαντήσεις στις δυο πρώτες ερωτήσεις της ενότητας της διάλυσης ενώ στις υπόλοιπες ή δεν απαντούν ή δίνουν εναλλακτικές απαντήσεις. Η σύγκριση των ερωτήσεων ανά ζεύγη έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις ερωτήσεις 1-3, 1-4, 1-5, 2-3, 2-4, 2-5 ($p = 0,000$) ενώ οι 1-2, 3-4, 3-5, 4-5 δεν διαφοροποιούνται (Πίνακας Π7.Π3)

Ομάδα Π1



Διάγραμμα 7.2.: Μέση επίδοση των E, Π1 ανά ερώτηση και τεστ στην ενότητα της διάλυσης

Την υψηλότερη επίδοση σημείωσαν οι μαθητές της Π1 στην ερώτηση για τη διάλυση κόκκου αλατιού σε νερό, που είχαν διδαχθεί. Στο τεστ A το 78,9% της Π1 δίνει αποδεκτές απαντήσεις (47,4% πλήρεις μικροσκοπικές ενώ στο τεστ B οι αποδεκτές απαντήσεις της Π1 είναι σε ποσοστό 84,2% (56,1% πλήρεις μικροσκοπικές). Το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης που διδάχθηκαν οι μαθητές που περικλείει την κίνηση και την αλληλεπίδραση των σωματιδίων δίνει τον μηχανισμό να καταλάβουν ότι η διάλυση δεν είναι προσωρινό φαινόμενο. Έτσι στην ερώτηση για το τι συμβαίνει μετά από αρκετή ώρα μεγάλο ποσοστό μαθητών στο τεστ A δίνουν αποδεκτές

απαντήσεις (59,7%) (57,9% πλήρεις και 1,8% εν μέρει σωματιδιακές). Σε μικροσκοπικό επίπεδο οι απαντήσεις βελτιώνονται και οι αποδεκτές φτάνουν το 73,7% (63,2% πλήρεις και 10,5% εν μέρει). Η γνώση και χρήση μοντέλων της ύλης που περιλαμβάνουν την κίνηση και την αλληλεπίδραση των σωματιδίων έδωσε στους μαθητές ένα μηχανισμό για να ερμηνεύσουν ποιες ουσίες διαλύονται και ποιες όχι (Haidar et al. 1991). Στην ερώτηση για τη διάλυση άμμου σε νερό οι μαθητές έδωσαν στο τεστ Α αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 61,4% (29,8% πλήρεις και 31,6% εν μέρει μικροσκοπικές). Σε μικροσκοπικό επίπεδο οι εναλλακτικές σε ποσοστό 8,8% αναφέρουν ότι τα μόρια είναι σκληρά, στερεά και βαριά. Μεγάλο ποσοστό μαθητών (19,3%) είτε δεν απαντούν είτε δίνουν κυκλικές απαντήσεις. Οι μαθητές στο τεστ Β δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 77,2% (43,9% πλήρεις και 33,3% εν μέρει μικροσκοπικές). Η αύξηση διαλυτότητας με θέρμανση στο τεστ Α είναι μια εύκολη ερώτηση για τους μαθητές της Π1 καθώς δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 82,46% (πλήρεις 45,61%, εν μέρει 36,8%). Η αύξηση κίνησης των μορίων με τη θέρμανση και η διάσπαση των δεσμών είναι έννοιες που έγιναν κατανοητές από τους μαθητές. Οι απαντήσεις στο τεστ Β είναι ανάλογες με το τεστ Α, αν και οι πλήρεις απαντήσεις είναι περισσότερες (84,2% αποδεκτές από τις οποίες 52,6% πλήρεις και 31,6% εν μέρει αποδεκτές). Για την ερμηνεία του φαινομένου της διάλυσης με ανακάτεμα οι μαθητές στο τεστ Α χρησιμοποιούν μικροσκοπικές αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 68,4% (42,1% πλήρεις και 26,3% εν μέρει). Οι μαθητές της Π1 στο τεστ Β χρησιμοποιούν μικροσκοπικές αποδεκτές απαντήσεις για την ερμηνεία του φαινομένου σε ποσοστό 86,0% (πλήρεις 50,9% και εν μέρει 35,1%).

Οι επιδόσεις στο τεστ Α και τεστ Β διαφοροποιούνται. Αναλυτικά παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τεστ Α και Β στην ερώτηση 1, 3 και 5 ενώ δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των δυο τεστ στις ερωτήσεις 4 και 2 (για την 2 το μη παραμετρικό κριτήριο δίνει διαφορές $p < 0,1$). Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν μόρια για την απάντηση των ερωτήσεων 2 και 4 (Πίνακας Π7.Π3).

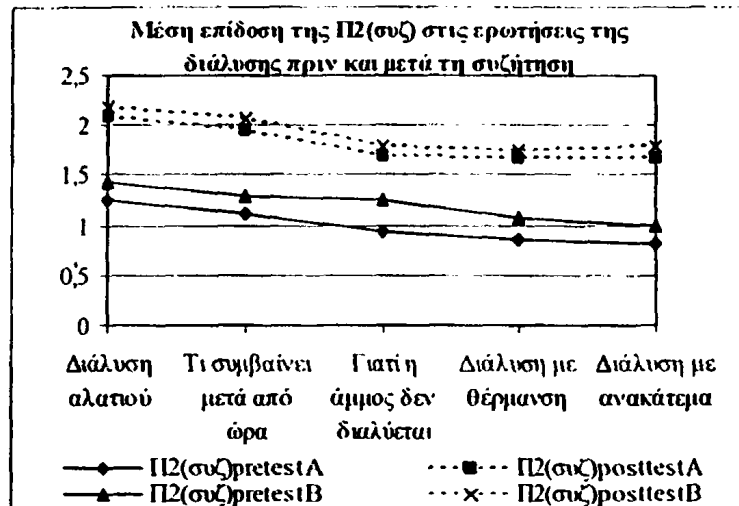
Η σύγκριση των ερωτήσεων ανά ζεύγη στο τεστ Α (Πίνακας Π7.Π3) έδειξε ότι η ερώτηση 3, που είναι η πιο δύσκολη, διαφέρει από τις 1, 2 και 4 ($p < 0,05$) ενώ δεν διαφοροποιείται από την 5. Η 1, που είναι η πιο εύκολη, διαφοροποιείται από την 3 και 5 ($p < 0,05$) ενώ δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις 2, 4. Επίσης δεν διαφοροποιούνται οι 2 και 4. Η 4 διαφέρει από την 5 ($p < 0,05$) ενώ οι 2-5 δεν διαφοροποιούνται κατά το μη παραμετρικό και διαφοροποιούνται με το F ($p < 0,1$). Η σύγκριση των ερωτήσεων του τεστ μικροσκοπικών αλλαγών Β (Πίνακας Π7.Π3) έδωσε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση της ερώτησης 3 από την 1 ($p < 0,05$) ενώ οι άλλες διαφορές στις ερωτήσεις δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Π2(διδ)

Παρατηρούμε ότι οι μαθητές δίνουν αποδεκτές απαντήσεις στις ερωτήσεις 1 και 2 αλλά η επίδοσή τους στις ερωτήσεις 3, 4 και 5 είναι χαμηλή και πιο χαμηλή στο τεστ Α, ειδικά στις ερωτήσεις 3 και 4 (Πίνακας Π7.Π4). Η πιο εύκολη ερώτηση είναι η 1 που διαφοροποιείται από τις 3, 4 και 5 και ακολουθεί η 2.



Π2(συζ)



Διάγραμμα 7.3.: Μέση επίδοση του Π2(συζ) ανά ερώτηση και τεστ στην ενότητα της διάλυσης

Πριν τη συζήτηση ο παράγοντας “τεστ” βρέθηκε σημαντικός σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$ (Πίνακες Π7.Π7). Θεωρώντας μόνο τις ερωτήσεις στο τεστ Α, η πιο εύκολη ερώτηση είναι η 1 που διαφοροποιείται από τις 3, 4 και την 5 ($p < 0,1$). Στο τεστ Β η πιο εύκολη ερώτηση είναι η 1 που διαφοροποιείται από τις 4 και 5. Πριν τη συζήτηση στο τμήμα Π2(Σχ2) η επίδοση των μαθητών είναι χαμηλή σε όλες τις ερωτήσεις και στα δυο τεστ με πιο χαμηλή την επίδοση στην ερώτηση για το ανακάτεμα (Π7.Π5). Για την Π2(Σχ3) πριν τη συζήτηση η ερώτηση 1 αναδείχθηκε η πιο εύκολη και διαφοροποιείται από τις άλλες ενώ η πιο δύσκολη ήταν η 4 (Π7.Π6)

Μετά τη συζήτηση ο παράγοντας “τεστ” βρέθηκε σημαντικός σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$. (Πίνακας Π7.Π6). Η πιο εύκολη ερώτηση είναι η 1 που διαφοροποιείται από την 3, 4 και 5 και στα δυο τεστ ($p < 0,05$) και ακολουθεί η ερώτηση για τη διάλυση μετά από ώρα. Μια αναλυτική σύγκριση των ερωτήσεων πριν και μετά τη συζήτηση έδειξε ότι οι ερωτήσεις διαφοροποιούνται πριν και μετά τη συζήτηση ($p < 0,05$) και στο σύνολο και στα τεστ Α και Β (Πίνακας Π7.Π7, Π7.Π8, Π7.Π9).

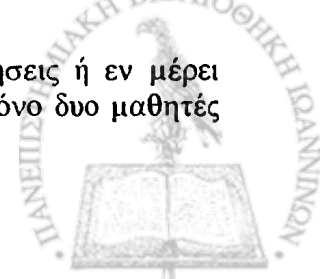
Αναλυτικότερα μετά τη συζήτηση στις ομάδες η επίδοση των μαθητών της Π2(Σχ2) βελτιώθηκε αλλά στις ερωτήσεις 3, 4, 5 παραμένει αρκετά χαμηλή σε σχέση με τις 1 και 2. Η ερώτηση 3 και 5 είναι πιο δύσκολες ενώ η 1 ακολουθούμενη από την 2 είναι πιο εύκολες. Μετά τη συζήτηση φαίνεται να βελτιώνεται αρκετά και η κατανόηση της διάλυσης με θέρμανση (ερώτηση 4). Οι επιμέρους ερωτήσεις πριν και μετά τη συζήτηση διαφοροποιούνται ($p < 0,05$) εκτός από την 3 πριν και μετά τη συζήτηση στο τεστ Α και στο τεστ Β, και την 4 στο τεστ Α (Πίνακας Π7.Π6). Στην ομάδα Π2(Σχ3) μετά τη συζήτηση στο τεστ Α η πιο εύκολη ερώτηση είναι η 1 και η πιο δύσκολη η 4 και διαφοροποιούνται σε επίπεδο ($p < 0,05$). Η αναλυτική σύγκριση των ερωτήσεων πριν και μετά τη συζήτηση έδειξε ότι οι ερωτήσεις διαφοροποιούνται πριν και μετά τη συζήτηση ($p < 0,05$) και στο σύνολο και στα τεστ Α και Β (Πίνακας Π7.Π6).

7.4. Ανάλυση των συζητήσεων στις ομάδες για τις ερωτήσεις της διάλυσης

Οι επιδόσεις των μαθητών του Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3) στις ερωτήσεις της ενότητας της διάλυσης πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες παρουσιάζονται στους Πίνακες Π7.Π10, Π7.Π11.

7.4.1. Μοντέλα που ανέπτυξαν οι μαθητές για τη διάλυση κατά τη συζήτηση στις ομάδες

Στο τεστ πριν τη συζήτηση οι μαθητές έδωσαν ή εναλλακτικές απαντήσεις ή εν μέρει αποδεκτές, δηλαδή ένα μοντέλο ανακατέματος μορίων χωρίς αλληλεπίδραση. Μόνο δυο μαθητές



της ομάδας 2 του Π2(Σχ2) (M15 και M5) αναφέρθηκαν στην αλληλεπίδρασης μορίων. Οι διαδοχικές ερωτήσεις που έγιναν στις ομάδες από τον δάσκαλο, το πείραμα με το φίλτρο και τα σχέδια που παρήγαγαν οι μαθητές, τους οδήγησαν να δομήσουν ένα μοντέλο για τη διάλυση, που ερμήνευε όλες τις ερωτήσεις. Οι ομάδες αναφέρθηκαν κατά τη συζήτηση και στη ζάχαρη που κατακάθεται στα υπέρκορα διαλύματα (κάτι που δεν είχε αναφερθεί στην Π1). Αυτή η αναφορά βοήθησε να ξεκαθαρίσουν το μοντέλο που ανέπτυξαν.

1. Στο παρακάτω απόσπασμα συζήτησης στην ομάδα 1 του Π2(Σχ2) φαίνεται ότι οι μαθήτριες δεν κατάφεραν να δομήσουν ένα μοντέλο διάσπασης και ανάμιξης σωματιδίων καθώς θεώρησαν τον παράγοντα θερμότητα καθοριστικό για την διάλυση - τήξη. Έτσι ανέπτυξαν ένα μοντέλο ανακατέματος μορίων δυο διαφορετικών υγρών που μπορεί να ερμηνευτεί ως τήξη ζάχαρης λόγω της θερμότητας νερού. Στο μοντέλο αυτό οι μαθήτριες δεν αναφέρθηκαν σε αλληλεπίδραση ζάχαρης και νερού και θεωρούν ότι η θερμότητα και το ανακάτεμα διευκολύνουν την τήξη. Το μοντέλο δεν ερμηνεύει την αντιστρεψιμότητα της διαδικασίας της διάλυσης. Η αδυναμία τους αυτή οφειλόταν τόσο στην απροθυμία τους να χρησιμοποιήσουν σωματίδια όσο και στον κυρίαρχο ρόλο της M6 που δεν χρησιμοποιούσε μόρια και επηρέαζε τις συμμαθήτριάς της.

Στην αρχή της συζήτησης εστίασαν στο φίλτρο και θεώρησαν ότι η ζάχαρη περνά από τις τρύπες του, δείχνοντας περιορισμένη εστίαση καθώς εστιάζουν σε εμφανή χαρακτηριστικά (2Driver et al. (1985/93 273-285).

M6: Πιστεύω ότι τα μόρια της ζάχαρης έλιωσαν μόλις μπήκαν στο νερό και γι' αυτό βγήκαν από το φίλτρο.

M7: Νομίζω ότι το νερό ...όχι άνοιξε, μήπως μεγάλωσε τις τρύπες του φίλτρου ...;

M1: Νομίζω ότι όταν το φίλτρο έγινε πιο μαλακό, και έλιωσε και η ζάχαρη και βγήκε πιο εύκολα.

Δ: Σιγνήνω το φίλτρο και παρατηρώ ότι οι τρύπες δεν ανοίγουν.

M1: Δεν ανοίγουν (με απορία);

M6: Είπαμε κάτι σωστό τουλάχιστον; (Δοκιμάζει η M6 είναι γλυκό το νερό και γελάνε).

Επισημάναμε ότι μας ενδιαφέρει να βρούμε ένα μοντέλο που να ερμηνεύει τα φαινόμενα. Από την αρχή φάνηκε ότι η διάλυση αποδίδεται σε τήξη.

M6: Βλέπουμε ότι η ζάχαρη έλιωσε μες στο νερό.

Δ: Πότε λιώνει ένα στερεό;

Όλες μαζί: Όταν το ζεστάνουμε.

Δ: Το ζεστάνουμε εδώ;

M7: Μήπως έφυγε μια ποσότητα από τη ζάχαρη, όχι όλη;

M6: Λογικά πρέπει, ... (ρωτάει) το νερό ήταν κρύο ε;

Δ: Από τη βρύση.

M6: Και το κρύο νερό έχει θερμότητα και λογικά πρέπει να τη λιώνει τη ζάχαρη. Μπορεί να παίζει ρόλο και το φίλτρο.

Η M1 προτείνει το ρόλο του νερού αλλά η συζήτηση στρέφεται στο νερό ως πηγή θερμότητας που χρειάζεται στην τήξη.

M1: Πιστεύω ότι παίζει ρόλο και το νερό.

Δ: Πώς να παίζει ρόλο το νερό;

M7: Μήπως σαν θερμότητα;

M6: Να δώσει θερμότητα το νερό, όπως το γκαζάκι.

M7: Ναι, αλλά δεν αυξήθηκε η θερμοκρασία αλλά μόνο έδωσε θερμότητα.

Στην ερώτηση γιατί η άμμος δεν διαλύεται, προτείνουν πάλι τη τήξη και στις διαφορετικές ιδιότητες των ουσιών. Στη περιγραφή της μακροσκοπικής διάλυσης δεν χρησιμοποίησαν καθόλου μόρια. Η απροθυμία αυτή δείχθηκε και στη συζήτηση για τη διαστολή.

M7: Δεν θα λιώσει.

M6: Γιατί δεν ...δεν λιώνει η άμμος.

M7 (Απευθύνεται στην M1): Εσύ τι νομίζεις;

M1: Δεν λιώνει η άμμος, είναι άλλη ουσία.

Όλες: Συμφωνούμε...

Μέχρι το σημείο αυτό δεν έγινε αναφορά σε μόρια. Γι' αυτό προτείναμε να δουν τις ερωτήσεις του μικροσκοπικού τεστ και τις απαντήσεις τους.



Η μαθήτριά Μ6 αναφέρει τη μετατροπή των μορίων ζάχαρης σε μόρια υγρού, μόρια νερού. Στη συνέχεια η Μ1 προτείνει ανακάτεμα και συνένωση μορίων, όχι ως σχηματισμό νέων μορίων αλλά περισσότερο σαν ένα υγρό με δυο είδη μορίων (το ίδιο είχε κάνει και η ομάδα 2 των αγοριών του Π2(Σχ2)).

Μ6: Η ζάχαρη απλώθηκε στο νερό, έγινε μόρια υγρού και τα μόρια απλώθηκαν μέσα στα μόρια του υγρού.

Δ: Μόρια υγρού; Τι υγρού;

Μ6: Έγιναν μόρια υγρού, μόρια νερού.

Δ: Δεν υπάρχει ζάχαρη καθόλου;

Μ6: Αυτά έλιωσαν τώρα, η ζάχαρη έλιωσε και έγιναν, έγινε υγρό.

Μ1: Εγώ νομίζω ότι τα μόρια ζάχαρης ενώθηκαν με τα μόρια του νερού.

Μ7: Και εγώ αυτό πιστεύω.

Δ: Έκαναν κάτι καινούριο, διαφορετικό;

Μ1, Μ6: Όχι κάτι καινούριο.

Μ6: Διαλύθηκε, διαλύθηκε μέσα στο νερό και μετά έκατσε στον πάτο.

Μ7: Πιστεύω ότι η ζάχαρη έλιωσε. Έγινε ένα με το νερό και έλιωσε.

Μ1: Ναι. Εσείς μας είχατε πει ότι αν τα μόρια ενωθούν κάνουν κάτι καινούριο.

Δ: Έχουμε άλλη ουσία νέα;

Μ7: Έχει γίνει κάτι καινούριο, έχει άλλη γεύση.

Φαίνεται ότι το ανακάτεμα μορίων είναι ένα εμπόδιο για την αντιστρεψιμότητα. Η Μ1 δεν θεωρεί τη διάσπαση και ανακάτεμα εμπόδιο για την απόσταξη.

Δ: Μπορούμε να ξαναπάρουμε πίσω τη ζάχαρη;

Μ1: Με απόσταξη.

Μ6: Δεν νομίζω

Μ7: Ήταν πολύ λίγη η ζάχαρη.

Μ6: Δεν μπορούμε γιατί έχει λιώσει η ζάχαρη.

Μ7: Πιστεύω ότι είναι λίγο δύσκολο την πάρουμε πίσω γιατί ήταν λίγη η ζάχαρη.

Δ: Αν η ζάχαρη ήταν περισσότερη;

Μ7: Μάλλον θα μπορούσαμε να την πάρουμε πίσω.

Μ6: Η ζάχαρη έχει λιώσει;

Μ7: Ναι δεν φαίνεται μέσα στο νερό, αλλά ανάμεσα στα μόρια υπάρχει.

Μ6: Και πώς θα γίνει η απόσταξη; Αφού η ζάχαρη έχει γίνει ένα με το νερό.

Μ1: Ούτε όταν κάναμε απόσταξη στο αλατόνερο φαινόταν το αλάτι. Απλώς το νερό έγινε αέριο.

Μ7: Εγώ πιστεύω ότι με απόσταξη μπορεί να γίνει. Να φύγει το νερό και από κάτω να μείνει η ζάχαρη.

Δ: Έγινε ένα με το νερό η ζάχαρη;

Μ7: ...Ναι, δεν πρέπει να έχει γίνει ένα με το νερό.

Μ6: Μπορεί να φαίνεται ότι έγινε ένα με το νερό αλλά να μην έχει γίνει, να είναι δυο διαφορετικές μαζί.

Μ7: Δυο διαφορετικές ουσίες ανακατεμένες.

Μ1: Είναι δυο ουσίες ανακατεμένες.

Μ7: Ναι.

Μ6: Δυο ουσίες που η ζάχαρη διαλύεται στο νερό.

Δ: Τελικά η ζάχαρη ενώνεται με το νερό;

Στη συνέχεια η Μ1 άλλαξε άποψη καθώς συζητάει πάλι μακροσκοπικά και μιλάει για υγροποίηση, η Μ7 όμως φαίνεται να δέχεται ένα μοντέλο ανάμιξης σωματιδίων, ενώ η Μ6 πάλι λέει ότι η ουσία της ζάχαρης μπήκε στο νερό ή στα μόρια νερού.

Μ7: Μπορεί να μην ενώνεται, αλλά δεν αφήνεται, δεν μπορούμε να τα δούμε αλλά δεν ενώνονται, γιατί μετά δεν θα μπορούσαμε να τη πάρουμε πίσω με την απόσταξη.

Μ1: Και εγώ συμφωνώ, η ζάχαρη έχει λιώσει.

Δ: Δηλαδή η στερεή ζάχαρη έχει γίνει υγρή ζάχαρη;

Μ6: Όχι, μα...μπορεί να ...

Μ1: Μπορεί να έχει υγροποιηθεί πολύ, που την κάνει να μη φαίνεται. Μπορεί να απορροφάει πολύ νερό η ζάχαρη.

Μ7: Εγώ πιστεύω, αν μπορούσαμε να δούμε τα μόρια από το νερό τώρα, θα βλέπαμε και τα μόρια της ζάχαρης. Επειδή μπήκε μέσα η ζάχαρη θα βλέπαμε και τα μόρια της ζάχαρης, που υπάρχουνε. Αν μπορούσαμε να τα δούμε.

Μ6: Ναι, αν μπορούσαμε να τα δούμε θα τα βλέπαμε να έχουν μπει στο νερό.



Δ: Γίνονται υγρό;

M6: Πιστεύω ότι η ζάχαρη δεν διαλύθηκε μέσα στο νερό αλλά έγινε ένα, δεν ξεχωρίζονται με το μάτι.

M1: Η ζάχαρη δεν φαίνεται, όταν έπεσε στο νερό. Πιστεύω ότι υγροποιήθηκε.

M7: Εγώ πιστεύω ότι δεν υγροποιήθηκε. Η ζάχαρη διαλύθηκε. Ένα κόκκος έχει πολλά μόρια και ανακατεύτηκαν με το νερό.

Υποδείχθηκε στις μαθήτριες να συζητήσουν τι είχαν σχεδιάσει στο τεστ μικροσκοπικών αλλαγών Β. Η M1 συζητώντας σε μοριακό επίπεδο, δίνει πάλι ένα μοντέλο ανάμιξης σωματιδίων, ενώ η M7 επισημαίνει ότι τα μόρια δεν διαλύονται στο νερό, όπως λαθεμένα πίστευε. Η σχεδίαση βοηθάει να κρίνουν τις προτάσεις τους με βάση τις ιδιότητες των μορίων.

M7: Είχα μετά τη διάλυση βάλει 3 μόρια ζάχαρη γιατί η ζάχαρη όχι ... διαλύθηκε, ότι μάλλον διαλύθηκαν στο νερό.

M6: Αλλάξαμε πάλι γνώμη (γελάει).

M1: Εγώ πιστεύω ότι τα μόρια δεν διαλύονται, δεν μεταβάλλονται αλλά ανακατεύονται με τα μόρια νερού και απλώς δεν φαίνονται. Γιατί τα μόρια δεν φαίνονται.

M6: Συμφωνώ. Όμως...

M1: Θα ήταν ανακατεμένα με τα μόρια του νερού.

M7: Εγώ είχα βάλει λιγότερα μόρια μετά τη διάλυση. Όμως είχα λάθος. Τώρα το κατάλαβα το δικό μου σχέδιο γιατί έπρεπε να είναι τα ίδια γιατί τα μόρια δεν διαλύθηκαν στο νερό.

Στην ερώτηση για τη διάλυση άμμου, φαίνεται ότι η M6 συνεχίζει να μιλάει σε μακροσκοπικό επίπεδο και να αποδίδει τη διάλυση στον παράγοντα θερμότητα ενώ ο ισχυρισμός της M7 ότι δεν ανακατεύονται τα μόρια της άμμου με το νερό, δεν συζητήθηκε καθώς και η M1 εξέφρασε μια εναλλακτική άποψη ότι οι ουσίες που διαλύονται απορροφούν το νερό έτσι η M7 διατύπωσε μια γενική άποψη (κυκλική)].

M6: Είναι φτιαγμένα από διαφορετικές ουσίες και άλλες ουσίες διαλύονται και άλλες δεν διαλύονται.

M1: Ίσως έχουν διαφορετικά μόρια.

M7: Στην άμμο δεν είδαμε να ανακατεύεται με τον νερό. Είχαμε βίξει ένα κόκκο και δεν είδαμε να ανακατεύεται, ενώ ο κόκκος ζάχαρης ανακατεύτηκε, τα μόριά του ανακατεύτηκαν. Θα μείνει ο κόκκος κάτω και θα φαίνεται ενώ στη ζάχαρη δεν συμβαίνει το ίδιο. Μπορεί μερικές ουσίες να ανακατεύονται με το νερό, αλλά όχι όλες, μπορεί να μην ανακατεύονται όλες.

Δ: Ο κόκκος άμμου δεν διαλύεται ενός ένας κόκκος ζάχαρης διαλύεται και δεν φαίνεται.

M6: Δεν διασπάται γιατί δεν πήρε κατάλληλη θερμότητα.

Δ: Επανέρχεται στη θερμότητα λοιπόν.

M6: Εντάξει, εγώ συνεχίζω να πιστεύω ότι επειδή είναι από διαφορετικές ουσίες φτιαγμένες, δεν έχουν την ίδια θερμοκρασία.

Δ: Είναι θέμα θερμοκρασίας.

M1: Εγώ πιστεύω ότι η ζάχαρη και το αλάτι απορροφούν το νερό ενώ η άμμος δεν απορροφάει.

M7: Σίγουρα είναι από διαφορετικές ουσίες και δεν διαλύονται, ενώ η ζάχαρη και το αλάτι διαλύονται.

Η ερώτηση για τη διάλυση με θέρμανση επαναφέρει τον παράγοντα θέρμανση στην διάλυση. Η μαθήτρια M7 αναφέρει στην αρχή της συζήτησης την κίνηση σωματιδίων με θέρμανση σε σχηματισμό νερού, η πρόταση όμως αυτή δεν συζητήθηκε καθώς η M1 στράφηκε προς την άποψη της M6 ότι το νερό δίνει την απαραίτητη θερμότητα για την τήξη.

M7: Τα σωματίδια, αν ζεστάνουμε την ουσία κινούνται πιο γρήγορα. Και αν ζεστάνουμε πιο πολύ ένα στερεό, αυτό θα γίνει υγρό και αλλάζει κατάσταση.

Δ: Η ζάχαρη γίνεται τελικά υγρή;

M7, M6: (διστακτικά) Όχι, όχι.

Δ: Ζεσταίνουμε το νερό. Η άμμος πάλι δεν μπορεί να διαλυθεί.

M1: Ίσως έχει δίκαιο η M6, ότι η θερμότητα παίζει ρόλο, μετατίθεται θερμότητα πιο πολύ στη ζάχαρη. Θερμαίνεται και βοηθά να διαλυθεί πιο εύκολα.

M6: Της δίνει θερμότητα της ζάχαρης το νερό, της δίνει θερμότητα. Έχουμε κάνει στη φυσική ότι ο σίδηρος λιώνει σε ψηλή θερμοκρασία, η ζάχαρη σε λιγότερη κ.λ.π. λιώνει δηλαδή η ζάχαρη με την θερμότητα του νερού.

Δ: Επιμένετε ότι λιώνει.

M6, M1: Ναι.

M7: Και εγώ συμφωνώ κάπως.

Δ: Ας συνοψίσουμε. Λέτε λοιπόν, ότι ζεσταίνοντας το νερό...

M7: Σε κάποιους βαθμούς σίγουρα θα λιώσει.



Δ: Έχετε πει ότι η ζάχαρη στο κρύο νερό μου είπατε ότι διαλύεται και στο ζεστό λιώνει.

Προκειμένου να εξηγήσουν τη διάλυση σε χαμηλή θερμοκρασία, πρότειναν ένα συνθετικό μοντέλο διάσπασης σε χαμηλή θερμοκρασία και τήξης σε υψηλότερη. Η Μ1 παραδέχεται ότι το θέμα είναι δύσκολο. Επειδή η θερμοκρασία τήξης της ζάχαρης δεν μπορεί να προέλθει από την θερμοκρασία του νερού προτείνουν μερική τήξη, μια εναλλακτική άποψη ότι η ποσότητα λιώνει ανάλογα με την θερμοκρασία.

Η Μ6 συνεχίζει να χρησιμοποιεί μακροσκοπική εξήγηση χωρίς μόρια και επηρεάζει τις συμμαθήτριές της. Εκ των υστέρων μάθαμε ότι ήταν καλή μαθήτρια και στο μάθημα της φυσικής και οι Μ1, Μ7 της είχαν εμπιστοσύνη σε ό, τι έλεγε.

Μ6: Στο κρύο ανακατεύεται και στο ζεστό λιώνει (γελάει). Συμφωνείτε;

Μ7: Αυτό θα έλεγα κι εγώ.

Δ: Άλλο φαινόμενο είναι στο ζεστό και άλλο στο κρύο;

Μ6: Ναι, στο ζεστό έχει περισσότερη θερμότητα...

Μ7: Και θερμοκρασία.

Μ6: Και θερμοκρασία και δίνει τη θερμοκρασία και λιώνει.

Δ: Αν η θερμότητα που δίνει το νερό δεν είναι αρκετή για να λιώσει η ζάχαρη;

Μ6: Κάθε ουσία έχει συγκεκριμένο βαθμό που λιώνει.

Δ: Ας πούμε ότι δεν δίνουμε το συγκεκριμένο βαθμό, που λιώνει, δίνω λιγότερο.

Μ6: Θα λιώσει λίγο.

Μ7: Θα ανακατευτεί λίγο με το νερό.

Μ6: Θα διαλυθεί λίγο, να μη το πω έτσι.

Μ1: Για να λιώσει η ζάχαρη, χρειάζεται μια συγκεκριμένη θερμότητα.

Μ6: Δεν θα λιώσει, θα ανακατευτεί με το νερό.

Μ7: Σε πόσους βαθμούς λιώνει εντελώς η ζάχαρη;

Δ: Ας πούμε στους 200 βαθμούς.

Μ7: Το νερό δεν έχει τόσο ψηλή θερμότητα και δεν φαίνεται απλώς, δεν λιώνει.

Μ7: Βοηθάει το νερό να διαλυθεί γρηγορότερα.

Μ6: Το νερό είναι πηγή θερμότητας, σαν γκαζάκι. Δίνει θερμότητα.

Μ1: Είναι δύσκολο θέμα αυτό.

Δ: Το νερό δεν έχει τη θερμοκρασία που χρειάζεται να λιώσει η ζάχαρη.

Μ6: Θα λιώσει απλώς.

Μ7: Εγώ πιστεύω ότι θα λιώσει κάποιο κομμάτι.

Μ6: Κάποιο μέρος.

Μ7: Θα λιώσει κάποιο μέρος από τη ζάχαρη και το άλλο απλώς θα ανακατευτεί με το νερό.

Συμφωνούν όλες.

Η ερώτηση για το ανακάτεμα επαναφέρει το σκόρπισμα της ουσίας σε κομμάτια σε μέρη, αλλά πάλι οι Μ7, Μ6 στρέφουν τη συζήτηση σε μακροσκοπική περιγραφή και έτσι επανέρχονται στο συνθετικό μοντέλο που είχαν προτείνει.

Μ6: Με το ανακάτεμα, νομίζω, ότι η ζάχαρη, νομίζω ότι το ανακάτεμα βοηθάει τη ζάχαρη να λιώσει, έτσι απλά.

Μ7: Βοηθάει το νερό και το ανακάτεμα. Αν π.χ. πάρουμε ένα παγάκι και το βάλουμε στο νερό και ανακατέψουμε αυτό θα λιώσει.

Μ1: Μήπως το ανακάτεμα βοηθάει να σκορπιστεί σε πολλά μέρη; μμμ....

Μ6: Μάλλον το ανακάτεμα βοηθάει να σκορπίσει.

Μ7: Και να μη φαίνεται στο νερό και τα μόρια να έχουν ανακατευτεί με το νερό.

Μ7: Και στο τσάι αν ανακατέψουμε η ζάχαρη διαλύεται γρηγορότερα. Αλλά το τσάι είναι και ζεστό. Και στο κρύο γίνεται.

Μ6: Και στον κρύο χυμό γίνεται, η ζάχαρη διαλύεται πιο γρήγορα με το ανακάτεμα.

Δ: Ένας κόκκος ζάχαρης στο κρύο νερό θα διαλυθεί;

Μ6: Εγώ νομίζω ότι δεν θα διαλυθεί αλλά δεν θα φαίνεται, σαν ανακάτεμα όχι σαν να λιώσει τελείως αλλά να μπερδευτεί κατά κάποιον τρόπο.

Μ7: Είπαμε πριν ότι αν μπορούσαμε να δούμε τα μόρια της ζάχαρης, θα τα βλέπαμε ανακατεμένα με τα μόρια του νερού, στην πραγματικότητα όμως δεν φαίνονται.

Δ: Καταλήξατε κάπου; Γιατί η θέρμανση διαλύει γρηγορότερα;

Μ1: Εγώ νομίζω ότι με την θέρμανση διαλύεται πιο γρήγορα, γίνεται πιο γρήγορο το ανακάτεμα.

Μ6: Μας λες λίγο για πιο λόγο;



M7: Λιώνει κιόλας.

M6: Ένα μέρος λιώνει και ένα μέρος σκορπίζει και δεν φαίνεται.

M7: Λιώνει ένα μέρος γιατί το νερό δεν έχει ψηλή θερμοκρασία για να λιώσει και την άλλη.

Εδώ οι μαθήτριες κοιτάνε τι είχαν γράψει στο μικροσκοπικό τεστ και διασαφηνίζουν τις απόψεις τους. Η M6 δείχνει καθαρά ότι εννοούσε μετατροπή μορίων σε γλυκά μόρια, κάτι που το αναθεωρεί και δίνει μόρια ζάχαρης σε υγρή μορφή. Η M7 ανασκευάζει την άποψή της ότι τα στερεά μόρια γίνονται μόρια υγρά και μιλάει πάλι για ανακάτεμα μορίων, ενώ η M1 δείχνει καθαρά ότι αντιλαμβάνεται τη διάλυση ως τήξη.

M6: Έγραψα ότι ένα μέρος λιώνει.

M7: Εγώ έγραψα ότι τα μόρια του στερεού γίνονται μόρια υγρού, αλλά δεν είναι σωστό.

M6: Εγώ έγραψα ότι τα μόρια στερεού γίνονται μόρια νερού.

M7: Δεν γίνονται νερό, ανακατεύονται όμως.

M6: Είναι μόρια ζάχαρης σε υγρή μορφή. Όχι όλο, το μέρος που θα λιώσει από τη ζάχαρη.

M1: Μπορεί το ζαχαρωτό να λιώσει σε μια ορισμένη θερμοκρασία.

A: Εδώ το νερό είναι κρύο.

M6: Ένα μέρος θα γίνει σε υγρή μορφή, θα είναι όμως μόρια ζάχαρης.

M7: Και εγώ εκεί περίπου καταλήγω.

M7: Εσύ M1 τι πιστεύεις;

M1: Ένα μέρος στερεής, φυσικά γίνονται σε υγρή κατάσταση.

Στο τέλος της συζήτησης με αφορμή την παράσταση των μορίων, η M6 προτείνει σπάσιμο δεσμών και αρχίζει να βλέπει ένα μίγμα μορίων που δίνουν συνολικά ένα υγρό, ένα μοντέλο που υιοθέτησαν και τα αγόρια της ίδια τάξης (ομάδα 2). Όμως η πρόταση δεν αναλύθηκε περισσότερο και δεν εξετάστηκε από τις συμμαθήτριές της, απλά η M6 διόρθωσε την άποψή της ότι τα μόρια ζάχαρης γίνονται γλυκά μόρια νερού.

A: Πώς θα παριστάνατε τώρα το διάλυμα;

M6: Θα βάζαμε ένα κομμάτι στερεό και μετά μόρια νερού και μόρια ζάχαρης σε υγρή μορφή, σαν αλυσίδες. ... Α, μισό, σκέφτηκα και κάτι άλλο. Μήπως ότι σπάσανε μερικοί δεσμοί από ένα μέρος της ζάχαρης, έγιναν μόρια υγρής αλλά να εξακολουθούν να είναι μόρια ζάχαρης; Όχι μόρια νερού όπως έλεγα εγώ.

M7: Έτσι πρέπει να είναι, και έτσι μίκρυνε το σχήμα.

Όλες: Καταλήξαμε ότι ένα μέρος αποσπάται από τη ζάχαρη και λιώνει, γίνεται υγρό.

Οι μαθήτριες στο post τεστ είχαν χαμηλή επίδοση. Στην ερώτηση για τη διάλυση οι M1 και M7 έδωσαν απαντήσεις εν μέρει σωστές ενώ η M6 έδωσε εναλλακτική απάντηση. Βελτίωσαν όμως τη διατήρηση μάζας καθώς στο pre τεστ η M7 και η M6 στο τεστ Α θεωρούσαν ότι η μάζα διατηρείται γιατί η ζάχαρη διαλύεται και δεν μετράει. Στις άλλες ερωτήσεις έδωσαν εναλλακτικές ή κυκλικές απαντήσεις.

Ένα μέρος αλατιού διαλύεται και το άλλο μέρος του έμεινε αλλά είναι πολύ μικρό που δεν φαίνεται και σχεδιάζει ανάμιξη μορίων νερού και ζάχαρη (M1).

Ένα μέρος από τον κόκκο διαλύεται και τα μόριά του ανακατεύονται με τα μόρια νερού (M7).

Ένα μέρος του κόκκου λιώνει και τα υπόλοιπα μόρια του κόκκου ανακατεύτηκαν με τα μόρια νερού και ζυγίζουν το ίδιο (M6).

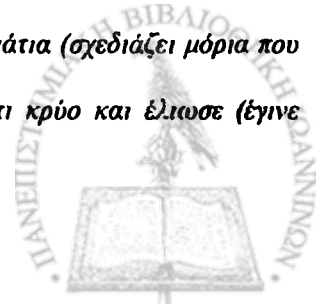
2. Ένα άλλο μοντέλο ανακατέματος μορίων νερού και ζάχαρης και παράσταση του τελικού προϊόντος ως ένα υγρό προτάθηκε από την ομάδα 2 αγοριών του Π2(Σχ2) (M4, M5, M14, M15). Δεν θεωρούν τη ζάχαρη υγρή που προέκυψε από τήξη, λένε ότι τα μόρια ενώθηκαν αλλά εννοούν ότι έκαναν ένα υγρό μίγμα, ένα μίγμα σε υγρή κατάσταση όπου τα μόρια είναι κοντά. Το μοντέλο λαμβάνει υπόψη την αλληλεπίδραση μορίων νερού και ουσίας και βοηθά τους μαθητές να δίνουν αποδεκτές απαντήσεις εκτός από την αντιστρεψιμότητα. Η διάλυση με θέρμανση ερμηνεύεται με χαλάρωση δεσμών και έτσι γίνεται πιο εύκολα το ανακάτεμα μορίων.

Οι M5, M15 στο pre τεστ ήταν οι μόνοι που αναφέρθηκαν σε αλληλεπίδραση σωματιδίων.

Τα μόρια νερού έλκουν τα μόρια του αλατιού και έτσι ο κόκκος διαλύεται (M5).

Το νερό είναι διαλύτης και τα μόρια του νερού διέσπασαν τον κόκκο σε μικρά κομμάτια (σχεδιάζει μόρια που δεν φαίνονται) (M15).

Σκορπίζει σε μικρά κομμάτια και δεν φαίνεται, το νερό ήταν ζεστό και το αλάτι κρύο και έλιωσε (έγινε μικρότερο) (M4 τεστ Α).



Τα μόρια του ζαχαρωτού ανακατεύτηκαν με τα μόρια νερού (σχεδιάζει μόρια ζάχαρης που μπήκαν στα μόρια νερού, σημάδεψαν τα μόρια και δεν φαίνονται Τα 12 μόρια νερού έγιναν 8 και 4 σημαδεμένα) (M4 test B). Θα εξατμιστεί η ζάχαρη, η γέυση θα μείνει, ο κόκκος σπάει σε κομματάκια (M14 test A). Τα μόρια απλώνονται και σκορπίζουν (εννοεί απομακρύνονται και διαλύονται) (M14).

Όπως φαίνεται στη συζήτηση, οι μαθητές M15 και M5 είχαν μια σωστή μακροσκοπική αντίληψη (προφανώς από τα μαθήματα της τάξης), τα συνδύασαν με τα μόρια και έδωσαν ένα μοντέλο ανακατέματος μορίων νερού και ζάχαρης και παράστασης του τελικού προϊόντος ως ένα υγρό, ένα μίγμα σε υγρή κατάσταση όπου τα μόρια είναι κοντά. Δεν θεωρούν τη ζάχαρη υγρή ως τήξη. Λένε ότι ενώθηκαν τα μόρια αλλά στα σχέδιά τους παριστάνουν αλυσίδες μορίων διαφορετικών πολύ κοντά μεταξύ τους.

[Διάλυση κόκκων στο νερό]

M14: Εγώ νομίζω ότι θα ανακατευτούν, δεν φαίνεται η ζάχαρη και θα εξαφανιστεί.

M5: Θα διαλυθεί, θα σκορπίσουν τα μόρια έξω όπως είναι από τη ζάχαρη και θα ενωθούν με τα μόρια νερού.

Δ: Τι εννοείς; Να πεις αναλυτικά.

M5: Θα διαλυθεί η ζάχαρη. Τα μόρια ζάχαρης όπως είναι ενωμένα, θα σπάσουν οι δεσμοί τους και θα ενωθούν με τα μόρια νερού.

Δ: Εννοείς θα κάνουν ένωση;

M5: Ναι.

M15: Ναι.

Δ: Και αυτό που θα βγει θα είναι κάτι άλλο, ας πούμε ζαχαρόνερο;

M5: Ναι.

M15: Κατά κάποιον τρόπο. Βρε παιδιά, δεν μάθαμε στη φυσική ότι το νερό είναι διαλύτης και το είχαμε πει.

Δ: Τι εννοείς;

M15: Ότι έχει το νερό συστατικά που έχουν την ιδιότητα να διαλύουν τα πράγματα.

Δ: Όταν λες διαλύτη, τι εννοείς; Όταν λες το διαλύει, με ποια έννοια το λες;

M15: Αυτό που είπε ο M5, ότι τα μόρια ζάχαρης ενώνονται με τα μόρια νερού και δημιουργείται κάτι νέο.

M14: Θα ανακατευτεί θα απλωθεί όλη η ζάχαρη και δεν θα φαίνεται. Θα απλωθεί και θα διαλυθεί.

M5: Δεν φαίνεται γιατί, αυτό που είπα πριν, ότι τα μόρια του νερού είναι πιο πολλά και σκορπίζουν μέσα τα μόρια ζάχαρης και δεν φαίνονται. Αυτό θα είναι ενωμένα με το νερό.

M4: Συμφωνώ με τα παιδιά.

Στην ερώτηση “πώς περνάει η ζάχαρη από το φίλτρο” ο μαθητής M15 άρχισε να κλονίζεται καθώς το μοντέλο που είχαν προτείνει της συνένωσης σε ένα υγρό φαίνεται να τον οδηγεί σε τήξη και αυτό γιατί δεν λαμβάνει υπόψη του το ρόλο του νερού. Η αντίσταση όμως του μαθητή M5 που δεν αποδέχεται πλήρως την μετατροπή σε υγρό, αν και χρησιμοποιεί την φράση “ενώνονται και γίνονται υγρό”, καθώς και μια παρατήρηση του M14 ότι το νερό τραβάει τη ζάχαρη που είναι στο φίλτρο, κάνουν τον M15 να επανεξετάσει τις προτάσεις και να διατυπώσει αποδεκτή και πάλι άποψη και να είναι σίγουρος γι’ αυτή. Φαίνεται και εδώ αλλά και σε άλλα αποσπάσματα από συζητήσεις ότι το πείραμα με το φίλτρο βοήθησε αρκετούς μαθητές να αντιληφθούν τον ρόλο του νερού στη διάσπαση του κόκκου.

M14: Είναι όπως στο τσάι.

M15: Μήπως λιώνει;

Δ: Τι εννοείς;

M15: Να νομίζω...

M14: Μπορεί τα μόρια της ζάχαρης να τα τραβάνε τα μόρια νερού.

M5: Κοιτάζτε, θα ενωθεί με τα μόρια νερού.

M15: Ενώθηκαν τα μόρια ζάχαρης, έγιναν υγρά και μπορούν να περάσουν.

M5: Σκόρπισαν τα μόρια ζάχαρης και ενώθηκαν με το νερό.

M15: Ναι αυτό, πέρασαν τα μόρια ζάχαρης και ενώθηκαν με το νερό.

Δ: Δηλαδή λέτε ότι η ζάχαρη σκόρπισε. Δεν έλιωσε η ζάχαρη;

M4: Έλιωσε στο νερό, έγινε υγρό.

M15: Ναι.

M5: Είμαστε 50-50.



M15: Το νερό είναι διαλύτης, μπορεί να τη λιώσει, δηλαδή να τη διασπάσει.

Δ: Ο M4 λέει ότι το κάνει υγρό.

M15: Μπορεί να γίνει υγρό και με τα μόρια να γίνει ένα με τα μόρια νερού, να κάνουν ένα υγρό.

Δ: Λέω να κάνετε ένα σχέδιο να σας βοηθήσει.

M14: Εγώ λέω ότι τα μόρια νερού τραβάνε από το φίλτρο τα μόρια ζάχαρης και απλώνεται αυτή πάνω στο φίλτρο και περνάνε και πάνε στο νερό.

M15: Αποσυντίθεται.

Ο M15 αναλαμβάνει να κάνει σχέδιο, δεν σχεδιάζει τα μόρια νερού.

M15: Ενώθηκαν τα μόρια και περνάει.

M5: Όταν λέμε έλιωσαν δεν έγινε υγρό αλλά να διασκορπίζονται και να το απορροφάνε τα μόρια νερού.

M15: Έγινε υγρό, γλιστράει.

M5: Σκορπίζονται τα μόρια της ζάχαρης εδώ κι εκεί και κάνουν ένα υγρό. Με τα μόρια του νερού και περνάνε.

M14: Είναι μεγάλα τα μόρια και αυτά όταν βρέχονται απλώνονται και περνάνε, γλιστράνε γιατί γίνονται μικρά. Χωρίζονται τα μόρια. Ο κόκκος σπάει σε μικρά μόρια και περνάει γιατί χωράει. Αυτό.

M5: Αυτό έλεγα στην αρχή κι εγώ. Ο κόκκος διαλύεται και διασπάται σε μόρια και χωρίζονται στο ποτήρι και μετά ενώνονται με τα μόρια νερού και ...

Δ: Το νερό περνάει από τις τρύπες;

M15: Ναι, γιατί είναι υγρό και τα υγρά περνάνε. Να για να περνάει η ζάχαρη πάει να πει ότι έγινε υγρό ή μήπως εξαφανίστηκε;

Δ: Δηλαδή λέτε ότι έγινε υγρό ή ότι έσπασε σε μόρια που περνάνε.

M5: Μπορεί να είναι αυτό που λέει ο M14.

M15: Δηλαδή να μικρύναν τα μόρια, που λέει ο M14;

M14: Έσπασε ο κόκκος γιατί το τράβαγε το νερό και έγινε μικρά μόρια.

M4: Ο M14 μάλλον έχει δίκαιο.

M15: Δεν καταλαβαίνω τι λέει ο M14. Λέει ότι τα μόρια σπάνε σε μικρότερα; Αφού δεν σπάνε. -

M14: Ο κόκκος σπάει σε μόρια.

M15: Δεν σπάνε τα μόρια, ο κόκκος. Μπορεί να περάσει ένα μόριο;

Δ: Το μόριο είναι πάρα πολύ μικρό.

M15: Αυτό που λέει ο M14, είναι χωριστά μόρια που περνάνε.

M14: Το νερό το τραβάει και το σπάει σε μόρια.

M5: Και εγώ συμφωνώ.

Δ: Ζωγραφίστε αυτό που έχετε στο νου σας (Βάζουν κόκκο με 4 μόρια).

M15: Το νερό μπαίνει στις τρύπες του κόκκου και το διαλύει τώρα περνάνε τα μόρια γιατί είναι μικρά. Σκόρπισε η ζάχαρη.

M5: Αν είχε θερμότητα θα έλιωνε;

M14: Στο ζεστό μήπως τα κάνει και απλώνονται;

M15: Το ζεστό απλώς χαλαρώνει τους δεσμούς και διασπώνται πιο εύκολα.

Στην ερώτηση "γιατί η ζάχαρη διαλύεται πιο εύκολα, αν θερμάνουμε το νερό" οι μαθητές M15 και M5 προτείνουν αποδεκτές λύσεις, ωστόσο το μοντέλο της ένωσης των μορίων προς σχηματισμό υγρού, κάτι που σε καμία περίπτωση δεν παραπέμπει σε χημική αντίδραση, τους δυσκολεύει όταν πρόκειται να εξηγήσουν την αντιστρεψιμότητα με απόσταξη.

M15: Νομίζω ότι από τη θερμότητα οι δεσμοί των μορίων ελαττώνονται και τα μόρια ενώνονται πιο εύκολα με τα μόρια νερού. Αυτό.

M5: Και αυτό που είπες M15, και επειδή με τη ζέστη τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα και χαλαρώνουν οι δεσμοί.

M15: Αυτό λέω κι εγώ.

Δ: Τώρα που έγινε αυτό που λέτε μπορώ να ξεχωρίσω τη ζάχαρη από το νερό;

M15: Ναι, με απόσταξη. Να ζεστάνουμε κι με ένα σωλήνα να πάει ο ατμός και θα μείνει η ζάχαρη.

Δ: Και γιατί δεν φεύγει και η ζάχαρη; Εσείς είπατε ότι η ζάχαρη είναι ενωμένη με το νερό.

M14: Ε, και;

M15: Μήπως επειδή η ζάχαρη είναι βαριά και κάθεται κάτω;

M5: Μήπως διασπάται πάλι;

M14: Μήπως δεν εξαφανίζεται η ζάχαρη, μήπως δεν εξατμίζεται η ζάχαρη;

M15: Μάλλον είναι πιο βαριά τα μόρια ζάχαρης και κάθονται κάτω.

Δ: Κάποια παιδιά μου λένε ότι η ζάχαρη δεν διασπάται σε μόρια που σκορπίζονται, όπως λέτε και σεις, αλλά ότι η ζάχαρη λιώνει.



M15: Όχι, γιατί δεν ... δεν υπάρχει θερμότητα για να λιώσει.

M5: Ναι.

Το ίδιο μοντέλο αλληλεπίδρασης και σπασίματος δεσμών χρησιμοποίησαν και στην ερώτηση για τη διάλυση της άμμου.

M15: Να αρχίσω εγώ; Γιατί οι δεσμοί του κόκκου της άμμου είναι σφιχτοί, δηλαδή τα μόρια είναι ενωμένα πιο σφιχτά.

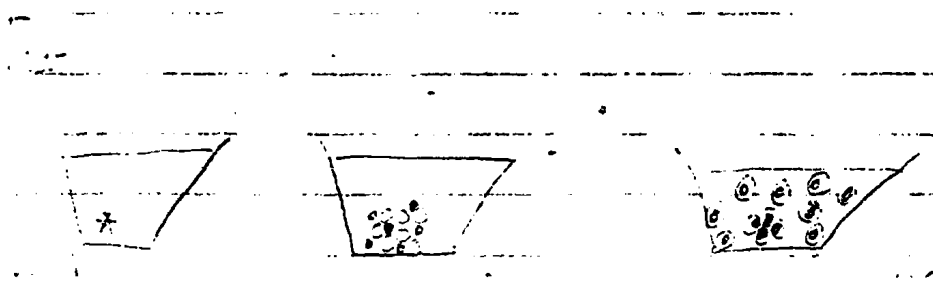
M5: Συμφωνώ.

M14: Ναι.

Ο μαθητής M14, που είχε αρκετές δυσκολίες πριν τη συζήτηση, αναφέρει διάφορες εξηγήσεις χωρίς να έχει κάποια συγκεκριμένη στο νου του και με τον τρόπο αυτό έπαιξε διευκολυντικό ρόλο. Αυτές οι προτάσεις εξετάστηκαν από τους συμμαθητές του και οδήγησαν τους μαθητές στην αποδοχή ενός μοντέλου που ερμήνευε όλα τα σχετικά φαινόμενα, καθώς οι μαθητές είχαν τη θέληση να εξερευνούν αυτές ανοιχτά χωρίς πισωγυρίσματα σε διαφωνίες προσωπικών συγκρούσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα τέσσερα αγόρια της ομάδας ήταν και τα μοναδικά της τάξης, έκαναν παρέα και ήταν φίλοι.

Η αντίληψη ότι τα μόρια ενώνονται και γίνονται υγρό επηρέασε τον μαθητή M4 της ίδιας ομάδας που θεωρεί ότι το μόριο ζάχαρης μπαίνει στο κέντρο του μορίου νερού και δίνει και ένα μικτό μοντέλο ανακάτεμα μορίων που στη συνέχεια γίνονται υγρό ως τήξη με διατήρηση μάζας. Δίνει αποδεκτές απαντήσεις στην ερώτηση για τη διάλυση άμμου και στο ανακάτεμα ενώ με θέρμανση θεωρεί ότι λιώνει. Ο μαθητής M14 δίνει και αυτός μικτές απαντήσεις όπως αλληλεπίδραση με το νερό και εξαφάνιση στο τεστ Α ενώ στο τεστ Β λέει ότι απλώνεται η ζάχαρη και βάζει μόρια αραιά, ενώ δεν δίνει αποδεκτές απαντήσεις στις άλλες ερωτήσεις. Οι M15 και M5 δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις.

Παρόμοιο μοντέλο ανακάτεματος μορίων νερού και ζάχαρης και παράσταση του τελικού προϊόντος ως ένα υγρό έδωσαν και οι ομάδες 3 και 4 του Π2(Σχ2).



Σχέδιο 7.1.: Σχεδίαση διάλυσης μετά τη συζήτηση (Π2(Σχ2)- M4).

3. Οι ομάδες του Π2(Σχ3) κατά τη συζήτηση ανέπτυξαν ένα μοντέλο αλληλεπίδρασης, διάσπασης και ανάμιξης σωματιδίων με δραστικό το ρόλο των μορίων του νερού στη διάσπαση του κρυστάλλου. Στα υπέρκορα διαλύματα τα μόρια νερού δεν μπορούν να διασπάσουν όλους τους δεσμούς γιατί οι κρύσταλλοι της ζάχαρης είναι πολλοί. Στη διάλυση με θέρμανση τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα και κάνουν τη διάλυση πιο γρήγορα.

Το απόσπασμα που ακολουθεί είναι από μια συζήτηση αγοριών της Π2(Σχ3) (ομάδα 1). Στο αρχικό τεστ Α οι δυο M6, M3 και όλοι οι μαθητές στο τεστ Β είχαν δώσει την ανάμιξη σωματιδίων

Ο κόκκος διαλύεται γιατί τα μόρια αλατιού που δεν φαίνονται καλύπτονται από τα μόρια νερού που είναι πολλά και έτσι δεν φαίνονται αναμιγνύονται χωρίς να γίνουν ένα (M6).

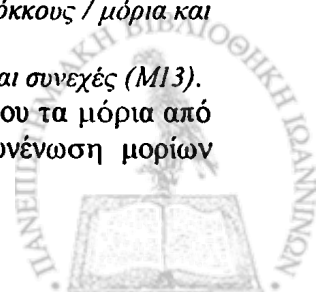
Το αλάτι σκορπίζει σε μικρά μόρια ανάμεσα στα κενά (M3).

Οι M5 και M13 έδωσαν στο τεστ Α μικτές εναλλακτικές απαντήσεις.

Τα μόρια κόκκου πάνε στα κενά των μορίων νερού, έτσι ο κόκκος διαλύεται, διασπάται σε κόκκους / μόρια και μετά λιώνουν (M5).

Κομμάτια κόκκου σκορπίζουν και μπαίνουν ανάμεσα από τα μόρια νερό, το νερό παριστάνεται συνεχές (M13).

Στη διάρκεια της συζήτησης ανέπτυξαν πάλι το μοντέλο ανάμιξης σωματιδίων, όπου τα μόρια από την διάσπαση κόκκου ζάχαρης μπαίνουν ανάμεσα από τα μόρια νερού. Η συνένωση μορίων



απορρίφθηκε καθώς θεώρησαν ότι δεν θα μπορούσε να γίνει απόσταξη ενώ πρότειναν ότι τα μόρια αλατιού στη συνέχεια ενώνονται για να κάνουν το ίζημα αλατιού.

M5: Τα μόρια ζάχαρης πηγαίνουν στα κενά των μορίων του νερού και έτσι ...

M3: Διαλύονται.

M5: Και έτσι διαλύονται μέσα στο μίγμα. Στην πραγματικότητα δεν είναι διάλυση, δεν διαλύονται, δεν γίνονται ένα με το μίγμα απλά μπαίνουν στα κενά.

M3: Δεν φαίνονται.

M5: Δεν φαίνονται γιατί τα μόρια της ζάχαρης είναι πολύ μικρά.

M13: Τα μόρια της ζάχαρης αναμιγνύονται με τα μόρια του νερού και γίνονται ένα.

M3: Δεν γίνεται αυτό. Συγγνώμη M13 δηλαδή εννοείς, ότι τα μόρια της ζάχαρης μπαίνουν στα μόρια του νερού και γίνονται ένα;

M6: Βλακεία είπες M13. Συγγνώμη, πιστεύω ότι αυτό που είπε ο M13 είναι λάθος....Οι κόκκοι διαλύονται αλλά δεν γίνονται ένα. Δηλαδή ανακατεύονται οι κόκκοι με τα μόρια του νερού.

M3: Τα μόρια της ζάχαρης ανακατεύονται με τα μόρια του νερού.

M6: Τα μόρια της ζάχαρης ανακατεύονται με τα μόρια του νερού, χωρίς να γίνουν ένα. Τα μόρια μπαίνουν στα κενά και δεν γίνονται ένα.

M3: Δεν γίνονται ένα. Μπαίνουν ανάμεσα.

M5: Δεν γίνονται ένα. Αμα κάνουμε απόσταξη, τα μόρια της ζάχαρης...η ζάχαρη θα μείνει. Δεν έχει γίνει ένα.

Η ερώτηση με το φίλτρο προκάλεσε αμφισβολίες στους μαθητές σχετικά με τη διάσπαση σε κόκκους καθώς αυτό τους φαίνεται να μη εξηγεί την αντιστρεψιμότητα. Προφανώς θα ενώνονται πάλι τα μόρια για να κάνουν το αλάτι στις αλυκές.

[Οι μαθητές παρακολουθούν το πείραμα με τη ζάχαρη στο φίλτρο και διαπιστώνουν ότι από τις τρυπύλες δεν περνούν οι κόκκοι].

M3: Δεν χωράει να περάσει ο κόκκος, γιατί οι τρυπύλες είναι πολύ μικρές.

A: Βάζουμε το φίλτρο μέσα στο νερό. Μετά από λίγο μέσα στο φίλτρο δεν υπάρχει ζάχαρη.

M3: Οι κόκκοι ζάχαρης ανακατεύονται με τα μόρια του νερού. Οι κόκκοι ζάχαρης αναμιγνύονται με τα μόρια του νερού. Οι κόκκοι είναι πολλά μόρια. Άρα το νερό διαλύει τους κόκκους, τα μόρια που είναι κολλημένα το ένα στο άλλο.

M6: Ο κόκκος διασπάται σε μόρια; Ίδού η απορία.

M5: Αν διασπάται, τότε όταν το παίρνουμε πάλι με απόσταξη τα μόρια θα έπρεπε να τα παίρνουμε χωριστά, εκτός αν ενώνονται. Να πω ένα παράδειγμα: Ας πούμε στις αλυκές παίρνουμε αλατόνερο, δηλαδή από τη θάλασσα νερό, παίρνουν το αλάτι και το νερό εξατμίζεται. Έτσι κάτω μένει το αλάτι, σε κόκκους.

M6: Πώς ενώνονται ξανά σε κόκκους; Συναντιόνται;

M3: Ας τα πάρουμε με τη σειρά. Πώς έφυγε από το φίλτρο η ζάχαρη;

M6: Μήπως με το νερό αραιώσαν άνοιξαν οι τρύπες του φίλτρου και χώρεσαν οι κόκκοι, γι' αυτό έφυγαν;

M13: Ότι πέρασαν πέρασαν οι κόκκοι αλλά οι τρύπες δεν άνοιξαν.

M6: Οι κόκκοι διαλύονται στο νερό.

M3: Με το νερό διαλύονται οι κόκκοι, το νερό διαλύει τους κόκκους... το νερό σπάει τους κόκκους σε μικρά μόρια και αυτά περνάνε.

M6: Να επιμείνω εγώ τώρα, να επιμείνω. Το νερό καταφέρει και διαλύει τη ζάχαρη. Το νερό περνάει μέσα στο φίλτρο και διαλύεται η ζάχαρη. Δηλαδή μπαίνει μέσα στα κενά, τα μόρια της ζάχαρης μπαίνουν μέσα στα κενά των μορίων του νερού και έτσι καταφέρνουν μαζί με το νερό να περνάνε. Οι κόκκοι ζάχαρης μπαίνουν μέσα στα μόρια του νερού.

A: Πώς βρέθηκαν τα μόρια; Στο φίλτρο έχουμε κόκκους. Μπερδεύεις τους κόκκους με τα μόρια.

M6: Εγώ λέω ότι οι κόκκοι μπαίνουν ανάμεσα στα κενά.

M3: Εγώ επιμένω ότι το νερό καθώς περνάει, τα μόρια του νερού σπάνε τον κόκκο σε κομμάτια. Και μετά φεύγουν. Όταν γίνει η απόσταξη θα ξαναενωθούν.

M5: Οι κόκκοι ...ε.

M3: Δεν μιλάμε για κόκκους, οι κόκκοι διασπώνται σε μόρια.

M5: Οι κόκκοι ...της ζάχαρης είναι από μόνοι τους μόρια.

M3: Όχι, όχι.

M13: Όχι, ο κόκκος έχει μόρια.

M6: Πολλά μόρια μαζί μας κάνουν έναν κόκκο.



M5: *Ναι δίκαιο, αυτό εννοώ, ένας κόκκος αποτελείται από πάρα πολλά μόρια. Ναι, έχουμε στο φίλτρο ζάχαρη. Βάζουμε στο νερό. Το νερό καταφέρνει να περνάει και όπως γίνεται σε ένα ποτήρι μω-νερό που γίνεται σαν ένα μόνο δεν γίνεται ένα, έτσι και εδώ καταφέρνει να περάσει και μετά στην απόσταξη γίνονται πάλι ένα.*

M6: *Διαφωνούμε αλλά λέμε το ίδιο (γελάει).*

Δ: *Υπάρχει μέσα στο ποτήρι ζάχαρη;*

M3, M13: *Ναι.*

M6: *Τα μόρια της ζάχαρης.*

M3: *Τα μόρια της ζάχαρης, όχι οι κόκκοι (έντονα προς τους άλλους).*

Κατά τη διάλυση με θέρμανση έφερε στη συζήτηση τη θέρμανση των μορίων αλλά απορρίφθηκε και έγινε αποδεκτή η κίνηση των σωματιδίων.

M13: *Όπως ξέρουμε, όταν θερμαίνουμε τα μόρια, αρχίζουν να κινούνται πιο γρήγορα και σε πιο πολλές μεριές. Κινούνται δηλαδή τα μόρια όταν θερμαίνουμε το διάλυμα. Και έτσι ...*

M6: *Γελάει (δεν του φτάνει η απάντηση, τη θεωρεί αστεία, το ίδιο έκανε και νωρίτερα).*

M13: *Και έτσι η γεύση και η μυρωδιά δηλαδή ε, να το πω πάλι. Όταν θερμαίνουμε τα μόρια, κινούνται πιο γρήγορα, έτσι;*

M6: *Τα μόρια δεν μεταβάλλονται.*

M13: *Ναι αυτό λέω και εγώ, λάθος το διατύπωσα. Τα μόρια δεν θερμαίνονται ούτε κρυώνουν αλλά κινούνται. Όταν θερμαίνουμε την ουσία των μορίων, ναι, αρχίζουν και κινούνται πιο γρήγορα. Τώρα ... ε.*

M6: *Διαλύονται πιο γρήγορα γιατί, μάλλον τα μόρια της ζάχαρης γενικά τα μόρια δεν μεταβάλλονται, έτσι; Δεν μπορούν να ζεσταθούν ούτε να κρυώσουν και έτσι με τη ζέστη, όταν θερμαίνονται, όταν θερμαίνεται η ουσία, κινούνται πιο πολύ.*

M3: *Τα μόρια επειδή κινούνται, μπαίνουν πιο εύκολα μέσα στο φίλτρο, και κάνουν πιο εύκολη τη διάλυση.*

M6: *Ναι, αυτό λέω και εγώ.*

M13: *Συμφωνώ.*

M5: *Ναι.*

Δ: *Αν δεν έχει φίλτρο; Αν ρίξουμε τους κόκκους μέσα στο νερό και θερμαίνουμε η διάλυση γίνεται πιο εύκολα. Πώς γίνεται αυτό;*

M6: *Κινούνται πιο γρήγορα οι κόκκοι και μπαίνουν στα κενά του νερού.*

M3: *Κινούνται τα μόρια του νερού πιο γρήγορα, διασπάνε τους κόκκους σε μικρά μόρια και μπαίνουν τα μόρια στα κενά του νερού. Όπως έλεγα και πριν αλλά τώρα τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα.*

M6: *Κινούνται τα μόρια.*

M5: *Τα μόρια του νερού κινούνται πολύ γρήγορα, άμα το ζεστάνουμε, γυρίζουν σε όλο το ποτήρι και έτσι αναμιγνύονται πολύ πιο εύκολα με τους κόκκους, ε, με τα μόρια της ζάχαρης.*

M6: *Το ίδιο είπες και εσύ.*

Δ: *Γιατί με το ανακάτεμα γίνεται πιο γρήγορη η διάλυση;*

M3: *Πάλι κινούνται πιο γρήγορα τα μόρια του νερού.*

M13: *Κινούνται πολύ πιο γρήγορα.*

M6: *Κινούνται πιο γρήγορα, μόνο που δεν το ζεσταίνουμε αλλά ανακατεύονται.*

Η ερώτηση "γιατί η άμμος δεν διαλύεται" προκάλεσε συζήτηση για το αν τα μόρια άμμου είναι ίδια ή διαφορετικά. Οι μαθητές φαίνεται να συμφωνούν ότι τα μόρια είναι ίδια, διαφέρουν όμως στον τρόπο σύνδεσης. Εξετάζονται όλες οι απόψεις

Δ: *Γιατί η άμμος δεν διαλύεται μέσα στο νερό;*

M6: *Γιατί η άμμος είναι στερεή...ε, διστάζει. Η ζάχαρη όμως μπορεί να διαλυθεί.*

M5: *Εγώ στο αρχικό τεστ έγραψα ότι, αν πάρουμε άμμο και τη ζεστάνουμε σε ψηλές θερμοκρασίες, αυτή δεν λιώνει.*

M6: *Εγώ είχα γράψει ότι επειδή είναι στερεό και αποτελείται από, όπως ο πάγος, αποτελείται από νερό και μπορεί να γίνει νερό όταν θερμανθεί.*

M5: *(Γελάει).*

M3: *Κοίτα τι λέει.*

M6: *Δεν αποτελείται όπως ο πάγος αποτελείται από νερό, όταν το κρυώσουμε. (Γελάνε όλοι μαζί οι άλλοι).*

Δ: *Τι εννοείς;*

M6: *Τίποτα (θυμωμένος).*

Δ: *Μήπως εννοείς ότι η άμμος δεν είναι μια ουσία που μπορεί να βρεθεί και στην υγρή και στη στερεή κατάσταση. Δεν είναι σαν τον πάγο που μπορεί να βρεθεί και στην υγρή και στην στερεή και αέρια.*



M5: Δίκαιο έχει.
M6: Δίκαιο τώρα έχω, έ.
M3, M13: Αφού δεν καταλάβαμε τι ήθελε να πει.
M3: Έλα, πες.
M6: Δεν λέω τώρα.
M5: Έχει δίκαιο.
M6: Δεν μπορεί να γίνει υγρή η άμμος και έτσι δεν διαλύεται.
M3: Η διάλυση είναι διάσπαση.
M6: Τα μόρια του νερού, αν κινούνται γρήγορα, δεν μπορούν να διασπάσουν την άμμο.
M3: Ψάχνουμε να βρούμε τη διαφορά γιατί η ζάχαρη διασπάται από το νερό και η άμμος δεν διασπάται.
M13: Και τα δυο είναι στερεά, οπότε και τα μόριά τους είναι ...
M6: Τα μόρια δεν είναι ίδια γιατί είναι διαφορετικές ουσίες, το ένα είναι ζάχαρη και το άλλο άμμος.
M5: Μήπως τα μόρια της ζάχαρης είναι πιο εύκολο να ... πιο γερά;
M3: Μήπως είναι πιο μεγάλα τα μόρια της άμμου;
M6: Αν είναι πιο μεγάλα τα μόρια της άμμου δεν θα χωράνε στα κενά στα κενά του φίλτρου.
Δ: Ούτε αν ρίξουμε ένα κόκκο στο νερό ούτε τότε διαλύεται.
M5: Είναι και οι δυο ουσίες στερεές.
M13: Οπότε τα μόριά τους είναι ...
M6: Τα μόρια είναι διαφορετικά.
M3: Έχουν διαφορετικό μέγεθος;
M6, M5: Όχι.
Δ: Σε τι να διαφέρουν τα μόρια;
M6: Μπορεί να διαφέρουν στο πόσο γρήγορα μπορεί να διασπαστούν;
M3: Δεν κινούνται αυτά τα μόρια, κινούνται πολύ λίγο, δονούνται.
M5: Μπορεί να διαφέρουν στη θερμοκρασία που λιώνει
M3: Τι λιώνει, λιώνει ... επιμηθικά.
M6: Ας πούμε... η ουσία λιώνει όχι τα μόρια, η ουσία.
M5: Το μέταλλο...
Δ: Θυμίζω ότι πριν είπατε ότι το νερό διασπά τη ζάχαρη σε μόρια και έτσι η ζάχαρη διαλύεται, ενώ στην άμμο δεν συμβαίνει το ίδιο.
M3: Είναι πιο καλά κολλημένα ή σκληρά από ότι στη ζάχαρη, μήπως;
M13: Και να μη διασπάται εύκολα;
M5: Ίσως.
M13: Λογικό φαίνεται.
M3: Μπορεί και να μην είναι.
M13: Αλλά δεν βρίσκουμε κάτι πιο κοντινό σ' αυτό.

Ο M6 εξετάζει αν ποσότητα νερού είναι που μετράει και γίνεται αναφορά στον ρόλο του νερού στη διάσπαση.

M6: Κι όμως και πάλι και να είχαμε μια λεκάνη νερό και ρίχναμε ένα κόκκο άμμου και πάλι δεν τα καταφέρνει. Πόσο σφιχτά να είναι τα μόρια; Αν είναι σφιχτά το πολύ νερό μπορεί να το σπάσει.
Δ: Λέει ο M6 ότι αν οφείλεται σε αυτό πάλι και τα πολλά μόρια δεν διασπούν.
M13: Μήπως οφείλεται στα μόρια νερού; Δηλαδή δεν είναι τόσο δυνατά.
M5: Να μην είναι τόσο δυνατά να σπάσουν τον κόκκο άμμου.
M13: Άρα κάτι έχουν τα μόρια της άμμου.
M3: Να το ελέγξουμε, κάτι παραπάνω από τα μόρια νερού.
M5: Τα μόρια νερού δεν έχουν την ικανότητα να διαλύουν τα μόρια της άμμου αλλά σε κάποιες άλλες ουσίες έχουν.
M3: Τι παραπάνω έχουν τα μόρια της άμμου από τα μόρια νερού;
M13: Κάτι έχουν παραπάνω τα μόρια της άμμου.
M6: Είναι διαφορετικά τα μόρια της άμμου από τα μόρια νερού.
M3: Αυτό ψάχνουμε τόση ώρα. Το πιο λογικό είναι να είναι πιο σφιχτά δεμένα.
M13: Και να μην μπορεί να τα διασπάσει.

Πιο κάτω οι μαθητές συζητάνε τι θα συμβεί μετά από πολύ ώρα. Ο M5 αναφέρει ότι η ζάχαρη θα κατακάτσει, κάτι που γνωρίζει από την εμπειρία του. Ο M3 αναπτύσσει ένα συλλογισμό βασισμένο στη κίνηση των σωματιδίων και ο M5 αναθεωρεί την άποψή του και δέχεται ότι θα συνεχίσουν να είναι ανακατεμένα.

Δ: Μετά από πολύ ώρα τι θα συμβεί στη ζάχαρη που διαλύθηκε;



M5: Εγώ λέω ότι θα κατακάτσει.

M3: Δεν θα κατακάτσει.

M6: Κι εγώ λέω θα κατακάτσει.

M13: Θα κατακάτσει.

M3: Δεν θα κατακάτσει.

M5: Το λέω αυτό γιατί μια φορά που είχα βάλει τσάι έριξα ζάχαρη και διαλύθηκε. Το άφησα για λίγο και μετά που γύρισα η ζάχαρη είχε κατακάτσει.

Δ: Είχε κρυσώσει το τσάι σου εν τω μεταξύ;

M5: Ναι.

Δ: Πάρτε το πείραμα που ρίξαμε έναν κόκκο αλάτι στο νερό και διαλύθηκε. Μετά από λίγο τι συμβαίνει;

M3: Κυρία να τι σκέφτηκα... (πετάγεται) με τη ζέση τα μόρια κινούνται γρήγορα, το τσάι κρύωσε και τα μόρια δεν κινούνται τόσο γρήγορα, δεν κινούνται τόσο γρήγορα επειδή ήταν κρύα...ε.

M13: Τι μας λες δηλαδή;

Δ: Είπε ότι τα μόρια όταν είναι ζεστά κινούνται περισσότερο.

M5: Άρα, αν δεν αλλάξει η θερμοκρασία, θα είναι όπως πριν δεν θα αλλάξει, άρα δεν κατακάθεται. Πάντα κινούνται τα μόρια, έστω και πολύ λίγο.

M13: Δεν σταματάνε τα μόρια.

M3: Θα κινούνται πάλι στα κενά όπως και πριν. Κινούνται τα μόρια του νερού και θα παρασέρνουν και τα μόρια ζάχαρη.

Στο τεστ μετά τη συζήτηση όλοι οι μαθητές έδωσαν τη διάλυση ως αλληλεπίδραση των σωματιδίων νερού και κόκκου και τη διάσπαση του κόκκου σε μόρια και ανακάτεμα.

Τα μόρια νερού μπαίνουν ανάμεσα στον κόκκο και τον διασπάνε σε χιλιάδες μικρά μόρια και αυτά μπαίνουν ανάμεσα στο κενό χώρου που έχουν ανάμεσα τους τα μόρια νερού και έτσι δεν φαίνονται (M3).

Τα μόρια του νερού διασπών τον κόκκο της ζάχαρης τα μόρια κόκκου πάνε στα κενά των μορίων του νερού (M5). -

Σε όλες τις άλλες ερωτήσεις της ενότητας έδωσαν πλήρεις ή εν μέρει σωστές απαντήσεις εκτός από την ερώτηση "τι συμβαίνει μετά από αρκετή ώρα".

Ο M6 διατήρησε την άποψη ότι τα μόρια κατακάθονται. Έδωσε εναλλακτική απάντηση στην ερώτηση για τη διάλυση άμμου Τα μόρια της άμμου είναι διαφορετικά από τα μόρια νερού. Τα μόρια άμμου δεν μπορούν να διαλυθούν (M5).

Παρόμοιο μοντέλο αλληλεπίδρασης μορίων και ανάμιξης έδωσε και η ομάδα 2 του Π2(Σχ3).

Το παρακάτω απόσπασμα είναι από συζήτηση τριών κοριτσιών της ομάδας 2 του Π2(Σχ3), που αρχικά είχαν λαθεμένη περιγραφή της διάλυσης σε μακροσκοπικό επίπεδο.

Στα μόρια νερού, μεταξύ τους, υπάρχει κενό, εκεί βρίσκει είσοδο το αλάτι και καθώς τα μόρια κινούνται το αλάτι αποσπάται σε μικρότερα μέρη και διαλύεται (μέχρι έναν τελικό τύπο τα μόρια δεν υπάρχουν στο 2 σαν να έφυγε η ουσία τους) (M4).

Το αλάτι σκορπίζεται σε πάρα πολύ μικρά κομματάκια, τα μόρια τα οποία με τον καιρό λιώνουν (M11).

Τα μόρια κινούνται σε μεγάλες αποστάσεις (αλλαγή θέσης και στατική εικόνα διάσπασης σε μόρια μέσα σε ένα συνεχές νερό) (M15).

Μόνο η M15 έδωσε στο τεστ Β ένα μοντέλο ανακατέματος μορίων.

Τα μόρια αλατιού διασπώνται εντελώς, διαλύονται (M4).

Η ζάχαρη σκορπίστηκε σε κομματάκια που με τον καιρό έλιωσε δηλαδή δεν φαίνεται αλλά υπάρχει η ουσία (M11).

Τα μόρια ζάχαρης ανακατεύονται με τα μόρια νερού (M15).

Στην αρχή της συζήτησης κάθε μέλος της ομάδας παρουσίασε την άποψή του, όπως αυτή διατυπώθηκε στο τεστ πριν τη συζήτηση. Ακολούθησε μια δημιουργική αλληλεπίδραση στην ομάδα όπου οι απόψεις εξετάζονται και αν δεν συμφωνούν με τις ιδιότητες των μορίων που είχαν μάθει στα μαθήματα, επανεξετάζονται και αναθεωρούνται. Το ίδιο έγινε και στις ερωτήσεις αλλαγής κατάστασης. Αρχικά η M4 ισχυρίζεται ότι τα μόρια του νερού κινούνται και παρασύρονται οι κόκκοι, εξαπλώνονται και σκορπίζουν παντού.

M11: Μετά από λίγα λεπτά η ζάχαρη θα διαλυθεί.

M4: Τα μόρια νερού μέσα στο νερό,

M11: Όχι το νερό αποτελείται από μόρια.

Δ: Να προσέχετε και να ζητάτε να σας εξηγήσει όποιος μιλάει.



M4: Σωστά, λάθος το είπα. Τα μόρια λοιπόν του νερού ανάμεσά τους έχουν κενά, έτσι οι κόκκοι της ζάχαρης βρίσκουν είσοδο.

M11: Συγγνώμη, αυτά τα κενά είναι μικρά.

M4: Επειδή τα μόρια του νερού κινούνται, παρασύρονται οι κόκκοι, εξαπλώνονται και σκορπίζουν παντού.

Δ: Γιατί δεν φαίνεται η ζάχαρη.

M11: Δεν φαίνονται γιατί διαλύονται σιγά σιγά.

Δ: Αυτό το "διαλύονται" θέλουμε να πείτε πώς γίνεται.

M4: Οι κόκκοι σπάνε σε μικρότερα κομματάκια και εξαπλώνονται.

M11: Η ζάχαρη, δηλαδή οι κόκκοι αποτελούνται από μία ουσία, λέμε τώρα. Αυτές οι ουσίες λιώνουν από τη θερμότητα που πιθανόν έχει το νερό, οπότε λιώνουν. Πες και συ M15. Νομίζεις ότι έχω δίκαιο; Μου φαίνεται ότι είπα κοτσάνα.

M15: Μπορείς να επαναλάβεις;

M11: Είπα ότι η ουσία που έχουν οι κόκκοι λιώνει από την θερμότητα του νερού.

Δ: Λέτε ότι λιώνει και γίνεται υγρό.

M4: Εγώ δεν νομίζω ότι η ζάχαρη είναι υγρή εκεί μέσα. Ας πούμε ένα σώμα σε στερεή κατάσταση αν βρεθεί με υγρό που είναι περισσότερο αλλάζει φυσική κατάσταση και γίνεται και αυτό υγρό. Η ζάχαρη είναι σε μικρή ποσότητα.

Δ: Λέτε δηλαδή ότι έγινε τήξη.

M11: Μπορεί να λιώνει. Μπορεί η θερμοκρασία της ζάχαρης να είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία του νερού και να διαλύεται.

Η M4 βελτιώνει τον ισχυρισμό της και οι άλλες μαθήτριες τον υποστηρίζουν.

M4: Μπορεί όμως να σπάσει ο κόκκος σε μόρια.

M15: Ακριβώς.

M11: Ένας κόκκος έχει πάρα πολλά μόρια.

M4: Καθώς τα μόρια του νερού κινούνται, αυτός ο κόκκος, μπορεί να διασπαστεί σε μικρότερα κομμάτια και να μην διαλύθηκε αλλά απλώς να απλώθηκε.

M11: Αυτό πιστεύω και εγώ ότι μπορεί να γίνεται αλλά...

Δ: Έχετε πει ότι λιώνει κι ότι σκορπίζει.

M15: Κι εγώ συμφωνώ με την άποψη της M4.

Η άποψη της M11 ότι συμβαίνει και διάσπαση και τήξη εξετάζεται και απορρίπτεται με κριτήριο τις μικροσκοπικές ιδιότητες που έμαθαν. Έτσι υιοθετήθηκε ένα μοντέλο αλληλεπίδρασης, διάσπασης και ανάμιξης σωματιδίων.

M11: Μπορεί να συνδυάζονται και τα δύο και να γίνει υγρό και να σπάει ο κόκκος.

M4: Εγώ νομίζω ότι αφού δεν υπάρχει θερμότητα δεν μπορεί ένα στερεό να διαλυθεί. Μου φαίνεται τελικά ότι οι κόκκοι της ζάχαρης διασπώνται σε μικρότερα κομμάτια επειδή τα μόρια του νερού κινούνται. Έτσι ο κόκκος δεν διαλύεται αλλά ούτε λιώνει, αλλά διασπάται.

M11: Φαίνεται λογικό.

Το μοντέλο που έγινε αποδεκτό παραπάνω ερμηνεύει σωστά και τη ζάχαρη στο φίλτρο.

M11: Η ζάχαρη δεν περνά αρχικά, γιατί το φίλτρο έχει πολύ μικρές τρύπες.

M15: Πέρασε νερό μέσα στο φίλτρο.

Δ: Πώς μπήκε το νερό στο φίλτρο;

M11: Το νερό μπήκε από τις τρυπίτσες του φίλτρου.

Δ: Θέλω να παρατηρήσετε τι υπάρχει μετά από ώρα στο φίλτρο.

M11: Δεν υπάρχει τίποτε, οι κόκκοι διαλύθηκαν.

Δ: Τι συνέβη;

M4: Τα μόρια του νερού μπήκαν στο φίλτρο, άρχισαν να κινούνται. Έτσι οι κόκκοι ζάχαρης διασπώνται σε μικρότερα κομμάτια και μπορούν να βγουν από το φίλτρο μαζί με το νερό και να σκορπίζουν στο νερό.

M11: Σα σωστό ακούγεται.

M4: Έτσι η ζάχαρη δεν λιώνει.

M15: Συμφωνώ.

Και στην ερώτηση "Τι θα συμβεί μετά από λίγη ώρα;" οι προτάσεις εξετάζονται προσεχτικά και ό,τι δεν ταιριάζει με αυτά που είχαν μάθει απορρίπτεται.

M4: Η ζάχαρη θα μείνει από κάτω.



M11: Τα κομμάτια της ζάχαρης θα κοπούν σε μικρότερα, μικρότερα κομμάτια και θα εξαφανιστούν και μετά λιώνει. Ξέρω εγώ;

M15: Η ζάχαρη θα κατακάσει και το νερό θα μείνει από πάνω.

M11: Μπορεί και αυτό.

M4: Μπορεί να σταματήσουν, όπως λέει η M15.

Δ: Δηλαδή λες ότι μετά από ώρα θα σταματήσουν να κινούνται.

M4: Όχι.

M11: Όχι ποτέ.

M4: Τα μόρια όμως δεν σταματάνε να κινούνται.

M15: Δεν θα βλέπουμε τα μόρια αλλά θα κινούνται κάτω.

Δ: Είπε η M11 ότι τα κομμάτια της ζάχαρης κόβονται και μετά εξαφανίζονται και μετά λιώνουν. Θα ήθελα να το συζητήσετε.

M11: Είχα πει ότι τα κομματάκια, που είχε πει η M4 ότι κόβονται σε μικρότερα, μετά γίνονται πιο μικρά, πιο μικρά και μετά εξαφανίζονται.

M4: Πώς εξαφανίζονται;

M11: Πώς να σου πω; Εξαφανίζονται, λοιπόν τόσο μικρά κομμάτια...

M4: Πώς εξατμίζονται; Αφού είναι κλειστά.

M11: Δεν εξατμίζονται, εξαφανίζονται.

M4: Πώς;

M11: Αν είναι ένας κόκκος και τον πάρω και τον σπάσω με το νύχι μου και τον σπάσω, τότε θα μένει μια ελάχιστη ποσότητα και αυτή με το νερό μπορεί να λιώσει.

Δ: Τι εννοείς θα λιώσει;

M11: (Γελάει)... θα λιώσει.

M4: Δεν εξαφανίζονται τα κομμάτια, αφού το έχουμε κλειστό πρώτον, μπορεί το πιο μικρό κομμάτι να λιώσει. Δεν συμφωνώ με την M11. Δεν μπορεί να εξαφανιστεί, μπορεί να διασπαστεί σε μικρά κομματάκια που να μην φαίνονται.

Δ: Μέχρι πότε θα διασπώνται; Γιατί η M11 είπε πριν μέχρι να γίνει τόσο μικρό που δεν το χωράει ο νους μας.

M4: Η M11 είπε ότι λιώνει. Δεν μπορεί να λιώσει.

M15: Να ρωτήσω κάτι; Εδώ στο νερό έχει φυσαλίδες ή είναι κομμάτια ζάχαρη;

Δ: Δεν είναι ζάχαρη, να ανακατέψουμε, έφυγαν.

M4: Συμφωνώ ότι θα κινούνται συνέχεια. Δεν θα κατακάσουν. Τα μόρια κινούνται σε όλες τις κατευθύνσεις. Όχι μόνο κάτω που είπαμε πριν.

M15: Κινούνται παντού, σε όλο.

Δ: Λέτε ότι κινούνται παντού. Πότε θα κάτσουν κάτω που μου είπατε πριν;

M15: Δεν κάθονται κάτω.

M11: Μερικά νομίζω θα κατακάσουν και θα τα βλέπουμε, τα μόρια λέω, η ζάχαρη. Και μερικά θα ανακατευτούν με τα μόρια του νερού.

M15: Θα ανακατευτούν με τα μόρια του νερού;

M4: Τα μόρια δεν μπορούν να ανακατευθούν, πάνε στα κενά, δεν πάνε πάνω στα μόρια.

M15: Ναι.

Δ: Αυτό που εννοείτε μπορείτε να το σχεδιάσετε; (Βάλανε μόρια νερού ως υγρό και κόκκους ζάχαρης). Οι κόκκοι που βάλατε φαίνονται μέσα στο διάλυμα;

M11: Οι κόκκοι σπάνε σε μικρότερα κομμάτια

M4: Νομίζω ότι θα σπάσουν σε μικρά κομμάτια, πολύ μικρότερα κομμάτια τα οποία δεν φαίνονται αλλά κινούνται συνέχεια.

M11: Τα μόρια είναι μόρια τα μόρια τα βάζουμε στα κενά.

Δ: Βάλτε τώρα νέο σχέδιο.

M11: Βάζω μόρια. Ο κόκκος που έχει μόρια. Τα μόρια ζάχαρης είναι στερεά, ωραία;

M4: Τα μόρια δεν είναι στερεά.

M15: Το νερό, τα μόρια του νερού μπαίνουν μέσα από τι τρύπες του φίλτρου.

M11: Θέλεις να πεις ότι μπαίνει στα κενά των μορίων;

M4: Καθώς τα μόρια κινούνται, ο κόκκος δεν διαλύεται, απλώς ο κόκκος σπάει σε μικρότερα κομμάτια, και μετά αυτά τα μικρά καταφέρνουν να φύγουν.

Δ: Μπορείτε κάθε καινούριο που λέτε να το σχεδιάζετε.

M11: Τα μόρια νερού μπαίνουν από το φίλτρο, σπάνε τον κόκκο σε μικρότερα κομμάτια.

M4: Και μετά από τις τρύπες φεύγουν μαζί με τα μόρια νερού. δηλαδή ο κόκκος σπάει σε μόρια.



Δ: Λέτε ότι ο κόκκος αποτελείται από μόρια και διασπάται;

M11: Ο κόκκος έχει μόρια.

Δ: Αυτά τα μόρια όταν περάσει η ώρα τι θα πάθουν; Εσύ αθανασία έλεγες ότι θα εξαφανιστούν.

M15: Ναι, εντάξει.

M4: Ο κόκκος σπάει σε μόρια. Μετά από ώρα δεν σπάνε άλλο. Είχε λάθος η M11 δεν σπάνε άλλο μέχρι να εξαφανιστούν. Μικραίνουν μέχρι ένα σημείο και ας πούμε δεν φαίνονται.

M15: Γιατί τα μικρά κομμάτια δεν φαίνονταν ούτε πριν.

M4: Θα σπάσουν μέχρι να γίνει μόρια.

Το μοντέλο αυτό ερμηνεύει τα υπέρκορα διαλύματα

Δ: Αν ρίξουμε πολύ ζάχαρη τι θα συμβεί;

M11: Η ζάχαρη θα κάτσει στον πάτο.

M4: Αυτό το διάλυμα το λέμε κορεσμένο.

Δ: Γιατί δεν διαλύθηκε;

M4: Η ποσότητα ζάχαρης είναι περισσότερη και το νερό και η ποσότητα του νερού δεν καταφέρει να το λιώσει.

M11: Δεν καταφέρει να το λιώσει.

Δ: Τι εννοείς δεν καταφέρει να το λιώσει;

M11: Όσο και να προσπαθήσουν τα μόρια του νερού να διασπασούν τους κόκκους της ζάχαρης, δεν θα μπορέσει να το σπάσει.

M4: Είναι λιγότερα τα μόρια του νερού από τα μόρια της ζάχαρης. Έχουν σπάσει λίγους κόκκους αλλά δεν μπορούν να σπάσουν τα υπόλοιπα.

Δ: Λέτε ότι τα μόρια του νερού σπάνε κάποιους κόκκους αλλά δεν φτάνουν να σπάσουν και τους άλλους;

M4: Ναι.

Κάνουν σχέδιο όπου σπάνε κάποιοι κόκκοι και κάτω βάζουν κόκκους.

M4: Ο διαλύτης δεν διαλύει τόση ποσότητα ζάχαρης.

M11: Φαίνεται να στέκει.

Η μαθήτρια M4 με το μοντέλο αλληλεπίδρασης που έγινε αποδέκτο παραπάνω ερμηνεύει με πλήρεις συλλογισμούς τι συμβαίνει σε ένα κορεσμένο διάλυμα.

Δ: Αν το ζεστάνω θα διαλυθεί και άλλη ποσότητα.

M15: Τα μόρια του νερού θερμαίνονται, κινούνται σε μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ τους, ναι.

M11: Τα μόρια του νερού δεν θερμαίνονται αλλά παίρνουν θερμότητα και κινούνται γρηγορότερα.

M15: Έτσι όπως κινούνται σε μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους, αφήνουν μεγαλύτερα κενά και μπορεί να χωρέσει η ζάχαρη που είχε κατακάτσει.

Δ: Είχατε πει και για διάσπαση όταν γίνεται διάλυση.

M4: Τα μόρια κινούνται με την θερμότητα πιο γρήγορα και καταφέρνουν να σπάσει πιο πολλούς κόκκους σε μικρότερους και επειδή είναι ελαφριά ανεβαίνουν και σκορπίζουν στο νερό.

M11: Ναι, αλλά εμείς τα βλέπουμε κάτω.

M4: Βλέπουμε λιγότερη ζάχαρη από πριν.

M11: Τα κομματάκια ζάχαρης που λέει η M4, δηλαδή τα μόρια, δεν τα βλέπουμε γιατί είναι μικρά.

Δ: Είπατε ότι η θέρμανση αύξησε τα κενά και χωράνε οι κόκκοι.

M4: Όχι, κόκκοι αλλά μόρια, τα κενά δεν νομίζω να αυξάνουν, απλώς κινούνται πιο γρήγορα και σκορπίζουν αλλά μένουν και κάτω κάποιοι κόκκοι.

Δ: Με το ανακάτεμα γιατί η διάλυση διευκολύνεται;

M4: Τα μόρια κινούνται γρήγορα όταν ανακατεύουμε, και το ανακάτεμα σπάει και αυτό τα μόρια.

M11: Σπάει ο κόκκος με το ανακάτεμα.

Η ερώτηση “γιατί ο κόκκος άμμου δεν διαλύεται” έβαλε τις μαθήτριες να αντιμετωπίσουν το ρόλο της θερμότητας στη διάλυση. Η μαθήτρια M11 υπενθυμίζει στη M4 ότι δέχτηκαν πως δεν γίνεται τήξη αλλά διάσπαση. Έτσι η συζήτηση στράφηκε στις διαφορές των μορίων ζάχαρης και άμμου, όπως θέση και κίνηση, σκληρότητα, μέγεθος ή ουσία από την οποία αποτελούνται.

M11: Γιατί οι ουσίες αυτές, να πω κάτι που φαίνεται λογικό, αποτελούνται και αυτές από μόρια, όπως όλα τα πράγματα. Τα μόρια μιας ουσίας που δεν διαλύεται, δεν μπορούν να λιώσουνε, να το πούμε, με τα μόρια του νερού. Δεν μπορούν να διαλυθούν.

M4: Γιατί αποτελούνται από κάποια συστατικά που αν δεν υπάρχει θερμότητα δεν μπορούν να διαλυθούν. Είναι ένα στερεό, που δεν μπορεί να διαλυθεί με αυτή τη θερμότητα.

Δ: Λες δηλαδή ότι η θερμότητα διαλύει τον κόκκο.



M11: Να τα πάρουμε από την αρχή. Εσύ έλεγες η ίδια ότι δεν διασπά τον κόκκο η θερμότητα. Ας τα πάρουμε από την αρχή. Ας πούμε ότι ρίξουμε μια σβήστρα στο νερό. Αυτή δεν διαλύεται.

M4: Αποτελείται η σβήστρα από μόρια, έτσι; Αν αυτά τα μόρια πέσουν πάνω σε ένα υγρό, δεν διαλύονται.

M15: Τα μόρια της σβήστρας είναι στερεά, δεν μπορούν να διαλυθούν. Τα μόρια της σβήστρας δεν κινούνται πολύ, δονούνται.

Δ: Η ζάχαρη δεν είναι στερεή;

M4: Δεν αλλάζουν όμως θέση. Στη ζάχαρη αλλάζουν.

Δ: Για να σας διευκολύνω. Πάρτε ένα κόκκο άμμου, που δεν διαλύεται στο νερό.

M4: Νομίζω ότι έχει κάποιες ουσίες που το εμποδίζουν να διαλυθεί. Δεν μπορεί να διαλυθεί, δηλαδή να διασπαστεί.

M11: Μέσα στον κόκκο τα μόρια της άμμου, μπορεί να είναι πιο σκληρά, ξέρω εγώ;

M15: Τα μόρια δεν είναι σκληρά, δεν είναι μαλακά.

M11: Είναι και αυτό, είναι και αυτό.

Δ: Τα μόρια της άμμου είναι ίδια με τα μόρια ζάχαρης;

M11: Όχι. Μπορεί τα μόρια της άμμου να είναι σκληρά.

M4: Η ομάδα των μορίων μπορεί να είναι μαλακά ή σκληρά.

M11: Μπορεί η ομάδα των μορίων από τα οποία αποτελείται ο κόκκος της άμμου μπορεί να μην αφήνουν να διαλυθεί. Ή μπορεί τα μόρια να είναι πιο πολλά.

Δ: Λέτε ότι ο κόκκος έχει μόρια και αυτά εμποδίζουν να διαλυθεί. Πώς το εννοείτε; Έχουν θέληση;

M4: Κάποια συστατικά του κόκκου δεν μπορούν να διασπαστούν, γιατί...

M11: Αυτό το γιατί κάποιες ουσίες της άμμου είναι διαφορετικές από ότι στους κόκκους της ζάχαρης.

M15: Κάθε ουσία έχει διαφορετικά μόρια.

M11: Ναι αλλά μπορεί η ζάχαρη να έχει κάποιες ουσίες που δεν έχει η άμμος.

M4: Μήπως επειδή ο κόκκος άμμου είναι πιο μεγάλος;

Δ: Ο κόκκος αλάτι είναι μεγάλος αλλά διαλύεται.

M15: Μήπως η ουσία της άμμου που είναι διαφορετικές δεν μπορούν να διαλυθούν;

M4: Αυτό λέμε τόση ώρα.

M15: Μήπως στην άμμο ο κόκκος δεν διασπάται σε μόρια;

Η συζήτηση στρέφεται στο ρόλο του νερού στη διάσπαση και η M11 προτείνει το μοντέλο της διάσπασης με αναπαράσταση (κινησιθητικό). Η εξήγηση φαίνεται λογική και γίνεται αποδεκτή.

M11: Τα μόρια του νερού κάνουν τη διάσπαση.

M4: Τα μόρια του νερού δεν μπορούν να διασπάσουν τον κόκκο.

M11: Μπορεί επίσης τα μόρια του κόκκου της άμμου να είναι πολύ κοντά, και πιο γερά και το νερό να μην μπορεί να το σπάσει.

Δ: Τι να πούμε τελικά;

M4: Ο κόκκος της ζάχαρης είναι μαλακός.

M11: Ο κόκκος είναι γερά δεμένα. Να σας δείξω. Εμείς αν είμαστε τα μόρια στον κόκκο και έρχεται το νερό, το μόριο. Αν εμείς είμαστε γερά δεμένες δεν μας σπάει.

Δ: Η ίδια εξήγηση πρέπει να είναι και για τη διάλυση της ζάχαρης. Ισχύει;

M11: Ναι στη ζάχαρη δεν είναι τόσο δεμένα.

M15: Σωστό.

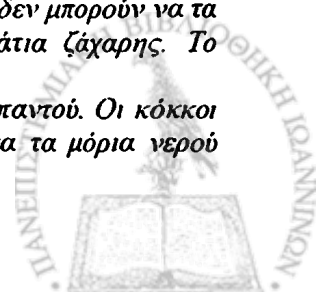
M4: Είναι γερά λοιπόν και δεν διαλύεται.

Ως αποτέλεσμα στο τεστ μετά τη συζήτηση είχαν και οι τρεις μαθήτριες αποδεκτές ή πλήρεις απαντήσεις. Το τρίτο μέλος M15 προσφέρει, άμεσα ή έμμεσα ενδείξεις για την αξιολόγηση των επιχειρημάτων των άλλων, τουλάχιστον για κάποιες ιδιότητες των μορίων. Σημειώνουμε ότι στην ομάδα αυτή δεν υπήρξαν κοινωνικές συγκρούσεις και οι εναλλακτικές απόψεις κάποιων μελών αντιμετωπίζονταν με χιούμορ.

Οι μαθήτριες έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις. Εκτός από την M4 που στην ερώτηση με ανακάτεμα αναφέρθηκε απλά σε διάλυση μάλλον από αμέλεια αλλά θεωρήθηκε εναλλακτική.

M4: Τα μόρια νερού χτυπάνε ή τραβάνε τον κόκκο ζάχαρης και τον διασπούν σε μόρια που ανακατεύονται με τα μόρια του νερού. Τα μόρια της άμμου είναι πολύ δεμένα μεταξύ τους που τα μόρια νερού δεν μπορούν να τα διασπάσουν. Τα μόρια νερού κινούνται γρηγορότερα και διασπούν περισσότερα κομμάτια ζάχαρης. Το ανακάτεμα σπάει τη ζάχαρη σε κομματάκια και έτσι διαλύεται πιο εύκολα.

M11: Το αλάτι μετά την επίθεση των μορίων νερού διασπάται σε μόρια που σκορπίζουν παντού. Οι κόκκοι άμμου δεν σπάνε σε μόρια γιατί είναι πολύ γερά δεμένα μεταξύ τους. Με την θερμότητα τα μόρια νερού



παίρνουν ενέργεια και κινούνται γρηγορότερα και σπάνε τους κόκκους ζάχαρης σε μόρια ζάχαρης πιο γρήγορα. Ανακατεύοντας τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα και σπάνε τους κόκκους της ζάχαρης.
M15: Τα μόρια νερού διασπούν τον κόκκο της ζάχαρης σε μόρια και ανακατεύονται ανάμεσα στο νερό.
Με το ανακάτεμα τα μόρια κινούνται γρηγορότερα και η διάσπαση γίνεται γρηγορότερα.

Σχήμα 7.2.: Σχεδίαση της διάλυσης στην ομάδα 1 του Π2(Σχ3).

4. Ένα μοντέλο αλληλεπίδρασης, διάσπασης και ανάμιξης σωματιδίων με δραστικό το ρόλο των μορίων του νερού στη διάσπαση του κρυστάλλου έδωσε και η ομάδα 4 αγοριών του Π2(Σχ3). Όμως διαφοροποιείται από το προηγούμενο ως προς την ερμηνεία με θέρμανση και ανακάτεμα και στα υπέρκορα διαλύματα. Στη διάλυση με θέρμανση τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα, απομακρύνονται και μεγαλώνει ο διαθέσιμος χώρος για να μπουν τα μόρια που προήλθαν από τη διάσπαση. Στα υπέρκορα αυτός ο χώρος έχει γεμίσει και έτσι δεν μπορεί πια να συνεχιστεί η διάλυση.

Στο τεστ πριν τη συζήτηση ο M1 χρησιμοποίησε ένα μοντέλο ανάμιξης σωματιδίων που χρησιμοποίησε στη διάλυση κόκκων αλατιού, στη διάλυση μετά από ώρα, στη διάλυση με θέρμανση (τεστ Β) και στη διάλυση με ανακάτεμα ενώ έδωσε εναλλακτική απάντηση στη διάλυση κόκκων άμμου. Θεωρούσε ότι δεν μπορούμε να ξαναπάρουμε τη ζάχαρη καθώς έσπασε σε μικρά κομμάτια, ενώ απάντησε σωστά στη διατήρηση μάζας. Ο κόκκος διαλύεται σε πολύ μικρά κομμάτια που σκορπίζουν στο νερό και δεν φαίνονται (παριστάνει μόρια νερού και μόρια κόκκου (M1 τεστ Α).

Η ζάχαρη διασπάται σε μόρια που σκορπίζουν ανάμεσα από τα μόρια και δεν φαίνεται (M1 τεστ Β).

Οι άλλοι μαθητές είχαν δώσει εναλλακτικές απαντήσεις.

Ο M9 χρησιμοποίησε ένα μικτό μοντέλο όπου οι κόκκοι ζάχαρης μπαίνουν στα κενά των μορίων νερού και διαλύονται, ή τα μόρια ζάχαρης διαλύονται ενώ δεν μετράνε στη μάζα του διαλύματος. Το μοντέλο αυτό το χρησιμοποίησε με συνέπεια σε όλες τις ερωτήσεις.

Ο M22 έχει την εντύπωση ότι η ουσία που διαλύεται γίνεται νωπή δηλαδή παίρνει νερό και μετά ο κόκκος χάνεται σιγά σιγά και μένει η ουσία. Η άμμος δε λιώνει, δεν μπορεί να κρατήσει την υγρασία, την απορροφάει με την έννοια δεν κρατάει νερό, δεν γίνεται νωπή.

Ο M23 δίνει ένα μοντέλο ανάμιξης σωματιδίων ως προσωρινή κατάσταση που το χρησιμοποιεί στο τεστ Α ενώ στο τεστ Β τα μόρια συνεχίζουν να είναι ανακατεμένα, θεωρεί δε ότι η μάζα διατηρείται. Το ανακάτεμα χρησιμοποιείται στην ερμηνεία διάλυσης με θέρμανση ενώ στις άλλες ερωτήσεις χρησιμοποιείται το λιώσιμο.

Στο απόσπασμα που ακολουθεί φαίνεται ο κυρίαρχος ρόλος του μαθητή M1, που αν και αρχικά φαίνεται ότι δεν είχε υιοθετήσει ένα μηχανισμό για τη διάλυση, στη συνέχεια παρακολουθώντας τις ερωτήσεις και τις προτάσεις των συμμαθητών του δόμησε ένα μοντέλο για το οποίο παρουσιάστηκε σίγουρος ενώ οι συμμαθητές του απλώς παρακολουθούσαν. Οι μαθητές στην αρχή της συζήτησης δεν έχουν κάποιο συγκεκριμένο μοντέλο διάλυσης και εμφανίζονται διστακτικοί. Αναφέρουν λιώσιμο, εξαφάνιση και κίνηση μορίων ζάχαρης, χωρίς να έχουν αποδεχτεί το μοντέλο ανάμιξης αλλά μάλλον αποδεχόμενοι ένα μικτό μοντέλο. Στην προσπάθεια να ερμηνεύσει τη διάλυση ο M1 προτείνει την κίνηση σωματιδίων όχι ως αλληλεπίδραση αλλά ως κίνηση λόγω της θερμότητας του νερού.

M23: Η ζάχαρη θα λιώσει.

M9: Η ζάχαρη θα εξαφανιστεί.

M22: Ναι.

Δ: Να εξηγήτε κάθε φορά τι εννοείτε.

M1: Μήπως τα μόρια ζάχαρης θα κινηθούν πιο γρήγορα και δεν θα φαίνονται;



(Διστάζουν να πάρουν το λόγο).

Δ: Έχετε πει ότι η ζάχαρη θα λιώσει, το είπε ο M23, η ζάχαρη θα εξαφανιστεί μας είπε ο M9 και ο M1 είπε ότι τα μόρια ζάχαρης κινούνται πολύ γρήγορα και δεν φαίνονται.

M9: Ας αναλύσουμε τις προτάσεις μας.

M23: Περίπου θέλω να πω αυτό που είπε ο M1, δηλαδή τα μόρια ζάχαρης θα κινηθούν πιο γρήγορα και η ζάχαρη θα λιώσει, θα ανακατευτεί με το νερό, θα λιώσει μέσα στο νερό.

M22: Τα μόρια ζάχαρης θα μπουν στα κενά του νερού.

M9: Αυτό λέω και εγώ όταν λέω ότι εξαφανίζεται, δεν φαίνεται κάπου πάει όμως.

Δ: Γιατί δεν φαίνεται;

M1: Έχει μπει στα κενά ανάμεσα στα μόρια του νερού. Τα μόρια της ζάχαρης είναι πολύ μικρότερα ίσως από τα μόρια νερού και έτσι δεν φαίνεται.

Δ: Η ζάχαρη που ρίξαμε ήταν κόκκοι και σεις μιλάτε για μόρια. Πώς έγινε αυτό;

M1: Μήπως άλλαξε η ζάχαρη μορφή από στερεή να έγινε υγρή;

M23: Πρέπει να αλλάξει θερμοκρασία για να γίνει από στερεή σε υγρή.

M1: Το νερό πρέπει να έχει διαφορετική θερμοκρασία από τον αέρα... διστάζει... έτσι όταν ρίξουμε τη ζάχαρη στο νερό που είναι ζεστό, κινήθηκαν τα μόριά της πιο γρήγορα (Δεν μιλάει κανείς).

Δ: Έχετε πει πολλά, ότι λιώνει η ζάχαρη και από στερεή κατάσταση γίνεται υγρή η ζάχαρη, ότι τα μόριά της μπαίνουν στα κενά του νερού, μου είπατε ότι τα μόρια κινούνται γρήγορα γιατί είναι ζεστότερη η ζάχαρη από το νερό. Θα σας διευκόλυνε να δείτε και τι έχετε γράψει στο τεστ.

M23: Εγώ έγραψα ότι διαλύεται εντελώς μετά από αρκετή ώρα.

M9: Έχω γράψει ότι οι κόκκοι ζάχαρης μπαίνουν ανάμεσα στα μόρια νερού.

M22: Όταν διαλύθηκε ο κόκκος έγιναν τα μόρια που μπήκαν ανάμεσα στα μόρια του νερού.

Δ: Συζητείστε πώς προκύπτουν αυτά τα μόρια, θυμίζω κόκκους ζάχαρης ρίξαμε.

M1: Ο κόκκος όπως ήταν σε στερεή μορφή αποτελείται και αυτός πάλι από μόρια. Μόλις ρίξουμε τον κόκκο στο νερό τότε τα μόρια θα κινήθηκαν πιο γρήγορα, γιατί μπήκαν στο νερό που ήταν πιο ζεστό.

Δ: Ήταν ζεστό το νερό;

(Δεν απαντάνε)

Στο πείραμα με το φίλτρο ο μαθητής M22 πρότεινε ότι τα μόρια νερού πέρασαν από τις τρύπες του φίλτρου και έτσι η ζάχαρη έλιωσε και ο M1 πρότεινε χωρισμό των μορίων ζάχαρης αλλά ακόμη δεν έχει αποσαφηνίσει το ρόλο του νερού. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η άποψη του M22 ότι οι κόκκοι υγραίνονται, κάτι που διατηρεί και στη διάλυση άμμου.

M1: Όχι, δεν περνάει γιατί το φίλτρο είναι κλειστό.

M22: Όχι δεν έχει τρύπες να περάσει. Οι τρύπες είναι μικρές για να πέσουν οι κόκκοι.

Δ: Βάζουμε το φίλτρο στο νερό.

M1: Μετά από λίγο η ζάχαρη δεν είναι στο φίλτρο.

M9: Φαίνεται κάτι σαν σιρόπι.

M1: Έ... οι κόκκοι της ζάχαρης ...

M22: Το νερό, τα μόρια του νερού μπόρεσαν να μπουν από τις μικρές τρύπες που έχει το φίλτρο και ...ε, έλιωσαν οι κόκκοι της ζάχαρης.

M1: Η ζάχαρη, ο κόκκος της ζάχαρης χωρίστηκαν σε μόρια και αυτά όπως είναι μικρά χώρεσαν και πέρασαν από τις τρύπες.

Δ: Πώς χωρίστηκαν οι κόκκοι σε μόρια;

M1: Επειδή το νερό μπαίνει ανάμεσα και... όχι, όχι.

M22: Οι κόκκοι υγραίνονται και γίνονται μόρια.

Δ: Τι εννοείς υγραίνονται;

M22: Να βρέχονται από το νερό.

(Στοματάνε).

Η σχεδίαση της διάλυσης οδήγησε τον M22 να προτείνει διάσπαση της ζάχαρης από τα μόρια νερού. Αλλά ο M1 αναρωτιέται πώς γίνεται αυτή η διάσπαση αφού τα κενά στα στερεά είναι μικρά.

M1: Πρέπει να κάνουμε τα μόρια του νερού κοντά το ένα στο άλλο σαν να γλιστράνε. Έβαλε 12 μόρια νερού. Να βάλω και τον κόκκο.

M23: Τα μόρια του νερού...

M22: Πετάγεται. Τα μόρια νερού μπαίνουν ανάμεσα στα μόρια του κόκκου, όχι τα μόρια της ζάχαρης... σταματάει.

M1: Να βάλω στον κόκκο μόρια. Να βάλω 3-4.

M22: Τα μόρια νερού μπαίνουν ανάμεσα στα μόρια της ζάχαρης και όπως είδαμε τα μόρια ζάχαρης διασπώνται. Τα μόρια νερού πρέπει να μπουν να το διασπάσουν.



M1: Πώς μπαίνουν αφού τα κενά στο στερεό κόκκο είναι μικρά; Δεν χωράνε.

Δ: Επαναλαμβάνω τι είπατε. Ο M22 λέει ότι τα μόρια νερού μπαίνουν ανάμεσα στα μόρια ζάχαρης και διασπούν και ο M1 λέει ότι "πως χωράνε αφού τα μόρια είναι μικρά;"

Ο M23 προτείνει ότι τα μόρια νερού είναι πιο ευκίνητα από της ζάχαρης που είναι στερεά και ο M1 αξιοποιεί αυτή την πρόταση και προτείνει διάσπαση του κρυστάλλου ζάχαρης, καθώς τα μόρια ζάχαρης παίρνουν ενέργεια από το χτύπημα και δονούνται. Ο M9 επαναλαμβάνει αυτά που λέει ο M1.

M23: Τα μόρια του νερού είναι σε υγρή κατάσταση, δηλαδή φτιάχνει υγρό. Είναι έτσι πιο γρήγορα από της ζάχαρης και πάνε πάνω στον κόκκο όπως κινούνται πιο γρήγορα και ... (διστάζει).

M1: Μήπως όπως κινούνται πιο γρήγορα τα μόρια νερού κάνουν και τα μόρια ζάχαρης να κινούνται πιο γρήγορα και μετά διαλύονται; (Μονολογεί). Τα μόρια ζάχαρης δέχονται χτυπήματα και έτσι δονούνται πιο γρήγορα και χωρίζονται.

Δ: Δείξτε αυτό που λέτε στο σχέδιό σας.

M1: Να, ο κόκκος που κάναμε σε μόρια μετά χωρίστηκε σε μόρια. Τα μόρια νερού... να χτυπάνε την ζάχαρη, να όπως λέει ο M22. Τα κενά μεταξύ των μορίων νερού γίνονται μεγαλύτερα.

M9: Τα μόρια νερού επειδή είναι σε υγρή κατάσταση κινούνται γρήγορα...

M1: (Επανέρχεται στο σχέδιο). Κάνω τα μόρια να κάνουν μεγαλύτερες δονήσεις και έτσι χωρίζονται.

Δ: Αυτό είναι σαν να λιώνει η ζάχαρη;

M22: Όχι, γιατί το λιώσιμο θέλει θερμότητα από στερεή να γίνει υγρή.

M9: Μήπως τα μόρια υγρού κατάφεραν να σπάσουν τον κόκκο σε υγρή κατάσταση;

Δ: Δηλαδή μπορεί να έχετε, λέτε, ή υγρό νερό και υγρή ζάχαρη ή μόρια ζάχαρης σκόρπια στο νερό.

M1: Εγώ λέω μόρια σκόρπια στο νερό. Δεν λιώνει η ζάχαρη απλά σκορπίζεται ανάμεσα στα μόρια νερού.

M9: Κι εγώ το ίδιο λέω, τα μόρια αναμιγνύονται.

M1: Σκορπίζονται.

Δ: Τι διαφορά έχει αν είναι υγρή ζάχαρη;

M1: Τότε θα ήταν μόρια νερού και μόρια ζάχαρης μαζί.

Οι μαθητές M22 και M1 χρησιμοποιούν το ίδιο μοντέλο για να ερμηνεύσουν τα υπέρκορα διαλύματα. Ο M1 προτείνει αρχικά ότι το νερό δεν μπορεί να μπει ανάμεσα στα μόρια και αμέσως, καθώς σκέφτεται φωναχτά, ότι ο κενός χώρος μεταξύ των μορίων νερού συμπληρώθηκε και ο M22 το δέχεται. Ο M1 συνεχίζει προτείνοντας ότι τα μόρια νερού έχουν επιβραδυνθεί και έτσι δεν μπορεί να γίνει διάσπαση του κόκκου επειδή έχουν προστεθεί πολλά μόρια ζάχαρης.

M1: Δεν διαλύεται, γιατί το νερό δεν μπορεί να μπει ανάμεσα στα μόρια. Δεν υπάρχει κενός χώρος πια για να μπουν τα μόρια ζάχαρης ανάμεσα στα μόρια.

M22: Εδώ δεν διαλύθηκαν οι άλλοι κόκκοι γιατί δεν υπάρχει κενός χώρος.

M1: Το νερό, τα μόρια νερού, κινούνται πιο αργά γιατί ανάμεσα είναι μόρια ζάχαρης και δεν μπορεί να σπάσει τους υπόλοιπους κόκκους.

Ο M1 προτείνει με τη θέρμανση λιώσιμο και στο κρύο ανακάτεμα, κάτι που το είδαμε και στην ομάδα 1 του Π2(Σχ2). Φαίνεται καθαρά ότι ο M9 διατηρεί εναλλακτικό μοντέλο.

M1: Επειδή το νερό... όχι.

M9: Επειδή η ζάχαρη εξατμίζεται.

M23: (Γελάει).

Δ: Ο M9 λέει ότι με τη ζέση εξατμίζεται όπως και το νερό.

M9: Η ζάχαρη θα πάει προς τα πάνω αν εξατμιστεί.

M1: Εγώ νομίζω ότι τα μόρια ζάχαρης με την θέρμανση κινήθηκαν πιο γρήγορα και έτσι σιγά σιγά άλλαξαν κατάσταση κι έγιναν σε υγρή κατάσταση.

Δ: Δηλαδή λες ότι με την θέρμανση έχουνε υγρή ζάχαρη ενώ όταν δεν ζεσταίνουμε όπως πριν έχουμε διασκορπισμό σε μόρια.

M1: Με την θέρμανση δεν γίνεται διάσπαση, αλλά λιώσιμο. Πριν δεν είχαμε θέρμανση.

Δ: Προσέξτε παιδιά τι λέει ο M1, μην χαζεύετε. Λέει ότι με την θέρμανση η ζάχαρη λιώνει ενώ πριν έλεγε ότι γίνεται διάσπαση με τα χτυπήματα των μορίων του νερού.

Ο M1 στη συνέχεια διορθώνει μόνος του την άποψή του λέγοντας ότι θα γίνει διαφορετική διάσπαση επειδή τα μόρια νερού και ζάχαρης κινούνται. Αμέσως μετά προτείνει εξατμισμό νερού για να χωράει περισσότερη ζάχαρη και μετά απομάκρυνση μορίων νερού και έτσι χωράει πιο πολύ ζάχαρη, ενώ ο M22 θεωρεί λογικό το επιχειρήμα.



M1: Με την θέρμανση τα μόρια κινήθηκαν πιο γρήγορα και της ζάχαρης και του νερού και θα κινηθούν πιο γρήγορα, δεν θα αλλάξουν μορφή αλλά θα διασπαστούν με διαφορετικό τρόπο. Δεν θα γίνει υγρό τελικά. Τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα και έτσι οι κόκκοι διασπώνται πιο γρήγορα αλλά όχι από τα χτυπήματα αλλά με διαφορετικό τρόπο από την θέρμανση και θα σκορπίζονται πιο γρήγορα.

Δ: Αλλάζεις δηλαδή γνώμη; Έλεγες ότι έγινε υγρό και τώρα ότι διασπάται από την θέρμανση λόγω μεγάλης κίνησης.

M1: Τα μόρια νερού από την θερμότητα θα εξατμιστούν γιατί θα κινηθούν πιο γρήγορα και θα πάνε μακριά και θα χωρέσει πιο πολύ ζάχαρη.

Δ: Παρακολουθείστε γιατί συνεχώς λέει κάτι και πρέπει να ελέγχετε αν στέκουν.

M1: Τα μόρια του νερού κινούνται γρήγορα, απομακρύνονται και ανάμεσα μπαίνουν μόρια ζάχαρης πιο πολλά και μεγάλα κενά γίνονται, γιατί τα μόρια κινούνται.

M22: Λογικό μου φαίνεται.

Αρχικά ο M1 θεωρεί την άμμο αδιάλυτη γιατί έχει πολλά μόρια, ενώ ο M22 μιλάει πάλι για απορρόφηση νερού και οι άλλοι γελάνε. Ο M23 το αποδίδει αυτό στις ιδιότητες των υλικών. Κοιτώντας τις απαντήσεις τους στο τεστ πριν τη συζήτηση ο M1 απορρίπτει τον ισχυρισμό του ότι η άμμος είναι στερεή και λέει ότι η άμμος δεν διαλύεται επειδή τα μόρια είναι σφιχτά δεμένα και δεν διασπάται ο κόκκος.

M9: Δεν διαλύεται.

M1: Επειδή...η άμμος έχει μόρια και έτσι δεν μπορεί να διαλυθεί.

M23: Η άμμος δεν μπορεί να διαλυθεί ενώ η ζάχαρη μπορεί.

M22: Δεν διαλύεται γιατί η άμμος απορροφάει τα μόρια νερού.

(Γελάνε οι άλλοι).

M1: Κοιτάει τα γραπτά του. Είχα γράψει κάτι λάθος, δεν το λέω.

Δ: Μη γελάτε με τις απόψεις σας. Είναι καλό να βρίσκουμε μόνοι μας ότι η άποψη που είχαμε δεν στέκει.

M1: Να είχα γράψει ότι η άμμος ήταν στερεή αλλά βέβαια είναι λάθος γιατί και η ζάχαρη είναι στερεή. Τα μόρια της άμμου μήπως είναι πολύ δεμένα μεταξύ τους και δεν διασπώνται σε μόρια ο κόκκος.

Ο M22 προτείνει τη σκληρότητα των μορίων και ο M22 αναφέρεται στο ρόλο του νερού που δεν μπορεί να μπει ανάμεσα. Το μοντέλο της κίνησης σωματιδίων προτείνεται από τον M1 και για το ανακάτεμα των μορίων.

M22: Επειδή είναι όπως είπε και ο M1 πολύ σφιχτά μεταξύ τους και μήπως είναι πιο σκληρά τα μόρια δηλαδή είναι διαφορετικά.

Δ: Τι λέτε τα μόρια ζάχαρης και άμμου είναι ίδια ή διαφορετικά;

M1: Όχι είναι διαφορετικά. Ότι είναι φτιαγμένα έτσι που να μην μπορούν να χωριστούν σε μόρια.

M23: Εγώ πιστεύω ότι τα μόρια νερού δεν μπορούν να μπουν στα μόρια άμμου ανάμεσα και να τη σπάσουν.

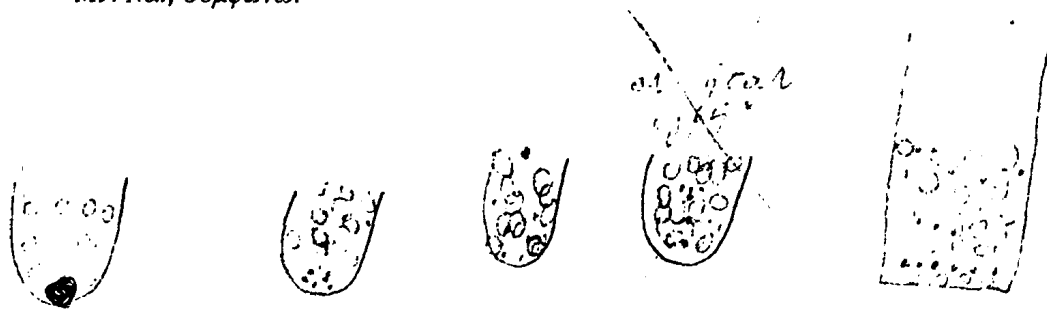
Δ: Μετά από πολύ ώρα τι θα συμβεί;

M1: Έχω την εντύπωση ότι θα είναι το ίδιο, τα μόρια κινούνται εκεί μέσα γιατί τα μόρια δεν σταματάνε.

Δ: Με το ανακάτεμα τι θα συμβεί;

M1: Τα μόρια κινούνται από μόνα τους, αν τα ανακατέψουμε κινούνται πιο πολύ γιατί βοηθάμε την κίνηση, κινούνται πιο γρήγορα.

M9: Ναι, συμφωνώ.



Σχέδιο 7.3.: Σχεδίαση της διάλυσης κατά τη συζήτηση στην ομάδα 4 του Π2(Σχ3)

Ο M1 μονοπώλησε την συζήτηση όχι για να επιβληθεί αλλά εξέφραζε τις απόψεις του και τις έλεγε με βάση αυτά που έλεγε κυρίως ο M22 και με όσα είχε μάθει. Έτσι κατάφερε να δομήσει

ένα μοντέλο διάσπασης στο οποίο τα μόρια στον κόκκο ζάχαρης παίρνουν ενέργεια από τις ωθήσεις των μορίων νερού και μετά μπαίνουν στα κενά των μορίων νερού. Με τη θέρμανση αυτά τα κενά μεγαλώνουν και έτσι χωράει περισσότερη ζάχαρη.

Στο τεστ μετά τη συζήτηση ο Μ1 ερμήνευε τα φαινόμενα με συνέπεια με το μοντέλο που ανέπτυξε στη διάρκεια της συζήτησης.

Τα μόρια του νερού χτυπούν τα μόρια ζάχαρης και τα κάνουν να κινούνται πιο γρήγορα και έτσι σπάνε και μετά σκορπίζουν ανάμεσα από τα κενά του νερού. Δεν μπορούμε να χωρίσουμε τα μόρια της άμμου γιατί είναι γερά δεμένα μεταξύ τους (εν μέρει). Στη διάλυση με θέρμανση όταν ζεσταίνουμε το νερό, τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα και σπάνε τον κόκκο της ζάχαρης πιο γρήγορα. Με το ανακάτεμα κάνουμε τα μόρια νερού να κινούνται πιο γρήγορα και να σπάνε τον κόκκο της ζάχαρης.

Ο Μ9, που στη συζήτηση δεχόταν ό,τι έλεγε ο Μ1, περιέγραψε τη διάλυση με μόρια ενώ έδωσε εναλλακτική περιγραφή για τη διάλυση άμμου και με θέρμανση. Εν μέρει σωστή έδωσε στο ανακάτεμα μορίων.

Τα μόρια του νερού είναι σε γρήγη κατάσταση και έτσι, επειδή κινούνται πιο πολύ, σπάνε τον κόκκο και τα μόρια του κόκκου αναμιγνύονται με το νερό. Η άμμος δεν διαλύεται γιατί τα μόρια άμμου είναι σκληρά και δεν ανακατεύονται με το νερό. Η ζάχαρη διαλύεται στο ζεστό νερό πιο γρήγορα γιατί όταν το νερό θερμαίνεται κινείται πιο γρήγορα και εξαφανίζει τη ζάχαρη πιο γρήγορα. Στη διάλυση με ανακάτεμα όταν ανακατέψουμε το νερό τα μόρια της ζάχαρης αναμιγνύονται με τα μόρια νερού

Ο Μ22 έδωσε τις παρακάτω απαντήσεις:

Τα μόρια του νερού χτυπούν συνεχώς τον κόκκο ώσπου διαλύεται. Το πρώτο με τον κόκκο ζυγίζει πιο πολύ γιατί ο κόκκος είναι πιο βαρής από όταν είναι σε μόρια. Όταν είναι πολλά μόρια ζυγίζουν λιγότερο απ' τον κόκκο γιατί δεν είναι ενωμένα. Ο κόκκος της άμμου δεν διαλύεται, γιατί τα μόριά του είναι πιο σφιχτά μαζί. Η ζάχαρη με τη θέρμανση διαλύεται ή τα μόρια διαλύονται. Όταν ανακατεύουμε, τα μόρια του νερού κινούνται ακόμα πιο γρήγορα.

Ο μαθητής Μ23, που συμμετείχε πολύ λίγο στη συζήτηση, ερμήνευσε τη διάλυση ως διάσπαση και ανακάτεμα σωματιδίων, προσωρινή όμως και με το πέρασμα του χρόνου λιγοστεύουν τα μόρια. Τα μόρια του νερού θα κινηθούν γρηγορότερα και έτσι θα κάνουν τα μόρια της ζάχαρης να χωριστούν αλλά με το πέρασμα του χρόνου ελαττώνει τα μόρια. Χρησιμοποίησε για την ερμηνεία διάλυσης άμμου και διάλυσης με ανακάτεμα το μοντέλο διάσπασης και ανακάτεμα μορίων αλλά στη διάλυση με θέρμανση πρότεινε τη διάλυση με λιώσιμο.

Στην ομάδα 5 του Π2(Σχ3), οι μαθήτριες Μ7 στο τεστ Α και η Μ20 είχαν ερμηνεύσει τη διάλυση με ανάμιξη σωματιδίων. Οι άλλες μαθήτριες έδωσαν εναλλακτικές απαντήσεις.

Οι μαθήτριες πρότειναν έναν μηχανισμό κατά τον οποίο οι κόκκοι σπρώχνονται από τα μόρια νερού και αφήνουν μόρια στο κενά των μορίων νερού. Σχεδιάζοντας τα μόρια τροποποίησαν το μηχανισμό και θεώρησαν ότι τα μόρια νερού μπαίνουν ανάμεσα στα κενά των μορίων της ζάχαρης και τη σπάνε. Η πρόταση της Μ20 ότι μπορεί να παίζει ρόλο και η θερμοκρασία και να προκαλεί διάλυση εξετάστηκε από τις Μ7 και Μ10 και απορρίφθηκε, κάτι που αποδέχθηκαν όλες οι μαθήτριες. Στη συνέχεια η Μ10 ισχυρίστηκε ότι τα μόρια κόκκου παίρνουν ενέργεια από τα χτυπήματα των μορίων νερού, αλλά αυτό θεωρήθηκε ανάλογο με την θέρμανση που είχε απορριφθεί από την Μ7 και έτσι παρέμειναν στο μοντέλο ώθησης, το οποίο ερμηνεύει τη διάλυση κατά την Μ7 και σε κρύο νερό.

Μ7: Οι κόκκοι ζάχαρης μπήκαν στα κενά που υπάρχουν μεταξύ των μορίων του νερού και δεν φαίνονται.

Α: Δεν έπρεπε να φαίνονται οι κόκκοι;

Μ10: Παραείναι μικροσκοπικοί.

Μ7: Διαλύθηκε ο κόκκος και δεν φαίνεται.

Μ20: Γιατί διαλύθηκε και σκορπίστηκαν, τα μόρια του νερού καθώς κινούνται...

Μ17: (Τη διακόπτει) μήπως ο κόκκος μπήκε στο κενό χώρο των μορίων;

Μ20: Ένα κόκκος ζάχαρης είναι ένα μόριο;

Μ10: Όχι, ένας κόκκος αποτελείται από πάρα πολλά μόρια.

Μ20: Ε, τότε όπως μετακινείται ο κόκκος από τα μόρια του νερού, σε κάθε κενό αφήνει και από ένα μόριο (γλάει) και γι' αυτό δεν φαίνεται.

Μ10: Ο κόκκος διαλύεται, αποτελείται από μόρια. Όταν το ρίχνω στο νερό, διαλύεται πηγαίνουν παντού τα μόρια μέσα στα κενά του νερού.



M20: Είναι τα μόρια του νερού που τα μετακινούν.

M10: Όπως ο κόκκος μετακινείται από το νερό αρχίζει να σκορπίζει. Διαλύεται από το πολύ-κούνημα. Προτείνω κάτι. Ας κάνουμε ένα σχέδιο. Ρίχνω τον κόκκο σε στερεή κατάσταση. Εδώ πέρα είναι τα μόρια και τριγύρω είναι μόρια του νερού και αφού τα μόρια του νερού κινούνται συνεχώς και κινούνται και της ζάχαρης και αρχίζει να κινούνται.

M20: Τα μόρια του νερού μπαίνουν ανάμεσα στα μόρια της ζάχαρης και τη σπάνε. Τι να κάνουμε, προσπαθούμε να βρούμε μια λογική λύση (Γελάει).

M17: Εγώ κάτι παρόμοιο είχα πει, τώρα τα μόρια μπαίνουν ανάμεσα.

M20: Η ζάχαρη μπορεί να είναι πιο κρύα από το νερό. Έτσι παίρνουν τα μόρια της ζάχαρης θερμότητα και αρχίζουν και διαλύονται μέσα στο νερό.

M7: Γιατί η ζάχαρη να είναι πιο κρύα από το νερό; Εγώ λέω ότι έχουν ίδια θερμοκρασία.

M10: Και εγώ λέω ότι έχουν την ίδια θερμοκρασία.

Δ: Έχετε πει ότι ο κόκκος διαλύεται γιατί είτε το νερό μπαίνει σφήνα και σπάει ή γιατί κινείται από τα μόρια του νερού και σκορπίζει ή γιατί παίρνει θερμότητα από το νερό και διασπάται.

M20: Και μένα δεν μου πάει η θερμότητα αλλά πρέπει να βρούμε λύση.

M10: Η ζάχαρη...

M17: Ούτε εγώ πιστεύω ότι η θερμοκρασία είναι διαφορετική.

M20: Ζωγράφισε τον κόκκο να αποτελείται από μόρια.

M10: Αφού κινείται από τα μόρια νερού ο κόκκος τα μόρια κινούν τον κόκκο, παίρνει ο κόκκος ενέργεια και αρχίζουν τα μόρια του κόκκου να κινούνται και αρχίζουν και ξεχωρίζουν.

M7: Αυτό είναι σαν να πήρα θερμότητα ο κόκκος και αρχίζουν τα μόρια να κινούνται. Και αυτό δεν μου φαίνεται και τόσο σωστό.

M20: Κάνουμε σκέψεις και βλέπουμε αν ισχύουν.

M7: Αν υπάρχει κενός χώρος ανάμεσα στα μόρια του κόκκου, μπαίνουν τα μόρια του νερού σαν σφήνες και το χωρίζουν.

M20: Αυτό έλεγα και εγώ.

M7: Έτσι δεν χρειαζόμαστε να πούμε τίποτα για τη θερμότητα, διασπάται ο κόκκος και σε κρύο νερό.

Η μη διάλυση κόκκου άμμου αρχικά φάνηκε στην M20 ότι δεν ερμηνεύεται με το μοντέλο της M7.

Η μαθήτρια M10 αναφέρεται σε κανόνες της φύσης (τα πράγματα είναι όπως συμβαίνουν) και η M20 αναφέρεται σε διαφορές στα κενά ή στην ικανότητα να σπάει το νερό τους κόκκους.

M20: Οπότε δεν είναι αυτό που λέει η M7.

M10: Στη φυσική υπάρχουν κανόνες. Το νερό και άλλοι ουσίες είναι διαλύτες. Ενώ κάποιες άλλες ουσίες δεν είναι.

Δ: Γιατί το νερό κάποιες ουσίες τις διαλύει και κάποιες όχι;

M20: Γιατί κάποιες ουσίες μπορεί να έχουν μεγαλύτερα κενά, κάποιες να καταφέρνει να τις σπάσει και κάποιες όχι.

Η ερώτηση με το πείραμα για το φίλτρο φέρνει τις μαθήτριες αντιμέτωπες με μια πραγματική δυσκολία. Για την ερμηνεία θεωρήθηκε η τήξη αλλά η M10 παραδέχεται ότι κάτι δεν πάει καλά καθώς η πρόταση αυτή δεν είχε συνέπεια με τα παραπάνω. Η M20 όμως δίνει το ρόλο του νερού, η M7 προσθέτει και έτσι οι δυο μαθήτριες ερμηνεύουν με διάσπαση του κόκκου από τα μόρια νερού σε μόρια που περνάνε από το φίλτρο ενώ η M10 δεν φαίνεται να το έχει κατανοήσει. Η M17 δεν συμμετέχει ουσιαστικά στη συζήτηση.

M17: Η ζάχαρη λιώνει.

M20: Η ζάχαρη παίρνει θερμότητα και λιώνει.

Δ: Πότε λέμε ότι μια ουσία λιώνει; Η διάλυση είναι σκόρπισμα ή τήξη;

M20: Όταν παίρνει θερμότητα και από στερεό γίνεται υγρό. Αλλά εμείς είπαμε ότι σκορπίζει.

M17: Μπορεί όπως το παγάκι να λιώνει, έτσι και η στερεή ζάχαρη να έλιωσε. Α, αφήστε το κάτι δεν πάει καλά.

M17: Τι ρωτήσατε ακριβώς κυρία;

Δ: Πώς η ζάχαρη φεύγει από το φίλτρο;

M20: Τα μόρια του νερού επειδή χωράνε από τις τρύπες μπαίνουν μέσα στο φίλτρο, και μαζί τους παρασύρουν κόκκους ζάχαρης.

M7: Όχι κόκκους, αλλά μόρια.

M17: Ας τα πούμε πάλι από την αρχή. Ο κόκκος... όπως είπα ξανά στη φυσική υπάρχουν κανόνες. Και ...ο κόκκος διασπάται γιατί το νερό το διασπά.

M20: Αυτό οφείλεται στην κίνηση του νερού.



M17: Μπορεί να υπάρχουν ρεύματα που παίρνουν τη ζάχαρη και τη διαλύουν.

M7: Τα μόρια του νερού μπαίνουν ανάμεσα και σπάνε τον κόκκο.

M17: Τα μόρια κινούνται πάντα. Και έτσι ο κόκκος παρασπύρεται και διασπάται.

Στην ερώτηση για τη διάλυση με θέρμανση η M20 θεωρεί ότι η θέρμανση προκαλεί γρηγορότερη κίνηση στα μόρια νερού και έτσι μπαίνουν ανάμεσα στα μόρια ζάχαρης και η M7 ότι προκαλεί κίνηση των μορίων ζάχαρης. Η M17 πάλι αναρωτιέται μήπως αλλάζει φυσική κατάσταση η ζάχαρη.

M20: Γιατί με τη θερμότητα τα μόρια αρχίζουν και κινούνται γρηγορότερα, τα μόρια του νερού.

M17: Όλα τα μόρια θα αρχίσουν να κινούνται πολύ γρήγορα.

M7: Τα μόρια της ζάχαρης θα αρχίσουν να κινούνται πιο γρήγορα και θα αρχίσουν να μπαίνουν ανάμεσα στα μόρια του νερού.

M20: Τα μόρια κινούνται γρηγορότερα και μπαίνουν ανάμεσα στα μόρια ζάχαρης.

M17: Τα μόρια θα αλλάζουν φυσική κατάσταση; Δεν θα είναι πλέον στερεή η ζάχαρη;

M17: Όταν λέμε αλλάζουν φυσική κατάσταση απλώς κινούνται πιο γρήγορα.

M17: Θα γίνει πιο γρήγορη η διάσπαση.

M20: Τα μόρια νερού παίρνουν ενέργεια και κινούνται πιο γρήγορα και διασπούν τη ζάχαρη.

Το μοντέλο προτείνουν οι μαθήτριες ερμήνευσε και εδώ τη διάλυση με ανακάτεμα.

M10: Πάλι παίρνουν ενέργεια τα μόρια, τα μετακινούμε εμείς.

M20: Τα μόρια με το ανακάτεμα παίρνουν ενέργεια, με τη μετακίνηση.

Το κορεσμένο διάλυμα ερμηνεύεται ως συμπλήρωμα των κενών (M20) του νερού με μόρια. Η M17 εκφράζει πάλι αμφιβολία για την αύξηση της διαλυτότητας με τη θέρμανση ενώ η M7 αναλαμβάνει να της εξηγήσει ότι με τη θέρμανση αυξάνουν τα κενά και έτσι διαλύεται περισσότερη ζάχαρη.

M17: Το διάλυμα είναι κορεσμένο.

M20: Συμπληρώθηκαν τα κενά από τα σωματίδια της ζάχαρης και δεν μπορεί να διαλυθεί άλλο.

M17: Τα κενά είναι πλήρως συμπληρωμένα. Ας βάλω στο σχέδιο. Τα κενά συμπληρώθηκαν.

M20: Δεν χωράνε πια μέσα.

M17: Κάτι δεν μου πάει καλά. Γενικώς η όλη σκέψη μου κάνει μια μικρή αμφιβολία. Στην τάξη σε μια μικρή ποσότητα νερού είχαμε διαλύσει μεγάλη ποσότητα ζάχαρης, ενώ εδώ βάλουμε λιγότερη και διαλύθηκε. Είχαμε πάρα πολλές κουταλιές ζάχαρη και διαλύθηκαν.

M20: Εκεί το νερό ήταν ζεστό, εδώ έχουμε νερό βρύσης. Είχαμε ίσως βρασμό.

M17: Δεν έβραζε.

M7: Όταν ζεστάνω το νερό αυξάνουν τα κενά και χωράει και άλλη ζάχαρη, έτσι διαλύεται και άλλη ποσότητα.

M17: Ναι.

M20: Συμφωνώ. Λογικό φαίνεται.

M17: Κατά κάποιο τρόπο εξήγησε την αμφιβολία μου, αλλά δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι.

M20: Δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για κάτι που δεν ξέρουμε.

Δ: Ρίχνω ένα πλαστικό καπάκι στο νερό και δεν διαλύεται.

M17: Γιατί είναι στερεό.

M20: Είναι διαφορετικό από τη ζάχαρη και δεν μπορεί να λιώσει.

M7: Δεν μπορούνε τα μόρια του νερού να μπουνε ανάμεσα στα μόρια του πλαστικού.

Δ: Έχετε προτείνει ένα μηχανισμό διάλυσης που οφείλεται στη διάσπαση της ουσίας σε μόρια και η ουσία διασπάται λόγω κίνησης των μορίων και πάνε τα μόρια και πάνε στα κενά του διαλύτη.

M7: Τα μόρια είναι πολύ κολλητά και δεν μπορούν τα μόρια M20ού να μπουν ανάμεσά τους, για να τα σπάσουν.

M17: Η ζάχαρη σπάει σε μόρια.

Δ: Τελικά μου είπατε ότι τα μόρια της ουσίας που διαλύεται κινούνται, ή επειδή τα σπρώχνει το νερό ή επειδή παίρνουν θερμότητα ή επειδή τα ανακατεύουμε και σπάει σε μόρια και ανακατεύεται με τα μόρια νερού.

M17: Ναι αυτό είπαμε.

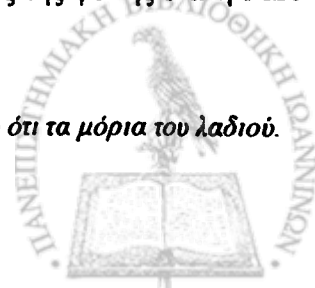
Δ: Δείτε τώρα γιατί δεν διαλύεται μια ουσία π.χ. το αλάτι στο λάδι.

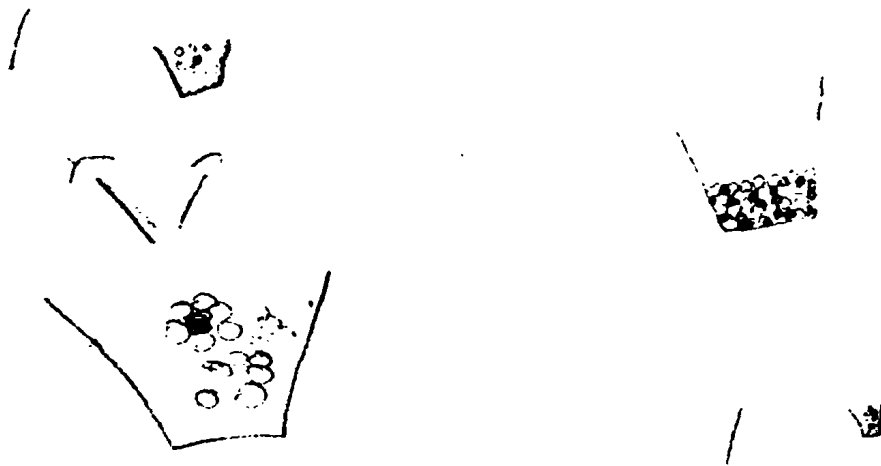
Στην ερώτηση γιατί το νερό είναι διαλύτης η M17 απάντησε ότι είναι νόμος της φύσης ενώ η M20 ίσως ότι τα μόρια νερού έχουν μεγάλη ταχύτητα.

M17: Το νερό έχει κάποιες ιδιότητες και διαλύει κάποιες ουσίες.

Δ: Τι διαφορετικό μπορεί να έχει το νερό;

M20: Μπορεί τα μόρια του, τα μόρια του νερού να κινούνται πιο γρήγορα από ότι τα μόρια του λαδιού.





Σχέδιο 7.4.: Σχεδίαση της διάλυσης στην ομάδα 5 του Π2(Σχ3)

Στο τεστ μετά τη συζήτηση οι M20 και M7 δίνουν απαντήσεις αποδεκτές και συνεπείς με το μοντέλο που ανέπτυξαν κατά τη συζήτηση ενώ οι M17, M10 δεν δίνουν αποδεκτές απαντήσεις.



Σχέδιο 7.5.: Σχεδίαση διάλυσης μετά τη συζήτηση (Π2(Σχ3)-17)

5. Σε όλες τις ομάδες η αλληλοσχέτιση απόψεων οδηγεί τους μαθητές στη δόμηση ενός μοντέλου που ερμηνεύει τα φαινόμενα της διάλυσης. Σε αντίθετη περίπτωση οι μαθητές διατυπώνουν εξηγήσεις χωρίς συνέπεια.

Στην ομάδα 6 του Π2(Σχ3) φαίνεται η αδυναμία των μαθητών να συσχετίσουν τις απόψεις τους. Τα επιχειρήματα και οι διαφορετικές απόψεις δεν αλληλοσχετίζονται. Στο τεστ πριν τη συζήτηση και οι τρεις μαθητές διατύπωσαν εναλλακτικές απόψεις που σχετίζονται κυρίως με την εξαφάνιση των μορίων διαλυμένης ουσίας

Τα μόρια κόκκου μπαίνουν ανάμεσα στα μόρια νερού (προσωρινά και μετά έχουμε γλυκό νερό ως μια νέα ουσία χωρίς μόρια, γλυκό νερό) (M16 testA).

Τα μόρια ζάχαρης ανακατεύονται με τα μόρια νερού και κάνουν μια ουσία (δεν έχει δυο είδη αλλά η ουσία από τα μόρια πάει στο νερό γλυκά μόρια νερό) (M16 testB).

Ο κόκκος διαλύθηκε ανάμεσα στα μόρια νερού και ανακατεύτηκε (αλλά θεωρεί ότι ο κόκκος διαλύεται εντελώς και μένει νερό ανακατεμένο με την ουσία της ζάχαρης) (M21 testA).

Τα μόρια ζάχαρης ανακατεύονται με το νερό και μετά διαλύονται (M21 testB).

Τα μόρια του κόκκου αλατιού σκορπίζονται μέσα στο ποτήρι (και γίνονται νερό - εικόνα αύξησης σωματιδίων) (M12 test A).

Πολύ μικρά κομμάτια ζάχαρης ανακατεύονται με τα μόρια νερού και λιώνουν εντελώς (αλλά δεν έχει τήξη μορίων) (M12 test B).

Και οι τρεις μαθητές δεν διατηρούσαν τη μάζα.

Το 2 και 3 είναι πιο βαρύ γιατί προστίθενται και άλλα μόρια (τεστ A). Το 3 γιατί έχει και τις δυο ουσίες (M16 testB).

Το ίδιο γιατί τα μόρια αλατιού δεν συμβάλλουν (M16 test A). Τα μόρια αλατιού δεν έχουν βάρος (M16 test B).

Δεν αλλάζει η ποσότητα των μορίων, απλά τα μόρια ζάχαρης γίνονται μόρια νερό (M12 testA). Δεν αλλάζει η ποσότητα των μορίων απλά γίνεται νερό (M12 testB).

Ο μαθητής M16 δίνει συνεχώς διαφορετικές εξηγήσεις. Αναφέρει ότι τα μόρια θα εισχωρήσουν στα κενά μεταξύ των μορίων του νερού, θα ενωθούν τα μόρια, θα γίνουν ένα. Στις παραστάσεις στο



τεστ πριν τη συζήτηση είχε μόνο μόρια μιας γλυκιάς ουσίας και αυτό φαίνεται να υποστηρίζει και στη συζήτηση. Αργότερα στη συζήτηση αναφέρει ότι η ζάχαρη γίνεται υγρή, η ζάχαρη έγινε υγρό χωρίς να είναι τήξη και μετά έγινε τήξη. Ο μαθητής M12 αναπτύσσει ένα μοντέλο ανάμιξης σωματιδίων με συνέπεια και ο M21 φαίνεται να συμφωνεί.

[Διάλυση ζάχαρης]

M21: Η ζάχαρη θα μπει ανάμεσα στα κενά που υπάρχουν ανάμεσα στα μόρια του νερού και δεν φαίνονται.

M16: Συμφωνώ με τον M21, ότι τα μόρια της ζάχαρης θα εισχωρήσουν στα κενά μεταξύ των μορίων του νερού.

M12: Οι κόκκοι σκορπίζονται.

Δ: Οι κόκκοι λέτε ότι δεν φαίνονται. Γιατί;

M16: Εγώ πιστεύω ότι σε λίγο θα φανούν οι κόκκοι.

M12: Τα μόρια κόκκου σκορπίζονται στο νερό και αφού είναι πάρα πολύ μικρά δεν φαίνονται. Κάθε κόκκος έχει πάρα πολλά μόρια.

M16: Εγώ πιστεύω ότι τα μόρια του κόκκου και του νερού έγιναν ένα. Τα μόρια του νερού έχουν ενωθεί με τα μόρια της ζάχαρης και έτσι έχουν αναμιχθεί.

Δ: Λέει ότι έχουν ενωθεί και έχουν αναμιχθεί.

M16: Όχι, έχουν αναμιχθεί.

M12: Εγώ επιμένω ότι ο κόκκος έχει διασπαστεί σε μόρια.

M21: Ο κόκκος έχει διαλυθεί. Τα μόριά του σκορπίστηκαν.

M16: Μάλλον τα μόρια γίνονται ένα.

M21: Εγώ πιστεύω ότι τα μόρια ανακατεύονται. Κάτι είχαμε δει στα μαθήματα αλλά δεν θυμάμαι ακριβώς.

Δ: Πώς προέκυψαν τα μόρια;

M21: Κουνήθηκαν.

Ο M12 λέγοντας ότι η ζάχαρη γίνεται υγρή εννοεί ότι ανακατεύονται τα μόρια και δίνουν ένα τελικό υγρό, κάτι που είδαμε και σε άλλες ομάδες.

M12: Πέφτει στο υγρό και ...

M21: Γίνονται μόρια υγρού.

M16: Μπορεί να έγινε υγρό.

M12: Τα μόρια του νερού μπορεί να προσπαθούν να ζευγαρωθούν με τα μόρια της ζάχαρης.

M16: Η ζάχαρη μετά από λίγη ώρα θα γίνει σε υγρή κατάσταση. Δεν μου φαίνεται ότι είναι τήξη.

M12: Ανακατεύτηκαν με τα μόρια του νερού.

M16: Έγινε η τήξη και μετά από λίγο σκορπίζει και ανακατεύονται τα μόρια.

M12: Πάνε στο νερό τα μόρια σκορπίζονται, επειδή η ζάχαρη μπορεί να είναι και στερεή και υγρή, στο νερό θα γίνει υγρή.

M21: Είναι δύσκολο... Εγώ πιστεύω ότι δεν γίνεται τήξη αλλά διασκορπίζονται τα μόρια. Τα μόρια κινούνται.

M16: Η ζάχαρη καθώς πέφτει στο νερό, όπως είναι ο κόκκος, θα γίνει τήξη. Στο νερό ο κόκκος θα διαλυθεί. Γιατί να μην είναι τήξη;

M21: Χρειάζονται θερμότητα για να λιώσουν. Ανάμεσα στα μόρια του νερού μπαίνουν τα μόρια ζάχαρης.

M12: Ο κόκκος είναι στερεός και όταν πέσει μέσα γίνεται υγρός και θα διασκορπιστεί. Διασκορπίζεται γιατί τα μόρια του νερού πιέζουν τα μόρια του κόκκου.

Δ: Πώς το εννοείς; Κάνε σχέδιο για να το δείξεις.

M16: Κάνει υγρό το νερό και τον κόκκο.

M12: Θα ζωγραφίσω εγώ (Κάνει το νερό υγρό και τον κόκκο). Ο κόκκος θα πιεστεί και θα σπάσει. Είχα στην αρχή τα μόρια ζάχαρης και μετά από πολύ ώρα έβαλα και άλλα μόρια γιατί θα διαλυθεί όλο.

M21: Εγώ είχα ζωγραφίσει μόρια νερού και ανάμεσα σε αυτά είχα βάλει τα μόρια ζάχαρης.

M16: Και εγώ έτσι τα είχα βάλει.

Κατά τη συζήτηση στην ερώτηση "Τι θα συμβεί μετά από αρκετή ώρα;" δοκιμάστηκε η ιδέα αν έγινε μια ουσία ή απλά ανακατεύτηκαν και κατέληξαν ότι δεν δημιουργείται καινούρια ουσία.

M16: Γίνεται μία ουσία.

M12: Έχει διαλυθεί τελείως. Ενώνονται μαζί τα μόρια του νερού και της ζάχαρης και (έδιωξαν το νερό).

M16: Μετά από ώρα γίνονται μια ουσία.

Δ: Τι θα συμβεί αν εξατμιστεί το νερό;



M16: Θα φύγει το νερό και η ζάχαρη θα μείνει. Δεν φεύγουν μαζί.

M21: Άρα δεν θα γίνουν μια ουσία.

M16: Έτσι πρέπει να είναι. Δεν γίνονται μία ουσία.

M12: Στο σχέδιο 2 είχα βάλει κομματάκια και στο 3 έπρεπε να είναι μόρια. Δεν είδα το διαλύεται εντελώς, έβαλα στο 2 μόρια νερού και ζάχαρης. Και αργότερα διασπάστηκαν και άλλο από την πίεση του νερού.

Δ: Τι θα συμβεί μετά από λίγη ώρα;

M12: Θα ανεβούν προς τα πάνω τα μόρια.

M16: Θα φύγει. Θα κατακάτσει η ζάχαρη...

M12: Σκορπίζονται πιο πολύ. Στο σχέδιο 2 είχα νερό και κόκκους. Και στο 3 μόρια νερού. Στο 2 είχα ίδια μόρια.

M21: Δεν είναι τα ίδια μόρια. Μετά από λίγο επειδή δεν έχει αέρα θα κατακάτσουν.

M12: Τα μόρια κινούνται γρήγορα, μετά από ώρα από την πίεση που έχουν πάνε πιο ψηλά το νερό. Θα γίνει αναταραχή.

M16: Θα κατακάτσει η ζάχαρη.

Στην ερώτηση για το φίλτρο πάλι ο M16 αναφέρει διάφορες εξηγήσεις και ο M21 δίνει ανάμιξη μορίων λόγω διάσπασης από τα μόρια νερού.

[Ζάχαρη σε φίλτρο].

M16: Είναι βρεγμένο το φίλτρο και είναι έτοιμο να σκιστεί.

M21: Το νερό περνάει μαζί με τη ζάχαρη γιατί μπαίνει στα κενά.

M12: Τα μόρια του φίλτρου μπήκαν στο νερό και έτσι άνοιξαν τρύπες.

Δ: Πώς χωράει τώρα;

M21: Έγινε υγρή, έγινε ένα με το νερό.

M16: Μπορεί να έγινε υγρή.

M21: Μπορεί να διαλύθηκε σε μόρια γιατί το πιέζει το νερό και σπάει. Πιο πιθανό είναι να μπήκε το νερό μέσα, να έσπασε τον κόκκο και να παρέσυρε τη ζάχαρη. Για να λιώσει χρειάζεται θερμότητα.

Το μοντέλο διάσπασης και ανάμιξης μορίων εξήγησε τη διάλυση με θέρμανση και τη διάλυση με ανακάτεμα.

M21: Με την θέρμανση τα μόρια νερού παίρνουν θερμότητα, πιέζουν πιο πολύ τον κόκκο και γίνεται πιο εύκολα η διάλυση.

M12: Συμφωνώ.

M16: Συμφωνώ.

Δ: Γιατί όταν ρίξουμε πολύ ζάχαρη, κατακάθεται μια ποσότητα στον πάτο του δοχείου;

M21: Δεν χωράει άλλο στα κενά.

M12: Ναι.

Δ: Γιατί με το ανακάτεμα γίνεται εύκολη η διάλυση;

M21: Τα μόρια του νερού κινούνται πιο πολύ και σπάνε τον κόκκο.

M12: Τα μόρια της ζάχαρης θα πάρουν ενέργεια και θα κινούνται πιο πολύ και θα σκορπίσουν.

Προκειμένου να διερευνήσουμε το ρόλο του νερού στη διάλυση, ρωτήσαμε γιατί κάποια υγρά δεν διαλύουν το αλάτι. Η συζήτησή περιστράφηκε στο αν τα μόρια διαφορετικών ουσιών είναι ίδια ή διαφορετικά.

Δ: Αν έριχνα ένα κόκκο ζάχαρη στο λάδι αυτός δεν διαλύεται. Γιατί;

M12: Το λάδι πάει επάνω, δεν διαλύεται.

M16: Το λάδι δεν έχει κενά για να πάει ανάμεσα ο κόκκος.

M12: Πιστεύω ότι η διάλυση γίνεται μόνο στο νερό. Μπορεί το λάδι να μην έχει κενά γιατί είναι βαρύ, ενώ το νερό είναι πιο ελαφρύ από το λάδι. Αν έβαζα λάδι και νερό το λάδι πάει πιο πάνω. Άρα το λάδι είναι πιο ελαφρύ. Δεν ξέρω.

M16: Έχουν διαφορετικά μόρια.

M21: Όλα τα μόρια είναι ίδια.

M12: Δεν έχουν ίδια μόρια. Παράδειγμα, αν έχουμε κάποια βρώμικη ουσία δεν μπορεί να έχει ίδια μόρια με μια καθαρή, έχουν διαφορετικά μόρια, τα μόρια του νερού κάμουν τη διαφορά.

Στην ερώτηση γιατί η άμμος δεν διαλύεται έγινε αναφορά στις φυσικές ιδιότητες της άμμου ενώ ο M21 διατηρεί το μοντέλο διάσπασης αλλά αυτό δεν συζητιέται.

[Γιατί ο κόκκος άμμου δεν διαλύεται;]

M12: Η άμμος είναι βαριά. Μπορεί να είναι που η ζάχαρη έχει ίδιο χρώμα με το νερό και μπαίνει στα κενά και δεν φαίνεται.



M16: Η άμμος είναι βαριά και δεν διαλύεται.

M21: Το νερό κάποιες ουσίες τις διαλύει και κάποιες όχι.

M12: Μπορεί η άμμος να έχει πολλά μόρια. μπορεί τα μόρια να είναι πιο μαζεμένα.

M16: Η άμμος είναι πιο ξερή, πιο στερεή γι' αυτό δεν διαλύεται.

M12: Μπορεί να είναι και τα μόρια, μπορεί να είναι περισσότερα στην άμμο και δεν μπορεί με την πίεση το νερό να τα χωρίσει.

M21: Εγώ πιστεύω ότι τα μόρια στον κόκκο άμμου και στον κόκκο ζάχαρης μπορεί να είναι σχεδόν τα ίδια.

M16: Δεν είναι ίδια τα μόρια, είναι πιο σκληρά στην άμμο.

M21: Σχεδόν τα ίδια σε ποσότητα θα είναι

M12: Στην άμμο θα είναι πιο δεμένα σφιχτά.

M16: Συμφωνώ.

Μετά τη συζήτηση ο M16 έδωσε εναλλακτικές απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις ενώ οι M12 και M21 έδωσαν αποδεκτές και εναλλακτικές.

M16

Γίνονται όλα μόρια νερού από την πίεση του νερού (τεστ Α). Γίνονται όλα μόρια ζάχαρης, γίνονται γλυκά (τεστ Β). Κατακάθονται τα μόρια ζάχαρης. Στη διατήρηση μάζας γίνονται όλα μόρια ζάχαρης. Η άμμος δεν διαλύεται γιατί τα μόρια του κόκκου είναι πάρα πολλά και δεν διαλύονται ενώ με θέρμανση στο ζεστό νερό τα μόρια απομακρύνονται και μπαίνει η ουσία ανάμεσα και με ανακάτεμα η ουσία διαλύεται πιο γρήγορα.

M21

Διαλύεται γιατί με την πίεση του νερού σκορπίζεται σε μόρια του κόκκου και αυτά διαλύονται (τεστ Α). Τα μόρια ανακατεύονται (τεστ Β). Διατηρεί τη μάζα. Η άμμος δεν διαλύεται γιατί τα μόρια είναι πιο κοντά είναι μαζεμένα. Η διάλυση με θέρμανση τα μόρια ζάχαρης θα πάρουν ενέργεια θα κινούνται πιο εύκολα και γρήγορα και θα διαλυθούν

M12

Η ζάχαρη θα διαλυθεί εντελώς αλλά θα μείνουν τα μόριά της (τεστ Α). Η ζάχαρη διασκορπίζεται (τεστ Β). Μετά από αρκετή ώρα τα μόρια της ζάχαρης ενώνονται με τα μόρια νερού και δεν έχει μόρια ζάχαρης. Διατηρεί τη μάζα. Τα μόρια άμμου είναι πολύ ενωμένα μεταξύ τους και δεν γίνεται να διαλυθεί. Το ζεστό νερό δίνει ενέργεια στα μόρια, το κρύο όχι. Με το ανακάτεμα τα μόρια ζάχαρης κινούνται γρηγορότερα και διασκορπίζονται.

7.4.2. Ο ρόλος του νερού στη διάλυση

Κατά τις συζητήσεις στις ομάδες αναδείχθηκαν οι απόψεις των μαθητών για το ρόλο που παίζει το νερό στη διάλυση

1. Το νερό ως δεξαμενή θερμότητας (ομάδα Ι του Π2(Σχ2))

M6: Και το κρύο νερό έχει θερμότητα και λογικά πρέπει να τη λιώνει τη ζάχαρη. Μπορεί να παίζει ρόλο και το φίλτρο.

M1: Πιστεύω ότι παίζει ρόλο και το νερό.

Δ: Πώς να παίζει ρόλο το νερό;

M7: Μήπως σαν θερμότητα;

M6: Να δώσει θερμότητα το νερό, όπως το γκαζάκι.

M7: Ναι αλλά δεν αυξήθηκε η θερμοκρασία αλλά μόνο έδωσε θερμότητα...

[Και πιο κάτω στη διάλυση με θέρμανση]

M1: Ίσως έχει δίκαιο η M6, ότι η θερμότητα παίζει ρόλο, μετατίθεται θερμότητα πιο πολύ στη ζάχαρη. Θερμαίνεται και βοηθά να διαλυθεί πιο εύκολα.

M6: Της δίνει θερμότητα της ζάχαρης το νερό, της δίνει θερμότητα. Έχουμε κάνει στη φυσική ότι ο σίδηρος λιώνει σε ψηλή θερμοκρασία, η ζάχαρη σε λιγότερη κ.λ.π. λιώνει δηλαδή η ζάχαρη με την θερμότητα του νερού.

M7: Βοηθάει το νερό να διαλυθεί γρηγορότερα.

M6: Το νερό είναι πηγή θερμότητας, σαν γκαζάκι. Δίνει θερμότητα.

M1: Είναι δύσκολο θέμα αυτό.

[Οι μαθήτριες είχαν ρωτήσει τη θερμοκρασία τήξης της ζάχαρης]

Δ: Το νερό δεν έχει τη θερμοκρασία που χρειάζεται να λιώσει η ζάχαρη.



M6: Θα λιώσει απλώς.

M7: Εγώ πιστεύω ότι θα λιώσει κάποιο κομμάτι.

M6: Κάποιο μέρος.

M7: Θα λιώσει κάποιο μέρος από τη ζάχαρη και το άλλο απλώς θα ανακατευτεί με το νερό.

2. Ανακάτεμα μορίων – παθητικός ρόλος νερού ως χαλαρή δομή που επιτρέπει στα μόρια να μπου ανάμεσα (ομάδα 3 του Π2(Σχ2)).

M13: Τα μόρια του κόκκου της ζάχαρης διασκορπίζονται παντού.

M8: Οι δεσμοί των μορίων στη ζάχαρη χαλάρωσαν και σκόρπισαν

M13: Τα μόρια της ζάχαρης, του κόκκου της ζάχαρης, διασκορπίζονται τα μόρια και ανακατεύονται με το νερό.

M8: Ναι.

Δ: Πώς διασκορπίζονται;

M8: Τα μόρια του νερού μπορεί να είναι χαλαρά συνδεδεμένα και μπορούν τα μόρια της ζάχαρης να μπαίνουν ανάμεσα. Γιατί όχι; Μήπως το νερό έχει χαλαρούς δεσμούς και σφηνώνουν μέσα τα μόρια ζάχαρης.

M10: Και εγώ έτσι πιστεύω.

[Ανάλογη ερμηνεία έδωσαν και στην διάσπαση άμμου]

M8: Μπορεί οι δεσμοί μεταξύ των μορίων να είναι ισχυροί στην άμμο και να μην σπάνε σε μόρια.

M13: Εγώ πιστεύω ότι όλα αυτά που λέμε παίζουν ρόλο. Μπορεί να έχει και η M8 δίκαιο, μπορεί να είναι και κάτι άλλο. Μπορεί να γίνεται και αυτό που λέω εγώ. Σκορπίζονται τα μόρια λέω εγώ.

M8: Μπορεί να έχει δίκαιο και η M13. Στην άμμο είναι σφιχτοί οι δεσμοί. Παίζει ρόλο και το νερό.

[Και παρακάτω στη διάλυση με θέρμανση]

M8: Η θερμότητα μήπως κάνει τους δεσμούς των μορίων της ζάχαρης να γίνουν πιο χαλαροί και έτσι να γίνουν πιο εύκολα ο διασκορπισμός.

3. Το νερό είναι διαλύτης επειδή τα μόριά του διασπών τον κόκκο.

3.1. Το νερό διασπά την ουσία ως διαλύτης ίσως ως μόρια μικρά που μπορούν να εισχωρήσουν μεταξύ των κενών της διαλυμένης ουσίας (ομάδα 3 του Π2(Σχ3))

M2: Η θερμότητα βοηθάει αλλά διαλύεται και στο κρύο.

Δ: Τελικά το νερό δίνει μόνο θερμότητα;

M18: Όχι μόνο τη θερμότητα, όπως μάθαμε είναι διαλύτης και έχει κάποια ιδιότητα, εδώ να σπάει την ουσία.

M19: Γιατί να την έχει αυτή την ιδιότητα; Γιατί είναι υγρό. Είναι υγρό και έχει κάτι άλλο.

M18: Το λάδι να διαλύει το αλάτι;

M19: Μάλλον όχι. Το λάδι είναι υγρό αλλά θα έχει και κάτι άλλο μέσα.

M18: Το λάδι π.χ. έχει πολλές ουσίες μέσα ενώ το νερό έχει ένα υλικό. Η σύσταση τους είναι διαφορετική και τους δίνει την ιδιότητα.

Δ: Δηλαδή τελικά ποιος λέτε ότι είναι ο ρόλος του νερού;

M19: Μπαίνει στα μικρά κενά.

M18: Μπορεί να μην μπαίνει και καθόλου. Δεν ξέρουμε.

M19: Και πώς διαλύει τις ουσίες;

M2: Άμα τα μόρια του νερού είναι πιο μεγάλα από τα μόρια της ουσίας μπορεί να μπαίνει να τα πιέζει και να κάνει χώρο. Ας πούμε ότι τα μόρια είναι δυο κορίτσια και έρχεται κάποιο άλλο που μπαίνει ανάμεσα και τα σπρώχνει για να τα χωρίσει.

M18: Άμα τα έσπρωχνε θα έφευγαν. Στη σβήστρα δεν μπορεί να τα χωρίζει. Στη ζάχαρη τα χωρίζει.

M2: Άμα καταφέρει να περάσει τα διαλύει, αν δεν καταφέρει δεν τα διαλύει.

M18: Ε, τα μόρια της σβήστρας είναι γερά δεμένα μπορεί να μπαίνει αλλά δεν μπορεί να τα διαλύσει, αλλά μπορεί και να μην μπαίνει. Στη ζάχαρη τα μόρια δεν είναι γερά συνδεδεμένα και τα διαλύει. Συμφωνείτε;

3.2. Τα μόρια νερού σαν σφήνες (Ομάδα 5 του Π2(Σχ3))

M10: Αφού κινείται από τα μόρια νερού ο κόκκος, τα μόρια κινούν τον κόκκο, παίρνει ο κόκκος ενέργεια και αρχίζουν τα μόρια του κόκκου να κινούνται και αρχίζουν και ξεχωρίζουν.



M7: Αυτό είναι σαν να πήρε θερμότητα ο κόκκος και αρχίζουν τα μόρια να κινούνται. Και αυτό δεν μου φαίνεται και τόσο σωστό.

M20: Κάνουμε σκέψεις και βλέπουμε αν ισχύουν.

M7: Αν υπάρχει κενός χώρος ανάμεσα στα μόρια του κόκκου, μπαίνουν τα μόρια του νερού σαν σφήνες και το χωρίζουν.

M20: Αυτό έλεγα και εγώ.

M7: Έτσι δεν χρειαζόμαστε να πούμε τίποτα για τη θερμότητα, διασπάται ο κόκκος και σε κρύο νερό.

3.3. Τα μόρια νερού λόγω κίνησης διασπών τον κόκκο και η διάλυση οφείλεται στα μόριά του (Ομάδα 6 του Π2(Σχ3)).

M21: Τα μόρια του νερού κινούνται πιο πολύ και σπάνε τον κόκκο.

M12: Το λάδι πάει επάνω δεν διαλύεται.

M16: Το λάδι δεν έχει κενά για να πάει ανάμεσα ο κόκκος.

M12: Πιστεύω ότι η διάλυση γίνεται μόνο στο νερό. Μπορεί το λάδι να μην έχει κενά γιατί είναι βαρύ, ενώ το νερό είναι πιο ελαφρύ από το λάδι. Αν έβαζα λάδι και νερό το λάδι πάει πιο πάνω. Άρα το λάδι είναι πιο ελαφρύ. Δεν ξέρω.

M16: Έχουν διαφορετικά μόρια.

M21: Όλα τα μόρια είναι ίδια.

M12: Δεν έχουν ίδια μόρια. Παράδειγμα, αν έχουμε κάποια βρώμικη ουσία δεν μπορεί να έχει ίδια μόρια με μια καθαρή, έχουν διαφορετικά μόρια, τα μόρια του νερού κάμουν τη διαφορά.

3.4. Τα μόρια νερού είναι ευκίνητα και χτυπάνε το στερεό (Ομάδα 4 του Π2(Σχ3)).

M23: Τα μόρια του νερού είναι σε υγρή κατάσταση, δηλαδή φτιάχνει υγρό. Είναι έτσι πιο γρήγορα από της ζάχαρης και πάνε πάνω στον κόκκο, όπως κινούνται πιο γρήγορα και ... (διστάζει).

M1: Μήπως όπως κινούνται πιο γρήγορα, τα μόρια νερού κάνουν και τα μόρια ζάχαρης να κινούνται πιο γρήγορα και μετά διαλύονται (Μονολογεί). Τα μόρια ζάχαρης δέχονται χτυπήματα και έτσι δονούνται πιο γρήγορα και χωρίζονται.

A: Δείξτε αυτό που λέτε στο σχέδιό σας.

M1: Μα ο κόκκος που κάναμε σε μόρια μετά χωρίστηκε σε μόρια. Τα μόρια νερού... να χτυπάνε την ζάχαρη, να όπως λέει ο M22. Τα κενά μεταξύ των μορίων νερού γίνονται μεγαλύτερα.

M9: Τα μόρια νερού επειδή είναι σε υγρή κατάσταση κινούνται γρήγορα...

M1: (Επανέρχεται στο σχέδιο). Κάνω τα μόρια να κάνουν μεγαλύτερες δονήσεις και έτσι χωρίζονται.

7.5. Συμπεράσματα στην ενότητα της διάλυσης

Στο σύνολο της ενότητας της Διάλυσης το 78,3% των μαθητών της Ε δίνει μακροσκοπικές εναλλακτικές για να ερμηνεύσουν φαινόμενα διάλυσης ενώ ένα μεγάλο ποσοστό 21% δίνει μηδενικές απαντήσεις (19% ταυτολογικές). Οι μαθητές της Ε ερμηνεύουν τη διάλυση δίνοντας εναλλακτικές απαντήσεις, κυρίως ως μετασχηματισμός, εξαφάνιση και μετατόπιση παρόμοια με την αλλαγή κατάστασης (Lee et al. 1993, Kmeř 1998 et al.). Κατά την ερμηνεία της διάλυσης κόκκου σε νερό δίνουν εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο σε ποσοστό 98,3%. Συγκεκριμένα η διάλυση κόκκου σε νερό σε μεγάλο ποσοστό (44,1%) εξηγείται ως τήξη - υγροποίηση όπου η ζάχαρη γίνεται υγρή, ανακατεύεται με το νερό και γίνεται μέρος του νερού. Ερμηνείες διάλυσης ως υγροποίηση αναφέρονται και σε άλλες έρευνες (Dřiver 1989, Prieto 1989, Slone & Bokhurst 1992, Lee et al. 1993). Η διάλυση ως τήξη - υγροποίηση είναι το δεύτερο στάδιο της εξήγησης τριών σταδίων που περιγράφηκε από Piaget & Inhelder (1974). Το πρώτο στάδιο είναι η ερμηνεία διάλυσης ως εξαφάνιση και το τρίτο στάδιο είναι εξηγήσεις της διάλυσης με χρήση σωματιδίων. Η συσχέτιση της διάλυσης με την τήξη κατά τον Jones (1984) οφείλεται στο ότι η διάλυση είναι στην πραγματικότητα λιώσιμο με παρουσία νερού. Για την ερμηνεία διάλυσης χρησιμοποιείται επίσης ένα μοντέλο (ποσοστό 27,1%) που μπορούμε να το χαρακτηρίσουμε ως μικτό και αναφέρεται στη σταδιακή διάσπαση σε κόκκους, οι οποίοι στη συνέχεια λιώνουν και δεν φαίνονται. Αυτή η εναλλακτική άποψη αποδίδεται στο γεγονός ότι η σκέψη των μαθητών είναι κυριαρχούμενη από την αισθητηριακή αντίληψη καθώς τα παιδιά βασίζουν τους συλλογισμούς τους σε παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά (Dřiver 1985/1993). Αυτό το μικτό μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί ενδιάμεσο μεταξύ δεύτερου και τρίτου σταδίου που περιέγραψαν οι Piaget & Inhelder



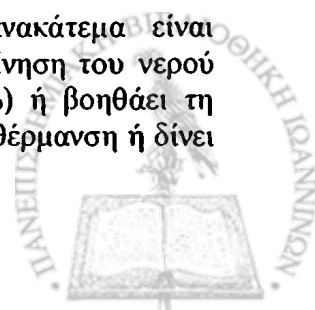
(1974). Ένα μικρό ποσοστό μαθητών (18,6%) θεωρεί ότι η ζάχαρη αφομοιώνεται, ότι σκόρπισαν οι ουσίες της. Στην ερμηνεία αυτή η ουσία αλάτι ορίζεται από τις μακροσκοπικές ιδιότητές της, την σκληρή κρυσταλλική δομή. Έτσι με την διάλυση το αλάτι ως κρύσταλλος με τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά της δεν υπάρχει πλέον. Η αφομοίωση μπορεί να είναι προσωρινή (ποσοστό 10,2%) και να αντιστραφεί η διαδικασία ή μόνιμη οπότε η ζάχαρη εξαφανίζεται - εξατμίζεται (8,5%) και οι ιδιότητες της ζάχαρης μεταβιβάζονται στο νερό ως γλυκά γεύση. Επίσης η ζάχαρη δεν συμβάλλει στο βάρος του διαλύματος, απλώς η ζάχαρη διαλύεται. Οι μαθητές που διατηρούν αυτή την εναλλακτική άποψη βρίσκονται στο πρώτο στάδιο περιγραφής της διάλυσης κατά Piaget & Inhelder (1974). Ένα μικρό ποσοστό μαθητών (6,8%) ερμηνεύει τη διάλυση ως αλλαγή θέσης των κομματιών αλατιού που αφήνουν τον κρύσταλλο και κατακάθονται. Η διάλυση με βάση αυτή την εναλλακτική άποψη περιγράφεται ως μίγμα με την έννοια της μετατόπισης ή εκτόπισης (Anderson 1990) και όχι ως μια αλληλεπίδραση των σωματιδίων ζάχαρης με το νερό. Στην περιγραφή της διαδικασίας της διάλυσης τα παιδιά χρησιμοποιούν λέξεις όπως "σπάνε" (το νερό σπάει τους κρυστάλλους ζάχαρης) ή "σπρώχνουν". Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται από Driver (1989), Hatzinikita & Koulaïdis (1997), Haidar & Abraham (1991). Η εναλλακτική άποψη ότι κατά τη διάλυση γίνεται σύνθεση, δηλαδή η διαδικασία της διάλυσης μπορεί να θεωρηθεί ως συνδυασμός ή πρόσθεση από κοινού μορίων με διαφορετικό είδος, χωρίς πραγματική επίδραση στις βασικές ιδιότητες που αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Anderson 1990, Meheut et al. 1985), σημειώθηκε στην έρευνά μας σε πε πολύ μικρό ποσοστό 1,7%.

Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση "Τι θα συμβεί μετά από αρκετή ώρα" είναι εναλλακτικές κυρίως σε μακροσκοπικό επίπεδο (98,3%). Οι πιο πολλοί μαθητές (42,4%) θεωρούν ότι η ζάχαρη κατακάθεται ή ως κόκκοι (37,3%) ή ως υγρό (5,1%). Η διαδικασία της διάλυσης θεωρείται ένα προσωρινό και αντιστρέψιμο φαινόμενο. Η ιδέα αυτή φαίνεται να σχετίζεται με καθημερινές εμπειρίες με διαλύματα στα οποία υπάρχει κατακάθι στο πάτο του δοχείου και ότι χωρίς ανακάτεμα οι ουσίες κατακάθονται και δεν υπάρχει διάλυση χωρίς ανακάτεμα. Παρόμοια οι Blanco & Prieto (1997) αναφέρουν ότι η άποψη αυτή κυριαρχεί και επιμένει μεταξύ σπουδαστών ηλικίας 12-18 ετών. Ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών (35,6%) θεωρεί ότι η ζάχαρη έγινε υγρό και δεν φαίνεται, μια άποψη που θεωρεί το άχρωμο νερό ως πρότυπο υγρό (Kemel et al. 1998). Η αφομοίωση της ζάχαρης από το νερό αναφέρεται από το 18,6% των μαθητών.

Η πλειονότητα των μαθητών της Ε (ποσοστό 59,3%) στην ερώτηση γιατί ο κόκκος άμμου δεν διαλύεται δίνει εναλλακτικές απαντήσεις. Οι κυριότερες από αυτές αποδίδουν τη μη διάλυση της άμμου σε φυσικά χαρακτηριστικά της, έτσι λένε: η άμμος είναι σκληρή και στερεή (25,4%) ή η άμμος είναι βαριά και κατακάθεται (13,6%). Άλλες απαντήσεις αναφέρουν ότι η άμμος δεν έχει την απαραίτητη θερμότητα για να λιώσει (11,9%), τα υλικά της άμμου δεν διασπώνται (είναι ένα ποσοστό 6,8%). Ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών (40,7%) δεν απαντούν ή δίνουν κυκλική απάντηση. Οι μαθητές που αναφέρουν ότι η άμμος δεν διαλύεται (37,3%), θεωρούν ότι "τα πράγματα είναι έτσι όπως συμβαίνουν". Αυτό το χαρακτηριστικό της σκέψης των παιδιών έχει αναφερθεί από Andersson (1984).

Η πλειονότητα των μαθητών στην ερώτηση για τη διάλυση με θέρμανση δίνει εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο (66,1%). Οι απαντήσεις αυτές αναφέρουν ότι εξ αιτίας της θερμότητας η ζάχαρη αλλάζει φυσική κατάσταση ή μορφή (62,7%) δηλαδή λιώνει, δεν αντέχει, ή μαλακώνει και λιώνει και πιο αναλυτικά: λιώνει (49,2%), διασπάται και λιώνει, εξατμίζεται, διαλύεται και παράλληλα τήκεται, μαλακώνει, αλλοιώνεται γιατί καίγεται και ανακατεύεται. Μικρό ποσοστό (3,4%) αναφέρει ότι η αύξηση της διαλυτότητας οφείλεται στην δύναμη του ζεστού νερού. Μεγάλο επίσης ποσοστό των μαθητών 33,9% δίνει κυκλική απάντηση όπως η διάλυση εξαρτάται από τη θερμότητα, το ζεστό διαλύει.

Οι περισσότερες απαντήσεις στην ερώτηση για τη διάλυση με ανακάτεμα είναι εναλλακτικές μακροσκοπικές σε ποσοστό 69,5%. Το ανακάτεμα, η δύναμη ή κίνηση του νερού προκαλεί λιώσιμο (28,8%), διάσπαση και λιώσιμο (17,0%), αφομοίωση (8,5%) ή βοηθάει τη συνένωση των ουσιών και μαλακώνει τη ζάχαρη. Επίσης το ανακάτεμα προκαλεί θέρμανση ή δίνει

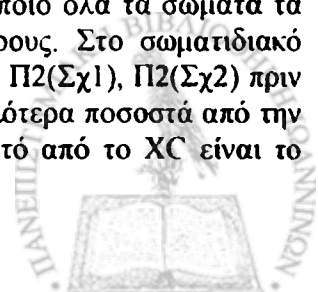


ενέργεια στη ζάχαρη και στα συστατικά της για να λιώσει (10,2%). Μεγάλο ποσοστό μαθητών ή δεν απαντούν (6,8%) ή δίνουν κυκλικές απαντήσεις (23,7%).

Οι μαθητές της ομάδας Ε δεν σημειώνουν σωματιδιακές απαντήσεις και η ερμηνεία της διάλυσης είναι μακροσκοπική. Οι σωματιδιακές ιδέες αποτελούν μια πιο ώριμη οικοδόμηση γνώσης από ότι η υγροποίηση και ο ατομισμός φαίνεται ότι είναι προϊόν του σχολείου. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι οι μαθητές δίνουν ερμηνείες με σωματίδια σε ποσοστό 13% σε ομάδα μαθητών 12-14 ετών (Piaget & Inhelder 1974). Η προτίμηση των μαθητών της Ε στη μακροσκοπική περιγραφή της διάλυσης οφείλεται στο γεγονός ότι η διάλυση είχε διδαχθεί στο πρόγραμμα του σχολείου με μακροσκοπικό τρόπο και οι μαθητές δεν αναζήτησαν ερμηνείες των φαινομένων.

Αντίθετα από την Ε, στην ΠΙ σημειώθηκαν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 70,2% στο τεστ Α (44,6% πλήρεις) και 81% στο τεστ Β (53,3% πλήρεις). Την υψηλότερη επίδοση σημείωσαν οι μαθητές της ΠΙ στην ερώτηση για τη διάλυση κόκκου αλατιού σε νερό, που είχαν διδαχθεί. Το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης που διδάχθηκαν οι μαθητές, που περικλείει την κίνηση και την αλληλεπίδραση των σωματιδίων, δίνει τον μηχανισμό να καταλάβουν ότι η διάλυση δεν είναι προσωρινό φαινόμενο. Η γνώση και χρήση μοντέλων της ύλης που περικλείουν την κίνηση και την αλληλεπίδραση των σωματιδίων έδωσε στους μαθητές ένα μηχανισμό για να ερμηνεύσουν ποιες ουσίες διαλύονται και ποιες όχι (Haidar et al. 1991). Η αύξηση διαλυτότητας με θέρμανση είναι μια εύκολη ερώτηση για τους μαθητές της ΠΙ καθώς δίνουν αποδεκτές απαντήσεις. Η αύξηση κίνησης των μορίων με τη θέρμανση και η διάσπαση των δεσμών είναι έννοιες που έγιναν κατανοητές από τους μαθητές. Για την ερμηνεία του φαινομένου της διάλυσης με ανακάτεμα οι μαθητές θεωρούν ότι τα μόρια κινούνται γρηγορότερα και έτσι γίνεται πιο εύκολα η διάσπαση και το ανακάτεμα. Η πιο δύσκολη ερώτηση στην ενότητα της Διάλυσης αποδείχθηκε αυτή που αφορά τη μη διάλυση κόκκου άμμου, ακολουθούμενη από τη διάλυση με ανακάτεμα. Απαιτείται να δοθεί έμφαση στο γεγονός ότι οι έλξεις μεταξύ σωματιδίων σε διαφορετικές ουσίες είναι διαφορετικές. Επίσης κατά το ανακάτεμα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η μηχανική ενέργεια δίνεται στα μόρια νερού ως κινητική ενέργεια. Οι περισσότεροι μαθητές που δίνουν εν μέρει απαντήσεις επιλέγουν την κίνηση μορίων νερού. Στο σύνολο της ενότητας οι εναλλακτικές σωματιδιακές απαντήσεις είναι το 15,1% στο τεστ Α και 12,6% στο τεστ Β. Από αυτές ένα ποσοστό 7,7% είναι μοντέλου Β (τα μόρια έχουν μακροσκοπικές ιδιότητες). Η ερμηνεία σε σωματιδιακό επίπεδο είναι σε μεγαλύτερο βαθμό σύμφωνη με την αποδεκτή άποψη. Παρόμοια οι Longden et al. (1991) που εργάστηκαν με παιδιά δυο διαφορετικών ηλικιακών ομάδων (11-12 ετών και 13-14 ετών) βρήκαν ότι ένα μεγαλύτερο ποσοστό παιδιών και στις δυο ηλικίες έδωσαν μια ακριβή σωματιδιακή περιγραφή της διάλυσης ενώ μικρό ποσοστό έδωσε σωστές απαντήσεις σε ερωτήσεις στα πλαίσια καθημερινής ζωής. Επιπλέον, ενώ η κατανόηση της σωματιδιακής περιγραφής βελτιώθηκε με την ηλικία, υπήρξε μικρή ολική βελτίωση της κατανόησης της καθημερινής έννοιας. Η συνέπεια μεταξύ των δυο τρόπων βελτιώθηκε με την ηλικία. Τα αποτελέσματά μας έρχονται σε αντίθεση με αυτά που αναφέρονται από άλλες έρευνες που δείχνουν ότι οι μαθητές δεν χρησιμοποιούν αυθόρμητα εξηγήσεις με όρους σωματιδίων ακόμα και αν ρωτηθούν απευθείας να χρησιμοποιήσουν αυτούς (Sanmatri 1989, Valcarcel 1990 in Blanco & Prieto 1997, Haidar & Abraham 1991, Ahtee 1993).

Στην ενότητα της διάλυσης, όπως και στη διάχυση, παρουσιάστηκε το συνθετικό μεταβατικό μοντέλο ΧC σε μικρό ποσοστό στο τμήμα Π1 (2,8% στο τεστ Α και 1,8% στο τεστ Β) και σε μεγαλύτερο στα Π2. Πρόκειται για ένα μοντέλο σύμφωνα με το οποίο μια από τις δυο ουσίες περιγράφεται με σωματιδιακούς όρους ενώ η άλλη περιγράφεται μακροσκοπικά. Το μοντέλο αυτό αναφέρεται και από Βλάχος (1999) σε ποσοστό 2% σε τμήματα που διδάχθηκαν εποικοδομητικά τη δομή της ύλης και σε μικροσκοπικό επίπεδο. Το συγκεκριμένο μοντέλο εκφράζει τη δυσκολία των μαθητών να λειτουργήσουν με πληρότητα σε σωματιδιακό επίπεδο στο οποίο όλα τα σώματα τα οποία εμπλέκονται στα φαινόμενα περιγράφονται με σωματιδιακούς όρους. Στο σωματιδιακό επίπεδο το μοντέλο εμφανίζεται πιο σπάνια. Το μοντέλο αυτό στα τμήματα Π2(Σχ1), Π2(Σχ2) πριν και μετά τη συζήτηση, και Π2(Σχ3) πριν τη συζήτηση εμφανίζεται σε υψηλότερα ποσοστά από την Π1. Ένα άλλο συνθετικό μοντέλο που εμφανίζεται σε υψηλότερο ποσοστό από το ΧC είναι το



μοντέλο BC (3,5% στο τεστ Α και 2,8% στο τεστ Β). Στο μοντέλο αυτό η διάλυση περιγράφεται ως διάσπαση του κόκκου σε μόρια με αλληλεπίδραση με τα μόρια νερού, ωστόσο η κατάσταση αυτή είναι προσωρινή και τα μόρια στη συνέχεια διασπώνται, διαλύονται. Το μοντέλο εμφανίζεται σε υψηλό ποσοστό στα τμήματα Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3) (ομάδα Π2(συζ)) ειδικά πριν τη συζήτηση.

Το τμήμα Π2(Σχ1) (Π2(διδ)), αν και διδάχθηκε την ενότητα, είχε δυσκολίες στην ερμηνεία των φαινομένων της διάλυσης κυρίως στη διάλυση με θέρμανση και στην κατανόηση γιατί κύποιες ουσίες διαλύονται και κάποιες όχι. Μεγάλο ποσοστό μαθητών δεν απαντούν ή δίνουν ταυτολογικές απαντήσεις.

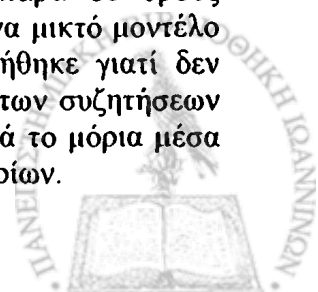
Το τμήμα Π2(Σχ2), που δεν διδάχθηκε τη διαστολή και τη διάλυση, πριν τη συζήτηση παρουσιάζει πολύ χαμηλή επίδοση δίνοντας μεγάλο ποσοστό εναλλακτικών απαντήσεων. Οι μαθητές του Π2(Σχ2) κατά τη συζήτηση ανέπτυξαν μοντέλα τήξης της ζάχαρης ή ανάμιξης δυο υγρών ή μοντέλο ανακατέματος μορίων νερού και ζάχαρης και παράσταση του τελικού προϊόντος ως ένα υγρό. Το τμήμα Π2(Σχ3) δεν είχε διδαχθεί τη διάλυση και την αλλαγή κατάστασης. Πριν τη συζήτηση στις ομάδες οι αποδεκτές απαντήσεις ήταν ελάχιστες. Ωστόσο στο τμήμα αυτό η συζήτηση στις ομάδες βοήθησε στην ανάπτυξη αποδεκτών μοντέλων για τη διάλυση.

Πριν τη συζήτηση στις ομάδες η διάλυση ως διασκορπισμός σωματιδίων νερού και αλατιού προτιμήθηκε μόνο από λίγους μαθητές της Π2(συζ) (τμήματα Π2(Σχ2), Π2(Σχ3)). Κάποιοι μαθητές θεωρούσαν τη διάλυση ως διαδικασία μακροσκοπικής ανάμιξης, όπου τα μόρια ζάχαρης ή χρώματος ανακατεύονται με τα μόρια νερού ή εκτοπίζονται από το ένα μέρος στο άλλο για να σχηματίσουν μια τυχαία τακτοποίηση. Δεν είναι τόσο μια εναλλακτική άποψη αλλά μια μη ολοκληρωμένη έννοια, μια έλλειψη ενός μοντέλου αλληλεπίδρασης μεταξύ των μορίων. Χωρίς μοντέλο ελκτικών και απωστικών δυνάμεων μεταξύ των μορίων οι μαθητές δεν έχουν τον μηχανισμό εξήγησης γιατί μερικά υλικά διαλύονται και κάποια όχι. Χωρίς τέτοιες ιδέες οι μαθητές χρησιμοποιούν τις περισσότερο επιφανειακές ιδέες της μακροσκοπικής ανάμιξης και την εφαρμόζουν στον μικροσκοπικό κόσμο. Ο ρόλος του νερού στη διάσπαση αυτή δεν τονίζεται. Περισσότερο το νερό θεωρείται ένας αδρανής παράγοντας. Όταν η ουσία πέσει στο νερό αυτόματα διασπάται. Η κατηγορία αυτή ταυτοποιήθηκε ως μίξη από Haidar et al. (1991) και ως "εκτόπισμα" από Andersson (1986). Η διάσπαση από το νερό αναφέρεται σε σπάνιες περιπτώσεις. Πολλοί μαθητές δεν φαίνεται να αναγνωρίζουν τον ρόλο του διαλύτη. Ο διαλύτης θεωρείται σε όλες τις περιπτώσεις ως ένας παθητικός παράγοντας που απορροφά τους κόκκους στερεού προκαλώντας τη διάλυση. Η πλειονότητα θεωρεί ότι μετά τη διάλυση ή το λιώσιμο τα μόρια υπάρχουν σε υγρό τύπο (Valanides 2000). Αναφέρεται επίσης ότι το νερό προκαλεί ενυδάτωση.

Η ανάλυση των εξηγήσεων που έδιναν οι μαθητές για τη διάλυση και τα σχέδια που έκαναν έδειξε ότι η λέξη "λιώνει" είναι πολυσήμαντη στην ελληνική γλώσσα και ανακαλεί νοητικές εικόνες στους μαθητές εντελώς διαφορετικές μεταξύ τους. Έτσι η διάλυση ταυτίζεται με τη λέξη λιώνει ως αφομοίωση της κρυσταλλικής μορφής ή με τη διάσπαση σε μικρά κομμάτια, ως τήξη ή ως μετατροπή ζάχαρης σε άλλη μορφή.

Στην ομάδα Π2(διδ) μετά τη συζήτηση στο σύνολο της ενότητας βελτιώθηκαν το 55% των απαντήσεων στο τεστ Α και το 58,3% στο τεστ Β. Ίδιες απόψεις διατυπώθηκαν πριν και μετά τη συζήτηση σε ποσοστό 41,1% στο τεστ Α και 36,1% στο τεστ Β. Απαντήσεις υπαναχώρησης ήταν το 3,9% στο τεστ Α και το 5,6% στο τεστ Β.

Στην αρχή των συζητήσεων οι μαθητές εστίαζαν στο φίλτρο και όχι στο σύστημα νερό – ζάχαρη. Η περιορισμένη εστίαση σε εμφανή χαρακτηριστικά είναι κοινό χαρακτηριστικό των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών (Driver et al. (1985/93 σελ. 273-285). Εξηγούν τη διάλυση με όρους απόλυτων ιδιοτήτων ή ποιοτήτων που αποδίδονται σε αντικείμενα παρά σε όρους αλληλεπίδρασης μεταξύ των στοιχείων κάποιου συστήματος. Επίσης ανέφεραν ένα μικτό μοντέλο ανάμιξης σωματιδίων και τήξης κατά περίπτωση. Αυτό το μοντέλο αναθεωρήθηκε γιατί δεν ερμήνευε με συνέπεια τα φαινόμενα. Άλλη άποψη που διατυπώθηκε στην αρχή των συζητήσεων ήταν ότι ο κόκκος σπρώχνεται από τα μόρια νερού και καθώς κινείται διασκορπλά τα μόρια μέσα στα κενά του νερού. Αυτό το μοντέλο βελτιώθηκε ως μοντέλο αλληλεπίδρασης μορίων.



Στη διάρκεια της συζήτησης εξετάστηκαν εναλλακτικές λύσεις και τα τελικά μοντέλα που αποδέχτηκαν οι ομάδες ήταν:

- Μοντέλο ανακατέματος μορίων δυο διαφορετικών υγρών που μπορεί να ερμηνευτεί ως τήξη ζάχαρης λόγω της θερμότητας νερού. Στο μοντέλο αυτό δεν αναφέρθηκαν σε αλληλεπίδραση. Το μοντέλο δεν ερμηνεύει την αντιστρεψιμότητα. Η θερμότητα και το ανακάτεμα διευκολύνουν την τήξη.

- Μοντέλο ανακατέματος μορίων νερού και ζάχαρης και παράσταση του τελικού προϊόντος ως ένα υγρό, ένα μίγμα σε υγρή κατάσταση όπου τα μόρια είναι κοντά. Δεν θεωρούν τη ζάχαρη υγρή ως τήξη. Αυτό εννοούν όταν λένε ότι ενώθηκαν. Το μοντέλο περιέχει την έννοια της αλληλεπίδρασης μορίων νερού και ουσίας και βοηθά τους μαθητές να δίνουν αποδεκτές απαντήσεις εκτός από την αντιστρεψιμότητα. Η διάλυση με θέρμανση ερμηνεύεται με χαλάρωση δεσμών και πιο εύκολα γίνεται το ανακάτεμα.

Αυτά τα δυο μοντέλα αυτά εμφανίστηκαν στο τμήμα Π2(Σχ2), που είχε διδαχθεί την τήξη πάγου και προφανώς την παράσταση των υγρών.

- Μοντέλο αλληλεπίδρασης, διάσπασης και ανάμιξης σωματιδίων με δραστικό το ρόλο των μορίων του νερού στη διάσπαση του κρυστάλλου. Στα υπέρκορα διαλύματα τα μόρια νερού δεν μπορούν να διασπασούν όλους τους δεσμούς γιατί οι κρύσταλλοι της ζάχαρης είναι πολλοί. Στη διάλυση με θέρμανση τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα και κάνουν τη διάλυση πιο γρήγορα.

- Μοντέλο αλληλεπίδρασης, διάσπασης και ανάμιξης σωματιδίων με δραστικό το ρόλο των μορίων του νερού στη διάσπαση του κρυστάλλου. Όμως διαφοροποιείται από το προηγούμενο ως προς την ερμηνεία με θέρμανση και ανακάτεμα και στα υπέρκορα διαλύματα. Στη διάλυση με θέρμανση τα μόρια νερού κινούνται πιο γρήγορα, απομακρύνονται και μεγαλώνει ο διαθέσιμος χώρος για να μπουν τα μόρια που προήλθαν από τη διάσπαση. Στα υπέρκορα αυτός ο χώρος έχει γεμίσει και έτσι δεν μπορεί πια να συνεχιστεί η διάλυση.

- Σε μια ομάδα οι μαθητές δεν κατάφεραν να δομήσουν ένα μοντέλο που θα μπορούσε να ερμηνεύσει με τον ίδιο τρόπο όλα τα φαινόμενα. Έγινε αναφορά σε διάσπαση κόκκου από τα μόρια νερού, ανακάτεμα και παράσταση του τελικού προϊόντος ως ένα υγρό, ένα μίγμα σε υγρή κατάσταση όπου τα μόρια είναι κοντά, αλλά το μοντέλο δεν δοκιμάστηκε σε όλα τα φαινόμενα καθώς διατυπώνονταν διαφορετικές απόψεις που δεν ελέγχονταν ως προς την ορθότητά τους.

Όλα τα μέλη μιας ομάδας, που αποδέχθηκε ένα συγκεκριμένο μοντέλο, δεν σημαίνει ότι υιοθέτησαν το ίδιο μοντέλο για να απαντήσουν στο τεστ. Έτσι οι μαθητές χρησιμοποιούν απαντήσεις που διατύπωσαν αρχικά ή που ακούστηκαν στην ομάδα ανάλογα με το βαθμό που είχαν κατανοήσει το μοντέλο.

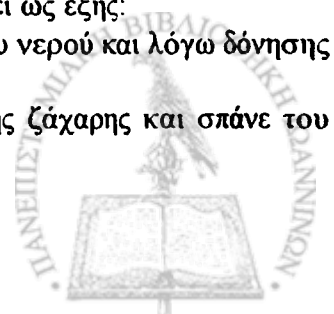
Από την ανάλυση των συζητήσεων προέκυψε ότι οι μαθητές αποδίδουν διαφορετικούς ρόλους στο νερό κατά τη διάλυση.

- Το νερό ως δεξαμενή θερμότητας
- Παθητικός ρόλος νερού ως χαλαρή δομή που επιτρέπει στα μόρια να μπουν ανάμεσα
- Το νερό είναι διαλύτης επειδή τα μόριά του διασπών τον κόκκο. Η διάσπαση του κόκκου από τα μόρια του νερού μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Τα μόρια νερού ως μόρια μικρά μπορούν να εισχωρήσουν μεταξύ των κενών της διαλυμένης ουσίας ή τα μόρια νερού σαν σφήνες διαχωρίζουν τους δεσμούς στην διαλυμένη ουσία. Επίσης αναφέρεται ότι τα μόρια νερού λόγω κίνησης διασπών τον κόκκο και η διάλυση οφείλεται στα μόριά του ή ότι τα μόρια νερού είναι ευκίνητα και χτυπάνε το στερεό ή τα μόρια παίρνουν ενέργεια και σπάνε οι δεσμοί τους.

Στην αλληλεπίδραση μορίων νερού και διαλυμένης ουσίας δεν έγινε καμιά αναφορά στις διαμοριακές ηλεκτροστατικές δυνάμεις αλλά τα μόρια νερού ως μόρια διαλύτη είναι πιο δραστικά και κινούνται πιο γρήγορα. Η διάσπαση διαλυμένης ουσίας μπορεί να γίνει ως εξής:

- Ο κρύσταλλος στερεού παίρνει ενέργεια από τα χτυπήματα του νερού και λόγω δόνησης διασπάται σε μόρια ή

- Τα μόρια νερού μπαίνουν ανάμεσα στα κενά των μορίων της ζάχαρης και σπάνε του δεσμούς προφανώς από την ώθηση που ασκούν.



Η σχεδίαση βοήθησε την δόμηση προτάσεων. Το πείραμα με το φίλτρο βοήθησε πολλές ομάδες να οδηγηθούν σε αλληλεπίδραση νερού και ουσίας. Θεωρούμε ότι το απλό αυτό πείραμα στο οποίο ζάχαρη σε φίλτρο εξαφανίζεται όταν μπει σε νερό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τη διδασκαλία της διάλυσης. Κατά την ερμηνεία του οι μαθητές καταλήγουν ότι η ζάχαρη αποτελείται από σωματίδια και διασπάται από το νερό που αποτελείται επίσης από σωματίδια.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

Αλλαγή κατάστασης

Μια πλήρης ερμηνεία των αλλαγών κατάστασης σε μακροσκοπικό επίπεδο περιλαμβάνει κατανόηση ότι αλλάζει η κατάσταση της ουσίας και όχι η μάζα ή η φύση της, ότι η ύλη διατηρείται στις φυσικές αλλαγές και ισχύει η αντιστρεψιμότητα. Στη σειρά μαθημάτων για την εισαγωγή του σωματιδιακού μοντέλου οι μαθητές είχαν διδαχθεί ότι προσθέτοντας θερμότητα σε μια ουσία, μεγαλώνει η απόσταση των σωματιδίων και τα σωματίδια κινούνται γρηγορότερα, οπότε η ουσία διαστέλλεται. Προσθέτοντας ακόμη περισσότερη θερμότητα σε μια ουσία, μεγαλώνει ακόμη περισσότερο η απόσταση των σωματιδίων της και τα σωματίδια κινούνται γρηγορότερα. Σπάνε ή χαλαρώνουν οι δεσμοί μεταξύ των σωματιδίων και οι ουσίες αλλάζουν κατάσταση. Τα σωματίδια όμως παραμένουν αμετάβλητα. Την αλλαγή κατάστασης του πάγου διδάχθηκαν οι μαθητές της ομάδας Π1 και από την Π2 τα Π2(Σχ1) και Π2(Σχ2) που αποτέλεσαν την ομάδα Π2(διδ). Οι μαθητές του Π2(Σχ3) δεν διδάχθηκαν την ενότητα αλλά τη συζητήσαν στις ομάδες (ομάδα Π2(συζ)). Οι ερωτήσεις της ενότητας αφορούσαν: 1. την τήξη πάγου (εξήγηση), 2. την ενέργεια κατά την τήξη (πρόβλεψη), 3. το βρασμό του νερού (πρόβλεψη) και 4. τη συμπύκνωση ατμών σε μια κρύα επιφάνεια (πρόβλεψη) (Ερωτήσεις 11, 12, 13 στο τεστ Α και 16, 19, 20 στο τεστ Β Παράρτημα Π2.2, Π2.3). Επίσης οι μαθητές όλων των ομάδων μόνο στο τεστ Α ερμήνευσαν πώς δροσίζεται χυμός όταν βάζουμε μέσα παγάκια, μια ερώτηση που οι μαθητές του Π2(συζ) συζητήσαν σε ομάδες (ερώτηση 14 τεστ Α). Η ερώτηση αυτή ελέγχει την κατανόηση του ρόλου της θερμότητας την τήξη πάγου.

8.1. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων – Σχολιασμός

8.1.1. Τήξη πάγου

Ως πλήρεις απαντήσεις σε μικροσκοπικό επίπεδο θεωρήθηκαν αυτές που αναφέρουν ότι, όταν πάγος θερμανθεί, τα μόρια κινούνται γρηγορότερα, σπάνε από την άκαμπτη τακτοποίηση (ή χαλαρώνουν οι δεσμοί) και αρχίζουν να γλιστράνε και κινούνται πιο ελεύθερα από ότι στο στερεό κάνοντας υγρό. Στην σχεδίαση των μορίων στον πάγο και στο υγρό νερό τα μόρια σχεδιάζονται μαζί αλλά χωρίς τακτοποίηση και μπορούν να κινούνται το ένα πέρα από το άλλο. Απαντήσεις που αναφέρονται στην γρηγορότερη κίνηση και απομάκρυνση σωματιδίων θεωρήθηκαν μερικώς αποδεκτές.

Οι τύποι και οι συχνότητες απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 8.1.1.1. και 8.1.1.2.

Πίνακας 8.1.1.1.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών των ομάδων Ε, Π1 και Π2(διδ) σχετικά με τη τήξη πάγου

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	Ε	Π1	Π1	Π2(διδ)	Π2(διδ)
Ερμηνεία τήξης πάγου	testA (N=59)	testA (N=57)	testB (N=57)	testA (N=30)	testB (N=30)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης		42	45	16	22
Πλήρεις μικροσκοπικές		7	10	2	3
Εν μέρει μικροσκοπικές		34	35	14	19
Πλήρης μακροσκοπική		1			
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	24			4	1
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων		7	10	3	4
Όχι απάντηση / κυκλική	35	8	2	7	3



Πίνακας 8.1.1.2.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας Π2(συζ)pre, Π2(συζ)post σχετικά με τη τήξη πάγου

Τύποι απαντήσεων Ερμηνεία τήξης πάγου	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ			
	Π2(συζ) preA (N=24)	Π2(συζ) preB N=24	Π2(συζ) postA (N=21)	Π2(συζ) postB (N=21)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	7	14	18	19
Πλήρεις μικροσκοπικές	1	3	7	8
Εν μέρει μικροσκοπικές	6	11	11	11
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	4		1	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	7	9	2	2
Όχι απάντηση / κυκλική	6	1		

Ομάδα ελέγχου (E)

Οι μαθητές σε μεγάλο ποσοστό (59,3%) δίνουν κυκλική απάντηση λέγοντας ότι ο πάγος θερμαίνεται και λιώνει. Το 49,7% των μαθητών δίνουν εναλλακτικές απαντήσεις. Αυτές σχετίζονται κυρίως με το γεγονός ότι το παγάκι δεν αντέχει την υψηλή θερμοκρασία σε ποσοστό 22,0%, μια εναλλακτική που σχετίζεται με απόδοση ανθρωπομορφικών ιδιοτήτων στο νερό. Άλλη εναλλακτική απάντηση αναφέρει ότι το παγάκι με τη θέρμανση απλώνεται (11,9%). Οι μαθητές βασίζουν τους συλλογισμούς τους σε παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά που δείχνει σκέψη κυριαρχούμενη από την αισθητηριακή αντίληψη. Σε μικρό ποσοστό (5,1%) αναφέρεται ότι μπλάνει θερμότητα και γίνεται υγρό, θεωρώντας το νερό ως μίγμα νερού και θερμότητας, μια αντίληψη που ουσιαστικοποιεί τη θερμότητα (Bar & Gallini 1994).

Η θερμοκρασία ήταν υψηλή και δεν αντέχει (E-54).

Διαστέλλεται και γίνεται υγρό δηλαδή απλώνεται (E-58).

Πειραματική ομάδα I (Π1)

Οι αποδεκτές απαντήσεις στο τεστ Α ανέρχονται σε ποσοστό 73,7% (12,3% πλήρεις μικροσκοπικές, 1,8% πλήρης μακροσκοπική, 59,6% εν μέρει αποδεκτές). Οι εναλλακτικές απαντήσεις είναι μόνο σε μικροσκοπικό επίπεδο (12,3%) και αφορούν ή την απόδοση μακροσκοπικών ιδιοτήτων στα μόρια (τα μόρια λιώνουν - απλώνονται, θερμαίνονται) ή την ύπαρξη και κίνηση των μορίων μέσα στην ουσία που λιώνει. Ένα ποσοστό 14% δίνει κυκλική απάντηση. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται στο 79,0% (17,5% πλήρεις μικροσκοπικές, 61,4% εν μέρει μικροσκοπικές). Οι εναλλακτικές απαντήσεις είναι μόνο σε μικροσκοπικό επίπεδο (ποσοστό 17,5%) και αφορούν ή την απόδοση μακροσκοπικών ιδιοτήτων στα μόρια (τα μόρια λιώνουν - απλώνονται, θερμαίνονται) ή την ύπαρξη και κίνηση των μορίων μέσα στην ουσία που λιώνει).

Πλήρεις απαντήσεις

Το στερεό διαστέλλεται, τα μόριά του κινούνται γρηγορότερα, οι δεσμοί των μορίων χαλαρώνουν και αν συνεχιστεί η θέρμανση τα μόρια κινούνται και γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο και το παγάκι μετατρέπεται σε υγρό (Π1-56).

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις

Τα μόρια στον πάγο κινούνται αργά και με την θέρμανση μετακινούνται γρηγορότερα και γίνεται υγρό. Έτσι αλλάζει η φυσική κατάσταση (Π1-37).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Τα μόρια θα λιώσουν και θα αλλάξει η κατάσταση των μορίων (Π1-22).

Τα μόρια απλώνονται και γίνονται υγρό (Π1-7).



Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ1), Π2(Σχ2))

Οι μαθητές της ομάδας Π2(διδ) στο τεστ Α δίνουν πλήρεις μικροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 6,7%, εν μέρει μικροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 46,6% ενώ οι εναλλακτικές μακροσκοπικές και μικροσκοπικές είναι σε ποσοστά 13,3% και 10% αντίστοιχα. Στο τεστ Β πλήρεις απαντήσεις δίνει το 10%, εν μέρει μικροσκοπικές απαντήσεις το 63,3% των μαθητών. Οι εναλλακτικές μακροσκοπικές είναι το 3,3% και μικροσκοπικές το 13,3%. Οι εναλλακτικές μακροσκοπικές αναφέρουν ότι το υγρό δεν αντέχει και λιώνει ενώ οι μικροσκοπικές ότι τα μόρια θερμαίνονται. Ειδικότερα οι μαθητές του Π2(Σχ1) στο τεστ Α, αν και διδάχθηκαν την τήξη πάγου, παρουσιάζουν χαμηλές επιδόσεις. Έτσι δίνουν εν μέρει μικροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 35,7% και στο τεστ Β δίνουν πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 7,1%. Η ομάδα Π2(Σχ2), αντίθετα από την Π2(Σχ1), παρουσίασε υψηλή επίδοση ανάλογη με την Π1. Έτσι στο τεστ Α οι μαθητές δίνουν πλήρεις μικροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 12,5%, εν μέρει μικροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 56,3%. Στο τεστ Β πλήρεις απαντήσεις δίνουν το 12,5%, εν μέρει μικροσκοπικές απαντήσεις το 68,8% των μαθητών.

Π2(συζ) (Π2(Σχ3))

Πριν τη συζήτηση στο τεστ Α οι πλήρεις απαντήσεις είναι το 4,2% και οι εν μέρει αποδεκτές το 25%. Οι εναλλακτικές μακροσκοπικές είναι το 16,7% και αφορούν την άποψη ότι το παγάκι δεν αντέχει την ψηλή θερμοκρασία. Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές είναι το 29,2%. Αυτές αναφέρουν ότι τα μόρια κινούνται ή θερμαίνονται αλλά είναι μέσα στο πάγο (16,7%), τα μόρια λιώνουν (8,3%), μπαίνει θερμότητα στα κενά. Οι κυκλικές απαντήσεις ανέρχονται στο 25%. Οι πλήρεις απαντήσεις στο τεστ Β είναι 12,5% και οι εν μέρει 45,8%. Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές φτάνουν το 37,5% και αφορούν: Το παγάκι λιώνει και τα μόρια μικραίνουν σε ποσοστό 16,7%, τα μόρια απομακρύνονται αλλά είναι μέσα στην ουσία (12,5%), τα μόρια λιώνουν ή θερμαίνονται και κινούνται.

Η συζήτηση στις ομάδες της ερώτησης για τη τήξη πάγου μέσα στην πορτοκαλάδα και την εξάτμιση, τον βρασμό και την συμπύκνωση βελτίωσε την επίδοση των μαθητών στην ερώτηση της τήξης. Έτσι οι πλήρεις απαντήσεις είναι το 33,3% στο τεστ Α και το 38,1% στο τεστ Β, οι εν μέρει αποδεκτές είναι το 52,4% στα δυο τεστ.

[Απόσπασμα από τη συζήτηση για την τήξη πάγου στην ομάδα 1 του Π2(Σχ3)]

M3: Το νερό ζεσταίνεται και τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα.

M13: Θερμαίνεται.

M6: Παίρνει τη θερμότητα και ...όχι τα μόρια αλλά η ουσία και τα μόρια επειδή κινούνται γρηγορότερα αραιώνουν και έτσι από στερεό αλλάζουν τη φυσική τους κατάσταση και από στερεό γίνονται υγρό. Και τα μόρια αραιώνουν.

M13: Στα στερεά τα μόρια δονούνται και στα υγρά...

M6: Γλιστράνε το ένα πάνω στο άλλο.

8.1.2. Πώς το παγάκι “χρησιμοποιεί” την θερμότητα που παίρνει κατά την τήξη;

Η ερώτηση αυτή δόθηκε στους μαθητές για να ανιχνευτεί η κατανόηση της κίνησης και αναδιάταξης των σωματιδίων με τη θερμότητα.

Ως πλήρεις μικροσκοπικές ταξινομήθηκαν απαντήσεις που αναφέρονται στην κίνηση και χαλάρωση δεσμών ενώ ως εν μέρει αποδεκτές αυτές που αναφέρονται στην κίνηση ή στη χαλάρωση των δεσμών. Ως εν μέρει μακροσκοπικές ταξινομήθηκαν αυτές που θεωρούν τη θερμότητα απαραίτητη για την αλλαγή κατάστασης. Οι τύποι και οι συχνότητες απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 8.1.2.1. και 8.1.2.2.



Πίνακας 8.1.2.1.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών των ομάδων E, Π1 και Π2(διδ) σχετικά με τη χρήση θερμότητας στην τήξη πάγου

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ) testA (N=30)	Π2(διδ) testB (N=30)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	4	39	42	13	14
Πλήρεις μικροσκοπικές		4	7	1	4
Εν μέρει μικροσκοπικές		35	35	12	10
Εν μέρει μακροσκοπικές	4				
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	32			5	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων		7	10	3	12
Όχι απάντηση / κυκλική απάντηση	23	11	5	9	4

Πίνακας 8.1.2.2.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας Π2(συζ)pre, Π2(συζ)post σχετικά με τη χρήση θερμότητας στην τήξη πάγου

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ			
	Π2(συζ) preA (N=24)	Π2(συζ) preB (N=24)	Π2(συζ) postA (N=21)	Π2(συζ) postB (N=21)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	8	11	18	19
Πλήρεις μικροσκοπικές	1	1	6	6
Εν μέρει μικροσκοπικές	5	10	12	13
Εν μέρει μακροσκοπικές	2			
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	2	1		
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	7	6	1	1
Όχι απάντηση / κυκλική	7	6	2	1

Η ομάδα ελέγχου (E)

Ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών δίνει εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις (54,2%) που κυρίως αναφέρουν ότι η θερμότητα είναι μια ουσία που μπορεί να απορροφάται (30,5%). Άλλες εναλλακτικές αναφέρουν ότι η ενέργεια είναι κάτι που καταναλώνεται, εξατμίζεται ή προκαλεί διάλυση ή χρησιμοποιείται προσωρινά και μετά αποβάλλεται. Μεγάλο ποσοστό (39,0%) δίνει κυκλική (28,9%) ή μηδενική απάντηση Ένα ποσοστό 6,8% δίνει εν μέρει μακροσκοπικές απαντήσεις ότι η αλλαγή κατάστασης χρειάζεται ενέργεια.

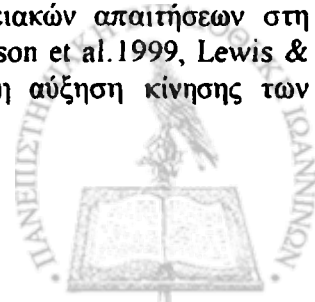
Το παγάκι η θερμότητα πάει στο νερό και αυτό διαλύει το παγάκι (E-51).

Η θερμότητα θα μεταδοθεί στην ατμόσφαιρα μετά λίγη ώρα προσωρινά θα κάνει την δουλειά της (E-43).

Την χρησιμοποιεί για να μεταβληθεί σε υγρό γιατί για να γίνει από στερεό υγρό είναι απαραίτητη η ενέργεια (E-44).

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται στο 68,4% των απαντήσεων (7,0% πλήρεις και 61,4% οι εν μέρει αποδεκτές). Οι εναλλακτικές απαντήσεις σε μικροσκοπικό επίπεδο είναι το 12,3% με κυριότερη την τήξη των μορίων σε ποσοστό 5,4%. Ένα ποσοστό 19,3% δίνει κυκλική απάντηση ή δεν απαντά. Παρόμοια στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται σε 73,7% των απαντήσεων (12,3% πλήρεις και 61,4% οι εν μέρει). Οι μικροσκοπικές εναλλακτικές (17,5%) σχετίζονται κυρίως με την τήξη των μορίων (12,3%). Άλλες εναλλακτικές αναφέρουν ότι η θερμότητα απορροφάται από τα μόρια, μπαίνει ζέστη στα κενά ή ότι τα μόρια θερμότητας διασπούν το νερό. Η εξήγηση φυσικών φαινομένων με όρους ενεργειακών απαιτήσεων στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι γενικά είναι δύσκολη (Besson, 2003, Harrison et al.1999, Lewis & Linn 1994). Ωστόσο στο σωματιδιακό μοντέλο που παρουσιάζουμε η αύξηση κίνησης των



σωματιδίων με τη θέρμανση παρουσιάστηκε με σαφήνεια και βοηθάει στην κατανόηση της χρήσης ενέργειας κατά την τήξη.

Πλήρεις απαντήσεις

Τη θερμότητα την παίρνει το στερεό, τα μόριά του κινούνται γρηγορότερα και σπάνε οι δεσμοί τους (Π1-43).

Τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα και χαλαρώνουν οι δεσμοί (Π1-57).

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις

Τα μόρια παίρνουν την θερμότητα και κινούνται πιο γρήγορα με αποτέλεσμα να γίνει υγρό (Π1-48).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Θα λιώσει και θα απλωθεί, τα μόρια θα λιώσουν (Π1-8).

Τα μόρια θερμαίνονται και κινούνται πιο γρήγορα (Π1-40).

Τα μόρια παίρνουν θερμότητα και τη μεταφέρουν σε όλο το υγρό (Π1-42).

Ζεσταίνεται και λιώνει, μεγαλώνουν τα κενά, μπαίνει θερμότητα ανάμεσα (Π1-1).

Το βούτυρο χρησιμοποιεί τη θερμότητα από το μάτι για να λιώσει τα μόριά του (Π1-50).

Ελιώσε και θα αραιώσουν τα μόρια θα λιώσουν και αυτά (Π1-14).

Τα μόρια λιώνουν και απλώνονται, γίνονται περισσότερα (Π1-18).

Τα μόρια απορρόφησαν τη θερμότητα (Π1-37).

Τα μόρια θερμότητας διασπών τα μόρια νερού (Π1-44).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ1), Π2(Σχ2))

Η Π2(διδ) στο τεστ Α δίνει αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 43,3% (3,3% πλήρεις). Οι εναλλακτικές είναι μακροσκοπικές σε ποσοστό 16,7% και μικροσκοπικές σε ποσοστό 10%. Μεγάλο ποσοστό δίνει μηδενική απάντηση (30%). Στο τεστ Β οι μαθητές δίνουν αποδεκτές απαντήσεις (46,7%) από τις οποίες 13,3% δίνει πλήρεις απαντήσεις ενώ οι εναλλακτικές μικροσκοπικές είναι το 40%. Το 13,3% δίνει κυκλικές απαντήσεις ή δεν απαντά. Οι εναλλακτικές μακροσκοπικές αναφέρουν κυρίως ότι ο πάγος θερμαίνεται σε κάποια θερμοκρασία και γίνεται υγρό (10%) ενώ στο τεστ Β οι κυριότερες απαντήσεις θεωρούν ότι τα μόρια λιώνουν (20%), μπαίνει θερμότητα και μεγαλώνουν τα κενά ή τα μόρια απορρόφησαν τη θερμότητα.

Η Π2(Σχ1) παρουσιάζει και στην ερώτηση αυτή, όπως και στην τήξη πάγου, χαμηλή επίδοση. Στο τεστ Α οι εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις είναι το 28,6% και στο τεστ Β οι μαθητές της Π2(Σχ1) δίνουν πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 7,1%, εν μέρει απαντήσεις σε ποσοστό 28,6%. Η ομάδα Π2(Σχ2) στο τεστ Α δίνει αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 56,3% (18,8% πλήρεις και 50% εν μέρει). Η ομάδα Π2(Σχ2) στο τεστ Β δίνει αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 56,3% (6,3% πλήρεις και 37,5% εν μέρει).

Π2(συζ) (Π2(Σχ3))

Οι αποδεκτές απαντήσεις στο τεστ Α είναι το 33,3% (4,2% πλήρεις, 20,8% εν μέρει μικροσκοπικές και 8,3% εν μέρει μακροσκοπικές). Οι εναλλακτικές μακροσκοπικές είναι το 8,3% και αναφέρουν ότι η θερμότητα ανεβάζει τη θερμοκρασία για να λιώσει. Οι μικροσκοπικές εναλλακτικές φτάνουν το 29,2% και αναφέρουν: η θερμότητα μπαίνει στα κενά, τα μόρια λιώνουν, τα μόρια απομακρύνονται, διαστέλλεται ο πάγος και λιώνει. Το 29,2% δεν απαντά ή δίνει κυκλική απάντηση. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 45,8% (4,2% πλήρεις, 41,7% εν μέρει μικροσκοπικές). Οι μικροσκοπικές εναλλακτικές είναι το 25%.

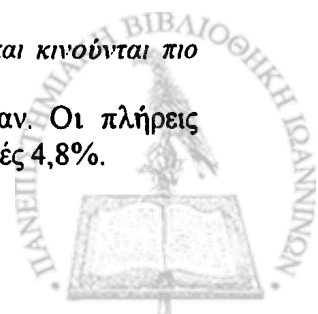
Πλήρεις απαντήσεις

Τα μόρια χρησιμοποιούν την θερμότητα σαν ενέργεια για να δονούνται γρηγορότερα και να χαλαρώσουν οι δεσμοί (Σχ3-20).

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις

Το παγάκι μεταφέρεται η θερμότητα στα μόρια του πάγου που παίρνουν την ενέργεια και κινούνται πιο γρήγορα (Σχ3-10).

Στο τεστ, που ακολούθησε τη συζήτηση σε ομάδες, οι απαντήσεις βελτιώθηκαν. Οι πλήρεις απαντήσεις είναι το 28,6%, οι εν μέρει 57,1% (61,9% στο τεστ Β) και οι εναλλακτικές 4,8%.



8.1.3. Βρασμός νερού

Πλήρως αποδεκτές απαντήσεις για το βρασμό θεωρήθηκαν απαντήσεις που αναφέρουν ότι η θερμότητα από το γκαζάκι θερμαίνει το νερό και κάνει τα μόρια να κινούνται ολοένα και γρηγορότερα, χαλαρώνει η έλξη μεταξύ τους, ξεφεύγουν από την έλξη από την επιφάνεια και κάνουν αέριο δηλαδή βράζει. Ως εν μέρει μικροσκοπικές ταξινομήθηκαν απαντήσεις που αναφέρουν ότι τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα ή χαλαρώνουν οι δεσμοί. Ως εν μέρει μακροσκοπικές ταξινομήθηκαν απαντήσεις που αναφέρονται στην αλλαγή κατάστασης με τη θερμότητα.

Οι τύποι και οι συχνότητες απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 8.1.3.1. και 8.1.3.2.

Πίνακας 8.1.3.1.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών των ομάδων E, Π1 και Π2(διδ) σχετικά με το βρασμό του νερού

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ) testA(N=30)	Π2(διδ) testB(N=30)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	1	35	45	15	20
Πλήρεις σωματιδιακές		9	11	3	5
Εν μέρει μικροσκοπικές		25	34	12	15
Εν μέρει μακροσκοπικές	1	1			
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	21	1		4	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	1	14	9	4	7
Όχι απάντηση / κυκλική απάντηση	36	7	3	7	3

Πίνακας 8.1.3.2.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών της Π2(συζ)pre, Π2(συζ)post σχετικά με το βρασμό του νερού

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ			
	Π2(συζ) preA(N=24)	Π2(συζ) preB(N=24)	Π2(συζ) postA(N=21)	Π2(συζ) postB(N=21)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	4	11	17	17
Πλήρεις μικροσκοπικές	1	2	6	7
Εν μέρει μικροσκοπικές	3	9	11	10
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	7			
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	7	12	4	4
Όχι απάντηση / κυκλική απάντηση	6	1		

Ομάδα ελέγχου (E)

Η πλειονότητα των μαθητών της E δίνει κυκλική ταυτολογική απάντηση (61,0%) εξηγώντας το βρασμό ως φαινόμενο που έτσι συμβαίνει, το νερό όταν ζεσταθεί βράζει. Μεγάλο ποσοστό (35,6%) δίνει εναλλακτικές απαντήσεις που θεωρούν ότι το υγρό παράβρασε και δεν άντεξε, ή το υγρό βράζει πολύ και μετά το υγρό γίνεται ατμός, το υγρό φούσκωσε από την θερμότητα και πετά σταγόνες, ανέβηκε η θερμοκρασία του, φτάνει στους 100 βαθμούς και βράζει ή ότι ο βρασμός είναι το κόχλασμα και οι φουσκάλες ή το νερό ζεσταίνεται πολύ δεν αντέχει και βράζει.

Πρώτα βράζει και μετά εξατμίζεται και παράγονται ατμοί (E-4).

Βγάζει σταγόνες γιατί φουσκώνει (E-22).

Το νερό θα γίνει μπουρμπουλήθρες και θα εξαφανιστεί επειδή χοχλάζει (E-32).

Οι φυσαλίδες που είναι μέσα διαστέλλονται και όταν ο αέρας θερμαίνεται ανεβαίνει (E-58).

Ένας μαθητής δίνει μικροσκοπική αλλά εναλλακτική απάντηση (1,7%).

Το υγρό θερμαίνεται και τα άτομά του μετατρέπονται σε αέρα (E-44).

Μόνο ένας μαθητής δίνει εν μέρει αποδεκτή μακροσκοπική απάντηση (1,7%).



Με τη θερμότητα αλλάζει η φυσική κατάσταση του νερού και από υγρό μετατρέπεται σε αέριο σε ορισμένη θερμοκρασία (E-13).

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται στο 61,4% (πλήρεις σωματιδιακές σε ποσοστό 15,8%, εν μέρει μικροσκοπικές 43,9% και εν μέρει μακροσκοπικές 1,8%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις αφορούν κυρίως το μικροσκοπικό επίπεδο (24,6%) και πολύ λίγες το μακροσκοπικό επίπεδο (1,8%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις αφορούν τις αλλαγές στα μόρια όπως: τα μόρια εξατμίζονται (14,0%) ή απομακρύνονται μέσα σε ένα υγρό που εξατμίζεται ή τα μόρια ζεσταίνονται και φεύγουν. Μια εναλλακτική μακροσκοπική αφορά την αλληλεπίδραση αέρα και υγρού για την πρόκληση εξάτμισης (1,8%). Δεν απαντούν ή δίνουν κυκλική απάντηση το 12,3% των μαθητών. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι 79,0% (πλήρεις σωματιδιακές 19,3%, εν μέρει μικροσκοπικές 59,7%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων είναι το 15,8% και αφορούν κυρίως την εξάτμιση των μορίων (10,5%). Άλλες θεωρούν ότι κινούνται τα μόρια μέσα σε ένα υγρό που εξατμίζεται ή ότι τα μόρια θερμαίνονται και απομακρύνονται. Δεν απαντούν το 5,3% των μαθητών.

Πλήρεις απαντήσεις

Τα μόρια του νερού κινούνται γρηγορότερα και αρχίζουν να σπάνε τους δεσμούς μεταξύ τους, δηλαδή το υγρό γίνεται αέριο (Π1-41).

Γίνεται βρασμός δηλαδή έντονη εξάτμιση από όλη τη μάζα του υγρού. Τα σωματίδια του νερού κινούνται γρήγορα, χαλαρώνουν οι δεσμοί και τα μόρια κινούνται ελεύθερα και κάνουν αέριο που σκορπίζει στον αέρα (Π1-27).

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις

Τα μόρια παίρνουν ενέργεια και απομακρύνονται και κάνουν αέριο (Π1-47).

Γιατί τα μόρια νερού απομακρύνονται από τα υγρό και μετά τα παίρνουν τα μόρια αέρα και τα διασκορπίζουν (Π1-10).

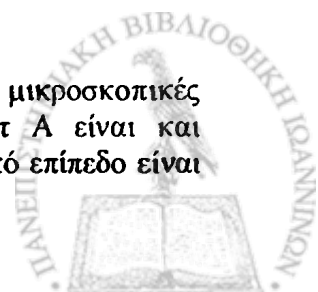
Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ1), Π2(Σχ2))

Η ομάδα Π2(διδ) έδωσε πλήρεις μικροσκοπικές απαντήσεις (10% στο τεστ Α και 16,7% στο τεστ Β). Οι εν μέρει μικροσκοπικές είναι σε ποσοστό 40% στο τεστ Α και 40% στο τεστ Β. Οι εναλλακτικές στο τεστ Α είναι σε μακροσκοπικό επίπεδο σε ποσοστό 13,3% και αφορούν κυρίως την ιδέα ότι ανέβηκε η θερμοκρασία του στους 100 βαθμούς και το νερό βράζει ή κρύος αέρας ανεβαίνει και ζεσταίνεται και μετά βράζει ή το νερό όταν βράζει ανακατεύεται και με τη θερμότητα, εξατμίζεται το νερό. Σε μικροσκοπικό επίπεδο οι εναλλακτικές αφορούν σε ποσοστό 13,3% την αντίληψη ότι τα μόρια εξατμίστηκαν /έβρασαν, τα μόρια ζεσταίνονται και κινούνται πιο γρήγορα/ κάνουν αέριο. Στο τεστ Β οι εναλλακτικές είναι σε μικροσκοπικό σε ποσοστό 23,3%. Αυτές αναφέρουν ότι τα μόρια εξατμίστηκαν /έβρασαν (10%), τα μόρια ζεσταίνονται και κινούνται πιο γρήγορα/ κάνουν αέριο (10%) ή το νερό εξατμίζεται και τα μόρια φεύγουν το νερό εξατμίζεται κατά πολύ και τα μόρια ανεβαίνουν προς τα πάνω με τη ζέστη και γίνονται αέρια. Δεν απαντούν ή δίνουν κυκλικές το 23,3% των μαθητών στο τεστ Α και 10% στο τεστ Β. Η ομάδα Π2(Σχ1) έδωσε πλήρεις μικροσκοπικές απαντήσεις (7,1% στο τεστ Α και 14,3% στο τεστ Β). Οι εν μέρει μικροσκοπικές είναι σε ποσοστό 21,4% στο τεστ Α και 42,9% στο τεστ Β. Οι πλήρεις μικροσκοπικές της Π2(Σχ2) στο τεστ Α είναι το 12,5% και στο τεστ Β είναι το 18,8%. Οι εν μέρει μικροσκοπικές είναι το 56,3% και στο τεστ Α και στο τεστ Β.

Π2(συζ) (Π2(Σχ3))

Στο τεστ Α πριν τη συζήτηση οι αποδεκτές απαντήσεις είναι 16,7% (πλήρεις μικροσκοπικές 4,2%, εν μέρει μικροσκοπικές 12,5%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις στο τεστ Α είναι και μακροσκοπικές και μικροσκοπικές. Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι



το 29,2% των απαντήσεων. Αυτές αναφέρουν ότι ανέβηκε η θερμοκρασία του το νερό βράζει στους 100 βαθμούς (8,3%), ότι το υγρό ζεσταίνεται πολύ, δεν αντέχει και βράζει, κρύος αέρας ανεβαίνει και ζεσταίνεται και μετά βράζει, το νερό όταν βράζει ανακατεύεται και με τη θερμότητα εξατμίζεται το νερό, θερμότητα φωτιά και υγρό κάνουν αέριο, το νερό που είναι στον πάτο ζεσταίνεται πολύ βγαίνει στην επιφάνεια και βράζεται. Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων δίνουν το 29,2% των μαθητών. Κυριότερη εναλλακτική είναι η απάντηση ότι τα μόρια εξατμίστηκαν /έβρασαν (12,5%). Άλλες εναλλακτικές θεωρούν ότι τα μόρια ζεσταίνονται και κινούνται πιο γρήγορα/ κάνουν αέριο, το νερό εξατμίζεται και τα μόρια φεύγουν, το νερό εξατμίζεται κατά πολύ και τα μόρια ανεβαίνουν προς τα πάνω με τη ζέστη και γίνονται αέρια, τα μόρια του νερού ζεσταίνονται και κουνιούνται έτσι τα κενά που έχουν τα μόρια βγαίνουν πάνω με φουσαλίδες. Κυκλικές απαντήσεις δίνουν το 25% (παίρνει θερμότητα και βράζει).

Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι το 45,8% (πλήρεις μικροσκοπικές 8,3%, εν μέρει μικροσκοπικές 37,5%). Οι μισές απαντήσεις είναι εναλλακτικές μικροσκοπικές (50%). Αυτές αναφέρουν ότι τα μόρια εξατμίστηκαν / έβρασαν (16,7%), τα μόρια ζεσταίνονται και κινούνται πιο γρήγορα / κάνουν αέριο (12,5%), το νερό βράζει και τα μόρια μικραίνουν ή μεγαλώνουν (παριστάνουν μόρια διαφορετικά πιο μικρά ή να λιώνουν και αυτά) (ποσοστό 12,5%). Άλλες εναλλακτικές θεωρούν ότι το νερό εξατμίζεται και τα μόρια φεύγουν, το νερό εξατμίζεται κατά πολύ και τα μόρια ανεβαίνουν προς τα πάνω με τη ζέστη και γίνονται αέρια, τα μόρια του νερού ζεσταίνονται και κουνιούνται έτσι τα κενά που έχουν τα μόρια βγαίνουν πάνω με φουσαλίδες.

Μετά τη συζήτηση στις ομάδες οι απαντήσεις των μαθητών στο τεστ Α είναι αποδεκτές σε ποσοστό 81% (πλήρεις μικροσκοπικές 28,6%, εν μέρει μικροσκοπικές 52,4%). Στο τεστ Β είναι αποδεκτές σε ποσοστό 81% (πλήρεις μικροσκοπικές 33,3%, εν μέρει μικροσκοπικές 47,6%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων και στα δυο τεστ είναι το 19% και σχετίζονται με το ότι τα μόρια εξατμίστηκαν / έβρασαν ή τα κάτω μόρια παίρνουν ενέργεια και διώχνουν και τα πάνω και φεύγουν.

8.1.4. Συμπύκνωση ατμών νερού σε κρύα επιφάνεια

Οι πλήρεις απαντήσεις περικλείουν τα παρακάτω σημεία: Ο υδρατμός που παράγεται κατά τον βρασμό κρυσταλλώνει στο κρύο καλάκι, τα μόρια νερού επιβραδύνονται και συνδέονται για να σχηματίσουν σταγόνες υγρού νερού. Η αναφορά στην έλξη μεταξύ των μορίων, που τα κρατάει μαζί αν αυτά κινούνται αρκετά αργά, είναι επιθυμητή αλλά όχι απαραίτητη για εξήγηση της συμπύκνωσης σε επίπεδο Στ' τάξης δημοτικού. Οι εν μέρει απαντήσεις θεωρούν ότι τα μόρια έρχονται κοντά και κάνουν υγρό. Η μακροσκοπική περιγραφή της συμπύκνωσης απαιτεί γνώση ότι ο αέρας περιέχει αόρατα σωματίδια ατμού και ο ατμός συμπυκνώνεται σε κρύες επιφάνειες.

Οι απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στους Πίνακες 8.1.4.1, 8.1.4.2.

Πίνακας 8.1.4.1.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών των ομάδων Ε, Π1 και Π2(διδ) σχετικά με τη συμπύκνωση ατμού

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ) testA(N=30)	Π2(διδ) testB(N=30)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	27	34	28	15	11
Πλήρεις μικροσκοπικές		2			1
Εν μέρει μικροσκοπικές		8	28		10
Εν μέρει μακροσκοπικές	27	24		15	
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	31	7		13	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων		16	27	2	19
Δεν απαντούν/ άσχετο	1		2		



Πίνακας 8.1.4.2.: Κατανομή συχνότητων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών της Π2(συζ)pre, Π2(συζ)post σχετικά με τη συμπύκνωση ατμού

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ			
	Π2(συζ) preA (N=24)	Π2(συζ) preB (N=24)	Π2(συζ) postA (N=21)	Π2(συζ) postB (N=21)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	8	6	17	17
Πλήρεις μικροσκοπικές	1	2	4	4
Εν μέρει μικροσκοπικές	2	4	13	13
Εν μέρει μακροσκοπικές	5			
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	11		3	
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	3	17	1	4
Δεν απαντούν	2	1		

Ομάδα ελέγχου (E)

Μεγάλο μέρος των μαθητών περιγράφει την συμπύκνωση του νερού στο κρύο καπάκι. Στην ερώτηση αυτή όπως διατυπώθηκε οι μαθητές έδωσαν αποδεκτή μακροσκοπική περιγραφή (εν μέρει 45,8%) σε ποσοστό υψηλότερο από όλες τις άλλες ερωτήσεις. Αυτό οφείλεται στο ότι η ερώτηση περιλαμβάνεται στο διδακτικό εγχειρίδιο και είχε διδαχθεί από τον δάσκαλο της τάξης. Οι εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο (ποσοστό 52,5%) αφορούν κυρίως ότι οι ατμοί είναι σταγόνες που μαζεύονται στο καπάκι (47,5%) ή ο ατμός είναι αέρας ή το ζεστό πάει επάνω.

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις καλύπτουν το 59,7% των απαντήσεων (πλήρεις 3,5%, εν μέρει 14,0%, εν μέρει μακροσκοπική περιγραφή (42,1%)). Οι εναλλακτικές σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι το 12,3% και αναφέρουν ότι οι ατμοί είναι σταγόνες που μαζεύονται στο καπάκι. Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές (28,1%) σχετίζονται με τις αλλαγές στα ίδια τα μόρια: τα μόρια υγροποιούνται (19,3%), τα μόρια εξατμίζονται (7,0%), τα μόρια ψύχονται και μικραίνουν.

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις

Το νερό όπως εξατμίζεται και ακουμπάει σε μια κρύα επιφάνεια γίνεται πάλι υγρό και έτσι βρίσκονται πάλι σταγόνες πάνω στο καπάκι (Π1-45).

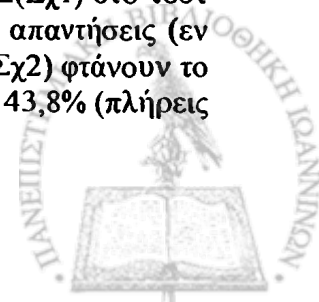
Το νερό μετατρέπεται σε υδρατμούς οι οποίοι συμπυκνώθηκαν και στάζουν στο καπάκι αφού έχουν μετατραπεί σε σταγόνες νερού (Π1-56).

Αντίθετα στο τεστ Β οι μαθητές σημείωσαν χαμηλότερες επιδόσεις, έδωσαν εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις (49,1%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων (47,4%) αφορούν αλλαγές στα μόρια: τα μόρια υγροποιούνται (24,6%), τα μόρια εξατμίζονται (12,3%), καθώς και κίνηση και συγκέντρωση μορίων σε ένα υγρό που εξατμίζεται (10,5%).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ1), Π2(Σχ2))

Στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις φτάνουν το 50% και αφορούν την μακροσκοπική περιγραφή. Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο (43,3%) θεωρούν ότι ο υδρατμός είναι σταγόνες ενώ με όρους σωματιδίων (6,7%) αναφέρουν ότι τα μόρια εξατμίζονται. Στο τεστ Β οι αποδεκτές είναι το 36,7% (πλήρεις 3,3%, εν μέρει 33,3%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων είναι το 63,3% και αναφέρονται στο ότι στο καπάκι μαζεύονται μόρια (53,3%) ή ότι τα μόρια εξατμίζονται (10%). Οι αποδεκτές απαντήσεις του Π2(Σχ1) στο τεστ Α είναι το 50% και αφορούν μακροσκοπική περιγραφή. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις (εν μέρει μικροσκοπικές) είναι το 28,6%. Στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις της Π2(Σχ2) φτάνουν το 50% και αφορούν την μακροσκοπική περιγραφή. Στο τεστ Β οι αποδεκτές είναι το 43,8% (πλήρεις 6,3%, εν μέρει 37,5%).



Π2(συζ) (Π2(Σχ3))

Πριν τη συζήτηση στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις φτάνουν το 33,3% (πλήρης 4,2%, εν μέρει μικροσκοπικές 8,3%, εν μέρει μακροσκοπικές 20,8%). Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο (45,8%) θεωρούν τον υδρατμό ως σταγόνες. Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων δίνουν το 12,5% (τα μόρια πάνε στο καπάκι, τα μόρια εξατμίζονται). Δεν απαντούν το 8,3% των μαθητών. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις ήταν το 25% (πλήρεις 8,3%, εν μέρει 16,7%). Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων είναι το 70,8% και παρουσιάζουν μια ποικιλία απαντήσεων όπως: τα μόρια υγροποιούνται (25%), τα μόρια πάνε στο καπάκι (29,2%), τα μόρια του αέρα βρίσκουν αντίσταση και κάνουν πάλι υγρό (8,3%), εξατμίζονται ή τα μόρια από το αέριο πάνε στο υγρό. Δεν απαντούν το 4,2% των μαθητών.

Μετά τη συζήτηση στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις φτάνουν το 81% (πλήρεις μικροσκοπικές 19,1%, εν μέρει μικροσκοπικές 61,9%). Οι εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι το 14,3% και αναφέρουν ότι οι ατμοί είναι σταγόνες που μαζεύονται στο καπάκι. Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων είναι το 4,8% και αναφέρουν ότι τα μόρια εξατμίζονται. Στο τεστ Β οι αποδεκτές είναι όπως και στο τεστ Α ενώ οι εναλλακτικές απαντήσεις είναι μόνο με όρους σωματιδίων σε ποσοστό 19,1% και αναφέρουν ότι τα μόρια εξατμίζονται, υγροποιούνται, τα μόρια πάνε στο καπάκι ή σπάνε και δίνουν νερό.

8.5. Τήξη πάγου σε χυμό

Η ερώτηση αυτή δόθηκε μόνο στο τεστ Α (ερώτηση 14 τεστ Α Παράρτημα Π2.2., Π2.3.) και ελέγχει την κατανόηση του ρόλου της θερμότητας στην τήξη του πάγου. Ως πλήρεις ταξινομήθηκαν απαντήσεις που έκαναν αναφορά στην τήξη και θερμική ισορροπία. Ως εν μέρει αποδεκτές θεωρούνται απαντήσεις που περικλείουν τη θερμική ισορροπία ή μεταφορά θερμότητας από την πορτοκαλάδα στο χυμό για να λιώσει. Στην κατηγορία θερμική ισορροπία δεν υπήρχαν απαντήσεις των μαθητών.

Οι συχνότητες ανά τύπο απαντήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.5.1.

Πίνακας 8.5.1.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με την τήξη πάγου μέσα στη πορτοκαλάδα

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ.				
	E (N=59)	Π1 (N=57)	Π2(διδ) (N=30)	Π2(συζ) pre(N=24)	Π2(συζ) post(N=21)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	1			1	13
Πλήρεις απαντήσεις					2
Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις	1			1	11
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	58	40	27	16	4
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων		17	3	4	4
Δεν απαντούν				3	

Ομάδα Ελέγχου (E)

Το 98,3% δίνουν εναλλακτικές απαντήσεις. Από αυτές το (42,4%) αναφέρει ότι το παγάκι λιώνει και το κρύο νερό δροσίζει ή κρύο από το παγάκι μεταφέρεται στο χυμό το κρύο μεταφέρεται (44,1%). Μικρό ποσοστό αναφέρει ότι το κρύο κρύνει – δροσίζει (8,5%) ή το παγάκι εξατμίζεται και σκορπίζει το κρύο ή γίνεται ανταλλαγή κρύου και ζέστης.

Τα παγάκια μέσα στην πορτοκαλάδα λιώνουν και επειδή είναι παγωμένα πηγαίνουν σε όλη την πορτοκαλάδα και έτσι δροσίζεται (E-28).

Όταν βάζουμε το παγάκι αυτό λιώνει και απλώνεται στην πορτοκαλάδα (E-29).

Τα παγάκια που λιώνουν στη ζεστή πορτοκαλάδα το νερό που βγάζουν είναι κρύο και αναμιγνύεται με το ζεστό και το ζεστό γίνεται κρύο (E-4).



Το παγάκι λιώνει και διαλύεται (E-5).

Τα παγάκια λιώνουν από τη θερμότητα και μεταφέρουν ψύχος (E-38).

Τα παγάκια λιώνουν από τη θερμότητα και το κρύο νερό δροσίζει το χυμό (E-50).

Το παγάκι έχει διαφορετική θερμοκρασία είναι κρύο και έτσι το κρύο μεταφέρεται στη ζεστή πορτοκαλάδα (E-27).

Τα παγάκια είναι κρύα παίρνουν ζέστη από το χυμό και αυτά δίνουν το κρύο και έχουμε ένα κρύο χυμό (E-35).

Μόνο ένας μαθητής δίνει εν μέρει αποδεκτή απάντηση που αναφέρεται στη μεταφορά θερμότητας. Φεύγει ενέργεια από την πορτοκαλάδα πάει στα παγάκια για να λιώσουν και έτσι κρυώνει (E-21).

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Το 70,2% δίνουν εναλλακτικές μακροσκοπικές ανάλογες με αυτές της E (Το παγάκι λιώνει και το κρύο νερό δροσίζει 35,1%, κρύο από το παγάκι μεταφέρεται στο χυμό 19,3%, το κρύο κρυώνει – δροσίζει 15,8%). Το 29,8% δίνουν εναλλακτικές μικροσκοπικές απαντήσεις και αναφέρονται κυρίως στο ανακάτεμα κρύων μορίων νερού με τα μόρια χυμού σε ποσοστό 28,1% ή ότι τα κρύα μόρια λιώνουν. Οι εναλλακτικές αυτές απόψεις θεωρούν ότι το νερό ως διαλύτης διασπά τον πάγο σε μόρια.

Τα μόρια του νερού στο παγάκι διαλύονται από τα μόρια νερού (Π1-50).

Τα παγάκια θερμαίνονται καθώς είναι κρύα. Οι δεσμοί των μορίων χαλαρώνουν και σπάζουν το παγάκι μεταφέρει τη θερμότητα στο χυμό (Π1-56).

Τα μόρια του χυμού παίρνουν τα μόρια από τα παγάκια και τα σκορπίζουν (Π1-11).

Τα μόρια από τα παγάκια είναι κρύα και λιώνουν στον χυμό και το δροσίζουν (Π1-15).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ1), Π2(Σχ2))

Οι μαθητές δίνουν εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο σε ποσοστό 90%. Αυτές αναφέρουν ότι το παγάκι λιώνει και το κρύο νερό δροσίζει (ποσοστό 50%), κρύο από το παγάκι μεταφέρεται στο χυμό (23,3%), το κρύο κρυώνει – δροσίζει (10%), γίνεται ανταλλαγή κρύου και ζέστης και το παγάκι εξατμίζεται και σκορπίζει. Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές αφορούν την ανάμιξη κρύων μορίων με τον χυμό (10%).

Π2(συζ) (Π2(Σχ3))

Ένας μαθητής δίνει εν μέρει αποδεκτή απάντηση ενώ ένα ποσοστό 66,7% δίνει εναλλακτικές μακροσκοπικές (45,8% το παγάκι λιώνει και το κρύο νερό δροσίζει, 12,5% κρύο από το παγάκι μεταφέρεται στο χυμό, το κρύο κρυώνει – δροσίζει 4,2 %, ανταλλαγή κρύου και ζέστης 4,2 %). Μετά τη συζήτηση ένα ποσοστό 61,9% δίνει αποδεκτές απαντήσεις (9,5% πλήρεις και 52,4% εν μέρει). Οι εναλλακτικές μακροσκοπικές είναι σε ποσοστό 19,1% και οι εναλλακτικές μικροσκοπικές 19,1%. Δώδεκα μαθητές βελτίωσαν μετά τη συζήτηση τις απαντήσεις τους ενώ 9 μαθητές διατήρησαν αυτές που διατύπωσαν πριν τη συζήτηση. Στην ερώτηση για την τήξη πάγου σε χυμό φάνηκαν οι δυσκολίες που έχουν οι μαθητές στην ερμηνεία φαινομένων που απαιτούν ενεργειακούς όρους, όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (Besson, 2003, Harrison et al.1999, Lewis & Linn 1994).

Οι μέσες επιδόσεις των ομάδων παρουσιάζονται στον Πίνακα Π8.Π1. Οι στατιστικές συγκρίσεις έδειξαν ότι οι ομάδες πριν τη συζήτηση δεν διαφοροποιούνται. Μετά τη συζήτηση στην Π2(συζ) οι μαθητές βελτίωσαν τις απαντήσεις τους και διαφοροποιούνται από τις άλλες ομάδες σε επίπεδο $p = 0,000$ (Πίνακας Π8.Π2').



8.2. Κατηγοριοποίηση απαντήσεων στο σύνολο της ενότητας αλλαγής κατάστασης

Στους Πίνακες 8.2.1. και 8.2.2. ταξινομούνται οι απαντήσεις ανά ειδική κατηγορία και ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας, αντίστοιχα. Επιπλέον στον Πίνακα 8.2.3. παρουσιάζονται τα ποσοστά ταυτολογικών και μηδενικών απαντήσεων στο σύνολο των ερωτήσεων μη κατανόησης. Στις απαντήσεις δεν περιέχεται η ερώτηση για την τήξη πάγου που δόθηκε μόνο στο τεστ Α.

Πίνακας 8.2.1.: Ποσοστά απαντήσεων ανά κατηγορία για όλες τις ομάδες στα δυο τεστ στο σύνολο της ενότητας αλλαγής κατάστασης

	Πλήρης σωμ.	Πλήρης μακρ.	Εν μέρει σωμ.	Εν μέρει μακρο	Εναλ. μακρο	Εναλ. μικρο	Όχι καταν.
E				13,6	45,8	0,4	40,3
Π1test A	9,6	0,4	44,7	11,0	3,5	19,3	11,4
Π1test B	12,3		57,9			24,6	5,3
Π2(διδ)testA	5,0		31,6	12,5	21,7	10,0	19,2
Π2(διδ)testB	10,8		45,0		0,9	35,0	8,4
Π2(συζ)testA	4,2		16,7	7,3	25,0	25,0	21,9
Π2(συζ)testB	8,3		35,4	0,0	1,0	45,8	9,4
Π2(συζ)posttestA	27,4		56,0	0,0	4,8	9,5	2,4
Π2(συζ)posttestB	29,8		56,0	0,0	0,0	13,1	1,2

Πίνακας 8.2.2.: Ποσοστά απαντήσεων ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας για όλες τις ομάδες στα δυο τεστ στο σύνολο της ενότητας Αλλαγή Κατάστασης

	X	A	AB	B	C	C*	Αταξ	Όχι κατ.
E	59,3	0,0		0,4	0,0	0,0	0,0	40,3
Π1test A	14,9	2,2		15,4	44,7	9,6	1,8	11,4
Π1test B		3,9		19,3	57,9	12,3	1,3	5,3
Π2(διδ)testA	34,2	0,8	0,0	8,3	31,6	5,0	0,9	19,2
Π2(διδ)testB	0,9	16,7	0,0	16,7	45,0	10,8	1,7	8,4
Π2(συζ)testA	32,3	6,3	1,0	11,5	16,7	4,2	6,3	21,9
Π2(συζ)testB	1,1	21,1	1,0	22,1	35,8	8,4	1,1	9,5
Π2(συζ)posttestA	4,8	2,4		4,8	56,0	27,4	2,4	2,4
Π2(συζ)posttestB	0,0	4,8		8,3	56,0	29,8	0,0	1,2

Ενδεικτικά ταξινομήσαμε:

X: Ανέβηκε η θερμοκρασία του, το νερό βράζει στους 100 βαθμούς.

A: Το παγάκι λιώνει και τα μόρια μικραίνουν.

AB: Τα μόρια του νερού ζεσταίνονται και κουνιούνται έτσι τα κενά που έχουν τα μόρια βγαίνουν πάνω με φουσαλίδες.

B: Τα μόρια θερμαίνονται και κινούνται πιο γρήγορα.

C: Τα μόρια παίρνουν ενέργεια και απομακρύνονται και κάνουν αέριο.

C:* Γίνεται βρασμός δηλ. έντονη εξάτμιση από όλη τη μάζα του υγρού. Τα σωματίδια του νερού κινούνται γρήγορα, χαλαρώνουν οι δεσμοί και τα μόρια κινούνται ελεύθερα και κάνουν αέριο που σκορπίζει στον αέρα.

Αταξινόμητες: Μπαίνει θερμότητα και μεγαλώνουν τα κενά ή μπαίνουν μόρια θερμότητας.

Πίνακας 8.2.3.: Ποσοστά ταυτολογικών και μηδενικών απαντήσεων στο σύνολο των ερωτήσεων μη κατανόησης

	E	Π1 testA	Π1 testB	Π2(διδ) testA	Π2(διδ) testB	Π2(συζ) pretestA	Π2(συζ) pretestB	Π2(συζ) posttestA	Π2(συζ) posttestB
Όχι απάντηση	3,0	2,6	3,9	1,7	6,7	5,2	6,3	0,0	1,2
Κυκλική απάντ.	37,3	8,8	1,3	17,5	1,7	16,7	3,1	2,4	0,0

Όπως προκύπτει από τους Πίνακες 8.2.1, 8.2.2, 8.2.3. αλλά και τους Πίνακες της Παραγράφου 8.1., η ομάδα E δίνει εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 45,8% ενώ δίνει μηδενικές σε ποσοστό 40,3% από τις οποίες το 37,3% είναι ταυτολογικές. Οι μακροσκοπικές εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις είναι το 13,6% (6,8% στην ερώτηση για τη χρήση ενέργειας, 1,7% στον βρασμό, 45,8% στην ερώτηση της συμπύκνωσης). Όπως προαναφέρθηκε, οι μακροσκοπική περιγραφή της συμπύκνωσης οφείλονται στο ότι η ερώτηση περικλείεται στο διδακτικό εγχειρίδιο και είχε διδαχθεί από τον δάσκαλο της τάξης. Οι ερωτήσεις στις οποίες σημειώθηκαν οι περισσότερες ταυτολογικές απαντήσεις αφορούσαν την τήξη (59,3%) και το

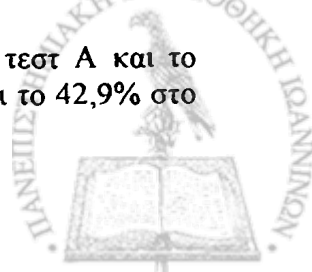
βρασμό (61,0%) ενώ στην ερώτηση για τη χρήση ενέργειας οι κυκλικές απαντήσεις ανέρχονται σε 28,9%. Αυτή η κατηγορία απαντήσεων αποδίδεται στην τάση των μαθητών να θεωρούν ότι "τα πράγματα είναι έτσι όπως συμβαίνουν" (Andersson, 1984).

Η ομάδα Π1 δίνει πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 9,6% στο τεστ Α και 12,3% στο τεστ Β. Οι εν μέρει αποδεκτές είναι πιο πολλές από τις πλήρεις και ανέρχονται σε ποσοστό 44,7% στο τεστ Α και 57,9% στο τεστ Β. Στο τεστ Α 11% των μαθητών δίνουν εν μέρει αποδεκτές μακροσκοπικές εξηγήσεις. Στο σύνολο της ενότητας οι εναλλακτικές στο τεστ Α είναι μακροσκοπικές σε ποσοστό 3,5% και μικροσκοπικές σε ποσοστό 19,3%. Στο τεστ Β οι εναλλακτικές είναι μικροσκοπικές σε ποσοστό 24,6%. Οι εναλλακτικές αποδίδουν στα μόρια μακροσκοπικές ιδιότητες (μοντέλο Β) σε ποσοστό 15,4% στο τεστ Α και 19,3% στο τεστ Β. Μικρά ποσοστά 1,8% στο τεστ Α και 1,3% στο τεστ Β αναφέρουν ότι θερμότητα ή μόρια θερμότητας μπαίνουν στα κενά, αποδίδοντας ιδιότητες ουσίας στη θερμότητα. Η ομάδα Π2(διδ) (τμήματα Π2(Σχ1) και Π2(Σχ2)), που διδάχθηκαν την τήξη πάγου, παρουσιάζει μικρότερα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων σε σχέση με την Π1. Αναλυτικά δίνει πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 5% στο τεστ Α και 10,8% στο τεστ Β. Οι εν μέρει αποδεκτές είναι πιο πολλές από τις πλήρεις και ανέρχονται σε ποσοστό 31,6% στο τεστ Α και 45% στο τεστ Β. Μεγάλο ποσοστό μαθητών δίνει εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις στο τεστ Α (21,7%) και εναλλακτικές μικροσκοπικές στο τεστ Β (35%) που θεωρούν κυρίως ή ότι τα μόρια είναι μέσα στην ουσία (Μοντέλο Α σε ποσοστό 16,7%) ή ότι τα μόρια έχουν μακροσκοπικές ιδιότητες (Μοντέλο Β σε ποσοστό 16,7%). Οι διαφορές αυτές σε σχέση με το Π1 οφείλονται κυρίως στο τμήμα Π2(Σχ1). Το τμήμα Π2(Σχ1), που διδάχθηκε την αλλαγή κατάστασης και δεν διδάχθηκε τις ενότητες της Διαστολής και Ιδιοτήτων στερεών..., παρουσιάζει χαμηλότερη επίδοση από τις Π1 και Π2(Σχ2) αλλά και από το Π2(Σχ3ργε). Οι πλήρεις απαντήσεις είναι ελάχιστες (1,8% στο τεστ Α και 7,1% στο τεστ Β). Οι εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις είναι το 21,4% στο τεστ Α μικροσκοπικές και 12,5% μακροσκοπικές. Στο τεστ Β οι εν μέρει μικροσκοπικές ανέρχονται στο 39,3%. Στο τεστ Α οι εναλλακτικές είναι το 28,6% σε μακροσκοπικό επίπεδο και το 10,7% σε μικροσκοπικό. Στο τεστ Β είναι εξ ολοκλήρου σε μικροσκοπικό επίπεδο και αφορούν το μοντέλο Α σε ποσοστό 17,9% και το μοντέλο Β σε ποσοστό 19,6%. Αρκετοί μαθητές δεν απαντούν στο τεστ Α σε ποσοστό 25% (14,1% δίνουν ταυτολογικές απαντήσεις) και στο τεστ Β σε ποσοστό 16,1%.

Για το Π2(Σχ2), που δίνει ανάλογες απαντήσεις με το Π1, οι πλήρεις απαντήσεις ήταν το 7,8% στο τεστ Α και το 14,1% στο τεστ Β. Οι εν μέρει μικροσκοπικές ήταν το 40,6% στο τεστ Α και το 50% στο τεστ Β. Οι εν μέρει μακροσκοπικές ανέρχονται στο 12,5% των απαντήσεων. Το μεγαλύτερο ποσοστό εναλλακτικών απόψεων αφορά και εδώ το μοντέλο Β σε ποσοστό 7,8% στο τεστ Α, 14,1% στο τεστ Β. Στο τεστ Β αρκετές ήταν και οι απαντήσεις μοντέλου Α (15,6%).

Η Π2(συζ) (Π2(Σχ3)), που δεν διδάχθηκε την ενότητα αλλαγής κατάστασης, πριν τη συζήτηση χρησιμοποιεί κυρίως εναλλακτικές απαντήσεις. Στο τεστ Α δίνει 25% εναλλακτικές μακροσκοπικές, 25% εναλλακτικές μικροσκοπικές, 16,7% εν μέρει αποδεκτές, 4,2% πλήρεις ενώ ένα ποσοστό 21,9% δίνει μηδενικές απαντήσεις (16,7% ταυτολογικές). Στο τεστ Β οι μαθητές της Π2(συζ) χρησιμοποιούν εναλλακτικές μικροσκοπικές σε ποσοστό 45,8%, εν μέρει αποδεκτές μικροσκοπικές σε ποσοστό 35,4% και πλήρεις σε ποσοστό 8,3%. Οι εναλλακτικές μικροσκοπικές είναι μοντέλου Α (6,3% στο τεστ Α και 21,1% στο τεστ Β) και μοντέλου Β (11,5% στο τεστ Α και 22,1% στο τεστ Β). Η συζήτηση βοήθησε τους μαθητές να δώσουν αποδεκτές ερμηνείες με μόρια. Οι πλήρεις απαντήσεις είναι το 27,4% στο τεστ Α και 29,8% στο τεστ Β, ενώ οι μερικώς αποδεκτές το 56% και στα δυο τεστ. Οι εναλλακτικές είναι λιγότερες από όλες τις άλλες ομάδες και αφορούν στο τεστ Α σε ποσοστό 4,8% μακροσκοπικές και 9,5% μικροσκοπικές. Στο τεστ Β οι εναλλακτικές είναι μόνο μικροσκοπικές και αφορούν το μοντέλο Α σε ποσοστό 4,8% και το μοντέλο Β σε ποσοστό 8,3%. Μετά τη συζήτηση ελαττώθηκαν σημαντικά οι μηδενικές απαντήσεις. Πριν τη συζήτηση σημειώθηκαν αταξινόμητες απαντήσεις σε ποσοστό 6,3%. Από αυτές μετά τη συζήτηση διατηρήθηκαν σε ποσοστό 2,4%.

Στο σύνολο της ενότητας μετά τη συζήτηση βελτιώθηκαν το 67,9% στο τεστ Α και το 53,6% στο τεστ Β. Οι απαντήσεις που βελτιώθηκαν ήταν το 32,1% στο τεστ Α και το 42,9% στο τεστ Β. Το 3,6% των απαντήσεων ήταν απαντήσεις υπαναχώρησης.



8.3. Στατιστική σύγκριση μεταξύ και εντός των ομάδων

Οι επιδόσεις και οι στατιστικές συγκρίσεις παρουσιάζονται στο Παράρτημα Π8.

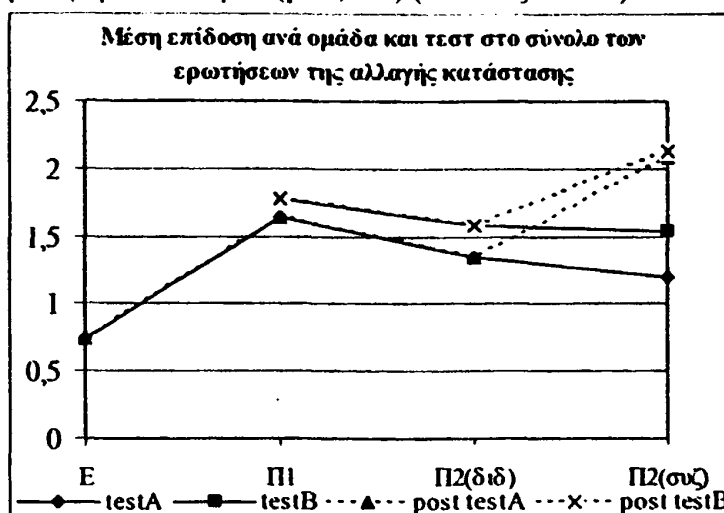
8.3.1. Στατιστική σύγκριση των επιδόσεων των ομάδων στο σύνολο της ενότητας της αλλαγής κατάστασης

Τα στατιστικά περιγραφικά στοιχεία για κάθε ομάδα παρουσιάζονται στον Πίνακα Π8.Π1. Η ερώτηση με την καλύτερη επίδοση αναδείχθηκε η τήξη πάγου, ακολουθούμενη από τον βρασμό. Στην ερώτηση για τη συμπύκνωση ατμών σε κρύα επιφάνεια όλοι οι μαθητές των Ε, Π1, Π2(διδ), και Π2(συζ)pre απαντούν περίπου με τον ίδιο τρόπο. Μετά τη συζήτηση η Π2(συζ) παρουσιάζει σημαντική βελτίωση (Παράρτημα Π8.Δ1).

Στο σύνολο των ερωτήσεων η Π1 παρουσιάζει την υψηλότερη επίδοση. Η ομάδα Π2(διδ) διαφοροποιείται από τη Π1 στο τεστ Α ($p < 0,05$ για το χ -τετράγωνο και $p < 0,1$ για μη παραμετρικό και F) ενώ στο τεστ Β δεν διαφοροποιείται ($p < 0,1$ για το χ -τετράγωνο). Το τμήμα Π2(Σχ1) δίνει τις χαμηλότερες απαντήσεις από όλες τις ομάδες, εκτός της Ε. Στο τεστ Α το μεγαλύτερο ποσοστό αποδεκτών απαντήσεων αφορά την συμπύκνωση. Στο τεστ Β δίνει καλύτερες απαντήσεις. Το τμήμα Π2(Σχ1) διαφοροποιείται από τη Π1 στο τεστ Α ($p < 0,05$ για το χ -τετράγωνο και $p < 0,1$ για μη παραμετρικό και F) ενώ στο τεστ Β δεν διαφοροποιείται. Η επίδοση του Π2(Σχ2), που είχε διδαχθεί τις ενότητες ιδιοτήτων στερεών... και την αλλαγή κατάστασης, δεν διαφοροποιείται από την επίδοση της Π1 (Πίνακας Π8.Π2).

Επίσης η Π1 διαφοροποιείται από την Π2(συζ) στο τεστ Α ($p < 0,05$) ενώ διαφοροποιείται από την Π2(συζ) στο τεστ Β σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,1$ με το μη παραμετρικό ενώ το F δεν δίνει στατιστική διαφοροποίηση. Μετά τη συζήτηση η Π2(συζ) βελτιώνει σημαντικά τις απαντήσεις της και διαφοροποιείται από την Π1, Π2(διδ) $p < 0,05$ και στα δυο τεστ και στο σύνολο και με τα δυο κριτήρια.

Η Π2(συζ) πριν τη συζήτηση παρουσιάζει μέση επίδοση υψηλότερη από την Ε και η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική ($p < 0,01$). Μετά τη συζήτηση επίσης παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά από την Ε ($p < 0,001$) (Πίνακες Π8.Π2).



Διάγραμμα 8.1.: Μέση επίδοση ανά ομάδα και τεστ στο σύνολο των ερωτήσεων της αλλαγής κατάστασης

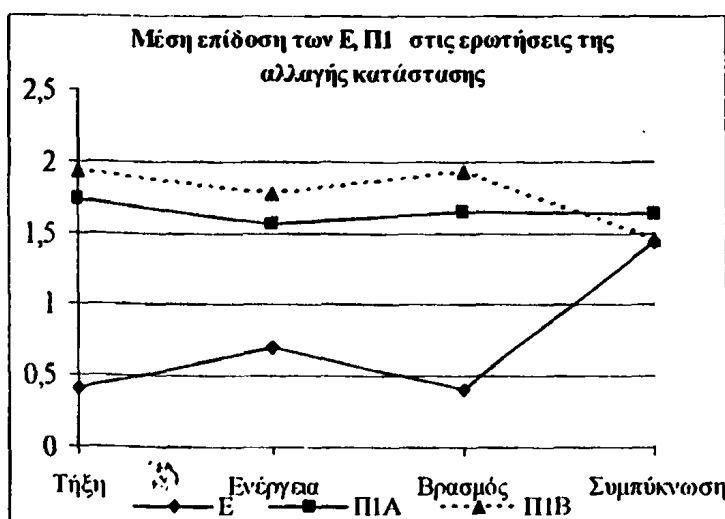
Στην ερώτηση για την τήξη πάγου μέσα στην πορτοκαλάδα οι ομάδες δεν διαφοροποιούνται. Μετά την συζήτηση η Π2(συζ)post διαφοροποιείται από όλες τις άλλες ομάδες και από την Π2(συζ)pre σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,001$ (Πίνακες Π8.Π2').



8.3.2. Στατιστική σύγκριση των ερωτήσεων της ενότητας αλλαγής κατάστασης εντός των ομάδων

Ομάδα Ε

Ανθρωπομορφικά χαρακτηριστικά αποδίδονται στις ουσίες καθώς λιώνουν σε ποσοστό 22,0% ή βράζουν σε ποσοστό 35,6% επειδή δεν αντέχουν. Σημειώθηκαν και διαισθητικές αντιλήψεις βασισμένες και σε αντιληπτικά χαρακτηριστικά όπως οι ουσίες απλώνονται. Απαντήσεις όπως το παγάκι με τη θέρμανση απλώνεται παρατηρούνται στην τήξη σε ποσοστό 11,9%. Άλλες εναλλακτικές που σημειώθηκαν στην ομάδα Ε είναι ότι η θερμότητα είναι μια ουσία (ουσιαστικοποίηση της θερμότητας), που μπορεί να έλκεται, να απορροφάται και να πιάσει χώρο, μια ιδέα που βρίσκεται στην αρχαία ελληνική επιστήμη και έχει ταυτοποιηθεί ως θερμιδική θεωρία (Erickson 1980, Bar & Galili 1994). Έτσι ο πάγος παίρνει θερμότητα (5,1%) και το υγρό νερό είναι μίγμα νερού και θερμότητας. Αυτή η εναλλακτική άποψη εμφανίστηκε και στη ερώτηση για τη χρήση θερμότητας. Για τους μαθητές της Ε η θερμότητα είναι μια ουσία που απορροφάται (30,5%), εξατμίζεται, προκαλεί διάλυση ή η ενέργεια θεωρείται ως κάτι που καταναλώνεται ή χρησιμοποιείται προσωρινά και μετά αποβάλλεται. Στην ερώτηση για τον βρασμό του νερού μεγάλο ποσοστό (35,6%) δίνει εναλλακτικές απαντήσεις που θεωρούν ότι το υγρό παράβρασε και δεν άντεξε, ή το υγρό βράζει πολύ και μετά το υγρό γίνεται ατμός, το υγρό φούσκωσε από την θερμότητα και πετά σταγόνες, ανέβηκε η θερμοκρασία του, φτάνει στους 100 βαθμούς και βράζει ή ότι ο βρασμός είναι οι φουσκάλες ή το κόχλασμα, το νερό ζεσταίνεται πολύ δεν αντέχει και βράζει. Μεγάλο μέρος των μαθητών περιγράφει την συμπύκνωση του νερού στο κρύο καπάκι δίνοντας αποδεκτή μακροσκοπική περιγραφή (εν μέρει αποδεκτή 45,8%). Όπως προαναφέρθηκε αυτή η ερώτηση είχε διδαχθεί στην τάξη και οι μαθητές αναπαρήγαγαν αυτό που είχαν ακούσει. Οι εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο σε ποσοστό 52,5% αφορούν κυρίως ότι οι σταγόνες μαζεύονται στο καπάκι (47,5%) μια εναλλακτική που θεωρεί ότι το νερό εκτοπίστηκε. Οι Dibar & Colinvaux (1989) αναφέρουν ότι λιγότεροι από το 20% δεκάχρονων μαθητών δίνουν μια ορθή απάντηση στην ερώτηση "μπορεί ο ατμός να αλλάξει σε νερό;". Ακόμη δυσκολότερο είναι να εξηγήσουν την συμπύκνωση σε κρύες επιφάνειες. Οι Bar & Trevis (1991) αναφέρουν ότι 20% των δεκατριώνχρονων δίνουν ορθές απαντήσεις ενώ οι Osborne & Cosgrove (1983) μιλάνε για ένα ποσοστό 10%. Κανένας δεκαπεντάχρονος μαθητής δεν ανέφερε ατμό στον αέρα. Μεγαλύτερη 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). Οι ερωτήσεις στο σύνολο διαφοροποιούνται. Η σύγκριση των ερωτήσεων ανά ζεύγη έδωσε σημαντικές διαφορές για όλα τα ζεύγη ερωτήσεις $p < 0,05$ εκτός από το ζεύγος ερωτήσεων 1-3 που απαντιούνται με τον ίδιο τρόπο.



Διάγραμμα. 8.2.: Μέση επίδοση των Ε, ΠΙ στις ερωτήσεις αλλαγής κατάστασης



Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Στην ερώτηση για την τήξη πάγου, που οι μαθητές διδάχθηκαν, σημειώθηκαν οι περισσότερες αποδεκτές απαντήσεις. Στο τεστ Α ανέρχονται σε ποσοστό 73,7% ακολουθούμενες από την ενότητα του βρασμού. Έτσι στην τήξη στο τεστ Α έδωσαν 12,3% πλήρεις μικροσκοπικές, 1,8% πλήρης μακροσκοπική, 59,6% εν μέρει μικροσκοπικές. Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται στο 79,0% (17,5% πλήρεις μικροσκοπικές, 61,4% εν μέρει μικροσκοπικές). Στην ερώτηση για την ενέργεια στην τήξη στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται σε 68,4% των απαντήσεων (7,0% πλήρεις και 61,4% οι εν μέρει). Παρόμοια στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται σε 73,7% των απαντήσεων (12,3% πλήρεις και 61,4% οι εν μέρει). Στην ερώτηση για το βρασμό του νερού στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται στο 61,4% (πλήρεις σωματιδιακές σε ποσοστό 15,8%, εν μέρει μικροσκοπικές σε ποσοστό 43,9% και εν μέρει μακροσκοπικές σε ποσοστό 1,8%). Στο τεστ Β οι αποδεκτές απαντήσεις είναι 79,0% (πλήρεις σωματιδιακές 19,3%, εν μέρει μικροσκοπικές 59,7%). Οι απαντήσεις στην ερώτηση για τον βρασμό είναι ανάλογες με αυτά που σημειώθηκαν στην τήξη. Το σωματιδιακό μοντέλο, που οι μαθητές διδάχθηκαν, έδωσε μια πρώτη κατανόηση ότι ένα δείγμα μιας ουσίας μπορεί να βρεθεί σε αέρια κατάσταση και στη συνέχεια βοηθάει στην κατανόηση αλλαγής κατάστασης. Την κατανόηση ότι μια ουσία μπορεί να βρεθεί και σε αέρια κατάσταση, ως προϋπόθεση για την κατανόηση αλλαγής κατάστασης, προτείνει και Johnson (1998a), (1998b). Η συμπύκνωση ατμού σε κρύα επιφάνεια αποδείχθηκε για τους μαθητές της Π1 η πιο δύσκολη ερώτηση. Στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις καλύπτουν το 59,7% των απαντήσεων (πλήρεις 3,5%, εν μέρει 14,0%, εν μέρει μακροσκοπική περιγραφή 42,1%). Αντίθετα στο τεστ Β οι μαθητές σημείωσαν χαμηλότερες επιδόσεις και έδωσαν εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις (ποσοστό 49,1%). Η συμπύκνωση απαιτεί οι μαθητές να έχουν κατανοήσει τι είναι το αέριο, ότι μια ουσία μπορεί να βρεθεί σε αέρια κατάσταση και ότι η ψύξη ισοδυναμεί με απώλεια ενέργειας που οδηγεί σε αλλαγή της κίνησης και διάταξης των μορίων, μια διαδικασία αντίστροφη από την θέρμανση, που οδηγεί από αέρια σε υγρή κατάσταση. Ωστόσο, οι μαθητές δεν αντιμετωπίζουν αντιστρεπτές διαδικασίες και ο τρόπος σκέψης είναι αλυσιδωτός με προτεινόμενη κατεύθυνση. Η εναλλακτική αυτή αντίληψη έχει ταυτοποιηθεί ως γραμμικός αιτιακός συλλογισμός από Driver et al. (1985/93 273-285).

Εκτός από την ερώτηση της συμπύκνωσης, στην οποία σημειώθηκε υψηλότερη επίδοση στο τεστ Α, λόγω κυρίως της μακροσκοπικής περιγραφής του φαινομένου που οι μαθητές είχαν διδαχθεί, οι επιδόσεις στο τεστ Β ήταν καλύτερες από το τεστ Α. Μια πιο λεπτομερής σύγκριση των ερωτήσεων στο τεστ Α και Β έδειξε ότι διαφοροποιούνται σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$ και στο σύνολο και ανά ερώτηση.

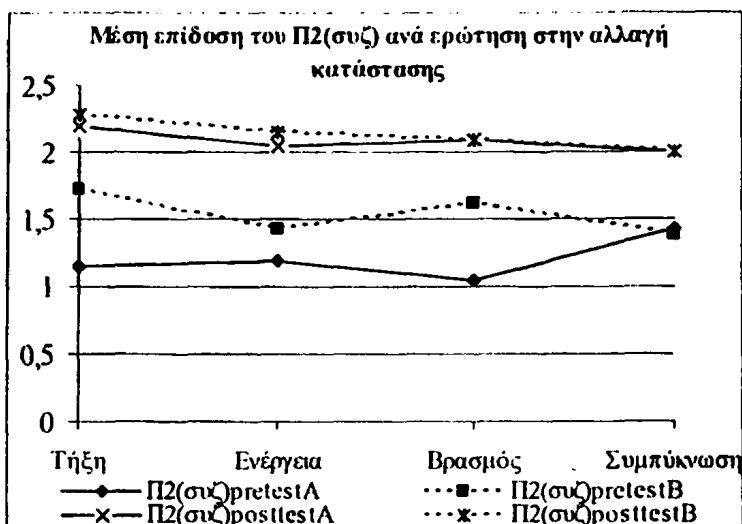
Στο τεστ Α καλύτερη επίδοση σημειώθηκε στην ερώτηση για την τήξη πάγου, που διαφοροποιείται σημαντικά από την ερώτηση για τη χρήση θερμότητας. Στο τεστ Β οι ερωτήσεις 1 και 3 για την τήξη και το βρασμό αναδείχθηκαν πιο εύκολες. Οι συγκρίσεις ανά ζεύγη έδειξαν ότι δεν διαφοροποιούνται οι 1-3 ($p = 1,000$) ενώ στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάζουν τα ζεύγη 1-2, 2-4, 1-4 ($p < 0,05$) και 2-3 σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,1$ (Πίνακες Π8.Π3).

Π2(συζ)

Πριν τη συζήτηση μεταξύ του τεστ Α και του τεστ Β στο σύνολο των ερωτήσεων παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Οι διαφορές μεταξύ τεστ Α και τεστ Β παρατηρούνται στην ερώτηση 1 και 3. Μεταξύ του τεστ Α και του τεστ Β στο σύνολο μετά τη συζήτηση δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τεστ Α και τεστ Β σε καμιά ερώτηση. Μετά τη συζήτηση η μεγαλύτερη βελτίωση σημειώθηκε στην ερώτηση της τήξης ενώ φαίνεται να αποσαφηνίστηκε και ο ρόλος της θερμότητας κατά την τήξη. Οι ερωτήσεις στο μακροσκοπικό τεστ Α δεν διαφοροποιούνται μεταξύ τους. Στο τεστ Β οι καλύτερες επιδόσεις σημειώθηκαν στην ερώτηση 1 για την τήξη πάγου που διαφοροποιείται από την 3 και 4 σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$ (Πίνακες Π8.Π4). Η σύγκριση των ερωτήσεων πριν και μετά τη συζήτηση έδειξε ότι οι ερωτήσεις στο σύνολο διαφοροποιούνται πριν και μετά τη συζήτηση ($p < 0,05$) και στο



σύνολο και στα τεστ Α και Β. Οι απαντήσεις πριν και μετά τη συζήτηση διαφοροποιούνται και ως προς τη χρήση κατηγορίας (κριτήριο χ-τετράγωνο) (Πίνακας Π8.Π5, Π8.Π6, Π8.Π7).



Διάγραμμα 8.3.: Μέση επίδοση του Π2(σucz) στις ερωτήσεις αλλαγής κατάστασης πριν και μετά τη συζήτηση σε ομάδες

8.4. Ανάλυση των συζητήσεων στις ομάδες

Η στατιστική ανάλυση που προηγήθηκε, έδειξε σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών της Π2(σucz) πριν και μετά τη συζήτηση των ερωτήσεων σε ομάδες. Όλες οι συζητήσεις απομαγνητοφωνήθηκαν και καταγράφηκαν κατά λέξη. Στον Πίνακα Π8.Π8 παρουσιάζονται οι επιδόσεις πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες για κάθε μαθητή.

8.4.1. Ανάλυση των συζητήσεων για την τήξη πάγου σε χυμό

Η ερώτηση "Γιατί όταν ρίχνουμε το παγάκι στην πορτοκαλάδα, η πορτοκαλάδα γίνεται κρύα;" έδωσε την ευκαιρία στους μαθητές να αναπτύξουν τις απόψεις τους για την τήξη και την αλλαγή κατάστασης και την σχέση με την ενέργεια. Κατά τις συζητήσεις αναπτύχθηκαν τα παρακάτω μοντέλα:

1. Το παγάκι για να λιώσει χρειάζεται θερμότητα που την παίρνει από την χλιαρή πορτοκαλάδα.

Στην ομάδα 3 έγινε εκτενής συζήτηση και εξετάστηκαν πολλές εναλλακτικές απόψεις.

Αρχικά θεωρήθηκε ότι η πορτοκαλάδα δίνει θερμότητα στο παγάκι (M2). Η M18 δίνει μια εξήγηση για την τήξη του πάγου ως αύξηση του χώρου λόγω κίνησης και απομάκρυνσης των εξωτερικών μορίων ως υγρό, ενώ η M19 εξηγεί ότι αυτό γίνεται στα εξωτερικά μόρια.

M2: Το παγάκι αποτελείται από μόρια.

M19: Είναι στερεό.

M2: Επειδή η πορτοκαλάδα είναι ζεστή, δίνει θερμότητα στο παγάκι.

M18: Λογικά η πορτοκαλάδα είναι πιο ζεστή από το παγάκι γιατί το παγάκι είναι πάγος. Να το εξηγήσουμε με μόρια;

M2: Στο στερεό τα μόρια κινούνται.

M19: Δονούνται, δεν πάνε όπως στο υγρό.

M2: Και, εεε και όπως δονούνται ...

M19: Παίρνουν ενέργεια.

M2: Όπως δονούνται πιάνουν περισσότερο χώρο.

M18: Πιάνουν περισσότερο χώρο. Γι' αυτό άρχισαν να λιώνουν, επειδή έπιασαν περισσότερο χώρο και κινούνται προ στα έξω. Και λιώνει.

M19: Το παγάκι λιώνει και γίνεται υγρό.



M18: Το παγάκι λιώνει γιατί τα μόρια πάγου δονούνται αλλά όχι και τόσο πολύ. Όταν μπαίνουν μέσα στην πορτοκαλάδα που είναι ζεστή, παίρνουν θερμότητα και μάθαμε ότι όταν παίρνουν ενέργεια, δονούνται περισσότερο. Τα μόρια δονούνται περισσότερο, δεν έχουν χώρο να κάτσουν μέσα στο παγάκι και έτσι αρχίζει να λιώνουν και να φεύγουν κάποια μόρια.

M2: Πώς, αφού το παγάκι αποτελείται από μόρια, πώς δεν έχει χώρο;

M19: Φεύγουν τα έξω και μένει ένα κομμάτι πάγου. Το έχουμε δει όταν βάζουμε παγάκι στη πορτοκαλάδα. Δεν λιώνει αμέσως όλο.

M18: Η πορτοκαλάδα πήρε μετά τη θερμοκρασία του πάγου. Ο πάγος είχε χαμηλή θερμοκρασία και η πορτοκαλάδα πήρε τη χαμηλή θερμοκρασία.

Η M2 προτείνει ανάμιξη κρύων μορίων νερού με χυμού, ενώ η M18 απορρίπτει αυτή τη πρόταση, η M19 συζητά για μεταφορά κρύου, αλλά μετά η M18 ξανασκέφτεται την ανάμιξη κρύων σωματιδίων καθώς αναρωτιόνταν πώς γίνονται ένα υγρό. Η M2 όμως επανεξετάζει τη πρότασή της ότι τα μόρια είναι κρύα μια και αυτά παίρνουν ενέργεια. Έτσι η συζήτηση στρέφεται σε μεταφορά θερμότητας από την πορτοκαλάδα στον πάγο για να λιώσει και στη συνέχεια θερμική ισορροπία των δυο υγρών.

M2: Τα μόρια του πάγου σκορπίζουν στα κενά που έχει η πορτοκαλάδα.

M18: Δεν υπάρχουν κρύα μόρια. Εγώ νομίζω ότι τα μόρια του πάγου κάνουν υγρό και γίνονται ένα. Αυτό που λέει η M2 είναι σαν να μπαίνουν μέσα στα μόρια μικρά κρύα παγάκια. Δεν έχουμε μικρά παγάκια πάγου αλλά υγρό νερό. Ο πάγος είναι κρύος, όχι τα μόρια.

M19: Μήπως η θερμότητα από το παγάκι, το κρύο πάει στην πορτοκαλάδα;

M18: Γίνεται ένα με την πορτοκαλάδα, όταν λιώνει ο πάγος. Όταν λιώνει ο πάγος, γίνεται ένα με την πορτοκαλάδα έτσι γίνεται κρύα.

M19: Η πορτοκαλάδα ήταν ζεστή, όταν λιώνει γίνεται ένα με την πορτοκαλάδα και αυτή κρυώνει. Έτσι;

M18: Τώρα που το ξανασκέφτομαι μπορεί να είναι σωστή η άποψη της M2.

M2: Εγώ άλλαξα γνώμη, για να βγουν τα μόρια από τον πάγο, πήραν θερμότητα από την πορτοκαλάδα, δεν γίνεται να ξανακρυώσουν.

M18: Αφού κρύα βγαίνουν έξω, κρύα βγαίνουν.

M19: Πήραν μια φορά ενέργεια τώρα θα ξανακρυώσουν;

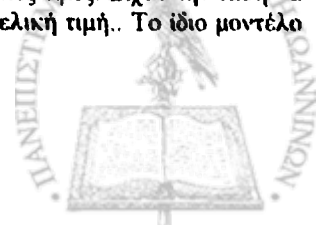
M18: Το υγρό που θα προκύψει θα έχει τη θερμοκρασία του πάγου, θα είναι κρύο. Άρα προκύπτει υγρό, δεν είναι μικρά κομμάτια πάγου που σκορπίζουν. Δεν μπορεί να είναι αυτό που η M2 έλεγε αρχικά. Ο πάγος παίρνει τη θερμότητα της πορτοκαλάδας μόνο για να λιώσει και όχι να αλλάξει η θερμοκρασία του.

M19: Πήρε θερμότητα ο πάγος από την πορτοκαλάδα, έλιωσε και σιγά σιγά έγινε υγρό έτσι; Και τα μόριά του άρχισαν να κινούνται πιο γρήγορα, γιατί είναι υγρό. Δεν έγινε πάλι ζεστός ο πάγος, κρύο υγρό πήραμε πάλι.

M18: Η θερμοκρασία του πάγου είναι μηδέν βαθμούς. Όταν παίρνει θερμότητα, μπορεί να ανεβαίνουν λίγο οι βαθμοί της θερμοκρασίας του, αλλά πάλι για να λιώσει πρέπει να είναι μεγαλύτερη η θερμοκρασία της πορτοκαλάδας. Παίρνει τη θερμότητα, λιώνει, είναι η θερμοκρασία του όταν έχει λιώσει είναι χαμηλότερη από τις πορτοκαλάδας και παίρνει τη θερμοκρασία της πορτοκαλάδας. Μετά από μία ώρα κρυώνει. Δεν θα κρατήσει πολύ που θα γίνει κρύο. Μετά από λίγο θα ξαναζεσταθεί. Να το ξαναπώ; Ο πάγος έχει θερμοκρασία μηδέν βαθμοί. Η πορτοκαλάδα λογικά έχει πιο μεγάλη θερμοκρασία. Έ, παίρνει θερμότητα ο πάγος για να λιώσει, μπορεί να ανέβει στους 5 βαθμούς το νερό και επειδή αυτό είναι 5 βαθμούς κατεβάζει τη θερμοκρασία της πορτοκαλάδας. Η πορτοκαλάδα είναι 15 βαθμούς και το νερό είναι 5 και κατεβάζει τη θερμοκρασία. Έτσι μπορεί να έχει γίνει 10 βαθμούς. Μπορεί όμως να έχω και λάθος, 15 και 5 να μας κάνει 20 βαθμούς. Όχι, όχι λάθος θα κατέβει η θερμοκρασία.*¹

Εδώ η M18 αναπτύσσει έναν συλλογισμό σε μακροσκοπικό επίπεδο για μεταφορά θερμότητας από την πορτοκαλάδα στον πάγο και μετά αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας. Η M18 δεν γνωρίζει ή

¹ Για την εκτίμηση της τελικής θερμοκρασίας, όταν αναμιχθούν ποσότητες νερού διαφορετικής θερμοκρασίας οι Driver and Russel (1982) διαπίστωσαν ότι πάνω από 50% των παιδιών ηλικίας 8 έως 9 ετών και το 80% των παιδιών ηλικίας 13 έως 14 ετών κατέληξαν σε σωστούς ποιοτικούς χαρακτηρισμούς. Λιγότερο όμως από το 25% των παιδιών ηλικίας 13-14 ετών προέβλεψε μια μέση τιμή θερμοκρασίας όταν τους δόθηκαν οι αριθμητικές τιμές. Είχαν την τάση να προσθέσουν ή να αφαιρούν τις τιμές των δυο αρχικών θερμοκρασιών για να βρουν την τελική τιμή. Το ίδιο μοντέλο βρήκαν και οι Slavy and Berkovitz (1980).



δεν χρησιμοποιεί τη θερμοκρασία τήξης του πάγου και κάνει εκτιμήσεις της τελικής θερμοκρασίας βασιζόμενες στο μέσο όρο θερμοκρασίας των δυο σωμάτων.

A: Καπλήγεται κάποιον;

M18: Νομίζω ότι το νερό είναι κρύο και ανακατεύεται με την πορτοκαλάδα όταν γίνεται ένα αρχίζει να καταβάξει τη θερμοκρασία της πορτοκαλάδας. Γίνεται ένα με την πορτοκαλάδα.

A: Αν βάλω ένα παγάκι στο χέρι μου θα κρυώσω. Γιατί;

M19: Γιατί το παγάκι είναι κρύο.

M18: Τι άλλο να πούμε; Το παγάκι λιώνει, και πάει πχ. 5 γιατί παίρνει θερμότητα από τη πορτοκαλάδα, ανεβαίνει η θερμοκρασία και γίνεται 5 αλλά δεν γίνεται ίδια με τη πορτοκαλάδα και μετά θα γίνουν ένα. Θα έχουμε δυο υγρά με διαφορετικές θερμοκρασίες. (Σιωπή)...

M18: Να ρωτήσω κάτι. Αν λιώσει το παγάκι και αφήσουμε ώρα πολύ να περάσει πάλι ζεσταίνεται η πορτοκαλάδα. Θα ζεστάθηκε γιατί το κρύο του πάγου θα φύγει. Σηγά σηγά άρχισε ο πάγος να παίρνει τη θερμοκρασία της πορτοκαλάδας το νερό που βγαίνει από τον πάγο. Η πορτοκαλάδα στην αρχή κρυώνει γιατί της μεταδίδει το κρύο.

M19: Ο πάγος είναι πιο κρύος και πάει το ψύχος από το κρύο στο ζεστό.

A: Γιατί η πορτοκαλάδα ζεσταίνεται μετά από πολύ ώρα;

M18: Ανέβηκε πολύ η θερμοκρασία του νερού και όταν ανακατεύτηκε ζεστάθηκε πολύ.

Πριν τη συζήτηση οι μαθήτριες έδωσαν εναλλακτικές απαντήσεις.

Τα μόρια από το παγάκι που είναι ζεστά πηγαίνουν ανίμισα στα κενά των μορίων του ζεστού χυμού (M2).

Ο χυμός λογικά είναι πιο ζεστός από τα παγάκια έτσι απορροφούν θερμότητα και λιώνουν (M18).

Όταν βάζουμε τα παγάκια στο ζεστό χυμό χάνουν τη θερμότητά τους τα μόρια γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο και γίνονται υγρά (M19).

Μετά τη συζήτηση οι μαθήτριες αναπαρήγαγαν το μοντέλο τήξης και θερμικής ισορροπίας μεταξύ δυο υγρών, χωρίς αναφορά στην χρήση θερμότητας για την τήξη.

Το παγάκι πήρε θερμότητα έγινε υγρό, τα μόρια παραμένουν κρύα αλλά όχι όσο είναι στην αρχή αφού το παγάκι μετά από λίγη ώρα το παγάκι πήρε την θερμότητα του χυμού (M2).

Όταν ρίχνουμε το παγάκι (που είναι 0 βαθμοί), μέσα στην πορτοκαλάδα που είναι 15 βαθμοί, αρχίζει να παίρνει θερμότητα και να λιώνει. Τα μόρια του πάγου αρχίζουν να δονούνται γρηγορότερα δεν έχουν άλλο χώρο και έτσι λιώνει. Όταν λιώσει το παγάκι ας πούμε 5 βαθμοί, που η θερμοκρασία του έχει ανεβεί (έχει πάρει θερμότητα από τη θερμοκρασία της πορτοκαλάδας) μεταδίδει το ψύχος στην πορτοκαλάδα ανακατεύεται με αυτή (παγάκι = τώρα είναι υγρό) και έτσι η πορτοκαλάδα γίνεται κρύα (M18).

Όταν έχουμε σε ένα ποτήρι πορτοκαλάδα που είναι ζεστή και βάλουμε ένα παγάκι που είναι κρύο το παγάκι λιώνει και παίρνει θερμότητα από την πορτοκαλάδα αρχίζουν τα μόρια να κινούνται πιο γρήγορα και το παγάκι γίνεται υγρό, μετά η πορτοκαλάδα έγινε πιο κρύα απ' ότι ήταν όταν αναμειγνύονται τα δυο υγρά (M19).

2. Το παγάκι παίρνει ενέργεια από την χλιαρή πορτοκαλάδα, γίνεται υγρό και αποκαθίσταται θερμική ισορροπία μεταξύ των δυο υγρών. Η τήξη απαιτεί ενέργεια.

Η ομάδα 2 είχε προτείνει στην ερώτηση για την συμπύκνωση να παραστήσουν το φαινόμενο κάνοντας χρήση του κιναισθητικού μοντέλου που είχαν μάθει. Έτσι αν και στο pre test είχαν εναλλακτικές μακροσκοπικές απόψεις (Ο χυμός έχει θερμότητα και ο πάγος είναι κρύος. Έτσι λιώνει (M4 pretest)), στη συνέχεια ανέπτυξαν απόψεις αποδεκτές.

M4: Ωραία, σήκω M11 να το παραστήσουμε.

M11: Εμείς είμαστε το παγάκι.

M15: Εγώ με την κυρία θα παραστήσουμε την πορτοκαλάδα, την ζεστή πορτοκαλάδα. Γλιστρούμε το ένα δίπλα στο άλλο.

M11: Εμείς είμαστε μόρια από το παγάκι. Είμαστε κολλημένα μεταξύ μας και δονούμαστε απλάως.

M4: Μην αλλάζεις θέση.

M11: Εσείς, η πορτοκαλάδα είστε ζεστή.

M4: Χλιαρή.

M11: Εμείς παίρνουμε ενέργεια από την χλιαρή πορτοκαλάδα.

M4: Μας την δίνετε εσείς που είστε μόρια υγρά και κινείστε πιο πολύ από μας...

M11: Και εμείς κινούμαστε πιο πολύ, πιο πολύ (παριστάνουν πιο ισχυρή δόνηση), και...

M4: Εμείς κινούμαστε πιο γρήγορα αλλά εσείς πιο αργά γιατί σας πήραμε ενέργεια.

M11: Και κινούμαστε πιο πολύ και αρχίζουμε να ξεκολλάμε.



M4: Να γινόμαστε πιο χαλαροί. Γινόμαστε υγρό.

M4: Εσείς κρυώσατε γιατί σας πήραμε ενέργεια και εμείς κινούμαστε πιο γρήγορα.

M11: Εσείς μας δώσατε τη θερμότητά σας, εμείς την χρησιμοποιήσαμε για να κινηθούμε, εμείς την χρειαζόμασταν και την πήραμε από κει που μπορέσαμε.

M15: Το παγάκι έλιωσε μέσα στην πορτοκαλάδα. Τη θερμότητα την έδωσε η πορτοκαλάδα.

Δ: Γίναμε ίδια μόρια μετά;

M4: Όχι εμείς είμαστε μόρια νερού και σεις μόρια πορτοκαλάδας.

M11: Έχουμε θερμότητα.

M4: Πήραμε θερμότητα και δίνουμε και στην κρύα πορτοκαλάδα και έχουμε ίδια.

M15: Εμείς δώσαμε σε σας θερμότητα και μείναμε με λίγη.

M4: Την μοιραζόμαστε μέχρι να έχουμε την ίδια θερμότητα.

M15: Και έτσι το παγάκι έλιωσε.

Δ: Πολλά παιδιά λένε ότι κρύα μόρια από το παγάκι σκορπίζουν ανάμεσα από τα κενά της πορτοκαλάδας και την κρυνώνουν.

M15: Δεν ενώθηκαν, έχουμε δυο υγρά που ανακατεύτηκαν

(Συμφωνούν όλες).

Στο τεστ μετά τη συζήτηση οι απαντήσεις των μαθητριών ήταν επιστημονικά αποδεκτές.

Τα μόρια του χυμού δίνουν ενέργεια στα μόριά του έτσι χάνουν λίγη. Τα μόρια του πάγου αρχίζουν να κινούνται και σιγά σιγά γίνονται υγρά. Έτσι σε λίγο μόρια της πορτοκαλάδας και του πάγου αποκτούν την ίδια θερμοκρασία έτσι η πορτοκαλάδα κρύωσε (M4).

3. Κρύα μόρια πάγου σκορπίζουν στην πορτοκαλάδα και την δροσίζουν.

Το απόσπασμα που ακολουθεί είναι από τη συζήτηση τριών αγοριών (ομάδα 6) (M16, M12, M21) που στο pre τεστ και οι τρεις ανέφεραν ότι το κρύο νερό από την τήξη πάγου κρυνώνει τον χυμό. Στη διάρκεια της συζήτησης ανέπτυξαν μικτές απόψεις διάλυσης και μεταφοράς κρύου από το παγάκι. Οι εναλλακτικές απόψεις δεν εξετάστηκαν, κάτι που συνέβη και σε άλλες ερωτήσεις.

M16: Το παγάκι που έχει μέσα λιώνει και βγαίνουν τα μόρια από το παγάκι, γίνονται υγρά γίνονται ένα και έτσι δροσίζεται ο χυμός. Σκορπίζουν κρύα μόρια παντού. Όπως στη ζάχαρη μπαίνουν στα κενά του νερού. Αυτό γίνεται γιατί πάει από το ζεστό στο κρύο και σκορπίζονται πιο εύκολα.

M12: Πράγματι στο ζεστό διαλύεται πιο εύκολα το παγάκι. Έφυγε κρύο από το παγάκι και πήγε στο ζεστό. Έτσι κάνουν κάτι δροσερό.

M21: Σκόρπισαν τα μόρια πάγου.

M16: Έγιναν ένα τα μόρια πάγου με τα μόρια της πορτοκαλάδας.

Στο τεστ μετά τη συζήτηση και οι τρεις μαθητές ανέπτυξαν εναλλακτικές μικροσκοπικές απόψεις.

Τα μόρια που είναι στο παγάκι βρίσκουν θερμότητα μπροστά τους και μετακινούνται στον ζεστό χυμό έτσι επειδή τα μόρια είναι κρύα μπαίνουν μέσα στο χυμό και τον κρυνώνουν (M12).

4. Ένα άλλο μοντέλο για την τήξη πάγου σε χυμό, είναι αυτό της επιβράδυνσης μορίων πορτοκαλάδας, που οφείλεται στη συμπλήρωση των κενών του νερού λόγω μετατροπής στερεού νερού σε υγρό. Ανάλογο μοντέλο με αυτό είχε προτείνει η ομάδα (κυρίως ο μαθητής M1) για την ερμηνεία κορεσμένων διαλυμάτων.

Στο απόσπασμα συζήτησης των μαθητών της ομάδας 4, που ακολουθεί, ο μαθητής M1 πρότεινε ένα μοντέλο για την ψύξη της πορτοκαλάδας που αναφερόταν στην επιβράδυνση των μορίων του χυμού αλλά οι άλλοι μαθητές διαφώνησαν και υιοθέτησαν ένα μοντέλο ανάμιξης κρύου και ζεστού νερού ή μεταφοράς ψύχους από τον κρύο νερό στην πορτοκαλάδα, που ήταν πιο κοντά στην εμπειρία τους.

Στην αρχή ο M9 πρότεινε ανάμιξη κρύου και ζεστού υγρού.

M9: Από στερεή κατάσταση το παγάκι που είναι στο χυμό υγροποιείται - γίνεται υγρό μέσα στην πορτοκαλάδα, αναμιγνύεται με το νερό και έτσι γίνεται πιο κρύα η πορτοκαλάδα.

Δ: Γιατί κρυνώνει;

M9: Γιατί το νερό είναι πιο κρύο από την πορτοκαλάδα αναμιγνύεται με την πορτοκαλάδα και γίνεται πιο κρύα η πορτοκαλάδα.

Ο M22 μεταφορά ψύχους και ο M23 διασκορπισμό κρύων μορίων νερού.



M22: Το παγάκι γίνεται υγρό και τη θερμοκρασία του τη δίνει στην πορτοκαλάδα και η πορτοκαλάδα γίνεται πιο κρύα.

M23: Το παγάκι είναι στερεό και κρύο, τα μόριά του κινούνται πιο γρήγορα μέσα στην πορτοκαλάδα και πάνε κρύα μόρια νερού και θα το παγώσουν.

Ο Μ1 επισήμανε ότι δεν υπάρχουν κρύα μόρια αλλά το σύνολο των μορίων κάνει κρύο.

M1: Όχι τα μόρια δεν είναι κρύα, το σύνολο μορίων είναι κρύο.

Δ: Είπες Μ9 ότι κρύα μόρια πάνε στην πορτοκαλάδα.

M23: Τα μόρια όπως είναι κρύο το παγάκι τα μόρια τον κρυώνουν.

M9: Από στερεή κατάσταση το παγάκι που είναι στο χυμό υγροποιείται- γίνεται υγρό μέσα στην πορτοκαλάδα, αναμιγνύεται με το νερό και έτσι γίνεται πιο κρύα η πορτοκαλάδα.

Δ: Γιατί κρυώνει;

M9: Γιατί το νερό είναι πιο κρύο από την πορτοκαλάδα αναμιγνύεται με την πορτοκαλάδα και γίνεται πιο κρύα η πορτοκαλάδα.

M22: Το παγάκι γίνεται υγρό και τη θερμοκρασία του τη δίνει στην πορτοκαλάδα και η πορτοκαλάδα γίνεται πιο κρύα.

M23: Το παγάκι είναι στερεό και κρύο, τα μόριά του κινούνται πιο γρήγορα μέσα στην πορτοκαλάδα και πάνε κρύα μόρια νερού και θα το παγώσουν.

M1: Όχι τα μόρια δεν είναι κρύα, το σύνολο μορίων είναι κρύο.

Δ: Είπες Μ9 ότι κρύα μόρια πάνε στην πορτοκαλάδα.

M23: Τα μόρια όπως είναι κρύο το παγάκι τα μόρια τον κρυώνουν.

Ο Μ1 προτείνει ένα μοντέλο επιβράδυνσης μορίων πορτοκαλάδας που οφείλεται στο κρύο του χυμού. Στη συνέχεια προσθέτει ότι αυτό οφείλεται στη συμπλήρωση των κενών του νερού, ανάλογο με αυτό που είχε προτείνει για την ερμηνεία κορεσμένων διαλυμάτων, και μεταφορά θερμότητας από την πορτοκαλάδα σε πάγο.

M1: Τα μόρια του πάγου κινούνται αργά, δονούνται και γι' αυτό είναι κρύο. Έτσι μόλις μπει στην πορτοκαλάδα θα κάνει θα κάνει τα μόρια της πορτοκαλάδας να κινούνται πιο αργά.

Δ: Γιατί; Γιατί τα κάνει να κινούνται αργά;

M1: Ο πάγος θα χωριστεί, όχι, θα γίνει υγρό και τα μόριά του θα πάνε ανάμεσα στα μόρια πορτοκαλάδας και αφού θα μειωθεί ο χώρος, και τα μόρια της πορτοκαλάδας θα κινούνται πιο αργά.

Δ: (απευθυνόμενος στους άλλους που μιλάνε μεταξύ τους), παιδιά χαζεύετε και δεν παρακολουθείτε.

M1: Αυτό σημαίνει ότι είναι πιο κρύο.

Δ: Θα επαναλάβω τι είπε ο Μ1 γιατί δεν προσέχατε. Λέει ότι τα μόρια πορτοκαλάδας κινούνται αργά γιατί ανάμεσα στα κενά μπαίνουν τα μόρια νερού και μικραίνει ο χώρος. Εσύ Μ23 είχες πει ότι κρύα μόρια νερού πάνε στην πορτοκαλάδα αλλά είπατε επίσης ότι τα μόρια δεν είναι κρύα.

M9: Ο Μ22 τι λέει;

M1: Η πορτοκαλάδα κρυώνει. Δηλαδή χάνει ενέργεια. Μπορεί η ενέργεια από να πάει από τα ζεστά στα κρύα να φύγει από την πορτοκαλάδα να πάει στο παγάκι κι αυτό λιώνει και μετά πάει στα κενά και αυτά τα μόρια πάνε στην πορτοκαλάδα, τα μόρια της πορτοκαλάδας αργούν, και αυτό κάνει να κρυώνει η πορτοκαλάδα.

Ο Μ9 δεν εξετάζει καθόλου το μοντέλο της επιβράδυνσης αλλά ισχυρίζεται ότι μεταφέρεται κρύο από το παγάκι στην πορτοκαλάδα. Η έλλειψη επιχειρημάτων από τους συμμαθητές του σε μοριακό επίπεδο δεν βοήθησε τον Μ1 να βελτιώσει το συλλογισμό του.

M9: Είπε ότι μεταφέρεται ενέργεια από την πορτοκαλάδα στο παγάκι και αυτό λιώνει. Κι εγώ το είχα σκεφτεί αλλά δεν περίμενα να είναι σωστό. Γιατί το παγάκι όταν λιώνει δίνει το ψύχος στην πορτοκαλάδα. Μου φαίνεται πιο λογικό.

M23: Πιο λογικό είναι ότι το παγάκι δίνει το ψύχος στην πορτοκαλάδα και συμφωνώ με τον Μ9.

M22: Κι εγώ συμφωνώ με τον Μ9 γιατί αν έδινε η πορτοκαλάδα θερμότητα και μετά έλιωνε το παγάκι η πορτοκαλάδα θα έπαιρνε πίσω την ενέργειά της από το παγάκι που μόλις έλιωσε.

M1: Τα μόρια του νερού και αν πάρει πίσω την ενέργειά της η πορτοκαλάδα τα μόρια θα πάνε στην πορτοκαλάδα και επειδή κινούνται αργά πάλι λιώνει.

Δ: Για να λιώσει το παγάκι θα πρέπει να πάρει ενέργεια ή να δώσει;

M22: Πρέπει να πάρει ενέργεια. Θα πάρει από τον αέρα.

M1: Εγώ επιμένω.

M9: Κι εγώ στα δικά μου.

M22: Κι εγώ συμφωνώ με τον Μ9.



Η σύσταση του δασκάλου να δουλέψουν με μόρια δεν βοήθησε τη συζήτηση καθώς ο M22 δίνει ένα μοντέλο τήξης και διασκορπισμού μορίων ή διάλυσης πάγου και διασκορπισμού μορίων και ο M9 επέμενε στην μεταφορά κρύου.

Δ: Χρησιμοποιείτε μόρια.

M22: Τα μόρια της πορτοκαλάδας ανακατεύονται με τα μόρια από το παγάκι και επειδή το παγάκι ζεσταίνεται και τα μόρια έγιναν σε υγρή κατάσταση μπαίνουν στα κενά της πορτοκαλάδας και την κρύνουν.

M1: Τα μόρια όμως δεν είναι κρύα αλλά είναι σύνολο μορίων που κινούνται αργά.

M22: Τα μόρια της πορτοκαλάδας επειδή είναι ζεστή σπάνε όπως στη ζάχαρη το παγάκι σπάει σε μόρια και σκορπίζουν.

M9: Επιμένω ότι το κρύο του πάγου πάει στην πορτοκαλάδα.

M1: Επιμένω.

Στο τεστ μετά τη συζήτηση μόνο ο M1 αναφέρθηκε στην ψύξη χυμού λόγω απώλειας ενέργειας.

Απαντήσεις πριν και μετά τη συζήτηση

Ο πάγος που είναι κρύος κάνει τα μόρια του χυμού να κινούνται πιο αργά και έτσι είναι κρύος (M1).

Η ενέργεια από την πορτοκαλάδα πάει στο παγάκι και έτσι λιώνει. Τα μόρια νερού πάνε ανάμεσα στα μόρια πορτοκαλάδας και κινούνται πιο αργά (M1post).

Η χαμηλή θερμοκρασία από το παγάκι ψύχει και τον χυμό (M9).

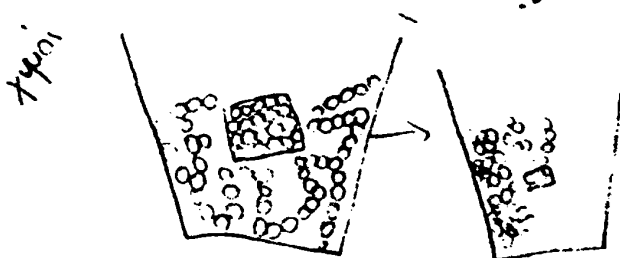
Η πορτοκαλάδα θα αρχίσει να λιώνει και η πορτοκαλάδα θα ψύχεται (M9post).

Λιώνει το παγάκι με το κρύο της ατμόσφαιρας και έτσι κρύνει και η πορτοκαλάδα (M22).

Η πορτοκαλάδα δίνει την ενέργειά της στο παγάκι. Το παγάκι λιώνει και δίνει το κρύο του στην πορτοκαλάδα (M22post).

Τα μόρια από το παγάκι βοηθούν να παγώσει ο χυμός (M23).

Στην πορτοκαλάδα το παγάκι δίνει το ψύχος του και έτσι κρύνει (M23post).



Σχέδιο 8.1.: Σχεδίαση τήξης πάγου μέσα σε πορτοκαλάδα στην ομάδα 5 του Π2(Σχ3)

8.4.1. Ανάλυση των συζητήσεων για την εξάτμιση και τον βρασμό του νερού

1. Στις ομάδες η εξάτμιση και ο βρασμός ερμηνεύτηκαν ως απομάκρυνση των μορίων λόγω της θερμότητας προς σχηματισμό αερίου. Η εναλλακτική άποψη ότι τα μόρια εξατμίζονται ελέγχθηκε με βάση τις ιδιότητες των μορίων και απορρίφθηκε.

Στην ομάδα 3 τριών κοριτσιών χρειάστηκε οι μαθήτριες να ξεκαθαρίσουν αν τα μόρια είναι μέσα στο υγρό ή αποτελούν το υγρό. Παρατηρήθηκε προσπάθεια προσαρμογής των μορίων σε αυτά που ξέρουν και όχι ερμηνεία με βάση τα μόρια.

Η M18 αμέσως αναγνωρίζει ότι τα μόρια δίνουν τη διαδικασία ενώ αυτά που είχε μάθει περιγράφουν το φαινόμενο.

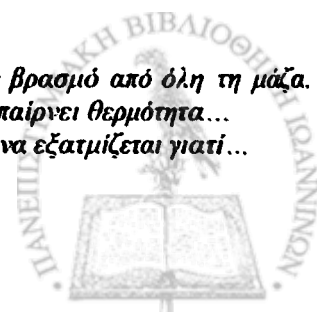
M18: Με μόρια να εξηγήσουμε την εξάτμιση ή διαφορετικά;

Δ: Όπως θέλετε. Αρκεί η εξήγησή σας να είναι πιο πλήρης.

M18: Να πούμε πώς εξατμίζονται ή τη διαδικασία... (σιωπή).

M18: Με την εξάτμιση το υγρό εξατμίζεται μόνο από την επιφάνεια. Στον βρασμό από όλη τη μάζα. Αυτό συμβαίνει ως εξής: ο ήλιος, από τη ζέση του ήλιου...εντάξει από αυτό παίρνει θερμότητα...

M19: Ο ήλιος πέφτει πάνω στο νερό...ε και το νερό, η επιφάνειά του αρχίζει να εξατμίζεται γιατί...



M18: Η εξάτμιση είναι μετατροπή του υγρού σε αέριο, μόνο από την επιφάνεια του υγρού. Τα μόρια του υγρού δεν είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο, αλλά ούτε και πολύ μακριά...

M19: Γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο.

Στη συνέχεια θεώρησαν τα μόρια ζωντανές οντότητες αλλά αμέσως η M18 αναγνωρίζει το λάθος της.

M18: Από την ζέστη του ήλιου, δεν αντέχουν.

M19: Α...δεν αντέχουν τη ζέστη και αρχίζουν σιγά σιγά να αραιώνουν.

M18: Δεν αντέχουν την πίεση, μήπως; Τα μόρια δεν έχουν ιδιότητες σωμάτων, δεν μπορούμε να πούμε

...
Η M2 προτείνει ότι η θερμότητα μπαίνει στα κενά και σπρώχνει και η M18 το σκέφτεται και θεωρεί ότι ο ήλιος τα συμπιέζει.

M2: Νομίζω ότι η θερμότητα που δίνει ο ήλιος, μπαίνει ανάμεσα από τα μόρια... από τα κενά και τα σπρώχνει.

M18: Μήπως η θερμότητα που δίνει ο ήλιος τα συμπιέζει;

M2: Ναι.

Η M19 αναγνωρίζει ότι τα μόρια αραιώνουν και δεν συμπιέζονται από τη θερμότητα και γελώντας αναπτύσσει το μοντέλο "σταφίδες σε κέικ" όπου, αφού το υγρό εξατμίζεται, θα φύγουν και τα μόρια.

M19: Όχι, όχι αφού αραιώνουν. Στο αέριο γίνονται πιο μεγάλη απόσταση. Μήπως το νερό αρχίζει να εξατμίζεται και τα μόρια, όπως εξατμίζεται το νερό να πηγαίνουν προς τα πάνω; (γελάει).

M2: Ναι.

Ακολούθησε συζήτηση για το αν τα μόρια είναι μέσα στο υγρό και η M18 φαίνεται ότι έχει σωστή άποψη, ενώ η M19 θεωρεί ότι τα μόρια εξατμίζονται όπως και το αέριο, ενώ η M2 δηλώνει ότι μπερδεύτηκε με όλα τούτα.

M18: Τα μόρια είναι ένα με το υγρό, όταν εξατμίζεται το υγρό, φεύγουν και τα μόρια. Δεν εξατμίζονται τα μόρια.

M19: Εννοώ, όπως εξατμίζεται το υγρό, το υγρό είναι μόρια. Εξατμίζεται το νερό, εξατμίζονται και τα μόρια. Έτσι δεν είναι;

M2: Μπερδεύτηκα τώρα.

M18: Όχι, εγώ άλλο κατάλαβα ότι έλεγε, ότι φεύγουν τα μόρια. Δεν συμφωνώ ότι τα μόρια φεύγουν, είναι ένα με το νερό, δεν είναι μίγμα για να φύγουν.

Η M18 αναγνωρίζει ότι έχει υγρό με μόρια και αέριο με μόρια. Το πρόβλημά τους είναι πώς γίνεται αέριο.

M18: Δεν είπαμε ότι στην εξάτμιση φεύγουν από την επιφάνεια; Το υγρό μαζί με τα μόρια εξατμίζεται και μετά το υγρό είναι σε αέρια κατάσταση και τα μόρια είναι αέριο.

Η σχεδίαση κάνει τις μαθήτριες να δομήσουν πρόταση, πρόταση το μοντέλο τους. Η M2 δίνει την εναλλακτική άποψη ότι τα μόρια αφήνουν ενέργεια και γίνονται πιο ελαφριά.

M18: (Σχεδιάζει το νερό με μόρια και κάνει την επιφάνεια). Το ζητούμενο είναι πώς τα μόρια κάνουν το αέριο.

M2: Τα μόρια κάνουν το νερό, δεν είναι μέσα.

M19: Ο ήλιος δίνει στα μόρια θερμότητα.

M2: Τα πιέζει;

M18: Όταν γίνει εξάτμιση, εεε... είναι μερικά εδώ αραιά. Έγινε εξάτμιση και το υγρό έγινε αέριο, μόνο μια ποσότητα.

M19: Το υγρό είναι τα μόρια, έτσι; Αυτό που έχουμε στο δοχείο είναι υγρό.

M2: Αυτό από πάνω είναι νερό σε αέρια κατάσταση. Ο ήλιος δίνει θερμότητα, τα μόρια την παίρνουν και αφήνουν κάποια ενέργεια πίσω τους, ας πούμε στο ποτήρι, γίνονται πιο ελαφριά και κινούνται προς τα πάνω.

Η M19 και M18 επισημαίνουν ότι τα μόρια δεν μεταβάλλονται. Η M19 επανέρχεται και λέει ότι τα μόρια εξατμίζονται γιατί πήραν ενέργεια από τον ήλιο, χωρίς να είναι σαφές τι εννοεί λέγοντας εξάτμιση.

M19: Όπως μάθαμε δεν γίνονται πιο ελαφριά.

M18: Μα τα μόρια ούτε ζεσταίνονται ούτε διαστέλλονται, ούτε γίνονται πιο ελαφριά.

Δ: Να συνοψίσω. Είπατε σωστό το σχέδιο της M18 και ότι τα μόρια πήραν θερμότητα ζεστάθηκαν και έγιναν πιο ελαφριά.

M19: Το σχέδιο λοιπόν είναι καλό αλλά δεν ξέρουμε γιατί φεύγουν μερικά από το υγρό.



M18: Η θερμότητα ούτε διαστέλλει τα μόρια, ούτε τα συστέλλει, ούτε τα συμπιέζει.

Δ: Τι εννοείς συμπίεση;

M18: Να έρθουν πιο κοντά.

M19: Αποκλείεται να έρθουν κοντά τα μόρια με την θέρμανση, γιατί τα μόρια αερίου αραιώνουν.

Η M18 χρησιμοποιεί την ενέργεια του ήλιου για να προτείνει απομάκρυνση μορίων και η M19 αναγνωρίζει ότι αυτό της δίνει την εξήγηση για την αραιώση των μορίων. Στο απόσπασμα φαίνεται ότι με τη συμπίεση και αραιώση μορίων εννοούν μεταβολή της απόστασης.

M18: Δεν είναι συμπίεση, πάνε μακριά. Συμφωνείτε με το σχέδιό μου; Έχω ένα υγρό με μόρια να γλιστράνε το ένα πάνω στο άλλο και από πάνω μόρια νερού που είναι μακριά και είναι αέριο, δηλαδή ατμός.

M19: Η θερμότητα είναι ενέργεια. Τα μόρια παίρνουν την ενέργεια αυτή, έτσι; Δηλαδή; Όχι, λάθος. Παίρνουν την ενέργεια και αρχίζουν να εξατμίζονται. Τα μόρια, όχι το υγρό εξατμίζεται.

M18: Η εξατμίση έγινε επειδή πήραν τα μόρια θερμότητα από τον ήλιο και εξατμίστηκαν και έγινε αέριο.

M19: Το νερό στη συνέχεια εξατμίζεται.

M18: Τα μόρια πήραν ενέργεια. Αρχισαν να δονούνται περισσότερο και να απομακρύνονται. Από τη ζέστη άρχισαν να κινούνται και πάνε μακριά.

M19: Δηλαδή αραιώνουν, όπως έλεγα πριν. Η θερμότητα τους δίνει ενέργεια.

2. Στην ίδια ομάδα 3 οι μαθήτριες, γνωρίζοντας ότι τα μόρια παίρνουν ενέργεια και κινούνται, προσπαθούν να εξηγήσουν την αναταραχή που συμβαίνει στο βρασμό και τη μετάδοση ενέργειας. Προτείνουν ή ότι τα κάτω παίρνουν ενέργεια και φεύγουν οπότε τα πιο πάνω κατεβαίνουν και παίρνουν ενέργεια, ή ότι τα κάτω παρασύρουν και τα πάνω (M18). Η M19 προτείνει τα κάτω να σπρώχνουν τα πάνω και έτσι παίρνουν ενέργεια όλα.

M19: Η εξατμίση γίνεται από όλη τη μάζα και όχι μόνο από την επιφάνεια. Τώρα όμως η ενέργεια είναι από κάτω.

M2: Ναι.

M18: Πάλι αρχίζουν να δονούνται τα μόρια, τα από κάτω και αραιώνουν και σπρώχνουν τα από πάνω. Φεύγουν προς τα πάνω γιατί ανοίγουν χώρους και τα από πάνω έρχονται κάτω και παίρνουν αυτά τώρα ενέργεια.

M19: Κατάλαβα τι λέει.

M18: Μια άλλη περίπτωση είναι αυτά τα μόρια που είναι κάτω κοντά στη φωτιά, κινούνται περισσότερο και πάνε προς τα πάνω και φεύγουν όλα μαζί προς τα πάνω.

M19: Μπορεί τα κάτω να σπρώχνουν τα μόρια. Και παίρνουν ενέργεια όλα.

M2: Τα μόρια που είναι κοντά στη φωτιά κινούνται περισσότερο και σπρώχνουν τα άλλα προς τα πάνω και βγαίνουν επάνω. Εεε, μπερδεύτηκα.

M18: Θέλεις να πεις ότι σπρώχνουν τα πάνω και φεύγουν όλα μαζί; Ίσως τα κάτω να κινούνται πιο πολύ να κινούνται προς τα πάνω και μετά τη θέση τους να παίρνουν άλλα που κατεβαίνουν κάτω, να παίρνουν και αυτά ενέργεια και να κινούνται και αυτά προς τα πάνω.

M2: Εμένα μου φαίνεται λογικό αυτό.

M19: Και μένα.

3. Κατά τον βρασμό δημιουργούνται ρεύματα.

Τα κάτω μόρια παίρνουν ενέργεια, κάνουν ζεστό αέριο που είναι ελαφρύ και πάει επάνω, στη θέση του πάει άλλο ψυχρό υγρό κ.λ.π. (ρεύματα).

Στη συζήτηση για το βρασμό στην ομάδα 4 του Π2(Σχ3) ο M22 δέχεται την κίνηση μορίων και προτείνει πέρασμα μέσα από τα κενά ενώ ο M1 προτείνει τη μεταφορά μορίων με ρεύματα, και με αφορμή το κόχλασμα αναλύει τη μεταφορά με ρεύματα.

M22: Μήπως τα μόρια που είναι κάτω παίρνουν ενέργεια, περνάνε από τα κενά των άλλων βγαίνουν προς τα πάνω και έτσι φεύγουν και εξατμίζονται; Μετά γίνεται το ίδιο με τα άλλα.

M1: Γίνεται το αντίθετο. Πρώτα εξατμίζονται αυτά που είναι κάτω και μετά τα άλλα.

Δ: Δηλαδή λέτε ότι το μόριο κινείται γρήγορα και ανεβαίνει προς τα πάνω;

M9: Εγώ λέω ότι χοχλάζει το νερό και...

M1: Κάτω φεύγουν αυτά που είπαμε και δημιουργείται ρεύματα και μεταφέρονται και άλλα κ.λ.π.

K9: Χοχλάζει.

Για τους μαθητές το κόχλασμα είναι η γρήγορη κίνηση μορίων.

Δ: Τι είναι αυτό το κόχλασμα;



M1: Είναι η κίνηση των μορίων, που γίνεται με ταχύτητα γρήγορα και τα μόρια φεύγουν προς τα πάνω. Να τα μόρια (σχεδιάζει) τα κάτω έχουν πάρεϊ ενέργεια και ανεβαίνουν πάνω γιατί φτιάχνουν ζεστό αέριο που είναι πιο ελαφρύ και αυτό πάει προς τα πάνω και στη θέση έρχεται άλλο κρύο νερό και αυτό ζεσταίνεται.

M23: Συμφωνώ.

M22: Ναι.

4. Στη διάρκεια των συζητήσεων δίνεται η ευκαιρία στους μαθητές να δομήσουν τη δική τους άποψη.

Στην ομάδα 5 τεσσάρων κοριτσιών η μαθήτρια M10 παρακολουθεί και δομεί τη δική της άποψη, αν και αυτή είχε διατυπωθεί νωρίτερα από την M20. Οι M7, M20 είχαν δώσει αποδεκτές απαντήσεις στο αρχικό τεστ και στη συζήτηση η M20 προτείνει χαλάρωση δεσμών και απομάκρυνση μορίων και κίνηση. Η M17, που δεν συμμετέχει στη συζήτηση, δεν βελτίωσε την απάντησή της.

M20: Η στάθμη του νερού θα κατέβει. Αυτό γιατί τα μόρια που αποτελούν το νερό θα εξατμιστούν και θα γίνουν αέριο.

M7: Αν αφήσουμε το ποτήρι στο παράθυρο, και έχει κρύο μπορεί να παγώσει.

M17: Η στάθμη θα κατέβει, μπορεί να αλλάξει και μορφή.

M7: Άμα έχει ζεστή, μπορεί να εξατμιστεί, δηλαδή τα μόρια από υγρό να κάνουν αέριο και να πέσει η στάθμη. Αυτά με τη ζέστη και αν έχει κρύο μπορεί να παγώσει.

M10: Συμφωνώ με την M7 κατά κάποιον τρόπο, ότι η στάθμη θα πέσει γιατί γίνεται εξάτμιση.

M17: Αν κάνει κρύο μπορεί να παγώσει.

Δ: Αν είναι ζεστή η μέρα;

M10: Θα εξατμιστεί.

Δ: Με ποιον τρόπο;

M20: Οι δεσμοί μεταξύ των μορίων χαλάρωσαν και έτσι άρχισαν να κινούνται με μεγαλύτερο...

M10: Πιο ελεύθερα.

M20 ... Πιο ελεύθερα, οπότε έκαναν αέριο.

M10: Και βγήκαν, δηλαδή η θερμότητα, ο ήλιος έκανε τα μόρια να κινούνται πολύ πιο γρήγορα και σε κάποια στιγμή να αλλάζουν φυσική κατάσταση και από υγρά τα μόρια άρχισαν να γίνονται αέρια. Και έτσι το νερό σιγά σιγά άρχισε να εξατμίζεται.

Δ: Πώς έφυγαν τα μόρια;

M10: Έγιναν αέρια, δηλαδή μεγάλωσε η απόστασή τους.

M20: Άρχισαν να μετακινούνται σε μεγαλύτερο χώρο.

M10: Ακριβώς. Άρχισαν να μετακινούνται πολύ, πιο ελεύθερα.

Δ: Μπορείτε να το δείξετε με σχέδιο;

Οι μαθήτριες σχεδιάζουν.

M10: Μπορεί να είναι λάθος. Στην αρχή τα μόρια ήταν πιο ...σε υγρή κατάσταση και τα μόρια θα αρχίσουν να ξεχωρίζουν τ'ένα από το άλλο. Ο ήλιος του δίνει...

M20: Δίνει ενέργεια στα πάνω πάνω.

M10: Παίρνουν ενέργεια τα πάνω πάνω, και κινούνται πιο γρήγορα και φεύγουν. Στο δοχείο θα έχουν μείνει κάποια μόρια. Και το αέριο είναι από πάνω στην ατμόσφαιρα.

Δ: Τι συμβαίνει στον βρασμό;

Για τον βρασμό προτείνουν ρεύματα για τη μεταφορά θερμότητας M10, M7.

M7: Ε, το υγρό ζεσταίνεται σε ορισμένη θερμοκρασία. Αν είναι νερό βράζει στους 100°. Και τα μόρια τα κάτω που είναι από κάτω παίρνουν ενέργεια και αρχίζουν να απομακρύνονται το ένα από το άλλο.

M10: Μπορεί στο βρασμό να παίρνει ενέργεια το υγρό από την κατσαρόλα και τα μόρια από κάτω να παίρνουν πολύ ενέργεια και να κινούνται πολύ πιο γρήγορα. Γενικώς: τα μόρια...

M7: Αρχίζουν τα από κάτω.

M10: Αρχίζουν να κινούνται προς τα πάνω γιατί κινούνται πιο γρήγορα.

M7: Επειδή κινούνται πιο γρήγορα είναι γίνονται πιο ελαφριά..

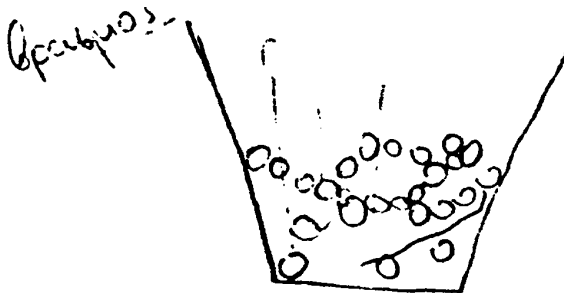
M20: Δεν αλλάζουν τα μόρια..

M10: Δεν γίνονται πιο ελαφριά, κινούνται πιο γρήγορα.

M10: Μετά κινούνται πολύ γρήγορα, μετά από κάποια ώρα θα έχουν πάρεϊ ενέργεια, πηγαίνουν προς τα πάνω, και συναντάνε κάποια άλλα μόρια που είναι κρύο, τα άλλα μόρια κατεβαίνουν κάτω, γίνεται κάτι σαν ρεύμα, και πάνε κάτω και γενικά κινούνται συνεχώς.



M7: Ζεσταίνονται τα κάτω, απομακρύνονται και πάνε προ στα πάνω για να γίνουν μόρια αερίου, όπως είπαμε παραπάνω στην εξάτμιση, και πάνε κάτω τα άλλα που ήταν πάνω, ζεσταίνονται και αυτά και αρχίζουν και αυτά να απομακρύνονται οπότε μετά γίνεται συνέχεια αυτό και σιγά σιγά ζεσταίνονται όλα και απομακρύνονται και γίνεται ατμός.



Σχέδιο 8.2.: Σχεδίαση βρασμού από την ομάδα 5 του Π2(Σχ3).

Στο τεστ πριν τη συζήτηση οι M7 και M20 έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις η M17 εναλλακτικές ενώ η M10 είχε χρησιμοποιήσει την αραιώση σωματιδίων. Μετά τη συζήτηση οι M7 και M20 έδωσαν ακόμη πιο επεξεργασμένες απαντήσεις, η M10 εν μέρει αποδεκτή ενώ η M17, που δεν συμμετείχε στη συζήτηση, παρέμεινε στις εναλλακτικές της απόψεις.

Το νερό ζεσταίνεται τα μόρια του παίρνουν ενέργεια χαλαρώνουν και αρχίζουν να αραιώνουν έτσι γίνονται μόρια αέρα δηλ. εξάτμιση (M7).

Κατά τον βρασμό τα μόρια που βρίσκονται π.χ. στο κάτω μέρος της κατσαρόλας αρχίζουν να παίρνουν ενέργεια και να κινούνται γρήγορα ώσπου κάποια στιγμή πάνε προ στα πάνω συναντάνε κάποια μόρια "κρύα" τα "κρύα μόρια" πάνε προ στα κάτω. Όταν φτάσουν κάτω παίρνουν ενέργεια, ανεβαίνουν προς τα πάνω και ξανά με την ενέργεια αρχίζουν να κινούνται, ώσπου από υγρό να γίνει αέριο δηλαδή να αλλάξει η φυσική κατάσταση (M10).

Το νερό πήγε στην ατμόσφαιρα γιατί οι δεσμοί χαλάρωσαν και μετακινήθηκαν σε μεγαλύτερο χώρο τα μόρια στον πάτο της κατσαρόλας κινούνται γρηγορότερα γίνονται αέριο πηγαίνουν προς τα πάνω γιατί μετακινούνται πιο ελεύθερα τα πάνω πάνε κάτω παίρνουν ενέργεια και μερικά εξατμίζονται δηλαδή κάνουν αέριο (M20).

Τα μόρια του νερού αρχίζουν να παίρνουν τα κάτω κάτω πολύ θερμότητα ζεσταίνονται και βράζουν (M17).

8.4.3. Υγροποίηση

Από τις συζητήσεις για την υγροποίηση ατμού πάνω σε κρύο καπάκι, παρουσιάζουμε κάποια χαρακτηριστικά αποσπάσματα.

1. Αρχικά οι μαθητές ανέφεραν ότι τα μόρια εξατμίζονται και υγροποιούνται. Ο έλεγχος της ορθότητας της πρότασης αυτής ήταν εύκολος. Πρότειναν εγκλωβισμό των μορίων και μετατροπή σε υγρό αλλά δεν μπορούσαν να αναγνωρίσουν τον μηχανισμό. Οι μαθητές κατά τη συζήτηση αναγνώρισαν ότι τα μόρια του αερίου πρέπει να δώσουν υγρό αλλά, και πάλι όπως στο βρασμό, το πρόβλημά τους ήταν πώς έρχονται κοντά. Φαίνεται ότι δεν αντιστρέφεται η σκέψη για να προτείνουν αυτόματα αντιστροφή της αραιώσης με τη θερμότητα. Στο παρακάτω απόσπασμα από τη συζήτηση την ομάδα 1 του Π2(Σχ3) οι μαθητές δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν ότι τα μόρια έρχονται κοντά με τη ψύξη.

Ο μαθητής M6 προτείνει ότι στο καπάκι τα μόρια στην κρύα επιφάνεια κινούνται πιο αργά, αλλά αργότερα ότι συνάντησαν μια επιφάνεια, κινούνται γρήγορα και πέφτουν.

M13: Το νερό εξατμίζεται, από υγρό θα γίνει αέριο.

M3: Από όλο το υγρό, στην εξάτμιση μόνο από την επιφάνεια.

M13: Και οι υδρατμοί...

Δ: Τι είναι οι υδρατμοί;

M5: Μόρια σε αέρια μορφή.

M3: Μόρια αερίου, αραιά δηλαδή.

M13: Μόρια αερίου. Κινούνται προς τα πάνω και κολλάνε πάνω στο καπάκι.

Δ: Δηλαδή στο καπάκι έχεις μόρια αερίου. Πώς γίνονται νερό;

M3: Ενώνονται μεταξύ τους...



M13: Στεγνώνουν.

M6: Το αέριο γιατί γίνεται υγρό; Γιατί βρίσκει μια δροσερή επιφάνεια, πώς να το πω, μια κρύα επιφάνεια και έτσι.

M3: Γίνονται σταγόνες.

Ο μαθητής M6 προτείνει ότι στο καπάκι, στην κρύα επιφάνεια τα μόρια κινούνται πιο αργά.

M6: Και έτσι από ζεστά που ήταν άλλαξαν στην επιφάνεια γρήγορα και στην κρύα επιφάνεια έτσι άρχισαν να κινούνται πιο αργά και...

Ο μαθητής M5 αναπτύσσει ένα συλλογισμό με αλλαγή κατάστασης σε μακροσκοπικό επίπεδο.

M5: Όταν γίνεται ο βρασμός ή η εξάτμιση το νερό γίνεται αέριο. Έτσι, λοιπόν, το αέριο έχει μια συγκεκριμένη θερμότητα για να είναι αέριο και έτσι όταν πάνε σε μια κρύα μάζα σε ένα κρύο μέρος χάνουν την θερμότητά τους και έτσι γυρίζουν στη κατάσταση που ήταν πριν με την θερμότητα. Ήταν ας πούμε 100 και ήταν αέριο, ήρθε στο καπάκι που ήταν ας πούμε 20 και έτσι έγινε υγρό και πέφτει.

Οι μαθητές με προτροπή του δασκάλου σχεδιάζουν αυτά που λένε.

M3: Να βάλω σε ένα ποτήρι 10 μόρια.

M13: Και το άλλο κενό;

M3: Θα βγάξει φουσκάλες.

M13: Θα ζεσταθεί το καπάκι.

M3: Τι κάνει ο βλάκας.

M13: Τα μόρια θα ακουμπήσουν στο ζεστό καπάκι.

M3: Θα κολλήσουν στο καπάκι.

M6: Η επιφάνεια θα ανέβει επάνω.

M3: Σβήσε αυτά (Έβαλαν 16 μόρια και πήγαν στο καπάκι).

M3: Τα μόρια θα ενωθούν και θα κάνουν μια σταγόνα.

Δ: Γιατί να ενωθούν;

M3: Συνάντησαν μια κρύα επιφάνεια.

Ο M6 ενώ πριν αναφέρονταν σε αργή κίνηση στο κρύο καπάκι, επανέρχεται και αναφέρει ότι συνάντησαν μια επιφάνεια, κινούνται γρήγορα και πέφτουν.

M6: Συνάντησαν μια κρύα επιφάνεια κινούνται γρήγορα και ενώνονται και πέφτουν.

M3: Συναντάνε μια κρύα επιφάνεια.

M5: Αρχίζει να θαμπώνει.

Δ: Τι είναι το θάμπωμα.

M5: Να, θολώνει.

M3: Κολλάνε τα μόρια.

M6: Κολλάνε τα μόρια και θολώνει.

M5: Τα ζεστά ανεβαίνουν στο κρύο, ακουμπάνε και υγροποιούνται.

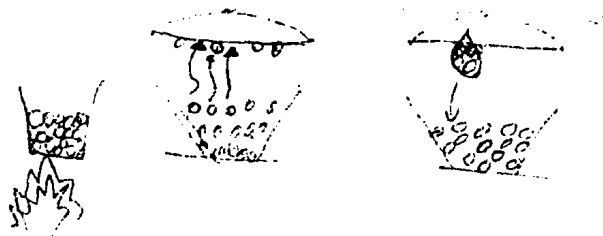
M6: Έρχονται κοντά τα μόρια.

Δ: Γιατί έρχονται κοντά;

M6: Συναντάνε την κρύα επιφάνεια που είναι το καπάκι, κινούνται πιο αργά γιατί είναι στο κρύο έτσι μαζεύονται.

M3: Δημιουργούν μια σταγόνα.

M6: Κάνουν σταγόνα.



Σχέδιο 8.3.: Σχεδίαση της συμπύκνωσης κατά τη συζήτηση στην ομάδα 1 του Π2(Σχ3)

Η ίδια δυσκολία στην αναγνώριση του μηχανισμού φάνηκε στην ομάδα 3 τριών κοριτσιών. Πρότειναν εγκλωβισμό των μορίων και μετατροπή σε υγρό αλλά δεν μπορούσαν να αναγνωρίσουν τον μηχανισμό. Έκδηλη είναι η προσπάθειά τους να προσαρμόσουν τα μόρια σε αυτά που ξέρουν και όχι να ερμηνεύσουν το φαινόμενο με τα μόρια.

Η M2 προτείνει ανθρωπομορφική συμπεριφορά, και η M18 ότι το κρύο τα συμπιέζει εννοώντας ότι τα φέρνει κοντά.

M18: Με τον βρασμό το υγρό εξατμίζεται, όπως είπαμε παραπάνω. Τα μόρια κινούνται προς τα πάνω, και επειδή από πάνω είναι το καπάκι, πάνε πάνω στο καπάκι, εγκλωβίζονται και υγροποιείται. Τα μόρια του αέρα, του νερού σε αέρια κατάσταση ανεβαίνουν πάνω και εγκλωβίζονται, χρειάζεται κρύο για υγροποίηση.

M19: Επειδή ο αέρας, το αέριο είναι ζεστό και το καπάκι είναι κρύο... (γελάει).

M18: Το αέριο είναι ζεστό και το καπάκι είναι κρύο και υγροποιείται (γελάει). Να εξηγήσω με μόρια;

Δ: Αν νομίζεις ότι θα σε βοηθήσει...

M18: Τα μόρια του αερίου στέκονται στο καπάκι, υγροποιούνται με την ψύξη.

M19: Ο αέρας είναι ζεστός και πάει στο κρύο.

M18: Ο ζεστός αέρας πάει στο κρύο.

M19: Έτσι ...

M18: Υγροποιείται. Το βιβλίο είχε μόνο τι γίνεται, δεν είχε γιατί, δεν είχε τίποτε άλλο.

Δ: Πώς υγροποιείται;

M2: Εγώ νομίζω πώς εμείς όταν είμαστε στο σπίτι και παίρνουμε θερμότητα και ζεσταινόμαστε και βγαίνουμε έξω και κρυώνουμε. Έτσι ακριβώς παθαίνουν και τα μόρια.

M18: Υγροποιούνται με την ψύξη.

M19: Άντε πάλι.

M18: Αφού από αέριο γίνονται υγρό, έρχονται πιο κοντά, συμπιέζονται από το κρύο. Επειδή είναι ζεστά έρχονται στο κρύο, το κρύο τα συμπιέζει και τα φέρνει κοντά.

Η M19 βλέπει την ομοιότητα ότι το ζεστό τα αραιώνει και το κρύο τα φέρνει κοντά, η M18 όμως αναζητά τον τρόπο. Η M18 προσαρμόζει τα μόρια σε αυτό που θέλει να εξηγήσει και θεωρεί ότι κάνουν υγρό άρα έρχονται κοντά.

M19: Το ζεστό τα αραιώνει και το κρύο τα συμπιέζει, τα φέρνει κοντά. Στο αέριο είναι μακριά και στο υγρό γλιστράνε το ένα πάνω στο άλλο.

M2: Επειδή βρίσκουν αντίσταση στο καπάκι και το καπάκι έχει και γύρω γύρω. Το γύρω εμποδίζει να φύγουν και έρχονται κοντά.

Δ: Το ίδιο φαινόμενο παρατηρούμε όταν το καπάκι δεν έχει γύρω, είναι επίπεδο.

M18: Ο ατμός είναι ζεστός αέρας και μάθαμε ότι το καπάκι είναι κρύο, και όταν τα αέρια πάνε με την ψύξη από αέρια γίνουν υγρά, πρέπει να συμπιεστούν πρώτα.

Δ: Πώς αλλιώς λέμε την υγροποίηση;

M18: Συμπύκνωση.

Δ: Τι σημαίνει αυτό;

M18: Ότι τα μόρια έρχονται κοντά, πυκνώνουν.

Δ: Πώς έρχονται κοντά; Να σας θυμίσω ότι η M18 λέει ότι το κρύο τα φέρνει κοντά γιατί αυτά είναι ζεστά και αραιά και η M2 λέει ότι έρχονται κοντά γιατί το καπάκι τα φυλακίζει.

M18: Πάνε πάνω στο καπάκι, παθαίνουν την ψύξη, συμπυκνώνονται και υγροποιούνται και έτσι έρχονται πιο κοντά τα μόρια και είναι υγρό πια. Έρχονται πιο κοντά επειδή γίνονται υγρά.

M19: Δηλαδή, έγιναν υγρό και έρχονται κοντά. Αφού ο ζεστός αέρας έρχεται στο κρύο καπάκι, ...θα πω κοτσάνα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η M18 στη προσπάθειά της να αποσαφηνίζει προτείνει να τα ξαναπεί για να ακούσει τον εαυτό της. Μιλάει για ζεστά μόρια, αλλά δεν της ταιριάζει. Η M19 κάνει μια σημαντική παρατήρηση λέγοντας ότι οι ατμοί σπρώχνουν το καπάκι άρα τα μόρια κινούνται ενώ η M18 της επισημαίνει ότι τις ενδιαφέρει πώς έρχονται κοντά και προτείνει ότι παίρνουν κρύο και έρχονται κοντά, ενώ τους δίνεται η ευκαιρία να ξεκαθαρίζουν τη συστολή.

M18: Να τα πω από την αρχή; Για να τα ακούσω και εγώ και να βγάλω ένα συμπέρασμα. Από τον βρασμό εξατμίζονται, τα μόρια από το υγρό κάνουν αέριο και επειδή βρίσκουν το καπάκι δεν μπορούν να φύγουν προς τα πάνω. Επειδή είναι κρύο, τα αέρια τα μόρια επειδή έφυγαν από το ζεστό νερό ήταν και αυτά ζεστά. Όταν βράζει η μαμά μου νερό και βάλω το καπάκι επάνω, τότε μου έρχεται ζεστός αέρας.

M2: Αφού τον αέρα τον φτιάχνουν τα μόρια και ο αέρας είναι ζεστός είναι ζεστά και τα μόρια.

M18: Μήπως ο αέρας είναι ζεστός, δηλαδή το σύνολο μορίων; Το κάθε μόριο δεν είναι ζεστό...

M19: Εμένα με μπερδεύει που αν βάλω ένα καπάκι, όχι κλειστό εντελώς, μισάνοιχτο έτσι, τότε δεν κάνει έτσι; Δεν κινείται πάνω κάτω; Και όλα μαζί το σπρώχνουν και το κουνάνε. Τα σωματίδια κινούνται.



M18: Δεν νομίζω. Δεν είναι αυτό το θέμα μας γιατί δεν ψάχνουμε να δούμε αν κινούνται περισσότερο. ... ε. Ο ζεστός αέρας που τον αποτελούν τα μόρια πάνε πάνω στο κρύο καπάκι, παίρνουν το κρύο και σιγά σιγά αρχίζουν να έρχονται πιο κοντά.

M19: Το κρύο δεν συστέλλει τα μόρια.

M18: Δεν λέω ότι συστέλλονται, λέω ότι έρχονται πιο κοντά.

Η M19 αναγνωρίζει ότι είναι το αντίστροφο του βρασμού και βοηθάει έτσι την M18 να καταλήξει στο λόγο που έρχονται κοντά:

M19: Α, έτσι δεν εξηγήσαμε το προηγούμενο; Στο ζεστό απομακρύνονται και στο κρύο έρχονται κοντά.

M18: Στο ζεστό απομακρύνονται γιατί παίρνουν ενέργεια και αρχίζουν να αραιώνουν.

M19: Στο κρύο χάνουν ενέργεια και πυκνώνουν.

M18: Στο κρύο χάνουν ενέργεια και αρχίζουν να έρχονται κοντά. Αυτό φαίνεται λογικό.

M19: Συμφωνώ.

M2: Και εγώ.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι η M18 είχε τον ηγετικό ρόλο στη συζήτηση, η M19 διευκόλυνε με όσα έλεγε και η M2 έδινε εναλλακτικές απαντήσεις που άλλοτε εξετάζονταν και απορρίπτονταν και άλλοτε αγνοούνταν μάλλον ως τετριμμένες.

Πριν τη συζήτηση οι M2 και M19 (τεστ Β) έδωσαν εναλλακτικές απαντήσεις ενώ η M18 και M19 (τεστ Α) εν μέρει αποδεκτές. Μετά τη συζήτηση όλες οι μαθήτριες έδωσαν εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις.

Τα μόρια εξατμίζονται (M2 τεστ Α). Τα μόρια του αέρα βρίσκουν αντίσταση και κάνει πάλι υγρό (M2 τεστ Β).

Ο βρασμός γίνεται από όλη τη μάζα. Τα μόρια που είναι κάτω παίρνουν περισσότερη ενέργεια κινούνται γρήγορα και έτσι σπρώχνουν τα άλλα βγαίνουν προ στα πάνω και γίνονται αέριο. Φτάνοντας στο καπάκι γίνονται πάλι υγρά γιατί για να ανέβουν πήραν θερμότητα έτσι φτάνοντας στο καπάκι που είναι κρύο χάνουν θερμότητα και έρχονται πιο κοντά (M2 post).

Όταν κάνουνε μπάνιο, το νερό που χρησιμοποιούμε εξατμίζεται και το νερό στην αέρια κατάσταση πηγαίνει στον καθρέφτη και τον θολώνει (M18 τεστ Α). Το αέριο παθαίνει ψύξη συμπυκνώνονται και τα μόριά τους και γίνεται υγρό \ το αέριο μετατράπηκε σε υγρό με τη φαινόμενο της ψύξης (M18 τεστ Β).

Μετά την ψύξη στο δοχείο με το υγρό, τα μόρια είναι πιο κοντά το ένα στο άλλο απ' ότι στο αέριο επειδή μετά την ψύξη τα μόρια συμπιέζονται και έρχονται κοντά (M18 τεστ Β).

Ο βρασμός γίνεται από όλη τη μάζα τα μόρια του υγρού αφού θερμανθούν δονούνται γρηγορότερα και γίνονται αέρια αργότερα πάνε πάνω στο καπάκι που είναι κρύο αρχίζουν να δονούνται πιο αργά χάνουν ενέργεια υδροποιούνται με την ψύξη συμπυκνώνονται και το υγρό από τέρια κατάσταση βρίσκεται σε υγρή πάνω στο καπάκι (M18 post).

Ο ατμός στο κρύο υδροποιήθηκε (M19 τεστ Α). Τα μόρια του αέρα υδροποιήθηκαν και έγινα υγρό (M19 τεστ Β).

Όταν βάζουμε νερό στην κατσαρόλα και το βράζουμε, και βάλουμε ένα καπάκι πάνω στην κατσαρόλα τότε τα μόρια που είναι κάτω στην κατσαρόλα παίρνουν θερμότητα και αρχίζουν να κινούνται προς τα πάνω, πάνε στο καπάκι που είναι κρύο και γίνονται υγρό επειδή παίρνουν ενέργεια (M19 post).

2. Η “κιναισθητική παράσταση” του φαινομένου βοήθησε τις μαθήτριες της ομάδας 2 να καταλήξουν σε πλήρεις απαντήσεις. Και εδώ φαίνεται ότι η διαδικασία για επίτευξη κατανόησης σχετίζεται με επεξεργασία διαφορετικών απόψεων, εξέταση εναλλακτικών απαντήσεων, εξαγωγή συμπερασμάτων κ.λ.π. Και στην ομάδα αυτή οι μαθήτριες αναγνώρισαν ότι μόρια αερίου μαζεύονται στο καπάκι αλλά δυσκολεύονταν να εξηγήσουν πώς κάνουν υγρό. Στην αρχή πρότειναν αλλαγή φυσικής κατάστασης, μετά υδροποίηση λόγω απότομης ψύξης και σύγκρουση μορίων οπότε έρχονταν κοντά και σχηματίζουν υγρό. Η κιναισθητική αναπαράσταση του φαινομένου βοήθησε τις μαθήτριες να καταλήξουν ότι τα μόρια χάνουν ενέργεια και κινούνται αργά και κάνουν υγρό.

Στην αρχή της συζήτησης κάθε μέλος παρουσιάζει την άποψή του όπως αυτή διατυπώθηκε στο pre τεστ. Ο ισχυρισμός της M15 ότι οι ατμοί γίνονται υδρατμοί απορρίφθηκε από τις δυο άλλες μαθήτριες που αναπαρήγαγαν την μακροσκοπική περιγραφή.

M4: Οι ατμοί θα υδροποιηθούν.

M15: Θα γίνουν υδρατμοί.

M11: Υδρατμός είναι το αέριο.

M4: Ναι.



M11: Τα μόρια αυτά που φεύγουν από το ζεστό νερό είναι ζεστά, ωραία;

M4: Έχουν πάρει θερμότητα, κινούνται πολύ γρήγορα.

M11: Δεν είναι ζεστά. Κινούνται πολύ γρήγορα και πάνε πάνω στο καπάκι. Αυτή η επιφάνεια στο καπάκι είναι κρύα, ωραία; Αυτά ..

M4: Αυτά τα μόρια καθώς πάνε προς τα πάνω συναντάνε την κρύα επιφάνεια, όπως είπε και η M11, και ...

M11: Και επειδή το καπάκι είναι κρύο, και τα μόρια είναι ...ακουμπώντας η φυσική τους κατάσταση πώς να το πούμε, αλλάζει.

M4: Αλλάζουν φυσική κατάσταση.

Στη συνέχεια παρατηρούμε μια δημιουργική αλληλεπίδραση στην ομάδα καθώς συζητούν εναλλακτικές απόψεις που διαψεύδονται και αναθεωρούνται. Αποδίδονται ανθρωπομορφικές ιδιότητες στα μόρια αλλά οι προτάσεις εξετάζονται. Το τρίτο μέλος M15 προσφέρει άμεσα ή έμμεσα ενδείξεις για την αξιολόγηση των επιχειρημάτων των άλλων τουλάχιστον για κάποιες ιδιότητες των μορίων.

M11: Τα μόρια έφτασαν στο καπάκι, ωραία;

M4: Στο νερό τα μόρια είναι σε υγρή κατάσταση. Μετά αυτά παίρνουν ενέργεια, θερμότητα και επειδή έχουν πάρει θερμότητα...

M11: Τους είναι πολύ ξαφνική η αλλαγή και ...

M4: Μόλις βρουν την κρύα επιφάνεια είναι μεγάλη η αλλαγή, να όπως αναμειγνύουμε ζεστό με κρύο θα ...

M11: Ήταν ξαφνική, πιστεύω ότι ήταν ξαφνική η αλλαγή και από το ζεστό που ήταν από την ενέργεια που είχαν, συναντώντας κρύα επιφάνεια η αλλαγή ήταν απότομη και από αέριο έγιναν υγρό, γελάει. έπαθαν σοκ.

Δ: Και έγιναν από αέριο υγρό. Είναι ζωντανά;

M15: Έτσι που το λες είναι σαν ζωντανά. Τους ήρθε ξαφνικό, τι είναι;

M11: Ας είναι.

M4: Όπως φτάνουν στο καπάκι τα αέρια όπως φτάνουν στην κρύα επιφάνεια υδροποιούνται.

Δ: Αυτό προσπαθούμε να εξηγήσουμε.

(Γελάνε όλες μαζί).

Δ: Κάντε ένα σχέδιο (Βάζουν μόρια στο καπάκι).

M11: Λένε, δεν γίνονται ένα υγρό να πέσω προς τα κάτω; (Γελάει).

M4: Δεν μπορούν να αντέξουν τη θερμότητα, έχουν πολύ θερμότητα, ενέργεια και όπως ακουμπάνε στο καπάκι επειδή είναι ζεστά δεν μπορούν να αντέξουν...

M15: Έτσι που το λες δεν μπορούν να αντέξουν τα κάνει ζωντανά.

M11: Και γιατί να μην είναι, τι πειράζει;

Στην συνέχεια επανέρχονται στη μακροσκοπική περιγραφή, όπου η M11 προτείνει την σύγκρουση μορίων.

M4: Τα αέρια έχουν θερμότητα συναντάνε μια κρύα επιφάνεια...

M11: Υπάρχει και μια άλλη εκδοχή. Ξέρω εγώ; Μπορεί να είναι σωστό, τώρα που το σκέφτηκα. Αφού τα μόρια έχουν πάρει θερμότητα και κινούνται πολύ γρήγορα ακουμπώντας πάνω στο καπάκι εξακολουθούν να κινούνται γρήγορα. Οπότε τα μόρια του αέρα έτσι που κινούνται ...εξακολουθούν να κινούνται, θα ακουμπήσουν στο κρύο.

Δ: Πώς κάνουν υγρό;

M11: Εφόσον έχουν ενέργεια μπορούν να χτυπάνε μεταξύ τους. Ξέρω εγώ, και να κάνουν νερό.

Η πρόταση αυτή εξετάζεται από την M4 και προτείνει μια κιναισθητική παράσταση του φαινομένου, όπως είχαν διδαχθεί στη σειρά μαθημάτων. Εδώ τους δίνεται η ευκαιρία να επανεξετάσουν τις προτάσεις τους, να τις ξαναδιατυπώσουν και να φτάσουν σε ορθή παράσταση του φαινομένου.

M4: Να το δείξουμε εμείς; Σηκωθείτε. Ημασταν αέριο, δηλαδή μακριά και κινούμασταν γρήγορα.

M11: Πήραμε ενέργεια και κινούμασταν πολύ. Και πιο πολύ, πιο πολύ και ερχόμαστε κοντά;

M15: Μήπως κινούμαστε πιο αργά;

M11: Ας τα πάρουμε πάλι. Τα μόρια του αέρα είναι μακριά και κινούνται. Και έχουν ενέργεια και κινούνται πιο πολύ. Και...

M4: Και μπορεί να συναντηθούν.

Δ: Δηλαδή το καπάκι τα κάνει να συναντηθούν;

M4: Ναι, αλλά είναι και κρύο.



Η M11 θεωρεί την απότομη αλλαγή από το ζεστό στο κρύο σημαντική για την μετατροπή, εξακολουθεί όμως να δίνει εναλλακτικές απαντήσεις.

M11: Η απότομη αλλαγή από το ζεστό στο κρύο, πιστεύω ότι αυτή η αλλαγή αφού το θερμαίνουμε εκτός από τους υδρατμούς θα ανεβαίνει και κάποια θερμότητα, ωραία. Αυτή θα πάει τους υδρατμούς προς τα πάνω. Αυτή η θερμότητα ακουμπάει στο κρύο και αυτό με κάποιον τρόπο ...

Η μεταφορά θερμότητα από το ζεστό αέριο στο κρύο καπάκι οδήγησε την M4 στην πιο αργή κίνηση μορίων και λόγω αργής κίνησης γίνεται η συνένωση.

M4: Τα μόρια είναι, όχι ζεστά, έχουν θερμότητα. Ακουμπάνε στο καπάκι, δίδουν θερμότητα στο καπάκι. Και επειδή πάνε...

M11: Χάνουν ενέργεια. Και αφού χάνουν, εξακολουθούν να κινούνται μακριά το ένα από το άλλο.

M15: Πιο αργά θα κινούνται.

M4: Χάνουν ενέργεια και κινούνται σιγά.

Δ: Να συνοψίσω. Μέχρι τώρα έχετε πει ότι τα μόρια από την απότομη αλλαγή κάτι συμβαίνει, ή ότι τα μόρια χάνουν ενέργεια και την δίνουν στο καπάκι και μένουν με λιγότερη ενέργεια.

M15: Και ενώνονται.

M4: Αφού ενώνονται θα γίνουν ή υγρά ή στερεά.

Δ: Έχουν λίγη ενέργεια.

M4: Οπότε θα κάνουν υγρά.

M11: Αφού έχουμε μπλοκάρει με το καπάκι θα ανεβαίνουν θα πέφτουν.

M11: Να το παραστήσουμε πάλι. Αρχίζουμε.

M15: Θα κάνετε ένα πείραμα. Είστε τα μόρια του αέρα.

M4: Πειραματόζωα είμαστε.

Δ: Δεν κάνετε ένα πείραμα, κάνετε ένα μοντέλο.

M11: Ένα μοντέλο. Πήγαμε M4 μακριά να είμαστε μόρια αερίου. Και κινούμαστε. Έχουμε ενέργεια από τη θερμότητα από τον βρασμό. Επειδή έχουμε εξατμιστεί και είμαστε αέριο, τότε κινούμαστε πιο γρήγορα γιατί έχουμε ενέργεια μετά ακουμπάμε σε μια κρύα επιφάνεια, στον τοίχο, ας πούμε, χάνουμε ενέργεια.

M4: Ο κύριος καπάκιας είναι κρύος και μας παίρνει ενέργεια, είναι κρύος.

M11: Δίνουμε εμείς στον κύριο καπάκια ενέργεια και εμείς μένουμε με λίγη.

Η αργή κίνηση οδηγεί σε σχηματισμό υγρού.

M4: Τότε κινούμαστε λίγο.

M15: Δεν σας την πήραν όλη, έχετε λίγη, κινείστε λίγο.

M11: Κινούμαστε αργά και

M4: Γινόμαστε μόρια υγρού.

M11: Μόρια υγρού γιατί έχουμε κάποια ενέργεια.

M4: Και κολλάμε επάνω και πέφτουμε αν σταγόνες.

Παράσταση φαινόμενου, κατά το κιναισθητικό μοντέλο που διδάχτηκαν, ακολουθήθηκε και στην ερώτηση για την τήξη πάγου μέσα σε χυμό και οδήγησε τις μαθήτριες σε σωστές επιλογές. Σημειώνουμε ότι στην ομάδα αυτή δεν υπήρξαν συγκρούσεις και οι εναλλακτικές απόψεις κάποιων μελών αντιμετωπιζόνταν με χιούμορ. Στο post test οι M4, M11 έδωσαν πλήρεις μικροσκοπικές απαντήσεις και η M15 εν μέρει μικροσκοπική.

3. Στην ομάδα 4 ο μαθητής M1 είχε υψηλή επίδοση σε όλες τις ερωτήσεις και φαίνεται ότι οι ομήλικοί του ένιωθαν μια ανασφάλεια σχετικά με τη δική τους άποψη και έτσι αποδέχονταν την άποψη του M1 χωρίς να το συζητήσουν. Ο M1 έδωσε εξηγήσεις χωρίς τα άλλα μέλη να επεξεργαστούν ή να αξιολογήσουν αυτές τις απόψεις.

Στο αρχικό test ο μαθητής M1 έδωσε μια αποδεκτή απάντηση σε μοριακό επίπεδο (τα μόρια νερού που μετατράπηκαν σε αέρια πάνω στο ψυχρό καπάκι ξανάγιναν υγρό), ο μαθητής M22 έδωσε μακροσκοπική περιγραφή ενώ οι M9 και M23 είχαν εναλλακτικές απόψεις. Σε μοριακό επίπεδο οι M1, M22, M23 ανέφεραν ότι τα μόρια έρχονται κοντά και κάνουν υγρό ενώ ο M9 δεν διατηρούν τα μόρια κατά την μετατροπή σε υγρό.

Ο M9 διατηρεί την αντίληψη ότι με την εξάτμιση παράγονται σταγόνες που συγκεντρώνονται στο καπάκι και ο M22 αναπαράγει τη μακροσκοπική περιγραφή.

M9: Δημιουργούνται σταγόνες.

Δ: Πώς δημιουργούνται οι σταγόνες;



M9: Το νερό εξατμίζεται και πάει στο καπάκι και όταν οι σταγόνες ανεβαίνουν στο καπάκι και μαζευτούν και κάνουν σταγόνες.

M22: Το καπάκι είναι κρύο και όπως εξατμίζεται το νερό, και δημιουργούνται σταγόνες.

Πάλι ο M1, όπως και στις άλλες ερωτήσεις, δίνει μια εξήγηση με αργή κίνηση λόγω απώλειας ενέργειας και έτσι κάνουν υγρό. Η άποψη αυτή φαίνεται λογική και οι άλλοι συμφωνούν.

M1: Τα μόρια νερού εξατμίστηκαν, είχαν ενέργεια και το καπάκι είναι κρύο και έπεσαν αυτά πάνω, χάνουν ενέργεια και έρχονται κοντά γιατί έχουν μικρή κίνηση και πιο αργή και έτσι άλλαξαν μορφή και έγιναν υγρή.

A: Άλλαξαν μορφή τα μόρια;

M1: Δεν αλλάζουν μορφή τα μόρια αλλά από αέρια κατάσταση έγιναν υγρή κατάσταση.

M9: Εγώ συμφωνώ με τον M1.

Έτσι στο τεστ μετά η συζήτηση όλοι οι μαθητές διατήρησαν τις αρχικές ιδέες τους εκτός από το μαθητή M23 που διατύπωσε εναλλακτική όταν τα μόρια βράζουν στο καπάκι δημιουργούνται σταγόνες νερού. Και εδώ φαίνεται ότι η διαδικασία για επίτευξη κατανόησης σχετίζεται με επεξεργασία απόψεων διαφορετικών, εξαγωγή συμπερασμάτων κ.λ.π.

4. Η ανοιχτή διαπραγμάτευση των απόψεων των μαθητών και η εξέταση των εναλλακτικών απαντήσεων βοήθησε τις μαθήτριες της ομάδας 5 να κατανοήσουν τον μηχανισμό της υγροποίησης. Η μαθήτρια M10, που είχε διατυπώσει εναλλακτικές απόψεις στο pre τεστ αναλάμβανε να ξεκαθαρίσει τις απόψεις της και κάθε φορά που κάνει λάθος οι συμμαθήτριές της επενέβαιναν και επισήμαναν το ρόλο της ψύξης στην απόσταση των μορίων. Στο pre test οι μαθήτριες M7 και M20 εξηγούσαν την υγροποίηση με μόρια ενώ η M10 και η M17 διατύπωσαν εναλλακτικές απόψεις.

Το νερό ζεσταίνεται, τα μόριά του παίρνουν ενέργεια και αρχίζουν να αραιώνουν, έτσι γίνονται μόρια αέρα, δηλαδή εξατμισμό. Έπειτα ο αέρας πέφτει πάνω στον καθρέφτη, τα μόριά του συναντούν μια ψυχρή επιφάνεια, συμπυκνώνονται, χάνουν ενέργεια, δημιουργείται ψύξη και γίνονται μόρια υγρού. Έτσι δημιουργείται αυτή η θολούρα (M7).

Τα μόρια μετακινούνται σε όλη τη κατσαρόλα μόλις ακουμπήσουν στο κρύο καπάκι και από αέριο κάνουν πάλι υγρό (M20).

Το νερό από τον πολύ βρασμό δεν έχει που να πάει και ανεβαίνει στο καπάκι της κατσαρόλας (M17 τεστ Α). Τα μόρια εξατμίζονται και κολλάνε στο καπάκι (M17 τεστ Β).

Το νερό που βράζει αρχίζει να εξατμίζεται. Όταν ακουμπά στο καπάκι παθαίνει συμπύκνωση γι' αυτό παρατηρούμε σταγόνες. Σε μοριακό επίπεδο δεν είχε καλή κατανόηση. Ο ατμός μετατρέπεται σε υγρό επειδή τα μόρια συστάλθηκαν και μετατράπηκαν σε υγρό και τα μόρια υγροποιήθηκαν (M10).

Στη διάρκεια της συζήτησης η M10 φάνηκε ότι δεν είχε κατανοήσει ούτε σε μακροσκοπικό επίπεδο την υγροποίηση, αλλά παράθεσε την περιγραφή του σχολικού βιβλίου για την υγροποίηση. Επίσης φαίνεται ότι διατηρούσε εναλλακτικές απόψεις τις ιδιότητες των μορίων. Υιοθέτησε ωστόσο την άποψη της M20.

M10: Πάνω στο καπάκι σχηματίζονται υδρατμοί, νερό κάπως ναι, σταγόνες νερού.

A: Οι σταγόνες είναι υδρατμός;

M20: Όχι, υδρατμός είναι αέριο.

M10: Ναι δεν είναι σταγόνες. Τα μόρια θερμαίνονται...

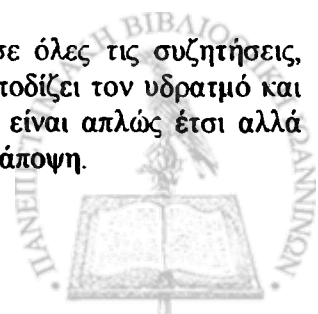
M20: Παίρνουν ενέργεια και κινούνται πιο γρήγορα.

M10: Εντάξει, παίρνουν ενέργεια και κινούνται περισσότερο, μέχρι να εξατμιστεί, για να κάνουν αέριο.

M20: Τότε ακουμπούν τότε στο καπάκι που είναι κρύο, κρυώνουν απότομα και γίνεται υγροποίηση.

Η M20 και M7 που είχε στο pre τεστ δώσει αποδεκτές απαντήσεις παρεμβαίνουν στη συζήτηση κάθε φορά που η M10 κάνει λάθος. Η M7 επισημαίνει το ρόλο της ψύξης στην απόσταση των μορίων, η M10 ωφελείται από τη συζήτηση και πάλι η M17 δεν συμμετέχει ουσιαστικά παρά για να αναφερθεί στο καπάκι.

Η μαθήτρια M17, που είχε και τη μικρότερη συμμετοχή στην ομάδα σε όλες τις συζητήσεις, φαίνεται ότι δεν κατανόησε τον μηχανισμό αλλά θεωρεί ότι το καπάκι εμποδίζει τον υδρατμό και έτσι σχηματίζονται οι σταγόνες. Παρά την επισήμανση της M10 ότι δεν είναι απλώς έτσι αλλά χάνουν ενέργεια και έρχονται κοντά δεν μπόρεσε να δομήσει επιστημονική άποψη.



Δ: Ποιος είναι ο μηχανισμός της υγροποίησης;

M7: Όταν συναντάνε μια κρύα επιφάνεια, χάνουν ενέργεια και έρχονται πιο δεμένα μεταξύ τους και κάνουν υγρό. Αφού ακουμπάνε στο κρύο, δίνουν την ενέργειά τους στο κρύο καπάκι και έτσι δένονται πιο πολύ και κινούνται πιο λίγο.

M10: Έτσι σχηματίζουν υγρό.

M17: Το καπάκι εμποδίζει τον υδρατμό, είναι σαν να το κλείνει και μετά στο καπάκι βλέπουμε υδρατμούς.

M7: Δεν εμποδίζει απλώς, τα μόρια χάνουν θερμότητα γιατί το καπάκι είναι κρύο και έτσι έρχονται κοντά και γίνονται υγρό. Όπως στην εξάτμιση, παίρνουν θερμότητα και απομακρύνονται, έτσι στην συμπύκνωση έρχονται κοντά γιατί χάνουν ενέργεια.

Δ: Ποιος παίζει τον κύριο ρόλο σε αυτή τη διαδικασία;

M10: Το κρύο καπάκι.

M20: Η ψύξη.

Η μαθήτρια M7 βελτίωσε τη διατύπωση της απάντησής της, έδωσε πιο επεξεργασμένη άποψη.

Μετά τη συζήτηση οι M7, M20 έδωσαν πιο επεξεργασμένες απόψεις, η M10 αποδεκτές εν μέρει και η M17 εναλλακτικές.

Το νερό ζεσταίνεται τα μόριά του παίρνουν ενέργεια και αρχίζουν να αραιώνουν έτσι γίνονται μόρια αέρα, δηλαδή εξάτμιση. Έπειτα ο αέρας πέφτει πάνω στον καθρέφτη τα όριά του συναντώνται μια ψυχρή επιφάνεια, συμπυκνώνονται χάνουν ενέργεια δημιουργείτε ψύξη και γίνονται μόρια υγρού. Έτσι δημιουργείται αυτή η θολούρα τα μόρια έρχονται κοντά και κάνουν αέριο (M7post).

Τα μόρια παίρνουν ενέργεια και πηγαίνουν προς τα πάνω θέλοντας να βγουν από την κατσαρόλα σαν μόρια αερίου συναντούν μια κρύα επιφάνεια ψύχονται χάνουν ενέργεια και τη δίνουν στο καπάκι οπότε έρχονται κοντά το ένα στο άλλο και γίνονται μόρια υγρού. Έτσι βλέπουμε κάποιες σταγόνες στο καπάκι (M7post).

Αν βάλουμε ένα καπάκι σε μια κατσαρόλα που βράζει θα δούμε ότι στο καπάκι θα σχηματιστούν σταγόνες νερού αυτό γίνεται επειδή τα μόρια του νερού παίρνουν ενέργεια τα μόρια αρχίζουν να κινούνται πιο γρήγορα και σιγά σιγά ανεβαίνουν προς τα πάνω. Πάνε στο ζεστό καπάκι και τα "ζεστά" μόρια έρχονται κοντά και κάνουν υγρό (M10 post).

Τα μόρια νερού από την ενέργεια που παίρνουν γίνονται υδρατμοί και όταν ακουμπήσουν στο κρύο τα μόρια έρχονται κοντά και σχηματίζουν σταγονίτσες νερού (M20post).

Σχηματίζονται κάποιοι υδρατμοί στο καπάκι (υπάρχει υγρασία) (τεστ Α). Τα μόρια πάνε στο καπάκι (M17post).

5. Σε ομάδες που οι μαθητές δεν κατάφεραν να αλληλοσχετίσουν τις απόψεις τους λόγω της απροθυμίας κάποιου μέλους να εξετάσει τις εναλλακτικές απόψεις, δεν έφτασαν στη διατύπωση αποδεκτών αντιλήψεων.

Το παρακάτω απόσπασμα είναι από την συζήτηση τριών αγοριών (ομάδα 6) για την υγροποίηση. Στο pre τεστ και οι τρεις μαθητές θεωρούσαν ότι οι υδρατμοί είναι σταγόνες.

Το υγρό εξατμίζεται η εξάτμιση μένει στον καπάκι και οι σταγόνες ανεβαίνουν στο καπάκι το νερό εξατμίζεται το αέριο πάει στον καθρέφτη και αυτός θολώνει (M12).

Οι υδρατμοί πήγαν στο καπάκι και έγιναν νερό (M16).

Με την εξάτμιση τα υγρά μεταφέρονται προ στα πάνω εξατμίζεται το νερό και κολλάει στον καθρέφτη (M21).

Αδυναμία είχαν και σε μοριακό επίπεδο στο pre τεστ, ενώ και οι τρεις θεωρούσαν ότι το αέριο που προκύπτει ζυγίζει λιγότερο ή δεν έχει βάρος.

Το αέριο ακούμπησε πάνω σε κρύα επιφάνεια και υγροποιείται. Τα μόρια από το αέριο πάνε στο υγρό (M12).

Τα μόρια ήρθαν κοντά και έγιναν στερεό ή τα μόρια εξατμίζονται (M16).

Τα μόρια εξατμίστηκαν και κολλάνε (M21).

Στην συζήτηση φάνηκε καθαρά ότι οι μαθητές δεν κατάφεραν να αλληλοσχετίσουν τις απόψεις τους. Ο μαθητής M16 διατύπωνε εναλλακτικές απόψεις διαφορετικές μεταξύ τους χωρίς να λάβει υπόψιν του τις απόψεις των συμμαθητών του.

M21: Στο καπάκι σχηματίζεται υδρατμός, δηλαδή νερό.

M16: Ύδωρ - νερό, ο υδρατμός είναι νερό.

M21: Ο ατμός γίνεται νερό πάνω στο καπάκι.

M12: Το νερό αλλάζει φυσική κατάσταση. Από αέριο γίνεται νερό.

Ο M21 έδωσε λαθεμένη άποψη για τα μόρια και ο μαθητής M12 αξιολογώντας αυτή την πρόταση ανέπτυξε στη συνέχεια μια σωστή επιχειρηματολογία σε μοριακό επίπεδο.

Δ: Πώς γίνεται αυτό;



M21: Τα μόρια ήταν ζεστά και ακούμπησαν στο κρύο.

M12: Ήταν υγρό κρύο και έγιναν αέριο ζεστό. Ακούμπησαν στο καπάκι και έγιναν πάλι κρύα δηλαδή υγρά. Όχι τα μόρια μένουν ίδια αλλά γίνονται σε μορφή νερού.

M16: Όπως πάει ο ατμός προς τα πάνω θολώνουν το καπάκι.

M12: Δεν έχει θέρμανση για να μείνει αέρας και θα γίνει υγρό. Γιατί δεν έχουν την θερμότητα για να είναι αέρια, και γίνονται υγρά.

M16: Το ζεστό με το κρύο αντιδρούν και κάνουν νερό. Εγώ αυτό πιστεύω.

M12: Εγώ πιστεύω ότι τα μόρια δεν έχουν θερμότητα για να συνεχίσουν να είναι αέριο.

M16: Το κρύο προσπαθεί να εξαφανίσει το ζεστό και το αέριο γίνεται νερό. Μπορεί όμως οι υδρατμοί να έχουν νερό μέσα. Μήπως έχουν νερό και σπάνε και δίνουν πάλι νερό.

M12: Εγώ πιστεύω ότι χάνουν τη θερμότητα στο καπάκι, και έτσι δεν μπορούν να είναι αέριο και γίνονται υγρά.

M16: Εγώ μένω στη δική μου άποψη.

M12: Και εγώ στη δική μου.

Στο τεστ μετά τη συζήτηση ο μαθητής M16 παρέμεινε στην άποψή του.

Το ζεστό διαλύει το κρύο και μένουν οι σταγόνες των υδρατμών (M16 τεστ A) / Τα μόρια σπάνε και δίνουν νερό (M16 τεστ B).

Οι M12 και M21 ανέπτυξαν μια άποψη εν μέρει αποδεκτή.

Αν βάλουμε ένα καπάκι πάνω από το νερό που γίνεται εξάτμιση θα δούμε σταγόνες. Τα μόρια που πήγαν στον αέρα συνάντησαν αυτό το κρύο σώμα μπροστά τους έχασαν τη θερμότητά τους και πήραν τη μορφή που είχαν (M12).

Όταν τα υγρά μόρια παίρνουν ενέργεια και γίνονται αέρια και συναντούν το καπάκι που είναι κρύο δεν έχουν άλλη ενέργεια και υδροποιούνται (M21).

Τέλος σε όλες τις ομάδες η σχεδίαση επέτρεψε τον έλεγχο των απαντήσεων.

8.5. Συμπεράσματα από την ενότητα Αλλαγής Κατάστασης

Η Ε περιγράφει την αλλαγή κατάστασης των ουσιών δίνοντας εν μέρει αποδεκτές μακροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 13,6%. Οι εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις είναι σε ποσοστό 45,8%. Αυτές σχετίζονται με απόδοση ανθρωπομορφικών ιδιοτήτων στις ουσίες, όπως η ουσία δεν άντεξε και έλιωσε ή έβρασε και τις διαισθητικές ότι απλώνεται. Τέλος οι μηδενικές σε ποσοστό 40,3% από τις οποίες το 37,3% είναι ταυτολογικές. Τα παιδιά δεν διερωτώνται ούτε μπαίνουν σε προβληματισμό για το φαινόμενο στο οποίο αναφέρεται η ερώτηση και θεωρούν ότι "πάντα έτσι συμβαίνει" (Andersson 1984, 1990). Η θερμότητα θεωρείται ως μια ουσία που απορροφάται (Erickson 1980, Bar & Galili 1994) (ουσιαστικοποίηση της θερμότητας) αλλά επίσης μπορεί να εξατμίζεται, να προκαλεί διάλυση ή η ενέργεια θεωρείται ως κάτι που καταναλώνεται ή χρησιμοποιείται προσωρινά και μετά αποβάλλεται. Στην ερώτηση για τον βρασμό του νερού μεγάλο ποσοστό δίνει εναλλακτικές απαντήσεις που θεωρούν ότι το υγρό παράβρασε και δεν άντεξε, ή το υγρό βράζει πολύ και μετά το υγρό γίνεται ατμός, το υγρό φούσκωσε από την θερμότητα και πετά σταγόνες, ανέβηκε η θερμοκρασία του, φτάνει στους 100 βαθμούς και βράζει ή ότι ο βρασμός είναι οι φουσκάλες ή το κόχλασμα. Μεγάλο μέρος των μαθητών περιγράφει την συμπύκνωση του νερού στο κρύο καπάκι δίνοντας αποδεκτή μακροσκοπική περιγραφή (εν μέρει αποδεκτή 45,8%). Αυτή η ερώτηση είχε διδαχθεί στην τάξη και οι μαθητές αναπαρήγαγαν αυτό που είχαν ακούσει. Οι εναλλακτικές απαντήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο αφορούν κυρίως ότι οι σταγόνες μαζεύονται στο καπάκι μια εναλλακτική που θεωρεί ότι το νερό εκτοπίστηκε. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι λιγότεροι από το 20% δεκάχρονων μαθητών δίνουν μια ορθή απάντηση στην ερώτηση "μπορεί ο ατμός να αλλάξει σε νερό;" (Dibar & Colinvaux 1989). Ακόμη δυσκολότερο είναι να εξηγήσουν την συμπύκνωση σε κρύες επιφάνειες. Οι Bar & Trevis (1991) αναφέρουν ότι 20% των δεκατριώνχρονων δίνουν ορθές απαντήσεις ενώ οι Osborne & Cosgrove (1983) μιλάνε για ένα ποσοστό 10%. Κανένας δεκαπεντάχρονος μαθητής δεν ανέφερε ατμό στον αέρα. 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).



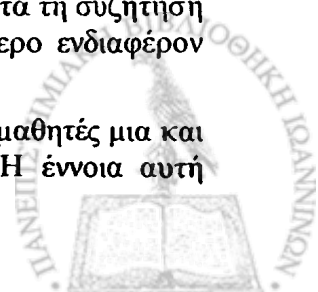
Η ομάδα Π1 ερμηνεύει τα φαινόμενα αλλαγής κατάστασης δίνοντας αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 65,3% στο τεστ Α και 70,2% στο τεστ Β. Οι πλήρεις απαντήσεις είναι σε ποσοστό 9,6% στο τεστ Α και 12,3% στο τεστ Β. Στο τεστ Α 11% των μαθητών δίνουν εν μέρει αποδεκτές μακροσκοπικές εξηγήσεις. Οι εναλλακτικές είναι κυρίως σε μικροσκοπικό επίπεδο και αποδίδουν στα μόρια μακροσκοπικές ιδιότητες (μοντέλο Β) σε ποσοστό 15,4% στο τεστ Α και 19,3% στο τεστ Β. Η πιο εύκολη ερώτηση ήταν η τήξη πάγου, που είχε διδαχθεί, ακολουθούμενη από τον βρασμό. Οι απαντήσεις στην ερώτηση για τον βρασμό είναι ανάλογες με αυτά που σημειώθηκαν στην τήξη. Το σωματιδιακό μοντέλο, που οι μαθητές διδάχθηκαν, έδωσε μια πρώτη κατανόηση ότι ένα δείγμα μιας ουσίας μπορεί να βρεθεί σε αέρια κατάσταση και στη συνέχεια βοηθάει στην κατανόηση αλλαγής κατάστασης. Την κατανόηση ότι μια ουσία μπορεί να βρεθεί και σε αέρια κατάσταση, ως προϋπόθεση για την κατανόηση αλλαγής κατάστασης, προτείνει και Johnson (1998a), (1998b). Η ερμηνεία της συμπύκνωσης δυσκόλεψε τους μαθητές που έδωσαν ελάχιστες πλήρεις απαντήσεις. Η συμπύκνωση απαιτεί οι μαθητές να έχουν κατανοήσει τι είναι το αέριο, ότι μια ουσία μπορεί να βρεθεί σε αέρια κατάσταση και ότι η ψύξη ισοδυναμεί με απώλεια ενέργειας που οδηγεί σε αλλαγή της κίνησης και διάταξης των μορίων, μια διαδικασία αντίστροφη από την θέρμανση, που οδηγεί από αέρια σε υγρή κατάσταση. Ωστόσο, οι μαθητές δεν αντιμετωπίζουν αντιστρεπτές διαδικασίες και ο τρόπος σκέψης είναι αλυσιδωτός με προτεινόμενη κατεύθυνση (αιτιακός συλλογισμός από Driver et al. (1985/93 273-285). Ωστόσο οι μισοί περίπου μαθητές ερμηνεύουν τη συμπύκνωση με πλησίασμα των μορίων λόγω απώλειας ενέργειας. Οι Lee et al. (1993) αναφέρουν ότι εν μέρει αποδεκτές μικροσκοπικές απαντήσεις έδωσε το 41% των μαθητών ενώ πλήρεις έδωσαν μόνο λίγοι μαθητές. Το σωματιδιακό μοντέλο που διδάξαμε βοήθησε στην κατανόηση ότι μια ουσία μπορεί να είναι σε στερεή, υγρή ή αέρια κατάσταση ανάλογα με την θερμοκρασία και κατά την αλλαγή κατάστασης δεν αλλάζει την ουσία. Εκτός από την ερώτηση της συμπύκνωσης, στην οποία σημειώθηκε υψηλότερη επίδοση στο τεστ Α λόγω κυρίως της μακροσκοπικής περιγραφής του φαινομένου, που οι μαθητές είχαν διδαχθεί, οι επιδόσεις στο τεστ Β ήταν καλύτερες από το τεστ Α.

Η ομάδα Π2(Σχ1), αν και διδάχθηκε την αλλαγή κατάστασης, παρουσίασε τη χαμηλότερη επίδοση από τις ομάδες (στο τεστ Α παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά). Η ομάδα δεν είχε διδαχθεί την ενότητα Ιδιοτήτων της ύλης. Φαίνεται ότι, αν οι μαθητές δεν έχουν κατανοήσει τη μικροσκοπική δομή των ουσιών, δεν είναι και σε θέση να κατανοήσουν τους μετασχηματισμούς. Ανάλογα αποτελέσματα αναφέρονται και από Parageorgiou & Johnson (2005). Αντίθετα το τμήμα Π2(Σχ2), που είχε διδαχθεί τις Ιδιότητες ουσιών και τη τήξη δεν παρουσίασε διαφορές από την Π1.

Το τμήμα Π2(Σχ3) (Π2(συζ)), που δεν διδάχθηκε την ενότητα αλλαγής κατάστασης, πριν τη συζήτηση χρησιμοποιεί κυρίως εναλλακτικές απαντήσεις που κυρίως θεωρούν ότι τα μόρια έχουν μακροσκοπικές ιδιότητες (μοντέλο Β κατά Johnson 1998c). Η συζήτηση βοήθησε τους μαθητές να δώσουν αποδεκτές ερμηνείες με μόρια. Οι πλήρεις απαντήσεις ήταν περισσότερες από αυτές της Π1 (27,4% στο τεστ Α και 29,8% στο τεστ Β), ενώ οι μερικώς αποδεκτές ήταν 56% και στα δυο τεστ. Οι εναλλακτικές είναι λιγότερες από όλες τις άλλες ομάδες και αφορούν μακροσκοπικές στο τεστ Α σε ποσοστό 4,8% και μικροσκοπικές 9,5%. Στο τεστ Β οι εναλλακτικές είναι μόνο μακροσκοπικές και αφορούν το μοντέλο Α σε ποσοστό 4,8% και το μοντέλο Β σε ποσοστό 8,3%. Μετά τη συζήτηση ελαττώθηκαν σημαντικά οι μηδενικές απαντήσεις. Το Π2(συζ), που συζήτησε τις ερωτήσεις αλλαγής κατάστασης, σημείωσε καλύτερη επίδοση από την Π1. Η συζήτηση στις ομάδες μείωσε σημαντικά το μοντέλο Β (τα σωματίδια έχουν μακροσκοπικές ιδιότητες) καθώς συζητήθηκαν και απορρίφθηκαν σχετικές προτάσεις. Οι μαθητές φαίνεται να κατανόησαν ότι οι ιδιότητες των ουσιών είναι ιδιότητες συνόλου μορίων.

Η συζήτηση στις ομάδες βελτίωσε τις απαντήσεις και πιο πολύ αυτές που διατυπώθηκαν σε μακροσκοπικό πλαίσιο. Στο σύνολο της ενότητας μετά τη συζήτηση βελτιώθηκαν το 67,9% στο τεστ Α και το 53,6% στο τεστ Β. Οι απαντήσεις που διατηρήθηκαν ίδιες πριν και μετά τη συζήτηση ήταν σε ποσοστό 32,1% στο τεστ Α και σε ποσοστό 42,9% στο τεστ Β. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα συμπεράσματα από τις συζητήσεις στις ομάδες.

Η αύξηση της κίνησης των μορίων με τη θέρμανση έγινε κατανοητή στους μαθητές μια και παρουσιάστηκε με σαφήνεια ως χαρακτηριστικό του σωματιδιακού μοντέλου. Η έννοια αυτή



χρησιμοποιήθηκε αποτελεσματικά στην τήξη πάγου, στη χρήση θερμότητας κατά την τήξη. Στην ερώτηση για την τήξη πάγου σε χυμό φάνηκαν οι δυσκολίες που έχουν οι μαθητές στην ερμηνεία φαινομένων που απαιτούν ενεργειακούς όρους, όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (Besson, 2003, Harrison et al. 1999, Lewis & Linn 1994). Δυσκολίες παρουσιάστηκαν και στην συμπύκνωση που απαιτεί ερμηνεία με απώλεια ενέργειας. Ωστόσο η συζήτηση στις ομάδες βελτίωσε την κατανόηση μεταφοράς ενέργειας και μείωσης κίνησης των σωματιδίων.

Οι μαθητές κατά τη συζήτηση για την τήξη πάγου σε χυμό ανέπτυξαν στις ομάδες τα παρακάτω μοντέλα:

- Το παγάκι για να λιώσει χρειάζεται θερμότητα που την παίρνει από την χλιαρή πορτοκαλάδα.

- Το παγάκι παίρνει ενέργεια από την χλιαρή πορτοκαλάδα, γίνεται υγρό και αποκαθίσταται θερμική ισορροπία μεταξύ των δυο υγρών.

- Κρύα μόρια πάγου σκορπίζουν στην πορτοκαλάδα και την δροσίζουν.

- Ένα μοντέλο επιβράδυνσης μορίων πορτοκαλάδας που οφείλεται στη συμπλήρωση των κενών του νερού, λόγω μετατροπής στερεού νερού σε υγρό, ανάλογο με αυτό που είχε προτείνει για την ερμηνεία κορεσμένων διαλυμάτων.

Στις ομάδες η εξάτμιση και ο βρασμός ερμηνεύτηκαν ως απομάκρυνση των μορίων λόγω της θερμότητας προς σχηματισμό αερίου. Η εναλλακτική άποψη ότι τα μόρια εξατμίζονται ελέγχθηκε με βάση τις ιδιότητες των μορίων και απορρίφθηκε. Επίσης χρειάστηκε να ξεκαθαριστεί αν τα μόρια είναι μέσα στο υγρό ή αποτελούν το υγρό. Το γεγονός ότι η εξάτμιση γίνεται και χωρίς ζέστη με τον αέρα οδήγησε έναν μαθητή στο συμπέρασμα ότι τα μόρια απομακρύνονται από τον αέρα. Οι συμμαθητές του αν και δεν συμφωνούσαν δεν έδωσαν κάποια εξήγηση. Τα μόρια κατά τον βρασμό παίρνουν ενέργεια με δυο τρόπους: Τα κάτω παίρνουν ενέργεια και σπρώχνουν τα πάνω οπότε απομακρύνονται όλα ή τα κάτω παίρνουν ενέργεια, κάνουν ζεστό αέριο που είναι ελαφρύ και πάει επάνω, στη θέση του πάει άλλο ψυχρό υγρό κ.λ.π. (ρεύματα). Έγινε προσπάθεια να ερμηνευτούν μακροσκοπικά τα φαινόμενα και εφ' όσον η μακροσκοπική δεν επαρκούσε στη συνέχεια χρησιμοποιούσαν σωματίδια. Παρατηρήθηκε κάποια προσπάθεια προσαρμογής των μορίων σε αυτά που ξέρουν και όχι ερμηνεία με όρια.

Όσον αφορά τη συμπύκνωση αρχικά οι μαθητές συζήτησαν γιατί τα μόρια εξατμίζονται και υγροποιούνται. Ο έλεγχος της ορθότητας της πρότασης αυτής ήταν εύκολος. Προτείνουν εγκλωβισμό των μορίων και μετατροπή σε υγρό αλλά δεν μπορούν να αναγνωρίσουν τον μηχανισμό. Οι μαθητές κατά τη συζήτηση αναγνωρίζουν ότι τα μόρια του αερίου πρέπει να δώσουν υγρό αλλά, και πάλι όπως στο βρασμό, το πρόβλημά τους είναι πώς έρχονται κοντά. Φαίνεται ότι δεν αντιστρέφεται η σκέψη για να προτείνουν αυτόματα αντιστροφή της αραίωσης με τη θερμότητα (δεν αντιμετωπίζουν αντιστρεπτές διαδικασίες - αλυσιδωτός τρόπος σκέψης - γραμμικός αιτιακός συλλογισμός). Η εμπύχωση - κιναισθητική παράσταση του φαινομένου βοήθησε τις μαθήτριες μιας ομάδας να καταλήξουν σε πλήρεις απαντήσεις. Και εδώ φαίνεται ότι η διαδικασία για επίτευξη κατανόησης σχετίζεται με επεξεργασία απόψεων διαφορετικών, την εξαγωγή συμπερασμάτων κ.λ.π. Μαθητής που είχε σημειώσει υψηλή επίδοση σε όλες τις ερωτήσεις και οι ομήλικοί του ένιωθαν μια ανασφάλεια σχετικά με τη δική τους άποψη και αποδέχονταν χωρίς αξιολόγηση, έδωσε εξηγήσεις χωρίς τα άλλα μέλη να επεξεργαστούν ή να αξιολογήσουν αυτές τις απόψεις. Μετά τη συζήτηση οι ομήλικοί του ή διατήρησαν τις αρχικές απόψεις ή διατύπωσαν εναλλακτικές αντιλήψεις. Σε άλλη μια περίπτωση (ομάδα 5) μαθήτρια που είχε διατυπώσει εναλλακτικές απόψεις αναλαμβάνει να ξεκαθαρίσει και κάθε φορά που κάνει λάθος οι συμμαθήτριές της επενέβαιναν και επισήμαναν το ρόλο της ψύξης στην απόσταση των μορίων. Σε ομάδες που οι μαθητές δεν κατάφεραν να αλληλοσχετίσουν τις απόψεις τους λόγω της απροθυμίας κάποιου μέλους να εξετάσει τις εναλλακτικές απόψεις, δεν έφτασαν στη διατύπωση αποδεκτών αντιλήψεων.

Τέλος σε όλες τις ομάδες η σχεδίαση επέτρεψε τον έλεγχο των απαντήσεων.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

Διατήρηση μάζας στις φυσικές μεταβολές

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας. Το μόριο ως αμετάβλητος δομικός λίθος των ουσιών ήταν μια από τις βασικές διαστάσεις του σωματιδιακού μοντέλου που διδάχθηκαν οι μαθητές. Στη σειρά μαθημάτων για την εισαγωγή σωματιδιακού μοντέλου, ωστόσο, δεν είχε γίνει σαφής αναφορά στη διατήρηση μάζας κατά τις φυσικές αλλαγές δηλαδή τη διαστολή, διάλυση και τήξη. Οι μαθητές κλήθηκαν και στα δυο τεστ να προβλέψουν αν η μάζα αυξάνει, ελαττώνεται ή μένει ίδια, όταν μια μεταλλική σφαίρα διαστέλλεται, όταν η ζάχαρη διαλύεται σε νερό και όταν ο πάγος λιώνει. Επιπλέον μόνο στο τεστ Β απάντησαν σε ερωτήσεις σχετικά με τη διατήρηση μάζας κατά τη διαστολή υγρού, το βρασμό νερού και την συμπύκνωση. Οι μαθητές χρησιμοποιούν την έννοια του βάρους για να μας απαντήσουν ποιο σώμα ζυγίζει περισσότερο ή λιγότερο. Στην παρούσα εργασία δεχόμαστε την έννοια της μάζας ως βάρος.

9.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων – σχολιασμός

9.1.1. Διατήρηση μάζας στη θερμική διαστολή στερεού

Η ερώτηση για τη διατήρηση μάζας είναι ερώτηση πρόβλεψης. Το τμήμα Π2(Σχ3) (Π2(διδ)) είχε διδαχθεί τη διαστολή στερεού όπως και η Π1. Τη θερμικής διαστολή δεν είχαν διδαχθεί οι μαθητές της Π2(Σχ1) και Π2(Σχ2). Τα τμήματα αυτά παρουσιάζονται ως Π2(συζ). Οι συχνότητες ανά τύπο απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 9.1.1.1 και 9.1.1.2.

Πίνακας 9.1.1.1: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών των ομάδων Ε, Π1 και Π2(διδ) σχετικά με τη διατήρηση μάζας στη θερμική διαστολή στερεού

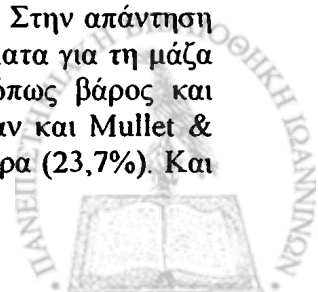
Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	ΕtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ) testA(N=24)	Π2(διδ) testB(N=24)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής	15	44	52	21	22
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό	44	9	4	2	1
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων		3			
Δεν απαντούν		1	1	1	1

Πίνακας 9.1.1.2: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών της ομάδας Π2(συζ) σχετικά με τη διατήρηση μάζας στη θερμική διαστολή στερεού

Τύποι απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ			
	Π2(συζ) preA(N=30)	Π2(συζ) preB(N=30)	Π2(συζ) postA(N=27)	Π2(συζ) postB(N=27)
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	18	20	21	25
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	11	9	5	1
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	1	1	1	1
Δεν απαντούν				

Ομάδα ελέγχου (E)

Στην ερώτηση για τη διατήρηση μάζας στη διαστολή στερεού οι μαθητές της E θεωρούν ότι η μάζα διατηρείται σε ποσοστό 25,4%. Μεγάλο ποσοστό μαθητών (74,6%) ισχυρίζονται ότι το βάρος αυξάνει. Αυτό το δικαιολογούν λέγοντας ότι: 1. Αυξάνει ο όγκος (42,4%). Στην απάντηση αυτή οι έννοιες μάζα και όγκος μπερδεύονται και οι μαθητές βγάζουν συμπεράσματα για τη μάζα ενός αντικειμένου λαμβάνοντας υπόψη μόνο τον όγκο. Μπέρδεμα εννοιών όπως βάρος και πυκνότητα με έννοιες όπως μάζα, όγκος και βαρύτητα σε μαθητές 14-15 έδειξαν και Mullet & Germain (1990). 2. Το βάρος μεγαλώνει γιατί το σώμα παίρνει ενέργεια, ζέστη, αέρα (23,7%). Και



εδώ η θερμότητα φαντάζει ως μια οντότητα, η οποία έχει τις ιδιότητες μιας υλικής ουσίας, όπως αναφέρεται και από Engel Clough & Driver (1985).

Οι μαθητές που διατηρούν τη μάζα ισχυρίζονται ότι:

Δεν παίρνει βάρος, απλώς ζεσταίνεται (E-50).

Μένει ίδιο το βάρος, δεν αλλάζουν τα συστατικά (E-52).

Μένει ίδιο το βάρος, γιατί δεν άλλαξε η ποσότητα (E-58).

Μη αποδεκτές απαντήσεις

11 Όταν ζεσταίνεται, βαραίνει γιατί παίρνει ενέργεια και αυξάνει ο όγκος (E-45).

Παίρνει θερμότητα ενώ βαραίνει, γιατί παίρνει ενέργεια (E-54).

Γίνεται βαριά όταν ζεσταίνεται, γιατί φεύγει ο αέρας από το υλικό και μένει το βαρύ (E-40).

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Στο τεστ Α το 77,2% των μαθητών της Π1 θεωρεί ότι η μάζα διατηρείται. Το 21,1% θεωρεί ότι η μάζα αυξάνει. Από τους μαθητές που θεωρούν ότι αυξάνει η μάζα, το 15,8% λένε ότι αυξάνει ο όγκος ή γιατί μπαίνει μέσα ενέργεια. Οι υπόλοιποι μαθητές λένε ότι τα μόρια γίνονται πιο βαριά, ή γιατί μαζεύονται κοντά ή γιατί μπαίνουν μόρια θερμότητας. Στο τεστ Β διατήρηση μάζας δίνουν το 91,3% ενώ 7,0% λένε ότι αυξάνει το βάρος γιατί αυξάνει ο όγκος ή κάτι μπαίνει.

Αποδεκτές απαντήσεις

Το βάρος είναι ίδιο γιατί ούτε προσθέσαμε ούτε αφαιρέσαμε σωματίδια (Π1-43).

Το βάρος μένει ίδιο γιατί το περιεχόμενο μπαλονιού είναι ίδιο, δεν έχει σημασία αν τα μόρια κινούνται γρηγορότερα ή απομακρύνονται (Π1-43).

Το βάρος μένει ίδιο, γιατί τα μόρια δεν αυξάνονται αλλά απομακρύνονται το ένα από το άλλο (Π1-51).

Μη αποδεκτές απαντήσεις

Η σφαίρα μεγαλώνει γιατί φουσκώνει και τα μόρια έρχονται κοντά (Π1-22).

Στη ζεστή σφαίρα η μάζα είναι πιο μεγάλη γιατί ο όγκος της διαστάληκε (Π1-56).

Πιο βαριά η ζεστή σφαίρα γιατί μπαίνουν μόρια θερμότητας (Π1-46).

Τα μόρια μικρύναν αλλά η μπάλα φούσκωσε και μεγάλωσε (Π1-22).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

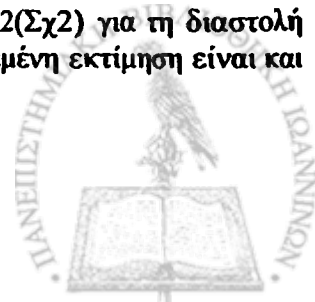
Π2(συζ)(Π2(Σχ1) και Π2(Σχ2))

Πριν τη συζήτηση στην Π2(συζ), αποδεκτές απαντήσεις δίνει το 60% στο τεστ Α και το 66,7% στο τεστ Β, ενώ μετά τη συζήτηση ορθές απαντήσεις δίνει το 77,8% στο τεστ Α και το 92,6% των μαθητών στο τεστ Β. Πριν τη συζήτηση ένα ποσοστό 16,7% στο τεστ Α και 13,3% στο τεστ Β θεωρεί ότι η μάζα μεγαλώνει γιατί μεγαλώνει ο όγκος. Μετά τη συζήτηση η εναλλακτική αυτή απάντηση εμφανίζεται στο 11,1% των απαντήσεων στο τεστ Α και στο 3,7% στο τεστ Β. Η μάζα μεγαλώνει γιατί η σφαίρα παίρνει ενέργεια, ζέστη, αέρα για το 20% των μαθητών στο τεστ Α και το 16,7% στο τεστ Β πριν τη συζήτηση. Μετά τη συζήτηση αυτή η εναλλακτική άποψη περιορίζεται στο 7,4% μόνο στο τεστ Α. Σε μικρά ποσοστά εμφανίζονται η άποψη ότι η μάζα μεγαλώνει γιατί μπαίνουν μόρια στη σφαίρα σε ποσοστό 3,3% στο τεστ Α και η μάζα μικραίνει γιατί τα μόρια απομακρύνονται στο τεστ Β. Μετά τη συζήτηση εμφανίζεται η άποψη ότι η μάζα μεγαλώνει γιατί τα μόρια βαραίνουν, διαστέλλονται σε ποσοστό 3,7% και στα δυο τεστ.

Πριν τη συζήτηση στην Π2(Σχ1) αποδεκτές απαντήσεις δίνει το 64,3% στο τεστ Α και το 71,4% στο τεστ Β, ενώ μετά τη συζήτηση ορθές απαντήσεις δίνει το 75% στο τεστ Α και όλοι οι μαθητές στο τεστ Β. Πριν τη συζήτηση στην Π2(Σχ2) δίνει ορθές απαντήσεις το 56,3% στο τεστ Α και 62,5% στο τεστ Β, ενώ μετά τη συζήτηση ορθές απαντήσεις δίνουν το 80% στο τεστ Α και 86,7% στο τεστ Β.

Το παρακάτω απόσπασμα από τη συζήτηση στην ομάδα 2 του Π2(Σχ2) για τη διαστολή δείχνει ότι ένας παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές σε λαθεμένη εκτίμηση είναι και η σωματιδιακή κίνηση. Τα σωματίδια είναι πιο βαριά επειδή κινούνται.

[...]



Δ: Όταν η μπάλα είναι ζεστή είναι πιο βαριά ή ελαφριά;

M14: Πιο βαριά, πιο βαριά.

M15: Ίδια.

M14: Γιατί; (απορεί).

M15: Δεν προστίθεται τίποτε.

M14: Μα αφού κινείται γρήγορα; Δεν θα είναι πιο βαρύ;

M15: Ίδια, δεν προστίθενται μόρια, η θερμότητα δεν έχει βάρος.

M4: Συμφωνώ, μένει το ίδιο.

Δ: Όταν κρυσταλλώνει;

M15: Πάνε αργά τα μόρια.

M14: Πάνε και τα άλλα τα μόρια... το βάρος μικραίνει.

M5: Ο όγκος μικραίνει. Όχι το βάρος.

M14: Ο όγκος μικραίνει.

Η βελτίωση των απαντήσεων στην ερώτηση διατήρησης μάζας στη θερμική διαστολή οφείλεται κυρίως στην κατανόηση ότι αυξάνει ο όγκος χωρίς να αυξάνει η μάζα λόγω της απόστασης των μορίων και ότι η θερμότητα δεν είναι υλική οντότητα αλλά απλά αυξάνει την ταχύτητα και την απόσταση των σωματιδίων.

Π2(διδ) (Π2(Σχ3))

Από τους μαθητές της Π2(συζ), που διδάχθηκαν την διαστολή στερεού, διατήρηση μάζας αναφέρουν το 87,5% στο τεστ Α και 91,7% στο τεστ Β

9.1.2. Διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση

Η ερώτηση για τη διατήρηση μάζας είναι ερώτηση πρόβλεψης. Την ενότητα της διάλυσης δεν διδάχθηκαν οι μαθητές της Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3) και οι απαντήσεις τους παρουσιάζονται ως Π2(συζ) ενώ διδάχθηκαν οι μαθητές της Π2(Σχ1) (Π2(διδ)).

Οι συχνότητες ανά τύπο απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 9.1.2.1 και 9.1.2.2.

Πίνακας 9.1.2.1.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των Ε, Π1 και Π2(διδ) σχετικά με τη διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση κόκκου αλατιού σε νερό

Τύπος απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ				
	EtestA (N=59)	Π1testA (N=57)	Π1testB (N=57)	Π2(διδ)A (N=14)	Π2(διδ)B (N=14)
Διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση αλατιού σε νερό					
Η μάζα διατηρείται	26	46	51	9	12
Η ζάχαρη εξαφανίζεται/ αφομοιώνεται όταν διαλύεται και δεν συμβάλλει στο βάρος	10	2	2		
Σύγχυση μάζας όγκου	3				
Υπάρχει η ζάχαρη αλλά γίνεται ελαφρύτερη	14	6	1	5	2
Βαραίνει το διάλυμα	6	1	1		
Δεν απαντούν		2	2		

Πίνακας 9.1.2.2.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με τη διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση κόκκου αλατιού σε νερό για την ομάδα Π2(συζ).

Τύπος απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ			
	Π2(συζ) preA(N=40)	Π2(συζ) preB(N=40)	Π2(συζ) postA(N=36)	Π2(συζ) postB(N=36)
Διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση αλατιού σε νερό				
Η μάζα διατηρείται	21	25	32	32
Η μάζα διατηρείται γιατί έχουμε ίδιο αριθμό μορίων απλά άλλαξαν ουσία	1	1		
Η ζάχαρη εξαφανίζεται/ αφομοιώνεται όταν διαλύεται και δεν συμβάλλει στο βάρος	6	4	1	1
Υπάρχει η ζάχαρη αλλά είναι ελαφρύτερη	3	3	1	1
Βαραίνει το διάλυμα	8	6	2	2
Δεν απαντούν	1	1		



Ομάδα ελέγχου (E)

Η μάζα διατηρείται κατά τη διάλυση από το 44,1% των μαθητών της E. Ένα ποσοστό 16,9% των μαθητών ισχυρίζεται ότι η ζάχαρη εξαφανίζεται / αφομοιώνεται, όταν διαλύεται, και δεν συμβάλλει στη μάζα του διαλύματος. Ο τύπος αυτός απάντησης θεωρεί ότι η ουσία ζάχαρη ορίζεται από τις μακροσκοπικές ιδιότητες, τη σκληρή κρυσταλλική δομή και μια ουσία υπάρχει μόνο όταν έχουμε αισθητηριακή αντίληψη γι' αυτή (Εξαφάνιση υλικού – Disappearance κατά Andersson 1984, 1990). Από τους μαθητές που θεωρούν ότι η ζάχαρη δεν συμβάλλει στη μάζα, το 11,9% θεωρεί ότι η μάζα της ζάχαρης δεν μετράει καθόλου ενώ το 5,1% θεωρεί ότι η ζάχαρη με τη διάλυση εξαφανίζεται. Το 23,7% των μαθητών θεωρεί ότι η ζάχαρη υπάρχει στο διάλυμα αλλά ζυγίζει λιγότερο είτε επειδή έσπασε σε μικρά κομμάτια (ποσοστό 16,9%), είτε επειδή έγινε υγρό και ζυγίζει λιγότερο (ποσοστό 6,8%). Μελέτες στο ηλικιακό φάσμα 9-15 ετών, αναφέρουν 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). Η Hatzinikita & Koulaïdis (1997) ανέφεραν ότι τα παιδιά σκέφτονται ότι η ζάχαρη, που διαλύθηκε στο νερό, δεν συνεισφέρει στο βάρος του διαλύματος. Ωστόσο αυτό είναι διαφορετικό, 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. Το 10,2% των μαθητών θεωρούν ότι το διάλυμα βαραινεί γιατί προστίθεται η μάζα του κόκκου. Η διατήρηση βάρους στη διάρκεια της διάλυσης είναι προβληματική για τους μαθητές της E. Αντίθετα οι μαθητές της Π1, που διδάχθηκαν το σωματιδιακό μοντέλο, δίνουν υψηλά ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Οι μαθητές απαντούν ότι η μάζα διατηρείται στο τεστ A σε ποσοστό 80,7% και στο τεστ B σε ποσοστό 89,5%. Ένα μικρό ποσοστό 3,5% των μαθητών και στα δυο τεστ θεωρούν ότι η ζάχαρη εξαφανίζεται / αφομοιώνεται όταν διαλύεται και δεν συμβάλλει στο βάρος. Την κατηγορία "υπάρχει αλλά είναι ελαφρότερη" προτιμούν το 10,5% στο τεστ A και 1,8% στο τεστ B. Η μεταβολή της ουσίας από συνεχή σε ασυνεχή και η διάσπασή της σε μικρά σωματίδια επηρεάζει την διατήρηση μάζας. Οι μαθητές θεωρούν ότι τέτοια σωματίδια έχουν αμελητέο βάρος ή ότι όσο πιο απλωμένα είναι, τόσο λιγότερο βαριά είναι (Holding 1987, Piaget & Inhelder 1974). Στην κατηγορία "βαραινεί το διάλυμα" ταξινομήθηκαν το 1,75% των απαντήσεων. Η απάντηση αυτή απορρέει από την θεώρηση των μορίων μέσα στη ζάχαρη (μοντέλο σταφίδες σε κέικ).

Αποδεκτές απαντήσεις

Το βάρος είναι ίδιο γιατί τα μόρια αλατιού και τα μόρια νερού ίδια σε αριθμό και στα δυο δοχεία ζυγίζουν το ίδιο, το αλάτι είτε σε μορφή στερεού είτε σε μόρια υπάρχει και ζυγίζει το ίδιο. Το βάρος και του νερού μένει το ίδιο.

Ίδια ποσότητα, η ζάχαρη είναι στο νερό αλλά δεν φαίνεται.

Το βάρος είναι ίδιο και ας μη βλέπουμε τη ζάχαρη γιατί έχει σκορπιστεί σε μόρια.

Μη αποδεκτές απαντήσεις

Το 1^ο ποτήρι είναι πιο βαρύ γιατί υπάρχει όλος ο κόκκος (Π1-56 τεστA).

Το 1^ο πιο βαρύ αλλά το 2 και 3 ίδιο γιατί η ζάχαρη διαλύθηκε, δεν εξαφανίστηκε στο 3 αλλά διαλύθηκε και είναι σαν να μην έχει διαλυθεί (Π1-56 τεστB).

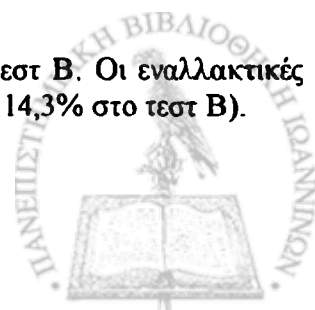
Το 1^ο γιατί ο κόκκος είναι ολόκληρος, τα μόρια ζυγίζουν λιγότερο (Π1-47).

Τα δυο τελευταία ζυγίζουν περισσότερο γιατί τα μόρια δεν εξαφανίστηκαν αλλά υπάρχουν ακόμη (Π1-44).

Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ1))

Η μάζα διατηρείται για το 64,3% στο τεστ A και το 85,7% στο τεστ B. Οι εναλλακτικές αφορούν την κατηγορία η ζάχαρη είναι ελαφρότερη (35,7% στο τεστ A και 14,3% στο τεστ B).



Π2(συζ) (Π2(Σχ2) και Π3(Σχ3))

Πριν τη συζήτηση διατήρηση μάζας αναφέρουν το 52,5% στο τεστ Α και 62,5% στο τεστ Β. Ένας μαθητής θεωρεί ότι η μάζα διατηρείται γιατί έχουμε ίδιο αριθμό μορίων απλά άλλαξαν ουσία. Όσοι μαθητές δεν αναφέρουν διατήρηση μάζας θεωρούν ότι η ζάχαρη εξαφανίζεται / αφομοιώνεται όταν διαλύεται και δεν συμβάλει στο βάρος (15% στο τεστ Α και 10% στο τεστ Β). Έτσι ισχυρίζονται ότι η μάζα είναι ίδια και στα τρία ποτήρια (12,5% στο τεστ Α, 10% στο τεστ Β) ή ότι το δοχείο Ι είναι πιο βαρύ γιατί η ζάχαρη δεν συμβάλει (2,5% στο τεστ Α). Επίσης αναφέρουν ότι η ζάχαρη υπάρχει αλλά είναι ελαφρότερη (7,5% στο τεστ Α, 7,5% στο τεστ Β) ή γιατί το υγρό ζυγίζει λιγότερο (7,5% στο τεστ Α, 5% στο τεστ Β) ή τα μόρια διαλύονται και έτσι ζυγίζουν λιγότερο (2,5% στο τεστ Β). Όσοι μαθητές αναφέρουν ότι το διάλυμα βαραίνει το δικαιολογούν λέγοντας ότι προστίθεται στο νερό η μάζα του κόκκου ή μόρια ή γιατί κατακάθονται (17,5% στο τεστ Α και 15% στο τεστ Β) ή γιατί το αλάτι και το νερό έγιναν ένα, προστίθενται οι ουσίες (2,5% στο τεστ Α). Η αύξηση μάζας επειδή κατακάθεται η ουσία οφείλεται στην αντίληψη των μαθητών ότι οι ουσίες υπάρχουν όταν είναι αισθητηριακά αντιληπτές (Εξαφάνιση υλικού – Disappearance κατά Andersson 1984, 1990). Οι απόψεις ότι προστίθενται μόρια φαίνεται να προέρχονται από τη θεώρηση ότι τα μόρια είναι μέσα στις ουσίες και απλά με τη διάλυση ελευθερώνονται. Δεν παρατηρούνται απαντήσεις που συγχέουν τη μάζα με τον όγκο. Μετά τη συζήτηση η πλειονότητα των μαθητών θεωρεί ότι η μάζα διατηρείται (88,9%). Οι εναλλακτικές μετά τη συζήτηση αναφέρουν ότι ζάχαρη δεν συμβάλει (2,8%), υπάρχει η ζάχαρη αλλά είναι ελαφρότερη γιατί τα μόρια ζυγίζουν λιγότερο (4,8%), βαραίνει το διάλυμα (5,6%) γιατί προστίθεται στο νερό η μάζα του κόκκου ή μόρια ή γιατί κατακάθονται (2,8%) ή γιατί το αλάτι και το νερό έγιναν ένα, προστίθεται οι ουσίες (2,8%).

Πριν τη συζήτηση στην Π2(Σχ2) διατήρηση μάζας αναφέρουν το 43,8% στο τεστ Α και 50% στο τεστ Β. Μετά τη συζήτηση στις ομάδες η πλειονότητα των μαθητών θεωρεί ότι η μάζα διατηρείται (ποσοστό 93,3%). Για το 58,3% των μαθητών της Π2(Σχ3) πριν τη συζήτηση στο τεστ Α και 70,8% στο τεστ Β η μάζα διατηρείται. Μετά τη συζήτηση η πλειονότητα των μαθητών θεωρεί ότι η μάζα διατηρείται (85,7% και στα δυο τεστ).

Η βελτίωση των ποσοστών αποδεκτών απαντήσεων διατήρησης μάζας κατά τη διάλυση οφείλεται στην κατανόηση ότι δεν εξαφανίζεται η ζάχαρη αλλά υπάρχει μοιρασμένη σε μικρά μέρη. Επίσης διορθώθηκαν κατά τη συζήτηση και απόψεις που θεωρούν ότι τα υγρά ζυγίζουν λιγότερο καθώς και μια ουσία υπάρχει ακόμη και αν δεν έχουμε αισθητηριακή αντίληψη. Η συζήτηση στις ομάδες που επικεντρώθηκε σε μόρια βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν τη διατήρηση μάζας.

9.1.3. Διατήρηση μάζας κατά την τήξη

Η ερώτηση για τη διατήρηση μάζας είναι ερώτηση πρόβλεψης. Σημειώνουμε ότι την ενότητα της αλλαγής κατάστασης δεν είχαν διδαχθεί οι μαθητές της Π2(Σχ3), που αποτέλεσαν και το τμήμα Π2(συζ). Οι συχνότητες ανά τύπο απαντήσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 9.1.3.1.

Πίνακας 9.1.3.1.: Κατανομή συχνότητων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών των ομάδων Ε, Π1, Π2 σχετικά με τη διατήρηση μάζας κατά την τήξη

Τύπος απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ								
	Ε testA (N=59)	Π1 testA (N=57)	Π1 testB (N=57)	Π2(διδ) testA (N=30)	Π2(διδ) testB (N=30)	Π2(συζ) preA (N=24)	Π2(συζ) preB (N=24)	Π2(συζ) postA (N=21)	Π2(συζ) postB (N=21)
Το βάρος διατηρείται	47	51	17	25	11	12	19	20	
Τα μόρια δεν έχουν βάρος	2					2			
Το παγάκι ζυγίζει περισσότερο	35	6	3	8	5	6	2	1	
Το υγρό ζυγίζει περισσότερο	24	2		4		5	3		
Δεν απαντούν	2	3	1			2	1		



Ομάδα ελέγχου (E)

Οι μαθητές της ομάδας E έχουν προβλήματα με την διατήρηση μάζας κατά την τήξη πάγου. Η απουσία σωστών απαντήσεων μπορεί να οφείλεται και στο ότι δεν κατανόησαν την ερώτηση. Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι το παγάκι ζυγίζει περισσότερο (59,3%) επειδή ο πάγος είναι βαρύτερος, το στερεό είναι πιο συμπαγές από τα υγρά, ο πάγος έχει περισσότερο υλικό από το νερό. Η τήξη του πάγου δεν είναι κάποια μεταβολή που εμπλέκει φανερή εξαφάνιση και οι ιδέες για τη διατήρηση μάζας κατά τη μεταβολή επηρεάζεται από τις ιδέες των μαθητών για τη φυσική κατάσταση ενός υλικού. Η έννοια του στερεού και σκληρού συνδέεται με το βάρος (Driver 1989, Russel 1991). Την κατηγορία αναφέρουν και οι Lee et al. (1993). Μεγάλο ποσοστό επίσης θεωρεί ότι το υγρό ζυγίζει περισσότερο (40,7%). Η αύξηση του βάρους των υγρών φαίνεται να έχει σχέση με την αλλαγή της επιφάνειας του υγρού κατά την τήξη. Η αύξηση της επιφάνειας οδηγεί σε αύξηση της μάζας (Bargellini et al. 1993).

Το παγάκι ζυγίζει περισσότερο γιατί:

Το παγάκι, γιατί είναι συμπυκνωμένο νερό (E-37).

Το παγάκι γιατί είναι στερεό (E-39).

Το παγάκι γιατί τα στερεά ζυγίζουν περισσότερο (E-51).

Τα υγρά ζυγίζουν περισσότερο γιατί:

Το υγρό λόγω ανωμαλίας διαστολής του νερού (E-40).

Το νερό είναι βαρύτερο γι' αυτό ο πάγος επιπλέει (E-55).

Το νερό είναι βαρύτερο γιατί είναι υγρό και περισσότερο (E-56).

Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

Η πλειονότητα των μαθητών θεωρεί ότι το παγάκι και το νερό ζυγίζουν το ίδιο, γιατί έχουν ίδια μόρια ή η ουσία αλλάζει τύπο αλλά η ποσότητα μένει ίδια (82,5% στο τεστ A και 89,5% στο τεστ B). Με την διδασκαλία του σωματιδιακού μοντέλου σημειώνεται βελτίωση της κατανόησης της διατήρησης της μάζας: π.χ. το νερό ζυγίζει όσο ο πάγος επειδή αλλάζει τύπο από στερεό σε υγρό. Ένα ποσοστό 10,5% στο τεστ A και 5,3% στο τεστ B θεωρούν ότι το παγάκι ζυγίζει περισσότερο. Οι Hatzinikita & Kokkotas (1994) αναφέρουν ότι το 70% παιδιών 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). Η Ahtee (1994) αναφέρει ότι το 37% δεκατριών μαθητών πιστεύουν ότι η μάζα και ο όγκος σε ένα παγάκι δεν αλλάζει με το λιώσιμο. Η εναλλακτική άποψη ότι ο πάγος ζυγίζει περισσότερο προέρχεται από την απόδοση μακροσκοπικών ιδεών σε μικροσκοπικό επίπεδο καθώς πιστεύεται ότι τα μόρια στον πάγο είναι βαρύτερα από κείνα στο νερό και αυτά του ατμού ακόμα ελαφρύτερα. Σε κάποιες περιπτώσεις εμπλέκεται η θερμότητα: ζεστά αντικείμενα είναι ελαφρύτερα από τα κρύα (Lee et al. 1993, Mortimer 1993). Ακόμη λόγω της δυνατότερης σύνδεσης τα στερεά είναι βαρύτερα από τα υγρά, όπως αναφέρεται και από Lee et al. (1993). Οι Bargellini et al. (1993) έχουν αναφέρει ότι οι μαθητές υποθέτουν ότι το βάρος αυξάνει με την αλλαγή του επιπέδου της επιφάνειας του νερού. Το 3,5% των μαθητών θεωρούν ότι το υγρό ζυγίζει περισσότερο.

Αποδεκτές απαντήσεις

Το βάρος είναι ίδιο γιατί δεν αλλάζει η ποσότητα αλλά το σχήμα της ουσίας (Π1-50).

Το βάρος είναι ίδιο γιατί είναι ίδια η ποσότητα σωματιδίων (Π1-40).

Μη αποδεκτές απαντήσεις

Το παγάκι έχει πιο κοντά τα μόρια και ζυγίζει πιο πολύ (Π1-47).

Το παγάκι ζυγίζει περισσότερο γιατί είναι στερεό (Π1-56)

Διαφέρουν γιατί τα μόρια είναι σε διαφορετική φυσική κατάσταση (Π1-49)

Πιο βαρύ είναι το στερεό γιατί τα μόρια έλιωσαν και εξαφανίστηκαν έλιωσαν (Π1-22).

Το υγρό είναι πιο βαρύ γιατί έχει περισσότερο όγκο (Π1-32).



Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

Π2(διδ) (Π2(Σχ1) και Π2(Σχ2))

Διατήρηση μάζας αναφέρουν το 56,7% στο τεστ Α και 83,3% στο τεστ Β. Οι μαθητές θεωρούν ότι το στερεό ζυγίζει περισσότερο σε ποσοστό 26,7% στο τεστ Α και 16,7% στο τεστ Β. Ένα ποσοστό 13,3% στο τεστ Α θεωρεί ότι τα υγρά ζυγίζουν περισσότερο.

Από το τμήμα Π2(Σχ1) διατήρηση μάζας αναφέρουν το 35,7% στο τεστ Α και 78,6% στο τεστ Β. Το τμήμα Π2(Σχ1) σημείωσε στο τεστ Α χαμηλά ποσοστά απαντήσεων. Από το τμήμα Π2(Σχ2) διατήρηση μάζας αναφέρουν το 75% στο τεστ Α και 87,5% στο τεστ Β.

Αποδεκτές απαντήσεις

Ζυγίζουν το ίδιο γιατί τα μόρια δεν γίνονται ελαφριά ούτε βαριά αλλά αλλάζει η διάταξη και η κίνηση (Σχ2-1).

Το βάρος είναι ίδιο γιατί τα μόρια είναι ίδια, δεν φεύγουν αλλά αλλάζουν θέση (Σχ2-4).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Ο πάγος είναι πιο βαρύς γιατί πιάνει χώρο (Σχ1-11).

Δεν ζυγίζει το ίδιο, δεν είναι στην ίδια κατάσταση, στο στερεό είναι πυκνά (Σχ1-13).

Το παγάκι ζυγίζει περισσότερο γιατί είναι δυνατό και στερεό (Σχ1-2).

Ο πάγος είναι πιο βαρύς γιατί είναι στερεό (Σχ2-14).

Π2(συζ) (Π2(Σχ3))

Πριν τη συζήτηση στο τεστ Α οι μαθητές δίνουν απαντήσεις διατήρησης μάζας σε ποσοστό 45,8%. Η πλειονότητα των μαθητών θεωρεί ότι το υγρό και το παγάκι ζυγίζουν το ίδιο γιατί έχουν ίδια μόρια ή η ουσία αλλάζει τύπο αλλά η ποσότητα μένει ίδια. Οι εναλλακτικές που θεωρούν ότι το παγάκι ζυγίζει περισσότερο είναι το 25% ενώ αυτές που θεωρούν ότι το νερό ζυγίζει περισσότερο είναι το 20,8%. Οι μαθητές θεωρούν το παγάκι πιο βαρύ, γιατί είναι στερεό και πυκνό. Αυτοί που θεωρούν το υγρό νερό πιο βαρύ, το σχετίζουν με τον όγκο. Θεωρούν ότι το υγρό νερό πιάνει περισσότερο χώρο, άρα είναι πιο βαρύ. Στο τεστ Β διατηρούν τη μάζα ένα ποσοστό 50%, ενώ σε ποσοστό 8,3% θεωρούν ότι η μάζα διατηρείται γιατί τα μόρια δεν έχουν βάρος ενώ θεωρούν ότι το παγάκι ζυγίζει περισσότερο σε ποσοστό 25%.

Αποδεκτές απαντήσεις

Ζυγίζουν το ίδιο, γιατί τα μόρια ούτε αλλάζουν μέγεθος ούτε πολλαπλασιάζονται απλώς κινούνται γρηγορότερα ή είναι κολλητά (Σχ3-5).

Ζυγίζουν το ίδιο, εφ' όσον τα μόρια υγρού νερού ή πάγου είναι ίδια τότε ζυγίζουν το ίδιο (Σχ3-11).

Μη αποδεκτές απαντήσεις

Το παγάκι ζυγίζει περισσότερο, γιατί μέσα του έχει φυσαλίδες νερού (Σχ3-5).

Πιο βαρύ είναι το νερό, γιατί στον πάγο τα μόρια δεν μεταβάλλονται ενώ ο υδρατμός που είναι αέριο είναι πιο ελαφρύς (Σχ3-3).

Πιο πολύ ζυγίζει το στερεό, γιατί τα μόρια είναι κοντά (Σχ3-9).

Πιο βαρύ είναι το υγρό, μετά το στερεό, μετά το αέριο (Σχ3-4).

Ζυγίζουν το ίδιο, γιατί τα μόρια δεν έχουν βάρος (Σχ3-21).

Το υγρό είναι πιο βαρύ, επειδή ο πάγος είναι πιο αραιός και ο αέρας δεν έχει συγκεκριμένο βάρος (Σχ3-18).

Μετά τη συζήτηση στις ομάδες δίνουν αποδεκτές απαντήσεις το 86,4% στο τεστ Α και το 90,9% στο τεστ Β. Λίγοι μαθητές θεωρούν ότι το παγάκι ζυγίζει περισσότερο (9,1% στο τεστ Α και 4,6% στο τεστ Β).

[απόσπασμα από συζήτηση της ομάδας 1 του Π2(Σχ3)]

[κατά τη συζήτηση της τήξης πάγου η ομάδα αναφέρθηκε στη μεταβολή μάζας]

M6: Μπορεί το παγάκι (να είναι πιο βαρύ) που είναι τα μόρια κοντά, υπάρχει κάποια πιθανότητα επειδή τα μόρια στο υγρό είναι κοντά πάνε πιο μακριά λίγο. Αλλά είναι ίδια.

M5: Είναι κλειστά, δεν μπαίνουν μόρια.

M13: Δεν αποκλείεται να ζυγίζουν το ίδιο, εφόσον τα μόρια είναι ίδια.

M3: Το παγάκι είναι πιο ελαφρύ γιατί τα μόρια δεν κινούνται τόσο γρήγορα ενώ στο νερό κινούνται γρήγορα.

Δ: Συμφωνείτε;



M6: Τα μόρια δεν μεταβάλλονται.

M13: Δεν μεταβάλλονται, ούτε...

M3: Τι δεν μεταβάλλονται, κινούνται πιο γρήγορα, δεν μεταβάλλονται λέτε;

M6: Όχι, δεν ελαφραίνουν.

M5: Είναι κλειστό, δεν παθαίνει ούτε εξάτμιση.

M6: Μένουν το ίδιο, δεν γίνονται με την κίνηση πιο βαριά.

Η βελτίωση των ποσοστών αποδεκτών απαντήσεων οφείλεται κυρίως στην κατανόηση ότι το στερεό μετατρέπεται σε υγρό χωρίς μεταβολή μάζας, καθώς απλά αλλάζει η διάταξη και η κίνηση των σωματιδίων. Επίσης από την απουσία απαντήσεων που θεωρούν το υγρό να έχει μεγαλύτερη μάζα, φαίνεται ότι η συζήτηση βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν την έννοια του όγκου και να μη την συσχετίζουν με την επιφάνεια του υγρού.

9.1.4. Διατήρηση μάζας κατά τη διαστολή υγρού, βρασμό υγρού και συμπύκνωση ατμών

Για σύγκριση των απαντήσεων στις ερωτήσεις διατήρησης δόθηκαν μόνο στο τεστ Β και ερωτήσεις σχετικά με την διαστολή υγρού, στον βρασμό και τη συμπύκνωση. Η στατιστική σύγκριση των συχνοτήτων των απαντήσεων (Πίνακας Π9.Π1) έδειξε ότι οι απαντήσεις στη διαστολή υγρού, το βρασμό και τη συμπύκνωση δεν διαφοροποιούνται από τις απαντήσεις για τη διαστολή στερεού και την τήξη για καμιά από τις ομάδες, εκτός από την τήξη και συμπύκνωση για την ομάδα Π1.

Οι απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.1.4.

Πίνακας 9.1.4.: Κατανομή συχνοτήτων των τύπων των απαντήσεων των μαθητών όλων των ομάδων στο τεστ Β σχετικά με τη διατήρηση μάζας στο βρασμό και τη συμπύκνωση ατμού (συνέχεια)

Τύπος απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ			
	Π1(N=57)	Π2(συσ)pre(N=30)	Π2(συσ)post(N=27)	Π2(διδ)(N=24)
Διατήρηση μάζας κατά τη διαστολή υγρών				
Απαντήσεις που περιέχουν στοιχεία της αποδεκτής απάντησης	49	22	35	22
Η μάζα δεν μεταβάλλεται				
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	5	5	1	1
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	2	3	1	
Δεν απαντούν	1			1
Διατήρηση μάζας κατά το βρασμό	Π1(N=57)	Π2(διδ)(N=30)	Π2(συσ)pre(N=24)	Π2(συσ)post(N=21)
Η μάζα διατηρείται	48	24	13	19
Τα μόρια αερίου δεν έχουν βάρος			2	
Το υγρό ζυγίζει περισσότερο	7	6	8	2
Δεν απαντούν	2		1	
Διατήρηση μάζας κατά τη συμπύκνωση	Π1(N=57)	Π2(διδ)(N=30)	Π2(συσ)pre(N=24)	Π2(συσ)post(N=21)
Η μάζα διατηρείται	45	18	12	19
Τα μόρια αερίου δεν έχουν βάρος			1	
Το υγρό ζυγίζει περισσότερο	10	8	9	2
Το αέριο δεν έχει βάρος			1	
Δεν απαντούν	2	4	1	

9.2. Επιδόσεις στο σύνολο διατήρησης μάζας

Στον Πίνακα 9.2.1 παρουσιάζονται τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων για όλες τις ομάδες στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας. Στον Πίνακα Π9.Π2. του Παραρτήματος Α παρουσιάζονται και τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων των επιμέρους τμημάτων της Ε και Π1 και εικονίζονται στα διαγράμματα Π9.Δ1. Τα ποσοστά για την Π2 υπολογίστηκαν στο σύνολο των απαντήσεων των μαθητών που συμμετείχαν τελικά στη συζήτηση στις ομάδες.



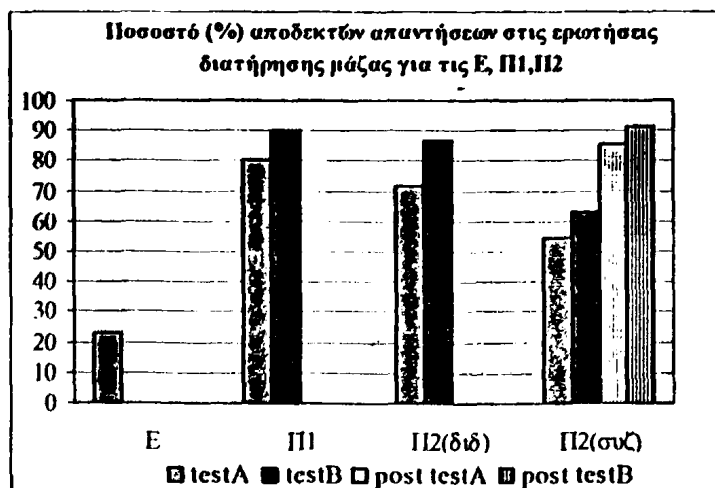
Πίνακας 9.2.1.: Ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας για όλες τις ομάδες

	1Α	1Β	2Α	2Β	3Α	3Β	Α	Β
E	25,4		44,1		0,0		23,2	
Π1	77,2	91,2	80,7	89,5	82,5	89,5	80,1	90,1
Π2pre	72,9	79,2	56,3	66,7	56,3	72,9	61,8	72,9
Π2post	83,3	93,8	83,3	87,5	72,9	87,5	79,9	89,6
Π2(διδ)	90,5	95,2	66,7	83,3	53,3	73,3	71,7	86,7
Π2pre(συζ)	59,3	66,7	50	61,1	53,4	61,9	54,8	63,1
Π2post(συζ)	77,8	92,6	88,9	88,9	90,5	95,2	85,7	91,7

1. Διατήρηση μάζας κατά τη θερμική διαστολή 2. Διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση 3. Διατήρηση μάζας κατά την τήξη

Για την ομάδα Π2(διδ) υπολογίστηκαν τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων των τμημάτων της Π2 στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας των ενοτήτων που οι μαθητές διδάχθηκαν και στην Π2(συζ) των ενοτήτων που δεν διδάχθηκαν αλλά συζητήσαν στις ομάδες. Έτσι στην Π2(διδ) για το Π2(Σχ1) υπολογίστηκαν οι απαντήσεις στη διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση και την αλλαγή κατάστασης, για το Π2(Σχ2) κατά την αλλαγή κατάστασης και για το Π2(Σχ3) κατά τη διαστολή. Στην Π2(συζ) υπολογίστηκαν για το Π2(Σχ1) οι απαντήσεις στη διατήρηση μάζας κατά τη διαστολή, για το Π2(Σχ2) στη διατήρηση μάζας κατά τη διαστολή και διάλυση και για το Π2(Σχ3) στη διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση και την αλλαγή κατάστασης.

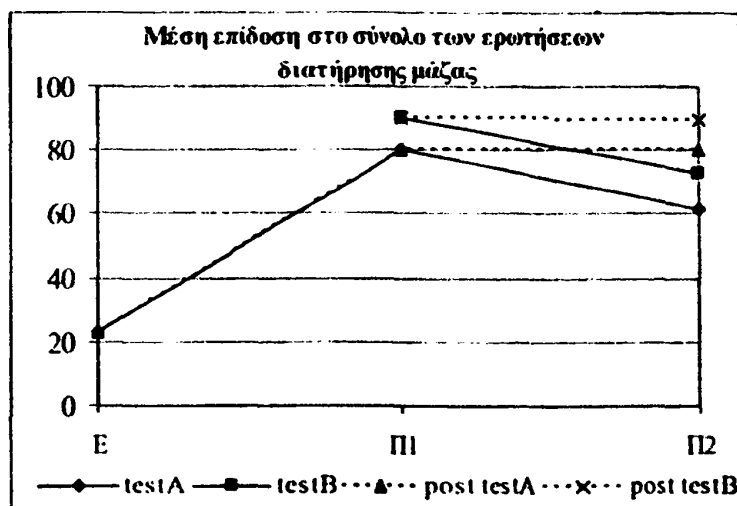
Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 9.2.1. οι μαθητές της E δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 23,2%. Τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων της Π1 είναι υψηλότερα της E και φτάνουν στο τεστ A το 80,1% και στο τεστ B το 90,1%. Στις ενότητες που διδάχθηκαν οι μαθητές της Π2 οι αποδεκτές απαντήσεις φτάνουν το 71,7% στο τεστ A και το 86,7% στο τεστ B. Όμως στις ερωτήσεις των ενοτήτων που δεν διδάχθηκαν πριν τη συζήτηση (ομάδα Π2(συζ)) οι αποδεκτές απαντήσεις είναι λιγότερες και φτάνουν το 54,8% στο τεστ A και το 63,1% στο τεστ B. Η συζήτηση στις ομάδες βελτίωσε και την κατανόηση διατήρησης μάζας κατά τις φυσικές αλλαγές. Οι αποδεκτές απαντήσεις της Π2(συζ)post έφτασαν το 85,7% στο τεστ A και το 91,7% στο τεστ B (Διάγραμμα 9.1.).



Διάγραμμα 9.1.: Ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ στο σύνολο των ερωτήσεων διατήρησης μάζας

Στο Διάγραμμα 9.2. εικονίζονται τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων των ομάδων E, Π1, Π2 στο σύνολο των ερωτήσεων διατήρησης μάζας.





Διάγραμμα 9.2.: Ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων των ομάδων E, Π1, Π2 στο σύνολο των ερωτήσεων διατήρησης μάζας

9.3. Στατιστική σύγκριση μεταξύ και εντός των ομάδων στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας

9.3.1. Στατιστική σύγκριση μεταξύ των ομάδων στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας

Οι επιμέρους ομάδες συγκρίθηκαν με το κριτήριο χ-τετράγωνο. Οι τιμές και τα επίπεδα σημαντικότητας παρουσιάζονται στον Πίνακα Π9.Π2 Παράρτημα.

9.3.1.1. Συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων στο σύνολο των ερωτήσεων διατήρησης μάζας

Η ομάδα E, που παρουσιάζει δυσκολίες στη διατήρηση μάζας στο τεστ A και σημειώνει τα χαμηλότερα ποσοστά, διαφοροποιείται από την Π1, Π2(διδ) και Π2(συζ) πριν και μετά τη συζήτηση ($p=0,000$). Η Π2(διδ), αν και σημειώνει χαμηλότερα ποσοστά από την Π1, δεν διαφοροποιείται στατιστικά από αυτή. Τα ποσοστά της Π2(συζ) πριν τη συζήτηση, που είναι τα χαμηλότερα για την Π2, διαφοροποιούνται από αυτά της Π1. Ωστόσο μετά τη συζήτηση η Π1 και Π2(συζ) δεν διαφοροποιούνται (Πίνακας Π9.Π2). Αξίζει να σημειωθεί ότι στο σύνολο των ερωτήσεων η Π2 στο τεστ πριν τη συζήτηση παρουσιάζει μικρότερα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων απ' ό,τι η Π1 και οι διαφορές στα ποσοστά είναι στατιστικά σημαντικές. Μετά τη συζήτηση η Π2 στο σύνολο δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές από την Π1 (Πίνακας Π9.Π2).

9.3.1.2. Συγκρίσεις μεταξύ των επιμέρους ομάδων στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας ανά ενότητα

Τα ποσοστά ανά ομάδα παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.2.1. και οι στατιστικές συγκρίσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα Π9.Π2.

E/Π1

Στην ερώτηση για τη διατήρηση μάζας στη θερμική διαστολή οι μαθητές της E θεωρούν ότι η μάζα διατηρείται σε ποσοστό 25,4% έναντι 77,2% της Π1. Τα ποσοστά διαφοροποιούνται σε επίπεδο σημαντικότητας $p<0,001$. Στην ερώτηση για τη διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση οι μαθητές της E θεωρούν ότι η μάζα διατηρείται σε ποσοστό 44,1% έναντι 80,7% της Π1. Τα ποσοστά διαφοροποιούνται σε επίπεδο σημαντικότητας $p<0,001$. Στην ερώτηση για την διατήρηση μάζας κατά την τήξη οι μαθητές της E θεωρούν ότι η μάζα δεν διατηρείται ενώ οι αποδεκτές απαντήσεις της Π1 ανέχονται σε 82%. Τα ποσοστά διαφοροποιούνται σε όλες τις ερωτήσεις σε επίπεδο σημαντικότητας $p<0,001$.

E/Π2

Η Ε δίνει χαμηλότερα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων και διαφοροποιείται σε όλες τις ενότητες από τις ομάδες Π2(διδ), Π2(συζ)pre, Π2(συζ)post σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,001$ εκτός από την ενότητα της διάλυσης. Στην ενότητα της διάλυσης η Ε δίνει αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 44,1%, υψηλότερο από τις άλλες ενότητες. Στην ενότητα της διάλυσης δεν διαφοροποιείται από τις Π2(διδ), Π2(συζ)pre.

Π1/Π2

Η Π1 δίνει αποδεκτές απαντήσεις σε υψηλότερα ποσοστό από τις Π2(διδ) και Π2(συζ) πριν τη συζήτηση. Οι διαφορές της Π1 με την Π2(διδ) δεν είναι στατιστικά σημαντικές στο σύνολο των ερωτήσεων και στις επιμέρους ερωτήσεις εκτός από την ενότητα της διάλυσης στο τεστ Α. Στο σύνολο των ενοτήτων αλλά και στις επιμέρους ενότητες οι διαφορές των συχνοτήτων των απαντήσεων είναι στατιστικά σημαντικές μεταξύ Π1/Π2(συζ)pre ($p < 0,05$) εκτός της ενότητας θερμικής διαστολής στο τεστ Α. Μετά τη συζήτηση δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ Π1 και Π2(συζ). Μάλιστα τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων της Π2(συζ) μετά τη συζήτηση είναι υψηλότερα από την Π1 σε όλες τις ενότητες εκτός από την διάλυση στο τεστ Β.

9.3.2. Στατιστική σύγκριση εντός των ομάδων στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας

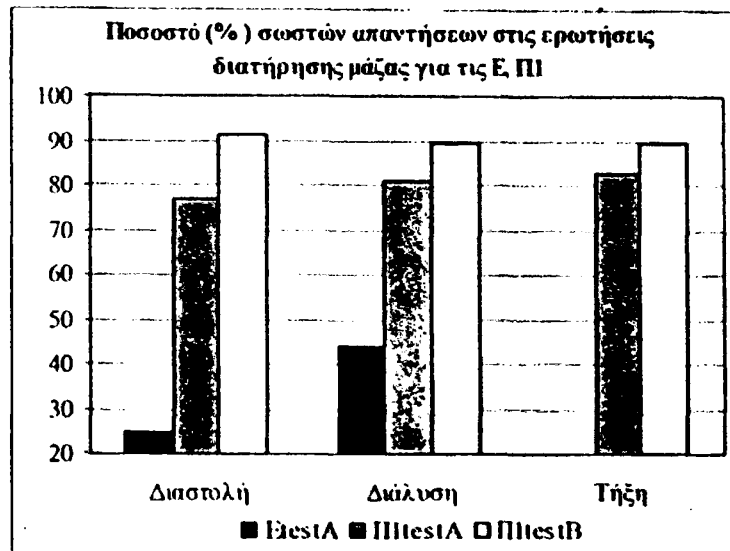
Διατήρηση μάζας στην ομάδα Ε

Η καλύτερη επίδοση παρουσιάζεται στη διατήρηση μάζας στη διάλυση, στην οποία αποδεκτές απαντήσεις δίνουν το 44,1% των μαθητών έναντι 25,4% στη διαστολή (Διάγραμμα 9.3.). Στην ενότητα της τήξης οι μαθητές δεν δίνουν αποδεκτές απαντήσεις για την διατήρηση μάζας. Οι απαντήσεις της Ε στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας διαφοροποιούνται ανά ζεύγη ($p < 0,05$). (Πίνακας Π9.Π3).

Διατήρηση μάζας στην ομάδα Π1

Στο σύνολο των ερωτήσεων διατήρησης μάζας τα ποσοστά των αποδεκτών απαντήσεων στο τεστ Β είναι πιο υψηλά από το τεστ Α και διαφοροποιούνται σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,001$. Στην ερώτηση διατήρησης μάζας στην τήξη δεν παρατηρείται διαφοροποίηση μεταξύ επίδοσης στο τεστ Α και στο τεστ Β ενώ παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ τεστ Α και τεστ Β στις ερωτήσεις διαστολής ($p < 0,05$) και διάλυσης ($p < 0,1$). Μεταξύ των ερωτήσεων στο τεστ Α δεν σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ζευγών των ερωτήσεων, ούτε και στις ερωτήσεις του τεστ Β. Η διατήρηση μάζας στις φυσικές μεταβολές κατανοείται καλύτερα σε μικροσκοπικό πλαίσιο απ' ό,τι σε σωματιδιακό (Πίνακας Π9.Π3).





Διάγραμμα 9.3: Ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων των ομάδων Ε και Π1 στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας

Διατήρηση μάζας στην ομάδα Π2

Στις ερωτήσεις που οι μαθητές διδάχθηκαν (ομάδα Π2(διδ)) δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε υψηλότερα ποσοστά από την Π2(συζ) πριν τη συζήτηση. Οι διαφορές στα ποσοστά είναι σημαντικές ($p < 0,05$) στο σύνολο των ενοτήτων και στη θερμική διαστολή. Η Π2(συζ) μετά τη συζήτηση παρουσιάζει υψηλά ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων και διαφοροποιείται από την Π2(διδ) στο τεστ Α ($p < 0,05$) ενώ δεν διαφοροποιείται στο τεστ Β. Διαφορές παρατηρούνται στη θερμική διαστολή στο τεστ Β και στην αλλαγή κατάστασης στο τεστ Α. Πριν και μετά τη συζήτηση τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων παρουσιάζουν διαφορές σε επίπεδο $p < 0,000$ (Πίνακας Π9.Π2). Το ίδιο και στις επιμέρους ενότητες εκτός της ενότητας θερμικής διαστολής στο τεστ Α. Διαφορές παρατηρούνται μεταξύ τεστ Α και τεστ Β στην Π2(διδ). Στην Π2(συζ)pre και Π2(συζ)post δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ τεστ Α και τεστ Β (Πίνακας Π9.Π4).

9.4. Επίδραση φύλου στη διατήρηση μάζας

Τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων κοριτσιών και αγοριών όλων των ομάδων παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.4.1. και εικονίζονται στο Διάγραμμα 9.4. Η σύγκριση των ποσοστών των απαντήσεων αγοριών και κοριτσιών δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας Π9.Π5, Π9.Π6).

Πίνακας 9.4.1.: Ποσοστά σωστών απαντήσεων στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας ανά ερώτηση και τεστ για της ομάδες Ε, Π1, Π2.

Ομάδα	Φύλο	N	1A	1B	2A	2B	3A	3B	A	B
Ε	Κορίτσι	23	20,8		45,8				22,2	
	Αγόρι	34	28,6		42,9				23,8	
Π1	Κορίτσι	23	73,9	87,0	82,6	87,0	87,0	91,3	81,2	88,4
	Αγόρι	34	79,4	94,1	79,4	91,2	79,4	88,2	79,4	91,2
Π2(διδ)	Κορίτσι	33							66,7	90,9
	Αγόρι	27							77,8	81,5
Π2(pre)(συζ)	Κορίτσι	48							54,2	66,7
	Αγόρι	36							55,6	58,3
Π2(post)(συζ)	Κορίτσι	48							83,3	91,7
	Αγόρι	36							88,9	91,7

1. Διατήρηση μάζας κατά τη θερμική διαστολή
2. Διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση
3. Διατήρηση μάζας κατά την τήξη





Διάγραμμα 9.4.: Ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων στο σύνολο της διατήρησης μάζας ανά ομάδα και φύλο

9.5. Συμπεράσματα για τη διατήρηση μάζας στις φυσικές μεταβολές

Όταν οι μαθητές της Ε ερωτώνται για τη διατήρηση μάζας στη θερμική διαστολή στερεού, βγάζουν συμπεράσματα για τη μάζα ενός αντικειμένου λαμβάνοντας υπόψη μόνο τον όγκο. Μπέρδεμα εννοιών βάρους ή μάζας με όγκο σε μαθητές 14-15 ετών αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (Mullet & Germain 1990). Επίσης η θερμότητα φαντάζει ως μια οντότητα η οποία έχει τις ιδιότητες μιας υλικής ουσίας, όπως αναφέρουν και οι Engel Clough & Driver (1985). Οι ιδέες αυτές εμποδίζουν τη διατήρηση μάζας κυρίως στην ομάδα Ε, που δίνει αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 25,4%. Αντίθετα η διδασκαλία του σωματιδιακού μοντέλου οδηγεί τους μαθητές της ΙΙΙ στην κατανόηση της διατήρησης μάζας κατά τη διαστολή που δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 77,2% στο τεστ Α και 91,2% στο τεστ Β. Η σύγχυση της έννοιας του όγκου και της μάζας καθώς και η υλική θεώρησης της θερμότητας επηρεάζουν την επίδοση και των μαθητών της ομάδας Ι12(σζ) πριν τη συζήτηση. Η συζήτηση της θερμικής διαστολής οδήγησε σε αύξηση των αποδεκτών απαντήσεων των μαθητών της Ι12(σζ). Η βελτίωση των απαντήσεων στη διατήρηση μάζας στη θερμική διαστολή οφείλεται κυρίως στην κατανόηση ότι αυξάνει ο όγκος, χωρίς να αυξάνει η μάζα, λόγω της αύξησης της απόστασης των μορίων και ότι η θερμότητα δεν είναι υλική οντότητα αλλά απλά αυξάνει την ταχύτητα και την απόσταση των σωματιδίων. Θεωρούμε ότι οι μαθητές βοηθούνται με το σωματιδιακό μοντέλο να δομήσουν την έννοια του όγκου και το ρόλο της θέρμανσης στην σωματιδιακή κίνηση.

Στην ερώτηση για τη διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση η ομάδα Ε δίνει αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 44,1%, σχεδόν διπλάσιο από τη διαστολή. Μη διατήρηση μπορεί να συμβεί όταν τα παιδιά νομίζουν ότι η διαλυμένη ουσία αφομοιώνεται, εξαφανίζεται ή επειδή αυτή σπάει σε μικρότερα κομμάτια και τα μικρότερα σωματίδια ζυγίζουν λιγότερο ή επειδή η διαλυμένη ουσία λιώνει και τα υγρά ζυγίζουν λιγότερο. Οι μαθητές που αναφέρουν ότι η ζάχαρη δεν συμβάλλει στη μάζα του διαλύματος θεωρούν ότι η ουσία ζάχαρη ορίζεται από τις μακροσκοπικές ιδιότητες, τη σκληρή κρυσταλλική δομή και μια ουσία υπάρχει μόνο όταν έχουμε αισθητηριακή αντίληψη γι' αυτή (Εξαφάνιση υλικού - Disappearance κατά Andersson 1984, 1990). Ανάλογο ποσοστά μαθητών που σκέφτονται ότι το βάρος ή η μάζα χάθηκαν στη διάρκεια της διάλυσης αναφέρονται και από άλλες έρευνες (Driver 1989, Johnston & Scott 1991, Bargellini et al. 1993, Hatzinikita & Koulaïdis 1997). Κάποιοι μαθητές θεωρούν ότι η προσθήκη ζάχαρης αυξάνει τη μάζα του διαλύματος. Παρόμοια οι Johnston & Scott (1991) αναφέρουν ότι για την πλειονότητα των παιδιών, αν ένα υγρό ή ένα μη διαλυτό αντικείμενο προστίθεται στο νερό το βάρος του νερού και του αντικειμένου προστίθενται. Αν και η διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση προκαλεί προβλήματα στους μαθητές της Ε, δεν δυσκολεύει τους μαθητές της ΙΙΙ που διδάχθηκαν το σωματιδιακό μοντέλο και δίνουν υψηλά ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων. Η ΙΙΙ δίνει στην ερώτηση διατήρησης μάζας κατά τη διάλυση μεγαλύτερα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων απ' ό,τι στη διαστολή. Στο τεστ Α οι αποδεκτές απαντήσεις φτάνουν το 80,7% των απαντήσεων και στο τεστ Β το 89,5%.

Ωστόσο σε μεταβολές όπως η διάλυση, όπου οι μαθητές φαντάζονται ένα υλικό διεσπαρμένο σε πολύ μικρά σωματίδια, μπορεί να θεωρήσουν ότι τέτοια σωματίδια έχουν αμελητέο βάρος ή ότι όσο πιο απλωμένα είναι, τόσο λιγότερο βαριά είναι. Ο Holding (1987) αναφέρει ότι οι πρόσφατα οικοδομημένες ατομικές αντιλήψεις μπορούν για ένα μικρό χρονικό διάστημα να υπονομεύουν την ικανότητα των μαθητών να διατηρούν τη μάζα σε μια μεταβολή. Σε λαθεμένη εκτίμηση της μάζας μπορεί να οδηγήσει και η σωματιδιακή κίνηση, καθώς οι μαθητές πιστεύουν ότι η κίνηση αυξάνει τη μάζα. Η συζήτηση στις ομάδες της ενότητας της διάλυσης βελτιώνει την κατανόηση ακόμα και στην ομάδα Π2(Σχ2), που είχε δυσκολίες με την δόμηση αποδεκτού μοντέλου για τη διάλυση. Η βελτίωση οφείλεται στην κατανόηση ότι δεν εξαφανίζεται η ζάχαρη αλλά υπάρχει, μοιρασμένη σε μικρά μέρη. Επίσης κατά τη συζήτηση ανασκευάστηκαν και απόψεις που θεωρούν ότι τα υγρά ζυγίζουν λιγότερο καθώς και μια ουσία υπάρχει ακόμη και αν δεν έχουμε αισθητηριακή αντίληψη γι' αυτή. Η συζήτηση στις ομάδες, που επικεντρώθηκε σε μόρια βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν τη διατήρηση μάζας.

Κατά την τήξη πάγου, ενός φαινομένου που δεν εμπλέκει καμιά φανερή εξαφάνιση, οι ιδέες για τη διατήρηση μάζας κατά τη μεταβολή επηρεάζονται από τις ιδέες των μαθητών για τη φυσική κατάσταση ενός υλικού. Η έννοια του στερεού και σκληρού με το βάρος όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία (Driver 1989, Russel 1991). Η καλή γνώση των ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων ως διάταξη και κίνηση σωματιδίων καθώς και η αλλαγή κατάστασης, ως αναδιάταξη των μορίων, οδηγεί και σε σωστή εκτίμηση της διατήρησης μάζας. Έτσι στην Π1 οι αποδεκτές απαντήσεις φτάνουν το 82,5% στο τεστ Α και το 89,5% στο τεστ Β. Αντίθετα, η επιφανειακή γνώση ιδιοτήτων στερεών και υγρών από τους μαθητές της Π2(Σχ1), που δεν διδάχθηκαν τη σχετική ενότητα, δυσκόλεψε τους μαθητές, που έδωσαν τα μικρότερα ποσοστά στη διατήρηση μάζας κατά την τήξη, αν και είχαν διδαχθεί την ερώτηση της τήξης. Η συζήτηση στην Π2(συζ) βελτιώνει σημαντικά το ποσοστό αποδεκτών απαντήσεων. Μερικές εναλλακτικές απόψεις προέρχονται από την απόδοση μακροσκοπικών ιδιοτήτων στα σωματίδια καθώς πιστεύεται ότι τα μόρια στον πάγο είναι βαρύτερα από κείνα στο νερό και αυτά του ατμού ακόμα ελαφρύτερα από του υγρού. Άλλοτε εμπλέκεται η θερμότητα και τα ζεστά αντικείμενα θεωρούνται ελαφρύτερα από τα κρύα. Αντίστοιχα αποτελέσματα αναφέρονται και Mortimer (1993). Η βελτίωση των ποσοστών αποδεκτών απαντήσεων μετά τη συζήτηση οφείλεται κυρίως στην κατανόηση ότι το στερεό μετατρέπεται σε υγρό χωρίς μεταβολή μάζας καθώς απλά αλλάζει η διάταξη και η κίνηση των σωματιδίων.

Τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων των μαθητών των πειραματικών ομάδων κατά τη διατήρηση μάζας στην τήξη είναι υψηλότερα από τα αντίστοιχα που αναφέρουν Hatzinikita & Kokkotas (1994). Οι παραπάνω αναφέρουν ότι το 70% παιδιών 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). Παρόμοια Ahtee (1994) αναφέρει ότι το 37% δεκαεπτάχρονων μαθητών πιστεύουν ότι η μάζα και ο όγκος σε ένα παγάκι δεν αλλάζει με το λιώσιμο. Ο Βλάχος (1999) αναφέρει ότι το ποσοστό μη αποδεκτών απαντήσεων σε ερωτήσεις διατήρησης μάζας στη διάλυση και στην τήξη πριν την διδακτική παρέμβαση έφτανε το 51,5% ενώ μετά την παρέμβαση σε ποσοστό 31,9%.

Η συζήτηση στις ομάδες βελτίωσε την κατανόηση της διατήρησης μάζας στο σύνολο των ερωτήσεων. Πριν τη συζήτηση στις ομάδες οι μαθητές της Π2(συζ) παρουσιάζουν χαμηλότερες επιδόσεις από την Π1 και Π2(διδ), δείχνοντας ότι η κατανόηση του μοντέλου είναι ελλιπής και αποσπασματική. Μετά τη συζήτηση οι επιδόσεις στη διατήρηση μάζας βελτιώνονται. Η συζήτηση των ομάδων σχετικά με την μόρια ως αμετάβλητος δομικός λίθος και η εξήγηση των αλλαγών με όρους διάταξης κίνησης και αναδιάταξης των σωματιδίων βοηθά την κατανόησης της διατήρησης και της ταυτότητας της ουσίας. Το σωματιδιακό μοντέλο βοήθησε στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας και τα αγόρια και τα κορίτσια.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

Τα μόρια και οι ιδιότητές τους

Στη σειρά μαθημάτων για την εισαγωγή του στοιχειώδους σωματιδιακού μοντέλου και στην Δραστηριότητα 1.2. (Παράρτημα Π1) οι μαθητές είχαν διδαχθεί ότι κάθε τι είναι φτιαγμένο από σωματίδια – μόρια και ανάμεσά τους υπάρχει κενός χώρος, τα μόρια είναι πολύ μικρά, δεν έχουν τις ιδιότητες των σωμάτων και δεν μεταβάλλονται, ούτε αλλάζουν οι διαστάσεις τους στα φαινόμενα που μελετάμε, που είναι φυσικά φαινόμενα. Τις ερωτήσεις του κεφαλαίου αυτού, που περικλείονταν μόνο στο τεστ Β (ερωτήσεις 3, 4α, 4β, 5, 6, 17α, 17β, 21, 22 Παράρτημα Π2.2, Π2.3) απάντησαν όλοι οι μαθητές των πειραματικών ομάδων Π1 και Π2. Στις ερωτήσεις 21 και 22, οι μαθητές της Π2 απάντησαν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες. Για τη στατιστική σύγκριση των αποτελεσμάτων, οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις αυτού του κεφαλαίου ταξινομήθηκαν ως αποδεκτές (πλήρεις, εν μέρει) και μη αποδεκτές (εναλλακτικές απαντήσεις, όχι απαντήσεις). Οι στατιστικές συγκρίσεις παρουσιάζονται στο Παράρτημα Π10.

10.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων – σχολιασμός

10.1.1. Τι είναι μόριο

Οι μαθητές απάντησαν στην ερώτηση: “Εξήγησε όσο καλύτερα μπορείς, τι είναι μόριο” (3) και οι απαντήσεις τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.1.1.

Πίνακας 10.1.1.: Συχνότητες (ποσοστά) απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση “Εξήγησε όσο καλύτερα μπορείς, τι είναι μόριο”

Τα μόρια είναι	Π1 (N=57)	Π2 (N=54)
	Συχνότητα (ποσοστό)	
Αποδεκτές απαντήσεις		
Πολύ μικρά σωματίδια που φτιάχνουν τα υλικά	47 (82,5)	48 (88,9)
Μοντέλα για την κατανόηση στερεών - υγρών - αερίων	1 (1,8)	
Μη αποδεκτές απαντήσεις		
Μικρά σωματίδια που υπάρχουν μέσα στις ουσίες	7 (12,3)	5 (9,3)
Μικρά σωματίδια που υπάρχουν μόνο στους ζωντανούς οργανισμούς	1 (1,8)	
Όχι απάντηση	1 (1,8)	1 (1,9)

Οι μαθητές της Π1 δίνουν αποδεκτές απαντήσεις σε ποσοστό 84,3% ενώ της Π2 σε ποσοστό 88,9%. Οι διαφορές των συχνοτήτων των απαντήσεων αυτών είναι στατιστικά μη σημαντικές [Pearson Chi-Square = 0,519, df = 1, p = 0,471].

Αποδεκτές απαντήσεις

Τα μόρια είναι το υλικό - συστατικό να φτιαχτεί η σταγόνα όπως το τούβλο φτιάχνει τοίχο. Τα μόρια φτιάχνουν την ύλη, δεν αλλάζουν μορφή αλλά μόνο κίνηση και θέση στις φυσικές καταστάσεις (Π1-27).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Τα μόρια υπάρχουν μέσα και καθορίζουν αν η ουσία είναι στερεή, υγρή ή αέρια λόγω της θέσης που παίρνουν (Π1-7).

10.1.2. Κενός χώρος

Οι μαθητές απάντησαν στην ερώτηση: “Ο φίλος σου λέει ότι ανάμεσα στα μόρια του νερού υπάρχει νερό. Συμφωνείς ναι ή όχι. Εξήγησε την απάντησή σου” (5). Οι απαντήσεις τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.1.2.



Πίνακας 10.1.2.: Συχνότητες (ποσοστά) απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση σχετικά με τον κενό χώρο

Τι υπάρχει ανάμεσα στα μόρια νερού	Π1(N=57) Συχνότητα (ποσοστό)	Π2(N=54) Συχνότητα (ποσοστό)
Αποδεκτές απαντήσεις		
Ανάμεσα από τα μόρια νερού δεν υπάρχει τίποτε. είναι κενό (κενό αέρος)	45 (78,9)	45 (83,3)
Μη αποδεκτές απαντήσεις		
Ανάμεσα από τα μόρια δεν υπάρχει τίποτε γιατί είναι παντού μόρια νερού (είναι ένα συνεχές)	2 (3,5)	3 (5,6)
Ανάμεσα από τα μόρια νερού υπάρχει νερό	7 (12,3)	4 (7,4)
Ανάμεσα από τα μόρια νερού υπάρχει αέρας	1 (1,8)	1 (1,9)
Όχι απάντηση	2 (3,5)	1 (1,9)

Η πλειονότητα των μαθητών απάντησε σωστά, δηλαδή ότι δεν υπάρχει νερό αλλά κενός χώρος. Τα μόρια κάνουν το νερό (78,9% από την Π1 και 83,3% από την Π2). Οι απαντήσεις των μαθητών των Π1 και Π2 δεν διαφοροποιούνται [Pearson Chi-Square = 0,348, df = 1, p = 0,555]. Οι κυριότερες εναλλακτικές απαντήσεις των μαθητών αναφέρουν ότι υπάρχει νερό, ο κενός χώρος έχει νερό ή δεν υπάρχει νερό γιατί τα μόρια περιέχουν νερό ή ο χώρος είναι γεμάτος μόρια και δεν υπάρχει τίποτε ανάμεσα.

Εναλλακτικές απαντήσεις

Υπάρχει νερό, γιατί γεμίζει τον χώρο ανάμεσα στα κενά (Π1-45).

Δεν υπάρχει τίποτε, γιατί τα μόρια είναι κοντά και δεν αφήνουν το νερό να περάσει (Π1-2).

Δεν υπάρχει νερό, το απορροφούν τα μόρια (Π2(Σχ1-3)).

Το νερό είναι γεμάτο μόρια, δεν υπάρχει τίποτα ανάμεσα (Π2(Σχ3-16)).

10.1.3. Ιδιότητες μορίων

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις 4α, 4β, 17α, 17β του τεστ Β.

10.1.3.1. Οι ιδιότητες των ουσιών ως ιδιότητες συνόλου μορίων

Οι μαθητές απάντησαν στις παρακάτω ερωτήσεις: "Ένα μόριο νερού είναι σαν μια σταγόνα νερού, ναι ή όχι; Δικαιολόγησε την απάντησή σου (4α). Το μόριο ρέει και είναι δροσερό, όπως η σταγόνα; Δικαιολόγησε την απάντησή σου (4β)". Οι ερωτήσεις αυτές διατυπώθηκαν έτσι ώστε να επιτρέψουν στους μαθητές να δικαιολογήσουν τις απαντήσεις τους. Οι απαντήσεις στις ερωτήσεις αυτές ταξινομήθηκαν μαζί (Πίνακας 10.1.3.1.).

Πίνακας 10.1.3.1.: Συχνότητες (ποσοστά) απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 4α, 4β

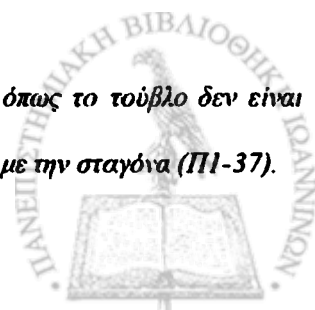
	Π1 (N=57) Συχνότητα (ποσοστό)	Π2 (N=54) Συχνότητα (ποσοστό)
Αποδεκτές απαντήσεις		
Το μόριο δεν έχει τις ιδιότητες της ουσίας γιατί είναι ιδιότητες συνόλου	46 (80,7)	44 (81,5)
Μη αποδεκτές απαντήσεις		
Είναι σαν σταγόνα αλλά μικρότερο, δροσερό και ρέει	8 (14,0)	8 (14,8)
Τα μόρια είναι μέσα στις ουσίες, δεν δίνουν ιδιότητες στην ουσία	1 (1,8)	1 (1,9)
Όχι απάντηση	2 (3,5)	1 (1,9)

Οι μαθητές απαντούν ότι το μόριο δεν έχει τις ιδιότητες της ουσίας γιατί αυτές είναι ιδιότητες συνόλου σε ποσοστό 80,7% από την Π1 και 81,5% από την Π2. Οι διαφορές των συχνοτήτων των απαντήσεων είναι στατιστικά μη σημαντικές [Pearson Chi-Square = 0,011, df = 1, p = 0,917]. Οι περισσότεροι μαθητές απαντούν ότι το μόριο δεν είναι σαν την σταγόνα ή γιατί οι ιδιότητες αυτές είναι συνόλου μορίων ή ότι το μόριο νερού είναι πολύ μικρό και δεν μπορεί να έχει τέτοιες ιδιότητες.

Αποδεκτές απαντήσεις

Μια σταγόνα έχει τρισεκατομμύρια μόρια και ένα μόριο δεν έχει ιδιότητες ύλης, όπως το τούβλο δεν είναι τοίχος (Π1-26).

Τα μόρια μπορεί να γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο, αλλά δεν έχουν ίδιες ιδιότητες με την σταγόνα (Π1-37).



Δεν καταλαβαίνουμε από ένα μόριο αν είναι δροσερό (Π1-53).

Οι ιδιότητες αυτές είναι ιδιότητες συνόλου μορίων, το μόριο δεν είναι δροσερό, η σταγόνα είναι δροσερή (Π2(Σχ1-9)).

Είναι ιδιότητες ενός συνόλου μορίων και οφείλονται στο πώς είναι συνδεδεμένα τα μόρια (Π2(Σχ3-4)).

Το μόριο δεν ρέει γιατί δεν είναι στερεό υγρό ή αέριο (Π2(Σχ3-12)).

Δεν είναι δροσερό το μόριο, στο δροσερό νερό κινούνται λιγότερο (Π2(Σχ3-23)).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Το μόριο έχει τις ιδιότητες της ύλης, είναι δροσερό και μπορεί να χυθεί, δεν ρέει αλλά εξατμίζεται (Π1-52).

Είναι σαν τη σταγόνα αλλά πιο μικρό σε μέγεθος και σχήμα (Π1-45).

Το μόριο είναι σαν σταγόνα γιατί και το νερό είναι μόρια (Π1-34).

Υπάρχουν μέσα και καθορίζουν αν η ουσία είναι στερεή, υγρή, αέρια, υπάρχει νερό στα κενά. Τα μόρια δεν έχουν τις ιδιότητες, όταν παγώνει το νερό τα σωματίδια γίνονται στερεά αλλά κινούνται, ναι τα μόρια γίνονται σκληρά όχι κρύα (Π1-18).

Το μόριο είναι ίδιο με την σταγόνα γιατί η σταγόνα είναι φτιαγμένη από τρισκατομμύρια μόρια και μπορεί το μόριο να γλιστράει το ένα πάνω στο άλλο και να ρέει (Π2(Σχ2-10)).

10.1.3.2. Ιδιότητες με θέρμανση και ψύξη

Οι μαθητές απάντησαν στην ερώτηση: “Ο φίλος σου λέει ότι, όταν το νερό παγώνει, τα μόριά του γίνονται κρύα και σκληρά. Συμφωνείς ναι ή όχι. Εξήγησε την απάντησή σου (17α)”. Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.1.3.2.

Πίνακας 10.1.3.2.: Συχνότητες (ποσοστά) απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση για τις ιδιότητες με θέρμανση και ψύξη

Ιδιότητες μορίων με θέρμανση και ψύξη	Π1 (N=57) Συχνότητα (ποσοστό)	Π2 (N=54)
Αποδεκτές απαντήσεις		
Τα μόρια δεν μεταβάλλονται	47 (82,5)	45 (83,3)
Μη αποδεκτές απαντήσεις		
Γίνονται σκληρά και κρύνουν	4 (7,0)	4 (7,4)
Γίνονται σκληρά αλλά όχι κρύα	2 (3,5)	
Κρύνουν αλλά δεν γίνονται σκληρά	2 (3,5)	4 (7,4)
Όχι απάντηση	2 (3,5)	1 (1,9)

Οι διαφορές των συχνοτήτων των απαντήσεων είναι στατιστικά μη σημαντικές [Pearson Chi-Square = 0,015, df = 1, p = 0,902]. Οι πιο πολλοί μαθητές απαντούν ότι τα μόρια δεν αλλάζουν με θέρμανση ή ψύξη.

Αποδεκτές απαντήσεις

Το νερό κρύνει, τα μόρια κινούνται αργά (Π1-48).

Τα μόρια αλλάζουν αποστάσεις και δεσμούς δηλαδή σχήμα, τα μόρια κάνουν τον πάγο δεν είναι πάγος (Π2(Σχ2-8)).

Δεν έχουν ιδιότητες σωμάτων, δεν διαστέλλονται, δεν συστέλλονται, δεν γίνονται κρύα ή ζεστά (Π2(Σχ3-18)).

Μόνο κινούνται και αλλάζουν οι δεσμοί μεταξύ τους, δεν έχουν άλλες ιδιότητες (Π2(Σχ3-7)).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Τα μόρια κρύνουν και σκληραίνουν, αλλά κινούνται πιο αργά (Π1-40).

Ναι, γίνονται κρύα και σκληρά, γιατί παγώνουν (Π1-7).

Γίνονται κρύα και σκληρά, γιατί συστέλλονται (Π1-14).

Όταν το νερό ζεσταίνεται, κινούνται γρηγορότερα όταν κρύνουν κινούνται πιο αργά και μπορεί να κρύνουν και γίνονται σκληρά (Π2(Σχ2-14)).

Όχι, δεν γίνονται σκληρά αλλά παγώνουν (Π2(Σχ1-3)).

Κρύα και σκληρά, γιατί είναι στερεό (Π2(Σχ3-16)).

10.1.3.3. Κίνηση με θέρμανση και ψύξη

Στον Πίνακα 10.1.3.3. παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση: “Ο φίλος σου λέει ότι, αν παγώσεις λίγο νερό και αφήσεις το παγάκι να μείνει στο ψυγείο πολύ ώρα, τα



μόρια του νερού θα μπορούσαν να σταματήσουν εντελώς να κινούνται. Έχει δίκαιο ο φίλος σου; Ναι ή όχι; Εξήγησε την απάντησή σου (17β)''.

Πίνακας 10.1.3.3.: Συχνότητες (ποσοστά) απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση για την κίνηση των μορίων με θέρμανση και ψύξη

Κίνηση με θέρμανση και ψύξη	Π1 (N=57)	Π2 (N=54)
	Συχνότητα (ποσοστό)	
Αποδεκτές απαντήσεις		
Δεν σταματάνε, κινούνται πιο αργά	49 (86,0)	49 (90,7)
Μη αποδεκτές απαντήσεις		
Σταματάνε να κινούνται, παγώνουν	5 (8,8)	4 (7,4)
Όχι απάντηση	3 (5,3)	1 (1,9)

Οι αποδεκτές απαντήσεις (τα μόρια δεν σταματάνε, κινούνται πιο αργά) ανέρχονται σε 86,0% για την Π1 και 90,7% για την Π2. Οι απαντήσεις των μαθητών δεν διαφοροποιούνται [Pearson Chi-Square = 0,612, df = 1, p = 0,434]

Αποδεκτές απαντήσεις

Δονούνται με πιο αργή κίνηση (Π1-38).

Δεν σταματούν να κινούνται ποτέ (Π1-56).

Τα μόρια κινούνται έστω και λίγο αλλά σταματάνε στους -273 (Π2(Σχ1-6)).

Δεν κινούνται ελεύθερα αλλά κάνουν συνεχή δόνηση όσο και αν κρυώσουμε τον πάγο (Π2(Σχ3-7)).

Τα μόρια κινούνται αλλιώς δεν θα ήταν παγάκι γιατί στα παγάκια κινούνται τα μόρια (Π2(Σχ3-11)).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Τα μόρια κρυώνουν και σκληραίνουν αλλά κινούνται πιο αργά αλλά είναι κρύα (Π1-40).

Δεν κινούνται γιατί γίνονται στερεά (Π1-7).

Όταν παγώνει το νερό, τα μόρια παγώνουν και σταματάνε (Π2(Σχ1-10)).

10.1.4. Απόσταση μορίων στα υγρά σε σχέση με τα στερεά και τα αέρια

Με την ερώτηση 6 (Παράρτημα Π2.3) ερευνούμε τις αντιλήψεις των μαθητών για την απόσταση σωματιδίων στα υγρά σε σχέση με την απόσταση στα στερεά και αέρια

Πίνακας 10.1.4.1.: Συχνότητες (ποσοστά) απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση για την απόσταση σωματιδίων στα υγρά σε σχέση με τα στερεά και τα αέρια.

Η απόσταση μεταξύ των σωματιδίων στα υγρά σε σχέση με αυτή στα στερεά είναι:	Π1 (N=57)	Π2 (N=54)
	Συχνότητα (ποσοστό)	
Αποδεκτές απαντήσεις		
Το ίδιο μικρή	38 (66,7)	31 (57,5)
Μη αποδεκτές απαντήσεις		
Λίγο πιο μεγάλη	3 (5,3)	3 (5,6)
Μεσαία	14 (24,6)	13 (24,1)
Μεγάλη		6 (11,1)
Δεν απαντούν	2 (3,5)	1 (1,9)

Ένα ποσοστό 66,7% από την Π1 και 57,5% από την Π2 αναφέρουν ότι η απόσταση μεταξύ των σωματιδίων στα υγρά σε σχέση με αυτή στα στερεά είναι το ίδιο μικρή. Αρκετοί μαθητές (24,6% από την Π1 και 24,1% από την Π2) αναφέρουν ότι η απόσταση στα υγρά είναι μεσαία. Οι απαντήσεις των μαθητών δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές [Pearson Chi-Square = 1,011, df = 1, p = 0,315].

Η απόσταση των σωματιδίων εξετάστηκε και στα σχέδια των μαθητών. Αν και λόγοι των μέσων μοριακών αποστάσεων στα στερεά, υγρά και αέρια βρίσκονται σε αναλογία 1:1:10, τα διαγράμματα των παιδιών δείχνουν ότι οι μέσες αποστάσεις τείνουν να υπερτιμηθούν σημαντικά στο υγρό και να υποτιμηθούν στο αέριο. Όσον αφορά το αέριο, η εκτίμηση της απόστασης περιορίστηκε και από την κλίμακα στην οποία αναπτύχθηκαν τα σχέδια, έτσι η απόσταση στα αέρια μπορούσε να σχεδιαστεί μέχρι τρεις φορές πιο μεγάλη από τα στερεά. Οι αναλογίες των μοριακών αποστάσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.1.4.2.

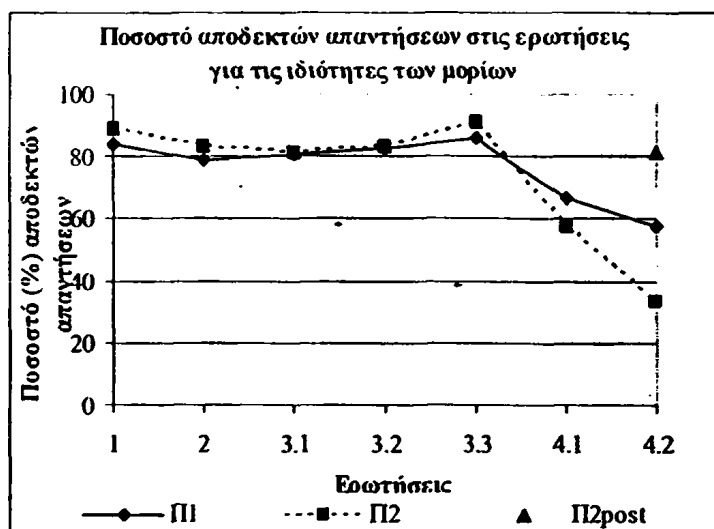


Πίνακας 10.1.4.2.: Συχνότητες (ποσοστά) ανά αναλογία μοριακών αποστάσεων κατά τη σχεδίαση των αποστάσεων σωματιδίων στα υγρά σε σχέση με τα στερεά και τα αέρια

Σχεδίαση	Π1(N=57)	Π2pre(N=54) Συχνότητα (ποσοστό)	Π2post(N=48)
Αποδεκτή 0/0/3	33 (57,9)	18 (33,3)	39 (81,3)
Μη αποδεκτή 0/0,5/1,5	1 (1,8)	2 (3,7)	
0/1-1,5/3-4	15 (26,3)	22 (40,7)	7 (14,6)
0/2/3,5	4 (7,0)	11 (20,4)	2 (4,2)
Δεν απαντούν	4 (7,0)	1 (1,9)	

Αποδεκτά σχέδια (αναλογία παοστάσεων 0:0:3) έδωσαν το 57,9% των μαθητών της Π1 και 33,3% από την Π2. Τα σχέδια των μαθητών παρουσιάζουν στατιστική διαφοροποίηση [Π1/Π2pre Pearson Chi-Square = 6,736, df = 1, p = 0,009]. Παρατηρούμε ότι ενώ οι απαντήσεις των μαθητών για την απόσταση στα στερεά, υγρά και αέρια δεν διαφοροποιούνται, ωστόσο τα σχέδιά τους για τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια παρουσιάζουν σημαντική διαφοροποίηση. Μετά τη συζήτηση οι μαθητές της Π2 σχεδιάζουν τα υγρά με μόρια πολύ κοντά που γλιστράνε μεταξύ τους και δίνουν αποδεκτά σχέδια σε ποσοστό 81,3%. Έτσι οι απαντήσεις μεταξύ των ποσοστών πριν και μετά τη συζήτηση για την Π2 διαφοροποιούνται [Π2pre/Π2post Pearson Chi-Square = 23,666 df = 1, p = 0,000].

Επίσης οι αποδεκτές απαντήσεις της Π2 παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά από τις αντίστοιχες της Π1 [Π1 / Π2post Pearson Chi-Square = 6,595, df = 1, p = 0,010]. Στο διάγραμμα 10.1 παριστάνονται τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων στις ερωτήσεις για τις ιδιότητες των μορίων



Διάγραμμα 10.1.: Ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων στις ερωτήσεις για τις ιδιότητες των μορίων

10.1.5. Παράσταση μίγματος δυο υγρών

Οι μαθητές καλούνται να παραστήσουν καθαρό νερό και νερό ρυπασμένο με μια βρώμικη ουσία (22): "Οι βιομηχανίες κάποιες φορές ρίχνουν βλαβερά υγρά, (υγρά λύματα) που θέλουν να τα ξεφορτωθούν, στα ποτάμια και στις λίμνες. Αν πάρεις ένα ποτήρι νερό από ένα τέτοιο ποτάμι, πριν ρυπανθεί και ένα ποτήρι νερό από ένα τέτοιο ποτάμι που ρυπάνθηκε με αυτόν τον τρόπο με ένα βλαβερό υγρό και το δεις με μαγικά γυαλιά, πώς νομίζεις ότι θα φαίνεται; Ζωγράφισε ένα σχέδιο, χρησιμοποιώντας μόρια



Νερό χωρίς βλαβερό υγρό και εξήγησε το σχέδιό σου (22)".



Νερό με βλαβερό υγρό



Η ερώτηση δόθηκε στο τεστ Β μετά από την ερώτηση “τι κάνει τα μόρια διαφορετικά”(21β). Οι συχνότητες ανά τύπο απαντήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.1.5.

Πίνακας 10.1.5.: Συχνότητες απαντήσεων των μαθητών κατά την παράσταση μίγματος δυο υγρών

Τύπος απαντήσεων	Συχνότητα απαντήσεων ανά ομάδα		
	Π1 (N=57)	Π2pre (N=54)	Π2post (N=48)
Αποδεκτές απαντήσεις	50	27	40
Πλήρεις (Δυο υγρά με διαφορετικά μόρια ανακατεύονται)	6	1	16
Εν μέρει (Μόρια βλαβερού υγρού ανακατεύονται με μόρια νερού)			
• Σχεδιάζουν μαύρες μικρές μπίλιες για το βλαβερό υγρό	30	7	16
• Σχεδιάζουν ίδιες ή μεγαλύτερες μπίλιες για το βλαβερό υγρό	14	19	8
Εναλλακτικές εξ ολοκλήρου σε μακροσκοπικό επίπεδο	1	3	1
Εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων	5	23	7
Δεν απαντούν	1	1	

Ως πλήρεις απαντήσεις θεωρήθηκαν αυτές που παρίσταναν σχέδια μορίων νερού και ένα άλλο είδος μορίων για το βλαβερό υγρό. Το 87,7% των μαθητών της Π1 έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις (10,5% πλήρεις και 77,2% εν μέρει αποδεκτές). Οι εναλλακτικές σε μακροσκοπικό επίπεδο ανέφεραν ότι το νερό αρχικά είναι διαυγές συνεχές και μετά γίνεται θολό συνεχές. Σε μικροσκοπικό επίπεδο (ποσοστό 8,8%) οι εναλλακτικές απαντήσεις αναφέρουν ότι τα μόρια του νερού έγιναν μαύρα ή τα μόρια βλαβερούς ουσίας ανακατεύονται με το νερό αλλά στη συνέχεια αυτά διαλύονται και μολύνουν το νερό.

Πλήρεις απαντήσεις

Τα μόρια νερού είναι ανακατεμένα με τα μόρια του άλλου υγρού (Π1-38) (Σχεδιάζει για τη βλαβερή ουσία μαύρες μπίλιες, πιο μικρές από ότι για το νερό και ως αλυσίδες τα μόρια των δυο ουσιών).

Εν μέρει αποδεκτές απαντήσεις

Στο βλαβερό νερό υπάρχουν μόρια βλαβερά αλλά και καθαρά. (Π1-42) (Σχεδιάζει ίδιο σχήμα μαύρες μπίλιες για το βλαβερό χωρίς σωστή παράσταση των δυο υγρών).

Τα μόρια της βλαβερής ουσίας είναι μαύρα μικρά και μπαίνουν ανάμεσα από τα μόρια του νερού, στα κενά (Π1-43).

Πριν τη συζήτηση στις ομάδες οι μισοί μαθητές της Π2 έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις (1,9% πλήρεις και 48,1% εν μέρει). Η αποσπασματική διδασκαλία του σωματιδιακού μοντέλου στα τμήματα της Π2 δυσκόλεψε τους μαθητές στη κατανόηση ότι κάθε ουσία παρουσιάζεται με μόρια. Οι εναλλακτικές απαντήσεις με όρους σωματιδίων (ποσοστό 23%) θεωρούν ότι τα μόρια νερού, όταν πέσει η βλαβερή ουσία, έρχονται κοντά (14,8%) ή απομακρύνονται (9,3%) ή γίνονται μαύρα (9,3%). Άλλες απαντήσεις αναφέρουν ότι τα μόρια είναι ίδια και οι ιδιότητες δεν οφείλονται στα μόρια ή ότι τα μόρια μεγάλωσαν γιατί μπήκε άλλη ουσία.

Εν μέρει αποδεκτές

Τα βλαβερά μόρια μπαίνουν ανάμεσα. (Π2(Σχ3)-3). (Ανάμιξη πολύ μικρών μαύρων μορίων βλαβερού με μόρια νερού).

Στο νερό με το βλαβερό υγρό υπάρχουν διαλυμένα και άλλα μόρια λυμάτων που κινούνται συνεχώς ανάμεσα στα μόρια νερού (σχεδιάζει ανάμιξη μαύρων μορίων και νερού και νερού) (Π2(Σχ3-10)).

Εναλλακτικές απαντήσεις

Στα υγρά τα μόρια είναι το ίδιο (Τα μόρια νερού δεν άλλαξαν απλώς το νερό έγινε βρώμικο (Π2(Σχ2-1)).

Το καθαρό νερό δεν έχει ουσίες ενώ το βρώμικο έχει (σχεδιάζει τα μόρια πιο αραιά σε ένα ίσως βλαβερό συνεχές) (Π2(Σχ2-2)).

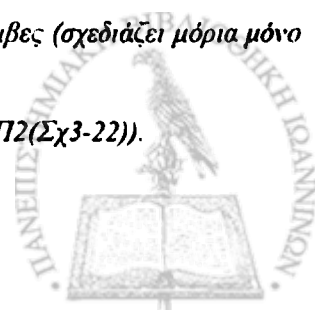
Τα μόρια νερού ρυπαίνονται από την ουσία των λυμάτων (Π2(Σχ3-4)).

Το καθαρό νερό είναι ήρεμο και λευκό ενώ το βλαβερό περιέχει διαβολάκια και βόμβες (σχεδιάζει μόρια μόνο στο καθαρό στο βρώμικο αστεράκια και άλλα) (Π2(Σχ3-11)).

Το βλαβερό νερό έχει πιο μεγάλα μόρια (Π2(Σχ3-19)).

Χωρίς βλαβερό υγρό τα μόρια είναι διαφανή ενώ με βλαβερό έχουν κάποιο χρώμα (Π2(Σχ3-22)).

Στα μόρια νερού μπήκαν μέσα βλαβερές ουσίες (Π2(Σχ1-1)).



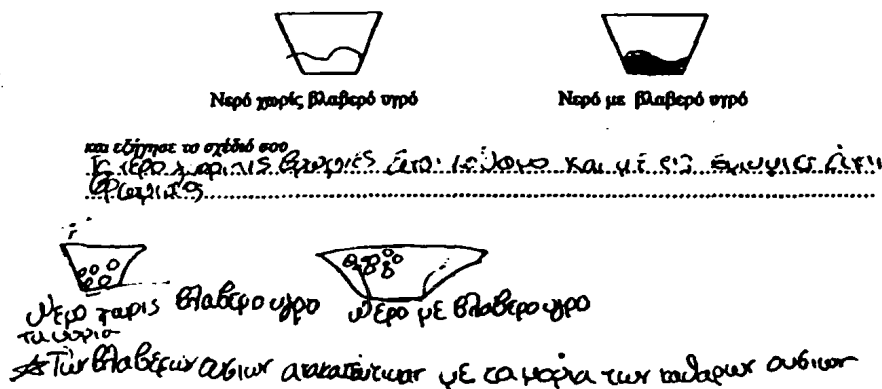
Τα μόρια νερού απομακρύνονται όταν μπει το βλαβερό υγρό ως συνεχές και τα σπρώχνει (χωρίς παράσταση το βλαβερό υγρό) (Π2(Σχ1-4)).

Τα βλαβερά υγρά μολύνουν τα μόρια νερού (σχεδιάζει κουκίδες πάνω στα μόρια) (Π2(Σχ1-6)).

Στα μόρια του νερού απομακρύνονται γιατί μπήκαν βρωμιές ανάμεσα (δεν βάζει μόρια βρώμικης) (Π2(Σχ1-7)).

Δεν άλλαξαν όταν ρίξαμε την ουσία αλλά ήρθαν πιο κοντά γιατί η ουσία τα σπρωμάχνει (Π2(Σχ1-11)).

Μετά τη συζήτηση οι απαντήσεις στην Π2 βελτιώθηκαν. Οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται στο 83,3% (33,3% πλήρεις και 50% εν μέρει αποδεκτές). Οι κυριότερες εναλλακτικές σε μικροσκοπικό επίπεδο (ποσοστό 7%) αναφέρουν ότι τα μόρια μεγάλωσαν γιατί μπήκε άλλη ουσία, τα μόρια του νερού έγιναν μαύρα, τα μόρια βλαβερής ουσίας ανακατεύονται με το νερό αλλά στη συνέχεια αυτά διαλύονται και μολύνουν το νερό ή τα μόρια νερού απομακρύνονται. Οι συχνότητες των απαντήσεων της Π2pre και της Π1 παρουσιάζουν στατιστική διαφοροποίηση [Π1 / Π2pre Pearson Chi-Square = 18,567, df = 1, p = 0,000], ενώ δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά των Π1, Π2post [Π1/Π2post Pearson Chi-Square = 0,409, df = 1, p = 0,522]. Στατιστικά σημαντική διαφορά παρουσιάζουν και οι συχνότητες απαντήσεων της Π2 πριν και μετά τη συζήτηση [Π2pre/Π2post Pearson Chi-Square = 12,527 df = 1, p = 0,000].



Σχέδιο 10.1.: Σχεδίαση νερού με βρώμικο υγρό πριν και μετά τη συζήτηση (Π2(Σχ2-16))

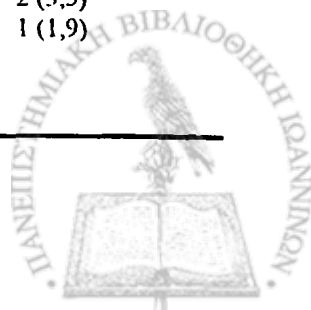
10.1.6. Σε τι διαφέρουν τα μόρια οινόπνευματος από τα μόρια νερού;

Αν και η ερώτηση αυτή δόθηκε στο τεστ Β πριν την ερώτηση 22 παρουσιάζεται εδώ τελευταία. Οι μαθητές το τεστ Α είχαν απαντήσει στην ερώτηση 15: "Το νερό και το οινόπνευμα είναι δυο χημικές ουσίες, διαφορετικές μεταξύ τους. Και οι δυο ουσίες είναι υγρές και άχρωμες και έτσι έχουν την ίδια εξωτερική εμφάνιση. Σε τι μπορεί να διαφέρουν; Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.1.6.1.

Οι μαθητές αποδίδουν τις διαφορές δυο ουσιών σε φυσικά χαρακτηριστικά. Αναφορά σε μόρια κάνει το 89,5% από την Π1 και το 44,4% από την Π2. Το χαμηλότερο ποσοστό της Π2 αποδίδεται στο ότι οι μαθητές της Π2 δεν διδάχθηκαν όλες τις ενότητες.

Πίνακας 10.1.6.1.: Συχνότητες (ποσοστά) απαντήσεων στην ερώτηση για τις διαφορές νερού και οινόπνευματος

Το νερό και το οινόπνευμα διαφέρουν ως προς	Π1 τεστ Α Συχνότητα (ποσοστό)	Π2 τεστ Α
Φυσικά χαρακτηριστικά (οσμή, χρώμα, βάρος)	6 (10,5)	8 (14,8)
Έχουν διαφορετικά μόρια	51 (89,5)	24 (44,4)
Ρυθμό εξάτμισης	9 (15,8)	16 (29,6)
Φυσικές σταθερές	1 (1,8)	6 (11,1)
Σύσταση	5 (8,8)	9 (16,7)
Το οινόπνευμα είναι εύφλεκτο		8 (14)
Το νερό διαστέλλεται ανώμαλα		2 (3,5)
Το νερό είναι μίγμα		1 (1,9)
Το οινόπνευμα είναι μίγμα	1 (1,9)	
Έχουν διαφορετική θερμοκρασία	1 (1,9)	
Χρήση	1 (1,8)	



Στο τεστ Β οι μαθητές των Π1 και Π2 κλήθηκαν να απαντήσουν "Σε τι διαφέρουν τα μόρια οινόπνευματος από τα μόρια νερού" (21β). Οι συχνότητες απαντήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.1.6.2.

Πίνακας 10.1.6.2.: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση "Σε τι διαφέρουν τα μόρια οινόπνευματος από τα μόρια νερού"

	Π1	Π2pre	Π2post	Π1	Π2pre	Π2post
	(N=57)	(N=54)	(N=48)	(N=57)	(N=54)	(N=48)
	Συχνότητες			Ποσοστά		
Τα μόρια διαφέρουν στα φυσικά χαρακτηριστικά τους (σχήμα, μέγεθος, βάρος, χρώμα, μυρωδιά)	33	23	32	57,9	42,6	66,7
Τα μόρια διαφέρουν στην κίνηση/ απόσταση /δεσμούς	30	24	22	52,6	44,4	45,8
Τα μόρια είναι διαφορετικά	18	3		31,6	5,6	
Τα μόρια διαφέρουν στις μακροσκοπικές ιδιότητες (εύφλεκτα εξάτμιση, χρήση)	15	2	3	26,3	3,7	6,3
Τα μόρια είναι ίδια	3	12	3	5,3	22,1	6,3
Τα μόρια διαφέρουν στις ουσίες που τα αποτελούν		1	3		1,9	6,3
Τα μόρια αποτελούνται από άτομα / κάτι διαφορετικό τα κάνει			15			31,3
Δεν απαντούν						

Οι περισσότερες απαντήσεις αναφέρουν ότι τα μόρια διαφέρουν στα φυσικά χαρακτηριστικά τους (57,9% από την Π1 και 42,6% από την Π2 πριν τη συζήτηση στις ομάδες) ή διαφέρουν στην κίνηση στην απόσταση ή στους δεσμούς (52,6% από την Π1 και 44,4% από την Π2 πριν τη συζήτηση στις ομάδες). Αρκετοί μαθητές της Π1 (26,3%) και λίγοι από την Π2 (3,7%) θεωρούν ότι τα μόρια διαφέρουν στις μακροσκοπικές ιδιότητές τους. Αν και στην ερώτηση αναφέρθηκε ότι τα μόρια νερού και οινόπνευματος είναι διαφορετικά, κάποιοι μαθητές αναφέρουν ότι τα μόρια νερού και οινόπνευματος είναι ίδια (5,3% από την Π1 και 22,1% από την Π2pre).

Στο οινόπνευμα οι δεσμοί είναι διαφορετικοί, πιο χαλαροί και τα μόρια του οινόπνευματος είναι πιο ελαφριά (Π2(Σχ3-7)).

Εξωτερικά είναι ίδια, μέσα όμως διαφέρουν στις ουσίες τους (Π2(Σχ3-4)).

Στο τεστ Β 18 μαθητές από την Π1 (ποσοστό 31,6%) και 3 από την Π2 (5,6%) απάντησαν ότι τα μόρια είναι διαφορετικά, και έχουν διαφορετικές ιδιότητες χωρίς να διευκρινίσουν τι τα κάνει διαφορετικά. Επειδή θεωρούμε την ερώτηση αυτή σημαντική για πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης και το πέρασμα στην εισαγωγή ατομικής δομής διερευνήσαμε περαιτέρω τις απαντήσεις με ολιγόλεπτη συνέντευξη κάποιων μαθητών της Π1 που είχαν απαντήσει ότι τα μόρια είναι διαφορετικά. Αρχικά και οι 18 μαθητές ισχυρίστηκαν ότι είναι διαφορετικά γιατί η ουσία τους είναι διαφορετική. Μετά από επίμονες ερωτήσεις τρεις μόνο μαθητές αναφέρθηκαν σε μικρότερα σωματίδια. Τα παρακάτω αποσπάσματα είναι από συζητήσεις με τους μαθητές της Π1, που είχαν απαντήσει ότι τα μόρια είναι διαφορετικά.

M29, M24

Δ: Τι κάνει τα μόρια διαφορετικά;

M29, M24: Τα κάνει το χρώμα τους.

Δ: Τα μόρια ποιος τα κάνει διαφορετικά;

M24: Η ουσία τα κάνει. Αν είναι νερό είναι μόρια νερό.

Δ: Η ουσία κάνει τα μόρια ή τα μόρια την ουσία;

M29: Τα μόρια την ουσία αλλά ...

Δ: Γιατί τα μόρια να είναι διαφορετικά;

M29: Με το οινόπνευμα που τα μόρια είναι μπλε και στο άχρωμο είναι άχρωμο.

Δ: Αν έχεις δυο άχρωμα υγρά πχ νερό και άχρωμο οινόπνευμα πώς είναι τα μόρια;

M29: Ίδια.

Δ: Είναι ίδια; Αφού το νερό μυρίζει και το οινόπνευμα δεν μυρίζει είναι ίδια;

M29: Δεν μπορώ να απαντήσω γιατί διαφέρουν. Δεν το έχουμε μάθει.

M26, M34



M26, M34: Η ουσία τους είναι διαφορετική.

Δ: Η ουσία κάνει τα μόρια διαφορετικά ή τα μόρια την ουσία;

M26: Τα μόρια κάνουν την ουσία.

Δ: Τι τα κάνει διαφορετικά;

M26: Η φύση τα κάνει διαφορετικά.

M34: Είναι φτιαγμένα διαφορετικά.

M34: Αποτελούνται από διαφορετικά σωματίδια.

M26: Τα σωματίδια. Μικρότερα σωματίδια κάνουν τα μόρια.

Μετά τη συζήτηση στις ομάδες της Π2, οι μαθητές ισχυρίζονται ότι τα μόρια διαφέρουν στα φυσικά τους χαρακτηριστικά (66,7%), στην κίνηση, στην απόσταση και τους δεσμούς (45,8%). Ένα ποσοστό (31,3%) αναφέρει ότι τα μόρια αποτελούνται από άτομα ή κάτι διαφορετικό τα κάνει. Οι συζητήσεις παρουσιάζονται στην παράγραφο 10.2.2.

10.2. Ανάλυση συζητήσεων στις ομάδες

10.2.1. Ανάλυση συζητήσεων στις ομάδες για την ανάμιξη δυο υγρών, νερού και βλαβερής ουσίας

Το θέμα αυτό συζητήθηκε τελευταίο στις ομάδες των τμημάτων Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) και οι συζητήσεις που προηγήθηκαν βοήθησαν τους μαθητές να αναπτύξουν με ευκολία τις απόψεις τους. Στην ομάδα 3 του Π2(Σχ1), οι μαθητές αμέσως παραδέχονται ότι είχαν γράψει λάθος στο pre test.

M9: Εγώ το έχω λάθος. Έβαλα μόνο τα μόρια νερού στο βλαβερό αλλά έπρεπε να βάλω και μόρια βλαβερής ουσίας. Έβαλα μόνο το νερό και είπα ότι δεν αλλάζουν τα μόρια νερού, αν πέσει η ουσία.

M2: Εγώ είχα ανάμεσα τα μόρια βλαβερής από το νερό, έτσι νομίζω ότι είναι.

Στις περισσότερες ομάδες οι μαθητές αναφέρουν κατά τη συζήτηση ότι τα δυο υγρά θα έχουν διαφορετικά μόρια και θα κάνουν μίγμα δυο διαφορετικών υγρών. Ωστόσο προβληματίστηκαν για το αν αυτά τα δυο υγρά διαχωρίζονται με κάποια μέθοδο ή δημιουργούν ένα υγρό με διαφορετικά μόρια.

Στην ομάδα 1 του Π2(Σχ2) οι μαθήτριες αναφέρουν ότι θα γίνει ομογενές μίγμα δυο υγρών, με διαφορετικά μόρια, που μπορούν να ξεχωριστούν με εξάτμιση ή βρασμό.

M7: Το βλαβερό υγρό θα φαίνεται αν πέσει στο νερό;

M6: Θα φαίνεται. Να, όπως όταν ρίξεις μελάνη στο νερό, το άλλο υγρό θα φαίνεται.

M7: Τα μόρια θα είναι διαφορετικά και θα ανακατευτούν.

M6: Τα υγρά θα διαφέρουν στο χρώμα. Το καθαρό νερό δεν φαίνεται.

M7: Εγώ πιστεύω ότι ανακατεύονται τα μόρια.

M6: Δεν θα φαίνονται τα μόρια του νερού αλλά του βλαβερού υγρού.

M7: Θα γίνει ένα ομογενές μίγμα.

Δ: Θα μπορέσω μετά να ξεχωρίσω τα δυο υγρά;

M6: Με χρωματογραφία.

M7: Με απόσταξη δεν το πιστεύω γιατί είναι και τα δυο υγρά.

M6: Με χρωματογραφία.

Δ: Αν βράσω το νερό;

M: Είναι και τα δυο υγρά.

M1: Αν ξέραμε σε πια θερμοκρασία βράζει η βλαβερή ουσία, τότε θα βράζαμε και θα εξατμίζονταν πρώτα το ένα. Αν είναι διαφορετικές ουσίες εξατμίζονται σε διαφορετική θερμοκρασία.

M6: Αν είχαμε νερό και οινόπνευμα θα εξατμίζονταν πρώτα το οινόπνευμα.

Δ: Αν ήταν βλαβερή ουσία στο νερό και όχι οινόπνευμα;

M6, M1: Θα εξατμιστεί πρώτα το νερό ή πρώτα η βλαβερή ουσία.

M7: Και πώς θα ξέραμε πια ουσία εξατμίζεται πρώτα για να τα ξεχωρίσουμε; Αφού δεν ξέρουμε τη βλαβερή.

M6: Δεν χρειάζεται να ξέρουμε, παίρνουμε πρώτα το ένα και μετά το άλλο.

M1: Εγώ είχα γράψει ότι στα υγρά τα μόρια είναι τα ίδια. Τώρα είναι ανάλογα με τις ουσίες.

M7: Εγώ είχα γράψει ότι οι ουσίες μερδεύονται. Κατά κάποιο τρόπο έτσι είναι.

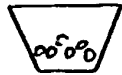


M6: Εγώ είχα γράψει ότι το βλαβερό υγρό μπήκε μέσα στο νερό και έτσι έγιναν και αυτά μόρια υγρού. Νόμιζα ότι έμπαινε μέσα.

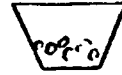
M1: Τα μόρια θα γλιστρούν μεταξύ τους

M7: Θα ανακατευτούν.

M6: Μπορούμε να τα ξεχωρίσουμε. Με απόσταξη ή βρασμό.



Νερό χωρίς βλαβερό υγρό



Νερό με βλαβερό υγρό

και εξήγησε το σχέδιό σου

..... Τα μόρια του βλαβερού υγρού είναι μικρότερα από τα μόρια του νερού.....

+



Πιστεύω πως θα είναι ερω.

Σχέδιο 10.2.: Σχεδίαση νερού με βρώμικο υγρό πριν και μετά τη συζήτηση (Π2(Σχ2)-1))

Η ομάδα 2 του Π2(Σχ2) προβληματίστηκε για το αν τα μόρια συνδέθηκαν και έκαναν ένα υγρό ή αν είναι δυο υγρά που ανακατεύονται (η συνένωση μορίων δεν είναι αντίδραση μορίων αλλά διαφορετικά μόρια που παριστάνουν ένα υγρό). Το τι θα συμβεί εξαρτάται από το αν τα υγρά μπορούν να διαχωριστούν. Το ίδιο πρόβλημα αντιμετώπισαν και στην παράσταση του διαλύματος ως υγρό με διαφορετικά μόρια. Εκεί είχαν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι το φαινόμενο δεν αντιστρέφεται.

M15: Εγώ είχα γράψει ότι τα μόρια λύματος συνδέθηκαν με τα μόρια νερού και κάνανε κάτι καινούριο.

M5: Εγώ έβαλα τα μόρια νερού κανονικά και του βλαβερού όχι.

M4: Εγώ είχα πει ότι τα μόρια βλαβερού υγρού ανακατεύονται με τα μόρια νερού.

M14: Το νερό θα γίνει βρώμικο και τα μόρια θα αλλάξουν. Εγώ λέω ότι θα είναι σαν του M4, δυο ουσίες ανακατεμένες.

M15: Να δούμε αν μπορούμε να τις διαχωρίσουμε θα γίνουν δυο ουσίες διαφορετικές, αλλιώς θα είναι μια καινούρια.

Δ: Μπορούμε να διαχωρίσουμε δυο υγρά;

M5: Μπορεί να μπορούμε αλλά εμείς δεν μάθαμε για υγρά. Πώς να γίνει;

M15: Με απόσταξη δεν μπορούμε γιατί δεν μένει τίποτα στερεό. Με εξάτμιση θα φύγουν και τα δυο μαζί... όχι θα φύγει το οινόπνευμα.

M5: Αμα εξατμίζονται και τα δυο;

Δ: Τελικά τι λέτε μπορούμε να τα διαχωρίσουμε;

M15: Εγώ νομίζω ότι ανακατεύονται και μπορούμε να τα διαχωρίσουμε.

M14: Νομίζω ότι ανακατεύονται και ενώνονται.

M5: Νομίζω ότι αν ενώνονται όπως είπε ο M14 δεν μπορούμε να τα ξεχωρίσουμε.

M15: Αφού με την εξάτμιση διαχωρίζονται, εγώ λέω ότι δεν ενώνονται αλλά ανακατεύονται.

M5: Εγώ πιστεύω 90% ότι ανακατεύονται και δεν ενώνονται και 10% ανακατεύονται και ενώνονται.

M4: Εγώ ότι μόνο ανακατεύονται.

Πριν τη συζήτηση



Νερό χωρίς βλαβερό υγρό



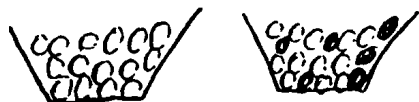
Νερό με βλαβερό υγρό

και εξήγησε το σχέδιό σου

..... Τα μόρια του βλαβερού υγρού είναι μικρότερα από τα μόρια του νερού.....



Μετά τη συζήτηση



Τα μέρη ανακατεύονται αλλά δεν φτάνουν
μια νέα ουσία γιατί διαχωρίζονται

Σχέδιο 10.3.: Σχεδίαση νερού με βρώμικο υγρό πριν και μετά τη συζήτηση (Π2(Σχ2-15)).

Η συζήτηση στις ομάδες έκανε τους μαθητές να διατυπώσουν εναλλακτικές αντιλήψεις, οι οποίες εξετάστηκαν και αναθεωρήθηκαν. Τα μέλη της ομάδας 2 του Π2(Σχ1) αναφέρθηκαν στην απομάκρυνση ή στο πλησίασμα λόγω της βλαβερής ουσίας των μορίων νερού. Η Μ4 διατηρεί ένα μοντέλο αλληλεπίδρασης μορίων και ανάμιξης, όπως αυτό που διδάχθηκαν στην διάλυση.

M5: Όταν το νερό έχει βλαβερές ουσίες μέσα μαζεύεται σε μία, σε μία άκρη μαζεύονται μαζί όλα και μόλις φύγει θα γίνουν όπως πριν.

M4: Η βλαβερή ουσία πάει ανάμεσα στα μόρια του νερού και τα διώχνει.

M6: Η βλαβερή ουσία αφού μολύνει το νερό αλλάζει και τα μόρια του νερού γίνονται μολυσμένα μόρια.

Δ: Τι εννοείς με τα μολυσμένα μόρια;

M6: Τα μόρια δεν αλλάζουν αλλά όπως είναι άσπρα ας πούμε, έρχεται η βλαβερή ουσία, ας πούμε είναι μπλε, και τα μόρια του νερού μένουν μόρια νερού αλλά με διαφορετική ιδιότητα και χρώμα.

Δ: Ας ζωγραφίσουμε νερό με βλαβερό υγρό.

Η σχεδίαση βοήθησε τις μαθήτριες να κατανοήσουν ότι και το βλαβερό υγρό αποτελείται από μόρια. Η Μ5 αναφέρθηκε στο ότι η βρώμικη ουσία έχει και αυτή μόρια και μάλιστα μαύρα. Η συζήτηση στράφηκε και εδώ στον διαχωρισμό των δυο υγρών.

M4: Εγώ πιστεύω ότι η βλαβερή ουσία μπαίνει ανάμεσα στα μόρια νερού και τα διώχνει. Μπαίνει ανάμεσα εδώ, εκεί και τα διώχνει.

M6: Είχαμε μάθει, όταν η ζάχαρη μπαίνει στο νερό, τα μόρια νερού διώχνουν τα μόρια ζάχαρης.

M4: Η ζάχαρη εκεί έλιωνε.

M6: Η ζάχαρη δεν έλιωνε αλλά τα μόρια νερού την αποσπούσαν και σκόρπιζαν τα μόρια.

M5: Εγώ είχα τα μόρια μακριά αλλά πρέπει να βάλω και τα μόρια της βλαβερής ουσίας. Θα βάλω μαύρες μπίλιες.

Δ: Καταλήξατε;

M6: Η βλαβερή ουσία θα μείνει στον πάτο.

M4: Όχι, μπορεί και να μην μείνει στον πάτο. Η βλαβερή ουσία φέρνει κοντά τα μόρια του νερού.

M5: Το υγρό σίγουρα θα αλλάξει και θα γίνει κάτι άλλο. Θα γίνει μίγμα και οι ουσίες θα ανακατευτούν. Θα είναι τα μόρια της βλαβερής ουσίας και τα μόρια νερού και θα κατακυλούν το ένα πάνω στο άλλο.

M4: M6. Μπορείς να επαναλάβεις;

M5: Ναι, τα μόρια των δυο ουσιών ανακατεύονται και παίρνουμε μια νέα ουσία.

Δ: Μπορείς να ξεχωρίσεις τώρα αυτά τα δυο υγρά;

M5: Με το φιλτράρισμα.

M6: Το φιλτράρισμα κρατά τη στερεή. Εδώ έχουμε δυο υγρά. Μήπως με απόχωση ή απόσταξη;

M5: Λέω ότι δεν χωρίζονται. Δεν ξέρω κάποιον τρόπο που να τα χωρίζει, που να χωρίζει δυο υγρά. Ή θέλει ειδικά μηχανήματα για να ξεχωρίζουν.

M6: Μπορεί και να γίνεται να τα χωρίσουμε αλλά μπορεί και να είναι μια ουσία και να μένει και να μη χωρίσουν.

M5: Τα μόρια να γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο.

Άλλοι μαθητές (ομάδα 1 του Π2(Σχ1)) κατά τη συζήτηση εστίασαν μόνο στα μόρια και στη χαλάρωση δεσμών στο καθαρό νερό και δεν έκαναν ιδιαίτερη αναφορά στην αλληλεπίδραση και ανακάτεμα μορίων. Δεν έγινε σαφές ότι και οι βλαβερές ουσίες παριστάνονται με μόρια.

M1: Έχω βάλει ότι στο βλαβερό νερό έχουν μπει βλαβερές ουσίες.

M8: Στο βλαβερό νερό τα μόρια δεν είναι πιασμένα ενώ στο καθαρό είναι πιασμένα.

Δ: Γιατί;

M8: Υπάρχουν ανάμεσα οι βλαβερές ουσίες και χαλαρώνουν τα μόρια νερού



M1: Συμφωνώ με την M8.



Νερό χωρίς βλαβερό υγρό



Νερό με βλαβερό υγρό

και εξήγησε το σχέδιό σου
Στα καθαρά νερά... τα βλαβερά... πικρά... ενώ... στο βλαβερό υγρό...
...δεν πιναίκα...

Το βλαβερό νερό έχει βλαβερές ουσίες που εμποδίζουν τα
βλαβερά να περυσούν. Ενώ το καθαρό νερό δεν εμποδίζει
ουσίες που εμποδίζουν τα βλαβερά να περυσούν.

νερό

ο-ο-ο

είναι γλαβρά πιναίκα

ο-ο-ο

ο-ο-ο

βλαβερά

Σχέδιο 10.4.: Σχεδίαση νερού με βρώμικο υγρό πριν και μετά τη συζήτηση (Π2(Σχ1)-8)

Το γεγονός ότι σχεδιάζουν τα υγρά με διαφορετικά μόρια δεν σημαίνει ότι κατανοούν τι κάνει διαφορετικά τα μόρια (Ομάδα 3 του Π2(Σχ2))

M2: Εγώ στο καθαρό έβαλα μόρια νερού και στο βρώμικο έκανα τα μόρια βρώμικα.

M13: Εγώ ανακάτεψα τα μόρια νερού με τα μόρια βλαβεράς ουσίας.

M8: Κι εγώ. Η βλαβερή ουσία έχει άλλα μόρια.

M2: Άρα τα κάνει διαφορετικά το χρώμα τους; Μήπως τα κάνει η ύλη που είναι φτιαγμένα;

M8: Θα είναι από διαφορετικές ουσίες. Τα μόρια... θα είναι από διάφορα... από διαφορετικά ηλεκτρόνια.
Θα διαφέρουν στα ηλεκτρόνια. Στην περυσινή φυσική κάτι είχαμε πει.

M13: Εγώ συμφωνώ με την M8. Κάτι τα κάνει διαφορετικά, αλλά δεν ξέρω τι.

10.2.2. Ανάλυση της συζήτησης στις ομάδες στην ερώτηση "Τι κάνει τα μόρια διαφορετικά;"

Σε όλες τις ομάδες οι μαθητές αναφέρθηκαν σε μακροσκοπικές ιδιότητες και στις διαφορές μεταξύ των μορίων. Επισημάνθηκε από τον διδάσκοντα να συγκριθεί ένα μόριο νερού με ένα μόριο οινόπνευματος.

Στην ομάδα 1 του Π2(Σχ2) αναφέρονται αρχικά οι διαφορετικές μακροσκοπικές ιδιότητες και οι διαφορετικοί δεσμοί και στη συνέχεια έγινε αναφορά στη "διαφορετική προσωπικότητα των μορίων" επειδή είναι φτιαγμένα διαφορετικά χωρίς να αναφέρονται τα άτομα.

M6: Δεν ήξερα και έγραψα σε τίποτα.

M1: Στο βάρος και στο χρώμα. Και στα μόρια.

Δ: Ένα μόριο νερού και ένα οινόπνευματος σε τι διαφέρουν;

M7: Μπορεί να έχει δίκιο η M1, που λέει ότι έχουν διαφορετικό βάρος.

M6: Ένα μόριο, αν το αφήναμε στο τραπέζι, μπορεί να εξατμιστεί;

Δ: Τι είναι η εξάτμιση;

M6: Φεύγει ένα μόριο από το υγρό που είναι χαλαρά συνδεδεμένο. Αν είχαμε πολλά μόρια τότε θα διέφεραν στην εξάτμιση και στο βάρος. Γιατί τα μόρια οινόπνευματος εξατμίζονται πιο γρήγορα.

M7: Έτσι είναι και πιο ελαφριά τα μόρια οινόπνευματος.

Δ: Πάρτε ένα μόριο από το καθένα.

M6: Διαφέρουν στο χρώμα και το βάρος.

M7: Αν ήταν πολλά θα ήταν και η εξάτμιση.

Δ: Γιατί εξατμίζεται πιο γρήγορα το οινόπνευμα;



M1: Γιατί τα μόρια στο οινόπνευμα πρέπει να είναι πιο ελαφριά.

M6: Και αυτό αλλά και γιατί τα μόρια πρέπει να είναι φτιαγμένα από διαφορετικές ουσίες. Είναι διαφορετικά και θα έχουν αν το προσωποποιήσω, θα έχουν διαφορετική προσωπικότητα. Το μόριο του οινόπνευματος είναι από οινόπνευμα και το μόριο του νερού από νερό.

M7: Όχι, πολλά μόρια οινόπνευματος κάνουν το οινόπνευμα.

M6: Ναι, έχεις δίκιο, εγώ μεπερδέυτηκα. Θα διαφέρουν τελικά στο βάρος, στην εξάτμιση αν ήταν πολλά στη βαρύτητα και στην ουσία. Κάτι διαφορετικό τα φτιάχνει.

M7: Ναι, ναι και εγώ συμφωνώ.

Η συζήτηση στην ομάδα 2 του Π2(Σχ2) περιστράφηκε στις διαφορετικές μακροσκοπικές ιδιότητες των μορίων καθώς, αν ήταν ίδια τα μόρια, θα ήταν ίδια και τα υλικά. Έτσι κατέληξαν ότι εκτός από τις μακροσκοπικές ιδιότητες θα έχουν και άλλα υλικά άζωτο, οξυγόνο και άλλα.

[...]

M4: Τα μόρια δεν κινούνται το ίδιο.

M5: Έχουν κίνηση.

Δ: Σε τι να διαφέρει ένα μόριο οινόπνευματος από ένα μόριο νερού;

M15: Μπορεί να έχουν διαφορετικές ουσίες, π.χ. το οινόπνευμα έχει οξυγόνο και άλλα και το νερό να έχει άλλες ουσίες. Έτσι κάπως.

Δ: Πού το ξέρεις ότι έχουν και άλλες ουσίες;

M15: Το μόριο να έχει και άλλα υλικά.

M5: Οξυγόνο, άζωτο και άλλα.

M15: Έχουν άλλο όγκο και άλλο τρόπο εξάτμισης και έχουν και άλλες ουσίες.

Στην ομάδα 4 του Π2(Σχ1) τα μόρια θεωρήθηκαν διαφορετικά, μάλλον γιατί έχουν διαφορετικό όγκο, βάρος, χωρίς αναφορά σε υλικό κατασκευής. Η πρόταση του M12 ότι τα μόρια δομούν το υγρό δεν συζητήθηκε.

M13: Λέω ότι τα μόρια νερού θα είναι πιο κοντά από τα μόρια οινόπνευματος.

Δ: Πάρτε ένα μόριο νερού και ένα μόριο οινόπνευματος.

M7: Εγώ λέω ότι τα μόρια θα είναι ίδια.

M12: Θα είναι πιο μικρά αυτά του οινόπνευματος.

M7: Όλα ίδια είναι.

M12: Πίστευα ότι επειδή το οινόπνευμα εξατμίζεται πιο γρήγορα, έχει μικρότερα μόρια.

Δ: Ένα μόριο νερού και ένα μόριο οινόπνευματος σε τι διαφέρουν;

M12: Θα διαφέρουν στην ταχύτητα.

M13: Στο χρώμα τους.

M7: Θα διαφέρουν στο υγρό που είναι φτιαγμένα

M12: Εγώ δεν συμφωνώ, τα μόρια κάνουν το υγρό και όχι το υγρό τα μόρια.

M7: Άρα λέμε ότι διαφέρουν στην ταχύτητα, το χρώμα και το μέγεθος.

Αλλά κι οι μαθητές που κάτι έχουν ακούσει για τα άτομα, δεν γνωρίζουν αρκετά γι' αυτά, καθώς δεν διδάχθηκαν στα μαθήματα της φυσικής τίποτε σχετικό.

Οι μαθητές της ομάδας 1 του Π2(Σχ3) έχουν ακούσει ότι τα μόρια αποτελούνται από άτομα αλλά δεν φαίνεται να ξέρουν περισσότερα για αυτά. Ισχυρίζονται ότι, αφού τα μόρια είναι διαφορετικά, θα είναι και τα άτομα διαφορετικά.

M3: Έχουν διαφορετικό χρώμα, μέγεθος

M6: Διαφορετικό τρόπο που κινούνται.

M3: Διαφορετικό βάρος.

M13: Θα έχουν διαφορετικά άτομα.

M3: Ένα μόριο έχει χιλιάδες άτομα.

M13: Τα μόρια αν τα διαιρέσουμε αποτελούνται από άτομα.

Δ: Σε τι λέτε να διαφέρουν τα άτομα

M3: Τα άτομα τι είναι; (Γελάνε).

Δ: Είναι πιο μικρά σωματίδια που φτιάχνουν τα μόρια.

M6: Άρα, αφού τα μόρια είναι διαφορετικά, τότε και τα άτομα είναι διαφορετικά.

M3: Θα διαφέρουν στο σχήμα, στο μέγεθος.



Στην ομάδα 3 του Π2(Σχ1) τα μόρια θεωρούνται διαφορετικά, σαν να αποτελούνται από διαφορετικά άτομα.

M9: Ίδια είναι τα μόρια αλλά φτιάχνουν διαφορετικό υγρό. Γιατί είναι πιο χαλαροί οι δεσμοί.

M2: Εγώ είχα γράψει ότι είναι πιο μικρά.

M11: Εγώ ότι διαφέρουν στο μέγεθος.

M9: Διαφέρουν στην ουσία τους.

Δ: Τι εννοείς;

M9: Είναι φτιαγμένα από διαφορετικές ουσίες. Μπορεί ένα να έχει οξυγόνο κ.λ.π. κάπου τα έχουμε δει.

Δ: Είναι τελικά τα μόρια ίδια ή διαφορετικά;

M9: Πρέπει να είναι διαφορετικά, αλλιώς θα έφτιαχναν το ίδιο υγρό.

Ένας λόγος που οι μαθητές πιστεύουν ότι τα μόρια είναι ίδια, απλά διαφέρουν στον τρόπο σύνδεσης, είναι η γνώση ότι τα μόρια δεν μεταβάλλονται. Έτσι θεωρούν ότι όλα τα υγρά έχουν ίδια μόρια απλά αλλάζει ο τρόπος σύνδεσης.

Στην ομάδα 5 του Π2(Σχ3) η συζήτηση και η εξέταση των προτάσεων οδήγησε την M20 να αναφέρει ότι τα μόρια δεν διαφέρουν στην ίδια ουσία όταν αλλάζει κατάσταση, αλλά διαφορετικές ουσίες έχουν διαφορετικά μόρια.

Δ: Τα μόρια νερού και οινόπνευματος είναι ίδια;

M10: Όχι, διαφέρουν.

M20: Όχι, μπορεί να διαφέρουν στο μέγεθος.

M17: Δεν μπορεί να διαφέρουν στο μέγεθος, γιατί τα μόρια δεν αλλάζουν μορφή.

M7: Εγώ διαφωνώ, γενικώς τα μόρια δεν μένουν αμετάβλητα; Πιστεύω ότι όλα τα μόρια είναι ίδια.

M10: Δεν είναι ίδια.

M20: Αν ήταν ίδια θα είχαν οι ουσίες την ίδια θερμοκρασία βρασμού, την ίδια θερμοκρασία εξάτμισης.

M10: Ας πάρουμε το νερό και το οινόπνευμα. Δεν μπορεί να έχουν ίδια μόρια γιατί θα ήταν ίδιες ουσίες.

Πρέπει τα μόριά τους να είναι διαφορετικά.

M20: Μπορεί να διαφέρουν στο μέγεθος, στο χρώμα.

M10: Στο μέγεθος εντάξει, αλλά όχι στο χρώμα, δεν έχουν τα μόρια το χρώμα.

Δ: Τι εννοείς δεν κάνουν τα μόρια το χρώμα;

M10: Είναι κάποια κενά ανάμεσα στα μόρια. Και εκεί μπαίνει το χρώμα.

M7: Αν πάρουμε το οινόπνευμα και το νερό, αν πάρουμε τα μόρια του οινόπνευματος, μπορεί να μην κινούνται τόσο γρήγορα όσο τα μόρια του νερού. Μπορεί τα μόρια να είναι ίδια αλλά διαφέρει η κίνησή τους.

M20: Άμα είναι ίδια, όμως...

M7: Θα διαφέρουν στη κίνηση και στη θερμοκρασία που λιώνει κ.λ.π.

M10: Άμα ήταν ίδια, θα παίρναμε από μια ουσία την άλλη.

M20: Εγώ λέω ότι κάθε ουσία έχει τα δικά της μόρια, και τα μόρια δεν αλλάζουν αν πχ. αλλάξει η κατάσταση της ουσίας. Έτσι ο πάγος και το γυαλί έχουν διαφορετικά μόρια γιατί είναι διαφορετικές ουσίες.

M7: Έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες βρασμού, το οινόπνευμα έχει άλλο σημείο βρασμού. Μπορεί δηλαδή τα μόρια στο νερό να κινούνται πιο αργά ενώ στο οινόπνευμα πιο γρήγορα. Άρα έχουν διαφορετική κίνηση.

M20: Εγώ θεωρώ ότι είναι διαφορετικά τα μόρια.

M17: Κάθε ουσία έχει διαφορετικά μόρια. Τα μόρια σε κάθε ουσία είναι διαφορετικά.

M10: Φαίνεται πιο λογικό να είναι διαφορετικά τα μόρια.

M20: Τα μόρια είναι ίδια όταν η ουσία αλλάζει φυσική κατάσταση. Όταν γίνεται από στερεό, υγρό ή αέριο μένουν ίδια.

Στην ομάδα 1 του Π2(Σχ1) οι μαθήτριες αρχικά διατύπωσαν την άποψη ότι, αφού είναι υγρά, έχουν ίδια μόρια. Το γεγονός ότι το οινόπνευμα εξατμίζεται οδήγησε στην άποψη ότι το οινόπνευμα έχει πιο μικρά μόρια, είναι πιο χαλαρά πιασμένα ή έχουν μικρότερο όγκο. Στη συνέχεια η συζήτηση περιστράφηκε στα συστατικά που περιέχουν οι ουσίες και κατέληξαν ότι το οινόπνευμα έχει συστατικά ενώ το νερό δεν έχει, γιατί το φτιάχνει η φύση.

M10: Εγώ έχω γράψει ότι είναι ίδια.

M1: Ίδια μόρια, γιατί οι ουσίες είναι υγρές.



M8: Εγώ έγραψα ότι στο νερό είναι πιασμένα ελαφρά ενώ στο οινόπνευμα δεν είναι.

AB: Αφού και τα δυο είναι υγρά, γιατί να είναι διαφορετικά;

M8: Δεν είναι τα ίδια, το ένα εξατμίζεται γρηγορότερα και το άλλο πιο αργά.

M1: Μα τι σημασία έχει πιο εξατμίζεται γρηγορότερα;

M8: Αν ήταν ίδια τα μόρια, οι ουσίες θα ήταν ίδιες.

M10: Άρα θα υπάρχουν συστατικά στα μόρια.

M8: Τα μόρια νερού διαφέρουν από τα μόρια οινόπνευματος, γιατί το οινόπνευμα είναι εύφλεκτο, εξατμίζεται πιο γρήγορα ενώ στο νερό δεν γίνεται αυτό.

M1: Εξατμίζεται και το νερό αλλά όχι τόσο γρήγορα.

M8: Εγώ πιστεύω ότι τα μόρια δεν είναι ίδια.

M1: Θα συμφωνήσω με την M8.

M10: Ότι δεν είναι ίδια, δεν είναι ίδια.

M8: Εγώ νομίζω ότι τα μόρια νερού είναι πιασμένα ενώ στο οινόπνευμα όχι τόσο σφιχτά.

M10: Μα και τα δυο είναι υγρά.

M8: Δεν έχει σημασία, έχουν διαφορές. Εκατό τοις εκατό δεν είναι ίδια.

M1: Μοιάζουν στο ότι είναι υγρά. Τα μόρια υγρού φτιάχνουν το οινόπνευμα. Θα διαφέρουν στο πιάσιμο και στο πώς κινούνται.

Δ: Πάρτε ένα μόριο νερό και ένα μόριο οινόπνευμα.

M1: Το μόριο οινόπνευματος εξατμίζεται πιο εύκολα.

M8: Μήπως τα μόρια οινόπνευματος μπορεί να είναι πιο μικρά.

M10: Ναι όμως... εγώ νομίζω ότι στο οινόπνευμα υπάρχουν συστατικά ενώ στο νερό δεν υπάρχουν συστατικά. Μπορεί να υπάρχει χλώριο το νερό αλλά αυτό όταν το ρίχνουμε. Βγάλτε το αυτό στην άκρη.

M8: Μπορεί να διαφέρουν στον όγκο το μόριο νερού από το μόριο οινόπνευματος.

M1: Θα έχουν διαφορετικό όγκο, κίνηση.

M8: Εγώ νομίζω ότι το νερό δεν έχει άλλα συστατικά.

M10: Το οινόπνευμα μπορεί να είναι μπλε.

M1: Τώρα θα πούμε και το χρώμα; Το καθαρό οινόπνευμα είναι άχρωμο όπως το νερό. Το χρώμα το αποκλείουμε.

M10: Τα συστατικά όμως τα λαβαίνουμε υπόψη..

M8: Εγώ νομίζω ότι επειδή το νερό είναι στη φύση και δεν το φτιάχνει ο άνθρωπος έχουν διαφορά στα συστατικά.

M1: Και εσύ αυτό λες M10;

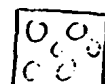
M10: Και εγώ συμφωνώ με την M8.

M1: Και εγώ θα συμφωνήσω με τα κορίτσια, ε...

M8: Το νερό δεν έχει συστατικά, ενώ το οινόπνευμα έχει.



Νερό



οινόπνευμα

10.3. Συμπεράσματα για τις ιδιότητες των μορίων

Οι μαθητές αναπαράγουν εύκολα όσα είχαν διδαχθεί για τις ιδιότητες των μορίων. Συγκεκριμένα αναφέρουν ότι το μόριο είναι δομικός λίθος της ύλης σε ποσοστό 84,3% από την Π1 και 88,9% της Π2. Ο κενός χώρος μεταξύ των μορίων νερού αναφέρεται επίσης από μεγάλα ποσοστά μαθητών (78,9% της Π1 και 83,3% από την Π2). Κάποιοι μαθητές θεωρούν ότι τα μόρια είναι μέσα στην ύλη (Μοντέλο Α κατά Johnson 1998c), όταν αναφέρουν ότι τα μόρια είναι μέσα στα πράγματα ή στους οργανισμούς και ο κενός χώρος είναι γεμάτος με νερό. Άλλοι αποδίδουν στα μόρια που δομούν την ουσία τις μακροσκοπικές ιδιότητες των ουσιών (μοντέλο Β κατά Johnson 1998c), όταν αναφέρουν ότι δεν υπάρχει νερό μεταξύ των μορίων γιατί τα μόρια περιέχουν νερό. Μερικοί μαθητές αναφέρουν ότι υπάρχει αδιαχώρητο μεταξύ μορίων, ο χώρος είναι γεμάτος μόρια και δεν υπάρχει τίποτε ανάμεσα, μεταφέροντας έτσι σε μικροσκοπικό επίπεδο την αισθητηριακή αντίληψη για το ασυμπίεστο των υγρών. Το μοντέλο αναφέρεται και από τους Andersson (1990), Βλάχος (1999).



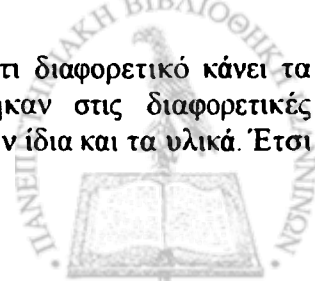
Οι μαθητές με ευκολία αναπαράγουν τη γνώση ότι οι μακροσκοπικές ιδιότητες των ουσιών είναι ιδιότητες συνόλου μορίων. Συγκεκριμένα το μόριο νερού δεν έχει τις ιδιότητες της ουσίας (να ρέει ή να είναι δροσερό όπως η σταγόνα) για το 80,7% των μαθητών της Π1 και το 81,5% από την Π2. Επίσης τα μόρια δεν μεταβάλλονται όταν μια ουσία κρυσώνει για το 82,5% από την Π1 και το 83,3% για την Π2. Τα μόρια ούτε σταματάνε αλλά κινούνται πιο αργά για το 86,0% από την Π1 και 90,7% για την Π2. Οι μαθητές και των δυο ομάδων δίνουν παρόμοιες απαντήσεις στις ερωτήσεις για τις ιδιότητες των μορίων.

Οι δυο ομάδες Π1 και Π2 διαφοροποιούνται στη σχεδίαση αποστάσεων υγρών και στην παράσταση νερού με βρώμικη ουσία. Στη σειρά μαθημάτων, που οι μαθητές διδάχθηκαν, τα μόρια στα στερεά και στα υγρά παριστάνονται να έχουν μικρές αποστάσεις μεταξύ τους. Οι μαθητές απαντούν στη σχετική ερώτηση σε ποσοστό 66,7% από την Π1 και 57,5% από την Π2 ότι στα υγρά η απόσταση μεταξύ των μορίων είναι μικρή. Αρκετοί μαθητές (24,6% από την Π1 και 24,1% από την Π2) αναφέρουν ότι η απόσταση στα υγρά είναι ενδιάμεση αυτής στα στερεά και αέρια, υπερτιμώντας την απόσταση στα υγρά, κάτι που αναφέρεται και στην βιβλιογραφία (Dow et al. 1978, Hatzinikita & Kokkotas 1994). Κατά τη σχεδίαση μάλιστα στερεών, υγρών και αερίων αποδεκτά σχέδια έδωσαν λιγότεροι μαθητές ειδικά από την Π2 (το 57,9% των μαθητών της Π1 και το 33,3% από την Π2). Μετά τη συζήτηση οι μαθητές της Π2 σχεδιάζουν τα υγρά με μόρια πολύ κοντά που γλιστράνε μεταξύ τους και δίνουν αποδεκτά σχέδια σε ποσοστό 81,3%. Οι απαντήσεις τους βελτιώνονται και σε σχέση με τις αρχικές τους αλλά και σε σχέση με αυτές της Π1.

Διαφορές μεταξύ των ομάδων Π1 και Π2 παρουσιάστηκαν και κατά την παράσταση νερού με βλαβερό υγρό. Το 87,7% των μαθητών της Π1 έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις (10,5% πλήρεις και 77,2% εν μέρει αποδεκτές). Πριν τη συζήτηση στις ομάδες οι μισοί μαθητές της Π2 έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις (1,9% πλήρεις και 48,1% εν μέρει). Μετά τη συζήτηση οι απαντήσεις στην Π2 βελτιώθηκαν. Οι αποδεκτές απαντήσεις ανέρχονται στο 83,3% (33,3% πλήρεις και 50% εν μέρει αποδεκτές). Τα ποσοστά μετά τη συζήτηση διαφοροποιούνται από αυτά πριν τη συζήτηση. Η συζήτηση στις ομάδες έκανε τους μαθητές να διατυπώσουν εναλλακτικές αντιλήψεις, οι οποίες εξετάστηκαν και αναθεωρήθηκαν. Στις περισσότερες ομάδες οι μαθητές αναφέρουν κατά τη συζήτηση ότι τα δυο υγρά θα έχουν διαφορετικά μόρια και θα προκύψει μίγμα δυο διαφορετικών υγρών. Ωστόσο προβληματίστηκαν για το αν αυτά τα δυο υγρά διαχωρίζονται με κάποια μέθοδο ή δημιουργούν ένα υγρό με διαφορετικά μόρια. Σε κάποιες ομάδες συζητήθηκε και η άποψη ότι τα μόρια νερού πλησιάζουν ή απομακρύνονται λόγω της βλαβερής ουσίας. Αναπτύχθηκε ένα μοντέλο αλληλεπίδρασης μορίων και ανάμιξης, όπως αυτό της διάλυσης. Η σχεδίαση βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν ότι και το βλαβερό υγρό έχει μόρια. Άλλοι μαθητές κατά τη συζήτηση εστίασαν μόνο στα μόρια νερού και στη χαλάρωση δεσμών στο καθαρό νερό και δεν έκαναν ιδιαίτερη αναφορά στην αλληλεπίδραση και ανακάτεμα μορίων, ούτε έγινε σαφές ότι και οι βλαβερές ουσίες παριστάνονται με μόρια.

Αν και οι μαθητές αναφέρουν ότι διαφορετικές ουσίες αποτελούνται από διαφορετικά μόρια, δεν γνωρίζουν ή δεν φαντάζονται τι κάνει τα μόρια διαφορετικά. Πράγματι οι πιο πολλές απαντήσεις αναφέρουν ότι τα μόρια διαφέρουν στα φυσικά χαρακτηριστικά τους (σχήμα, μέγεθος, βάρος, χρώμα, μυρωδιά) ή διαφέρουν στην κίνηση, στην απόσταση ή στους δεσμούς, ακόμη και στις μακροσκοπικές ιδιότητές τους. Ένα σχετικά μικρό ποσοστό 31,6% από την Π1 και 5,6% από την Π2 απάντησαν ότι τα μόρια είναι διαφορετικά και έχουν διαφορετικές ιδιότητες χωρίς παραπέρα διευκρίνιση. Μια παραπέρα διερεύνηση τι εννοούν οι μαθητές της Π1 όταν λένε ότι τα μόρια είναι διαφορετικά, έδειξε ότι όλοι αυτοί οι μαθητές ισχυρίστηκαν ότι τα μόρια είναι διαφορετικά γιατί η ουσία τους είναι διαφορετική. Μετά από επίμονες ερωτήσεις τρεις μόνο μαθητές αναφέρθηκαν σε μικρότερα σωματίδια, όπως τα άτομα. Η αδυναμία αυτή των μαθητών αποδίδεται στη διδασκαλία κατά την οποία δεν είχε γίνει καμιά αναφορά στην ατομική δομή της ύλης.

Η συζήτηση στην Π2 έκανε τους μαθητές να αναφέρουν ότι κάτι διαφορετικό κάνει τα μόρια (ποσοστό 37,5%). Σε κάποιες ομάδες οι μαθητές αναφέρθηκαν στις διαφορετικές μακροσκοπικές ιδιότητες των μορίων καθώς, αν ήταν ίδια τα μόρια, θα ήταν ίδια και τα υλικά. Έτσι



κατέληξαν ότι εκτός από τις μακροσκοπικές ιδιότητες θα έχουν και άλλα υλικά άζωτο, οξυγόνο και άλλα. Πολλοί μαθητές απέδωσαν τις διαφορές στα μόρια στον διαφορετικό όγκο και βάρδη, χωρίς αναφορά σε υλικό κατασκευής. Και αυτές οι απαντήσεις υπονοούν ότι τα μόρια αποτελούνται από ένα είδος γενικής ουσίας. Στις ομάδες συζητήθηκε επίσης ότι τα μόρια είναι ίδια, απλά διαφέρουν στον τρόπο σύνδεσης. Μια τέτοια άποψη προέρχεται από τη γνώση ότι τα μόρια δεν μεταβάλλονται, τα μόρια είναι οι αμετάβλητοι δομικοί λίθοι των ουσιών και αποτελούνται από ένα είδος γενικού υλικού. Αλλά κι οι μαθητές που κάτι έχουν ακούσει για τα άτομα, δεν γνωρίζουν αρκετά γι' αυτά, καθώς δεν διδάχθηκαν στα μαθήματα της φυσικής τίποτε σχετικό.

Στη σειρά μαθημάτων έγινε προσπάθεια οι μαθητές των Π1 και Π2 να κατανοήσουν ότι πολλές ιδιότητες μιας ουσίας εξηγούνται στα πλαίσια της διάταξης και κίνησης των μορίων και οι φυσικές αλλαγές εξηγούνται ως αλλαγές αυτής της διάταξης και κίνησης. Επίσης τα σωματίδια των ουσιών αλληλεπιδρούν χωρίς να μεταβάλλονται σε φαινόμενα όπως η διάχυση ή διάλυση και η ανάμιξη. Όμως οι μαθητές δεν είναι σε θέση να εκτιμήσουν τι κάνει διαφορετικά τα μόρια των διαφορετικών ουσιών, χωρίς να διδαχθούν κάτι σχετικό. Οι μαθητές θεωρούν, αν δεν έχουν μάθει ότι τα μόρια αποτελούνται από άτομα, ότι τα μόρια έχουν την ίδια ύλη όπως η ουσία που σχηματίζουν ή υπάρχει στα μόρια ένα είδος υλικού, ένα είδος "γενικής ουσίας" και οι διαφορές οφείλονται στον τρόπο σύνδεσης ή στα φυσικά χαρακτηριστικά των μορίων. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται στη βιβλιογραφία (Renstrom et al. 1990, Griffiths & Preston 1992). Τέτοιες παρανοήσεις ενισχύονται και από εκφράσεις στα εγχειρίδια όπως "το νερό είναι μόρια νερού" και έτσι βαθαίνει η σύγχυση μεταξύ μοριακών σωματιδίων και ουσιών (Selley 1978).

Θεωρούμε ότι το επόμενο βήμα κατά τη διδασκαλία θα πρέπει να είναι μια σταδιακή παρουσίαση της δομής των μορίων γνωστών ουσιών και κάποιων ιδιοτήτων, όπως διδάσκονται οι λέξεις για τα πράγματα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί η αναλογία μεταξύ ατόμων και γραμμάτων του αλφαβήτου, που προτείνει ο Piaget, για να καταδειχθεί ότι αμετάβλητες και στοιχειώδεις οντότητες (άτομα) μπορούν να συνθέσουν ένα τεράστιο πλήθος από οντότητες (λέξεις - μόρια) με τελείως διαφορετικά χαρακτηριστικά (Buck 1990).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

Συγκρίσεις των ομάδων στο σύνολο των ενοτήτων

Στο κεφάλαιο αυτό συγκρίνουμε τις συχνότητες απαντήσεων ανά κατηγορία και τις μέσες επιδόσεις των ομάδων E, Π1, Π2 στο σύνολο των δυο τεστ. Για κάθε τμήμα Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) της Π2 υπολογίστηκαν οι επιδόσεις χωριστά τόσο στις ενότητες που διδάχθηκαν οι μαθητές όσο και στις ενότητες που αρχικά δεν διδάχθηκαν και στη συνέχεια συζητήσαν σε ομάδες. Οι μέσες επιδόσεις και οι συχνότητες αυτές αθροίστηκαν ανεξάρτητα από την ενότητα, παρουσιάζονται σε πίνακες και συγκρίνονται. Παρουσιάζονται με αυτό τον τρόπο δεδωμένα για τις Π2(διδ), Π2pre(συζ), Π2post(συζ). Έγιναν συγκρίσεις και για τις επιμέρους ενότητες: 1. Διάχυσης, 2. Ιδιότητες στερεών-υγρών-αερίων, 3. Διαστολής, 4. Διάλυσης και 5. Αλλαγής κατάστασης. Στην Π2(διδ) υπολογίστηκαν για την Π2(Σχ1) οι επιδόσεις στις ενότητες 1, 4, 5, για την Π2(Σχ2) στις 1, 2, 5 και για την Π2(Σχ3) στις 1, 2, 3. Στην Π2pre(συζ) υπολογίστηκαν για την Π2(Σχ1) οι επιδόσεις πριν τη συζήτηση στις ομάδες στις ενότητες 2 και 3, για την Π2(Σχ2) οι επιδόσεις στην 3, 4 και για την Π2(Σχ3) οι επιδόσεις στην 4, 5. Στην Π2post(συζ) υπολογίστηκαν οι επιδόσεις στις παραπάνω ενότητες μετά τη συζήτηση.

11.1. Σύγκριση των ομάδων ως προς την συνολική επίδοση

11.1.1. Η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών στις ειδικές κατηγορίες

Οι απαντήσεις των μαθητών κατηγοριοποιήθηκαν στις ειδικές κατηγορίες ως πλήρεις σωματιδιακές, πλήρεις μακροσκοπικές, εν μέρει σωματιδιακές, εν μέρει μακροσκοπικές, εναλλακτικές μακροσκοπικές, εναλλακτικές μικροσκοπικές και μη κατανόησης. Τα ποσοστά υπολογίστηκαν στο σύνολο των απαντήσεων των μαθητών (Πίνακας 11.1.1.) και εικονίζονται στο Διάγραμμα 11.1.

Πίνακας 11.1.1.: Ποσοστά απαντήσεων ανά ειδική κατηγορία των μαθητών των ομάδων E, Π1 και της Π2 στις ενότητες που διδάχθηκαν και συζητήσαν στις ομάδες

Ομάδα ανά τεστ	Πλήρης σωμ.	Πλήρης μακρ.	Εν μέρει σωμ.	Εν μέρει μακρ.	Εναλ. μακρ.	Εναλ. σωμ.	Όχι καταν.	Αριθμός απαντήσεων
EtestA	0,1	0,0	0,2	3,3	71,8	0,9	23,7	59*19
Π1testA	29,4	0,1	38,3	3,0	9,0	13,5	6,7	57*19
Π1testB	36,4	0,0	45,5	0,0	0,9	13,4	3,8	57*19
Π2testA(διδ)	18,1	0,0	36,3	5,6	17,4	11,6	11,1	570
Π2testB(διδ)	23,9	0,0	45,6	0,2	1,1	23,5	5,8	570
Π2pretestA(συζ)	4,8	0,0	13,4	1,8	40,8	23,2	16,0	456
Π2pretestB(συζ)	8,8	0,0	28,5	0,0	6,1	49,1	7,5	456
Π2posttestA(συζ)	29,9	0,0	41,5	0,0	8,7	15,3	4,7	405
Π2posttestB(συζ)	31,4	0,0	45,4	0,0	2,2	19,5	1,5	405

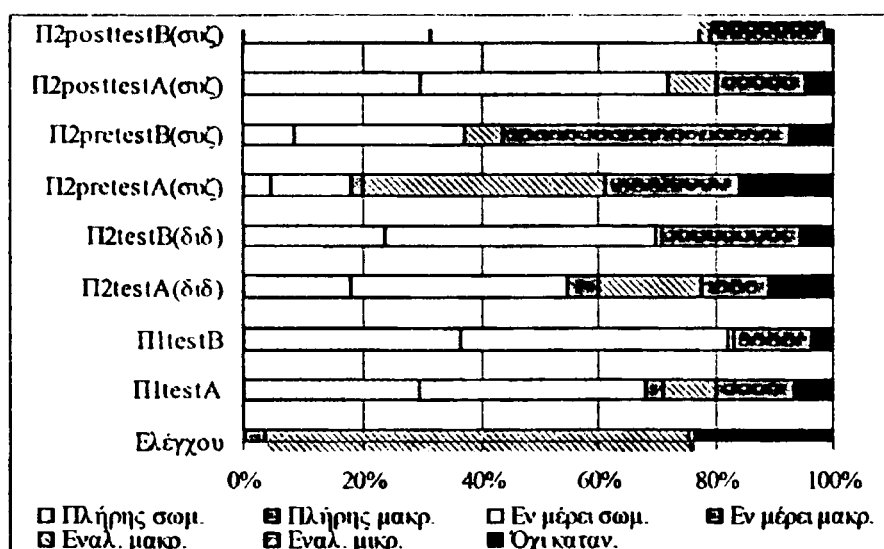
Οι μαθητές της E δίνουν σε ποσοστό 71,8% εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις ενώ δίνουν κυκλικές ταυτολογικές απαντήσεις ή δεν απαντούν σε ποσοστό 23,7%. Οι σωματιδιακές απαντήσεις είναι ελάχιστες (0,1% πλήρεις, 0,2% εν μέρει αποδεκτές, 0,9% εναλλακτικές απαντήσεις). Οι μαθητές που δεν έχουν διδαχθεί σωματίδια σε μεγάλο ποσοστό 98,8% δεν αναφέρουν ότι η ύλη είναι δομημένη από σωματίδια. Το ίδιο ποσοστό αναφέρεται από Βλάχος (1999). Το δεδομένο αυτό δεν συμφωνεί με άλλες έρευνες που αναφέρονται στο Driver et al. (2000), στις οποίες οι μαθητές προτείνουν αυθόρμητα ότι η ύλη αποτελείται από πολύ μικρά τεμαχίδια μακροσκοπικών σωμάτων. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο είδος των ερωτήσεων που χρησιμοποιήσαμε αλλά κυρίως στην προηγούμενη διδασκαλία. Οι μαθητές που έλαβαν μέρος στην έρευνά μας είχαν διδαχθεί τα σχετικά φαινόμενα με περιγραφικό τρόπο χωρίς σωματίδια.



Αντίθετα οι μαθητές των πειραματικών τμημάτων Π1 και Π2, που διδάχθηκαν σωματίδια, τα χρησιμοποιούν στις εξηγήσεις τους. Οι μαθητές της Π1 στο τεστ Α δίνουν αποδεκτές σωματιδιακές απαντήσεις σε ποσοστό 67,7% στο τεστ Α (29,4% πλήρεις σωματιδιακές και 38,3% εν μέρει σωματιδιακές) και 81,9% στο τεστ Β (36,4% πλήρεις και 45,5% εν μέρει). Οι αποδεκτές μακροσκοπικές είναι ελάχιστες (0,1% πλήρεις και 3,0% εν μέρει) και αυτές μόνο στο τεστ Α. Τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων και κυρίως πλήρων απαντήσεων της Π2(διδ) είναι χαμηλότερα της Π1. Οι πλήρεις απαντήσεις της Π2(διδ) είναι 18,1% στο τεστ Α και 23,9% στο τεστ Β. Οι εν μέρει αποδεκτές των Π1 και Π2(διδ) είναι σε παρόμοια ποσοστά. Η ομάδα Π2(διδ) δίνει εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις στο τεστ Α σε ποσοστό 17,4% έναντι 9% της Π1. Επίσης στο τεστ Β η Π2(διδ) δίνει εναλλακτικές μικροσκοπικές σε ποσοστό 23,5% έναντι 13,4% της Π1. Περισσότερες είναι για την Π2(διδ) και οι απαντήσεις μη κατανόησης.

Οι μαθητές της Π2 στο τεστ Α, στις ενότητες που δεν διδάχθηκαν αλλά συζήτησαν στις ομάδες πριν τη συζήτηση, δίνουν κυρίως εναλλακτικές μακροσκοπικές σε ποσοστό 40,8%, μικροσκοπικές σε ποσοστό 23,2% ενώ οι αποδεκτές απαντήσεις είναι 4,8% πλήρεις μικροσκοπικές και 13,4% εν μέρει μικροσκοπικές. Στο τεστ Β οι εναλλακτικές είναι κυρίως μικροσκοπικές 49,1% ενώ οι αποδεκτές αυξάνουν σε σχέση με το τεστ Α (8,8% πλήρεις μικροσκοπικές και 28,5% εν μέρει μικροσκοπικές).

Μετά τη συζήτηση στις ομάδες η Π2 στο τεστ Α δίνει περισσότερες αποδεκτές απαντήσεις από την Π1 (71,4% αποδεκτές απαντήσεις σε μικροσκοπικό επίπεδο από τις οποίες 29,9% πλήρεις). Στο τεστ Β η Π2 μετά τη συζήτηση δίνει 77,8 % αποδεκτές απαντήσεις σε μικροσκοπικό επίπεδο, με μικρότερα ποσοστά πλήρων απαντήσεων (31,4% πλήρεις) σε σχέση με την Π1. Επίσης και οι εναλλακτικές απαντήσεις είναι λίγο περισσότερες από την Π1. Στο σύνολο της Π2 πριν τη συζήτηση δεν απάντησαν ή έδωσαν κυκλικές απαντήσεις το 16% στο τεστ Α και 7,5% στο τεστ Β. Μετά τη συζήτηση δεν απαντούν πολύ λίγοι μαθητές (4,7% στο τεστ Α και 1,5% στο τεστ Β).



Διάγραμμα 11.1: Ποσοστό (%) των απαντήσεων των μαθητών ανά ειδική κατηγορία και ομάδα στο σύνολο των τεστ

11.1.2. Κατηγοριοποίηση απαντήσεων ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας (Johnson 1998c)

Τα ποσοστά απαντήσεων ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας υπολογίστηκαν στο σύνολο των απαντήσεων των μαθητών (Πίνακας 11.1.2.).



Πίνακας 11.1.2.: Ποσοστά (%) των απαντήσεων ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας (Johnson 1998c)

Ομάδα ανά τεστ	X	A	AI	AB	XC	B	B*	W	BC	C	C*	Αταξ	Όχι καταν.
EtestA	75,1					0,6				0,2	0,1	0,3	23,7
Π1testA	12,1	1,4		0,5	1,5	7,8	0,3	0,2	0,9	38,3	29,4	1,0	6,7
Π1testB	0,9	1,9	0,4	0,6	0,5	8,5	0,2		0,7	45,5	36,4	0,6	3,8
Π2testA(διδ)	23,0	1,4		0,2	2,6	6,0		0,2	0,9	36,3	18,1	0,5	11,1
Π2testB(διδ)	1,2	5,4		1,4	2,6	12,3	0,2	0,2	0,9	45,6	23,9	0,5	5,8
Π2pretestA(συζ)	42,5	2,2		0,2	3,5	10,5			4,4	13,4	4,8	2,4	16,0
Π2pretestB(συζ)	6,1	8,6	1,8	0,2	4,6	24,8			6,1	28,5	8,8	3,1	7,5
Π2posttestA(συζ)	8,7	1,0			1,2	7,4			3,7	41,5	29,9	2,0	4,7
Π2posttestB(συζ)	2,2	1,0	1,0		1,5	12,3			2,5	45,4	31,4	1,2	1,5

Από τα δεδομένα του Πίνακα 11.1.2 προκύπτει ότι η ύλη θεωρείται συνεχής για το 75,1% των απαντήσεων των μαθητών της Ε. Οι συνεχείς αυτές αντιλήψεις σχετίζονται με το επίπεδο διδασκαλίας των φαινομένων.

Οι συνεχείς απαντήσεις για την Π1 σημειώνονται σε ποσοστό 12,1% στο τεστ Α ενώ στο τεστ Β είναι ελάχιστες (0,9%). Πριν τη συζήτηση στις ομάδες στην Π2pretestA(συζ) παρατηρήθηκαν υψηλά ποσοστά (42,5%) θεώρησης της ύλης ως συνεχούς, μια αντίληψη που μετά τη συζήτηση ελαττώνεται σε 8,7%. Απαντήσεις που θεωρούν την ύλη συνεχή δίνουν και οι μαθητές της Π2testA(διδ) σε ποσοστό 23% σε θέματα που διδάχθηκαν ενώ οι μαθητές της Π1 στο τεστ Α δίνουν συνεχείς απαντήσεις σε ποσοστό 12,1%. Οι συνεχείς αντιλήψεις εμφανίζονται κυρίως στο τεστ Α, όπου οι ερωτήσεις διατυπώνονται σε καθημερινό πλαίσιο.

Το μοντέλο Α, όπου τα μόρια είναι μέσα στα υλικά, εμφανίζεται κυρίως στην Π2testB(διδ) σε ποσοστό 5,4% και στην Π2pretestB(συζ) σε ποσοστό 8,6%. Μετά τη συζήτηση στις ομάδες του Π2, το μοντέλο αυτό παρουσιάζεται σε πολύ μικρό ποσοστό. Οι μαθητές φαίνεται ότι κατανοούν το μόριο ως δομικό υλικό της ύλης.

Όπως προαναφέραμε στην ενότητα της διάλυσης και της διάχυσης παρατηρήθηκε το συνθετικό μεταβατικό μοντέλο ΧC σε μικρό ποσοστό στο τμήμα Π1 (1,5% στο τεστ Α και 0,5% στο τεστ Β) και σε μεγαλύτερο ποσοστό στην Π2. Πρόκειται για ένα μοντέλο σύμφωνα με το οποίο μια από τις δυο ουσίες περιγράφεται με σωματιδιακούς όρους ενώ η άλλη περιγράφεται μακροσκοπικά. Το μοντέλο αυτό αναφέρεται και από Βλάχος (1999) σε ποσοστό 2% σε τμήματα που διδάχθηκαν εποικοδομητικά τη δομή της ύλης. Το συγκεκριμένο μοντέλο θεωρούμε ότι εκφράζει τη δυσκολία των μαθητών να λειτουργήσουν με πληρότητα σε σωματιδιακό επίπεδο στο οποίο όλα τα σώματα τα οποία εμπλέκονται στα φαινόμενα περιγράφονται με σωματιδιακούς όρους. Στο σωματιδιακό επίπεδο το μοντέλο εμφανίζεται πιο σπάνια. Το μοντέλο αυτό εμφανίζεται στην Π2 όταν ερμηνεύει θέματα που διδάχθηκαν οι μαθητές (ποσοστό 2,6%) και στην Π2 πριν τη συζήτηση (3,5% στο τεστ Α και 4,6% στο τεστ Β). Μετά τη συζήτηση πολύ λίγες απαντήσεις υπάγονται στο μοντέλο αυτό.

Ένα άλλο συνθετικό μοντέλο είναι το BC και εμφανίζεται στην Π1 σε ποσοστό 0,9% στο τεστ Α και 0,7% στο τεστ Β. Στο μοντέλο αυτό η διάλυση περιγράφεται ως διάσπαση του κόκκου σε μόρια με αλληλεπίδραση με τα μόρια νερού, ωστόσο, η κατάσταση αυτή είναι προσωρινή και τα μόρια στη συνέχεια διασπώνται, διαλύονται. Το μοντέλο εμφανίζεται σε πιο υψηλό ποσοστό στην Π2pre(συζ) (4,4% στο τεστ Α και 6,1% στο τεστ Β) και στην Π2post(συζ) (3,7% στο τεστ Α και 2,5% στο τεστ Β). Στο μοντέλο αυτό οι μαθητές θεωρούν ότι τα μικρότερα και αόρατα σωματίδια στα οποία διασπάται η ουσία κατά τη διάλυση δεν είναι τα κύρια δομικά υλικά της ύλης 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 στις ύλης ενώ το μέγεθός τους εξαρτάται από τις συνθήκες διαίρεσης. Τα αποτελέσματα αναφέρονται και από Pfundt (1981).



Ωστόσο το εναλλακτικό μεταβατικό μοντέλο που συγκεντρώνει τις περισσότερες απαντήσεις είναι το μοντέλο Β, κατά το οποίο το μόριο είναι ο δομικός λίθος της ύλης και έχει μακροσκοπικά χαρακτηριστικά. Το μοντέλο Β σημειώθηκε και στα δυο τεστ στην Π1 (7,8% στο τεστ Α και 8,5% στο τεστ Β) και στην Π2(διδ) (6% στο τεστ Α και 12,3% στο τεστ Β). Πιο υψηλά ποσοστά παρατηρήθηκαν στην Π2pre(συζ) (10,5% στο τεστ Α και 24,8% στο τεστ Β). Μετά τη συζήτηση στις ομάδες μειώνεται αλλά συνεχίζει να προτιμάται από το 7,4% στο τεστ Α και 12,3% στο τεστ Β.

11.1.3. Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων μη κατανόησης σε ταυτολογικές ή μηδενικές απαντήσεις

Προκειμένου να διακρίνουμε αν οι απαντήσεις μη κατανόησης είναι ταυτολογικές - κυκλικές ή μηδενικές απαντήσεις ταξινομήσαμε τις απαντήσεις στις κατηγορίες "όχι απάντηση" και "κυκλική - ταυτολογική απάντηση" (Πίνακας 11.1.3.) Από τα δεδομένα του Πίνακα 11.1.3. προκύπτει ότι η Ε χρησιμοποιεί ταυτολογικές απαντήσεις για τα φαινόμενα σε ποσοστό 21,8%. Οι ταυτολογικές απαντήσεις εμφανίζονται πιο σπάνια στο τεστ Β. Ταυτολογικές απαντήσεις δίνουν αρκετοί μαθητές από την Π2pretestA(συζ) (9,6%) και την Π2testA(διδ)(6,7%) ενώ μετά τη συζήτηση στις ομάδες το ποσοστό αυτό μειώνεται. Οι μαθητές που δίνουν ταυτολογικές ή κυκλικές απαντήσεις, δεν διερωτώνται ούτε μπαίνουν σε προβληματισμό για το φαινόμενο στο οποίο αναφέρεται η ερώτηση και θεωρούν ότι "πάντα έτσι συμβαίνει". Η κατηγορία αυτή των ταυτολογικών απαντήσεων έχει ταυτοποιηθεί από Anderson (1984, 1990). Η κατανόηση του σωματιδιακού μοντέλου αυξάνει την ερμηνευτική ικανότητα των μαθητών.

Πίνακας 11.1.3.: Ποσοστά (%) των απαντήσεων μη κατανόησης στις κατηγορίες "όχι απάντηση" και κυκλική - ταυτολογική απάντηση

	E	Π1 testA	Π1 testB	Π2 testA (διδ)	Π2 testB (διδ)	Π2pre testA(συζ)	Π2pre testB(συζ)	Π2post testA(συζ)	Π2post testB(συζ)
Δεν απαντούν	2,0	3,0	3,0	4,4	4,4	6,4	4,6	1,5	1,0
Κυκλικές	21,8	3,7	0,8	6,7	1,4	9,6	2,9	3,2	0,5
Όχι κατανόηση	23,7	6,7	3,8	11,1	5,8	16,0	7,5	4,7	1,5

11.1.4. Μέσες επιδόσεις ανά τεστ και ομάδα στο σύνολο των ενοτήτων

Στους Πίνακες 11.1.4.1 και 11.1.4.2. παρουσιάζονται οι μέσες επιδόσεις όλων των ομάδων. Τα δεδομένα των πινάκων απεικονίζονται στα Διαγράμματα 11.2, 11.3, 11.4.

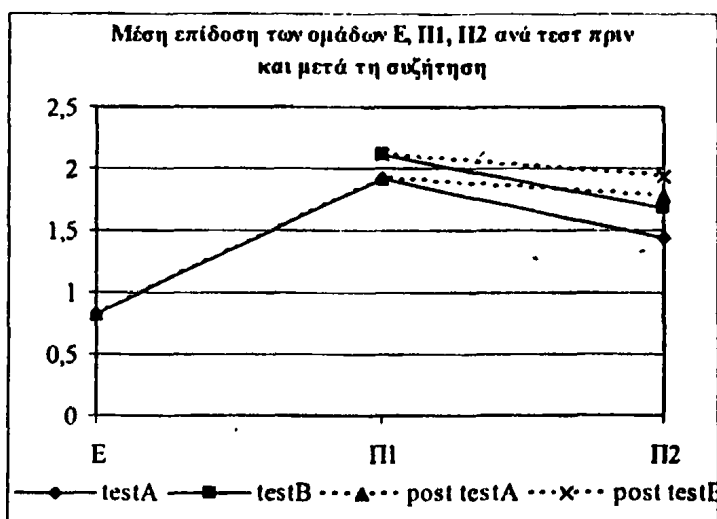
Η επίδοση της Ε στο τεστ Α είναι χαμηλότερη από όλες τις ομάδες. Η Π1 σημείωσε την υψηλότερη βαθμολογία στα δυο τεστ από την Π2 πριν και μετά τη συζήτηση. Η ομάδα Π1 σημείωσε υψηλότερη επίδοση από την Π2(διδ) και Π2pre(συζ). Μετά τη συζήτηση η Π2post(συζ) και Π1 παρουσιάζουν παρόμοιες μέσες επιδόσεις. Μετά τη συζήτηση η μέση επίδοση της Π2post(συζ) στο τεστ Α είναι ελάχιστα υψηλότερη από την Π1 (1,98 έναντι 1,92). Στο τεστ Β η Π2post(συζ) σημείωσε πιο χαμηλή επίδοση από την Π1(2,07 έναντι 2,12 της Π1).

Πίνακας 11.1.4.1: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία (μέση επίδοση και τυπική απόκλιση) στο τεστ Α, στο τεστ Β και στο σύνολο των δυο τεστ για όλες τις ομάδες στο σύνολο των επιμέρους ενοτήτων

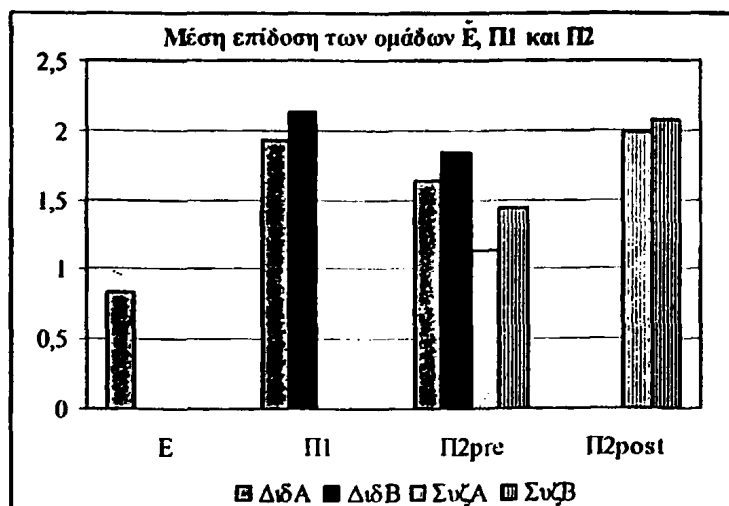
	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	A	B
Μέση επίδοση και τυπική απόκλιση												
E(N=59)	1,02		0,72		0,89		0,79		0,73		0,83	
	0,13		0,255		0,251		0,159		0,266		0,129	
Π1(N=57)	1,95	2,11	2,06	2,38	1,91	2,04	2,06	2,29	1,64	1,77	1,92	2,12
	0,603	0,62	0,56	0,493	0,704	0,583	0,759	0,721	0,636	0,606	0,555	0,54
Π2pre(N=48)	1,47	1,58	1,83	2,23	1,46	1,64	1,14	1,33	1,28	1,58	1,43	1,67
	0,43	0,39	0,67	0,446	0,669	0,587	0,595	0,6	0,669	0,657	0,425	0,388
Π2post(N=48)			2,02	2,34	1,98	2,02	1,75	1,86	1,66	1,84	1,78	1,93
			0,599	0,411	0,613	0,488	0,79	0,706	0,795	0,706	0,487	0,401

Πίνακας 11.1.4.2.: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία (μέση επίδοση και τυπική απόκλιση) στο τεστ Α, στο τεστ Β για την Π2 στις ενότητες που διδάχθηκαν και συζήτησαν

	Μέση επίδοση και τυπική απόκλιση							
	Π2(Σχ1) pre (N=12)	Π2(Σχ1) post (N=12)	Π2(Σχ2) pre (N=15)	Π2(Σχ2) post (N=15)	Π2(Σχ3) pre (N=21)	Π2(Σχ3) post (N=21)	Π2 pre (N=48)	Π2 post (N=48)
Διδάχθηκαν τεστΑ	1,35 0,645		1,66 0,568		1,79 0,398		1,64 0,540	
Διδάχθηκαν τεστΒ	1,54 0,634		1,89 0,432		1,96 0,304		1,84 0,468	
Συζήτησαν τεστΑ	1,24 0,441	2,11 0,523	1,10 0,408	1,77 0,494	1,09 0,400	2,07 0,651	1,13 0,409	1,98 0,581
Συζήτησαν τεστΒ	1,65 0,359	2,26 0,316	1,28 0,376	1,86 0,393	1,40 0,418	2,11 0,613	1,43 0,408	2,07 0,504

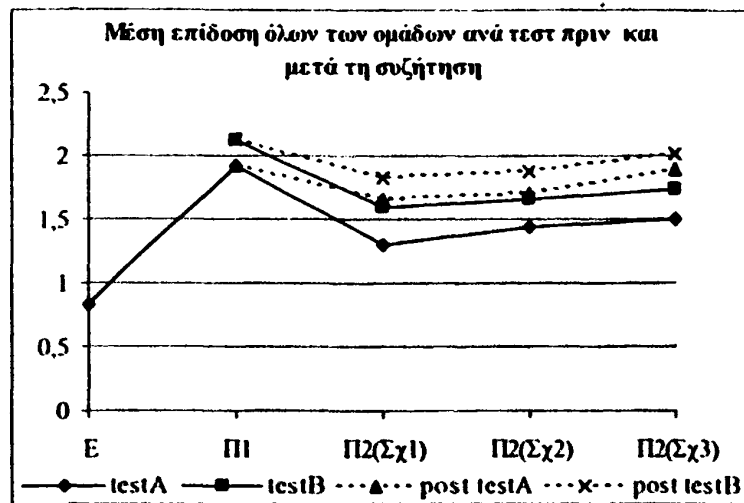


Διάγραμμα 11.2.: Μέση επίδοση των Ε, Π1 και Π2 πριν και μετά τη συζήτηση στο δυο τεστ.



Διάγραμμα 11.3.: Μέση επίδοση των ομάδων ανά τεστ Ε, Π1 και Π2(διδ), Π2(συζ) πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες





Διάγραμμα 11.4.: Μέση επίδοση των ομάδων ανά τεστ E, Π1 και σύνολο Π2 πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες

11.1.5.: Στατιστική σύγκριση των μέσων επιδόσεων μεταξύ των ομάδων στο σύνολο των ενοτήτων

Οι βαθμολογίες των τμημάτων ακολουθούν κανονική κατανομή, όπως παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 3 στην παράγραφο 3.8. και στα Ιστογράμματα Π3.Π1 Παράρτημα.

Οι στατιστικές συγκρίσεις των ομάδων έγινε :

- με το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U
- με το παραμετρικό κριτήριο one way ANOVA. Για σύγκριση των επιμέρους ενοτήτων απαιτείται ομοιογένεια διακύμανσης. Ομοιογένεια διακύμανσης παρατηρείται σε όλα τα ζεύγη των ομάδων εκτός Π1/Π2(Σχ3)pre ($p < 0,05$) και μεταξύ της E και όλων των άλλων ομάδων (Πίνακας Π11.Π1.). Η στατιστική σύγκριση των ομάδων παρουσιάζεται στους Πίνακες του Παραρτήματος Α Π11.
- με το μη παραμετρικό κριτήριο χ-τετράγωνο για τον έλεγχο διαφορών μεταξύ δυο πληθυσμών σχετικά με την συχνότητα των ποιοτικών κατηγορικών γνωρισμάτων (Παρασκευόπουλος 1993). Τα ποιοτικά κατηγορικά γνωρίσματα είναι οι γενικές κατηγορίες πλήρως αποδεκτή απάντηση, εν μέρει αποδεκτή, εναλλακτική απάντηση, όχι κατανόηση.

Συγκρίσεις των E, Π1 και Π2pre, Π2post

Όπως φαίνεται στους Πίνακες Π11.Π2 έως Π11.Π5 η επίδοση της E διαφοροποιείται από την επίδοση της Π1 και της Π2 πριν και μετά τη συζήτηση και με τα δυο κριτήρια ($p < 0,001$). Η Π2pre διαφοροποιείται από την Π1 στο τεστ A, στο τεστ B και στο σύνολο ($p < 0,001$) και με τα δυο κριτήρια. Η Π2post δεν διαφοροποιείται από την Π1 στο τεστ A αλλά διαφοροποιείται στο τεστ B και στο σύνολο ($p < 0,05$). Το κριτήριο F για το σύνολο δίνει διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,1$.

Σύγκριση των E, Π1, Π2(διδ) και Π2(συζ) πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες

Όπως προκύπτει από τις τιμές των Πινάκων Π.11.1.4.1 και Π.11.1.4.2, οι μέσες επιδόσεις της Π2(διδ) είναι πιο χαμηλές από τις Π1 και διαφοροποιούνται σημαντικά (Πίνακας Π11.Π6). Χαμηλότερες είναι οι επιδόσεις της Π2pre(συζ) που επίσης διαφοροποιούνται από την Π1. Μετά τη συζήτηση στις ομάδες η Π2post(συζ) σημειώνει βελτίωση και στα δυο τεστ και μάλιστα στο τεστ A παρουσιάζει πιο υψηλή επίδοση από την Π1 (μέση επίδοση 1,98 έναντι 1,92 στην Π1). Οι μέσες επιδόσεις της Π2post(συζ) δεν διαφοροποιούνται από την Π1. Ωστόσο στο τεστ B μετά τη συζήτηση, οι μαθητές της Π2post(συζ) δίνουν πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 31,4% έναντι 36,4% της Π1 και εναλλακτικές απαντήσεις 19,5% έναντι 13,4%. Οι διαφορές των ποσοστών είναι



στατιστικά σημαντικές. Η Ε παρουσιάζει πιο χαμηλές επιδόσεις από όλες τις ομάδες Π1, Π2(διδ) και Π2(συζ) και οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$).

Για καλύτερη σύγκριση των Π1 και Π2, υπολογίσαμε τη μέση επίδοση της Π1 στα αντίστοιχα θέματα που διδάχθηκαν και συζήτησαν οι μαθητές της Π2. Πήραμε δηλαδή τις μέσες επιδόσεις των Π1(διδ) και Π1(συζ). Οι μέσες επιδόσεις της Π1(διδ) και Π1(συζ) στο τεστ Α είναι 1,92 και στο τεστ Β 2,11 και 2,12 αντίστοιχα. Οι επιδόσεις των Π1(διδ) και Π1(συζ) στο τεστ Α δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές [$z = -0,343$, $p = 0,743$] ούτε στο τεστ Β [$z = 0,362$, $p = 0,718$]. Οι συγκρίσεις της Π2(διδ) και Π2(συζ) με τα αντίστοιχα τμήματα της Π1 έδωσαν τα ίδια αποτελέσματα όπως η σύγκρισή τους με το σύνολο της Π1. Μετά τη συζήτηση η Π2(συζ) παρουσιάζει υψηλότερη επίδοση από την Π1(συζ) στο τεστ Α και χαμηλότερη στο τεστ Β αλλά οι διαφορές αυτές των μέσων επιδόσεων δεν είναι στατιστικά σημαντικές (Π11.Π6').

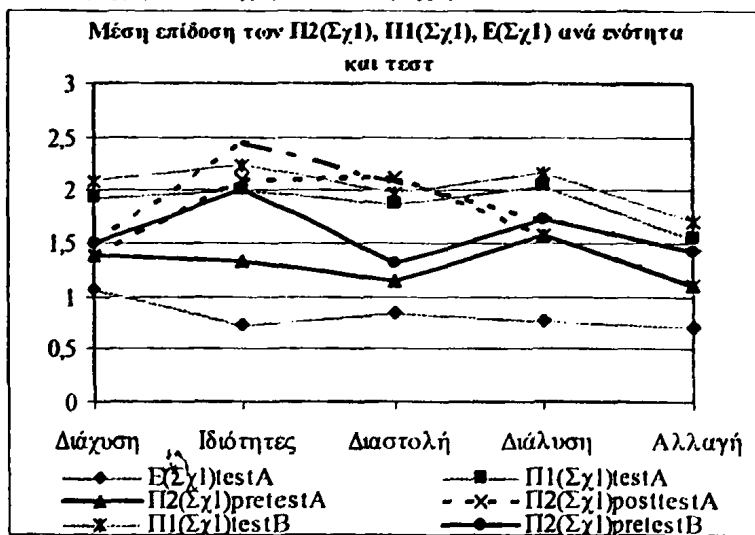
Συγκρίσεις των Ε, Π1 και Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3)

Η Ε διαφοροποιείται από τα Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) πριν και μετά τη συζήτηση ($p < 0,001$). Η Π1, που παρουσιάζει την πιο υψηλή επίδοση από τις Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) πριν και μετά τη συζήτηση και στα δυο τεστ, διαφοροποιείται από τις Π2(Σχ1)pre, Π2(Σχ2)pre, Π2(Σχ3)pre στο τεστ Α σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$. Η Π1 επίσης στο τεστ Α δεν διαφοροποιείται από τις Π2(Σχ1)post, Π2(Σχ2)post, Π2(Σχ3)post. Στο τεστ Β η Π1 διαφοροποιείται από τις Π2(Σχ1)pre, Π2(Σχ2)pre, Π2(Σχ3)pre και τις Π2(Σχ1)post, Π2(Σχ2)post σε επίπεδο $p < 0,05$ ενώ με τη Π2(Σχ3)post δεν διαφοροποιείται. Το κριτήριο F δίνει στο τεστ Β μεταξύ Π1 και Π2(Σχ1)post διαφορές σε επίπεδο $p < 0,1$ και μεταξύ Π1 και Π2(Σχ2)post μη σημαντική διαφορά. Οι Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) πριν και μετά τη συζήτηση και στα δυο τεστ δεν διαφοροποιούνται (το μη παραμετρικό κριτήριο για τις Π2(Σχ1)pre και Π2(Σχ3)pre δίνει διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$).

Σημείωση:

Τα τμήματα Π2(Σχ1), Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3) της Π2 προέρχονται από διαφορετικά σχολεία της πόλης των Ιωαννίνων και ίσως από διαφορετικό κοινωνικοοικονομικό και εκπαιδευτικό περιβάλλον, για αυτό κάναμε σύγκριση των τμημάτων της Π2 με τα αντίστοιχα τμήματα της Ε και Π1 που ανά τρία είναι από το ίδιο σχολείο. Οι επιδόσεις των επιμέρους τμημάτων της Ε και Π1 και Π2 παρουσιάζονται στον Πίνακα Π11.Π7 και εικονίζονται στα Διαγράμματα 11.5, 11.6, 11.7. Τα αποτελέσματα της στατιστικής σύγκρισης παρουσιάζονται στο παράρτημα Π11 στους Πίνακες Π11.Π8, Π11.Π9.

Συγκρίσεις των Ε(Σχ1), Π1(Σχ1) και Π2(Σχ1)



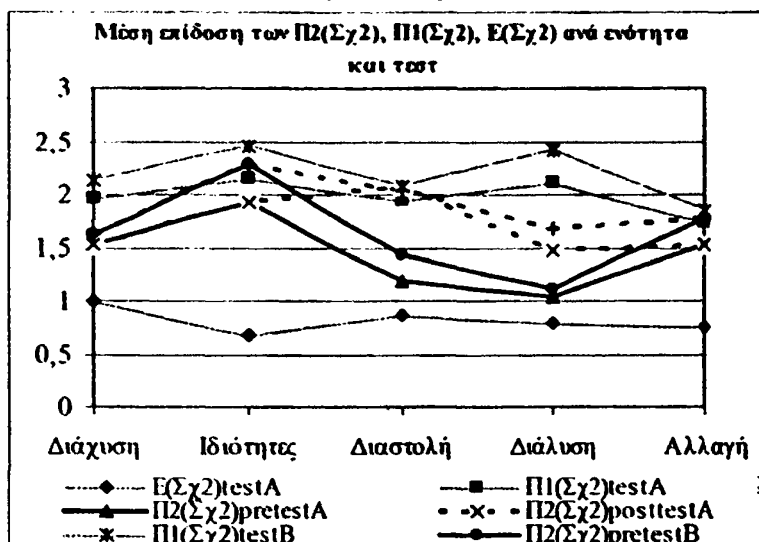
Διάγραμμα 11.5.: Μέση επίδοση των Ε(Σχ1), Π1(Σχ1) και Π2(Σχ1) ανά τεστ πριν και μετά τη συζήτηση



Η Π1(Σχ1) διαφοροποιείται από την Ε(Σχ1) σε όλες τις ενότητες και στο σύνολο του Α. Η Π2(Σχ1) διαφοροποιείται από την Ε(Σχ1) στις ενότητες 1, 2, 4 στο σύνολο του Α ($p < 0,05$), στην 3 ($p < 0,1$) και δεν παρατηρούνται διαφορές στην 5 στο τεστ Α (το παραμετρικό δίνει διαφορές και σε αυτό). Μετά τη συζήτηση παρατηρούνται διαφορές στην 3 και στο σύνολο ($p < 0,05$). Η επίδοση της Π2(Σχ1) πριν τη συζήτηση είναι πιο χαμηλή από την Π1(Σχ1) σε όλες τις ενότητες και οι διαφορές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$ εκτός από την ενότητα 4 και στα δυο τεστ και στην ενότητα 5 στο τεστ Β. Στο τεστ Α παρατηρούνται διαφορές σε επίπεδο $p < 0,1$. Το παραμετρικό κριτήριο ANOVA δεν δίνει στατιστικά σημαντικές διαφορές για την 2 στο τεστ Β, και για το τεστ Β στο σύνολο ($p < 0,1$). Μετά τη συζήτηση στις ομάδες στις ενότητες 2 και 3 η επίδοση της Π2(Σχ1) είναι καλύτερη από της Π1(Σχ1), όμως οι διαφορές των μέσων όρων δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Συγκρίσεις των Ε(Σχ2), Π1(Σχ2) και Π2(Σχ2)

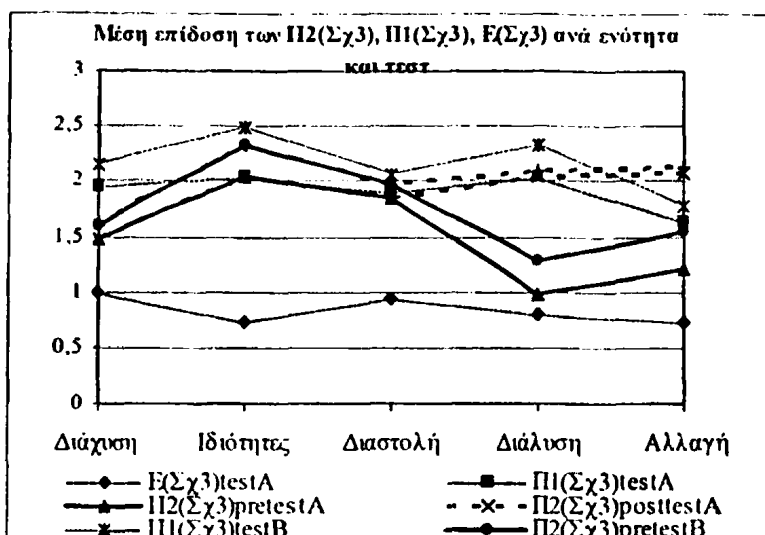
Η Π1(Σχ2) διαφοροποιείται από την Ε(Σχ2) σε όλες τις ενότητες και στο σύνολο του Α. Η Π2(Σχ2) διαφοροποιείται από την Ε(Σχ2) στις ενότητες 1, 2, 5 ($p < 0,05$), 3, 4 ($p < 0,1$) και στο σύνολο του τεστ Α ($p < 0,05$) (το παραμετρικό δίνει διαφορές και στην 4 σε επίπεδο $p < 0,05$). Μετά τη συζήτηση βελτιώνονται οι επιδόσεις της Π2(Σχ2) στις ενότητες 3 και 4 και οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές $p < 0,05$. Οι επιδόσεις της Π2(Σχ2) πριν τη συζήτηση είναι πιο χαμηλές της Π1(Σχ2) και αυτές διαφοροποιούνται σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$ στην ενότητα 1, 3, 4 και στα δυο τεστ. Αντίθετα στην ενότητα 2 και 5 οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Συνολικά οι επιδόσεις της Π2(Σχ2) πριν τη συζήτηση είναι πιο χαμηλές της Π1(Σχ2) και στα δυο τεστ. Μετά τη συζήτηση των ενότητων 3 και 4 στις ομάδες η επίδοση της Π2(Σχ2) βελτιώνεται και στην ενότητα 3 δεν διαφοροποιείται από την Π1(Σχ2). Ωστόσο στην ενότητα της διάλυσης 4 η βελτίωση της επίδοσης είναι μικρή και οι διαφορές από την Π1(Σχ1) είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο $p < 0,05$. Έτσι συνολικά οι επιδόσεις της Π2(Σχ2) είναι πιο χαμηλές της Π1(Σχ2) και στο τεστ Β οι διαφορές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές.



Διάγραμμα 11.6.: Μέση επίδοση των Ε(Σχ2), Π1(Σχ2) και Π2(Σχ2) ανά τεστ πριν και μετά τη συζήτηση

Συγκρίσεις των Ε(Σχ3), Π1(Σχ3) και Π2(Σχ3)

Η Π1(Σχ3) διαφοροποιείται από την Ε(Σχ3) σε όλες τις ενότητες και στο σύνολο του Α. Η Π2(Σχ3) πριν και μετά τη συζήτηση διαφοροποιείται από την Ε(Σχ3) στις ενότητες 1, 2, 3, 4, 5 ($p < 0,05$) και στο σύνολο του τεστ Α ($p < 0,05$). Οι επιδόσεις της Π2(Σχ3) πριν τη συζήτηση είναι πιο χαμηλές της Π1(Σχ3) και αυτές διαφοροποιούνται σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$ στην ενότητα 1, 4 και στα δυο τεστ και στην ενότητα 5 στο τεστ Α. Αντίθετα στην ενότητα 2 και 3 οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Συνολικά οι επιδόσεις της Π2(Σχ3) πριν τη συζήτηση είναι πιο χαμηλές της Π1(Σχ3) και στα δυο τεστ και διαφοροποιούνται σε επίπεδο $p < 0,1$.



Διάγραμμα 11.7.: Μέση επίδοση των E(Σχ3), P1(Σχ3) και P2(Σχ3) ανά τεστ πριν και μετά τη συζήτηση

Μετά τη συζήτηση στις ομάδες η P2(Σχ3) παρουσιάζει υψηλότερες επιδόσεις στην ενότητα 4 και 5. Μάλιστα οι διαφορές των ομάδων στην ενότητα 4 δεν είναι σημαντικές. Η επίδοση όμως της P2(Σχ3) στην ενότητα 5 είναι πιο υψηλή από την P1(Σχ3) και διαφοροποιείται από την P1(Σχ3) σε επίπεδο $p < 0,05$. Συνολικά η P2(Σχ3) και στο τεστ A και B δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές από την P1(Σχ3).

- Συμπερασματικά οι P2(Σχ1), P2(Σχ2), P2(Σχ3) μετά τη συζήτηση παρουσιάζουν επιδόσεις παρόμοιες με αυτές των P1(Σχ1), P1(Σχ2), P1(Σχ3). Μόνο η P2(Σχ2) στην ενότητα της διάλυσης, αν και βελτίωσε την επίδοσή της, παρουσίασε χαμηλότερη απόδοση από την P1(Σχ2). Επίσης η P2(Σχ3) παρουσίασε υψηλότερη επίδοση της P1(Σχ3) στην ενότητα Αλλαγή Κατάστασης. Τα τμήματα της E παρουσιάζουν χαμηλές επιδόσεις.

11.2. Σύγκριση των ομάδων ως προς τις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης

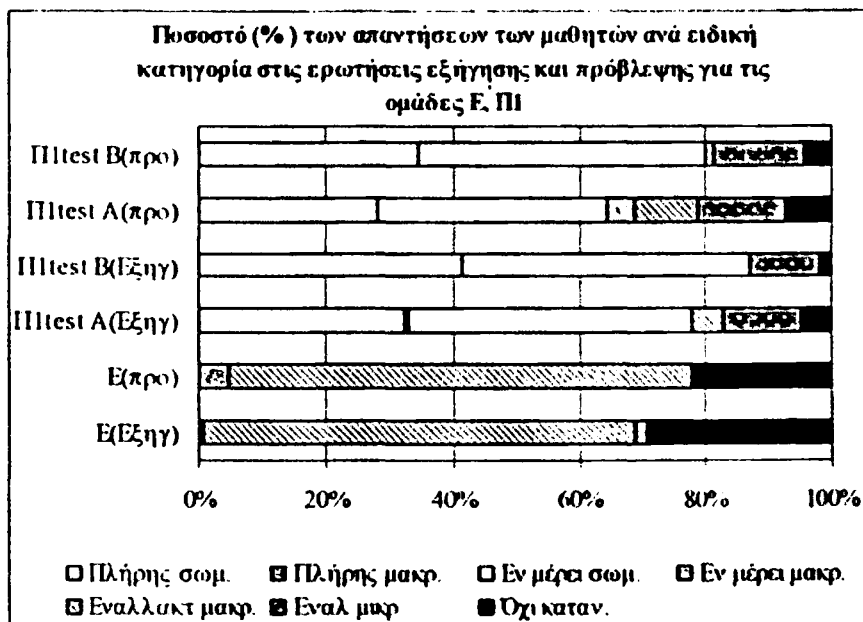
11.2.1. Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών ανά ειδική κατηγορία στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης

Οι αποδεκτές απαντήσεις στις ερωτήσεις εξήγησης είναι περισσότερες από τις ερωτήσεις πρόβλεψης για όλες τις ομάδες εκτός από τη P2(διδ) (Πίνακας 11.2.1.).

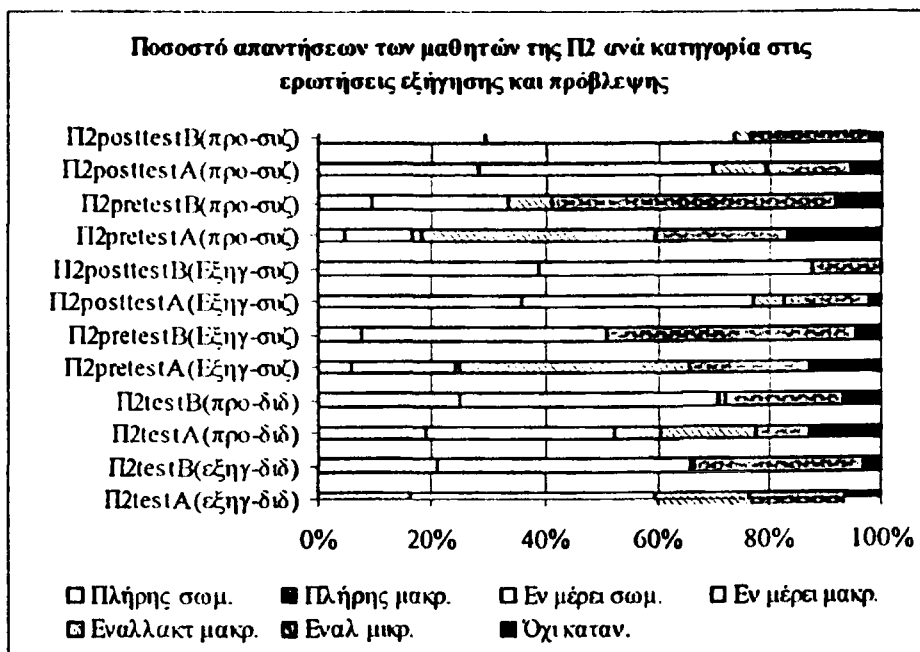
Πίνακας 11.2.1.: Ποσοστά (%) των απαντήσεων ανά ειδικές κατηγορίες στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης

	Πλήρης σωμ.	Πλήρης μακρ.	Εν μέρει σωμ.	Εν μέρει μακρ.	Εναλ. μακρ.	Εναλ. σωμ.	Όχι καταν.
E(Εξηγ)	0,3		0,3		67,8	2,0	29,5
E(προ)			0,1	4,5	73,2	0,5	21,7
P1test A(Εξηγ)	32,6	0,4	44,9		4,9	12,3	4,9
P1test B(Εξηγ)	41,4		45,6			11,2	1,8
P1test A(προ)	28,2		36,0	4,1	10,4	13,9	7,4
P1test B(προ)	34,6		45,5		1,3	14,2	4,5
P2τεστA(εξηγ-διδ)	16,0		43,2		17,3	17,3	6,2
P2τεστB(εξηγ-διδ)	21,0		45,1		0,6	30,2	3,1
P2τεστA(προ-διδ)	18,9		33,6	7,8	17,4	9,3	13,0
P2τεστB(προ-διδ)	25,0		45,8	0,2	1,2	20,8	6,9
P2testApre(εξηγ-συζ)	5,6		18,5	0,9	40,7	21,3	13,0
P2testBpre(εξηγ-συζ)	7,4		43,5			44,4	4,6
P2posttestA(εξηγ-συζ)	35,4		41,7		5,2	15,6	2,1
P2posttestB(εξηγ-συζ)	38,5		49,0			12,5	
P2testApre(προ-συζ)	4,6		11,8	2,0	40,8	23,9	17,0
P2testBpre(προ-συζ)	9,2		23,9		8,0	50,6	8,3
P2posttestA(προ-συζ)	28,2		41,7		9,4	15,2	5,5
P2posttestB(προ-συζ)	29,1		44,7		2,6	21,7	1,9

Μετά τη συζήτηση η Π2 βελτιώνει τις αποδεκτές απαντήσεις και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης αλλά στις ερωτήσεις πρόβλεψης τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων είναι χαμηλότερα από αυτά στις ερωτήσεις εξήγησης. Για όλες τις ομάδες οι αποδεκτές απαντήσεις στο τεστ Β είναι περισσότερες από το τεστ Α. Τα ποσοστά ανά κατηγορία απεικονίζονται στα Διαγράμματα 11.8, 11.9.



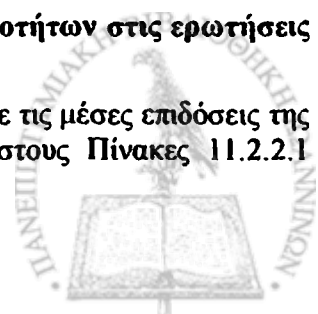
Διάγραμμα 11.8.: Ποσοστό (%) των απαντήσεων των μαθητών ανά ειδική κατηγορία στο σύνολο των τεστ στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης για τις Ε, Π1



Διάγραμμα 11.9.: Ποσοστό (%) των απαντήσεων των μαθητών ανά ειδική κατηγορία στο σύνολο των τεστ στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης για την Π2 πριν και μετά τη συζήτηση.

11.2.2. Μέσες επιδόσεις ανά τεστ και ομάδα στο σύνολο των ενοτήτων στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης

Για την αναλυτική σύγκριση της Π2 με τις Ε και Π1 παρουσιάζουμε τις μέσες επιδόσεις της Π2(διδ), Π2pre(συζ), Π2post(συζ). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους Πίνακες 11.2.2.1



11.2.2.2 και εικονίζονται στα Διαγράμματα 11.10., 11.11. Τα δεδομένα σχολιάζονται στην παράγραφο 11.2.3. μαζί με την στατιστική σύγκριση.

Πίνακας 11.2.2.1: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) για όλες τις ομάδες στις επιμέρους ενότητες στις ερωτήσεις εξήγησης / πρόβλεψης ανά τεστ

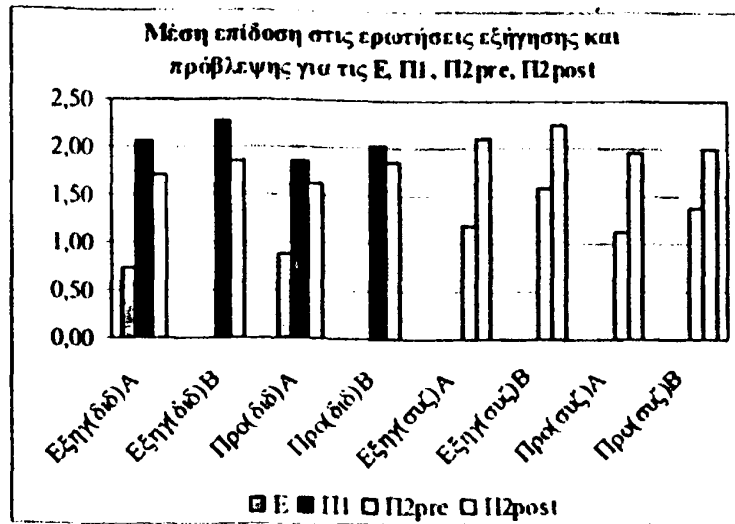
	1(εξηγ)A	1(εξηγ)B	1(προ)A	1(προ)B	2(εξηγ)A	2(εξηγ)B	2(προ)A	2(προ)B	3(εξηγ)A	3(εξηγ)B	3(προ)A	3(προ)B
E (N=59)	1,00 0,000		1,03 0,260		0,53 0,537		0,77 0,245		0,64 0,580		1,02 0,130	
Π1	2,05 0,811	2,30 0,731	1,84 0,591	1,93 0,678	2,12 0,683	2,37 0,587	2,04 0,612	2,38 0,520	2,12 0,927	2,35 0,719	1,80 0,719	1,88 0,577
Π2pre	1,38 0,570	1,42 0,577	1,56 0,501	1,75 0,438	1,85 0,684	2,15 0,545	1,82 0,718	2,25 0,478	1,54 0,944	1,83 0,808	1,42 0,647	1,54 0,563
Π2post					2,04 0,651	2,29 0,544	2,01 0,638	2,35 0,431	2,10 0,751	2,21 0,651	1,92 0,647	1,93 0,484

	4(εξηγ)A	4(εξηγ)B	4(προ)A	4(προ)B	5(εξηγ)A	5(εξηγ)B	5(προ)A	5(προ)B	εξηγA	εξηγB	προA	προB
E	1,00 0,000		0,74 0,199		0,41 0,495		0,84 0,330		0,72 0,207		0,88 0,138	
Π1	2,26 0,791	2,39 0,796	2,01 0,803	2,27 0,748	1,74 0,877	1,93 0,704	1,61 0,610	1,72 0,594	2,06 0,62	2,27 0,551	1,86 0,549	2,03 0,547
Π2pre	1,46 0,771	1,60 0,792	1,06 0,593	1,27 0,593	1,25 0,911	1,75 0,786	1,28 0,634	1,52 0,656	1,5 0,448	1,75 0,4356	1,43 0,429	1,67 0,359
Π2post	2,08 0,919	2,19 0,867	1,67 0,811	1,78 0,716	1,71 0,944	2,00 0,744	1,65 0,764	1,78 0,716	1,86 0,502	2,02 0,437	1,76 0,476	1,92 0,377

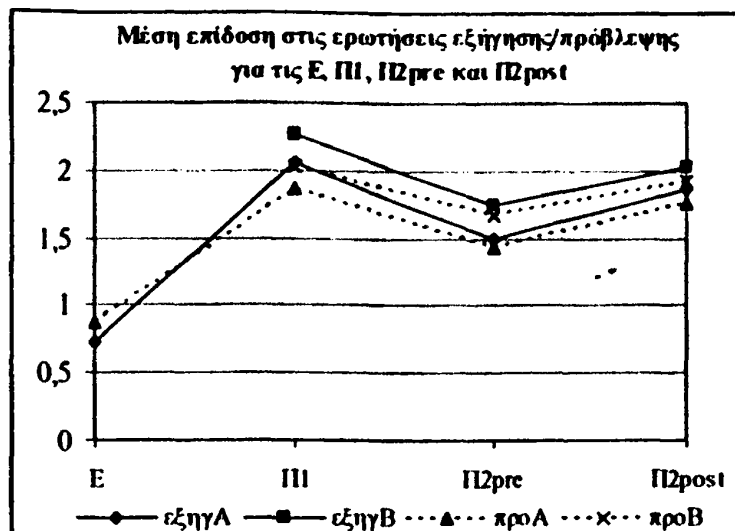
Πίνακας 11.2.2.2.: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τα τμήματα Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) και το σύνολο της Π2 στο σύνολο των ερωτήσεων εξήγησης και πρόβλεψης που διδάχθηκαν και συζητήσαν

	Π2(Σχ1) pre (N=12)	Π2(Σχ2) pre (N=15)	Π2(Σχ3) pre (N=21)	Π2(Σχ1) post (N=12)	Π2(Σχ2) post (N=15)	Π2(Σχ3) post (N=21)	Π2 pre (N=48)	Π2 post (N=48)	Π1 (N=57)
Μέση επίδοση και τυπική απόκλιση									
Εξηγ(διδ)A	1,47	1,69	1,84				1,70		2,02
Εξηγ(διδ)B	0,717	0,570	0,403				0,555		0,657
Εξηγ(συζ)A	1,17	1,20	1,19	2,08	1,97	2,21	1,19	2,10	2,11
Εξηγ(συζ)B	0,651	0,528	0,580	0,702	0,667	0,734	0,571	0,699	0,720
Προ(διδ)A	1,58	1,57	1,60	2,38	2,10	2,31	1,58	2,26	2,30
Προ(διδ)B	0,469	0,563	0,539	0,433	0,507	0,698	0,519	0,583	0,626
Προ(συζ)A	1,33	1,68	1,77				1,63		1,86
Προ(συζ)B	0,615	0,489	0,478				0,538		0,547
Προ(διδ)A	1,52	1,95	2,00				1,86		2,02
Προ(διδ)B	0,612	0,316	0,296				0,443		0,565
Προ(συζ)A	1,26	1,08	1,06	2,15	1,73	2,02	1,12	1,96	1,86
Προ(συζ)B	0,490	0,411	0,397	0,546	0,466	0,641	0,425	0,581	0,624
Προ(διδ)A	1,67	1,17	1,35	2,20	1,78	2,05	1,37	2,00	2,05
Προ(διδ)B	0,414	0,349	0,409	0,363	0,379	0,605	0,429	0,507	0,568





Διάγραμμα 11.10.: Μέση επίδοση στις ερωτήσεις εξήγησης/ πρόβλεψης για τις Ε, Π1, Π2(διδ), Π2pre(συζ), Π2post(συζ)



Διάγραμμα 11.11.: Μέση επίδοση στις ερωτήσεις εξήγησης / πρόβλεψης για τις Ε, Π1, Π2pre Π2post

11.2.3. Στατιστική σύγκριση των μέσων επιδόσεων και των συχνοτήτων ανά κατηγορία μεταξύ των ομάδων στο σύνολο των ενοτήτων στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης

Στο σύνολο η Π2(διδ) παρουσιάζει χαμηλότερη επίδοση από την Π1 και στα δυο τεστ και στις ερωτήσεις εξήγησης και στις ερωτήσεις πρόβλεψης και οι διαφορές στις μέσες επιδόσεις είναι στατιστικά σημαντικές. Οι επιδόσεις της Π2pre(συζ) είναι χαμηλότερες από τις επιδόσεις της Π1 και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης και στα δυο τεστ και οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές. Μετά τη συζήτηση στις ομάδες η Π2post(συζ) βελτιώνει τις επιδόσεις της και μάλιστα στο τεστ Α και στις ερωτήσεις εξήγησης και στις ερωτήσεις πρόβλεψης παρουσιάζει καλύτερες επιδόσεις από την Π1. Στο τεστ Β και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης η Π2 παρουσιάζει ελάχιστα πιο χαμηλές επιδόσεις από αυτές της Π1. Οι διαφορές των μέσων επιδόσεων των Π2post(συζ) και Π1 και στις ερωτήσεις εξήγησης και στις ερωτήσεις πρόβλεψης δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Επίσης δεν διαφοροποιούνται οι συχνότητες απαντήσεων ανά κατηγορία στις ερωτήσεις εξήγησης στο τεστ Α και στο τεστ Β και στις ερωτήσεις πρόβλεψης στο τεστ Α. Συγκρίνοντας τα ποσοστά ανά κατηγορία απαντήσεων στις ερωτήσεις πρόβλεψης στο τεστ Β παρατηρούμε ότι οι μαθητές της Π1 δίνουν πλήρεις απαντήσεις σε ποσοστό 34,6% έναντι 29,1% της Π2(συζ) ενώ οι μαθητές της Π2(συζ) δίνουν εναλλακτικές απαντήσεις στο τεστ Α σε ποσοστό



21,7% έναντι 14,2% της Π1. Οι διαφορές αυτές στα ποσοστά είναι στατιστικά σημαντικές (Πίνακας Π11.Π10).

Για πιο λεπτομερή ανάλυση συγκρίναμε τις επιδόσεις της Π2(διδ) και Π2(συζ) με τις αντίστοιχες επιδόσεις της Π1(διδ) και Π1(συζ) στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης. Οι επιδόσεις της Π1(διδ) και Π1(συζ) παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.2.2.2. με πλάγιους χαρακτήρες. Η Π2(διδ) στα θέματα που διδάχθηκε σημειώνει χαμηλότερες επιδόσεις από της Π1(διδ) και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης. Οι διαφορές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$) (Πίνακας Π11.Π.10'). Το κριτήριο F δεν δίνει διαφορές μεταξύ Π1(διδ) και Π2(διδ) στις ερωτήσεις πρόβλεψης. Μετά τη συζήτηση οι επιδόσεις της Π2(συζ) στις ερωτήσεις εξήγησης και στο τεστ Α και στο τεστ Β είναι ελάχιστα πιο χαμηλές από της Π1(εξηγ), χωρίς να σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η Π2(συζ) στις ερωτήσεις πρόβλεψης στο τεστ Α παρουσιάζει καλύτερη επίδοση από την Π1(συζ) (1,96 της Π2 έναντι 1,86 της Π1). Στο τεστ Β στις ερωτήσεις εξήγησης η Π2 σημειώνει ελαφρώς χαμηλότερη επίδοση από την Π1 (2 έναντι 2,05). Οι διαφορές των ποσοστών δεν είναι σημαντικές (Π11.Π10').

Σημείωση:

Για την αναλυτική σύγκριση των επιμέρους τμημάτων των Π1 και Π2 παρουσιάζουμε τις μέσες επιδόσεις τους στον Πίνακα Π11.Π11. Τα αποτελέσματα των στατιστικών συγκρίσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες Π11.Π12, Π11.Π13, Π11.Π14.

Σύγκριση των Ε, Π1 και Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3).

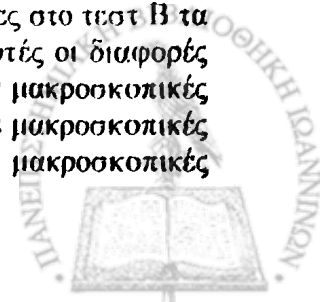
Η Ε παρουσιάζει τις χαμηλότερες επιδόσεις από όλες τις ομάδες και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης. Η αναλυτική σύγκριση των επιμέρους ομάδων στις επιμέρους ενότητες έδειξε ότι το τμήμα Π2(Σχ1) μετά τη συζήτηση στις ερωτήσεις πρόβλεψης στις ενότητες 2 (Ιδιότητες στερεών...) και 3 (Διαστολή) παρουσιάζει την υψηλότερη επίδοση από την Π1 (και τις άλλες επιμέρους ομάδες) αν και δεν παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική διαφορά. Παρόμοια το Π2(Σχ2)post στις ερωτήσεις πρόβλεψης της ενότητας της διαστολής παρουσιάζει την υψηλότερη επίδοση από όλες τις άλλες ομάδες (αν και δεν παρουσιάζεται στατιστικώς σημαντική διαφορά). Ωστόσο στην ενότητα της διάλυσης η Π2(Σχ2) παρουσιάζει χαμηλή επίδοση και μετά τη συζήτηση στις ερωτήσεις πρόβλεψης σε σχέση με την Π1.

Η ομάδα Π3(Σχ3)post στην ενότητα της Διάλυσης παρουσιάζει χαμηλότερη επίδοση από την Π1 και στις ερωτήσεις εξήγησης και στις ερωτήσεις πρόβλεψης, χωρίς ωστόσο να παρουσιάζεται στατιστικώς σημαντική διαφορά. Αντίθετα η επίδοση της Π2(Σχ3) στην ενότητα Αλλαγής κατάστασης είναι υψηλότερη από την Π1 και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης και μάλιστα παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$. Οι συγκρίσεις έγιναν με το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$.

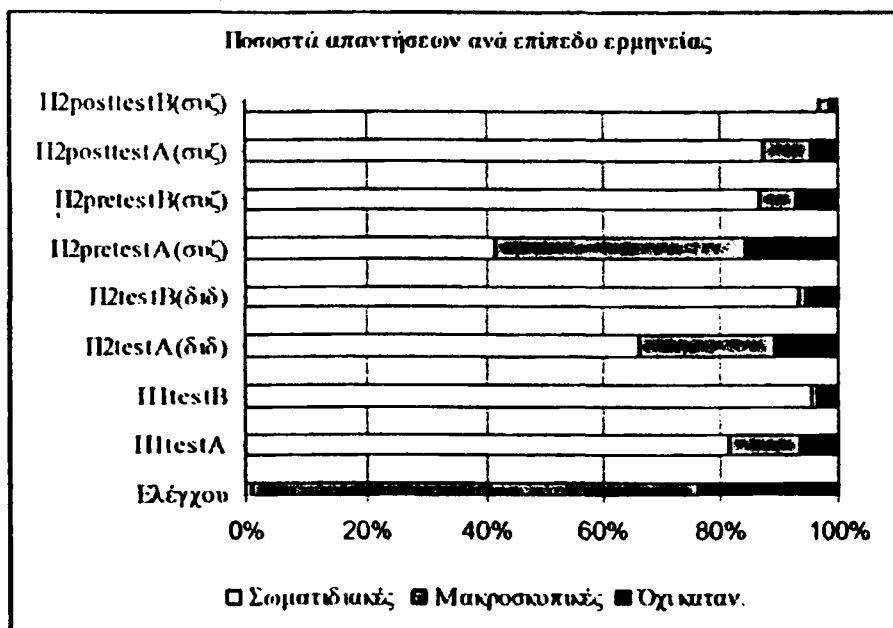
Ανάλογα αποτελέσματα δείχνει και η σύγκριση των ομάδων Π2(Σχ1), Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3) με τα αντίστοιχα τμήματα της Π1 (τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους πίνακες Π11.Π12, Π11.Π13., Π11.Π14).

11.3. Σύγκριση των ομάδων ως προς τα επίπεδα ερμηνείας μακροσκοπικό, σωματιδιακό και μη κατανόησης

Κατηγοριοποιώντας τα δεδομένα του Πίνακα 11.1.2 σε επίπεδα ερμηνείας μακροσκοπικό, σωματιδιακό και όχι κατανόηση ή προέκυψε το Διάγραμμα 11.12. Για όλες τις ομάδες στο τεστ Β τα ποσοστά απαντήσεων με σωματίδια είναι μεγαλύτερα από ότι στο τεστ Α και αυτές οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές για όλες τις ομάδες. Οι μαθητές της Ε χρησιμοποιούν μακροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 75,1% και μικροσκοπικές σε ποσοστό 1,2%. Προτίμηση σε μακροσκοπικές εξηγήσεις δείχνουν οι μαθητές της Π2(διδ) στο τεστ Α σε ποσοστό 23%. Οι μακροσκοπικές



εξηγήσεις είναι περισσότερες για τους μαθητές Π2pre(συζ) στο τεστ Α (ποσοστό 42,5%). Μετά τη συζήτηση στις ομάδες οι μαθητές της Π2post(συζ) χρησιμοποιούν σωματίδια στις απαντήσεις τους σε μεγαλύτερο ποσοστό από την Π1 και στα δυο τεστ.



Διάγραμμα 11.12.: Ποσοστό (%) των απαντήσεων των μαθητών ανά επίπεδο ερμηνείας και ομάδα στο σύνολο των τεστ

Οι συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων Ε, Π1, Π2 έδειξαν ότι όσον αφορά τα επίπεδα ερμηνείας όλα τα ζεύγη διαφοροποιούνται εκτός του Π1testB - Π2testB (διδ) (Πίνακας Π11.Π15).

11.4. Σύγκριση των ομάδων ως προς την συνέπεια χρήσης κατηγορίας

Στην παράγραφο αυτή εξετάζουμε αν οι μαθητές χρησιμοποιούν ή όχι συστηματικά και με συνέπεια την ίδια κατηγορία (αποδεκτή απάντηση, εναλλακτική απάντηση, όχι απάντηση / κυκλική απάντηση) για την αναπαράσταση κάθε προβλήματος. Για να αξιολογήσουμε τη συνέπεια χρήσης μιας κατηγορίας θεωρούμε ένα μαθητή συνεπή αν χρησιμοποιεί την ίδια κατηγορία ανεξάρτητα από την ορθότητά της για να απαντήσει το 75% ή περισσότερο από τις ερωτήσεις που του δόθηκαν. Ο λόγος που επιλέξαμε να θεωρήσουμε τη συνέπεια στο 75% των απαντήσεων είναι ο εξής: Οι ερωτήσεις στις πέντε ενότητες ήταν δεκαεννέα με μέσο όρο τέσσερις ερωτήσεις ανά ενότητα. Θεωρήσαμε συνεπή ένα μαθητή αν στις 3 από τις 4 ερωτήσεις χρησιμοποιεί την ίδια κατηγορία, ήτοι στο 75% των απαντήσεων. Η συνέπεια υπολογίστηκε και στο 100% των απαντήσεων. Η συνέπεια ανά θέμα και πλαίσιο (καθημερινό ή σωματιδιακό) ελέγχει αν η διδασκαλία εφοδιάζει τους μαθητές με περισσότερες γενικές αντιληπτικές οδηγιακές κατηγορίες για ανάλυση επιστημονικών προβλημάτων.

Στον Πίνακα 11.4.1 παρουσιάζονται τα ποσοστά συνεπών μαθητών στη χρήση κάποιας κατηγορίας. Τα αποτελέσματα εικονίζονται στα Διαγράμματα 11.13. και 11.14.

Στο 75% των απαντήσεων η ομάδα Ε χρησιμοποιεί με συνέπεια την κατηγορία “εναλλακτική απάντηση” ενώ η Π1 χρησιμοποιεί με συνέπεια την κατηγορία “αποδεκτή απάντηση” σε ποσοστό 50,9% στο τεστ Α και 73,7% στο τεστ Β.

Όπως προκύπτει από τις τιμές του Πίνακα 11.4.1., οι μαθητές της Π2 στα θέματα που διδάχθηκαν είναι συνεπείς στην κατηγορία “αποδεκτή απάντηση” σε μικρότερα ποσοστά από την Π1, και μάλιστα στο τεστ Β αυτές οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές. Στα θέματα πριν τη συζήτηση οι μαθητές της Π2 παρουσιάζονται συνεπείς στην κατηγορία “εναλλακτική απάντηση” σε ποσοστά πιο υψηλά από την Ε και οι διαφορές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές. Όμως μετά τη

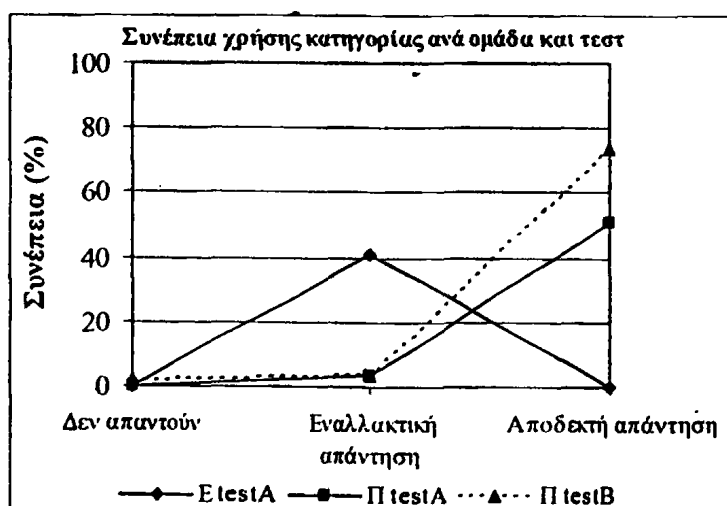


συζήτηση στις ομάδες η συνέπεια χρήσης αποδεκτής κατηγορίας στην Π2 αυξάνει (54,2% στο τεστ Α και 62,5% στο τεστ Β) και δεν διαφοροποιείται στατιστικά από την Π1 (Πίνακας Π11.Π16).

Στο 100% των απαντήσεων οι μαθητές της Ε δεν χρησιμοποιούν με συνέπεια κάποια κατηγορία, καθώς δίνουν ή εναλλακτικές ή ταυτολογικές απαντήσεις. Η συνέπεια στη Π1 στο 100% των απαντήσεων στην χρήση αποδεκτής κατηγορίας είναι χαμηλότερη από την αντίστοιχη στο 75% των απαντήσεων (19,3% στο τεστ Α και 36,8% στο τεστ Β). Η Π2 στο 100% των απαντήσεων παρουσιάζει ανάλογη εικόνα με την συνέπεια στο 75% των απαντήσεων μόνο που τα ποσοστά είναι πολύ χαμηλότερα. Έτσι στα θέματα που ο μαθητές διδάχθηκαν σημειώνεται συνέπεια στην κατηγορία “αποδεκτή απάντηση” (14,6% στο τεστ Α και 20,8% στο τεστ Β), στα θέματα πριν τη συζήτηση συνέπεια στην κατηγορία “εναλλακτική απάντηση” (8,3% στο τεστ Α και 4,2% στο τεστ Β). Μετά τη συζήτηση στις ομάδες παρατηρείται συνέπεια στην κατηγορία αποδεκτή απάντηση σε ποσοστό 31,2% στο τεστ Α και 35,4% στο τεστ Β, ποσοστά που δεν διαφοροποιούνται από τα αντίστοιχα της Π1. Ωστόσο οι μαθητές της Π2 παρουσιάζονται πιο συνεπείς από τους Π1 στην χρήση αποδεκτής κατηγορίας στο τεστ Α.

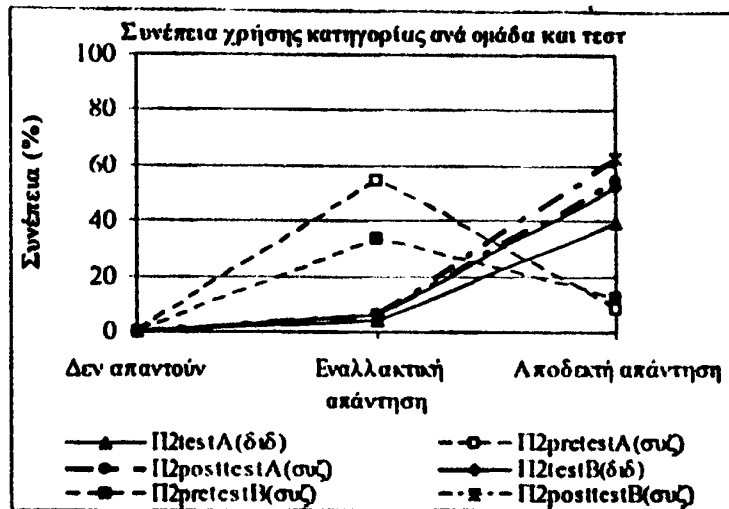
Πίνακας 11.4.1.: Συνέπεια χρήσης κατηγορίας στο 75% των απαντήσεων και στο 100% στο σύνολο των ενοτήτων για τις Ε, Π1, Π2.

75%	Ε	Π1Α	Π1Β	Π2Α (διδ)	Π2Β (διδ)	Π2preA (συζ)	Π2preB (συζ)	Π2postA (συζ)	Π2postB (συζ)
Δεν απαντούν			1,8						
Εναλλακτική απάντηση	40,7	3,5	3,5	4,2	6,3	54,2	33,3	6,25	6,25
Αποδεκτή απάντηση	0	50,9	73,7	39,6	52,1	8,3	12,5	54,2	62,5
100% -		Π1Α	Π1Β	Π2Α (διδ)	Π2Β (διδ)	Π2pre Α(συζ)	Π2preB (συζ)	Π2postA (συζ)	Π2postB (συζ)
Δεν απαντούν									
Εναλλακτική απάντηση				2,1	0	8,3	4,2	0	2,1
Αποδεκτή απάντηση		19,3	36,8	14,6	20,8	0	4,2	31,2	35,4



Διάγραμμα 11.13.: Συνέπεια χρήσης κατηγορίας ανά τεστ για τις Ε, Π1





Διάγραμμα 11.14.: Συνέπεια χρήσης κατηγορίας ανά τεστ για την Π2

11.5. Συγκρίσεις των ομάδων ως προς το φύλο

Στην παράγραφο αυτή εξετάζουμε την επίδραση του φύλου στις μέσες επιδόσεις των ομάδων στο σύνολο των δυο τεστ καθώς και στο σύνολο των ερωτήσεων εξήγησης και πρόβλεψης στα δυο τεστ. Η στατιστική σύγκριση έγινε με το παραμετρικό κριτήριο two factorial ANOVA (Πίνακας Π11.Π17.).

11.5.1. Αλληλεπίδραση φύλου και ομάδας για τις Ε, Π1, Π2

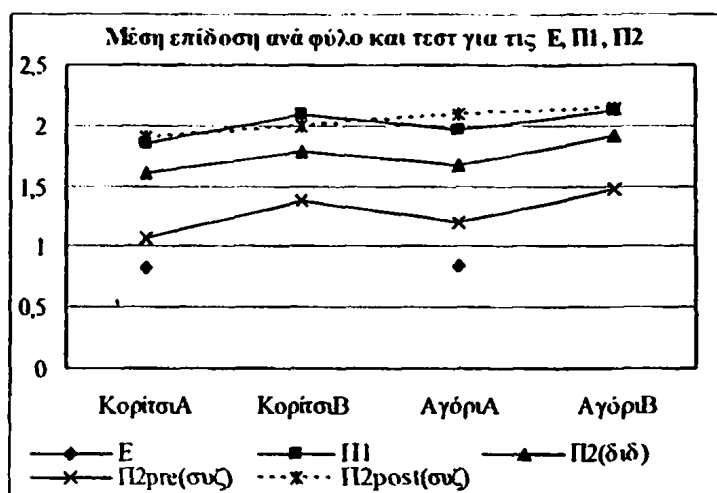
Για όλες τις ομάδες οι μέσες επιδόσεις των αγοριών είναι λιγότερο υψηλές από τις επιδόσεις των κοριτσιών (Πίνακας 11.5.1 και Διάγραμμα 11.15.).

Η αλληλεπίδραση των δυο παραγόντων φύλο και ομάδα δεν επιδρά σημαντικά στις μέσες επιδόσεις των μαθητών (Πίνακας Π11.Π17.).

Πίνακας 11.5.1.: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία (μέση επίδοση και τυπική απόκλιση) για τις ομάδες Ε, Π1, Π2 στο σύνολο των τεστΑ και τεστΒ ανά φύλο

Φύλο	Ομάδα	N	A	B	Φύλο	E	N	A	B	
Κορίτσι	E	24	0,82		Αγόρι	E	35	0,84		
			0,153						0,111	
	Π1	23	1,85	2,10		Π1	34	1,97	2,13	
			0,539	0,451				0,569	0,599	
	Π2pre	27	1,40	1,62		Π2pre	21	1,48	1,74	
			0,394	0,348				0,468	0,434	
	Π2post	27	1,72	1,87		Π2post	21	1,84	2,00	
			0,453	0,361				0,531	0,446	
	Π2(διδ)	27	1,61	1,78		Π2(διδ)	21	1,67	1,91	
			0,528	0,449				0,568	0,494	
	Π2pre(συζ)	27	1,07	1,38		Π2pre(συζ)	21	1,20	1,48	
			0,393	0,374				0,427	0,452	
	Π2post(συζ)	27	1,90	2,00		Π2post(συζ)	21	2,10	2,15	
				0,593		0,519			0,559	0,484





Διάγραμμα 11.15.: Μέση επίδοση των ομάδων Ε, Π1, Π2 ανά φύλο και τεστ πριν και μετά τη συζήτηση

11.5.2. Επίδραση του φύλου στις ερωτήσεις εξήγησης / πρόβλεψης

Οι μέσες επιδόσεις αγοριών και κοριτσιών ανά ομάδα και φύλο παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.5.2.

Πίνακας 11.5.2.: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) ανά φύλο για τις ομάδες Ε, Π1, Π2 στις ερωτήσεις εξήγησης / πρόβλεψης

ομάδα	Φύλο Κορίτσι		Μέση τιμή				Φύλο Αγόρι		Μέση τιμή		
	N	Εξηγ testA	Τυπική απόκλιση	Εξηγ testB	Προ testA	Προ testB	N	Εξηγ testA	Εξηγ testB	Προ testA	Προ testB
E	24	0,69	0,243	0,87	0,164	35	0,73	0,181	0,89	0,120	
Π1	23	2,04	0,612	2,27	0,518	34	2,07	0,634	2,26	0,568	2,04
Π2pre	27	1,49	0,455	1,73	0,412	21	1,50	0,450	1,77	0,456	1,73
Π2post	27	1,84	0,502	1,98	0,457	21	1,90	0,512	2,08	0,504	1,98
Π2(διδ)	27	1,69	0,584	1,81	0,545	21	1,71	0,530	1,92	0,543	1,91
Π2pre(συζ)	27	1,19	0,607	1,61	0,379	21	1,19	0,536	1,55	0,465	1,47
Π2post(συζ)	27	2,06	0,751	2,22	0,604	21	2,17	0,639	2,31	0,543	2,09

Και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης τα αγόρια παρουσιάζουν πιο καλές επιδόσεις από τα κορίτσια. Η αλληλεπίδραση όμως του φύλου και της ομάδας δεν είναι σημαντική για κανένα ζεύγος ομάδων, Ε/Π1, Ε/Π2, Π1/Π2 (Πίνακας Π11.Π17).

11.6. Συμπεράσματα για τη σύγκριση των ομάδων

Οι μαθητές της Ε, που δεν διδάχθηκαν κανένα σωματιδιακό μοντέλο, δίνουν εναλλακτικές μακροσκοπικές απαντήσεις και κυκλικές ταυτολογικές απαντήσεις ενώ οι σωματιδιακές απαντήσεις τους είναι ελάχιστες. Σε μεγάλο ποσοστό 98,8% δεν αναφέρουν ότι η ύλη είναι δομημένη από σωματίδια. Το ίδιο ποσοστό αναφέρεται από Βλάχος (1999) ο οποίος αναφέρει ότι οι μαθητές της Ε' Δημοτικού, που είχαν διδαχθεί τα σχετικά φαινόμενα με περιγραφικό τρόπο χωρίς σωματίδια, δεν προτείνουν αυθόρμητα ότι η ύλη αποτελείται από πολύ μικρά τεμαχίδια μακροσκοπικών σωμάτων. Το συμπέρασμα αυτό δεν συμφωνεί με άλλες έρευνες που αναφέρονται στην παράγραφο 2.4.3. και στο Driver et al. (1994b), στις οποίες οι μαθητές προτείνουν αυθόρμητα ότι η ύλη αποτελείται από πολύ μικρά τεμαχίδια μακροσκοπικών σωμάτων. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο

είδος των ερωτήσεων που χρησιμοποιήσαμε αλλά κυρίως στην προηγούμενη διδασκαλία. Οι μαθητές που έλαβαν μέρος στην έρευνά μας είχαν διδαχθεί τα σχετικά φαινόμενα με περιγραφικό τρόπο χωρίς σωματίδια.

Αντίθετα οι μαθητές των πειραματικών τμημάτων Π1 και Π2, που διδάχθηκαν σωματίδια, τα χρησιμοποιούν στις εξηγήσεις τους. Πράγματι οι μαθητές της Π1 που διδάχθηκαν το στοιχειώδες σωματιδιακό μοντέλο (διάταξη, κίνηση, αναδιάταξη) στο τεστ Α δίνουν αποδεκτές σωματιδιακές απαντήσεις σε ποσοστό 67,7% και το τεστ Β αποδεκτές απαντήσεις σε μικροσκοπικό επίπεδο σε ποσοστό 81,9%.

Οι μαθητές της ομάδας Π2 στα θέματα που διδάχθηκαν δίνουν αποδεκτές σωματιδιακές απαντήσεις σε μικρότερο ποσοστό από την Π1 (54,4% στο τεστ Α και 69,5% στο τεστ Β) και διαφοροποιούνται από αυτή. Φαίνεται ότι η διδασκαλία ενός συνόλου φαινομένων με τη χρήση σωματιδιακού μοντέλου στην Π1 επηρεάζει τη συνολική επίδοση και βελτιώνει την κατανόηση των επιμέρους εννοιών. Η χρήση του σωματιδιακού μοντέλου είναι πιο εύκολη, αν οι μαθητές το έχουν χρησιμοποιήσει για την ερμηνεία μιας σειράς φαινομένων και όχι αποσπασματικά, όπως συνέβη στην Π2.

Οι μαθητές δεν μπορούν να χρησιμοποιούν τις διαστάσεις του σωματιδιακού μοντέλου, αν δεν τις έχουν χρησιμοποιήσει για την ερμηνεία σχετικών φαινομένων. Έτσι οι μαθητές της Π2 στις ενότητες που δεν διδάχθηκαν αλλά συζητήσαν στις ομάδες πριν τη συζήτηση σημείωσαν χαμηλές επιδόσεις και στο τεστ Α (4,8% πλήρεις μικροσκοπικές και 13,4% εν μέρει μικροσκοπικές) και στο τεστ Β (8,8% πλήρεις μικροσκοπικές και 28,5% εν μέρει μικροσκοπικές) σε σχέση με την Π1. Για την ερμηνεία φαινομένων χρησιμοποιούν κυρίως εναλλακτικές απαντήσεις (στο τεστ Α δίνουν εναλλακτικές μακροσκοπικές σε ποσοστό 40,8%, μικροσκοπικές σε ποσοστό 23,2% και στο τεστ Β κυρίως εναλλακτικές μικροσκοπικές σε ποσοστό 49,1%).

Η συζήτηση στις ομάδες βοήθησε τους μαθητές της Π2 να διατυπώσουν αποδεκτές απαντήσεις, και μάλιστα στο τεστ Α παρουσιάζουν πιο υψηλή επίδοση από την Π1, χωρίς ωστόσο στατιστική διαφοροποίηση από την Π1. Έτσι η Π2 στο τεστ Α δίνει 71,6% αποδεκτές απαντήσεις σε μικροσκοπικό επίπεδο και στο τεστ Β δίνει 77,1 % αποδεκτές απαντήσεις σε μικροσκοπικό επίπεδο. Μετά τη συζήτηση τα τμήματα της Π2 σημειώνουν παρόμοιες επιδόσεις με αυτές της Π1 εκτός από την Π2(Σχ2) στην ενότητα της Διάλυσης, που αν και βελτίωσε την επίδοσή της, παρουσίασε χαμηλότερη επίδοση από την Π1(Σχ2). Επίσης η Π2(Σχ3) παρουσίασε υψηλότερη επίδοση της Π1(Σχ3) στην ενότητα Αλλαγή Κατάστασης.

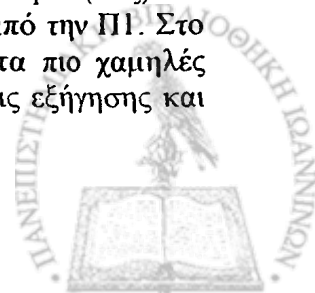
Η ύλη θεωρείται συνεχής για το 75,1% των απαντήσεων των μαθητών της Ε. Πριν τη συζήτηση στις ομάδες παρατηρήθηκαν υψηλά ποσοστά (42,5%) συνεχών αντιλήψεων στην ομάδα Π2pretestA(συζ), μια αντίληψη που μετά τη συζήτηση ελαττώνεται σε 8,4%. Συνεχείς απαντήσεις δίνουν και οι μαθητές της Π2testA(διδ) σε ποσοστό 23% σε θέματα που διδάχθηκαν ενώ οι μαθητές της Π1testA δίνουν συνεχείς απαντήσεις σε ποσοστό 12,1%. Οι συνεχείς αντιλήψεις εμφανίζονται κυρίως στο τεστ Α όπου οι ερωτήσεις διατυπώνονται σε καθημερινό πλαίσιο. Μετά τη συζήτηση στις ομάδες οι μαθητές της Π2post(συζ) χρησιμοποιούν σωματίδια στις απαντήσεις τους σε μεγαλύτερο ποσοστό από την Π1 και στα δυο τεστ.

Κατά την έρευνά μας καταγράψαμε εναλλακτικά μοντέλα τα οποία δείχνουν διαφορετικό βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας, όπως έχουν προταθεί από Johnson 1998c. Το μοντέλο Α, κατά το οποίο τα μόρια είναι μέσα στα υλικά, εμφανίζεται κυρίως στην Π2testB(διδ) σε ποσοστό 5,4% και στην Π2pretestB(συζ) σε ποσοστό 8,6%. Μετά τη συζήτηση στις ομάδες της Π2 το μοντέλο αυτό παρουσιάζεται σε πολύ μικρό ποσοστό. Οι μαθητές φαίνεται ότι κατανοούν το μόριο ως δομικό υλικό της ύλης. Παρατηρήθηκε επίσης το συνθετικό μεταβατικό μοντέλο ΧC σε μικρά ποσοστά στο τμήμα Π1 (1,5% στο τεστ Α και 0,5% στο τεστ Β) και σε μεγαλύτερα στο Π2. Πρόκειται για ένα μοντέλο σύμφωνα με το οποίο μια από τις δυο ουσίες περιγράφεται με σωματιδιακούς όρους ενώ η άλλη περιγράφεται μακροσκοπικά. Το μοντέλο αυτό αναφέρεται και από Βλάχος (1999) σε ποσοστό 2% σε τμήματα που διδάχθηκαν εποικοδομητικά τη δομή της ύλης. Το συγκεκριμένο μοντέλο θεωρούμε ότι εκφράζει τη δυσκολία των μαθητών να λειτουργήσουν με

πληρότητα σε σωματιδιακό επίπεδο, στο οποίο όλα τα σώματα τα οποία εμπλέκονται στα φαινόμενα περιγράφονται με σωματιδιακούς όρους. Στο σωματιδιακό επίπεδο το μοντέλο εμφανίζεται πιο σπάνια. Το μοντέλο αυτό εμφανίζεται στην Π2(διδ) όταν ερμηνεύει θέματα που διδάχθηκαν οι μαθητές (ποσοστό 2,6%) και στην Π2pre(συζ) πριν τη συζήτηση (3,5% στο τεστ Α και 4,6% στο τεστ Β). Μετά τη συζήτηση πολύ λίγες απαντήσεις είναι στο μοντέλο αυτό. Ένα άλλο συνθετικό μοντέλο είναι το ΒC και εμφανίζεται στην Π1 σε ποσοστό 0,9% στο τεστ Α και 0,7% στο τεστ Β. Στο μοντέλο αυτό η διάλυση περιγράφεται ως διάσπαση του κόκκου σε μόρια με αλληλεπίδραση με τα μόρια νερού, ωστόσο η κατάσταση αυτή είναι προσωρινή και τα μόρια στη συνέχεια διάσπώνται, διαλύονται. Το μοντέλο εμφανίζεται σε υψηλό ποσοστό στην Π2pre(συζ) (4,4% στο τεστ Α και 6,1% στο τεστ Β) και στην Π2post(συζ) (3,7% στο τεστ Α και 2,5% στο τεστ Β). Στο μοντέλο αυτό οι μαθητές θεωρούν ότι τα μικρότερα και αόρατα σωματίδια, στα οποία διασπάται η ουσία κατά τη διάλυση, δεν είναι τα κύρια δομικά υλικά της ύλης αλλά μια τελική μονάδα στην διαδικασία της διάλυσης. Το μοντέλο είναι απόρροια της άποψης ότι η ύλη είναι συνεχής και 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. Τα αποτελέσματα αναφέρονται και από Pfundt (1981). Ωστόσο το εναλλακτικό μεταβατικό μοντέλο που συγκεντρώνει τις περισσότερες απαντήσεις είναι το μοντέλο Β, κατά το οποίο το μόριο είναι ο δομικός λίθος της ύλης και έχει μακροσκοπικά χαρακτηριστικά. Το μοντέλο Β σημειώθηκε και στα δυο τεστ στην Π1 (7,8% στο τεστ Α και 8,5% στο τεστ Β) και στην Π2(διδ) (6% στο τεστ Α και 12,3% στο τεστ Β). Πιο υψηλά ποσοστά παρατηρήθηκαν στην Π2pre(συζ) (10,5% στο τεστ Α και 24,8% στο τεστ Β). Μετά τη συζήτηση στις ομάδες μειώνεται αλλά συνεχίζει να προτιμάται από το 7,4% στο τεστ Α και 12,3% στο τεστ Β.

Όσον αφορά τη χρήση ταυτολογικών απαντήσεων, η ομάδα Ε χρησιμοποιεί ταυτολογικές απαντήσεις για τα φαινόμενα σε υψηλό ποσοστό 21,8%. Οι μαθητές δεν διερωτώνται ούτε μπαίνουν σε προβληματισμό για το φαινόμενο στο οποίο αναφέρεται η ερώτηση και θεωρούν ότι "πάντα έτσι συμβαίνει". Οι μαθητές θεωρούν τις μεταβολές φυσιολογικές και δεν προτείνουν αιτίες για την ερμηνεία των μεταβολών. Η κατηγορία αυτή των ταυτολογικών απαντήσεων έχει ταυτοποιηθεί από Anderson (1984, 1990). Κατά τον Brosnan (1990) τα φαινόμενα αυτά προκαλούνται από μη αιτιακούς παράγοντες που θεωρούνται εγγενείς και φυσιολογικές εκδηλώσεις των ιδιοτήτων των σωμάτων και όχι από αιτίες που προκαλούν τις μεταβολές. Οι ταυτολογικές απαντήσεις εμφανίζονται πιο σπάνια στο τεστ Β. Ταυτολογικές απαντήσεις δίνουν αρκετοί μαθητές από την Π2preτεστΑ(συζ) (9,6%) και την Π2τεστΑ(διδ)(6,7%) ενώ μετά τη συζήτηση στις ομάδες το ποσοστό αυτό μειώνεται. Η κατανόηση του σωματιδιακού μοντέλου φαίνεται ότι αυξάνει σε σημαντικό βαθμό την ερμηνευτική ικανότητα των μαθητών.

Οι ερωτήσεις εξήγησης, που χρησιμοποιήσαμε στο ερωτηματολόγιο και αφορούσαν τα φαινόμενα με τα οποία έγινε η εισαγωγή του σωματιδιακού μοντέλου, αποδείχθηκαν πιο εύκολες από αυτές που οι μαθητές δεν διδάχθηκαν και κλήθηκαν να προβλέψουν, να ερμηνεύσουν. Οι αποδεκτές απαντήσεις στις ερωτήσεις εξήγησης είναι περισσότερες από τις ερωτήσεις πρόβλεψης για όλες τις ομάδες εκτός από τη Π2(διδ). Μετά τη συζήτηση η Π2 βελτιώνει τις αποδεκτές απαντήσεις και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης αλλά στις ερωτήσεις πρόβλεψης τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων είναι χαμηλότερα από αυτά στις ερωτήσεις εξήγησης. Για όλες τις ομάδες οι αποδεκτές απαντήσεις στο τεστ Β είναι περισσότερες από το τεστ Α και για τις ερωτήσεις πρόβλεψης και εξήγησης. Στο σύνολο της Π2 η Π2(διδ) παρουσιάζει χαμηλότερη επίδοση από την Π1 και στα δυο τεστ και στις ερωτήσεις εξήγησης και στις ερωτήσεις πρόβλεψης και οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές. Οι επιδόσεις της Π2pre(συζ) είναι χαμηλότερες από τις επιδόσεις της Π1 και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης και στα δυο τεστ και οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές. Η συζήτηση στις ομάδες βελτιώνει τις επιδόσεις της Π2post(συζ) και μάλιστα στο τεστ Α στις ερωτήσεις πρόβλεψης παρουσιάζει καλύτερες επιδόσεις από την Π1. Στο τεστ Β και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης η Π2 παρουσιάζει ελάχιστα πιο χαμηλές επιδόσεις από αυτές της Π1. Οι διαφορές των μέσων επιδόσεων και στις ερωτήσεις εξήγησης και στις ερωτήσεις πρόβλεψης δεν είναι στατιστικά σημαντικές.



Για όλες τις ομάδες στο τεστ Β τα ποσοστά απαντήσεων με σωματίδια είναι μεγαλύτερα από ότι στο τεστ Α και αυτές οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές για όλες τις ομάδες.

Η διδασκαλία του σωματιδιακού μοντέλου τροφοδότησε τους μαθητές με ένα ισχυρό εργαλείο για ερμηνεία φαινομένων με τρόπο συνεπή με τον επιστημονικό και η μάθησή του οδήγησε σε δόμηση συνεπών αντιληπτικών δομών παρά στην απόκτηση απλώς μιας επιστημονικής γνώσης ειδικής ανά φαινόμενο. Πράγματι οι μαθητές της Ε και της Π2 σε θέματα που δεν είχαν διδαχθεί, χρησιμοποιούν με συνέπεια εναλλακτικές απαντήσεις καθώς δεν έχουν ένα ολοκληρωμένο μοντέλο για την εξήγηση των ιδιοτήτων και των αλλαγών της ύλης. Από την άλλη, όπως περιμέναμε, οι μαθητές της Π1 και της Π2 στα θέματα που συζήτησαν δείχνουν μεγάλη συνέπεια στη χρήση αποδεκτών απαντήσεων. Η συνέπεια σε απαντήσεις σε χρήση κατηγοριών αυξάνει όταν οι μαθητές τείνουν να χρησιμοποιούν επιστημονικές έννοιες αντί για καθημερινές ή απλοϊκές απαντήσεις. Σε ανάλογα συμπεράσματα καταλήγουν και άλλες έρευνες (Engel-Clough & Driver 1986, Chi et al. 1982, Gomez et al. 1995).

Στο σύνολο των δυο τεστ και στο σύνολο των ερωτήσεων εξήγησης και πρόβλεψης, τα αγόρια παρουσιάζουν πιο καλές επιδόσεις από τα κορίτσια αλλά οι διαφορές στις μέσες επιδόσεις δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Φαίνεται ότι, όπως προτείνουν οι Bunce & Gabel (2002), η παροχή στα κορίτσια ενός νοητικού μοντέλου, μιας οπτικοποιημένης αναπαράστασης της δομής της ύλης και των μεταβολών της, κάνοντας χρήση των επεξηγηματικές επιδείξεις κατά Mayer (1993), βελτιώνει την επίδοση και των δυο φύλων.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

Συγκρίσεις εντός των ομάδων στο σύνολο των ενοτήτων

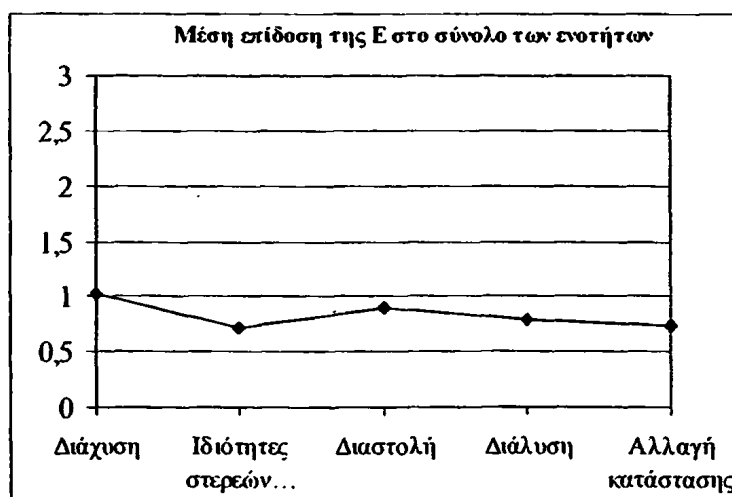
Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζουμε κάθε ομάδα χωριστά και συγκρίνουμε τις μέσες επιδόσεις στις επιμέρους ενότητες. Η στατιστική σύγκριση μεταξύ των ενοτήτων για κάθε ομάδα έγινε :

- με το μη παραμετρικό κριτήριο Friedman για πολλές ομάδες και το τεστ Wilcoxon για σύγκριση ανά ζεύγη,
- με το παραμετρικό κριτήριο GLM-Repeated- Measures Define Variables ANOVA για σύγκριση πολλών ενοτήτων και το t-test για ζεύγη. Για σύγκριση των επιμέρους ενοτήτων απαιτείται ομοιογένεια διακύμανσης (Levene's Test of Equality of Error Variances) και ομοιογένεια συνδυακόμενης (Mauchly's Test of Sphericity). Όπου το τεστ Mauchly's W ήταν σημαντικό, κάναμε πιο συντηρητικά τεστ (Greenhouse-Geisser, Huynh-Feldt, Lower-bound) (Kinneer & Gray 1999), τα οποία όμως σε όλες τις συγκρίσεις μας έδιναν ίδια αποτελέσματα. Στις συγκρίσεις ανά ζεύγη παραθέτουμε μόνο τα αποτελέσματα από το μη παραμετρικό κριτήριο και αναφέρεται αν συμφωνούν ή όχι με το παραμετρικό. Πολυπαραγοντικές αναλύσεις έγιναν με το κριτήριο ANOVA.
- με το μη παραμετρικό κριτήριο χ -τετράγωνο για τον έλεγχο διαφορών μεταξύ δυο πληθυσμών σχετικά με την συχνότητα των ποιοτικών κατηγορικών γνωρισμάτων (Παρασκευόπουλος 1993). Τα ποιοτικά κατηγορικά γνωρίσματα είναι οι κατηγορίες: πλήρως αποδεκτή απάντηση, εν μέρει αποδεκτή, εναλλακτική απάντηση, όχι κατανόηση.

Οι μέσες επιδόσεις των ομάδων στις επιμέρους ενότητες και στο σύνολο των δυο τεστ παρουσιάζονται στους Πίνακες του Κεφαλαίου 11. Οι στατιστικές συγκρίσεις παρουσιάζονται στο Παράρτημα Π12.

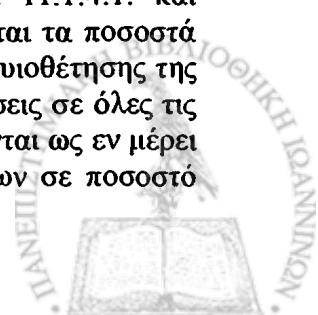
12.1. Ομάδα Ε

12.1.1. Σύγκριση μέσης επίδοσης της Ε στο σύνολο των επιμέρους ενοτήτων



Διάγραμμα 12.1.: Μέση επίδοση των μαθητών της Ε σε όλες τις ενότητες

Οι μέσες επιδόσεις της Ε ανά ενότητα παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.1.4.1. και εικονίζονται στο Διάγραμμα 12.1. Στους Πίνακες 12.1.1. και 12.1.2. παρουσιάζονται τα ποσοστά (%) των απαντήσεων ανά ειδική κατηγορία και ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας. Οι μαθητές της Ε δίνουν εναλλακτικές ή κυκλικές απαντήσεις σε όλες τις ενότητες. Οι αποδεκτές σωματιδιακές απαντήσεις είναι ελάχιστες. Αυτές σημειώνονται ως εν μέρει σωματιδιακές απαντήσεις στην ενότητα των Ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων σε ποσοστό



0,7% και ως πλήρεις σωματιδιακές στην ενότητα της Διαστολής σε ποσοστό 0,6%. Οι εναλλακτικές σωματιδιακές είναι μοντέλου Β και στην ενότητα της Διαστολής είναι σε ποσοστό 3,4% ενώ στην ενότητα Αλλαγής κατάστασης είναι σε ποσοστό 0,4%. Στην ενότητα Αλλαγής κατάστασης σημειώθηκαν εν μέρει μακροσκοπικές απαντήσεις σε ποσοστό 13,6%, υψηλότερο από τις άλλες ενότητες και το ποσοστό αυτό οφείλεται κυρίως στις απαντήσεις για τη συμπύκνωση υδρατμών σε κρύα επιφάνεια, που οι μαθητές είχαν διδαχθεί.

Πίνακα 12.1.1.: Ποσοστά (%) ανά ειδική κατηγορία απαντήσεων της Ε σε όλες τις ενότητες

Ενότητα	Πλήρης σωμ.	Εν μέρει σωμ.	Εν μέρει μακρ.	Εναλ. μακρ.	Εναλ. σωμ.	Όχι καταν.
Διάχυση			2,5	95,8	0,8	0,8
Ιδιότητες...		0,7		70,5		28,8
Διαστολή	0,6		1,1	81,9	3,4	13,0
Διάλυση				78,3	0,7	21,0
Αλλαγή κατ			13,6	45,8	0,4	40,3
Σύνολο	0,1	0,2	3,3	71,8	0,9	23,7

Πίνακα 11.1.2.: Ποσοστά (%) των απαντήσεων ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας (Johnson 1998) της Ε σε όλες τις ενότητες

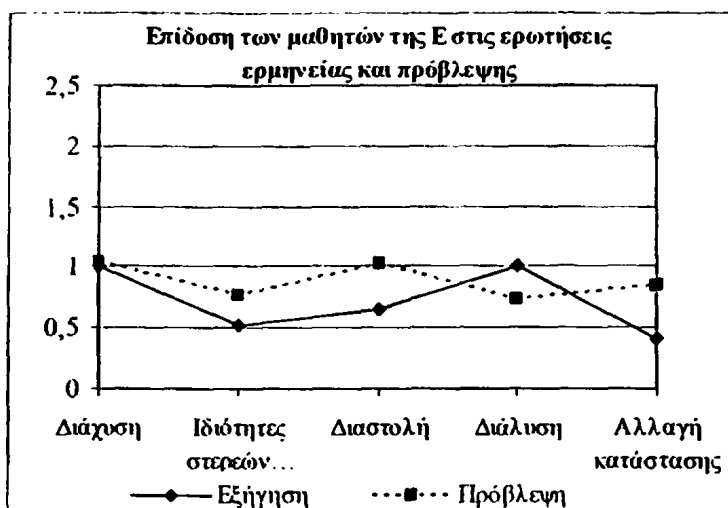
Ενότητα	X	B	C	C*	Αταξ	Όχι κατ.
Διάχυση	98,3				0,8	0,8
Ιδιότητες...	70,5		0,7			28,8
Διαστολή	83,1	3,4		0,6		13,0
Διάλυση	78,3				0,7	21,0
Αλλαγή κατ	59,3	0,4				40,3
Σύνολο	75,1	0,6	0,2	0,1	0,3	23,7

Η στατιστική σύγκριση των μέσων επιδόσεων έδειξε ότι οι διαφορές στο σύνολο των ενοτήτων είναι σημαντικές [$F(4, 228) = 26,982, p = 0,000$ / μη παραμετρικό test Friedman Chi-Square = 72,573, $df = 4, p = 0,000$]. Η σύγκριση των ερωτήσεων ανά ζεύγη έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις ερωτήσεις 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 2-3, 3-4, 3-5 ($p=0,000$), 2-4 ($p<0,1$) ενώ οι 2-5, 4-5 δεν διαφοροποιούνται (Πίνακας Π12.Π1., Π12.Π2). Το παραμετρικό κριτήριο έδωσε στις συγκρίσεις ανά ζεύγη διαφοροποιήσεις των ερωτήσεων για την ομάδα Ε σε απόλυτη συμφωνία με το μη παραμετρικό κριτήριο.

12.1.2. Σύγκριση μέσης επίδοσης μεταξύ ερωτήσεων εξήγησης / πρόβλεψης

Στις ερωτήσεις εξήγησης διάχυσης υγρού σε νερό και διάλυσης αλατιού σε νερό καθώς και στις ερωτήσεις πρόβλεψης για τη διάχυση αερίου και στην διαστολή υγρού και αερίου οι μαθητές προσπαθούν να δώσουν ερμηνείες έστω και εναλλακτικές. Στις ερωτήσεις διαστολής στερεού, αλλαγής κατάστασης και στις ερωτήσεις πρόβλεψης στη διάλυση δίνουν και ταυτολογικές απαντήσεις ή δεν απαντούν (Διάγραμμα 12.2.). Οι συγκρίσεις των απαντήσεων ανά ενότητα στις ερωτήσεις εξήγησης / πρόβλεψης έδειξε ότι υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση ($p<0,001$) σε όλες τις ενότητες και στο σύνολο εκτός από την ενότητα της διάχυσης. Οι ερωτήσεις εξήγησης στο σύνολο διαφοροποιούνται από τις ερωτήσεις πρόβλεψης ($F(4, 228) = 34,724, p = 0,000$ / μη παραμετρικό test Friedman Chi-Square = 4,864, $df = 4, p = 0,000$) καθώς και οι ερωτήσεις εξήγησης ανά ενότητα διαφοροποιούνται από τις ερωτήσεις πρόβλεψης ($F(4, 228) = 24,013, p = 0,000$) (Πίνακας Π12.Π1, Π12.Π2). Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 11.2.1. οι μαθητές στις ερωτήσεις πρόβλεψης δίνουν περισσότερες εναλλακτικές και λιγότερες κυκλικές απ' ότι στις ερωτήσεις εξήγησης. Οι διαφορές στα ποσοστά είναι στατιστικά σημαντικές (Pearson Chi-Square = 20,204, $df = 3, p = 0,000$).





Διάγραμμα 12.2.: Μέση επίδοση των μαθητών της Ε σε όλες τις ενότητες

12.1.3. Συνέπεια στη χρήση κατηγορίας

Τα ποσοστά συνεπών απαντήσεων ανά κατηγορία παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.1.3. Στο 75% των απαντήσεων μεγαλύτερη συνέπεια στην κατηγορία “εναλλακτικές απαντήσεις” παρουσιάζεται στην ενότητα της Διάχυσης (ποσοστό 93,2%) ακολουθούμενη από τη Διάλυση (72,9%). Στην ενότητα Αλλαγής κατάστασης παρουσιάζεται το μικρότερο ποσοστό συνέπειας στη κατηγορία “εναλλακτικές απαντήσεις” (33,9%) και το υψηλότερο ποσοστό μηδενικών απαντήσεων (18,6%). Στην ενότητα της Διαστολής το 1,7% των μαθητών παρουσιάζονται συνεπείς στην κατηγορία “αποδεκτή απάντηση”. Στο σύνολο των απαντήσεων 40,7% των μαθητών δίνουν απαντήσεις με συνέπεια και προτιμούν σε ποσοστό 40,7% την κατηγορία “εναλλακτικές απαντήσεις”. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνεπειών χρήσης κατηγορίας στις ενότητες ($N = 59$, Cochran's $Q = 26,7086$, $df=4$, $p = 0,000$).

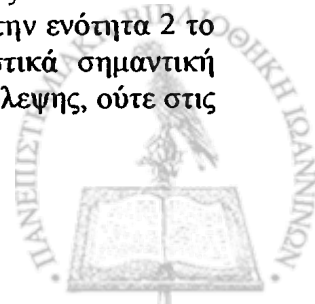
Πίνακας 12.1.3.: Συνέπεια χρήσης κατηγορίας για την Ε στο 75% και το 100% των απαντήσεων ανά ενότητα και στο σύνολο των ενότητων

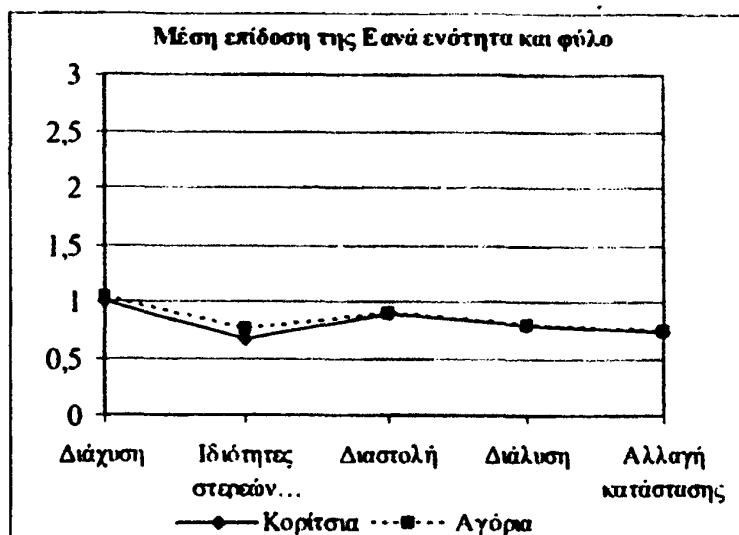
		Διάχυση	Ιδιότητες στερεών ...	Διαστολή	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης	Σύνολο
(75%)τεστΑ	Δεν απαντούν		6,8			18,6	
	Εναλλακτική απάντηση	93,2	55,9	59,3	72,9	33,9	40,7
	Αποδεκτή απάντηση			1,7			
(100%)τεστΑ	Δεν απαντούν					3,4	
	Εναλλακτική απάντηση	93,2	23,7	59,3	25,4		
	Αποδεκτή απάντηση			1,7			

Στο 100% των απαντήσεων η συνέπεια στις επιμέρους ενότητες είναι χαμηλότερη από αυτή στο 75% ενώ στο σύνολο της ενότητας κανένας μαθητής δεν είναι συνεπής σε κάποια κατηγορία.

12.1.4. Επίδραση του φύλου στη μέση επίδοση της Ε ανά ενότητα

Όπως προκύπτει από τα δεδομένα του Πίνακα 11.5.1, 11.5.2. τα κορίτσια σημειώνουν χαμηλότερες επιδόσεις από τα αγόρια (Διάγραμμα 12.3.) αλλά οι μέσες επιδόσεις των αγοριών και κοριτσιών δεν διαφοροποιούνται. Επίσης οι απαντήσεις ανά ενότητα δεν διαφοροποιούνται ως προς το φύλο. Η σύγκριση στις επιμέρους ενότητες έδειξε ότι οι μαθήτριες παρουσιάζουν στατιστικά χαμηλότερες επιδόσεις στην ενότητα 2 (Ιδιοτήτων στερεών, υγρών, αερίων). Για την ενότητα 2 το παραμετρικό κριτήριο δεν έδωσε διαφορές. Δεν παρατηρείται επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά των επιδόσεων αγοριών και κοριτσιών στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης, ούτε στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης ανά ενότητα (Πίνακας Π12.Π1, Π12.Π3).





Διάγραμμα 12.3.: Μέση επίδοση της Ε ανά ενότητα και φύλο

Στον Πίνακα 12.1.4. παρουσιάζονται τα ποσοστά απαντήσεων ανά κατηγορία για τα αγόρια και τα κορίτσια στο σύνολο του τεστ Α. Οι διαφορές στα ποσοστά δεν είναι στατιστικά σημαντικές [$\chi^2_{df=3} = 35,897, p = 0,117$].

Πίνακας 12.1.4.: Ποσοστά απαντήσεων (%) ανά κατηγορία για τα αγόρια και τα κορίτσια της Ε

Φύλο	Δεν απαντούν	Εναλλακτική	Εν μέρει αποδεκτή	Πλήρης
Κορίτσια	26,3%	69,3%	4,2%	0,2%
Αγόρια	22,0%	75,0%	3,0%	0,0%

Σημείωση: Οι επιδόσεις των τριών τμημάτων της Ε, ήτοι των Ε(Σχ1), Ε(Σχ2) και Ε(Σχ3), δεν διαφοροποιούνται στο σύνολο των ερωτήσεων αλλά ούτε ως προς τους παράγοντες “ενότητα”, “εξήγηση / πρόβλεψη” αλλά ούτε και προς την αλληλεπίδραση αυτών (Πίνακας Π12.Π4).

12.2. Πειραματική ομάδα 1 (Π1)

12.2.1. Σύγκριση της επίδοσης των μαθητών της ομάδας Π1 ανά ενότητα και τεστ

Στην παράγραφο αυτή συγκρίνονται τα ποσοστά ανά ειδική κατηγορία και μοντέλο ανάλογα με την υιοθέτηση της σωματιδιακής θεωρίας καθώς και οι μέσες επιδόσεις στις επιμέρους ενότητες. Στον Πίνακα 12.2.1.1. συνοψίζονται τα ποσοστά ανά ειδική κατηγορία απαντήσεων σε όλες τις ενότητες.

Πίνακα 12.2.1.1.: Ποσοστά (%) ανά ειδική κατηγορία απαντήσεων της Π1 σε όλες τις ενότητες

Ενότητα		Πλήρης σωμ.	Πλήρης μακρ.	Εν μέρει σωμ.	Εν μέρει μακρ.	Εναλ. μακρ.	Εναλ. σωμ.	Όχι καταν.
Διάχυση	Π1testA	22,8		49,1		7,9	20,2	
	Π1testB	31,6		49,1		0,9	17,5	0,9
Ιδιότητες...	Π1testA	33,3		42,8	1,4	11,6	5,6	5,3
	Π1testB	47,4		46,0		1,1	2,5	3,2
Διαστολή	Π1testA	28,1		36,3	2,3	17,5	11,7	4,1
	Π1testB	25,1		55,6		1,8	15,2	2,3
Διάλυση	Π1testA	44,6		25,6		6,0	15,1	8,8
	Π1testB	53,3		27,7		1,1	12,6	5,3
Αλλαγή κατ	Π1testA	9,6	0,4	44,7	11,0	3,5	19,3	11,4
	Π1testB	12,3		57,9			24,6	5,3
Σύνολο	Π1testA	29,4	0,1	38,3	3,0	9,0	13,5	6,7
	Π1testB	36,4		45,5		0,9	13,4	3,8

Τα μεγαλύτερα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων σημειώθηκαν στην ενότητα Ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων και ακολουθούν η Διάλυση και η Διάχυση. Τα χαμηλότερα ποσοστά

αποδεκτών απαντήσεων σημειώθηκαν στην ενότητα Αλλαγής κατάστασης. Δυσκολίες στην πλήρη κατανόηση φαινομένων που εμπλέκουν αλλαγή κατάστασης αναφέρουν και οι Lee et al. 1993. Ο Skarup (1999) σε έρευνα με μαθητές 5^{ης} τάξης που διδάχθηκαν φαινόμενα αλλαγής κατάστασης αναφέρει ότι πλήρεις απαντήσεις δίνει ένα ποσοστό 9% και εν μέρει αποδεκτές ένα ποσοστό 51%. Ωστόσο στην ενότητα της Διάλυσης σημειώθηκαν τα μεγαλύτερα ποσοστά πλήρων απαντήσεων (44,6% στο τεστ Α και 53,3% στο τεστ Β).

Οι αποδεκτές απαντήσεις είναι σωματιδιακές σε όλες τις ενότητες. Οι πλήρεις μακροσκοπικές είναι ελάχιστες ενώ οι εν μέρει μακροσκοπικές σημειώθηκαν στην ενότητα αλλαγής κατάστασης και αφορούν την ερώτηση για την συμπύκνωση αερίου, που οι μαθητές είχαν διδαχθεί. Στην ενότητα 2 ακολουθούμενη από την 4 σημειώθηκαν τα μικρότερα ποσοστά εναλλακτικών απαντήσεων. Στην ενότητα αλλαγής κατάστασης σημειώθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό απαντήσεων μη κατανόησης.

Οι αποδεκτές απαντήσεις και οι πλήρεις στο τεστ Α παρουσιάζονται σε μικρότερο ποσοστό από το τεστ Β. Οι διαφορές στα ποσοστά ανά γενική κατηγορία μεταξύ τεστ Α και τεστ Β είναι στατιστικά σημαντικές [Chi-Square = 38,481, df = 3, p = 0,000].

Στον Πίνακα 12.2.1.2. παρουσιάζονται τα ποσοστά απαντήσεων ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας. Οι περισσότερες απαντήσεις που θεωρούν την ύλη συνεχή σημειώθηκαν στο τεστ Α στην ενότητα της Διαστολής (19,9%), στην ενότητα Αλλαγής κατάστασης (14,9%) και στην ενότητα Ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων σε ποσοστό 13%. Οι συνεχείς απαντήσεις στην ενότητα της Διάλυσης ήταν οι λιγότερες (ποσοστό 6%). Το μοντέλο που σημείωσε υψηλότερα ποσοστά προτίμησης ήταν το Β. Το μοντέλο σημειώθηκε στην ενότητα Αλλαγής κατάστασης (15,4% τεστ Α και 19,3% στο τεστ Β), στην ενότητα της Διαστολής (11,1% τεστ Α και 8,8% στο τεστ Β), στη Διάλυση (7,7% στα δυο τεστ), στη Διάχυση (3,5% τεστ Α και 7,9% στο τεστ Β) και στην ενότητα Ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων (2,5% στο τεστ Α και 1,4% στο τεστ Β). Τα υψηλότερα ποσοστά μη κατανόησης σημειώθηκαν στην ενότητα Αλλαγής κατάστασης (11,4% στο τεστ Α και 5,3% στο τεστ Β) και στη Διάλυση (8,8% τεστ Α και 5,3% στο τεστ Β).

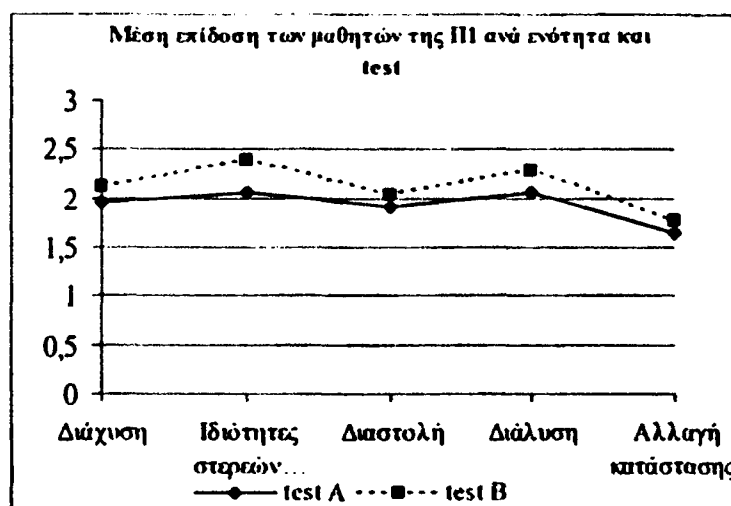
Πίνακα 12.2.1.2.: Ποσοστά (%) των απαντήσεων της Π1 ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας (Johnson 1998c) σε όλες τις ενότητες

Ενότητα		X	A	AI	AB	XC	B	B*	BC	W	C	C*	Αταξ	Όχι κατ.
Διάχυση	Π1 test A	7,9	3,5		4,4	8,8	3,5			1,8	49,1	22,8		
	Π1 test B	0,9	4,4		5,3		7,9				49,1	31,6		0,9
Ιδιότητες...	Π1 test A	13	1,4				1,4	1,1			42,8	33,3	1,8	5,3
	Π1 test B	1,1	0,7				0,7	0,7			46	47,4	0,4	3,2
Διαστολή	Π1 test A	19,9	0,6				11,1				36,3	28,1		4,1
	Π1 test B	1,8	2,9	2,3			8,8				55,6	25,1	1,2	2,3
Διάλυση	Π1 test A	6	0,4		2,8	7,7			3,5		25,6	44,6	0,7	8,8
	Π1 test B	1,1			1,8	7,7			2,8		27,7	53,3	0,4	5,3
Αλλαγή κατ	Π1 test A	14,9	2,2				15,4				44,7	9,6	1,8	11,4
	Π1 test B		3,9				19,3				57,9	12,3	1,3	5,3
Σύνολο	Π1 test A	12,1	1,4		0,5	1,5	7,8	0,3	0,9	0,2	38,3	29,4	1,0	6,7
	Π1 test B	0,9	1,9	0,4	0,6	0,5	8,5	0,2	0,7		45,5	36,4	0,6	3,8

Οι μέσες επιδόσεις των μαθητών της Π1 παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.1.4.1. και απεικονίζονται στο Διάγραμμα 12.4.

Για την στατιστική σύγκριση των μέσων επιδόσεων σε αυτή την ενότητα χρησιμοποιήσαμε εκτός από το μη παραμετρικό κριτήριο (Wilcoxon Signed Ranks Test) για σύγκριση ανά ζεύγη και το Friedman Test για σύγκριση στο σύνολο των ενότητων) και το GLM-Repeated-Measures Define Variables four-factor mixed factorial ANOVA φύλο* (ενότητα * (εξηγ/προ) * test), με τους παράγοντες (ενότητα * (εξηγ/προ) * test) εντός των υποκειμένων (within subjects) και τον παράγοντα φύλο μεταξύ των υποκειμένων (between subjects). Η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η

μέση επίδοση των μαθητών ενώ οι παράγοντες είναι η ενότητα (Διάχυση, Ιδιότητες στερεών, Διαστολή, Διάλυση και Αλλαγή κατάστασης), το τεστ (τεστ Α και τεστ Β) και ο παράγοντας εξήγησαν / πρόβλεψαν (εξηγ/προ). Για τις συγκρίσεις μέσων επιδόσεων αγοριών και κοριτσιών χρησιμοποιήθηκε το παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U και για τις συγκρίσεις συχνότητας ανά κατηγορία το μη παραμετρικό κριτήριο χ-τετράγωνο.



Διάγραμμα 12.4.: Μέση επίδοση των μαθητών της Π1 σε όλες τις ενότητες ανά τεστ.

Η καλύτερη επίδοση στο σύνολο των δυο τεστ σημειώθηκε στην ενότητα 2 (Ιδιότητες...) και τη 4 (Διάλυση) ενώ η χαμηλότερη επίδοση σημειώθηκε στην ενότητα 5 (Αλλαγή κατάστασης). Οι πέντε ενότητες διαφοροποιούνται στο σύνολο των δυο τεστ [$F(4,220) = 17,719$, $p = 0,000$ / Friedman Test $N = 57$, Chi-Square = 66,704, $df = 4$, $p = 0,000$]. Η ανά ζεύγη σύγκριση έδωσε τις ενότητες 1-3, 2-4 να μην διαφοροποιούνται ενώ τα άλλα ζεύγη ενοτήτων να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$).

Η συνολική επίδοση στο τεστ Β είναι υψηλότερη από την επίδοση στο τεστ Α [$F(1,55) = 41,523$, $p = 0,000$ / $z = -5,319$, $p = 0,000$]. Και στις πέντε ενότητες έχουμε σημαντική διαφοροποίηση ($p < 0,05$) μεταξύ τεστ Α και τεστ Β (Πίνακας Π12.Π5). Υψηλότερα είναι και τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων στο τεστ Β, απ' ό,τι στο τεστ Α. Οι αποδεκτές απαντήσεις και οι πλήρεις στο τεστ Α παρουσιάζονται σε μικρότερο ποσοστό από το τεστ Β. Όπως οι διαφορές στις μέσες επιδόσεις έτσι και οι διαφορές στα ποσοστά ανά γενική κατηγορία μεταξύ τεστ Α και τεστ Β είναι στατιστικά σημαντικές [Chi-Square = 38,481, $df = 3$, $p = 0,000$].

Εξετάζοντας χωριστά τις πέντε ενότητες στο τεστ Α, βρίσκουμε ότι παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές [$F(4,224) = 10,704$, $p = 0,000$ / τεστ Friedman Test Chi-Square = 40,145, $df = 4$, $p = 0,000$]. Οι πιο εύκολες ενότητες είναι η 4 (Διάλυση) και η 2 (Ιδιότητες στερεών...) και η πιο δύσκολη η Αλλαγή κατάστασης (5). Οι συγκρίσεις ανά ζεύγη έδωσαν την ενότητα 1 να μη διαφοροποιείται από τις 3, 4 και την 2 (το παραμετρικό κριτήριο έδωσε για την 1 και 2 μη σημαντική διαφορά). Επίσης δεν σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ 2 και 4. Τα άλλα ζεύγη διαφοροποιούνται ($p < 0,05$). Οι συγκρίσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα Π12.Π6.

Στο τεστ Β οι πέντε ενότητες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές [$F(4,224) = 32,158$, $p = 0,000$ / Friedman Test Chi-Square = 85,557, $df = 4$, $p = 0,000$]. Σε μοριακό πλαίσιο η πιο εύκολη ενότητα ήταν η ενότητα 2 ακολουθούμενη από την 4 και η πιο δύσκολη η 5 (Αλλαγή κατάστασης). Η ενότητα αλλαγής κατάστασης είναι η πιο δύσκολη καθώς απαιτείται για επιστημονική εξήγηση χρήση ενός συνόλου παραγόντων, όπως διάταξη, κίνηση και αναδιάταξη σωματιδίων και η χρήση όλων αυτών των παραγόντων είναι δύσκολη ακόμη και για μαθητές που καταλαβαίνουν τους παράγοντες επιστημονικών εξηγήσεων. Δυσκολίες στην πλήρη κατανόηση στην ενότητα Αλλαγής κατάστασης αναφέρουν και Lee et al. 1993. Η σύγκριση ανά ζεύγη έδωσε

στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) σε όλα τα ζεύγη ενότητων εκτός από τα 1-3 και 2-4 (Πίνακας Π12.Π6).

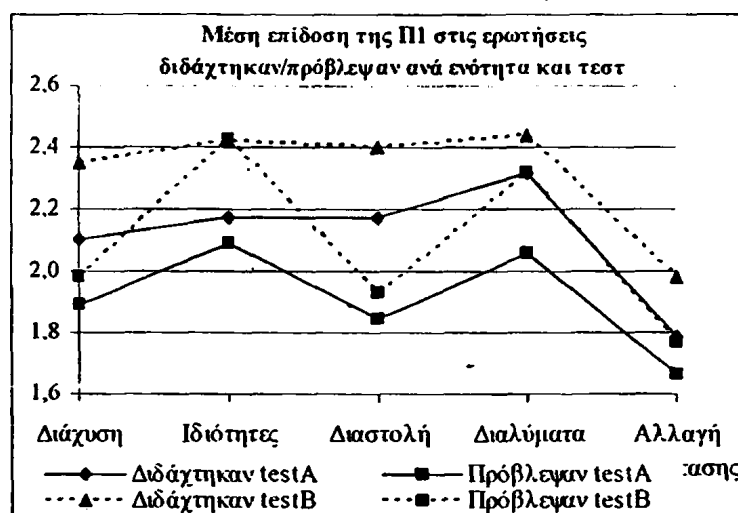
Οι διαφορές στα ποσοστά ανά γενική κατηγορία είναι στατιστικά σημαντικές για όλα τα ζεύγη των ενότητων και στο τεστ A και στο τεστ B, εκτός της 1-3 στο τεστ B και στο τεστ A ($p < 0,1$) (Πίνακας Π12.Π6).

Υψηλή συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ των απαντήσεων στο τεστ A και τεστ B (Pearson Correlation = 0,913, Sig. (2-tailed) = 0,000, N = 57).

12.2.2. Σύγκριση της επίδοσης των μαθητών της ομάδας Π1 ανά ενότητα, τεστ και τον παράγοντα εξήγησαν / πρόβλεψαν

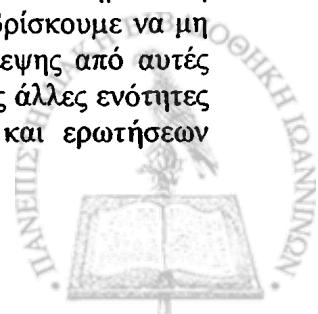
Οι μέσες επιδόσεις των μαθητών στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.2.2.1. και απεικονίζονται στο Διάγραμμα 12.5.

Οι επιδόσεις στις ερωτήσεις εξήγησης που οι μαθητές διδάχθηκαν είναι καλύτερες από τις ερωτήσεις πρόβλεψης και οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές [$F(1, 55) = 45,033, p = 0,000$ / μη παραμετρικό $Z = -5,139, p = 0,000$]. Η αλληλεπίδραση ενότητα* εξήγησαν/πρόβλεψαν και ενότητα*εξήγησαν/πρόβλεψαν * test είναι σημαντική ενώ η αλληλεπίδραση εξήγησαν/πρόβλεψαν * test δεν είναι σημαντική (Πίνακας Π12.Π5).



Διάγραμμα 12.5.: Μέση επίδοση των μαθητών της Π1 στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης σε όλες τις ενότητες

Αναλυτικότερα για κάθε ενότητα οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις που διδάχθηκαν διαφοροποιούνται σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,01$ από τις απαντήσεις στις ερωτήσεις πρόβλεψης εκτός από την ενότητα 2 (Ιδιότητες στερεών υγρών και αερίων) (Πίνακας Π12.Π7). Οι μαθητές της Π1 αντιμετωπίζουν το ίδιο καλά τα θέματα ιδιοτήτων της ύλης που διδάχθηκαν και δεν διδάχθηκαν. Το σωματιδιακό μοντέλο βοηθά τους μαθητές να ερμηνεύσουν το σχήμα των αερίων και την συμπίεσή τους καθώς και τη συμπίεση υγρών. Στις υπόλοιπες ενότητες οι μαθητές δεν χρησιμοποιούν το σωματιδιακό μοντέλο για ερμηνεία ερωτήσεων που δεν είχαν διδαχθεί το ίδιο καλά όπως σε ερωτήσεις που διδάχθηκαν. Θεωρώντας τις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης στο τεστ A, παρατηρήσαμε διαφορά μεταξύ της επίδοσης σε αυτές που διδάχθηκαν-εξήγησαν και σε αυτές που κλήθηκαν να προβλέψουν και η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική [$F(1, 56) = 16,245, p = 0,000$ / μη παραμετρικό $z = -3,941, p = 0,000$]. Αναλυτικά βρίσκουμε να μη διαφοροποιούνται σημαντικά οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις πρόβλεψης από αυτές στις ερωτήσεις που διδάχθηκαν-εξήγησαν στην ενότητα 2 και στην ενότητα 5. Στις άλλες ενότητες υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ ερωτήσεων που διδάχθηκαν και ερωτήσεων πρόβλεψης ($p < 0,05$). Οι συγκρίσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα Π12.Π7.



Και μεταξύ των ερωτήσεων εξήγησης και πρόβλεψης του τεστ Β υπάρχουν διαφορές που είναι στατιστικά σημαντικές [$F(1,56) = 60,210$ $p=0,000$ / μη παραμετρικό $z = -5,740$, $p= 0,000$]. Μια πιο λεπτομερής στατιστική σύγκριση έδειξε να διαφοροποιούνται οι ερωτήσεις πρόβλεψης από αυτές που είχαν διδαχθεί ($p<0,01$) εκτός από τις ενότητες 2 (Ιδιότητες της ύλης) και 4 (Διάλυση). Και εδώ στο τεστ Β, όπως και στο τεστ Α, οι ερωτήσεις της ενότητας 2 απαντώνται το ίδιο εύκολα ανεξάρτητα αν διδάχθηκαν ή δεν διδάχθηκαν. Παρόμοια και οι ερωτήσεις της διάλυσης απαντώνται σε μοριακό επίπεδο ανεξάρτητα αν διδάχθηκαν ή όχι. Μπορούμε να ισχυριστούμε ότι το σωματιδιακό μοντέλο χρησιμοποιείται ικανοποιητικά από τους μαθητές για την ερμηνεία ιδιοτήτων της ύλης και διάλυσης (Πίνακας Π12.Π7).

Για μια πιο αναλυτική σύγκριση των ερωτήσεων εξήγησης και πρόβλεψης παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.2.2.1 τα ποσοστά ανά ειδική κατηγορία απαντήσεων. Παρατηρούμε ότι τα ποσοστά αποδεκτών (και πλήρων απαντήσεων) είναι υψηλότερα στις ερωτήσεις εξήγησης και στα δυο τεστ ενώ μικρότερα είναι τα ποσοστά εναλλακτικών απαντήσεων. Στις ερωτήσεις πρόβλεψης οι μαθητές της Π1 σε μεγαλύτερα ποσοστά δεν δίνουν απαντήσεις. Επίσης στο τεστ Α στις ερωτήσεις πρόβλεψης σημειώνονται μεγαλύτερα ποσοστά εναλλακτικών μακροσκοπικών απαντήσεων απ' ό,τι στις ερωτήσεις εξήγησης.

Πίνακας 12.2.2.1.: Ποσοστά (%) απαντήσεων ανά κατηγορία για τους μαθητές της Π1 στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης στα δυο τεστ.

Σύνολο εξηγ	Πλήρης σωμ.	Πλήρης μακρ.	Εν μέρει σωμ.	Εν μέρει μακρ.	Εναλ. μακρ.	Εναλ σωμ.	Όχι καταν.
Π1testA(εξηγ)	32,6	0,4	44,9	0,0	4,9	12,3	4,9
Π1testB(εξηγ)	41,4	0,0	45,6	0,0	0,0	11,2	1,8
Σύνολο(προ)	Πλήρης σωμ.	Πλήρης μακρ.	Εν μέρει σωμ.	Εν μέρει μακρ.	Εναλ. μακρ.	Εναλ σωμ.	Όχι καταν.
Π1test A(προ)	28,2	0,0	36,0	4,1	10,4	13,9	7,4
Π1test B(προ)	34,6	0,0	45,5	0,0	1,3	14,2	4,5

Τα ποσοστά που σημειώθηκαν ανά γενική κατηγορία στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης διαφοροποιούνται σημαντικά (Πίνακας Π12.Π8). Στο τεστ Β σημειώνονται μεγαλύτερα ποσοστά αποδεκτών και πλήρων απαντήσεων απ' ό,τι στο τεστ Α και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης. Στατιστικά σημαντικές είναι και οι διαφορές ποσοστών μεταξύ τεστ Α και τεστ Β και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης.

Στον Πίνακα 12.2.2.2. κατηγοριοποιούνται οι απαντήσεις στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας (Johnson 1998c).

Πίνακας 12.2.2.2.: Ποσοστά ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας των ερωτήσεων εξήγησης και πρόβλεψης

(εξηγ)	X	A	A1	AB	XC	B	B*	W	BC	C	C*	Αταξ.	Όχι καταν.
Π1testA	5,3	1,1	0,0	0,0	2,8	4,2	0,0	0,0	3,5	44,9	32,6	0,7	4,9
Π1testB	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	2,8	45,6	41,4	0,7	1,8
(προ)	X	A	A1	AB	XC	B	B*	W	BC	C	C*	Αταξ.	Όχι καταν.
Π1testA	14,5	1,5	0,0	0,6	1,0	9,0	0,4	0,3	0,0	36,0	28,2	1,1	7,4
Π1testB	1,3	1,4	0,5	0,8	0,6	9,3	0,3	0,0	0,0	45,5	34,6	1,4	4,5

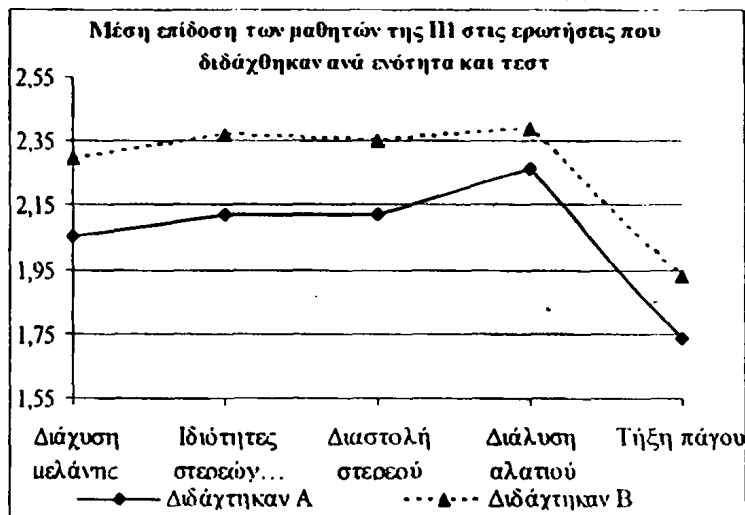
Όπως προκύπτει από τα δεδομένα του Πίνακα 12.2.2.2. στις ερωτήσεις πρόβλεψης το μοντέλο Β, κατά το οποίο αποδίδονται μακροσκοπικές ιδιότητες στα μόρια, παρουσιάζεται πιο συχνά (ποσοστό 9% στο τεστ Α και 9,3% στο τεστ Β έναντι 4,2% και 6,3% αντίστοιχα στις ερωτήσεις εξήγησης). Επίσης στις ερωτήσεις πρόβλεψης σημειώνονται απαντήσεις μη κατανόησης σε μεγαλύτερα ποσοστά από τις ερωτήσεις εξήγησης.



Συμπερασματικά οι μαθητές σημειώνουν καλύτερες επιδόσεις σε θέματα που διδάχθηκαν ενώ δεν χρησιμοποιούν τις σωματιδιακές ιδέες σε νέα περιβάλλοντα. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και Skamp (1999).

12.2.3. Αναλυτική σύγκριση της μέσης επίδοσης μεταξύ μόνο των θεμάτων που εξήγησαν-διδάχθηκαν

Προκειμένου να ερευνήσουμε ποια ενότητα από αυτές που εξήγησαν-διδάχθηκαν παρουσιάζει ευκολία για τους μαθητές κάναμε μια αναλυτική σύγκριση των σχετικών ερωτήσεων. Αυτές ήταν: 1. η διάχυση μελάνης σε νερό, 2. η εξήγηση του σχήματος στερεού - υγρού, 3. η διαστολή στερεού. 4. η διάλυση κόκκου αλατιού σε νερό, 5. η τήξη πάγου.



Διάγραμμα 12.6.: Μέση επίδοση της ΠΙ στις ερωτήσεις που διδάχθηκαν (εξήγησης) ανά ενότητα και τεστ

Η καλύτερη επίδοση σημειώθηκε στην ερώτηση 4 ακολουθούμενη από την 2 και 3. Η πιο χαμηλή επίδοση παρατηρήθηκε στην ερώτηση 5 τήξης πάγου (Διάγραμμα 12.6). Οι ερωτήσεις που οι μαθητές διδάχθηκαν διαφοροποιούνται στο σύνολο (ομοιογένεια συνδιακύμανσης Mauchly's $W = 0,802$, $df = 9$, $p = 0,215 / F(4,224) = 8,733$, $p = 0,000 / Friedman Test Chi-Square = 28,893$, $df = 4$, $p = 0,000$). Η ερώτηση 5 διαφοροποιείται από την 1 ($p < 0,05$), τις 2, 3, 5 ($p = 0,000$) ενώ δεν διαφοροποιούνται μεταξύ τους οι 2-3, 2-4, 3-4. Τα αποτελέσματα αυτά αναδεικνύουν την ερώτηση της τήξης την πιο δύσκολη ερώτηση. Και στις ερωτήσεις εξήγησης οι επιδόσεις στο τεστ Β είναι υψηλότερες από αυτές στο τεστ Α και οι διαφορές στα δυο τεστ είναι στατιστικά σημαντικές [$F(1, 56) = 25,160$, $p = 0,000$, $z = -4,247$, $p = 0,000$]. Όσον αφορά τον παράγοντα τεστ οι ερωτήσεις που οι μαθητές διδάχθηκαν διαφοροποιούνται ανά ενότητα σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$. Οι επιδόσεις στις ερωτήσεις στο τεστ Β είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες στο τεστ Α.

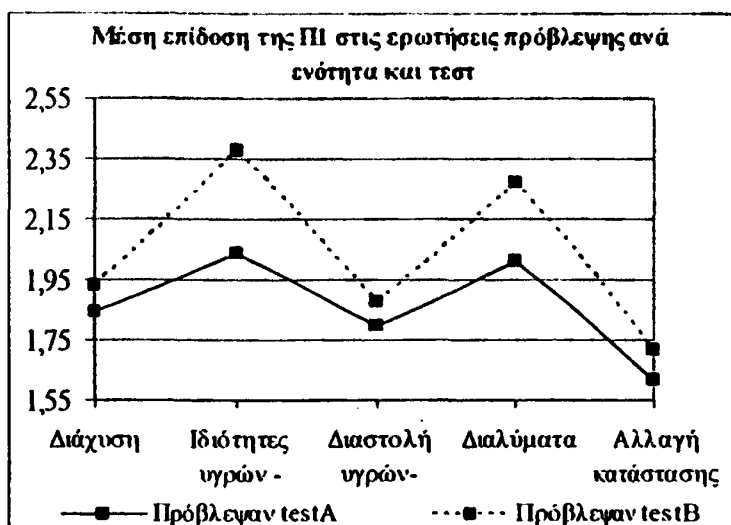
Θεωρώντας μόνο τις ερωτήσεις που διδάχθηκαν οι μαθητές της ΠΙ στο τεστ Α διαφοροποιούνται στο σύνολο [$F(4,224) = 6,007$, $p = 0,000 / Friedman Test Chi-Square = 23,603$, $df = 4$, $p = 0,000$]. Η πιο δύσκολη ερώτηση είναι η 5, που διαφοροποιείται από τις 1, 2, 3, 4 ($p < 0,05$), διαφοροποιείται επίσης η 1 από την 4 ενώ τα άλλα ζεύγη δεν διαφοροποιούνται (Πίνακας Π12.Π9). Και οι ερωτήσεις στο τεστ Β που διδάχθηκε η ΠΙ διαφοροποιούνται [$F(4,224) = 8,260$, $p = 0,000 / Friedman Test Chi-Square = 33,502$, $df = 4$, $p = 0,000$]. Και στο τεστ Β η πιο δύσκολη ερώτηση είναι η 5 και οι πιο εύκολες η 4, η 2 και η 3. Η διαστολή στερεού που οι μαθητές διδάχθηκαν είναι ένα εύκολο θέμα για τους μαθητές. Η διαστολή δεν δυσκολεύει τους μαθητές και στην έρευνα των Lee et al. 1993. Η σύγκριση ανά ζεύγη έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ 1-5 ($p < 0,05$) και 2-5, 3-5 4-5 ($p = 0,000$), ενώ τα άλλα ζεύγη δεν διαφοροποιούνται σε απόλυτη συμφωνία με το παραμετρικό κριτήριο (Πίνακας Π12.Π9).



12.2.4. Σύγκριση των ερωτήσεων πρόβλεψης μεταξύ τους

Οι ερωτήσεις πρόβλεψης ήταν: 1. διάχυση αρώματος, 2. Σχήμα αερίου, συμπίεση υγρού, συμπίεση αερίου και συμπίεση αερίου μέχρι τέρμα, 3. διαστολή υγρού και διαστολή αερίου, 4. τι συμβαίνει στη διάλυση μετά από ώρα, γιατί ο κόκκος άμμου δεν διαλύεται, διάλυση με θέρμανση και με ανακάτεμα, 5. ενέργεια στην τήξη, βρασμός και συμπύκνωση ατμών.

Στις ερωτήσεις πρόβλεψης και στο σύνολο και στα δυο τεστ η καλύτερη επίδοση σημειώθηκε στην ενότητα 2 ακολουθούμενη από την 4 και η πιο χαμηλή στην ενότητα 5 (Διάγραμμα 12.7). Η ερμηνεία κυρίως της συμπύκνωσης αερίου δυσκόλεψε τους μαθητές. Άλλη δυσκολία παρουσιάστηκε στην ερμηνεία διαστολής υγρών και κυρίως αερίων που οι μαθητές δεν είχαν διδαχθεί. Η δυσκολία αυτή φαίνεται ότι οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές δεν είχαν κατανοήσει τη σωματιδιακή και υλική δομή των αερίων και αγνοούσαν τις πιέσεις στα τοιχώματα των δοχείων. Γι' αυτό στο σύνολο η ενότητα της διαστολής δεν ήταν από τις εύκολες. Οι ερωτήσεις πρόβλεψης στο σύνολο παρουσιάζουν διαφορές ανά ενότητα. [$F(4,224) = 24,682$, $p = 0,000$ / Friedman Test Chi-Square = 81,290, $df = 4$, $p = 0,000$]. Η σύγκριση ανά ζεύγη έδωσε σημαντική διαφοροποίηση στις ενότητες 1-2, 2-3, 2-5, 3-4, 4-5 ($p = 0,000$) και 1-4, 1-5, 3-5 ($p < 0,05$) ενώ δεν διαφοροποιούνται τα ζεύγη 1-3, 2-4 (Πίνακας Π12.Π10). Στις ερωτήσεις πρόβλεψης του τεστ Β σημειώνεται καλύτερη επίδοση από το τεστ Α [$F(1,56) = 22,716$, $p = 0,000$ / $z = -4,559$, $p = 0,000$]. Σημαντική και η αλληλεπίδραση ενότητα*test [$F(4,224) = 5,061$, $p = 0,001$]. Αναλυτικά οι συγκρίσεις μεταξύ τεστ Α και τεστ Β ανά ενότητα έδωσαν διαφοροποίηση στις ερωτήσεις 2, 4, 5 ($p < 0,05$) ενώ δεν παρατηρούνται διαφορές στις 1 και 3 (Πίνακας Π12.Π10). Οι ερωτήσεις που δεν διδάχτηκαν (πρόβλεψης) στο τεστ Α διαφοροποιούνται [$F(4,224) = 9,013$, $p = 0,000$ / μη παραμετρικό Chi-Square = 44,620, $df = 4$, $p = 0,000$]. Οι ανά ζεύγη συγκρίσεις έδωσαν σημαντική διαφοροποίηση στις ενότητες 1-2, 1-5, 2-3, 3-4, 3-5, 2-5, 4-5 ($p < 0,05$) και 1-4 ($p < 0,1$). Δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των ερωτήσεων 1-3, 2-4 (Πίνακας Π12.Π10). Αλλά και στο τεστ Β οι ερωτήσεις που δεν διδάχτηκαν (πρόβλεψης) διαφοροποιούνται στο σύνολο [$F(4,224) = 36,589$, $p = 0,000$ / μη παραμετρικό Chi-Square = 103,067, $df = 4$, $p = 0,000$]. Οι ανά ζεύγη συγκρίσεις έδωσαν σημαντική διαφοροποίηση ($p < 0,05$) στα ζεύγη 1-5, 3-5, 1-2, 1-4, 2-3, 3-4, 2-5, 4-5. Δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των ερωτήσεων 1-3, 2-4. Το κριτήριο F δίνει για το ζεύγος 2-4 διαφορές σε επίπεδο $p < 0,1$ (Πίνακας Π12.Π10).

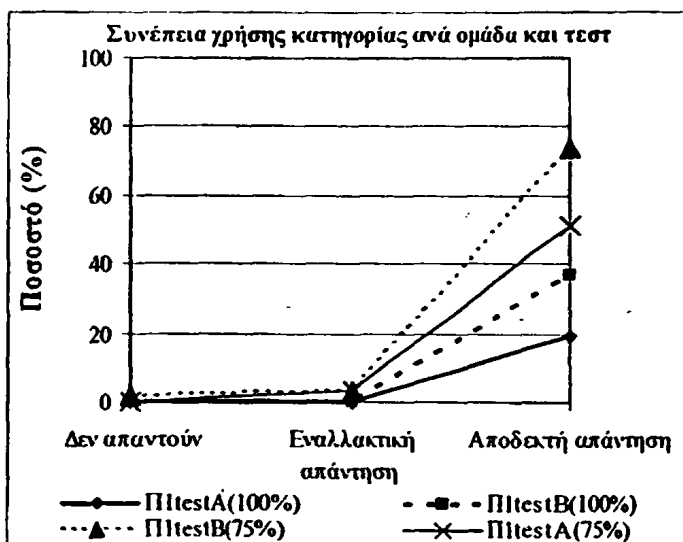


Διάγραμμα 12.7.: Μέση επίδοση της ΠΙ στις ερωτήσεις πρόβλεψης ανά ενότητα και τεστ

12.2.5. Συνέπεια στη χρήση κατηγορίας (αποδεκτή απάντηση, εναλλακτική απάντηση, μη κατανόηση)

Τα ποσοστά συνελών ανά κατηγορία απαντήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.2.5.1. και απεικονίζονται στο Διάγραμμα 12.8. Στο 75% των απαντήσεων οι μαθητές της ΠΙ έδωσαν

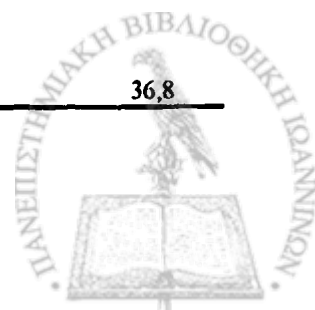
αποδεκτές απαντήσεις με μεγαλύτερη συνέπεια στην ενότητα Ιδιοτήτων στερεών... (71,9% στο τεστ Α και 93% στο τεστ Β). Το ίδιο και στο 100% των απαντήσεων. Ωστόσο συνεπείς στην χρήση πλήρων απαντήσεων έδωσαν οι μαθητές στην ενότητα της Διάλυσης στα δυο τεστ και στο 75% των απαντήσεων (40,4%) και στο 100% των απαντήσεων (17,5%). Στο σύνολο του τεστ Α και στο 75% των απαντήσεων συνέπεια στην κατηγορία “εναλλακτικές απαντήσεις” παρουσίασε το 3,5% και στην κατηγορία “αποδεκτές απαντήσεις” το 50,9%. Στο τεστ Β και στο 75% των απαντήσεων συνέπεια στην κατηγορία “δεν απαντούν” έδωσε το 1,8%, στην κατηγορία “εναλλακτικές απαντήσεις” το 3,5% και στην κατηγορία “αποδεκτές απαντήσεις” το 73,7%. Στο 75% των απαντήσεων 3 μαθητές (5,3%) έδωσαν με συνέπεια πλήρεις απαντήσεις στο σύνολο των ερωτήσεων και στο τεστ Α και στο τεστ Β.



Διάγραμμα 12.8.: Συνέπεια ανά κατηγορία και τεστ για την ομάδα Π1 στο σύνολο των ενοτήτων

Πίνακας 12.2.5.1.: Συνέπεια χρήσης κατηγορίας στο 75% των απαντήσεων και στο 100% στο σύνολο ανά ενότητα και στο σύνολο των ενοτήτων Π1

Τεστ	Κατηγορία	Διάχυση	Ιδιότητες στερεών ...	Διαστολή	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης	Σύνολο
Τεστ Α (75%)	Δεν απαντούν					1,8	
	Εναλλακτική απάντηση	15,8	5,3	7	10,5	7	3,5
	Μερικώς αποδεκτή	29,8	10,5	8,8	7,0	42,1	1,8
	Πλήρης	10,5	7,0	14,0	29,8	5,3	5,3
Τεστ Β (75%)	Αποδεκτή απάντηση	59,6	71,9	45,6	57,9	56,1	50,9
	Δεν απαντούν		1,8		3,5	3,5	1,8
	Εναλλακτική απάντηση	12,3		8,8	5,3	15,8	3,5
	Μερικώς αποδεκτή	26,3	3,5	28,1	8,8	56,1	1,8
Τεστ Α (100%)	Πλήρης	14,0	15,8	0	40,4	10,5	5,3
	Αποδεκτή απάντηση	73,7	93	71,9	75,4	71,9	73,7
	Δεν απαντούν						
	Εναλλακτική απάντηση	15,8		7	11,8		
Τεστ Β (100%)	Μερικώς αποδεκτή	29,8		8,8		26,3	
	Πλήρης	10,5	3,5	14,0	17,5	3,5	1,8
	Αποδεκτή απάντηση	59,6	49,1	45,6	43,9	42,1	19,3
	Δεν απαντούν		1,8		1,8	3,5	
Τεστ Β (75%)	Εναλλακτική απάντηση	12,3		8,8	3,5	8,8	
	Μερικώς αποδεκτή	26,3		28,1		24,6	
	Πλήρης	14,0	3,5		22,8		
	Αποδεκτή απάντηση	73,7	84,2	71,9	59,6	43,9	36,8



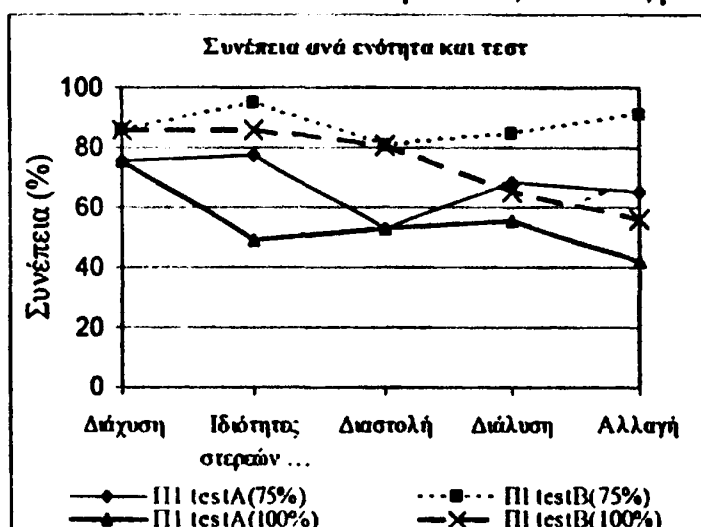
Στο σύνολο του τεστ Α και στο 100% των απαντήσεων συνέπεια στην κατηγορία «αποδεκτές απαντήσεις» έδειξε ένα ποσοστό 19,3% ενώ στο τεστ Β το 36,8%. Ένας μαθητής στο τεστ Α έδινε πλήρεις απαντήσεις στο 100% των απαντήσεων ενώ κανένας στο τεστ Β. Στο Διάγραμμα 12.9. παρουσιάζουμε την επί τοις εκατό συνέπεια ανεξάρτητα από κατηγορία για όλες τις ενότητες.

Στο 75% των απαντήσεων η συνέπεια μεταξύ των ενοτήτων παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές στο τεστ Α [N = 57, Cochran's Q = 11,811, df = 4, p = 0,019]. Στο τεστ Β η συνέπεια μεταξύ των ενοτήτων δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές [N=57, Cochran's Q = 7,034 df = 4, p = 0,134]. Όταν οι μαθητές απαντούν σε σωματιδιακό πλαίσιο, χρησιμοποιούν το σωματιδιακό μοντέλο με πιο μεγάλη συνέπεια. Στο 100% η συνέπεια μεταξύ των ενοτήτων παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο στο τεστ Α [N=57, Cochran's Q = 22,257, df = 4, p = 0,000] όσο και στο τεστ Β [N = 57 Cochran's Q = 26,955 df = 4, p = 0,000]

Οι μαθητές παρουσιάζονται πιο συνεπείς όταν απαντούν στο τεστ Β παρά στο τεστ Α. Οι διαφορές των ποσοστών συνέπειας στο 75% και στο 100% των απαντήσεων των μαθητών μεταξύ τεστ Α και τεστ Β είναι στατιστικά σημαντικές

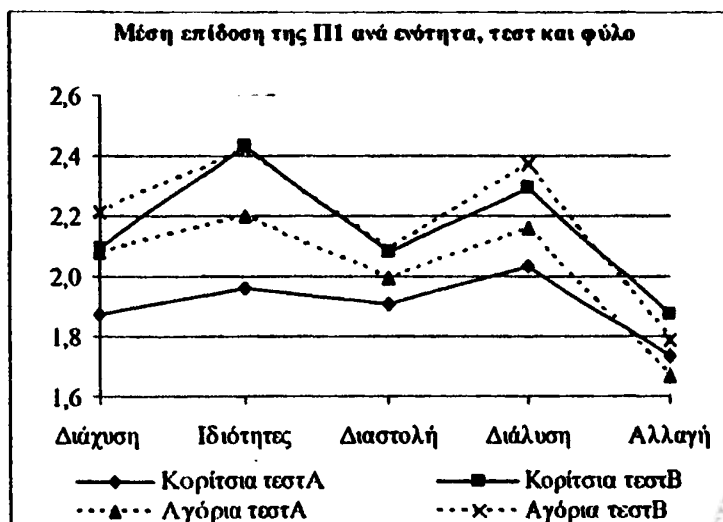
[Μεταξύ τεστ Α και τεστ Β στο 75% Pearson Chi-Square = 7,737 df = 1, p = 0,005

Μεταξύ τεστ Α και τεστ Β στο 100% Pearson Chi-Square = 4,345 df = 1, p = 0,037].



Διάγραμμα 12.9.: Συνέπεια, ανεξάρτητα από κατηγορία, ανά ενότητα και τεστ για την ομάδα ΠΙ

12.2.6. Σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών της ΠΙ ως προς τον παράγοντα “φύλο”



Διάγραμμα 12.10.: Μέση επίδοση της ΠΙ ανά ενότητα, τεστ και φύλο



Στον Πίνακα 12.2.6.1 δίνονται τα ποσοστά απαντήσεων ανά γενική κατηγορία αγοριών και κοριτσιών και εικονίζονται στο Διάγραμμα 12.10. Τα ποσοστά υπολογίστηκαν στο σύνολο των απαντήσεων.

Πίνακας 12.2.6.1.: Ποσοστά ανά γενική κατηγορία απαντήσεων για τα αγόρια και τα κορίτσια της Π1

Τεστ	Φύλο	Σύνολο απαντήσεων				Σύνολο απαντήσεων
		Δεν απαντούν	Εναλλακτική	Εν μέρει αποδεκτή	Πλήρης	
ΤεστΑ	Κορίτσια (N=23)	6,6%	25,4%	42,8%	25,2%	437
	Αγόρια (N=34)	6,8%	20,4%	40,4%	32,4%	646
ΤεστΒ	Κορίτσια (N=23)	1,4%	16,2%	49,7%	32,7%	437
	Αγόρια (N=34)	5,4%	13,0%	42,7%	38,9%	646

Τα αγόρια παρουσιάζουν καλύτερες επιδόσεις από τα κορίτσια σε όλες τις ενότητες εκτός από την Αλλαγή κατάστασης. Ωστόσο οι επιδόσεις των αγοριών και των κοριτσιών δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε στο τεστ Α και στο τεστ Β. Δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των δυο φύλων στις επιμέρους ενότητες (Π12.Π11). Η σύγκριση με four-factor mixed ANOVA (φύλο*(ενότητα*τεστ*εξη/προ)) έδειξε ότι ο παράγοντας φύλο δεν είναι σημαντικός. Δεν είναι σημαντική ούτε η αλληλεπίδραση φύλου με τους παράγοντες ενότητα, τεστ, εξη/προ (Π12.Π5).

Αν και οι μέσες επιδόσεις αγοριών και κοριτσιών δεν διαφοροποιούνται, τα αγόρια δίνουν πλήρεις απαντήσεις σε μεγαλύτερο ποσοστό και εναλλακτικές απαντήσεις σε μικρότερο ποσοστό από τα κορίτσια και στο τεστ Α και στο τεστ Β. Οι διαφορές των ποσοστών ανά κατηγορία είναι στατιστικά σημαντικές [Τεστ Α Pearson Chi-Square Value = 7,802, df = 3, p = 0,050 / Τεστ Β Pearson Chi-Square = 18,628, df = 3, p = 0,000].

Σημείωση: Τα τμήματα Π1(Σχ1), Π1(Σχ2) και Π1(Σχ3) των τριών διαφορετικών σχολείων, που αποτέλεσαν την Π1, σημείωσαν επιδόσεις που δεν διαφοροποιούνται μεταξύ τους (Πίνακας Π12.Π12), ούτε στο σύνολο των τεστ Α και τεστ Β αλλά ούτε και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης.

12.3. Πειραματική ομάδα 2 (Π2)

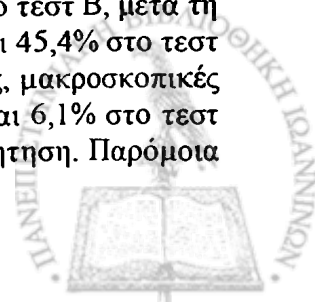
Στην ενότητα αυτή συγκρίνονται τα δεδομένα για τις Π2(διδ), Π2pre(συζ), Π2post(συζ).

12.3.1. Συγκρίσεις εντός της Π2 στο σύνολο των ενοτήτων που οι μαθητές αρχικά δεν διδάχθηκαν αλλά στη συνέχεια συζήτησαν σε ομάδες (Π2pre(συζ) και Π2post(συζ))

Προκειμένου να απαντήσουμε στο ερευνητικό ερώτημα κατά πόσο η συζήτηση στις ομάδες βελτιώνει την επίδοση των μαθητών, συγκρίναμε τις επιδόσεις πριν και μετά τη συζήτηση. Οι επιδόσεις συγκρίθηκαν ανά ζεύγη και με το μη παραμετρικό κριτήριο (Wilcoxon Signed Ranks Test) και με το t-τεστ. Επίσης τα ποσοστά ανά γενική κατηγορία συγκρίθηκαν με το κριτήριο χ-τετράγωνο. Πολυπαραγοντικές συγκρίσεις έγιναν με ANOVA within subjects.

12.3.1.1. Κατηγορίες απαντήσεων της Π2 πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες

Όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 11.1.1. πριν τη συζήτηση οι πλήρεις σωματιδιακές απαντήσεις είναι σε ποσοστό 4,8% στο τεστ Α και 8,8% στο τεστ Β. Μετά τη συζήτηση οι πλήρεις σωματιδιακές αυξάνουν (29,9% στο τεστ Α και 31,4% στο τεστ Β). Μεγάλη αύξηση μετά τη συζήτηση παρατηρείται και στις εν μέρει αποδεκτές σωματιδιακές απαντήσεις. Έτσι ενώ πριν τη συζήτηση οι εν μέρει αποδεκτές είναι σε ποσοστό 13,4% στο τεστ Α και 28,5% στο τεστ Β, μετά τη συζήτηση τα ποσοστά εν μέρει αποδεκτών απαντήσεων είναι 41,5% στο τεστ Α και 45,4% στο τεστ Β. Μεγάλη μείωση μετά τη συζήτηση παρατηρείται στις εναλλακτικές απαντήσεις, μακροσκοπικές και σωματιδιακές. Έτσι οι εναλλακτικές μακροσκοπικές από 40,8% στο τεστ Α και 6,1% στο τεστ Β πριν τη συζήτηση, γίνονται 8,7% στο τεστ Α και 2,2% στο τεστ Β μετά τη συζήτηση. Παρόμοια



οι εναλλακτικές σωματιδιακές από 23,2% στο τεστ Α και 49,1% στο τεστ Β, μετά τη συζήτηση γίνονται 15,3% στο τεστ Α και 19,5% στο τεστ Β. Μετά τη συζήτηση παρατηρείται μεγάλη μείωση των απαντήσεων μη κατανόησης. Από 16% στο τεστ Α και 7,5% στο τεστ Β πριν τη συζήτηση, γίνονται 4,7% στο τεστ Α και 1,5% στο τεστ Β, μετά τη συζήτηση.

Στον Πίνακα 11.1.2. παρουσιάζονται τα ποσοστά ανά μοντέλο ανάλογα με το βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας. Οι συνεχείς αντιλήψεις από 42,5% στο τεστ Α και 6,1% στο τεστ Β πριν τη συζήτηση, μειώνονται σε 8,7% στο τεστ Α και 2,2% στο τεστ Β μετά τη συζήτηση. Μείωση μετά τη συζήτηση παρατηρείται και στο μοντέλο Α, κατά το οποίο τα μόρια είναι μέσα σε συνεχείς ουσίες. Από 1,2% στο τεστ Α και 8,6% στο τεστ Β, μετά τη συζήτηση γίνονται 1% και στα δυο τεστ. Μείωση παρατηρείται και στα ποσοστά των μικτών μοντέλων ΧC, ΒC που σημειώθηκαν όταν δυο ουσίες ανακατεύονται. Στο μοντέλο ΧC η μια ουσία περιγράφεται με μόρια ενώ η άλλη ως συνεχής. Στο ΒC η διάσπαση της ουσίας σε μόρια είναι προσωρινή κατάσταση και στη συνέχεια αυτά λιώνουν. Το μοντέλο ΧC εμφανίζεται στο τεστ Α σε ποσοστό 3,5% και στο τεστ Β σε ποσοστό 4,6%, ενώ μετά τη συζήτηση 1,2% στο τεστ Α και 1,5% στο τεστ Β. Το μοντέλο ΒC εμφανίζεται στο τεστ Α σε ποσοστό 4,4% και 6,1% στο τεστ Β, ενώ μετά τη συζήτηση 3,7% στο τεστ Α και 2,5% στο τεστ Β. Από τα σωματιδιακά μοντέλα που σημειώθηκαν σε μεγάλο ποσοστό είναι το μοντέλο Β. Κατά τις συζητήσεις εξετάστηκαν από τους μαθητές οι εναλλακτικές αντιλήψεις που αφορούν τις μακροσκοπικές ιδιότητες των μορίων. Έτσι από 10,5% στο τεστ Α και 24,8% στο τεστ Β πριν τη συζήτηση, παρέμειναν μετά τη συζήτηση 7,4% στο τεστ Α και 12,3% στο τεστ Β. Ωστόσο, το μοντέλο Β είναι το μοντέλο που παραμένει και μετά τη συζήτηση σε σημαντικά ποσοστά.

12.3.1.2. Ποσοστά απαντήσεων των μαθητών της Π2 που βελτιώθηκαν, διατηρήθηκαν ίδιες ή χειροτέρεψαν μετά τις συζητήσεις στις ομάδες

Στους Πίνακες των παραρτημάτων των επιμέρους κεφαλαίων Π5.Π9, Π6.Π10, Π6.Π11, Π7.Π10, Π7.Π11, Π8.Π9 παρουσιάζονται οι επιδόσεις ανά μαθητή πριν και μετά τη συζήτηση. Με βάση τους πίνακες αυτούς υπολογίστηκαν τα ποσοστά απαντήσεων μαθητών που βελτιώθηκαν, διατηρήθηκαν ίδιες ή χειροτέρεψαν μετά τις συζητήσεις στις ομάδες. Τα ποσοστά υπολογίστηκαν στο σύνολο 405 απαντήσεων, παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.3.1.2.1 και αποδίδονται στο Διάγραμμα 12.11.

Πίνακας 12.3.1.2.2.: Συχνότητες και ποσοστά απαντήσεων των μαθητών της Π2 που βελτιώθηκαν, διατηρήθηκαν ίδιες ή υπαναχώρησαν μετά τις συζητήσεις στις ομάδες ανά γενική κατηγορία απαντήσεων.

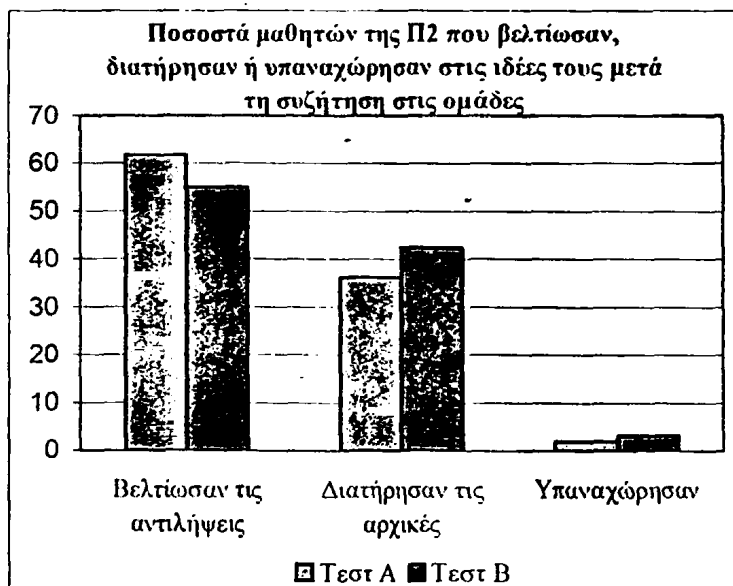
		τεστ Α	τεστ Β	τεστ Α	τεστ Β
		Συχνότητες	Ποσοστά (%)	Συχνότητες	Ποσοστά (%)
Απαντήσεις που βελτιώθηκαν	Από μη κατανόησης σε εναλλακτική	10	9	2,5	2,2
	Από μη κατανόησης σε εν μέρει αποδεκτή	20	9	4,9	2,2
	Από μη κατανόησης σε πλήρως αποδεκτή	16	4	4,0	1,0
	Από εναλλακτική σε εν μέρει αποδεκτή	116	110	28,6	27,2
	Από εναλλακτική σε πλήρως αποδεκτή	51	35	12,6	8,6
	Από εν μέρει σε πλήρως αποδεκτή	36	54	8,9	13,3
Απαντήσεις που διατηρήθηκαν	Διατήρηση απάντησης μη κατανόησης	11	1	2,7	0,2
	Διατήρηση εναλλακτικής απάντησης	86	71	21,2	17,5
	Διατήρηση εν μέρει αποδεκτής απάντησης	31	65	7,7	16,0
	Διατήρηση πλήρως αποδεκτής απάντησης	19	34	4,7	8,4
Απαντήσεις που χειροτέρεψαν	Από πλήρως αποδεκτή σε εν μέρει αποδεκτή		0		
	Από πλήρως αποδεκτή σε εναλλακτική		1		0,2
	Από πλήρως αποδεκτή σε μη κατανόησης		0		
	Από εν μέρει αποδεκτή σε εναλλακτική	1	7	0,2	1,7
	Από εν μέρει αποδεκτή σε μηδενική		1		0,2
	Από εναλλακτική σε μηδενική απάντηση	8	4	2,0	1,0

Πίνακας 12.3.1.2.1: Ποσοστά απαντήσεων των μαθητών της Π2 που βελτιώθηκαν, διατηρήθηκαν ίδιες ή υπαναχώρησαν μετά τις συζητήσεις στις ομάδες. Τα ποσοστά υπολογίστηκαν στο σύνολο των απαντήσεων.

	Π2(Σγ1)		Π2(Σγ2)		Π2(Σγ3)		Σύνολο	
	ΤεστΑ	ΤεστΒ	ΤεστΑ	ΤεστΒ	ΤεστΑ	ΤεστΒ	ΤεστΑ	ΤεστΒ
Βελτίωσαν	64,6	46,9	49,2	52,5	68,3	59,8	61,5	54,6
Διατήρησαν	33,3	53,1	46,7	43,3	31,2	35,9	36,3	42,2
Υπαναχώρησαν	2,1	0,0	4,2	4,2	0,5	4,2	2,2	3,2

Μετά τη συζήτηση μεγάλο ποσοστό απαντήσεων βελτιώθηκαν (61,5% στο τεστ Α και 54,6% στο τεστ Β). Αρκετές απαντήσεις διατηρήθηκαν (36,3% στο τεστ Α και 42,2% στο τεστ Β). Ελάχιστες απαντήσεις ήταν υπαναχώρησης (2,2% στο τεστ Α και 3,2% στο τεστ Β). Αναλυτικότερα οι συχνότητες και τα ποσοστά απαντήσεων βελτίωσης, διατήρησης και υπαναχώρησης ανά γενική κατηγορία παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.3.1.2.2.

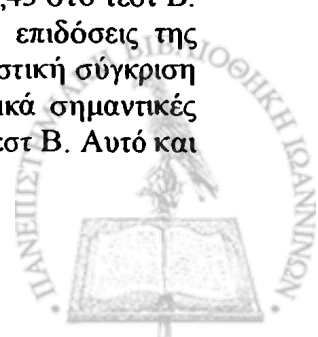
Παρατηρούμε ότι μετά τη συζήτηση μεγάλο ποσοστό εναλλακτικών απαντήσεων βελτιώθηκαν σε εν μέρει αποδεκτές (28,6% στο τεστ Α και 27,2% στο τεστ Β). Μεγάλο ποσοστό εναλλακτικών απαντήσεων πριν τη συζήτηση διατηρούνται και μετά τη συζήτηση (21,2% στο τεστ Α και 17,5% στο τεστ Β). Ένα σημαντικό ποσοστό εναλλακτικών απαντήσεων βελτιώθηκαν σε πλήρως αποδεκτές (12,6 % στο τεστ Α και 8,6% στο τεστ Β). Αρκετές απαντήσεις από εν μέρει αποδεκτές βελτιώθηκαν σε πλήρεις (8,9% στο τεστ Α και 13,3% στο τεστ Β). Αρκετές απαντήσεις εν μέρει αποδεκτές διατηρήθηκαν μετά τη συζήτηση, όπως και πλήρεις αποδεκτές. Από τις 9 απαντήσεις υπαναχώρησης στο τεστ Α οι 8 απαντήσεις μετά τη συζήτηση ήταν μη κατανόησης ενώ πριν τη συζήτηση ήταν εναλλακτικές και μια από εν μέρει αποδεκτή έγινε εναλλακτική. Στο τεστ Β από σύνολο 13 απαντήσεων στις οποίες σημειώθηκε υπαναχώρηση, οι 7 αφορούν υπαναχώρηση από εν μέρει αποδεκτή σε εναλλακτική, οι 4 από εναλλακτική σε μη κατανόηση, μια απάντηση από εν μέρει σε μη κατανόηση και μια από πλήρη σε μη κατανόηση.



Διάγραμμα 12.11.: Ποσοστά μαθητών της Π2 που βελτίωσαν τις αντιλήψεις τους, διατήρησαν τις ίδιες ή υπαναχώρησαν μετά τις συζητήσεις στις ομάδες.

12.3.1.3. Σύγκριση της μέσης επίδοσης της Π2 πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες

Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για τις Π2pre(συζ), Π2post(συζ) παρουσιάζονται στην παράγραφο 11.1.4.2. Οι μέσες επιδόσεις της Π2pre(συζ) είναι 1,13 στο τεστ Α και 1,43 στο τεστ Β. Μετά τη συζήτηση βελτιώνονται οι επιδόσεις και στα δυο τεστ και οι μέσες επιδόσεις της Π2post(συζ) είναι 1,98 στο τεστ Α και 2,07 στο τεστ Β (Διάγραμμα 12.12.). Η στατιστική σύγκριση έδειξε ότι οι διαφορές των επιδόσεων πριν και μετά τη συζήτηση είναι στατιστικά σημαντικές (Πίνακας Π12.Π13). Στο τεστ Α σημειώνονται χαμηλότερες επιδόσεις απ' ό,τι στο τεστ Β. Αυτό και



πριν τη συζήτηση και μετά την συζήτηση. Οι διαφορές μεταξύ των δυο τεστ είναι στατιστικά σημαντικές.

Οι στατιστικές συγκρίσεις (two-factor (prepost * test) within subjects ANOVA) έδειξαν ότι οι επιδόσεις πριν και μετά τη συζήτηση διαφοροποιούνται [prepost $F(1,47) = 216,245$ $p = 0,000$] καθώς και οι επιδόσεις στα δυο τεστ [test $F(1,47) = 54,841$ $p = 0,000$]. Σημαντική είναι και η αλληλεπίδραση prepost * test [$F(1,47) = 23,533$, $p = 0,000$].

Στον Πίνακα 12.3.1.3. παρουσιάζονται τα ποσοστά ανά γενική κατηγορία απαντήσεων της Π2(συζ) και των επιμέρους τμημάτων Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) πριν και μετά τη συζήτηση. Τα ποσοστά υπολογίστηκαν στο σύνολο των απαντήσεων για όλους τους μαθητές που πήραν μέρος στη συζήτηση. Πριν τη συζήτηση οι μαθητές χρησιμοποιούν εναλλακτικές απαντήσεις και μετά τη συζήτηση αποδεκτές. Οι διαφορές στα ποσοστά ανά γενική κατηγορία πριν και μετά τη συζήτηση είναι στατιστικά σημαντικές (Π12.Π13.).

Πίνακας 12.3.1.3.: Ποσοστά ανά κατηγορία απαντήσεων της Π2(συζ) και των επιμέρους τμημάτων πριν και μετά τη συζήτηση

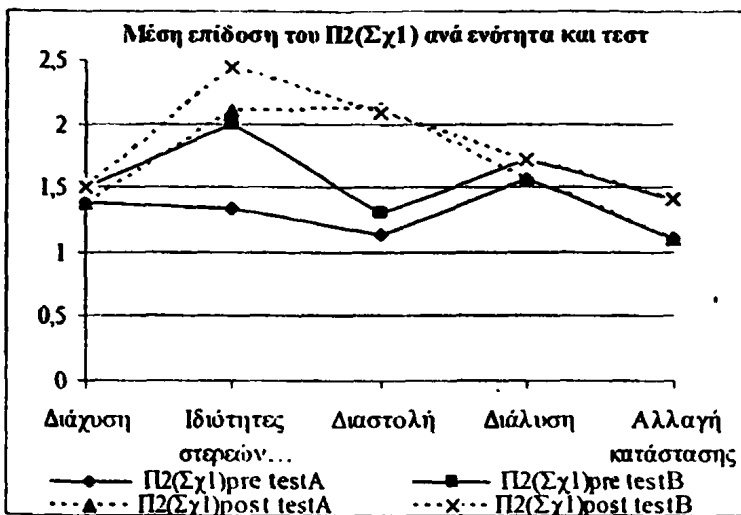
		Δεν απαντούν	Εναλλακτική	Εν μέρει αποδοκμή	Πλήρης
Π2pre(συζ)/ Π2post(συζ)	testA	14,1%	64,4%	16,8%	4,7%
	testB	4,7%	24,0%	41,5%	29,9%
Π2(Σχ1)pre(συζ)/ Π2(Σχ1)post(συζ)	testA	5,7%	54,6%	31,1%	8,6%
	testB	1,5%	21,7%	45,4%	31,4%
Π2(Σχ2)pre(συζ)/ Π2(Σχ2)post(συζ)	testA	10,4%	60,4%	21,9%	7,3%
	testB	4,2%	12,5%	52,1%	31,3%
Π2(Σχ3)pre(συζ)/ Π2(Σχ3)post(συζ)	testA	1,0%	41,7%	39,6%	17,7%
	testB	0,0%	7,3%	55,2%	37,5%
Π2(Σχ1)pre(συζ)/ Π2(Σχ1)post(συζ)	testA	10,8%	75,8%	7,5%	5,8%
	testB	8,3%	33,3%	38,3%	20,0%
Π2(Σχ2)pre(συζ)/ Π2(Σχ2)post(συζ)	testA	6,7%	67,5%	20,8%	5,0%
	testB	3,3%	30,8%	47,5%	18,3%
Π2(Σχ3)pre(συζ)/ Π2(Σχ3)post(συζ)	testA	18,0%	59,3%	20,1%	2,6%
	testB	2,6%	23,8%	38,1%	35,4%
Π2(Σχ1)pre(συζ)/ Π2(Σχ1)post(συζ)	testA	7,4%	52,9%	33,3%	6,3%
	testB	1,1%	23,3%	39,2%	36,5%

Αναλυτικά για κάθε τμήμα πριν και μετά τη συζήτηση η συζήτηση βελτίωσε τις επιδόσεις όλων των τμημάτων και οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές (Πίνακας Π12.Π14). Μετά τη συζήτηση στις ομάδες και για τα τρία τμήματα Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) παρατηρείται μια τάση α χρησιμοποιούνται και στο τεστ Α και στο τεστ Β κατηγορίες απαντήσεων που δεν διαφοροποιούνται σημαντικά.

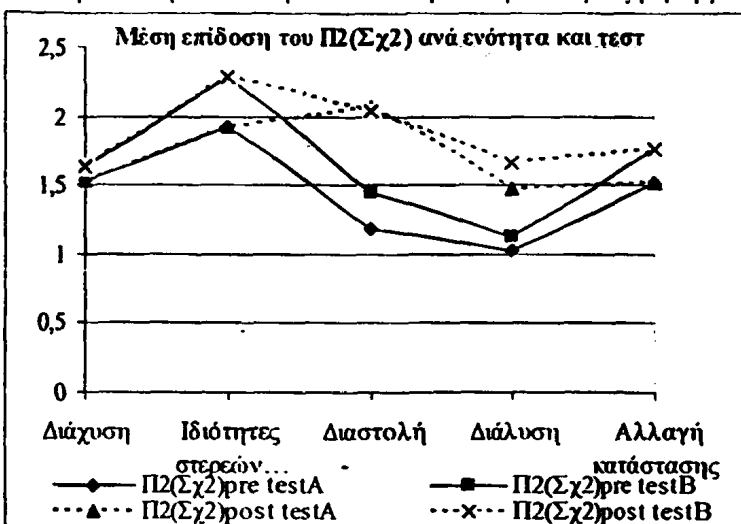
Στα Διαγράμματα 12.13.1, 12.13.2, 12.13.3. παρουσιάζονται οι μέσες επιδόσεις ανά ενότητα και τεστ πριν και μετά τη συζήτηση για το Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3).

Σημείωση: Στο σύνολο όλων των ερωτήσεων των δυο τεστ είτε διδάχθηκαν είτε συζήτησαν τα θέματα στις ομάδες, οι επιδόσεις των μαθητών της Π2 πριν και μετά τη συζήτηση, παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο $p < 0,001$ (Πίνακας Π12.Π15.).

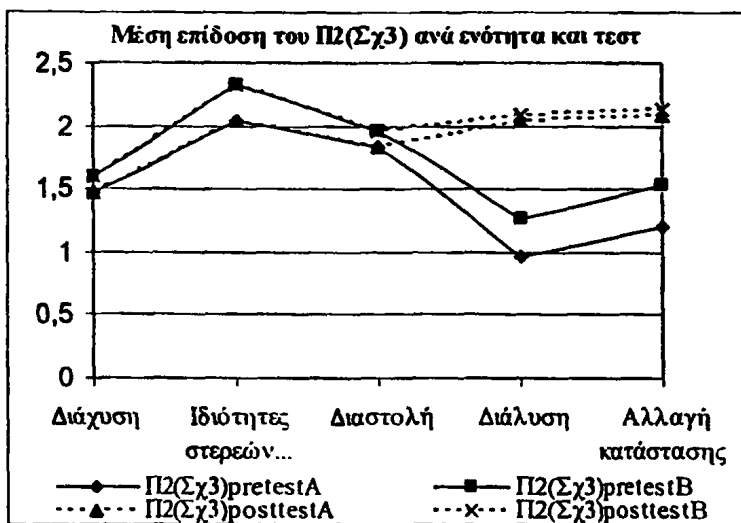




Διάγραμμα 12.13.1.: Μέση επίδοση ανά ενότητα και τεστ πριν και μετά τη συζήτηση για το Π2(Σχ1)



Διάγραμμα 12.13.2.: Μέση επίδοση ανά ενότητα και τεστ πριν και μετά τη συζήτηση για το Π2(Σχ2)

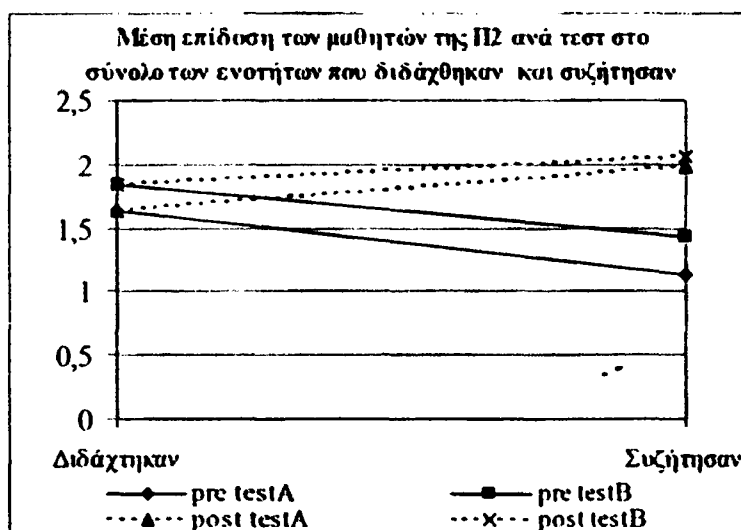


Διάγραμμα 12.13.3.: Μέση επίδοση ανά ενότητα και τεστ πριν και μετά τη συζήτηση για το Π2(Σχ3)



12.3.2. Σύγκριση των μέσων επιδόσεων της Π2 στις ενότητες που διδάχθηκαν και συζήτησαν

Οι μέσες επιδόσεις της Π2 στις ενότητες που διδάχθηκαν και συζήτησαν οι μαθητές παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.1.4.2 και αποδίδονται στο Διάγραμμα 12.14. Οι επιδόσεις στις ενότητες πριν συζητήσουν στις ομάδες είναι χαμηλότερες από αυτές που σημειώθηκαν στις ενότητες που οι μαθητές διδάχθηκαν. Μετά τη συζήτηση όμως στην Π2post(συζ) οι επιδόσεις βελτιώθηκαν σε σχέση με τις Π2(διδ) και Π2pre(συζ) και στο σύνολο παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Για όλα τα ζεύγη οι επιδόσεις στο τεστ Β είναι καλύτερες από το τεστ Α (Πίνακας Π12.Π16). Η σύγκριση two-factor (συζ/διδ * test) within subjects ANOVA έδειξε ότι ο παράγοντας συζήτησαν / διδάχθηκαν δεν διαφοροποιεί τα δυο τεστ [συζ/διδ * test $F(1,47) = 0,058$ $p = 0,811$]. Σημαντική είναι η αλληλεπίδραση συζ/διδ * prepost $F(1,47) = 216,245$ $p = 0,000$ και η αλληλεπίδραση συζ/διδ * prepost * test $F(1,47) = 23,533$ $p = 0,000$].



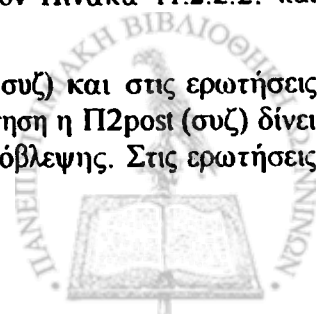
Διάγραμμα 12.14.: Μέση επίδοση ανά τεστ στο σύνολο των ενοτήτων που διδάχθηκαν και συζήτησαν

Αναλυτικά για τα επιμέρους τμήματα της Π2 η σύγκριση έδειξε τα εξής: Πριν τη συζήτηση οι μαθητές της Π2(Σχ1) στις ενότητες που συζήτησαν και διδάχθηκαν δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η συζήτηση βελτίωσε τις επιδόσεις της Π2(Σχ1)post(συζ). Μετά τη συζήτηση οι ενότητες που συζήτησαν και διδάχθηκαν διαφοροποιούνται στο τεστ Α και στο τεστ Β. Πριν τη συζήτηση στις ενότητες που διδάχθηκαν οι μαθητές του Π2(Σχ2) παρουσιάζουν καλύτερες επιδόσεις από αυτές της Π2(Σχ2)pre(συζ) και οι διαφορές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές. Μετά τη συζήτηση οι επιδόσεις των μαθητών βελτιώνονται αλλά δεν διαφοροποιούνται από την Π2(Σχ2)διδ. Πριν τη συζήτηση οι ενότητες που συζήτησαν και διδάχθηκαν διαφοροποιούνται καθώς οι μαθητές σημειώνουν καλύτερες επιδόσεις στις Π2(Σχ3)(διδ). Μετά τη συζήτηση βελτιώνονται οι επιδόσεις της Π2(Σχ3)post(συζ) και διαφοροποιούνται από αυτές της Π2(Σχ3)διδ στο τεστ Α και στο τεστ Β (Π12.Π17).

12.3.3. Σύγκριση της επίδοσης της Π2 στο σύνολο των ερωτήσεων εξήγησης και πρόβλεψης που διδάχθηκαν και συζήτησαν πριν και μετά τη συζήτηση

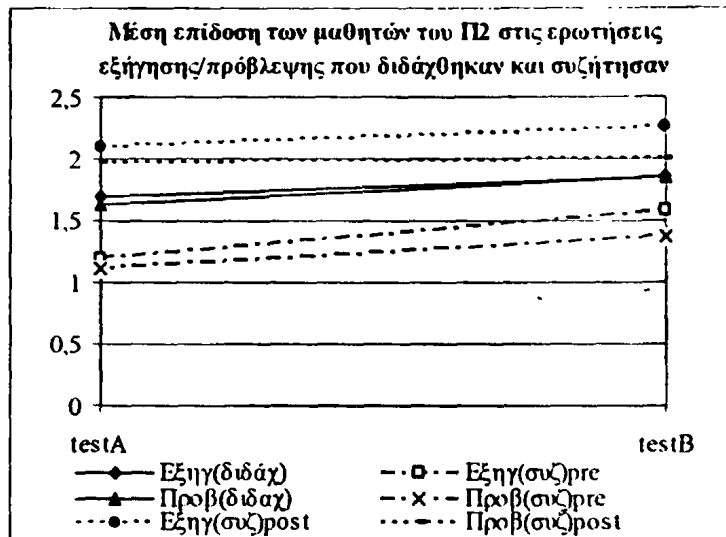
Οι μέσες τιμές των επιδόσεων στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης που διδάχθηκαν και συζήτησαν οι μαθητές πριν και μετά τη συζήτηση παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.2.2.2. και απεικονίζονται στο Διάγραμμα 12.15.

Οι επιδόσεις της Π2(διδ) είναι καλύτερες από αυτές της Π2pre(συζ) και στις ερωτήσεις πρόβλεψης και στις ερωτήσεις εξήγησης και στα δυο τεστ. Μετά τη συζήτηση η Π2post(συζ) δίνει καλύτερες επιδόσεις και στις ερωτήσεις εξήγησης και στις ερωτήσεις πρόβλεψης. Στις ερωτήσεις



πρόβλεψης σημειώνεται χαμηλότερη επίδοση από τις ερωτήσεις εξήγησης σε όλες τις ομάδες εκτός από την Π2(διδ)testB. Οι μέσες επιδόσεις στις ερωτήσεις πρόβλεψης και εξήγησης στο τεστ Α και στο τεστ Β που διδάχθηκαν οι μαθητές δεν διαφοροποιούνται. Δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των ερωτήσεων εξήγησης και πρόβλεψης στο τεστ Α πριν τη συζήτηση. Και μετά τη συζήτηση στις ομάδες οι ερωτήσεις πρόβλεψης αναδείχθηκαν πιο δύσκολες από τις ερωτήσεις εξήγησης. Όλα τα άλλα ζεύγη ερωτήσεων εξήγησης και πρόβλεψης διαφοροποιούνται σημαντικά (Π12.Π18). Και μετά τη συζήτηση στις ομάδες οι ερωτήσεις πρόβλεψης αναδείχθηκαν πιο δύσκολες από τις ερωτήσεις εξήγησης.

Το γεγονός αυτό υποστηρίζει την επιλογή μας να εισάγουμε το στοιχειώδες σωματιδιακό μοντέλο παρουσιάζοντας τα φαινόμενα που εμπλέκουν στερεά και υγρά.



Διάγραμμα 11.15.: Μέση επίδοση της Π2 στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης που διδάχθηκαν και συζήτησαν

Αναλυτικότερα μόνο στην ομάδα Π2(Σχ1) μετά τη συζήτηση οι επιδόσεις στις ερωτήσεις πρόβλεψης ήταν καλύτερες από τις ερωτήσεις εξήγησης μετά τη συζήτηση στο τεστ Α. Για τις ομάδες Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3) οι ερωτήσεις πρόβλεψης και μετά τη συζήτηση αναδείχθηκαν πιο δύσκολες από τις ερωτήσεις εξήγησης. Οι αναλυτικότερες συγκρίσεις για τις ομάδες Π2(Σχ1), Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3) παρουσιάζονται στον Πίνακα Π12.Π19.

12.3.4. Συνέπεια στη χρήση κατηγορίας

Τα ποσοστά συνέπειας ανά κατηγορία απαντήσεων των μαθητών της Π2 παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.3.3.

Στο 75% των απαντήσεων οι μαθητές της Π2 στις ενότητες που διδάχθηκαν είναι συνεπείς στην κατηγορία “αποδεκτή απάντηση” σε ποσοστό 39,6% στο τεστ Α και 52,1% στο τεστ Β. Πριν τη συζήτηση στις ομάδες οι μαθητές παρουσιάζονται συνεπείς στη χρήση “εναλλακτικής απάντησης” σε ποσοστό 54,2% στο τεστ Α και 33,3% στο τεστ Β. Μετά τη συζήτηση οι μαθητές παρουσιάζονται συνεπείς στην κατηγορία “αποδεκτή απάντηση” σε ποσοστό 54,2% στο τεστ Α και 62,5% στο τεστ Β. Ανάλογη αλλά με μικρότερα ποσοστά παρουσιάζεται η συνέπεια χρήσης κατηγορίας στο 100% των απαντήσεων. Η συνέπεια στο 75% των απαντήσεων είναι μεγαλύτερη στο τεστ Β μετά τη συζήτηση και διαφοροποιείται σημαντικά από τη συνέπεια πριν τη συζήτηση. Στο 100% των απαντήσεων η Π2posttestA(συζ) παρουσιάζει μεγαλύτερη συνέπεια από την Π2pretestA(συζ) και στα δυο τεστ και η συνέπεια είναι στατιστικά σημαντική (Πίνακας Π12.Π20). Η συνέπεια χρήσης κατηγορίας δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τεστ Α και τεστ Β για την Π2(διδ), Π2(συζ) πριν και μετά τη συζήτηση (Π12.Π21). Αναλυτικά τα ποσοστά συνεπών απαντήσεων ανά τμήμα της Π2 παρουσιάζονται στον Πίνακα Π12.Π22.

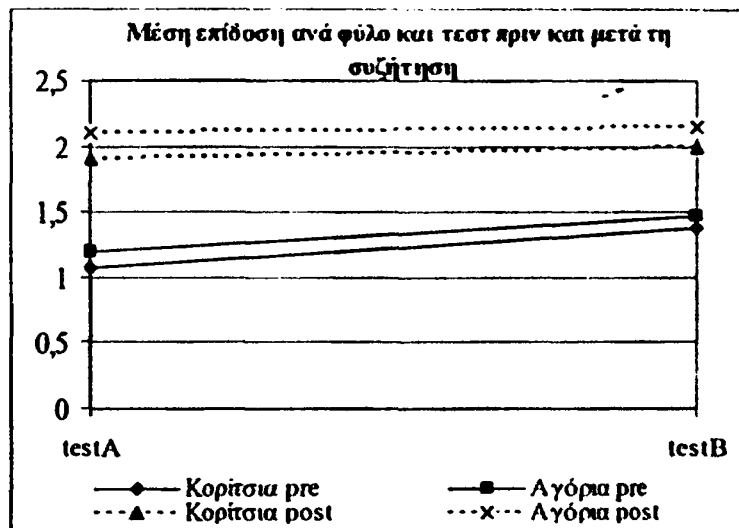


Πίνακας 12.3.4.: Συνέπεια ανά κατηγορία και τεστ για την ομάδα Π2 στο σύνολο των ενοτήτων

		Π2Α (διδ)	Π2Β (διδ)	Π2preA (συζ)	Π2preB (συζ)	Π2postA (συζ)	Π2postB (συζ)
(75%)	Δεν απαντούν						
	Εναλλακτική απάντηση	4,2	6,3	54,2	33,3	6,25	6,25
	Μερικώς αποδεκτή	6,3	4,2	2,1	4,2	6,25	16,7
	Πλήρης	2,1	2,1	0	0	18,75	12,5
(100%)	Αποδεκτή απάντηση	39,6	52,1	8,3	12,5	54,2	62,5
	Δεν απαντούν						
	Εναλλακτική απάντηση	2,1		8,3	4,2		2,1
	Μερικώς αποδεκτή						
	Πλήρης						
	Αποδεκτή απάντηση	14,6	20,8		4,2	31,2	35,4

12.3.5. Συγκρίσεις ως προς το φύλο της μέσης επίδοσης της Π2 (ομάδες) πριν και μετά τη συζήτηση

Όπως προκύπτει από τις τιμές του Πίνακα 11.5.1 και το Διάγραμμα 12.16, τα κορίτσια σημειώνουν πιο χαμηλές επιδόσεις από τα αγόρια πριν και μετά τη συζήτηση αλλά οι διαφορές στις επιδόσεις δεν είναι στατιστικά σημαντικές (Π12.Π23). Η σύγκριση three -factor mixed ANOVA με δυο παράγοντες εντός των υποκειμένων φύλο * (prepost * τεστ) έδειξε ότι ο παράγοντας φύλο δεν είναι σημαντικός, αλλά ούτε η αλληλεπίδραση φύλου με τους άλλους παράγοντες.



Διάγραμμα 12.16.: Μέση επίδοση αγοριών και κοριτσιών πριν και μετά τη συζήτηση για Π2(συζ)

Από τις τιμές του Πίνακα 11.5.2 προκύπτει ότι τα κορίτσια σημειώνουν χαμηλότερες επιδόσεις από τα αγόρια και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης που διδάχθηκαν και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης που συζήτησαν πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες. Υψηλότερη επίδοση σημείωσαν τα κορίτσια της Π2pre(συζ)B στις ερωτήσεις εξήγησης (Μέση επίδοση κοριτσιών 1,61 και των αγοριών της ίδιας ομάδας 1,55). Η σύγκριση των μέσων επιδόσεων αγοριών και κοριτσιών στις ερωτήσεις εξήγησης και στις ερωτήσεις πρόβλεψης έδειξε ότι οι διαφορές των μέσων επιδόσεων αγοριών και κοριτσιών δεν είναι στατιστικά σημαντική (Πίνακας Π12.Π24). Η σύγκριση four - factor mixed factorial ANOVA (φύλο * (εξηγ/προ * συζ/διδ * τεστ) έδειξε τον παράγοντα φύλο και την αλληλεπίδρασή του με τους άλλους παράγοντες μη σημαντικό (Πίνακας Π12.Π25).



12.4. Συμπεράσματα για τη σύγκριση εντός των ομάδων

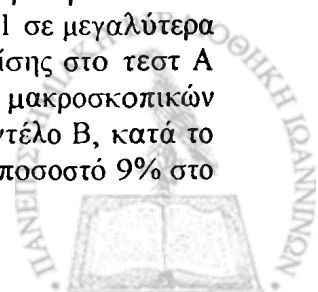
Ε

Σε όλες τις ενότητες οι μαθητές της Ε δίνουν αποδεκτές ή ταυτολογικές απαντήσεις. Στις ερωτήσεις εξήγησης διάχυσης υγρού σε νερό και διάλυσης αλατιού σε νερό καθώς και στις ερωτήσεις πρόβλεψης για τη διάχυση αερίου και στην διαστολή υγρού και αερίου οι μαθητές προσπαθούν να δώσουν ερμηνείες, έστω και εναλλακτικές. Στις ερωτήσεις διαστολής στερεού, αλλαγής κατάστασης και στις ερωτήσεις πρόβλεψης στη διάλυση δίνουν και ταυτολογικές απαντήσεις ή δεν απαντούν. Στο 75% των απαντήσεων ένα ποσοστό 40,7% των μαθητών δίνουν απαντήσεις με συνέπεια και προτιμούν την κατηγορία "εναλλακτικές απαντήσεις". Στο 100% όλων των απαντήσεων κανένας μαθητής δεν είναι συνεπής σε κάποια κατηγορία. Οι επιδόσεις αγοριών και κοριτσιών δεν διαφοροποιούνται.

Π1

Για την Π1 στο σύνολο των δυο τεστ η πιο εύκολη ενότητα ήταν η 2 (Ιδιότητες στερεών...) ακολουθούμενη από την 4 (Διάλυση) και η πιο δύσκολη η 5 (Αλλαγή κατάστασης). Σε καθημερινό πλαίσιο οι μαθητές σημειώνουν την υψηλότερη επίδοση στην ενότητα 2 (Ιδιότητες στερεών...) και 4 (Διάλυση). Σε μοριακό πλαίσιο η πιο εύκολη ενότητα ήταν η ενότητα 2 (Ιδιότητες...) ακολουθούμενη από την 4 (Διάλυση) και η πιο δύσκολη η 5 (Αλλαγή κατάστασης). Η ενότητα Αλλαγής κατάστασης είναι η πιο δύσκολη καθώς απαιτείται για επιστημονική εξήγηση χρήση ενός συνόλου παραγόντων, όπως διάταξη, κίνηση και αναδιάταξη σωματιδίων. Η χρήση όλων αυτών των παραγόντων στα φαινόμενα που σχετίζονται με την αλλαγή κατάστασης είναι δύσκολη, ακόμα και για μαθητές που καταλαβαίνουν τους επιμέρους παράγοντες επιστημονικών εξηγήσεων. Δυσκολίες στην πλήρη κατανόησης φαινομένων που εμπλέκουν αλλαγή κατάστασης αναφέρουν και Lee et al. 1993. Τα μεγαλύτερα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων σημειώθηκαν στην ενότητα Ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων και ακολουθούν η Διάλυση και η Διάχυση. Τα χαμηλότερα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων σημειώθηκαν στην ενότητα Αλλαγής κατάστασης. Ωστόσο στην ενότητα της Διάλυσης σημειώθηκαν τα μεγαλύτερα ποσοστά πλήρων απαντήσεων (44,6% στο τεστ Α και 53,3% στο τεστ Β). Στην ενότητα Ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων ακολουθούμενη από την ενότητα της Διάλυσης σημειώθηκαν τα μικρότερα ποσοστά εναλλακτικών απαντήσεων ενώ στην ενότητα Αλλαγής κατάστασης σημειώθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό απαντήσεων μη κατανόησης. Οι περισσότερες απαντήσεις που θεωρούν την ύλη συνεχή σημειώθηκαν στο τεστ Α στην ενότητα της Διαστολής (19,9%), στην ενότητα Αλλαγής κατάστασης (14,9%) και στην ενότητα Ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων σε ποσοστό 13%. Οι συνεχείς απαντήσεις στην ενότητα της Διάλυσης ήταν οι λιγότερες (ποσοστό 6%). Το μοντέλο που σημείωσε υψηλότερα ποσοστά ήταν το Β. Το μοντέλο σημειώθηκε στην Αλλαγή κατάστασης (15,4% τεστ Α και 19,3% στο τεστ Β), στην Διαστολή (11,1% τεστ Α και 8,8% στο τεστ Β), στη Διάλυση (7,7% στα δυο τεστ), στη Διάχυση (3,5% τεστ Α και 7,9% στο τεστ Β) και στην ενότητα Ιδιοτήτων στερεών.. (2,5% στο τεστ Α και 1,4% στο τεστ Β). Τα υψηλότερα ποσοστά μη κατανόησης σημειώθηκαν στην ενότητα Αλλαγής κατάστασης (11,4% τεστ Α και 5,3% στο τεστ Β) και στη Διάλυση (8,8% τεστ Α και 5,3% στο τεστ Β).

Οι μαθητές σημειώνουν καλύτερες επιδόσεις σε θέματα που διδάχθηκαν ενώ δεν χρησιμοποιούν τις σωματιδιακές ιδέες σε νέα περιβάλλοντα. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και Skamp (1999). Έτσι οι επιδόσεις στις ερωτήσεις εξήγησης, που οι μαθητές διδάχθηκαν, είναι καλύτερες από τις επιδόσεις στις ερωτήσεις πρόβλεψης. Τα ποσοστά αποδεκτών (και πλήρων απαντήσεων) είναι υψηλότερα στις ερωτήσεις εξήγησης και στα δυο τεστ ενώ μικρότερα είναι τα ποσοστά εναλλακτικών απαντήσεων. Στις ερωτήσεις πρόβλεψης οι μαθητές της Π1 σε μεγαλύτερα ποσοστά σε σχέση με τις ερωτήσεις εξήγησης δίνουν μηδενικές απαντήσεις. Επίσης στο τεστ Α στις ερωτήσεις πρόβλεψης σημειώνονται μεγαλύτερα ποσοστά εναλλακτικών μακροσκοπικών απαντήσεων απ' ό,τι στις ερωτήσεις εξήγησης. Στις ερωτήσεις πρόβλεψης το μοντέλο Β, κατά το οποίο αποδίδονται μακροσκοπικές ιδιότητες στα μόρια, παρουσιάζεται πιο συχνά (ποσοστό 9% στο



τεστ Α και 9,3% στο τεστ Β έναντι 4,2% και 6,3% αντίστοιχα στις ερωτήσεις εξήγησης). Επίσης στις ερωτήσεις πρόβλεψης σημειώνονται απαντήσεις μη κατανόησης σε μεγαλύτερα ποσοστά από τις ερωτήσεις εξήγησης. Στο τεστ Α οι μαθητές της Π1 αντιμετωπίζουν το ίδιο καλά τα θέματα ιδιοτήτων της ύλης που διδάχθηκαν και δεν διδάχθηκαν. Το σωματιδιακό μοντέλο βοηθά τους μαθητές να ερμηνεύσουν το σχήμα στερεών και υγρών αλλά και το σχήμα των αερίων, την συμπίεσή τους καθώς και τη συμπίεση υγρών. Στις υπόλοιπες ενότητες οι μαθητές δεν χρησιμοποιούν το σωματιδιακό μοντέλο για ερμηνεία ερωτήσεων που δεν είχαν διδαχθεί το ίδιο καλά όπως σε ερωτήσεις που διδάχθηκαν. Στο τεστ Β, εκτός από τις ερωτήσεις της ενότητας 2, που απαντώνται το ίδιο εύκολα ανεξάρτητα αν διδάχθηκαν ή δεν διδάχθηκαν, και οι ερωτήσεις της διάλυσης απαντώνται σε μοριακό επίπεδο ανεξάρτητα αν διδάχθηκαν ή όχι. Μπορούμε να ισχυριστούμε ότι το σωματιδιακό μοντέλο χρησιμοποιείται ικανοποιητικά από τους μαθητές για την ερμηνεία ιδιοτήτων της ύλης και διάλυσης. Στο τεστ Β σημειώνονται μεγαλύτερα ποσοστά αποδεκτών και πλήρων απαντήσεων απ' ότι στο τεστ Α και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης.

Από τις ερωτήσεις που διδάχθηκαν οι μαθητές κατά την εισαγωγή του σωματιδιακού μοντέλου, η καλύτερη επίδοση σημειώθηκε στην ερώτηση για τη διάλυση στερεού ακολουθούμενη από την ερώτηση για το σχήμα στερεού και υγρού και τη διαστολή στερεού. Η πιο χαμηλή επίδοση παρατηρήθηκε στην ερώτηση για την τήξη πάγου. Στις ερωτήσεις πρόβλεψης η καλύτερη επίδοση και στο σύνολο και στα δυο τεστ σημειώθηκε στην ενότητα 2 ακολουθούμενη από την 4 και η πιο χαμηλή στην ενότητα 5. Η διαστολή υγρών και κυρίως αερίων, που οι μαθητές δεν είχαν διδαχθεί, δυσκόλεψε τους μαθητές καθώς φαίνεται δεν είχαν κατανοήσει τη σωματιδιακή και υλική δομή των αερίων και αγνοούσαν τις πιέσεις στα τοιχώματα των δοχείων. Η διάλυση στερεού σε νερό, στην οποία οι μαθητές σημειώνουν και τις πιο ψηλές επιδόσεις και σημειώνουν υψηλότερα ποσοστά πλήρων απαντήσεων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εισαγωγή ενός πρώτου σωματιδιακού μοντέλου. Οι ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων περιγράφονται με σωματίδια αλλά όπως φάνηκε από τις συζητήσεις στις ομάδες της Π2 η αέρια κατάσταση προκαλεί δυσκολίες κυρίως όσον αφορά τις πιέσεις που ασκούν τα μόρια στα τοιχώματα των δοχείων που τα περιέχουν. Οι Parageorgiou & Johnson (2005) προτείνουν εισαγωγή σωματιδιακών μοντέλων με το φαινόμενο της τήξης ή της διάλυσης και να δοθεί έμφαση στις έλξεις μεταξύ των σωματιδίων. Στην έρευνά μας η διάλυση αναδείχθηκε η πιο κατάλληλη ενότητα.

Οι αποδεκτές απαντήσεις τόσο οι πλήρεις όσο και οι εν μέρει αποδεκτές στο τεστ Α παρουσιάζονται σε μικρότερο ποσοστό από το τεστ Β. Το πλαίσιο στο οποίο παρουσιάζεται οι ερωτήσεις (καθημερινά προβλήματα συγκρινόμενα με εργασίες ακαδημαϊκές) επηρεάζουν την δραστηριοποίηση διαφορετικών εννοιών. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται από de Vos & Vendronk (1987a, b). Οι χαμηλής εξάσκησης μαθητές δεν μπορούν να δουν τις ομοιότητες μεταξύ καθημερινών και επιστημονικών προβλημάτων και αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην μεταφορά γνώσης από μια περιοχή στην άλλη. Έτσι σημειώνουν καλύτερες επιδόσεις στο σωματιδιακό πλαίσιο καθώς η γνώση είναι ευκολότερο να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές κοντύτερα σε αυτή που αποκτήθηκε, όπως αναφέρεται και από Claxton (1991).

Συνεπείς την χρήση "αποδεκτής απάντησης" στο 75% των απαντήσεων στο τεστ Α είναι το 50,9% και στο τεστ Β το 73,7% των μαθητών. Στο 75% των απαντήσεων 3 μαθητές έδωσαν με συνέπεια πλήρεις απαντήσεις και στο τεστ Α και στο τεστ Β. Στο σύνολο του τεστ Α και στο 100% των απαντήσεων συνέπεια στην κατηγορία στην κατηγορία "αποδεκτές απαντήσεις" έδειξε ένα ποσοστό 19,3%. Στο τεστ Β και στο 100% των απαντήσεων συνέπεια στην κατηγορία "αποδεκτές απαντήσεις" έδειξε το 36,8%. Ένας μαθητής στο τεστ Α έδινε πλήρεις απαντήσεις στο 100% των απαντήσεων ενώ κανένας στο τεστ Β. Στο τεστ Β η συνέπεια μεταξύ των ενοτήτων δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Όταν οι μαθητές απαντούν σε σωματιδιακό πλαίσιο, χρησιμοποιούν το σωματιδιακό μοντέλο με πιο μεγάλη συνέπεια. Οι μαθητές παρουσιάζονται πιο συνεπείς στη χρήση αποδεκτών απαντήσεων όταν απαντούν στο τεστ Β παρά στο τεστ Α. Οι μαθητές της Π1 έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις με μεγαλύτερη συνέπεια στην ενότητα 2 (Ιδιότητες...). Ωστόσο συνεπείς στην χρήση πλήρων απαντήσεων ήταν οι απαντήσεις των μαθητών



στην ενότητα της Διάλυσης στα δυο τεστ και στο 75% των απαντήσεων (40,4%) και στο 100% των απαντήσεων (17,5%). Αν και οι μέσες επιδόσεις αγοριών και κοριτσιών δεν διαφοροποιούνται, τα αγόρια δίνουν πλήρεις απαντήσεις σε μεγαλύτερο ποσοστό και εναλλακτικές απαντήσεις σε μικρότερο ποσοστό από τα κορίτσια και στο τεστ Α και στο τεστ Β.

Π2

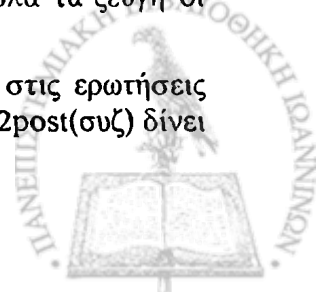
Η συζήτηση στις ομάδες βελτίωσε τις επιδόσεις των μαθητών της Π2. Πριν τη συζήτηση οι πλήρεις σωματιδιακές απαντήσεις είναι σε ποσοστό 4,8% στο τεστ Α και 8,8% στο τεστ Β. Μετά τη συζήτηση οι πλήρεις σωματιδιακές αυξάνουν (29,9% στο τεστ Α και 31,4% στο τεστ Β). Μετά τη συζήτηση παρατηρείται μεγάλη αύξηση και στις εν μέρει αποδεκτές σωματιδιακές απαντήσεις. Ενώ πριν τη συζήτηση οι εν μέρει αποδεκτές είναι σε ποσοστό 13,4% στο τεστ Α και 28,5% στο τεστ Β, μετά τη συζήτηση τα ποσοστά εν μέρει αποδεκτών απαντήσεων είναι 41,5% στο τεστ Α και 45,4% στο τεστ Β. Μεγάλη μείωση μετά τη συζήτηση παρατηρείται στις εναλλακτικές απαντήσεις, μακροσκοπικές και σωματιδιακές και στις απαντήσεις μη κατανόησης. Οι συνεχείς αντιλήψεις από 42,5% στο τεστ Α και 6,1% στο τεστ Β πριν τη συζήτηση, μειώνονται σε 8,7% στο τεστ Α και 2,2% στο τεστ Β μετά τη συζήτηση. Μείωση μετά τη συζήτηση παρατηρείται και στο μοντέλο Α, κατά το οποίο τα μόρια είναι μέσα σε συνεχείς ουσίες. Από 1,2% στο τεστ Α και 8,6% στο τεστ Β, μετά τη συζήτηση γίνονται 1% και στα δυο τεστ. Μείωση παρατηρείται και στα ποσοστά των μικτών μοντέλων ΧC, BC που σημειώθηκαν όταν δυο ουσίες ανακατεύονται. Στο μοντέλο ΧC η μια ουσία περιγράφεται με μόρια ενώ η άλλη ως συνεχής. Στο BC η διάσπαση της ουσίας σε μόρια είναι προσωρινή κατάσταση και στη συνέχεια αυτά λιώνουν. Το μοντέλο ΧC εμφανίζεται στο τεστ Α σε ποσοστό 3,5% και 4,6% στο τεστ Β, ενώ μετά τη συζήτηση 1,2% στο τεστ Α και 1,5% στο τεστ Β. Το μοντέλο BC εμφανίζεται στο τεστ Α σε ποσοστό 4,4% και 6,1% στο τεστ Β, ενώ μετά τη συζήτηση 3,7% στο τεστ Α και 2,5% στο τεστ Β. Από τα σωματιδιακά μοντέλα που σημειώθηκαν σε μεγάλο ποσοστό είναι το μοντέλο Β. Κατά τις συζητήσεις εξετάστηκαν από τους μαθητές οι εναλλακτικές αντιλήψεις που αφορούν τις μακροσκοπικές ιδιότητες των μορίων. Έτσι από 10,5% στο τεστ Α και 24,8% στο τεστ Β πριν τη συζήτηση, παρέμειναν μετά τη συζήτηση 7,4% στο τεστ Α και 12,3% στο τεστ Β. Ωστόσο, το μοντέλο Β είναι το μοντέλο που παραμένει και μετά τη συζήτηση σε σημαντικά ποσοστά.

Μετά τη συζήτηση μεγάλο ποσοστό απαντήσεων βελτιώθηκαν (61,7% στο τεστ Α και 55,1% στο τεστ Β). Αρκετές απαντήσεις διατηρήθηκαν (36,3% στο τεστ Α και 41,7% στο τεστ Β). Ελάχιστες απαντήσεις ήταν υπαναχώρησης (2% στο τεστ Α και 3,2% στο τεστ Α και 3,2% στο τεστ Β). Παρατηρούμε ότι η συζήτηση βελτιώνει πιο πολύ τις απαντήσεις σε ερωτήσεις διατυπωμένες σε μακροσκοπικό πλαίσιο. Ιδιαίτερη βελτίωση σημειώθηκε στις εναλλακτικές απαντήσεις. Μετά τη συζήτηση μεγάλο ποσοστό εναλλακτικών απαντήσεων βελτιώθηκαν σε εν μέρει αποδεκτές (28,6% στο τεστ Α και 27,2% στο τεστ Β). Ένα σημαντικό ποσοστό εναλλακτικών απαντήσεων βελτιώθηκαν σε πλήρως αποδεκτές (12,6 % στο τεστ Α και 8,6% στο τεστ Β). Μεγάλο ποσοστό εναλλακτικών απαντήσεων πριν τη συζήτηση διατηρούνται και μετά τη συζήτηση. Αρκετές απαντήσεις από εν μέρει αποδεκτές βελτιώθηκαν σε πλήρεις.

Η συζήτηση στις ομάδες της Π2 βελτίωσε σημαντικά τις επιδόσεις όλων των τμημάτων σε όλες τις ενότητες. Μετά τη συζήτηση στις ομάδες χρησιμοποιούνται κατηγορίες απαντήσεων στο τεστ Α και στο τεστ Β που δεν διαφοροποιούνται σημαντικά.

Οι επιδόσεις των μαθητών στις ενότητες πριν συζητήσουν στις ομάδες (Π2pre(συζ)) είναι χαμηλότερες από αυτές που σημειώθηκαν στις ενότητες που οι μαθητές διδάχθηκαν. Μετά τη συζήτηση όμως στην Π2post(συζ) οι επιδόσεις βελτιώθηκαν σε σχέση με τις Π2(διδ) και Π2pre(συζ) και στο σύνολο παρ'όυσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Για όλα τα ζεύγη οι επιδόσεις στο τεστ Β είναι καλύτερες από το τεστ Α.

Οι επιδόσεις της Π2(διδ) είναι καλύτερες από αυτές της Π2pre(συζ) και στις ερωτήσεις πρόβλεψης και στις ερωτήσεις εξήγησης και στα δυο τεστ. Μετά τη συζήτηση η Π2post(συζ) δίνει



καλύτερες επιδόσεις και στις ερωτήσεις εξήγησης και στις ερωτήσεις πρόβλεψης. Στις ερωτήσεις πρόβλεψης σημειώνεται χαμηλότερη επίδοση από τις ερωτήσεις εξήγησης σε όλες τις ομάδες εκτός από την Π2(διδ)τεστ Β. Οι μέσες επιδόσεις στις ερωτήσεις πρόβλεψης και εξήγησης στο τεστ Α και στο τεστ Β που διδάχθηκαν οι μαθητές δεν διαφοροποιούνται. Δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των ερωτήσεων εξήγησης και πρόβλεψης στο τεστ Α πριν τη συζήτηση. Και μετά τη συζήτηση στις ομάδες οι ερωτήσεις πρόβλεψης αναδείχθηκαν πιο δύσκολες από τις ερωτήσεις εξήγησης. Οι ερωτήσεις εξήγησης αφορούσαν ερμηνεία φαινομένων με υγρά και στερεά. Το γεγονός αυτό υποστηρίζει την επιλογή μας να εισάγουμε το στοιχειώδες σωματιδιακό μοντέλο παρουσιάζοντας τα φαινόμενα που εμπλέκουν στερεά και υγρά.

Στις ενότητες που διδάχθηκαν οι μαθητές της Π2 και στο 75% των απαντήσεων είναι συνελείς στην κατηγορία "αποδεκτή απάντηση" σε ποσοστό 39,6% στο τεστ Α και 52,1% στο τεστ Β. Πριν τη συζήτηση στις ομάδες οι μαθητές παρουσιάζονται συνελείς στη χρήση "εναλλακτικής απάντησης" σε ποσοστό 54,2% στο τεστ Α και 33,3% στο τεστ Β. Μετά τη συζήτηση οι μαθητές παρουσιάζονται συνελείς στην κατηγορία "αποδεκτή απάντηση" σε ποσοστό 54,2% στο τεστ Α και 62,5% στο τεστ Β. Ανάλογη αλλά με μικρότερα ποσοστά παρουσιάζεται η συνέλεια χρήσης κατηγορίας στο 100% των απαντήσεων. Όταν οι μαθητές απαντούν στο τεστ Β είναι περισσότερο συνελείς στη χρήση αποδεκτής κατηγορίας απ' ό τι στο τεστ Α.

Οι επιδόσεις και των αγοριών και κοριτσιών δεν διαφοροποιούνται ούτε πριν ούτε μετά τη συζήτηση και στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

Αξιολόγηση των μοντέλων

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται μια σύντομη αποτίμηση των μοντέλων από τους μαθητές της Πειραματικής ομάδας Π1 σχετικά με τη δομή και τους στόχους των μοντέλων. Για το σκοπό αυτό οι μαθητές απάντησαν σε ερωτήσεις όπως: για ποιον σκοπό δημιουργούνται τα μοντέλα, πώς και από ποιον κατασκευάστηκαν, κάτω από ποιες συνθήκες κάποιο μοντέλο μπορεί να αλλάξει, εάν ή όχι μπορούν να είναι πολλαπλά τα μοντέλα, τι πραγματικά αντιπροσωπεύουν, αν βασικά φυσικά θέματα θα μπορούσαν να καλούνται μοντέλα ή όχι. Στις παραπάνω ερωτήσεις, που παρατίθενται στο Παράρτημα Π13, απάντησαν γραπτώς οι μαθητές της ομάδας Π1. Επίσης ρωτήθηκαν οι 18 μαθητές, που αναφέρθηκαν στα διαφορετικά μέρη (Κεφάλαιο 10 & 10.2.2) ποιες εικόνες έχουν στο νου τους όταν ερμηνεύουν κάποια φαινόμενα. Παρουσιάζονται επίσης και κάποια αποσπάσματα για την αξιολόγηση της διδασκαλίας με μοντέλα από μαθητές της ομάδας Π2, όπως αναπτύχθηκαν στη διάρκεια των συζητήσεων.

13.1. Αξιολόγηση των μοντέλων από τους μαθητές της Π1

Ερώτηση 1.

Οι μαθητές αναφέρουν τα βιωματικά μοντέλα (γήπεδο / στρατιώτες / χορευτές / λεωφορείο / τα μυρμήγκια σε σωρό σπόρων) σε ποσοστό 72%, τα προσομοιώματα σε Η/Υ σε ποσοστό 49%, τα αναπαραστατικά (μπίλιες, κουκίδες) σε ποσοστό 46%, το κιναισθητικό μοντέλο (44%), τα πειράματα (16%), άλλα μοντέλα όπως πρόπλασμα, υδρόγειος, μοντέλα, αυτοκίνητα σε ποσοστό 4% ενώ δεν απαντούν το 2%.

Ερώτηση 2.

Οι μαθητές αναγνωρίζουν ότι με τα μοντέλα τους βοήθησαν να κατανοήσουν καλύτερα τα φαινόμενα (72%) και τη σωματιδιακή δομή της ύλης (33%). Άλλες απαντήσεις αναφέρουν ότι τα μοντέλα κάνουν ορατά τα μέρη (12%), βοηθάνε να θυμόμαστε τις εξηγήσεις (9%) ενώ δεν απαντούν το 4%.

Ερώτηση 3.

Στην ερώτηση *"Γιατί χρησιμοποιούμε διαφορετικά μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο;"* το μεγαλύτερο μέρος των μαθητών απαντά σε ποσοστό 65% ότι κατανοούμε καλύτερα τα φαινόμενα. Άλλες απαντήσεις αναφέρουν ότι κάθε πείραμα έχει το μοντέλο του (12%), μερικά μοντέλα έχουν παραπάνω στοιχεία (11%), γιατί υπάρχουν διαφορετικές ιδέες για τα φαινόμενα (2%), δεν καταλαβαίνουν όλοι με τον ίδιο τρόπο (4%) ενώ δεν απαντούν το 9%.

Κάποιες απαντήσεις των μαθητών

Για να καταλαβαίνουμε καλύτερα τα φαινόμενα και να εξετάσουμε όλες τις εναλλακτικές απόψεις (M43).

Γιατί κάποιοι άνθρωποι μπορούν να καταλάβουν καλύτερα ένα φαινόμενο με άλλα μοντέλα ενώ κάποιοι λιγότερο (M44).

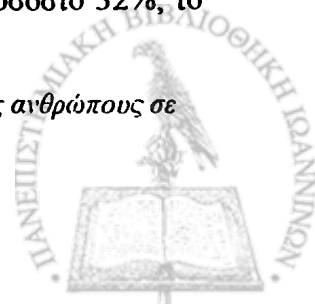
Για να δείξουμε κάτι περισσότερο από το άλλο όπως την κίνηση (M55).

Ερώτηση 4.

Τα προσομοιώματα σε υπολογιστή θεωρούνται σε ποσοστό 60% ότι έχουν πιο μεγάλη εξηγηματική ισχύ και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξήγηση φαινομένων. Ακολουθούν τα βιωματικά μοντέλα (κυρίως γήπεδο / στρατιώτες / χορευτές / λεωφορείο) σε ποσοστό 32%, το κιναισθητικό σε ποσοστό 16%, ένα πείραμα μελάνης ή βρασμού σε ποσοστό 4%.

Κάποιες απαντήσεις των μαθητών

Για να εξηγήσω τα στερεά χρησιμοποιώ το μοντέλο αυτοκινήτων σε ένα πάρκιν, για υγρά τους ανθρώπους σε λεωφορείο και για τα αέρια αθλητές σε γήπεδο (M43).



Ερώτηση 5.

“Ποιο μοντέλο νομίζεις ότι περιγράφει και εξηγεί καλύτερα την πραγματικότητα; Γιατί;”

Τα προσομοιώματα σε υπολογιστή θεωρούνται ότι περιγράφουν πιο καλά την πραγματικότητα σε ποσοστό 51%. Ακολουθούν τα βιωματικά (κυρίως γήπεδο / στρατιώτες / χορευτές / λεωφορείο) σε ποσοστό 26% και το κιναισθητικό σε ποσοστό 18%. Ένα ποσοστό 9% θεωρεί ότι τα πειράματα περιγράφουν τη πραγματικότητα ενώ δεν απαντά ένα ποσοστό 4%.

Οι μαθητές θεωρούν ότι περιγράφουν και εξηγούν καλύτερα την πραγματικότητα τα παρακάτω μοντέλα: Καλύτερα είναι τα παιδιά και τα μοντέλα στον υπολογιστή. Στον υπολογιστή έχουν σχεδιαστεί από ειδικούς που ξέρουν την πραγματικότητα (M5).

Τα παιδιά, γιατί μας έδινε τη σχέση κίνησης και θέρμανσης (M9).

Ο υπολογιστής, γιατί είναι σαν να τα βλέπουμε (M10).

Στρατιώτες και χορευτές, γιατί όλοι ξέρουμε πώς είναι (M33).

Στρατιώτες, γιατί κάνουν πράγματι μια δόνηση δεν μπορούν να καθίσουν στη θέση τους (M21).

Οι στρατιώτες οι χορευτές και οι ποδοσφαιριστές, γιατί είναι πραγματικοί (M37).

Οι ποδοσφαιριστές που περιγράφουν τα αέρια γιατί μέσα στο γήπεδο παίρνουν διαφορετικές κατευθύνσεις, σαν τον αέρα, όταν χτυπήσουν πολύ μαζί κινούνται μαζί σαν το νερό και όταν κάνουν τσίχλα κάνουν στα το στερεό (M44).

Το μοντέλο ανθρώπων σε λεωφορείο περιγράφει καλύτερα την πραγματικότητα γιατί οι άνθρωποι εκεί κινούνται συνέχεια και γλιστρούν ο ένας πάνω στον άλλο σε περιορισμένο χώρο σαν τα μόρια του υγρού σε ένα μπουκάλι (M43).

Ερώτηση 6.

“Ποιο μοντέλο σου άρεσε περισσότερο. Γιατί;”

Στους μαθητές άρεσαν πιο πολύ τα μοντέλα στον υπολογιστή (ποσοστό 39%) αλλά και τα βιωματικά (37%) και το κιναισθητικό (12%). Άρεσαν επίσης τα πειράματα (11%), όλα τα μοντέλα που παρουσιάστηκαν (2%) ενώ δεν απαντούν σε ποσοστό 4%.

Μου άρεσε το γήπεδο, γιατί δείχνει κίνηση σωματιδίων (M3).

Μου άρεσαν τα μοντέλα στον υπολογιστή και πιο πολύ η διάλυση γιατί δείχνει λεπτομέρειες (M20).

Μου άρεσε το γήπεδο και τα παιδιά, γιατί ήταν διασκεδαστικό (M47).

Τα μυρμήγκια γιατί ήταν πολύ παραστατικό και ο άλλος καταλαβαίνει ευκολότερα (M43).

Ερώτηση 7.

Στην ερώτηση *“Νομίζεις ότι οι ουσίες συμπεριφέρονται όπως το μοντέλο;”* οι μισοί σχεδόν μαθητές (ποσοστό 51%) απαντούν ότι τα μοντέλα ερμηνεύουν την πραγματικότητα αλλά δεν ταυτίζονται με αυτή. Ένα ποσοστό 33% αναφέρει ότι τα μοντέλα συμπεριφέρονται όπως η πραγματικότητα, ενώ 14% δεν συμπεριφέρονται ακριβώς αλλά μοιάζουν. Ένα ποσοστό 2% δεν απαντά.

Για τους μαθητές οι ουσίες και τα μοντέλα συμπεριφέρονται:

Όχι ίδια, το μοντέλο είναι αναπαράσταση της πραγματικότητα (M15).

Δεν έχουν σχέση αλλά τα χρησιμοποιούμε για να καταλάβουμε την πραγματικότητα (M1).

Όχι, σαν το μοντέλο αλλά το μοντέλο μοιάζει με το πρωτότυπο (M5).

Όχι, δεν το ξέρουμε πώς είναι στην πραγματικότητα (M13).

Όχι ακριβώς, γιατί τα φτιάχνουν άνθρωποι και συνήθως δεν το κάνουν σαν την πραγματικότητα (M21).

Όχι, γιατί δεν μπορούμε να κατασκευάσουμε τα πάντα όπως είναι στην πραγματικότητα (M40).

Ναι, γιατί το μοντέλο είναι η πραγματικότητα απλοποιημένη ώστε να την καταλάβουμε καλύτερα (M43).

Ναι, οι ουσίες συμπεριφέρονται όπως το μοντέλο (M50).

Ερώτηση 8.

Για το ένα τρίτο των μαθητών (ποσοστό 33%) ένα μοντέλο δεν αλλάζει ενώ το ένα πέμπτο των μαθητών (ποσοστό 21%) θεωρεί ότι ένα μοντέλο αλλάζει, αν κάποιο ερμηνεύει καλύτερα τα φαινόμενα. Ένα ποσοστό 14% θεωρεί ότι ένα μοντέλο αλλάζει αν αλλάζουν οι ιδέες για τα πράγματα. Δεν απαντούν το 30% των μαθητών.

Για τους μαθητές ένα μοντέλο αλλάζει:

Αν δεν εξηγεί καλά, φτιάχνουμε άλλο (M4).

Όταν αλλάξουν οι ιδέες για την πραγματικότητα ή το νέο είναι πιο κατανοητό (M5).



Χρησιμοποιούμε άλλο μοντέλο για άλλο φαινόμενο, δεν αλλάζει (M6).

Ναι, όταν αλλάζει καταστάσεις πιάνονται και χορεύουν (M33).

Μπορούμε να αλλάξουμε τους ποδοσφαιριστές γιατί όταν θέλουμε να παραστήσουμε τα αέρια όταν ζεσταίνονται οι ποδοσφαιριστές κινούνται πιο γρήγορα (M39).

Όταν δεν συμφωνεί με την πραγματικότητα ή όταν δεν είναι κατανοητά π.χ., όταν ένα μοντέλο αποδείχθηκε πώς είναι λαθεμένο ή όταν δεν το καταλαβαίνουν (M43).

Ερώτηση 9.

Στην ερώτηση "Γιατί χρησιμοποιούμε μοντέλα;" η πλειονότητα των μαθητών (ποσοστό 91%) αναγνωρίζει το ρόλο των μοντέλων στην ερμηνεία και κατανόηση των φαινομένων. Ένα ποσοστό 18% αναφέρει ότι χρησιμοποιούμε μοντέλα για να οπτικοποιήσουμε αυτά που δεν φαίνονται.

Για τους μαθητές χρησιμοποιούμε μοντέλα με σκοπό:

Να οπτικοποιήσουμε κάτι που δεν μπορούμε να δούμε (M12).

Για να εξηγήσουμε και να καταλάβουμε (M13).

Κατανόηση αόρατων (M47).

Να καταλάβουμε κάτι που δεν μπορούμε να δούμε (M57).

Για να απλοποιήσουμε την πραγματικότητα έτσι ώστε να την καταλάβουμε καλύτερα (M43).

Ερώτηση 10.

"Όταν ένας μοντελιστής επινοεί ένα μοντέλο, τι έχει στο νου του;"

Οι απόψεις των μαθητών για το σκοπό επινόησης κάποιου μοντέλου είναι μοιρασμένες. Οι μαθητές θεωρούν ότι οι μοντελιστές επινοούν ένα μοντέλο ή για να ερμηνεύουν τα φαινόμενα (ποσοστό 53%) ή για να μοιάζει με την πραγματικότητα (44%). Ένας μαθητής δεν απαντά ενώ ένας ότι τα μοντέλα δομούνται με βάση τις ιδέες για τα φαινόμενα.

Ο μοντελιστής έχει στο νου του:

Πώς να κάνει πιο πιστά τα μόρια (M37).

Ιδέες για την πραγματικότητα (M12)

Να ταυριάζει όσο το δυνατό με την πραγματικότητα και να εξηγεί στους άλλους κάποια φαινόμενα (M17).

Να συμπεριφέρεται το μοντέλο παρόμοια με την ουσία και να εξηγεί καλά αυτά που πρέπει να μάθουμε (M46).

Πώς να κάνει το μοντέλο να είναι πιο αληθινό σαν να γίνεται στην πραγματικότητα (M44).

Έχει υπόψη αυτούς που θα το δουν για να καταλάβουν (M56).

Ερώτηση 11.

"Πώς κατασκευάζονται τα μοντέλα στον υπολογιστή;"

Οι μαθητές αναφέρουν τον τρόπο που δημιουργούνται τα μοντέλα στον Η/Υ, δηλαδή σχεδιάζονται και προβάλλονται διαδοχικά σε ποσοστό 39%. Ένα ποσοστό 23% σχετίζει τη δημιουργία με τις ιδέες για τα φαινόμενα. Μικρό ποσοστό (16%) αναφέρει ότι δομούνται με βάση την πραγματικότητα. Το 21% δεν απαντά ενώ ένας μαθητής δηλώνει ότι οι επιστήμονες ξέρουν και τα φτιάχνουν.

Η κατασκευή των μοντέλων στον υπολογιστή γίνεται ως εξής:

Τις ζωγραφίζουν και τις δείχνουν τη μια πίσω από την άλλη (M6).

Βασίζονται σε ιδέες για την πραγματικότητα (M12).

Βασίζονται στις ιδέες των κατασκευαστών για την πραγματικότητα (M13)

Βασίζονται σε ιδέες που σχημάτισαν παρατηρώντας τα πράγματα (M15).

Τα φτιάχνουν με προγράμματα οι άνθρωποι και τα φανερώνουν στον υπολογιστή (M21).

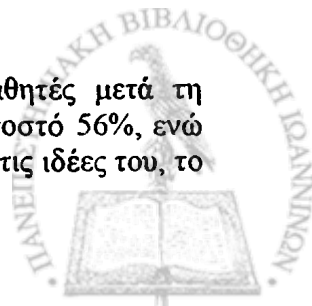
Έχουν στο νου τους τα σωματίδια και να ξέρουν να τα κατασκευάζουν (M29).

Φτιάχνονται από επιστήμονα που ξέρει (M36).

Γυρίζουν γρήγορα τις σελίδες και έτσι είναι σαν να κινούνται (M40).

Ερώτηση 12.

Στην ερώτηση "Άλλαξες κάποιες ιδέες για τη φύση και ποιες;" οι μαθητές μετά τη διδασκαλία απαντούν ότι η ύλη αποτελείται από σωματίδια που κινούνται σε ποσοστό 56%, ενώ 18% δηλώνουν ότι δεν άλλαξαν και 18% δεν απαντούν. Το 4% δηλώνει ότι άλλαξε τις ιδέες του, το



2% ότι δεν του άρεσε η φυσική και τώρα του αρέσει, ενώ το 2% ότι τα μοντέλα έκαναν τη φυσική πιο απλή.

Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών

Η ύλη έχει μόρια και κίνηση (M7).

Δεν μου άρεσε η φυσική, ενώ τώρα μου αρέσει (M6).

Η ύλη περιέχει μόρια ενώ τη θεωρούσα συνεχή (M21).

Δεν γνώριζα ότι υπήρχαν σωματίδια και τώρα το διαπίστωσα (M29).

Αλλάζει τις ιδέες για το πώς είναι τα πράγματα φτιαγμένα (M34).

Υπάρχουν πράγματα που δεν μπορούνε να δούμε και για να τα φανταστούμε χρησιμοποιούμε μοντέλα (M41).

Πίστευα ότι τα μόρια των στερεών υγρών και αερίων είχαν ίδια διάταξη και πώς ανάμεσα υπήρχαν άλλες ουσίες (M43).

Ότι γίνεται στη φύση, έχει μια εξήγηση (M45).

Ερώτηση 13.

"Έξακολουθείς να έχεις κάποιες αμφιβολίες για το αν η ύλη αποτελείται από σωματίδια;"

Μεγάλο ποσοστό μαθητών (81%) μετά τη διδασκαλία παρουσιάζεται βέβαιο για την δομή της ύλης από σωματίδια. Ένα μικρό ποσοστό 5% διατηρεί αμφιβολίες γιατί τα μόρια δεν φαίνονται, ενώ το 11% δεν απαντά. Ένας μαθητής θεωρεί ότι η ύλη δεν αποτελείται από σωματίδια, απλά τα μοντέλα ερμηνεύουν τα φαινόμενα.

Δεν έχω αμφιβολίες γιατί με τα σωματίδια μπορώ και εξηγώ καλύτερα πολλά φαινόμενα (M41).

Όχι, γιατί τα πειράματα που κάναμε που φάνηκαν πολύ αληθινά (M44).

Τη λέξη σωματίδια την έβαλαν οι επιστήμονες για να καταλαβαίνουμε τα πειράματα άρα καμιά ύλη δεν αποτελείται από σωματίδια (M52).

Έχω αμφιβολίες, γιατί τα σωματίδια είναι πάρα πολύ μικρά. Οι επιστήμονες λένε ότι υπάρχουν για να καταλάβουν τα πειράματα. Υπάρχουν όμως; (M54).

Όχι, γιατί στον υπολογιστή είδαμε πολλά και το κατάλαβα (M23).

Όχι, γιατί η εξήγηση για τα μόρια ήταν λογική (M24).

Έχω κάποιες αμφιβολίες, γιατί κανείς δεν τα έχει δει (M26).

Όχι, δεν έχω αμφιβολίες, γιατί τα εξηγήσαμε καλά (M34).

Έχω αμφιβολίες, γιατί δεν φαίνονται (M1).

Ερώτηση 14.

"Θα σου άρεσε να γίνεται το μάθημα με μοντέλα; Για ποιο λόγο;" Οι μαθητές προτιμούν τη διδασκαλία με μοντέλα για να κατανοήσουν τα φαινόμενα (77%) αλλά και γιατί το μάθημα γίνεται ευχάριστο (37%). Ένα ποσοστό 7% δηλώνει ότι τους αρέσει γιατί οπτικοποιούν αυτά που δεν φαίνονται, και 4% ότι τους κάνει να συμμετέχουν ή ότι κάνουν το μάθημα ενδιαφέρον (4%). Δεν απαντούν το 2%.

Το μάθημα με μοντέλα μου άρεσε γιατί:

Μου έδωσε καλύτερη κατανόηση και μαθαίνω για σοβαρά πράγματα διασκεδάζοντας (M37).

Καταλαβαίνω καλύτερα κάτι που δεν μπορώ να δω (M38).

Διασκευαστικός τρόπος να μαθαίνεις (M28).

Τα μοντέλα κάνουν το μάθημα ωραίο και ορατό (M47).

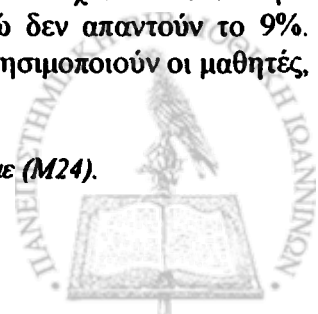
Μπορούμε να είμαστε δραστήριοι και μας ευχαριστεί (M54)

Ερώτηση 15.

"Μπορείς να πεις ποια από τα παρακάτω είναι μοντέλα και ποια όχι; Να εξηγήσεις και το λόγο".

Μοντέλα θεωρούνται αυτά που σχετίζονται κυρίως με τη διδασκαλία φυσικής στο δημοτικό, δηλαδή ένα σχέδιο κυκλώματος (54%), το σχέδιο κύκλου του νερού (49%) και η υδρόγειος σφαίρα (49%). Ο χάρτης θεωρείται μοντέλο από το 30% και το παιχνίδι - αυτοκίνητο από το 26%. Όλα τα παραπάνω θεωρούνται μοντέλα από το 16%, ενώ δεν απαντούν το 9%. Ωστόσο δεν μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για τα κριτήρια που χρησιμοποιούν οι μαθητές, όταν κατατάσσουν ένα αντικείμενο στα μοντέλα.

Είναι μοντέλα τα 2,3,4,5 γιατί δείχνουν κάτι που δεν βλέπουμε ή δεν καταλαβαίνουμε (M24).



Είναι μοντέλα τα 2,3,4,5 γιατί μας δείχνουν πράγματα που δεν μπορούμε να δούμε αλλιώς ή που δεν μπορούμε εύκολα (M41).

Είναι μοντέλα τα 2,3,4,5 γιατί είναι σχέδια των ανθρώπων που έκαναν για να εξηγήσουν κάτι που δεν μπορούμε να δούμε (M43).

Όχι, το παιχνίδι δεν είναι μοντέλο γιατί τα μοντέλα δείχνουν κάτι άλλο. Όλα τα άλλα είναι (M12).

Το 1 είναι μοντέλο γιατί τα αυτοκίνητα να μπορούν να κάνουν ότι και τα μόρια (M44).

Ο χάρτης δεν είναι μοντέλο, τι δείχνει; (M13).

Όχι, ο χάρτης δεν είναι μοντέλο, όλα τα άλλα είναι γιατί δείχνουν πώς είναι περίπου η πραγματικότητα (M17).

Μοντέλα είναι ο κύκλος του νερού, το σχέδιο κυκλώματος γιατί με βοηθάει να δω κάτι που δεν μπορώ (M19).

Μοντέλα είναι το σχέδιο κυκλώματος και ο κύκλος νερού που έχουν σχέση με φυσική (M4).

Το 4 είναι μοντέλο γιατί φανταζόμαστε πώς είναι ενώ τα άλλα όχι (M39).

Όλα είναι μοντέλα γιατί μας βοηθούν να καταλάβουμε κάτι που γίνεται στην φύση ή στην καθημερινή μας ζωή (M27).

Όλα είναι μοντέλα γιατί δείχνουν τι συμβαίνει εκτός από το αυτοκίνητο (M47).

Όλα είναι μοντέλα γιατί υλοποιούν ιδέες για την πραγματικότητα (M5).

13.2. Χρήση μοντέλων κατά την ερμηνεία των φαινομένων

Τα μοντέλα, που παρουσιάστηκαν στους μαθητές, ανακαλούνται από τη μνήμη των μαθητών, συνδυάζονται και βοηθούν στην κατανόηση και ερμηνεία των φαινομένων.

Οι μαθητές της Π1, που ρωτήθηκαν εν συντομία για τις διαφορές των μορίων (βλέπε και κεφάλαιο 10) ρωτήθηκαν ποιο μοντέλο έρχεται στο νου τους όταν ένα παγάκι λιώνει.

M9: Μου έρχεται στο νου εκείνο με το σχολικό με τα παιδιά. Που τα παιδιά στο στερεό ήταν κοντά και κινούνται λίγο και στο υγρό πιο πολύ. Και αυτό με τους στρατιώτες. Οι στρατιώτες μόλις τους διατάζουν γίνονται κάπως στερεά γιατί είναι κοντά και κινούνται λίγο. Ενώ μετά κινούνται πιο πολύ.

M13: Σκέφτομαι τα σωματίδια, την κίνησή τους και τα κενά τους. Χρησιμοποιώ τα παραδείγματα που μας δείξατε. Αυτό με την κίνηση με τα παιδιά. Όταν το στερεό θερμαίνεται αρχίζει να δονείται και όταν λιώσει το στερεό αρχίζουν και γλιστράνε.

M12: Δεν έρχεται στο νου μου μοντέλο αλλά σκέφτομαι ότι το στερεό γίνεται υγρό. Μόνο αυτό, χωρίς μοντέλο.

M14: Σκέφτομαι ότι τα μόρια σκορπίζουν, γλιστρά το ένα πάνω στο άλλο.

M12: Θυμάμαι το μοντέλο στον υπολογιστή που ο πάγος θερμαίνεται, γίνεται υγρό και μετά αέριο. Τα σωματίδια φαίνονταν στο μοντέλο στο φακό και όταν τα κρύνναμε γίνονταν ξανά πάγος αλλά με άλλο σχήμα.

M14: Δεν θυμάμαι μοντέλο αλλά όταν ζεστάνουμε ένα στερεό τα μόρια κινούνται πιο γρήγορα και γλιστράν το ένα πάνω στο άλλο.

M26: Με βοηθάει ...από τον υπολογιστή, που είχαμε δει ότι αν θερμάνουμε μια ουσία ή λιώνει ή διαστέλλεται και ξέρουμε ότι ο πάγος είναι νερό που έχει παγώσει και όταν θα θερμανθεί λιώνει.

M24: Θυμάμαι τις εικόνες με τα κόκκινα μπαλάκια που κινούνταν με την θέρμανση.

M27: Τα σωματίδια αρχίζουν να κυλάνε και παίρνουν το σχήμα του δοχείου που τα βάζουμε. Είδαμε στον υπολογιστή εκεί που μας έδειχνε τα σωματίδια.

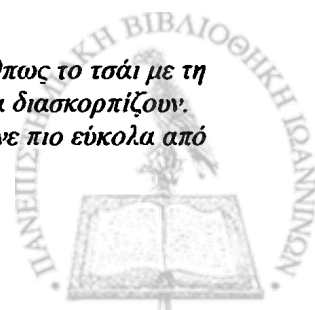
M23: Δεν θυμάμαι ένα συγκεκριμένο αλλά τα σωματίδια στα στερεά αφού πάρουν θερμότητα κινούνται γρηγορότερα και γλιστράνε. Θυμάμαι το λεωφορείο. Με βοηθάει να δω την κίνηση των σωματιδίων στα στερεά υγρά και αέρια.

M27: Και αυτό με τα παιδιά. Μας δείχνει πώς αλλάζει η κίνηση με τη θέρμανση.

Οι μαθητές επίσης ρωτήθηκαν για τα μοντέλα που ανακαλούν, όταν διαλύεται μια ουσία σε ζεστό νερό.

M9: Η ζάχαρη διαλύεται γιατί τα μόρια κινούνται πιο πολύ στο ζεστό. Να πω παράδειγμα; Όπως το τσάι με τη ζάχαρη. Το τσάι ζεσταίνεται και τα σωματίδια τσαγιού παίρνουν τα σωματίδια ζάχαρης και τα διασκορπίζουν.

M13: Συμφωνώ. Μπορεί και οι κόκκοι της ζάχαρης να σπάνε από την πολύ θερμότητα. Σπάνε πιο εύκολα από την πολύ θερμότητα και τα σωματίδια του τσαγιού τα διασκορπίζουν.



M9: *Ναι, θυμάμαι το παράδειγμα με το αλάτι και το νερό που είδαμε στον υπολογιστή.*

Δ: *Όταν σε ρώτησα για το ζεστό νερό και τη ζάχαρη, ποια εικόνα σου ήρθε στο μυαλό;*

M9: *Όχι, μου έρχεται όταν πίνω τσάι και ρίχνω ζάχαρη και την ανικατεύω, τότε την παίρνουν τα σωματίδια του τσαγιού και την σκορπίζουν και όταν θυμάμαι έρχεται η εικόνα του υπολογιστή. Μόλις μου κάνετε την ερώτηση έβγαλα στο μυαλό μου πώς πίνω το τσάι και τα λοιπά, πώς γίνεται. Μετά έρχεται η εικόνα για να εξηγήσω τι γίνεται και θυμήθηκα την εικόνα από τον υπολογιστή και την χρησιμοποίησα.*

M13: *Από τα παραδείγματα που είδαμε αλλά έβγαλα και δικά μου συμπεράσματα. Να, όπως είδαμε ότι χρησιμοποιώ όλα όπως όταν το διάλυμα το βράζουμε και κέφτει στον πυθμένα.*

M12: *Τα σωματίδια του νερού πάνε πιο γρήγορα και παίρνουν τα σωματίδια ζάχαρης. Σκέφτομαι αυτή στον υπολογιστή με το αλάτι.*

M14: *Η ζάχαρη διαλύεται πιο γρήγορα γιατί το νερό είναι πιο ζεστό και διαλύεται πιο γρήγορα. Θυμάσαι μοντέλο στον υπολογιστή.*

M3: *Τα μόρια της ζάχαρης παίρνουν θερμότητα από το ζεστό νερό και λιώνουν. Γίνονται ένα με το νερό.*

M5: *Μου έρχεται στο μυαλό το μοντέλο στον υπολογιστή που τα μόρια νερού παίρνουν τις ζάχαρες και τις διασκορπίζουν. Το νερό διασπά τη ζάχαρη σε μόρια.*

M31: *Τα μόρια ζεσταίνονται και κινούνται περισσότερο. Η ουσία ζεσταίνεται και τα μόρια κινούνται περισσότερο και η ουσία λιώνει.*

M25: *Τα μόρια κινούνται περισσότερο, πηγαίνουν στη ζάχαρη και λιώνει.*

Δ: *Λιώνει;*

M25: *Διασπάται.*

Δ: *Ποια εικόνα σας έρχεται στο νου;*

M25: *Στον υπολογιστή και με τα μυρμήγκια.*

M27: *Αυτό με τα μυρμήγκια. Στον υπολογιστή. Όταν το ζεστάνουμε κινούνται πιο γρήγορα τα σωματίδια.*

Δ: *Δεν είδαμε όμως στον υπολογιστή πώς γίνεται η διάλυση σε ζεστό νερό. Πώς το ξέρετε;*

M27: *Κάπως έτσι θα είναι και στα διαλύματα.*

M23: *Το είχαμε πει και στα άλλα μαθήματα, ότι όταν ζεσταίνεται η ουσία, τα σωματίδια κινούνται γρηγορότερα.*

M27: *Συνδύσαμε δυο μοντέλα. Αυτό που στο κρύο κινούνται λίγο και στο ζεστό πολύ και της διάλυσης.*

13.3. Συναισθηματική αποδοχή της διδασκαλίας με μοντέλα και αναγνώριση της αξίας τους στην ερμηνεία φαινομένων

Κατά τις συζητήσεις στις ομάδες, κάποιοι μαθητές του Π2 αξιολογούν τη διδασκαλία των μοντέλων.

Όπως φαίνεται από τα παρακάτω αποσπάσματα από τις συζητήσεις αναγνωρίζουν την ερμηνευτική δυνατότητα που δίνουν τα μόρια.

Ομάδα 2 του Π2(Σχ3)

[...]

Δ: *Λέτε δηλαδή ότι αυτή η εξάτμιση γίνεται μόνο από την επιφάνεια. Πώς όμως γίνεται το υγρό αέριο;*

M4: *Να εξηγήσουμε με μόρια;*

Δ: *Αν νομίζετε ότι τα μόρια θα σας δώσουν μια καλύτερη εξήγηση γιατί όχι;*

M11: *Ωραία, αν είναι με μόρια, μόρια του...*

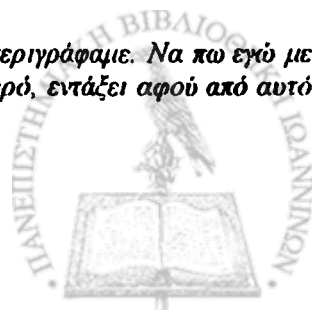
Δ: *Για σταθείτε. Με ρωτάτε αν είναι με μόρια. Σας δεσμεύει κανείς να μην τα χρησιμοποιήσετε ή σας φαίνονται πιο δύσκολα;*

M11: *Εμένα μου έρχονται πιο εύκολα.*

M4: *Με τα μόρια η εξήγηση μπορεί να είναι πιο φυσική.*

Δ: *Γιατί δεν σας ήρθε αμέσως;*

A: *Δεν είχαμε μάθει να τα εξηγήσουμε με μόρια. Μόνο τα φαινόμενα ξέραμε να τα περιγράψουμε. Να πω εγώ με μόρια τώρα; Τα μόρια του νερού υπάρχουν σε όλο το νερό, αφού αυτά είναι το νερό, εντάξει αφού από αυτό αποτελείται ...]*



[...M11: Στα μαθήματα φυσικής που κάναμε μαθαίναμε τι συμβαίνει π.χ. Ότι γίνεται εξάτμιση αλλά πώς γίνεται και γιατί δεν το λέγαμε. Επίσης δεν μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε μόρια. Μας βοήθησαν τα μόρια να καταλάβουμε το γιατί.

M15: Ναι, το γιατί...]

Οι αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν και οι προσομοιώσεις των φαινομένων αναγνωρίζονται ως ενδιαφέρουσες στον σχηματισμό των εννοιών. Οι μαθητές αναφέρουν ότι φέρνουν στο μυαλό τους όλα αυτά για να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα.

Ομάδα 2 του Π2(Σχ3)

M11: Μας βοήθησε πολύ η παραστατικότητα που κάναμε εδώ πέρα.

M4: Ήταν πολύ σημαντικό για να καταλάβεις, ότι κάναμε το παιχνίδι μέσα στην τάξη, και παραστήσαμε την κίνηση στα στερεά, υγρά και αέρια. Πρέπει να το έχεις μέσα στο μυαλό σου όταν σκέφτεσαι κάτι, πρέπει να το έχεις μέσα στο μυαλό σου για να φτάσεις σε λύση. Όταν αυτή η εικόνα έρχεται στο μυαλό σου σε βοηθάει να το καταλάβεις.

M11: Πιστεύω ότι ο τρόπος αυτός με μόρια, μας βοηθάει να εξηγήσουμε πολλά φαινόμενα που μέχρι τώρα απλώς λέγαμε τι συμβαίνει και όχι γιατί συμβαίνει. Δεν θα μπορούσα να εξηγήσω τόσο καλά σε κάποιον, και να τα ήξερα καλά, αν δεν είχαμε αυτά για τα μόρια. Χαίρομαι πάρα πολύ που βρήκαμε αυτό τον τρόπο για να εξηγούμε τα φαινόμενα. Μέχρι τώρα δεν μπορούσα να το φανταστώ.

M15: Εμείς καταλήξαμε ότι αυτή η συνεργασία μας βοήθησε να ξεκαθαρίσουμε τις απόψεις μας.

M11: Η ομαδική δουλειά βγαίνει πάντα σωστή.

M15: Εμείς μπορούσαμε να καταλάβουμε το γιατί σε μια απάντηση στη φυσική και να το εξηγούμε με μόρια.

M11: Και πιστεύω επίσης ότι μέχρι τώρα το αφήναμε έτσι αυτό έτσι είναι και το αφήναμε.

M4: Είναι καλύτερα να τα μαθαίνουμε από τώρα, να έχουν τα παιδιά τέλος πάντων μια ιδέα από νωρίς, γιατί σε μεγαλύτερη τάξη θα τα μάθουν παπαγαλία και μετά δεν ξέρουν την τύφλα τους.

M15: Αν τα μάθεις από μικρά, έκτης δημοτικού που τα παιδιά τα περισσότερα τα καταλαβαίνουμε, τότε στο γυμνάσιο θα μπορούν να το καταλαβαίνουν καλύτερα και να γράφουν ...]

Ομάδα 5 του Π2(Σχ3)

M20: Αυτά που ακούσαμε για τα μόρια μας βοήθησαν να καταλάβουμε τα φαινόμενα.

M7: Λέγαμε, ας πούμε στην εξάτμιση, παίρνει θερμότητα το νερό και εξατμίζεται. Το φανταζόμασταν σαν να παίρνει θερμότητα και να φουσκώνει και να γίνεται αέριο. Δεν ψάχναμε το γιατί.

M20: Μαθαίναμε μόνο θεωρία.

Δ: Είναι απαραίτητο πρώτα να μαθαίνεις την περιγραφή του φαινομένου που μάθατε εσείς και μετά να προσπαθείς να τα εξηγήσεις με μόρια.

M20: Τα μόρια μας βοήθησαν να εξηγήσουμε πολλά φαινόμενα, την τήξη, τον βρασμό. Παίξαμε τα σωματίδια.

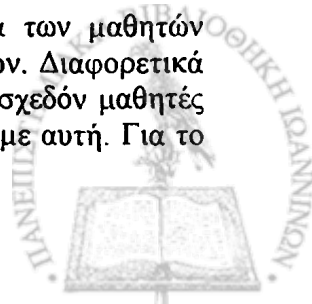
M10: Και οι εικόνες που είδαμε μας βοήθησαν. Μας έρχονται στο μυαλό, όταν θέλουμε να εξηγήσουμε ένα φαινόμενο. Αυτό μας βοηθάει πάρα πολύ.

13.4. Συμπεράσματα για την αξιολόγηση των μοντέλων

Από την σύντομη αποτίμηση των μοντέλων, που χρησιμοποιήθηκαν στη διδασκαλία, μπορούμε να συνοψίσουμε κάποιες παρατηρήσεις.

Οι μαθητές αναφέρουν ότι τους αρέσουν πιο πολύ τα μοντέλα στον υπολογιστή αλλά και τα βιωματικά. Μάλιστα τα προσομοιώματα σε υπολογιστή ακολουθούμενα από τα βιωματικά θεωρούνται ότι έχουν πιο μεγάλη επεξηγηματική ισχύ και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξήγηση φαινομένων. Επίσης θεωρούνται ότι περιγράφουν πιο καλά την πραγματικότητα. Οι μαθητές αναγνωρίζουν ότι με τα μοντέλα κατανοούν καλύτερα τα φαινόμενα και τη σωματιδιακή δομή της ύλης ενώ δηλώνουν ότι προτιμούν τη διδασκαλία με μοντέλα για να κατανοήσουν τα φαινόμενα αλλά και γιατί το μάθημα γίνεται ευχάριστο.

Όσον αφορά το επιστημολογικό στάτους των μοντέλων, η πλειονότητα των μαθητών αναγνωρίζει το ρόλο των μοντέλων στην ερμηνεία και κατανόηση των φαινομένων. Διαφορετικά μοντέλα χρησιμοποιούμε για να κατανοήσουμε καλύτερα τα φαινόμενα. Οι μισοί σχεδόν μαθητές αναφέρουν ότι τα μοντέλα ερμηνεύουν την πραγματικότητα αλλά δεν ταυτίζονται με αυτή. Για το



ένα τρίτο των μαθητών ένα μοντέλο δεν αλλάζει ενώ ένα πέμπτο των μαθητών θεωρούν ότι ένα μοντέλο αλλάζει, αν κάποιο άλλο ερμηνεύει καλύτερα τα φαινόμενα.

Οι απόψεις των μαθητών για το σκοπό επινόησης κάποιου μοντέλου είναι μοιρασμένες. Οι μαθητές θεωρούν ότι οι μοντελιστές επινοούν ένα μοντέλο ή για να ερμηνεύει τα φαινόμενα ή να μοιάζει με την πραγματικότητα. Όσον αφορά τον τρόπο δημιουργίας των μοντέλων στον Η/Υ οι μαθητές αναφέρουν τον τρόπο που δημιουργούνται τα μοντέλα στον Η/Υ (αρχή κινουμένων σχεδίων) ενώ σχετίζουν τη δημιουργία με τις ιδέες για τα φαινόμενα. Μικρό ποσοστό (16%) αναφέρει ότι δομούνται με βάση την πραγματικότητα.

Οι μαθητές μετά τη διδασκαλία δέχονται ότι η ύλη αποτελείται από σωματίδια και μάλιστα παρουσιάζονται βέβαιοι για τη δομή της ύλης με σωματίδια, παρά την αβεβαιότητα και την δοκιμαστικότητα που προσπαθήσαμε να δημιουργήσουμε κατά τη διδασκαλία.

Όπως φαίνεται από τις απαντήσεις των μαθητών, μοντέλα θεωρούνται αυτά που σχετίζονται κυρίως με τη διδασκαλία φυσικής στο δημοτικό, δηλαδή ένα σχέδιο κυκλώματος, το σχέδιο κύκλου του νερού και η υδρόγειος σφαίρα.

Από τις σύντομες συνεντεύξεις κάποιων μαθητών προκύπτει ότι τα μοντέλα, που παρουσιάστηκαν στους μαθητές, ανακαλούνται από τη μνήμη των μαθητών, συνδυάζονται και βοηθούν στην κατανόηση και ερμηνεία των φαινομένων.

Αναγνωρίζεται επίσης η ερμηνευτική δυνατότητα που δίνουν τα μοριακά μοντέλα. Οι αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν και οι προσομοιώσεις των φαινομένων αλλά και η παράσταση με το κιναισθητικό μοντέλο αναγνωρίζονται ως ενδιαφέροντες παράγοντες στον σχηματισμό των εννοιών. Οι μαθητές αναφέρουν ότι φέρνουν στο μυαλό τους όλα αυτά για να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα. Και στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι ο κιναισθητικός πειραματισμός και η χρήση αναπαράστασης στη διάρκεια του παιχνιδιού ισχυροποιεί την μάθηση εννοιών (Kronish & Abelmann 1989, Goodman & Goodman 1990) και γενικά το παιχνίδι σχετίζεται με τη δόμηση αντιλήψεων και σχηματισμό εννοιών (Smith 1994, Wassermann 1992). Για τους Goodman & Goodman (1990) *"οι έννοιες που αρχίζουν με παιχνίδι όχι μόνο είναι η βάση για επιστημονικές έννοιες, αλλά ουσιαστικά γίνονται μέρος των εννοιών"*.

Συμπερασματικά οι μαθητές σκέφτονται ότι τα μοντέλα είναι φυσικά ή στην πραγματικότητα, βοηθούν ή δείχνουν επικοινωνιακές πληροφορίες σχετικά με πραγματικά αντικείμενα, διαφορετικά μοντέλα του ίδιου πράγματος δείχνουν κατά γράμμα διαφορετικές όψεις των πραγματικών πραγμάτων. Τα επιστημονικά μοντέλα μπορούν να αλλάξουν εάν έγιναν λάθος ή εάν προκύψουν νέες πληροφορίες. Τα αποτελέσματα αναφέρονται και από Grosslight et al. (1991). Ωστόσο δεν μπορούμε να κατατάξουμε τους μαθητές σε επίπεδα που έχουν σχέση με τις επιστημολογικές όψεις των μοντέλων, ούτε να μιλήσουμε για επιστημολογική πρόοδο μετά από τη σύντομη διδασκαλία. Οι μαθητές στη σύντομη ενασχόληση με τα μοντέλα δεν τα διαχειρίζονται ως εργαλεία σκέψης που δομούνται για ανάπτυξη και δοκιμή ιδεών, στην δόμηση των οποίων ο ρόλος του μοντελιστή είναι δραστικός ανάλογα με τους σκοπούς που επιδιώκει. Επίσης δεν θεωρούν ότι τα όρια εγκυρότητας των μοντέλων δοκιμάζονται με τη σύγκριση των εφαρμογών τους με παρατηρήσεις και μετρήσεις στον πραγματικό κόσμο ούτε βλέπουν ότι διαφορετικά μοντέλα του ίδιου φαινομένου μπορούν να δομηθούν για να εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς. Σύμφωνα με τους Grosslight et al. η επιστημολογική πρόοδος είναι συνάρτηση της αυξημένης χρήσης δυναμικών νοητικών μοντέλων, όταν συνοδεύεται με την μείωση της εξάρτησης από στατικά μοντέλα αντικειμένων.



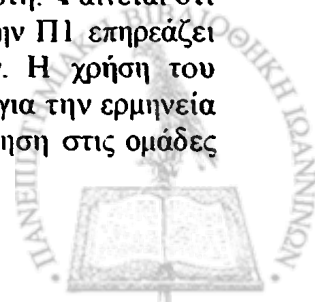
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Σύνοψη συμπερασμάτων και προτάσεις για τη διδασκαλία μοριακής δομής της ύλης

Στα Κεφάλαια 4 έως 10 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα για τις επιμέρους ενότητες, στα Κεφάλαια 11 έως 12 η σύγκριση των ομάδων και η σύγκριση των ενοτήτων ανά ομάδα και στο Κεφάλαιο 13 παρουσιάζεται μια σύντομη αποτίμηση των μοντέλων. Στα παραπάνω κεφάλαια απαντώνται τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν στην παράγραφο 3.4. Στο Κεφάλαιο 14 επιχειρείται μια συνολική αποτίμηση των αποτελεσμάτων της έρευνας σε σχέση με το θεωρητικό προβληματισμό και τη σύνθεση της διδακτικής πρότασης.

Οι αρχικές ερμηνείες που δίνουν οι μαθητές για τα φαινόμενα τα σχετικά με τις καταστάσεις της ύλης, πριν διδαχθούν κάποιο σωματιδιακό μοντέλο, δεν περικλείουν σωματίδια. Οι απαντήσεις τους είναι εναλλακτικές μακροσκοπικές και κυκλικές - ταυτολογικές ενώ οι σωματιδιακές είναι ελάχιστες. Σε μεγάλο ποσοστό 98,8% δεν αναφέρουν ότι η ύλη είναι δομημένη από σωματίδια. Συγκεκριμένα ένα ποσοστό 71,8% δίνει συνεχείς απαντήσεις (εναλλακτικές μακροσκοπικές) ενώ ένα ποσοστό 23,7% δίνει απαντήσεις μη κατανόησης από τις οποίες το 21,8% είναι ταυτολογικές απαντήσεις. Παρόμοια έρευνα του Βλάχου (1999) σε μαθητές της Ε' δημοτικού, που είχαν διδαχθεί τα σχετικά φαινόμενα με περιγραφικό τρόπο χωρίς σωματίδια, έδειξε ότι οι μαθητές δεν προτείνουν αυθόρμητα ότι η ύλη αποτελείται από πολύ μικρά τεμάχια μακροσκοπικών σωμάτων. Το συμπέρασμα αυτό δεν συμφωνεί με άλλες έρευνες που αναφέρονται στην παράγραφο 2.4.3. και στο Driver et al. (1994b), στις οποίες οι μαθητές προτείνουν αυθόρμητα ότι η ύλη αποτελείται από πολύ μικρά τεμάχια μακροσκοπικών σωμάτων. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο ότι τα ευρήματα της βιβλιογραφίας αναφέρονται κυρίως σε μεγαλύτερες ηλικίες. Επίσης οφείλεται στο είδος των ερωτήσεων που χρησιμοποιήσαμε αλλά κυρίως στην προηγούμενη διδασκαλία. Οι μαθητές που έλαβαν μέρος στην έρευνά μας είχαν διδαχθεί τα σχετικά φαινόμενα με περιγραφικό τρόπο χωρίς σωματίδια. Οι αποδεκτές σωματιδιακές απαντήσεις που σημειώθηκαν πριν τη διδασκαλία είναι ελάχιστες. Αυτές σημειώνονται ως εν μέρει σωματιδιακές απαντήσεις στην ενότητα των Ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων σε ποσοστό 0,7% και ως πλήρεις σωματιδιακές στην ενότητα της Διαστολής σε ποσοστό 0,6%. Σωματιδιακές εναλλακτικές σημειώθηκαν στην ενότητα της Διαστολής σε ποσοστό 3,4% ενώ στην ενότητα Αλλαγής κατάστασης σε ποσοστό 0,4% και αποδίδουν μακροσκοπικές ιδιότητες στα μόρια. Σε μεγάλο ποσοστό 23,7% οι μαθητές δίνουν απαντήσεις μη κατανόησης οι οποίες είναι κυρίως ταυτολογικές (ποσοστό 21,8%). Οι μαθητές δεν διερωτώνται ούτε προβληματίζονται για το φαινόμενο στο οποίο αναφέρεται η ερώτηση και θεωρούν ότι "πάντα έτσι συμβαίνει" αλλά θεωρούν τις μεταβολές φυσιολογικές και δεν προτείνουν αιτίες για την ερμηνεία των μεταβολών. Η κατηγορία αυτή των ταυτολογικών απαντήσεων έχει ταυτοποιηθεί από Anderson (1984, 1990), Βλάχος (1999), Driver 1985/93, Driver et al. (1994b) και είναι απόρροια της θεώρησης ότι τα φαινόμενα προκαλούνται από μη αιτιακούς παράγοντες που θεωρούνται εγγενείς και φυσιολογικές εκδηλώσεις των ιδιοτήτων των σωμάτων και όχι από αιτίες που προκαλούν τις μεταβολές (Brosnan 1990).

Αντίθετα οι μαθητές των πειραματικών τμημάτων Π1 και Π2, που διδάχθηκαν σωματίδια, τα χρησιμοποιούν στις εξηγήσεις τους. Οι μαθητές της Π1, που διδάχθηκαν το στοιχειώδες σωματιδιακό μοντέλο κατά το σχήμα διάταξη, κίνηση και αναδιάταξη σωματιδίων, στο τεστ Α δίνουν αποδεκτές σωματιδιακές απαντήσεις σε ποσοστό 67,7% και το τεστ Β αποδεκτές απαντήσεις σε μικροσκοπικό επίπεδο σε ποσοστό 81,9%. Οι μαθητές της ομάδας Π2 στα θέματα που διδάχθηκαν δίνουν αποδεκτές σωματιδιακές απαντήσεις σε μικρότερο ποσοστό από την Π1 (54,4% στο τεστ Α και 69,5% στο τεστ Β) και διαφοροποιούνται στατιστικά από αυτή. Φαίνεται ότι η διδασκαλία ενός συνόλου φαινομένων με τη χρήση σωματιδιακού μοντέλου στην Π1 επηρεάζει τη συνολική επίδοση και βελτιώνει την κατανόηση των επιμέρους ενοτήτων. Η χρήση του σωματιδιακού μοντέλου είναι πιο εύκολη, αν οι μαθητές το έχουν χρησιμοποιήσει για την ερμηνεία μιας σειράς φαινομένων και όχι αποσπασματικά όπως συνέβη στην Π2. Η συζήτηση στις ομάδες



βελτίωσε τις επιδόσεις των μαθητών της Π2. Πριν τη συζήτηση οι αποδεκτές σωματιδιακές απαντήσεις είναι σε ποσοστό 18,2% στο τεστ Α και 37,3% στο τεστ Β. Μετά τη συζήτηση οι αποδεκτές σωματιδιακές αυξάνουν (71,4% στο τεστ Α και 76,8% στο τεστ Β). Αξίζει να σημειωθεί ότι η συζήτηση στις ομάδες βελτίωσε σημαντικά την ερμηνεία φαινομένων διατυπωμένων κυρίως σε μακροσκοπικό πλαίσιο. Φαίνεται ότι η καλή οργάνωση της πληροφορίας σε ένα γνωστικό πλαίσιο (μικροσκοπικό) διευκολύνει την καλύτερη μεταφορά της γνώσης ή της μάθησης σε άλλους τομείς γνώσης (μακροσκοπικό), όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (Bransford et al. 2000).

Στις ομάδες Π1 και Π2 οι συνεχείς αντιλήψεις για τη δομή της ύλης εμφανίζονται κυρίως στο τεστ Α, όπου οι ερωτήσεις διατυπώνονται σε καθημερινό πλαίσιο. Για την Π1 σημειώνονται σε ποσοστό 12,1% στο τεστ Α ενώ στο τεστ Β είναι ελάχιστες (0,9%). Πριν τη συζήτηση στις ομάδες στην Π2pretestA(συζ) παρατηρήθηκαν υψηλά ποσοστά (42,5%) θεώρησης της ύλης ως συνεχούς, μια αντίληψη που μετά τη συζήτηση ελαττώνεται σε 8,7%. Απαντήσεις που θεωρούν την ύλη συνεχή δίνουν και οι μαθητές της Π2testA(διδ) σε ποσοστό 23% σε θέματα που διδάχθηκαν.

Για τις Π1 και Π2 οι επιδόσεις στο τεστ μικροσκοπικών αλλαγών είναι καλύτερες από τις επιδόσεις στο τεστ μακροσκοπικών αλλαγών. 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. Τα συμπραζόμενα με τα οποία η εργασία παρουσιάζεται (καθημερινά προβλήματα συγκρινόμενα με εργασίες ακαδημαϊκές) επηρεάζουν την ενεργοποίηση διαφορετικών εννοιών. Αυτό το εύρημα αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (de Vos & Vendronk 1987a, 1987b, Haidar & Abraham 1991). Οι ομοιότητες μεταξύ καθημερινών και επιστημονικών προβλημάτων είναι λίγες και οι χαμηλής εξάσκησης μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην μεταφορά γνώσης από μια περιοχή στην άλλη. Έτσι η γνώση είναι ευκολότερο να χρησιμοποιηθεί στο τεστ μικροσκοπικών αλλαγών, δηλαδή σε περιοχές κοντύτερα σε αυτή που αποκτήθηκε (Claxton 1991).

Η διδασκαλία του σωματιδιακού μοντέλου τροφοδότησε τους μαθητές με ένα ισχυρό εργαλείο για ερμηνεία φαινομένων με τρόπο συνεπή με τον επιστημονικό και η μάθησή του οδήγησε σε δόμηση συνεπών αντιληπτικών δομών παρά στην απόκτηση απλώς μιας επιστημονικής γνώσης ειδικής ανά φαινόμενο. Οι μαθητές της Ε και της Π2 σε θέματα που δεν είχαν διδαχθεί, χρησιμοποιούν με συνέπεια εναλλακτικές απαντήσεις καθώς δεν έχουν ένα ολοκληρωμένο μοντέλο για την εξήγηση των ιδιοτήτων και των αλλαγών της ύλης. Από την άλλη οι μαθητές της Π1 και της Π2 στα θέματα που συζήτησαν δείχνουν μεγάλη συνέπεια στη χρήση αποδεκτών απαντήσεων. Η συνέπεια σε απαντήσεις με χρήση κατηγοριών αυξάνει όταν οι μαθητές τείνουν να χρησιμοποιούν επιστημονικές έννοιες (τεστ Β) αντί για καθημερινές ή απλοϊκές απαντήσεις. Σε ανάλογα συμπεράσματα καταλήγουν και άλλες έρευνες (Chi et al. 1982, Engel-Clough & Driver 1986, Gomez et al. 1995).

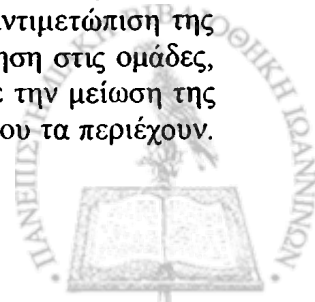
Οι ερωτήσεις εξήγησης, που χρησιμοποιήσαμε στο ερωτηματολόγιο και αφορούσαν τα φαινόμενα με τα οποία έγινε η εισαγωγή του σωματιδιακού μοντέλου, αποδείχθηκαν πιο εύκολες από αυτές που οι μαθητές δεν διδάχθηκαν και κλήθηκαν να ερμηνεύσουν, να προβλέψουν. Οι σωματιδιακές ιδέες, που μόλις αποκτήθηκαν, δεν χρησιμοποιούνται με ευκολία σε νέα περιβάλλοντα. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και Skamp (1999). Και μετά τη συζήτηση στις ομάδες οι ερωτήσεις πρόβλεψης, που αναφέρονταν σε φαινόμενα που οι μαθητές δεν είχαν διδαχθεί αλλά και στην αέρια κατάσταση, αναδείχθηκαν πιο δύσκολες από τις ερωτήσεις εξήγησης. Το γεγονός αυτό υποστηρίζει την επιλογή μας να εισάγουμε το στοιχειώδες σωματιδιακό μοντέλο παρουσιάζοντας τα φαινόμενα που εμπλέκουν στερεά και υγρά. Προτείνουμε τα υγρά γιατί, έχοντας λιγότερες εκτατικές ιδιότητες από τα στερεά (όγκος και βάρος έναντι σχήμα, όγκο και βάρος των στερεών) είναι πιο κοντά στην έννοια της ύλης. Το ίδιο προτείνεται στη βιβλιογραφία από Knel et al. (2003), Benson et al. (1993). Τα αέρια, αν και έχουν μόνο την εκτατική ιδιότητα του βάρους και είναι πιο κοντά στην έννοια της ύλης, αργούν να κατανοηθούν ως ύλη, όπως αναφέρεται στη σχετική βιβλιογραφία (Lee et al. 1993, Smith et al. 1997). Τα στερεά, αν και παραπέμπουν στο αντικείμενο και όχι σε ύλη, τα επιλέξαμε κυρίως γιατί είναι πιο κοντά στην



εμπειρία των μαθητών. Θεωρούμε ότι απαιτείται να δοθεί διδακτικός χρόνος στην κατανόηση των αερίων ως ύλη αλλά και στην ερμηνεία άλλων φαινομένων με το σωματιδιακό μοντέλο.

Από τις ενότητες που διδάχθηκαν οι μαθητές της Π1 πιο εύκολες αναδείχθηκαν οι Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων και η Διάλυση. Μάλιστα στην ενότητα της Διάλυσης σημειώθηκαν οι πιο πολλές πλήρεις απαντήσεις. Οι πιο εύκολες ερωτήσεις αφορούσαν το σχήμα και τη συμπίεση αερίου και τη διάλυση κόκκου σε νερό και την αύξηση διαλυτότητας με τη θερμοκρασία. Οι ερωτήσεις για το σχήμα και τη συμπίεση αερίου απαντώνται εύκολα με χρήση σωματιδίων αλλά οι συζητήσεις στις ομάδες έδειξαν ότι οι μαθητές δεν κατανοούν τις πιέσεις στα τοιχώματα των δοχείων ή μπορεί να θεωρούν τα σωματίδια ότι είναι μέσα στα αέρια. Κάποιοι μαθητές μπορεί να χρησιμοποιούν επιστημονικούς όρους, που διδάχθηκαν, αλλά μπορεί να μην αλλάζουν την κατανόησή τους. Το ίδιο επισήμαναν και οι Lee et al. (1993). Ωστόσο το πείραμα με τη ζάχαρη που βγαίνει από ένα φίλτρο (Παράρτημα Π1 Δραστηριότητα 3, Α.) όταν βυθιστεί σε νερό, βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν ότι ένας κόκκος ζάχαρης αποτελείται από σωματίδια, αυτά αλληλεπιδρούν με τα μόρια νερού, σπάνε οι δεσμοί μεταξύ των σωματιδίων και έτσι τα μόρια ζάχαρης σκορπίζουν στο νερό. Αντίθετα στην ερμηνεία των φαινομένων που σχετίζονται με την Αλλαγή κατάστασης, στην οποία για επιστημονική εξήγηση απαιτείται χρήση ενός συνόλου παραγόντων, όπως διάταξη, κίνηση και αναδιάταξη σωματιδίων, παρουσιάστηκαν δυσκολίες. Η χρήση όλων αυτών των παραγόντων στα φαινόμενα που σχετίζονται με την αλλαγή κατάστασης είναι δύσκολη, ακόμα και για μαθητές που καταλαβαίνουν τους επιμέρους παράγοντες επιστημονικών εξηγήσεων. Δυσκολίες στην πλήρη κατανόηση φαινομένων που εμπλέκουν αλλαγή κατάστασης αναφέρουν και Lee et al. (1993). Η κατανόηση της αλλαγής κατάστασης βελτιώνεται σημαντικά κατά τη συζήτηση, στην οποία οι μαθητές εκφράζουν τις απόψεις τους, επεξεργάζονται διαφορετικές απόψεις, εξετάζουν εναλλακτικές απαντήσεις, εξάγουν συμπεράσματα. Θεωρούμε ότι η εισαγωγή του στοιχειώδους σωματιδιακού μοντέλου μπορεί να αρχίσει με το φαινόμενο της διάλυσης και να χρησιμοποιηθεί το πείραμα με τη ζάχαρη σε φίλτρο που «εξαφανίζεται» όταν μπει μέσα στο νερό. Οι Parageorgiou & Johnson (2005) προτείνουν εισαγωγή σωματιδιακών μοντέλων με το φαινόμενο της τήξης ή της διάλυσης και να δοθεί έμφαση στις έλξεις μεταξύ των σωματιδίων. Οι Nakhleh & Samarapungavan (1999) προτείνουν ότι τα πιστεύω των μαθητών σχετικά με την ιδιαιτερότητα των κοκκωδών δυσιών και της ύπαρξης κοκκωδών σωματιδίων στη διάλυση θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την κατανόηση της σωματιδιακής δομής. Στην έρευνά μας η διάλυση αναδείχθηκε η πιο κατάλληλη ενότητα για το σκοπό αυτό.

Η σωματιδιακή κίνηση δεν διαπιστώσαμε να δημιουργεί δυσκολίες στους μαθητές. Οι δυναμικές αναπαραστάσεις στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, η αναπαράσταση της κίνησης των σωματιδίων στα στερεά, υγρά και αέρια και η αύξηση της κίνησης με τη θερμοκρασία οπτικοποιούν τη σωματιδιακή κίνηση που είναι σκοτεινό σημείο για τους μαθητές. Ωστόσο στην ερώτηση για τη συστολή κυρίως του αερίου η σωματιδιακή κίνηση περιγράφεται απλά ως ικανότητα κίνησης και αυτό μπορεί να υπονοεί ότι τα σωματίδια είναι μέσα στις ουσίες (μοντέλο Α κατά Johnson 1998c). Στην ίδια ερώτηση κάποιες εναλλακτικές απόψεις όπως το μπαλόνι δεν παθαίνει τίποτα όταν ψύχεται, αν και τα μόρια έρχονται κοντά, μπορεί να οφείλονται σε άγνοια των πιέσεων που ασκούν τα αέρια στα τοιχώματα των δοχείων που τα περιέχουν. Άγνοια των πιέσεων παρατηρήθηκε και στη συμπίεση αερίου σε σύριγγα μέχρι τέρμα. Για πολλούς μαθητές η συστολή αερίου δεν θεωρείται αντίστροφη διαδικασία από τη διαστολή του. Ο τρόπος σκέψης των μαθητών είναι αλυσιδωτός με προτιμώμενη κατεύθυνση (γραμμικός αιτιακός συλλογισμός κατά Driver 1985/1993, σελ. 273-285). Η συζήτηση βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν ότι τα μόρια δεν είναι μέσα στα αέρια αλλά δομούν τα αέρια και κάποιοι μαθητές να κατανοήσουν ότι τα μόρια των αερίων χτυπούν τα τοιχώματα των δοχείων και έτσι ασκούνται πιέσεις. Στην ερώτηση για τη συστολή αερίου μετά τη συζήτηση στις ομάδες της Π2 σημειώνονται καλύτερες επιδόσεις από την Π1 στο τεστ Α και μάλιστα οι πλήρεις απαντήσεις είναι περισσότερες. Για την αντιμετώπιση της δυσκολίας που έχουν οι μαθητές με τη συστολή των αερίων, εκτός από τη συζήτηση στις ομάδες, προτείνουμε κατά τη διδασκαλία να δοθεί έμφαση στην ελάττωση της κίνησης με την μείωση της θερμοκρασίας και στις πιέσεις που ασκούν τα αέρια στα τοιχώματα των δοχείων που τα περιέχουν.



Στο κιναισθητικό μοντέλο πρέπει να παρασταθεί η μείωση της κίνησης με την μείωση της έντασης της μουσικής που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία και να επισημανθεί ότι οι δυνάμεις που ασκούν τα σωματίδια καθώς χτυπάνε σε αυτά είναι υπεύθυνες για την πίεση στα τοιχώματα του δοχείου.

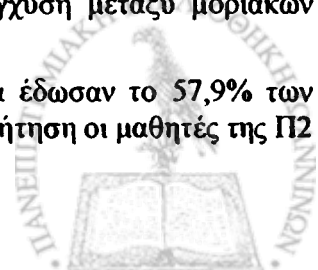
Η αύξηση της κίνησης των μορίων με τη θέρμανση έγινε κατανοητή στους μαθητές μια και παρουσιάστηκε με σαφήνεια ως χαρακτηριστικό του σωματιδιακού μοντέλου. Η έννοια αυτή χρησιμοποιήθηκε αποτελεσματικά στη διαστολή, στην αύξηση διαλυτότητας με τη θερμοκρασία, στην τήξη και το βρασμό καθώς και στην ερώτηση για τη χρήση ενέργειας κατά την τήξη. Ωστόσο δεν παραβλέπουμε το γεγονός ότι η ερμηνεία φαινομένων με ενεργειακούς όρους είναι δύσκολη όπως άλλωστε αναφέρεται και από σχετικές έρευνες (Besson, 2003, Harrison et al. 1999, Lewis & Linn 1994). Η δυσκολία στην ερμηνεία με χρήση ενέργειας φάνηκε στην ερώτηση για τη διάλυση με ανακάτεμα που εμπλέκει την κινητική ενέργεια των μορίων νερού, στην συμπύκνωση ατμών νερού με ψύξη και στην ερώτηση για την τήξη πάγου σε πορτοκαλάδα. Ωστόσο η συζήτηση στις ομάδες βελτίωσε την κατανόηση μεταφοράς ενέργειας και μείωσης κίνησης των σωματιδίων κατά την ψύξη της ουσίας.

Θεωρούμε ότι η έμφαση που δόθηκε σε δυνάμεις μεταξύ των μορίων, που αισθητοποιούνται με το μπλέξιμο των χεριών στο κιναισθητικό μοντέλο, βοήθησε τους μαθητές να προχωρήσουν στο μοντέλο C των αποδεκτών απαντήσεων κυρίως στην ερμηνεία σχήματος στερεών - υγρών, της διαστολής στερεών και λιγότερο της διαστολής υγρών. Η έμφαση στις έλξεις μεταξύ των σωματιδίων θεωρείται απαραίτητη για την κατανόηση του σωματιδιακού μοντέλου από Johnson (1998c) και Parageorgiou & Johnson (2005). Αντίθετα οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων δεν λήφθηκαν υπόψη στη συμπίεση υγρού και στη διάλυση κόκκου άμμου. Μάλιστα στην ερώτηση για τη διάλυση κόκκου άμμου οι επιδόσεις ήταν χαμηλότερες από τις άλλες ερωτήσεις της ενότητας. Η ερμηνεία της μη διάλυσης άμμου σε νερό απαιτεί να γνωρίσουν οι μαθητές ότι οι δεσμοί μεταξύ μορίων δεν είναι ίδιοι σε όλα τα υλικά. Απαιτείται σαφής διδασκαλία των διαφορετικών δεσμών μεταξύ των μορίων σε διαφορετικές ουσίες. Ίσως η έννοια αυτή μπορεί να διδαχθεί μέσω της πυκνότητας των υλικών.

Το σωματιδιακό μοντέλο που διδάχθηκαν οι μαθητές βοηθά στη κατανόηση διατήρησης μάζας κατά τις φυσικές αλλαγές. Οι μαθητές που δεν διδάχθηκαν σωματιδιακά μοντέλα αναφέρουν ότι η μάζα διατηρείται σε ποσοστό 23,2% ενώ οι μαθητές που διδάχθηκαν τη σειρά των μαθημάτων αναφέρουν ότι η μάζα διατηρείται σε ποσοστό 80,1% στο τεστ A και 90,1% στο τεστ B. Η συζήτηση στις ομάδες βελτίωσε την κατανόηση της διατήρησης μάζας στο σύνολο των ερωτήσεων. Πριν τη συζήτηση στις ομάδες οι μαθητές της Π2(συζ) παρουσιάζουν χαμηλότερες επιδόσεις από την Π1 και Π2(διδ), δείχνοντας ότι η κατανόηση του μοντέλου είναι ελλιπής και αποσπασματική. Μετά τη συζήτηση οι επιδόσεις στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας βελτιώνονται (85,7% στο τεστ A και 91,7% στο τεστ B). Η συζήτηση στις ομάδες σχετικά με την μόρια ως αμετάβλητος δομικός λίθος και η εξήγηση των αλλαγών με όρους διάταξης, κίνησης και αναδιάταξης των σωματιδίων βοηθά την κατανόηση της διατήρησης και της ταυτότητας της ουσίας. Τα ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων των μαθητών των πειραματικών ομάδων κατά τη διατήρηση μάζας στην τήξη είναι υψηλότερα από τα αντίστοιχα που αναφέρουν άλλες έρευνες (Hatzinikita & Kokkotas 1994, Ahtee 1994, Βλάχος 1999).

Οι μαθητές δεν εκτιμούν τι κάνει διαφορετικά τα μόρια των διαφορετικών ουσιών, χωρίς να διδαχθούν κάτι σχετικό. Θεωρούν, αν δεν έχουν μάθει ότι τα μόρια αποτελούνται από άτομα, ότι τα μόρια έχουν την ίδια ύλη όπως η ουσία που σχηματίζουν ή υπάρχει στα μόρια ένα είδος υλικού, ένα είδος “γενικής ουσίας” και οι διαφορές των μορίων οφείλονται στον τρόπο σύνδεσης ή στα φυσικά χαρακτηριστικά των μορίων. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται στη βιβλιογραφία (Renstrom et al. 1990, Griffiths & Preston 1992). Τέτοιες παρανοήσεις ενισχύονται και από εκφράσεις στα εγχειρίδια όπως “το νερό είναι μόρια νερού” και έτσι βαθαίνει η σύγχυση μεταξύ μοριακών σωματιδίων και ουσιών (Selley 1978).

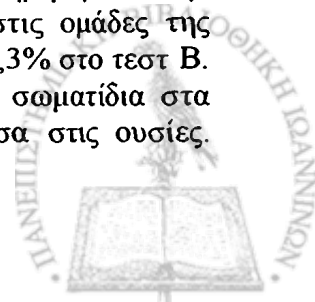
Κατά τη σχεδίαση στερεών, υγρών και αερίων αποδεκτά σχέδια έδωσαν το 57,9% των μαθητών της Π1 και το 33,3% από την Π2 πριν τη συζήτηση. Μετά τη συζήτηση οι μαθητές της Π2



σχεδιάζουν τα υγρά με μόρια πολύ κοντά που γλιστράνε μεταξύ τους και δίνουν αποδεκτά σχέδια σε ποσοστό 81,3%. Υπερεκτίμηση της απόστασης μεταξύ των σωματιδίων στα υγρά έδωσαν οι υπόλοιποι μαθητές. Υπερεκτίμηση της απόστασης σωματιδίων στα υγρά και υποτίμηση στα αέρια έδωσαν οι περισσότεροι από τους μισούς μαθητές και τα 2/3 των σπουδαστών σε έρευνα των Hatzinikita & Kokkotas (1994).

Οι επιδόσεις των αγοριών που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν καλύτερες από των κοριτσιών αλλά οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Στη βιβλιογραφία οι διαφορετικές επιδόσεις των αγοριών και κοριτσιών αποδίδονται στη διαφορετική χωρική ικανότητα (Halpern 1992) ή στη διαφορετική ικανότητα των κοριτσιών να δημιουργούν απλά εποπτικά μέσα (Wong 1988, Friedman 1995). Παρέχοντας στα κορίτσια ένα διάγραμμα βελτιώνεται η ικανότητα λύσης προβλήματος (Johnson 1984) αλλά για να βοηθηθούν το ίδιο τα κορίτσια με τα αγόρια θα πρέπει τα σωματιδιακά διαγράμματα να μην χρησιμοποιούνται ως απλές επιδείξεις της αλληλεπίδρασης ατόμων, μορίων και ιόντων (Kahle 1990, Scantlebury et al. 1992). Το σωματιδιακό μοντέλο, που χρησιμοποιήσαμε, βοήθησε τα αγόρια και τα κορίτσια. Φαίνεται ότι παρέχοντας στα κορίτσια ένα νοητικό μοντέλο, μια οπτικοποιημένη αναπαράσταση της δομής της ύλης και των μεταβολών της και κάνοντας χρήση αποτελεσματικών επεξηγήσεων (Mayer 1993) η επίδοση και των δυο φύλων είναι ισοδύναμη. Σε παρόμοια συμπεράσματα καταλήγει και έρευνα των Bunce & Gabel (2002).

Κατά την έρευνά μας καταγράψαμε εναλλακτικά μοντέλα τα οποία δείχνουν διαφορετικό βαθμό υιοθέτησης της σωματιδιακής θεωρίας, όπως έχουν προταθεί από Johnson (1998c). Το μοντέλο A, κατά το οποίο τα μόρια είναι μέσα στα υλικά, εμφανίζεται κυρίως στην Π2testB(διδ) σε ποσοστό 5,4% και στην Π2pretestB(συζ) σε ποσοστό 8,6%. Μετά τη συζήτηση στις ομάδες της Π2 το μοντέλο αυτό παρουσιάζεται σε πολύ μικρό ποσοστό. Οι μαθητές φαίνεται ότι κατανοούν το μόριο ως δομικό υλικό της ύλης. Παρατηρήθηκε επίσης το συνθετικό μεταβατικό μοντέλο XC σε μικρά ποσοστά στο τμήμα Π1 (1,5% στο τεστ A και 0,5% στο τεστ B) και σε μεγαλύτερα στο Π2. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο μια από τις δυο ουσίες περιγράφεται με σωματιδιακούς όρους ενώ η άλλη περιγράφεται μακροσκοπικά και εκφράζει τη δυσκολία των μαθητών να λειτουργήσουν με πληρότητα σε σωματιδιακό επίπεδο, στο οποίο όλα τα σώματα τα οποία εμπλέκονται στα φαινόμενα περιγράφονται με σωματιδιακούς όρους. Το μοντέλο XC αναφέρεται και από Βλάχος (1999) σε ποσοστό 2% σε τμήματα που διδάχθηκαν εποικοδομητικά τη δομή της ύλης. Σε σωματιδιακό πλαίσιο το μοντέλο εμφανίζεται πιο σπάνια. Το μοντέλο αυτό εμφανίζεται στην Π2(διδ) όταν ερμηνεύει θέματα που διδάχθηκαν οι μαθητές (ποσοστό 2,6%) και στην Π2pre(συζ) πριν τη συζήτηση (3,5% στο τεστ A και 4,6% στο τεστ B). Μετά τη συζήτηση πολύ λίγες απαντήσεις είναι στο μοντέλο αυτό. Ένα άλλο συνθετικό μοντέλο είναι το BC και εμφανίζεται στην Π1 σε ποσοστό 0,9% στο τεστ A και 0,7% στο τεστ B. Στο μοντέλο αυτό η διάλυση περιγράφεται ως διάσπαση του κόκκου σε μόρια με αλληλεπίδραση με τα μόρια νερού, ωστόσο η κατάσταση αυτή είναι προσωρινή και τα μόρια στη συνέχεια διασπώνται, διαλύονται. Το μοντέλο εμφανίζεται σε υψηλό ποσοστό στην Π2pre(συζ) (4,4% στο τεστ A και 6,1% στο τεστ B) και στην Π2post(συζ) (3,7% στο τεστ A και 2,5% στο τεστ B). Στο μοντέλο αυτό οι μαθητές θεωρούν ότι τα μικρότερα και αόρατα σωματίδια, στα οποία διασπάται η ουσία κατά τη διάλυση, δεν είναι τα κύρια δομικά υλικά της ύλης αλλά μια τελική μονάδα στην διαδικασία της διάλυσης. Το μοντέλο BC είναι απόρροια της άποψης ότι η ύλη είναι συνεχής και 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. Τα αποτελέσματα αναφέρονται και από Pfundt (1981). Ωστόσο το εναλλακτικό μεταβατικό μοντέλο που συγκεντρώνει τις περισσότερες απαντήσεις είναι το μοντέλο B, κατά το οποίο το μόριο είναι ο δομικός λίθος της ύλης και έχει μακροσκοπικά χαρακτηριστικά. Το μοντέλο B σημειώθηκε και στα δυο τεστ στην Π1 (7,8% στο τεστ A και 8,5% στο τεστ B) και στην Π2(διδ) (6% στο τεστ A και 12,3% στο τεστ B). Πιο υψηλά ποσοστά παρατηρήθηκαν στην Π2pre(συζ) (10,5% στο τεστ A και 24,8% στο τεστ B). Μετά τη συζήτηση στις ομάδες της Π2post(συζ) το μοντέλο B συνεχίζει να προτιμάται από το 7,4% στο τεστ A και 12,3% στο τεστ B. Στην διδακτική μας παρέμβαση φροντίσαμε να αποφύγουμε φράσεις όπως “τα σωματίδια στα στερεά” που ισχυροποιούν το μοντέλο A, κατά το οποίο τα μόρια είναι μέσα στις ουσίες.



Αποφύγαμε επίσης να αναφερθούμε στα σωματίδια ως το τελικό αποτέλεσμα ενός εκτενούς μοριακού διαχωρισμού, που ισχυροποιούν το μοντέλο Β (de Vos & Verdonk 1987a). Ωστόσο το μοντέλο Β είναι το εναλλακτικό μοντέλο που σημειώνεται μετά τη διδασκαλία και ακόμα μετά τη συζήτηση σε ομάδες. Οι μαθητές, αν και με σαφήνεια διδάχθηκαν ότι οι μακροσκοπικές ιδιότητες των ουσιών είναι ιδιότητες ενός συνόλου μορίων, αποδίδουν στα μόρια αυτές τις μακροσκοπικές ιδιότητες. Χρειάζεται χρόνος για να αποδεχθούν οι μαθητές τη σωματιδιακή δομή της ύλης και να μετακινηθούν από το μοντέλο Β στο μοντέλο C και να κατανοήσουν ότι τα σωματίδια είναι οι ουσίες και οι ιδιότητες μιας κατάστασης είναι αθροιστικές ιδιότητες των σωματιδίων.

Τα βιωματικά μοντέλα και οι δυναμικές αναπαραστάσεις που χρησιμοποιήσαμε σχετίστηκαν με τις έννοιες που οι μαθητές διδάχθηκαν. Κατά την παρουσίαση των αναλογικών μοντέλων που χρησιμοποιήσαμε φροντίσαμε αυτά να είναι οικεία στους μαθητές, να αναγνωρίζονται τα κοινά και μη κοινά χαρακτηριστικά της αναλογίας και στόχου και να αξιολογούνται οι αναλογίες όπως προτείνεται από Treagust et al. (1998). Σημαντική στην κατανόηση εννοιών είναι η συμβολή του κιναισθητικού μοντέλου λόγω της εσωτερικής δυναμικής του και της οπτικοποίησης που πετυχαίνει. Η σύντομη αποτίμηση των μοντέλων που έγινε στο Κεφάλαιο 13 έδειξε ότι τα παιδιά μαθαίνουν να δομούν έννοιες μέσω της χρήσης αναπαραστάσεων. Στη δόμηση εννοιών σημαντική συμβολή είχε και το παιχνίδι - κιναισθητικό μοντέλο. Οι Goodman & Goodman (1990) ισχυρίζονται ότι οι έννοιες που αρχίζουν με παιχνίδι όχι μόνο είναι η βάση για επιστημονικές έννοιες, αλλά ουσιαστικά γίνονται μέρος των εννοιών.

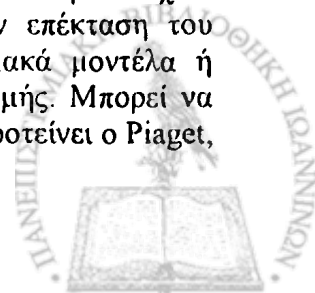
Η δυνατότητα που δόθηκε στους μαθητές κατά τη συζήτηση να δείξουν τι καταλαβαίνουν περιόρισε τις εναλλακτικές απαντήσεις μετά τη συζήτηση στις ομάδες και βελτίωσε τις αποδεκτές απαντήσεις. Στις ομάδες οι μαθητές κατά την οριζόντια αλληλεπίδρασή τους είχαν φυσικά και ισχυρά κίνητρα να ανακαλύψουν και να επεξεργαστούν τις ιδέες τους. Δεν γνώριζαν τις έγκυρες και σωστές απαντήσεις και εξέφραζαν άφοβα μια ποικιλία ιδεών, που επιλέγονταν, ταξινομούνταν και γίνονταν αντικείμενο αλληλεπίδρασης. Η επίτευξη εποικοδομητικής αλληλεπίδρασης στην ομάδα ενισχύθηκε από τις εξωτερικές πληροφορίες που δόθηκαν στους μαθητές κατά την παρουσίαση των φαινομένων με πείραμα. Η εμπειρική απόδειξη, που προέρχεται από την παρακολούθηση των πειραμάτων, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για τη διευκόλυνση της συλλογικής κατανόησης (Miyake 1986). Επίσης η δημιουργική αλληλεπίδραση στην ομάδα ενισχύθηκε επειδή τα μέλη συζήτησαν εναλλακτικές λύσεις που ελέγχονταν από αυτά που οι μαθητές είχαν μάθει. Η δόμηση της γνώσης διευκολύνεται όταν η δραστηριότητα της ομάδας "εντάσσεται" σε συγκεκριμένο πλαίσιο, αλλιώς το να καταλάβουν όλοι αυτό που συζητήθηκε απαιτεί πολλή προσπάθεια και κόστος. Η ομάδα δίνει περιθώρια για την ατομική απόκτηση γνώσης και διαθέτει περισσότερα στοιχεία και πληροφορίες από κάθε μέλος για επίλυση προβλημάτων. Η συγκέντρωση πληροφοριών που κατέχουν τα μέλη οδηγεί σε επίλυση προβλήματος με μεγαλύτερη επιτυχία απ' ό,τι θα μπορούσαν τα άτομα μόνα τους. Σε κάθε ομάδα οι μαθητές συμπληρώνουν ή επεξεργάζονται αυτά που είπαν οι σύντροφοί τους. Οι διευκρινήσεις είναι περισσότερο πειστικές και λεπτομερειακές, αν και κάθε μαθητής προσθέτει λίγα στοιχεία. Η συζήτηση του θέματος στην ομάδα είναι πιθανόν να φέρνει τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν ότι η κατανόηση δεν είναι επαρκής και να νιώσουν έκπληξη ότι οι απόψεις τους δεν είναι επαρκείς ή ότι δεν έχουν συνοχή, άρα το επίπεδο κατανόησής τους δεν είναι ικανοποιητικό. Η ομάδα δίνει τις πληροφορίες και τα μέλη μπορούν να επεξεργαστούν ή να αναθεωρήσουν τις απόψεις τους, όταν γίνει η ανατροφοδότηση (Gallimore and Tharp 1986, Tharp & Gallimore 1988). Ωστόσο παρατηρήσαμε ότι η επίλυση προβλήματος από την ομάδα μπορεί να μην καταλήγει στην κατάκτηση του προϊόντος από όλα τα μέλη της. Αυτά τα μέλη μπορεί να μην είναι σε θέση να λύσουν μόνα τους το πρόβλημα, που έλυσαν ομαδικά. Ίσως χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες που κατέχουν για να το λύσουν, χωρίς αυτές να γίνουν μια καινούργια γνώση που θα τη μάθει το κάθε μέλος. Η γνώση δεν επινοήθηκε ή δεν διατυπώνεται με ένα σαφή και εύχρηστο τύπο για όλα τα άτομα. Μεγάλη βοήθεια στην κατανόηση προσέφερε η σχεδίαση - παράσταση των φαινομένων με σωματίδια καθώς έδινε ευκαιρίες για συζήτηση και εξέταση εναλλακτικών απόψεων.



Οι μαθητές, που διδάχθηκαν το σωματιδιακό μοντέλο τη σειρά μαθημάτων ή συζήτησαν και ερμήνευσαν στις ομάδες τα φαινόμενα τα σχετικά με τη δομή της ύλης και τις μεταβολές τους, θεωρούμε ότι το χρησιμοποιούν αποτελεσματικότερα απ' ό,τι αναφέρεται στη σχετική βιβλιογραφία. Αυτό οφείλεται στις διδακτικές επιλογές, όπως η εισαγωγή με στερεά και υγρά και αποφυγή αερίων, η χρήση αναλογικών και δυναμικών μοντέλων και παιχνιδιών αλλά και στη διαδικασία μοντελοποίησης που ακολουθήσαμε. Η διαδικασία αυτή άρχισε με τη δημιουργία παραστάσεων από το εμπειρικό πεδίο, συνεχίστηκε με επιλογή του προβλήματος, που προσφέρεται για μοντελοποίηση και την εισαγωγή ή η επινόηση και κατασκευή κάποιου μοντέλου, του οποίου καθορίζονται οι ιδιότητες και ο τρόπος συμβολισμού και οι σχέσεις αντιστοίχισης μεταξύ μοντέλου και πραγματικότητας. Στη συνέχεια οι μαθητές κλήθηκαν να εφαρμόσουν το μοντέλο σε διάφορες περιπτώσεις ή να χρησιμοποιήσουν μια προσομοίωση, που έγινε με βάση το μοντέλο. Μέσα από την εφαρμογή του μοντέλου ενισχύεται η δημιουργία νέων παραστάσεων, που σε σύζευξη με αυτές του εμπειρικού πεδίου, συμβάλλουν στην οικοδόμηση νέας επιστημονικής γνώσης. Με τη βοήθεια του μοντέλου η "ανάγνωση" της πραγματικότητας δεν είναι πια ίδια και αυτό δηλώνεται ως τελική φαινομενολογία, που είναι διαφορετική της αρχικής. Κάθε μοντέλο περιγράφει και εξηγεί ορισμένη περιοχή και ορισμένες όψεις της πραγματικότητας, έχει δηλαδή όρια εγκυρότητας (Σταυρίδου 1995). Τα όρια εγκυρότητας του σωματιδιακού μοντέλου που χρησιμοποιήσαμε μπορούν να δοκιμαστούν στη συνέχεια με τη διάκριση δυο διαφορετικών χημικών ουσιών που αποτελούνται από διαφορετικά είδη μορίων. Με τη διαδικασία της μοντελοποίησης το εμπειρικό πεδίο αναφοράς των μαθητών διευρύνεται και ως προς τα στοιχεία της εμπειρικής πραγματικότητας (νέα υλικά, νέα φαινόμενα, νέες διαδικασίες κ.λ.π.) και ως προς τις εννοιολογικές κατασκευές (νέες έννοιες, νέες κατηγορίες, νέες κανονικότητες κ.λ.π.) και οι μαθητές οικοδομούν νόημα (Martinand 1986, Martinand et al. 1996 in Σολομωνίδου 2006). Σε μια τέτοια διαδικασία η βάση των αρχικών ιδεών των μαθητών χρησιμεύει ως αρχικό επίπεδο αναφοράς των παιδιών το οποίο μπορεί να διευρυνθεί. Η διεύρυνση του εμπειρικού πεδίου αναφοράς των μαθητών είναι αναγκαία για την οικοδόμηση της επιστημονικά αποδεκτής γνώσης και επιτυγχάνεται μέσα από σταδιακές διευρύνσεις και διαδοχικές προσεγγίσεις.

Η επιλογή μας να εισάγουμε το μοντέλο, αφού οι μαθητές είχαν επαρκείς γνώσεις από το μακροσκοπικό επίπεδο διαφοροποιείται από άλλες διδακτικές παρεμβάσεις (ενδεικτικά Lee et al. 1993, Βλάχος 1999). Η επιλογή αυτή υπαγορεύεται από τη διαδικασία μοντελοποίησης αλλά και τη θεμελίωση της έννοιας της χημικής ουσίας. Στη διδακτική της χημικής ουσίας η εμπειρική θεμελίωση της έννοιας της ουσίας έχει προταθεί ότι πρέπει να προηγείται της σωματιδιακής δομής της (Σταυρίδου 1995, Σολομωνίδου & Σταυρίδου 2000). 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) (Σταυρίδου 1995) και να κατανοήσουν στη συνέχεια χημικές αλλαγές.

Το σωματιδιακό μοντέλο που διδάξαμε βοήθησε στην κατανόηση ότι μια ουσία μπορεί να είναι σε στερεή, υγρή ή αέρια κατάσταση ανάλογα με την θερμοκρασία και κατά την αλλαγή κατάστασης δεν αλλάζει την ουσία. Μπορεί να ιδωθεί επίσης 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). Ωστόσο τα όρια εγκυρότητας του μοντέλου θα πρέπει να δοκιμαστούν κατά τη διάκριση δυο διαφορετικών κατά προτίμηση υγρών άχρωμων ουσιών, όπως το νερό και το οινόπνευμα. Η χρήση δυο άχρωμων υγρών ίδιας ποσότητας οδηγεί τους μαθητές σε συζήτηση για το είδος των μορίων και των δεσμών μεταξύ τους. Ερωτήσεις όπως "γιατί έχουν διαφορετικά σημεία βρασμού ή διαφορετικό ρυθμό εξάτμισης ή πυκνότητα" μπορούν να οδηγήσουν σε απαντήσεις που περιλαμβάνουν διαφορετικά μόρια. Στη συνέχεια διερεύνηση του τι κάνει τα μόρια διαφορετικά μπορούν να οδηγήσουν στην επέκταση του μοντέλου στην ατομική δομή. Θεωρούμε ότι πρέπει να παρουσιαστούν μοριακά μοντέλα ή μοριακοί τύποι για γνωστές ουσίες και έτσι να γίνει εισαγωγή της ατομικής δομής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί η αναλογία μεταξύ ατόμων και γραμμμάτων του αλφαβήτου, που προτείνει ο Piaget,



για να καταδειχθεί ότι αμετάβλητες και στοιχειώδεις οντότητες (άτομα) μπορούν να συνθέσουν ένα τεράστιο πλήθος από οντότητες (λέξεις – μόρια) με τελείως διαφορετικά χαρακτηριστικά (Buck 1990). Η αντιστοιχία των ατόμων με τα γράμματα της αλφαβήτου ώστε να αποδοθούν οι αλλαγές των συνδυασμών τους που είναι υπεύθυνες για την ποικιλία των υλικών μέσα από τις δευτερεύουσες ιδιότητές τους, είναι μια πτυχή του ατομικού μοντέλου του Δημόκριτου (Βλάχος & Κόκκοτας 2000).

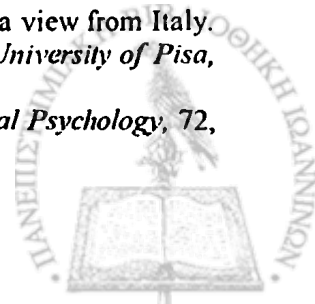
Όπως φάνηκε στην έρευνα οι αρχικές ιδέες των μαθητών για τα φαινόμενα φυσικών αλλαγών που μελετήσαμε δεν είχαν κοινά στοιχεία με τις επιστημονικά αποδεκτές. Σ' αυτή την περίπτωση η διδασκαλία πρέπει να βοηθά τους μαθητές να δομήσουν μια επιστημονική άποψη πριν αποδεχτούν εναλλακτικές ερμηνείες (Rowell and Dawson 1985, Parageorgiou & Johnson 2005, Παπαγεωργίου και συν. 2007). Η διδασκαλία σε τέτοιες περιπτώσεις και από άποψη εποικοδομητική (Scott et al. 1994) εμπλέκει εγκατάσταση μιας επιχειρηματολογίας για την επιστημονική άποψη, η οποία είναι πιθανόν να εμπλέκει εμπειρικά ευρήματα αλλά υπερβαίνει αυτά για να βοηθήσει τους μαθητές να δομήσουν συγκεκριμένους τρόπους να "βλέπουν" τα πράγματα ανάλογους με αυτούς που υιοθετούνται από την επιστημονική κοινότητα. Η επιστημονική άποψη εισάγεται αφηγηματικά, οι υποστηρικτικές αποδείξεις χρησιμοποιούνται ως πηγή τροφοδότησης και νέα μοντέλα εκφράσεων δοκιμάζονται μέσω της ομιλίας στην τάξη. Αφού η επιστημονική άποψη είναι από μόνη της κοινωνικά δομημένη μέσα στην επιστημονική κοινότητα, η μάθηση επιστήμης απαιτεί οι μαθητές να κοινωνικοποιούνται σε νέο τρόπο θεώρησης.

Στη διδακτική μας παρέμβαση οργανώσαμε τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές, με την βοήθεια των εργαλείων που τους προσφέρουν οι αντίστοιχες επιστήμες και που με συστηματικό τρόπο τίθενται στη διάθεσή τους, επεξεργάζονται κριτικά τις πρώτες ιδέες τους για τον κόσμο και τις ανασκευάζουν, τις ανακατασκευάζουν με νέες έννοιες και σε ένα νέο πλαίσιο σημασιών. Το διδακτικό μας μοντέλο βασίστηκε, υπό μια κατά Vygotsky άποψη, περισσότερο στη συζήτηση και λιγότερο στην ισχύ της εμπειρίας της τάξης να αλλάζει καθημερινές αντιλήψεις των παιδιών ή τη γνώση κοινής λογικής. Σίγουρα τα παιδιά χρειάζονται χρόνο να συνηθίσουν και να αποδεχτούν νέες ιδέες και άλλους τρόπους κατανόησης φαινομένων που προτάθηκαν από το δάσκαλο ή άλλους μαθητές. Χρειάζονται χρόνο να κινηθούν πίσω και μπρος μεταξύ καθημερινών εννοιών και επιστημονικών ταιριάζοντάς τες, απορρίπτοντας κάποιες και αποδεχόμενοι άλλες. Η διδασκαλία ενημερωμένη από την εποικοδομητική άποψη αναγνωρίζει ότι και οι πρακτικές δραστηριότητες και η συζήτηση αυτών μπορεί να ερμηνεύεται από τους μαθητές με τρόπους που διαφέρουν από τους σκόπιμους. Ακόμα και όταν τα επιχειρήματα έχουν φαινομενικά αναπτυχθεί μέσω της συζήτησης στην τάξη, αυτό δεν σημαίνει ότι τα άτομα έχουν αίσθηση αυτών. Η διδασκαλία πρέπει να εμπλέκει μια διαδικασία τακτικής ανατροφοδότησης και ελέγχου για να αναγνωρίζει ποια συλλογιστική χρησιμοποιείται από τους μαθητές έτσι που οι διδακτικές δραστηριότητες μπορούν να προσαρμοστούν αναλόγως.

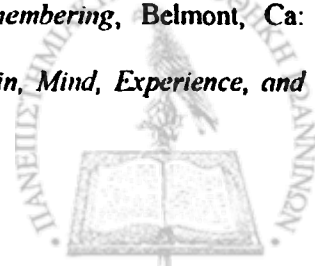


BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

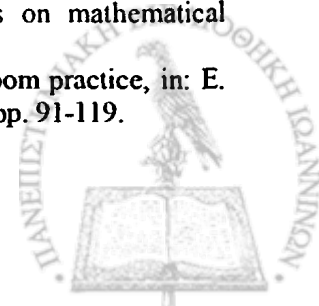
- Abraham, M. R., Williamson V. M., Westbrook S. L., (1994), A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts, *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 147-165.
- Abraham, M.R., Grzybowski, E.B., Renner, J.W., & Marec, E.A., (1992), Conceptual understandings and misunderstandings of eight grades of five chemistry concepts found in textbooks, *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 105-120.
- Ahtee, M., (1994), Finnish pupils' ideas of dissolving salt in water, in: Bargellini & P.E.Todesco (Eds.), *Proceedings of ATTI, 2nd European Conference on Research in Chemical Education Pisa, Italy*, 254-259.
- Aiello-Nicosia, M.L. & Sperandeo-Minco, R.M., (2000), Educational reconstruction of physics content to be taught and of pre-service teacher training: a case study, *International Journal of Science Education*, 22, 1085-1097.
- Alexopoulou, E., & Driver, R. (1996), Small-group discussion in physics: Peer interaction modes in pairs and fours, *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 1099-1114.
- Allan, S., (1991), Ability-grouping research reviews: What do they say about grouping and the gifted? *Educational Leadership*, 48, 60-65.
- American Association for the Advancement of Science, (1993), *Benchmarks for Science Literacy: Project 2061*, New York, NY: Oxford University Press, www.project2061.org/tools/benchol/bolframe.htm
- Anderson, B. (1990), Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16), *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- Anderson, B., (1986), Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions, *Science Education*, 70, 549-563.
- Anderson, B., (1992), *Strategic teaching in science*, In: M.K. Pearsall (Ed.), *Relevant research (vol 2)*, Washington, D.C: National Science Teachers Association.
- Andersson, B. (1990), Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16), in: P.L Lijnse., P. Licht, W. de Vos, A.J. Waarlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles, A central problem in secondary education*, University of Utrecht, CD-β Press.
- Andersson, B., (1984), *Chemical reactions*, EKNA Group, University of Gothenburg, Sweden.
- Andersson, B., (1986), The experimental gestalt of causation: A common core to pupils' preconceptions in science, *Euporean Journal of Science Education*, 8, 155-171.
- Appleton, K., (1985), Children's ideas about temperature, *Research in Science Education*, 15, 122-126.
- Ardac, D. & Akaygun, S., (2005), Using static and dynamic visuals to represent chemical change at molecular level, *International Journal of Science Education*, 27, 1269-1298.
- Ardac, D., Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change, *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 317-337.
- Atwood, R. A., & Atwood, V. A., (1996), Prospective elementary teachers' conceptions of the causes of seasons, *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 553-563.
- Bagley, D., & Chaille, C., (1996), Transforming play: An analysis of first -, third-, and fifth- graders' play, *Journal of research in childhood education*, 10, 134-142.
- Bahar, M., Johnstone, A. H., & Hansell, M. H. (1999), Revisiting learning difficulties in biology, *Journal of Biological Education*, 33, 84-86.
- Bar, V. & Galili, I. (1994), Stages of children's views about evaporation, *International Journal of Science Education*, 16, 157-174.
- Bar, V. & Travis, A. (1991), Children's views concerning phase changes, *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 363-382.
- Bar, V. (1989), Children's views about the water cycle, *Science Education*, 73, 481-500.
- Barak, M., & Dori Y., (2005), Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment, *Science Education*, 89, 117-139.
- Bargellini, A., Lardicci, L., Mannelli, M., & Raspi, G., (1993), Middle school students' alternative frameworks about the learning of change of state, solution and chemical reaction: a view from Italy. *Proceedings of 2nd European Conference on Research in Chemical Education, University of Pisa, Italy*.
- Bargh, J., & Schul, Y., (1980), On the cognitive benefits of teaching, *Journal of Educational Psychology*, 72, 593-604.



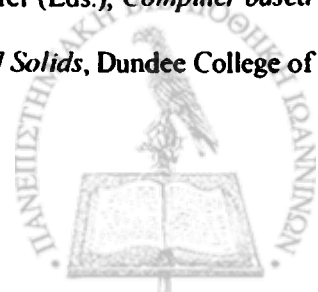
- Barnes, D. & Todd, F. (1977), *Communication and learning in small groups*, London: Routledge & Kegan Paul
- Basili P. A. & Sanford J. P. (1991), Conceptual change strategies and cooperative group work in chemistry, *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 293-304.
- Bazerman, C., (1988), *Shaping Written Knowledge: the genre and activity of the experimental article in Science*, University of Wisconsin Press.
- Belenky, M. F., Clinchy, B. M. V., Goldberger, N. R., & Tarule, J. M. (1986), *Women's ways of knowing. The development of self, voice and mind*, New York: Basic Books.
- Bendall, S., Goldberg, F., & Galili, I. (1993), Prospective elementary teachers' prior knowledge about light, *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1169-1187
- Bennett, N. (1991), Cooperative Learning in classrooms: Processes and outcomes, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 32, 581-594.
- Benson, D.L., Wittrock, M.C., & Baur, M.E., (1993), Student's preconceptions of the nature of gases. *Journal of Research in Science Education*, 30, 587-597.
- Bent, H., (1984). Uses (and abuses) of models in teaching chemistry, *Journal of Chemical Education*, 61, 774-777.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. & Silberstein, J. (1987), Students' visualization of a chemical reaction, *Education in Chemistry*, 24, 117-120.
- Ben-zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1988), Theories, principles and laws, *Education in Chemistry*, 25, 89-92
- Ben-zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J., (1986), Is an atom of copper malleable?, *Journal of Chemical Education*, 63, 64-66.
- Berger, C. F., Berkheimer, G. D., Lewis, L. E., & Neuberger, H. T., (1979), Houghton-Mifflin Science, Grades K-6, Boston, MA: Houghton Mifflin Company.
- Berkheimer et al., (1988), *Matter and molecules, Teacher's guide: Science book*, (Occasional Paper No. 121), East Lansing, MI: Institute for Research on Teaching, Michigan State University.
- Berkheimer, G. D., Anderson, C. W., & Spees, S. T. (1990), *Using conceptual change research to reason about curriculum (Research Series Paper No. 195)*, East Lansing, MI: Institute for Research on Teaching, Michigan State University.
- Berkheimer, G.D., Anderson, C.W. & Blakeslee, T.D., (1988), *Matter and molecules teacher's guide: Activity book* (Occasional Paper No. 122), East Lansing: Michigan State University, Institute for Research on Teaching. <http://ed-web3.educ.msu.edu/reports/matter-molecules/default.htm>.
- Besson, U., (2003), The distinction between heat and work: an approach based on a classical mechanical model, *European Journal of Physics*, 24, 245-252.
- Beveridge, M., (1985), The development of young children's understanding in the process of evaporation. *British Journal of educational Psychology*, 55, 84-90.
- Bivens, J.A., (1990), Children scaffolding children in classroom: Can this metaphor completely describe the process of group problem solving? *Paper presented at the AERA meeting*, Boston MA.
- Blanco, A. & Prieto, T., (1997), Pupils' views on how stirring and temperature affect the dissolution of a solid in a liquid: a cross-age study (12 to 18), *International Journal of Science Education*, 19, 303-315.
- Bliss, J. (1995), Piaget and after: the case of learnig science, *Studies in Science Education*, 25, 139-172.
- Bliss, J., (1994), "Η σημασία του Piaget για την έρευνα σχετικά με τις αντιλήψεις των παιδιών" στο *Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου*, Εισαγωγή - Επιμέλεια Β. Κουλαϊδής, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.
- Boujaoude, S.B., (1991), A study of the nature of students' understanding about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 689-704.
- Boulter, C. J. & Gilbert, J. K. (1995), Argument and Science Education, in Q Costello and Mitchell (Eds.), *Competing and consensual voices: the theory and practice of argumentation*. Clevedon. Multilingual Matters.
- Bouma, H., Brandt, I. And Sutton, C., (1990), Words as Tools in Science Lessons, *Chemiedidactiek*, University of Amsterdam), in: R. Driver, A. Squires, P. Rushworth, V. Wood-Robinson, *Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών*, Επιμέλεια Π. Κόκκοτας, Τυπωθήτω, Αθήνα, 2000.
- Bransford, D., (1979), *Human cognition: Learning, understanding and remembering*, Belmont, Ca: Wadsworth Publishing.
- Bransford, J., Brown, A. & Cocking, R. (eds.) (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, Washington, D.C.: National Academy Press.



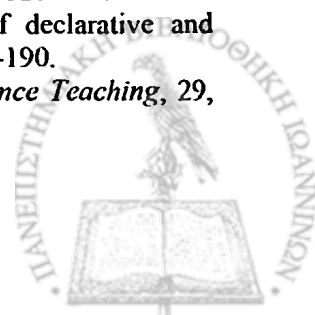
- Brewer, F. (1991), Child theories versus scientific theories, in: R. Hoffman (Ed.), *Cognition and the symbolic processes*, Hillsdale, Erlbaum.
- Briggs, H. & Holding, B. (1986), *Aspects of secondary students' understanding of elementary ideas in chemistry*, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Brook, A., Briggs, H., & Driver, R., (1984), *Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter*, Leeds, UK: University of Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- Brosnan, T., (1990), Categorising macro and micro explanations of material change, in: P.L. Lynse, P. Licht, W. de Vos, and A. J. Waarlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*, Utrecht, The Netherlands, Centre for Science and Mathematics Education, 198-211.
- Brown, J. S. & Duguid, P., (2000), *The social life of information*, Boston: Harvard University Press.
- Brown, J.S., Collins, A. & Duguid, S., (1989), Situated cognition and the culture of learning, *Educational Researcher*, 18, 32-42.
- Bruce, T., (1994), Play, the universe and everything, in: J. Moyles, (Ed.), *The excellence of play* (pp. 189-198), Bristol, PA: Open University Press.
- Buck, P., (1990), Jumping to the atoms: The introduction of atoms via nesting systems, in: P.L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos and A.-J. Waarlo (Eds.) *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*, Utrecht : CD- β Press, 212-219.
- Bunce, D.M. & Gabel, D., (2002), Differential Effects on the Achievement of Males and Females of Teaching the Particulate Nature of Chemistry, *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 911-927.
- Bunce, D.M., Gabel, D.L. & Samuel, K.B., (1991), Enhancing chemistry problem- solving achievement using problem categorization, *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 505-521.
- Carey, S., (1985), *Conceptual change in childhood*, Cambridge, MA: MIT Press
- Carlsen, W.S., (1993), Teacher knowledge and discourse control: Qualitative evidence from novice biology teachers' classrooms, *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 471-481.
- Carr, M. (1984). Model confusion in chemistry, *Research in Science Education*, 14, 97-103.
- Carter, G., Jones, M. G. & Rua M. (2003), Effects of Partner's Ability on the Achievement and Conceptual Organization of High-Achieving Fifth-Grade Students, *Science Education*, 87, 94-111.
- Carter, G. & Jones, M.G., (1994), Relationship between ability-paired interactions and the development of fifth grader's concepts of balance, *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 847-856.
- Carter, G., Westbrook, S.L. & Thompkins, C.D., (1999), Examining Science Tools as Mediators of Students' Learning about Circuits, *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 89-105.
- Chi, M.T.H., Feltoovich, P.J., & Glaser, R., (1981), Categorization and representation of physics problems by experts and novices, *Cognitive Science*, 5, 121-152
- Chi, M. T. H. & Slotta, J. D., (1993), The ontological coherence of intuitive physics. Commentary in: A. diSessa's "Toward an epistemology of physics", *Cognition and Instruction*, 10, 249-260
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & de Leeuw, N. (1994), From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts, *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Chi, M.T.H., Glaser, R., & Rees, E., (1982), Expertise in problem solving, in: R.J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Children's Learning in Science Project (1987), *Approaches to teaching the particulate theory of matter*, Leeds, England: Center for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Cho, H., Kahle, J. B., & Nordland, F. H. (1985), An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics, *Science Education*, 69, 707-719.
- Claxton, G. (1991), *Educating the inquiring mind: the challenge for school science*, London: Harvester.
- Claxton, G. (1993), Minitheories: a preliminary model for learning science, Chapter 3, Black, P.J., Lucas A M.) (Eds.), *Children's Informal Ideas in Science*, London: Routledge, pp. 45-61.
- Clement, J., Brown, D. & Zietsman, A. (1989), Not all preconceptions are misconceptions: Finding anchoring conceptions for grounding instruction on students' intuitions, *International Journal of Science Education*, 11, 554-565.
- Cobb, P. (1994), Where is the mind? Constructivist and sociological perspectives on mathematical development, *Educational Researcher*, 23, 13-20.
- Cobb, P. Wood, T., & Yackel, E. (1993), Discourse, mathematical thinking and classroom practice, in: E. Forman et al (Eds.), *Contexts for Learning*, New York: Oxford University Press, pp. 91-119.



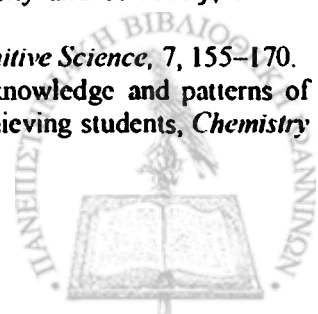
- Cohen, E. (1994), *Designing groupwork Strategies for the Heterogenous Classroom (2nd edition)*, New York: The Teachers' College, Columbia University.
- Coburn, W., & Aikenhead, G. (1998), Cultural aspects of learning science, in: B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education*, Dordrecht: Kluwer.
- Cole, M. & Wertsch, J. (1997), Beyond the individual-Social Antinomy in Discussions of Piaget and Vygotsky, στον δικτυακό τόπο <http://www.ed.arizona.edu/moll/Vygotsky/resources.htm>
- Coll, R.K. & France, B., (2005), The role of models/and analogies in science education: implications from research, *International Journal of Science Education*, 27, 183-198.
- † Collins, A., (1998), Learning communities: A commentary on papers by Brown, Ellery and Campione and by Riel, in: Greeno, J.G. & Goldman, S. (Eds.), *Thinking processes in mathematics and science learning* (pp. 399-405), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Constantinou, C., (1999), The Cocoa microworld as an environment for modelling physical phenomena, *International Journal of Continuing Education and Life-Long Learning*, 8, 65-83.
- Cosgrove, M. (1995), A case study of science-in-the-making as students generate an analogy for electricity, *International Journal of Science Education*, 17, 295-310.
- Cosgrove, M., Osborne, R., & Carr, M. (1984), Children's intuitive ideas on electric current and the modification of those ideas, in: R. Duit, W. Jung, & C. Rhonöck(Eds.), *Aspects of understanding electricity*, Ludwigsburg: Institut für die pädagogik der naturwissenschaften and der Universität Kiel, pp.247 - 266.
- Craik, K. J. W. (1943), *The nature of explanation*, Cambridge, UK: The Cambridge Press.
- Crook, C, (1994), *Computers and the Collaborative Experience of Learning*, London: Routledge.
- Crook, C, (1998), Children as computer users: the case of collaborative learning, *Computers and Education*, 30, 237-247.
- Curtis, A., (1994), Play in different cultures and different childhoods, in: Moyles, (ED.), *The excellence of play*, (pp. 189-198), Bristol, PA: open University Press
- Davydov, V., (1995), The influence of L.S. Vygotsky on education theory, research, and practice, *Educational Researcher*, 24, 12-21.
- De Jong O., Van Driel J. H. & Verloop N.,(2005), Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry, *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 947-964.
- De Jong, O., & Van Driel, J., (2001), Developing preservice teachers' content knowledge and PCK of models and modelling, *Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, St Louis, Missouri.
- de Vos W. & Vendronk, A. (1987b), A new road to reactions 5, The elements and its atoms, *Journal of Chemical Education*, 64, 1010- 1013.
- De Vos W., (1990), Seven thoughts on teaching molecules, in: P.L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos and A.-J. Waarlo (Eds.) *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*, Utrecht : CD- β Press, 163-176.
- de Vos, W. & Verdonk, A. (1985), A new road to reactions. Part 1. *Journal of Chemical Education*, 62, 238-240.
- de Vos, W.& Vendronk, A. (1987a), A new road to reactions 4, The substance and its molecules, *Journal of Chemical Education*, 64, 8, 692-694.
- de Vos, W., & Verdonk, A. (1996), The particulate nature of matter in science education and in science, *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 657-664.
- Department for Education and Skills (DfES), (2003), *National strategy: Strengthening the teaching and learning of particles in Key stage 3 science*. Resource pack for tutors. Crown copyright, London. www.standards.dfes.gov.uk/schemes/
- Dibar ure, M.C.& Colinvau, D., (1989), Developing adults' views on the phenomenon of change of physical state of water, *Journal of Science Education*, 11, 153-160.
- Dickinson, D. K. (1987), The development of a concept of material kind, *Science Education*, 71, 615-628.
- diSessa, A. (1988), Knowledge in pieces, in: G. Forman and P.B. Pufall (Eds.), *Constructivism in the Computer Age*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum and Associates, 49-70.
- diSessa, A. (1993), Toward an epistemology of physics, *Cognition and Instruction*, 10, 105- 226.
- diSessa, A., (1992), Images of learning, in: E. DeCorte, M. C. Linn, L. Verschaffel (Eds.), *Computer based learning environments and problem solving*, (pp 19-40). Berlin: Springer.
- Dow, W. M., Auld, J. & Wilson, D. (1978), *Pupils Concepts of gases, Liquids and Solids*, Dundee College of Education.



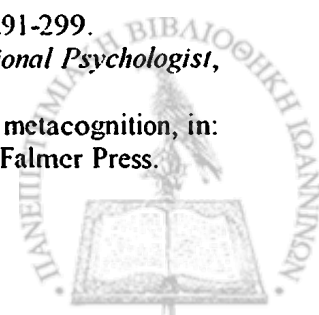
- Driver R., & Asoko H., Leach, J. Mortimer, E., & Scott P., (1994a), Constructing Scientific Knowledge in The Classroom, *Educational Researcher*, 23, 5 - 12.
- Driver R., (1981), Pupils' Alternative Frameworks in Science, *European Journal of science Education*, 3, 93-101.
- Driver, R. & Easley, J., (1978), Pupils and Paradigms: A review of Literature Related to concept development in Adolescent Science Studies, *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver, R. & Oldham, V., (1986), A constructivistic approach to curriculum development of sciences, *Studies in Science Education*, 13, 105-122
- Driver, R. & Russel, T., (1982), An investigation of the ideas of heat tempature and change of state of children aged between 8 and 14 years, *Centre for Studies in Science and Mathematics Education*, University of Leeds.
- Driver, R. (1985/93), Πέρα από τα φαινόμενα: η διατήρηση μάζας στους φυσικούς και χημικούς μετασχηματισμούς, in: R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien (Eds.), *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες* (ελλ. Μετ.), Αθήνα, Ε.Ε.Φ., Τροχαλία, 208-241.
- Driver, R., & Oldham, V., (1986), A constructivist approach to curriculum development, *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Driver, R., (1989), Students' conceptions and the learning of science, *International Journal of Science Education*, 11, 481-490
- Driver, R., (1989b), Changing conceptions, in: P. Adey (Ed.), *Adolescent development and school science* (79, 99), London: Falmer Press.
- Driver, R., (1989), The construction of scientific knowledge in school classrooms, in: R. Millar (Ed.), *Doing science: Images of science in science education* (pp. 83-106), London: Falmer.
- Driver, R., Guesne E. & Tiberghien A., (1985/93), Μερικά χαρακτηριστικά των ιδεών των παιδιών και οι συνέπειές τους για τη διδασκαλία. In R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien (Eds.), *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες* (ελλ. Μετ.) Αθήνα, Ε.Ε.Φ., Τροχαλία, 273-285
- Driver, R., Squires, A., Rushworth P., Wood-Robinson V., (1994b), *Making sense of secondary science, research into childrens' ideas*, Routledge.
- Duit, R. (1994). The constructivist view in science education - what it has to offer and what should not be expected from it, *Proceedings of the International Conference "Science and Mathematics for hte 21st century: Towards Innovatory Approaches"*, Concepción, Chile, 26/9 - 1/10.
- Duit, R., (1991), On the role of analogies and metaphors in learning science, *Science Education*, 75, 649-672.
- Duncan, I. M. & Johnstone, A. M., (1979), The mole concept, *Education in Chemistry*, 10, 213-214.
- Edwards, D., & Mercer, N. (1987), *Common knowledge: The development of understanding in the classroom*, London: Methuerm.
- Eichinger, D. C, Anderson, C.W., Palinscar, A.S. & David, Y.M., (1991), An illustration of the roles of content knowledge, scientific argument, and social norms in collaborative problem solving. Paper presented at the AERA, Chicago, II.
- Eilam B, (2004), Drops of Water and of Soap Solution: Students' Constraining Mental Models of the Nature of Matter, *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 970-993.
- Ellett, P. (1993), Cooperative learning and gifted education, *Roeper Review*, 114-121.
- Engel Clough, E. & Driver, R. (1985), Secondary students' conceptions of the conduction of heat: bringing together scientific and personal views, *Physics Education*, 20, 176-182.
- Engeström, Y., Expertise as mediated collaborative activity, in *Interactive Expertise: Studies in Distributed Working Intelligence*, University of Helsinki, Department of Education Research Bulletin, 83.
- Erduran, S., (2000), Designing learning environments to nurture growth of chemical knowledge through modelling, *Paper presented at Modelling in Chemical Education Conference University of Reading, March*.
- Erickson, G., (1977), Children's conceptions of heat and temperature phenomena", *Paper presented as part of the symponion on "Patterns of student beliefs - implications for science teaching "at the CCSE convetion, June, Fredericton*.
- Erickson, G., (1980), Children's viewpoints of heat: A second look, *Science Education*, 64, 323-336.
- Fayol M., (1994), From declarative and procedural knowledge to the managment of declarative and procedural knowledge, *European Journal of Psychology of Education Vol. IX*, 179-190.
- Feher, E., Meyer, K.R., (1992), Children's concept of color, *Journal of research in Science Teaching*, 29, 505-520.



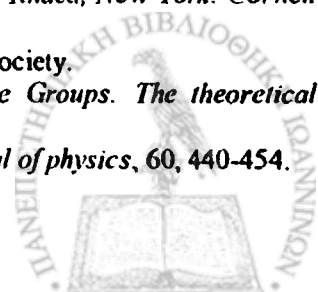
- Feldhusen, J., & Moon, S. (1992), Grouping gifted students: Issues and concerns, *Gifted Child Quarterly*, 36, 63-67.
- Fensham, P. (1994), Beginning to teach chemistry, in: P. Fensham, R. Gunstone & R. White (Eds.) *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning* (pp.14-28), London: Falmer.
- Fensham, P.J., & Kass, H., (1988), Inconsistent or discrepant events in science instruction, *Studies in Science Education*, 15, 1-16.
- Feyerabend, P.K., (1975), *Against method: Outline of an anarchistic theory of knowledge*, Humanities Press
- Fiedler-Brand, E., Lange, R. E., & Winebrenner, S. (1992), *Tracking, ability grouping and the Gifted*, PAGE Bulletin, 1-7.
- Finster, D. C. (1989), Developmental instruction. Part 1. Perry's model of intellectual development, *Journal of Chemical Education*, 68, 659-661.
- Finster, D. C., (1991), Developmental instruction. Part 2. Application of the Perry model to general chemistry, *Journal of Chemical Education*, 70, 752-756.
- Fischler, H. & Seifert, S. (2001), How to help teachers and students to deal with models in science teaching, *Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, St Louis, Missouri.
- Fischler, H. & Seifert, S. (2001), Can students develop meta-concepts for particle representation?, *Paper read to the 3rd International Conference European Science Education Research Association*, August, Thessaloniki, Greece.
- Fortman, J.J., (1993), Pictorial Analogies I: States of matter, *Journal of Chemical Education*, 70, 56-57.
- Fosnot, C., (1989), *Enquiring teachers, enquiring learners*, A constructivist approach for teaching, New York: Teachers College press.
- Friedman, L. (1995), The Space Factor in Mathematics: Gender differences, *Review of Educational Research*, 65, 22-50.
- Fuchs, L., Fuchs, D., Hamlett, C. L., & Karns, K. (1998), High-achieving students' interactions and performance on complex mathematical tasks as a function of homogeneous and heterogeneous pairings, *American Educational Research Journal*, 35, 227-267.
- Gabel, D., Samuel, K. & Hunn, D. (1987), Understanding the particulate nature of matter, *Journal of Chemical Education*, 64, 695- 697.
- Gabel, D.L. & Bunce, D.M. (1991), Improving chemistry achievement through emphasis on the particulate nature of matter, *Proceeding of the 64th Annual NARST conference*, Lake GENEVA, WI.
- Gabel, D.L., (1993), Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding, *Journal of Chemistry Education*, 70, 193-194.
- Gabel, D.L., (1999), Improving teaching and learning through chemistry evaluation research: A look to the future, *Journal of Chemical Education*, 76, 548-554.
- Galili, I. & Bar, V. (1997), Children's operational knowledge about weight, *International Journal of Science Education*, 19, 317-340.
- Galili, I., Bendall, S., & Goldberg, F., (1993), The effects of prior knowledge and instruction on understanding image formation, *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 271-301.
- Gardner, H., (1993), *Intelligence reframed. Multiple intelligences for the 21st century*, New York: Basic Books.
- Garnett, P. J., & Treagust, D. F., (1992), Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation reduction equations, *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 121-142.
- Garnett, P.J., Garnett, P.J., & Hackling, M.W., (1995), Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning, *Studies in Science Education*, 25, 69-95.
- Garnham A., & Oakhill, J., (1994), *Thinking and reasoning*, Blackwell Publishers, UK.
- Gelman, R., & Baillargeon, R. (1983), A Review of some Piagetian Concepts, in: J.H. Flavell and E.M. Markman (Eds.), *Cognitive Development*, 3, 167-230.
- Gennaro, E. D. (1981), Assessing junior high students' understanding of density and solubility, *School Science and Mathematics*, 81, 399-404.
- Gentner, D. (1983), Structure mapping; a theoretical framework for analogy, *Cognitive Science*, 7, 155-170.
- Georgousi, K., Kampourakis, K. & Tsaparlis, G., (2001), Physical - science knowledge and patterns of achievement at the primary-secondary interface, Part 2, Able and top-achieving students, *Chemistry Education Research and Practice*, 2, 253-263.



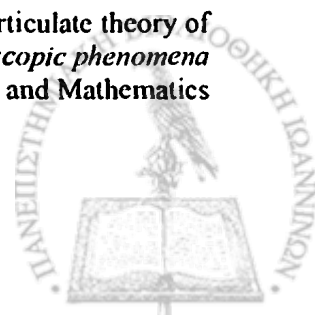
- Giere, R., (1988), *Explaining Science: A Cognitive Approach*, University of Chicago Press.
- Gijlers, H. & de Jong, T., (2005), The relation between prior knowledge and students' collaborative discovery learning processes, *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 264-282.
- Gilbert, J. K., & Zyberstajn, A., (1985), A conceptual framework for science education: the casestudy of force and movement, *European Journal of Science Education*, 7, 107-120.
- Gilbert, J. K., (1998), Explaining with models, in: M. Ratchliffe, (Ed.), *ASE Guide to Secondary Science Education*, Cheltenham, Stanley Thornes, 159-166.
- Gilbert, J. K., (Ed.) (1994), *Models and modelling in science education*, Hatfield, UK: Association for science education, 9-10pp.
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982), Children's science and its consequences for teaching, *Science Education*, 66, 623-633.
- Gilbert, J., Boulter, C. & Elmer, R., (2000), Positioning models in science education and in design and technology education, in: J. Gilbert and C. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education*, Dordrecht: Kluwer, 3-18.
- Gilbert, J.K., Justi, R. & Aksela, M., (2003), The visualization of models: A metacognitive competence in the learning of chemistry", *Paper read to the 4th International Conference of European Science Education Research Association*, August, Noordwijkerhout, The Netherlands.
- Glaserfeld, E. von, (1989), Cognition, construction of knowledge and teaching, *Synthese*, 80, 121-140.
- Glaserfeld, E. Von. (1991), Introduction, in: E.V. Glaserfeld (Ed.), *Radical constructivism in mathematics education*, Dordrecht: Kluwer.
- Glynn, S. M., (1991), Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model, in: S. Glynn, R. Yeany, & B. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 219-240), Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Goldberg, F. & Bendall S. (1992), Computer-video-based tutorials in geometrical optics, in: R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer, (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*, (pp. 356-379). Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel.
- Goldstein, D., Haldane, D., & Mitchell, C., (1990), Sex Differences In Visual-Spatial Ability: The role of performance factors, *Memory and Cognition*, 18, 546-550.
- Gómez, E. J., Benarroch, A., & Marín, N., (2006), Evaluation of the degree of coherence found in students' conceptions concerning the particulate nature of matter, *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 577-598
- Gomez, M.A., Pozo, J.I., & Sanz, A., (1995), Students' Ideas on Conservation of matter: effects of expertise and context variables, *Science Education*, 79, 77-93.
- Goodman, Y.M., & Goodman, K., (1990), Vygotsky in o whole – language perspective, in: L. Moll (Ed.), *Vygotsky and education*, (pp.223-250), Cambridge, UK: Cambridge University press.
- Goodnow, J., & Warton, P., (1992), Contexts and cognition: Taking a pluralists view, in: P.Light & G.Butterworth(Eds.), *Context and cognition: Ways of learning and Knowing*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 157-177
- Goodwin, A. J., (1995), Understanding secondary school science: a perspective of the graduate scientist beginning teacher, *School Science Review*; 76, 100-109.
- Grea, J., & Viard, J., (1995), *From Language to concept Appropriation in Physics. Two case studies Thinking physics for teaching*, Bernardini C. Et. Al. (Eds.), Plenum Press, New York.
- Greca, I. M., & Moreira M.A., (1997), Kinds of mental representations- models, propositions and images-used by college physics students regarding the concept of field, *International Journal of Science Education*, 19, 711-724.
- Greca, I. M., & Moreira M.A., (2001), Mental, Physical, and Mathematical Models in the Teaching and Learning of Physics, *International Journal of Science Education*, 86, 106-121.
- Griffiths, A. K., & Preston, K. R., (1992), Grade-12 students. misconceptions relating to fundamental characteristics of atom and molecules, *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 611-628.
- Grosslight L., Unger, C. & Jay, E., Smith, C.L., (1991), Understanding Models and their Use in Science: Conceptions of Middle and High School Students and Experts, *Journal of research in Science teaching*, 28, 799-822.
- Gunstone, R.F., & White, R.T., (1981), Understanding of gravity, *Science Education*, 65, 291-299.
- Gunstone, R.F., (1982), Cognitive Research and the Design of science Instruction, *Educational Psychologist*, 17, 31-53.
- Gunstone, R.F., (1994), The importance of specific science content in the enhancement of metacognition, in: Fensham, P.J., Gunstone R.F. & White R. (Eds), *The Content of Science*, London: Falmer Press.



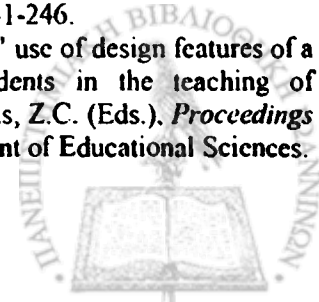
- Hackling, M. W., & Garnett, P. J., (1986), Chemical equilibrium: Learning difficulties and teaching strategies, *The Australian Science Teachers Journal*, 31, 8-13.
- Haidar H. A., & Abraham R.M., (1991), A comparison of Applied and Theoretical Knowledge of Concepts Based on the Particulate Nature of Matter, *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 919-938.
- Haidar, A. H., (1997), Prospective chemistry teachers conceptions of the conservation matter and related concepts, *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 181-197.
- Halliday, M.A.K. & Martin, J.R., (1993), *Writing Science*. London, Washington: The Falmer Press.
- Halliday, M.A.K., (1978), *Language as social semiotic*, London: Edward Arnold.
- Halliday, M.A.K., (1978), *Language as socialsemiotic*, London: Edward Arnold.
- Halloun, I., (1996), Schematic modeling for meaningful learning of physics, *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 1019-1041.
- Halpern, D.F., (1992), *Sex Differences In Cognitive Abilities* (2nd Ed.) Hillsdale, Nj: Erlbaum.
- Han, J. Y., Roth, W-M., (2006), Chemical inscriptions in Korean textbooks: Semiotics of macro - and microworld, *Science Education*, 90, 173-201.
- Hanson, N.R., (1965), *Patterns of discovery*, Cambridge: The University of Cambridge Press.
- Hardwicke, A. J., (1995), Using molecular models to teach chemistry: part 2, using models, *School Science Review*, 77, 47-56.
- Harre, O., (1986), *Varieties of realism: A rationale for the natural sciences*, Oxford: Basil Blackwell.
- Harris, W. F., (1981), Heat in undergraduate education, or isn't it time we abandoned the theory of caloric?, *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 9, 317-321.
- Harrison A. G. & De Jong O., (2005), Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium, *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 1135-1159.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F., (2000), A typology of school science models, *International Journal of Science Education*, 22, 1011-1026.
- Harrison, A. G., (1994), Is there a scientific explanation for refraction of light?-A review of textbook analogies, *Australian Science Teachers Journal*, 40, 30-35.
- Harrison, A., Grayson, D. & Treagust, D., (1999), Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature, *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 55-87.
- Harrison, A., Grayson, D., & Treagust, D., (1999), Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature, *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 55-87.
- Harrison, A.G. & Treagust D.F. (1996), Secondary students mental models of atoms and molecules: Implications for teaching science, *Science Education*, 80, 509-534.
- Harrison, A.G. & Treagust, D.F., (1993), Teaching With Analogies: A Case Study In Grade 10 Optics, *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1291- 1307.
- Harsch, G., (1987), The efficiency of simulation games in science education. AN empirical study, *International Journal of Science Education*, 9, 23-36.
- Hatano, G., (1993), Time to merge Vygotskian and constructivist conceptions of knowledge acquisition, in: E. Forman et al (Eds.), *Contexts for Learning*, New York: Oxford University Press, pp. 153-166.
- Hatzinikita, V. & Kokkotas, P. (1994), Children's and undergraduate students' conceptions of the changes in the state of water, in: A. Bargellini & P.E. Todesco (Eds.) *Proceedings of the 2nd European Conference on Research in Chemical Education*, Pisa, Italy, 247-253.
- Hatzinikita, V. & Koulaidis, V. (1997), Pupils' ideas on conservation during changes in the state of water, *Research in Science and Technological Education*, 15, 53-70.
- Hawkes, S.J., (1996), Salts are mostly NOT ionised, *Journal of Chemical Education*, 73, 421-423.
- Heller, P., & Hollabaugh, M., (1992b), Problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups, *American Journal of physics*, 60, 637-644.
- Heller, P., Keith, R., & Anderson, S., (1992a), Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Groups versus individual problem solving, *American Journal of physics* 60, 627 -636
- Hennessy, S., Twigger, D., Driver, R., O'Shea, T., O'Malley, C.E., Byard, M., Draper, S., Hartley, R., Mohamed, R., & Scanlon, E. (1993), Changing learners' understanding using a computer-augmented curriculum for mechanics, in: Novak, J., *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York: Cornell University (distributed electronically and via internet).
- Herron, D., (1996), *The chemistry classroom*, Washington: American Chemical Society.
- Hertz-Lazarowitz, R., & Miller, N. (eds), (1992), *Interaction in Cooperative Groups. The theoretical anatomy of group learning*, Usa: Cambridge University Press.
- Hestenes, D., (1992), Modeling games in the Newtonian World, *American Journal of physics*, 60, 440-454.



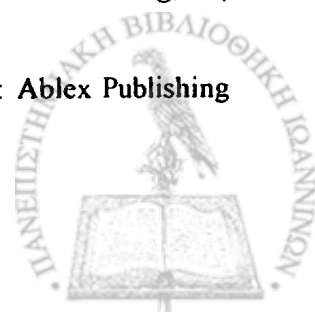
- Hestenes, D., (1997), Modeling methodology for physics teachers, in: E.F. Redish and J.S. Rigden (Eds.), *The changing role of physics departments in modern universities: Proceedings of International Conference on Undergraduate Physics Education* (p. 935-957). NY: The American Institute of Physics.
- Hewson, P.W., & Hewson, M.G.A., (1984), The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction, *Instructional Science*, 13, 1-13.
- Hodder Science Teacher's Resource (2003), Hodder & Stoughton Educational <http://www.hoddersamplepages.co.uk/pdfs/TFrameC2.pdf>.
- Hodgson, T., (1995), Secondary mathematics modeling: Issues and challenges, *School Science and Mathematics*, 95, 351-358.
- Hodson, D., (1990), A Critical Look At Practical Work In School Science, *School Science Review*, 70, 33-40.
- Hofstein, A., & Lunetta, V., (1982), The Role of The Laboratory Teaching: Neglected aspects of research. *Review of educational research*, 52, 210-217.
- Hogan, K., & Thomas, D., (2001), Cognitive Comparisons of Students' Systems Modeling in Ecology, *Journal of Science Education and Technology*, 10, 319-345.
- Holding, B., (1987), *Investigation of schoolchildren's understanding of the process of dissolving with special reference to the conservation of mass and the development of atomistic ideas*, Unpublished PH.D. thesis University of Leeds.
- Hooper, S., & Hannafin, M. J., (1988), Cooperative CBI: The effects of heterogeneous versus homogeneous grouping on the learning of progressively complex concepts, *Journal of Educational Computing Research*, 4, 413-424.
- Howe, A., (1996), Development of science concepts within a Vygotskian Framework, *Science Education*, 80, 35-51.
- Howe, C.J., Rodgers, C., & Tolmie, A., (1990), Physics in the primary school: Peer interaction and the understanding of floating and sinking, *European Journal of Psychology of Education*, 5, 59-76.
- Hoz, R., Bowman, D. & Kozminsky, E., (2001), The differential effects of prior knowledge on learning: A study of two consecutive courses in earth science, *Instructional Science*, 29, 187-211.
- Inagaki, K., (1992), Piagetian and post-Piagetian conceptions of development and their implications for science education in early childhood, *Early Childhood Research Quarterly*, 7, 115-133.
- Jarman, R., (1996), Student teachers' use of analogies in science instruction, *International Journal of Science Education*, 18, 869 - 880.
- Jonassen, D.H. (2000), *Computers as Mindtools for Schools: Engaging Critical Thinking* Second Edition.. NJ: Prentice Hall
- John - Steiner, V. & Soubelman, E., (1978), Afterword, inq L. Vygotsky, *Mind in Society* (121-133), Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Johnson, D. & Johnson, R. (1999), *Learning together and alone*, Allyn & Bacon.
- Johnson, E.S., (1984), Sex differences in problem solving, *Journal of Educational Psychology*, 76, 1359-1371.
- Johnson, P., (1998a), Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 1: Boiling water and the particle theory, *International Journal of Science Education*, 20, 567-583.
- Johnson, P. & Gott, R., (1996), Constructivism and evidence from children's ideas, *Science Education*, 80, 561-577.
- Johnson, P. M., (1998c), Progression in children's understanding of a "basic" particle theory: A longitudinal study, *International Journal of Science Education*, 20, 393-412.
- Johnson, P. M., (2002), Children's understanding of substances, Part 2. Explaining chemical change. *International Journal of Science Education*, 24, 1037-1054.
- Johnson, P., (1998b), Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 2: Evaporation and condensation below boiling point, *International Journal of Science Education*, 20, 695-709.
- Johnson, P.M. (1996), What is a substance? *Education in Chemistry*, 33, 41-42.
- Johnson-Laird, P. N., (1983), *Mental models*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Johnston K., (1990), Students' responses to the active learning approach to teaching the particulate theory of matter, in: P.L. Lynse, P Licht, W de Vos, and A.J. Waarlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*, Utrecht, CD B Press The Netherlands, Centre for Science and Mathematics Education, 247-265.



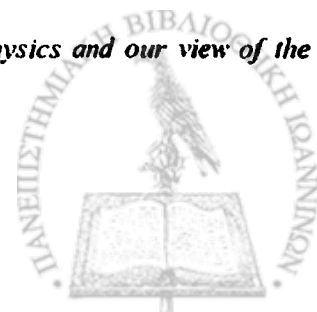
- Johnston, K. & Driver, R. (1989). A case study of teaching and learning about particle theory. Leeds, UK: University of Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- Johnston, K. & Scott, P., (1991), Diagnostic teaching in the science classroom: teaching / learning strategies to promote development in understanding about conservation of masson dissolving, *Research in Science and Technology Education*, 9, 193-212.
- Johnstone, A.H., (1991), Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem, *Journal of computer Assisted Learning*, 7, 701-703.
- Jones, B., Lynch, P. P. & Reesink, C., (1989), Children's understanding of the notions of solid and liquid in relation to some common substances, *International Journal of Science Education*, 11, 417-427.
- Jones, M. G., Brader-Araje, L., Carboni, L., Carter, G., Rua, M., Banilower, E., & Hatch, H., (2000), Tool time: Gender and students' use of tools, control, and authority, *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 760-783.
- Jones, M.G., Carter, G., (1994), Verbal and nonverbal behavior of ability-grouped dyads, *Journal of research in science teaching*, 31, 603-619.
- Jones, B. (1984), How solid is a solid: does it matter?, *Research in Science Education*, 14, 104-113.
- Justi, R., & Gilbert, J.K. (2000), History and philosophy of science through models: Some challenges in the case of 'the atom', *International Journal of Science Education*, 22, 993-1009.
- Justi, R., & Gilbert, J.K. (2001), Teachers' views about models and modelling in science education, *Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, St Louis, Missouri*.
- Kahle, J.B (1990), Why girls don't know, In Rowe, M.B. (ed.), *What research says to the science teacher* (pp.55-69), Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Kampourakis, K., Georgousi, K., & Tsaparlis, G. (2001), Physical science knowledge and patterns of achievement at the primary-secondary interface, Part I, General student population, *Chemistry Education Research and Practice*, 2, 241-252. [<http://www.rsc.org/Education/CERP>].
- Karplus, R., (1977), Science teaching and the development of reasoning, *Journal of Research in Science Teaching*, 14, 169-175.
- Keig, P. F., & Rubba, P. A., (1993), Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge, *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 883-903.
- Kempa, R. F., & Ayob, A., (1991), Learning interactions in groupwork in science, *International Journal of Science Education*, 13, 341-354.
- Kempa, R.F., (1994), Perspectives of research in chemical education, in: A. Bargellini & P.E. Todesco (Eds.) *Proceedings of the 2nd European Conference on Research in Chemical Education, Pisa, Italy*, 46-57.
- Kesidou, S. & Roseman, J.E. (2003), Project 2061, Analyses of middle-school science textbooks: A response to Holliday, *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 535-543.
- Kesidou, S. & Roseman, J.E., (2002), How well do middle school science programs measure up? Findings from Project 2061's curriculum review, *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 522-549.
- Kikas' E., (2004), Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena, *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 432-448.
- Kinncar P. R., & Gray C. D., (1999), SPSS for Windows Made Simple, Department of psychology, Third Edition, University of Aberdeen, Psychology press Ltd page 216-265)
- Kircher, E. (1981), Research in the classroom about the particle nature of matter, in: W.Jung, H. Pfundt and C. Rhoneck (Eds.), *Proceeding of the International Workshop on Problems Concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge*, Ludwigsburg: Pedagogische Hochschule, 342-359.
- Kittleson, J. M. & Southerland, S. A. (2004), The role of discourse in group knowledge construction: A case study of engineering students, *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 267-293.
- Kleinman, R.W., Griffin, H.C., & Kerner, N. K., (1987), Images in chemistry, *Journal of Chemical Education*, 64, 766-770.
- Kokkotas, P., & Hatzinikita, V. (1994), The concept of the molecule in fourth year primary education students of the University of Athens, in: A. Bargellini & P.E. Todesco (Eds.), *Proceedings of the 2nd European Conference on Research in Chemical Education, Pisa, Italy*, 241-246.
- Korobilis, K., Hatzikranielis, E. & Psillos, D. (2003), A study on science teachers' use of design features of a simulated visual laboratory to develop active involvement of students in the teaching of thermodynamics at senior high school, in: Constantinou, C.P. & Zacharias, Z.C. (Eds.), *Proceedings of conference on Computer based learning in Science*, Nicosia: Department of Educational Sciences.



- Kosma, R. & Russel, J., (1997), Multimedia and understanding: expert and novice responses to different representations of chemical phenomena, *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 949-968.
- Koulaidis, V. & Ogborn, J., (1995), Science Teachers' Philosophical Assumptions: How well do we understand them?, *International Journal of Science Education*, 17, 273-282.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., Tsatsarelis, C., (2001), *Mul-timodal teaching and learning. The rhetorics of science classroom*. London and New York: Continuum.
- Krncl, D., Glazar, S. S., & Watson, R. (2003), The development of the concept of 'matter': A cross-age study of how children classify materials, *Science Education*, 87, 621-639.
- Krncl, D., Watson, R., & Glazar, A. S. (1998), Survey of research related to the development of the concept of 'matter', *International Journal of Science Education*, 20, 257-289.
- Kronish, M., & Abelmann, J. (1989), *Elementary focus on fine arts*, Eric DOCUMENT REPRODUCTION service No. ED. 314352.
- Kuhn, D., (1993), Science as argument: implications for teaching and learning scientific thinking, *Science Education*, 77, 319-337.
- Lakatos, I. (1970), Falsification and the methodology of scientific research programmes, in: Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Laszlo, P., (2000), Playing with Molecular Models, *HYLE- International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 6 N 1, 85-97.
- Laudan, L. (1977), *Progress and its problems*, Berkeley: University of California Press.
- Laudan, R., Barker, P., Brown, H., Leplin, J., Thagard, P., & Wykstra, S., (1986), Scientific change: Philosophical models and historical research, *Synthese*, 69, 141-223.
- Lave, J. & Chaiklin, S. (Eds.) (1993), *Understanding practice: Perspectives on activity and context*, Cambridge: University of Cambridge Press.
- Lave, J. & Wenger, E., (1991), *Situated learning. Legitimate peripheral participation*, Cambridge: University of Cambridge Press.
- Lave, J., (1997), The culture of acquisition and the practice of understanding, in: D. Kirschner and J. Whitson (Eds.), *Situated cognition: Social, semiotic, and psychological perspectives* (pp. 17-35). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Laverty, D.T. & McGarvey, J. E. B., (1991), A "constructivist" approach to learning, *Education in Chemistry*, 28, 99-102.
- Lavonen, M. J., Meisalo, V. J., Lattu, M. & Sutinen, (2003), Concretising the programming task: a case study in a secondary school, *Computers & Education*, 40, 115-135.
- Lawson, A. E., (1988), The acquisition of biological knowledge during childhood: Cognitive conflict or tabula rasa?, *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 185-199.
- Lawson, A.E., & Thompson, L.D., (1987), Formal reasoning ability and biological misconceptions concerning genetics and natural selection, *Paper presented at the 60th Annual Meeting of NARST*, Washington, DC
- Lawson, A.E. (1988), Research and conceptual bases for revising the Parplus- Renner Learning cycle, Paper presented at the 61st Annual Meeting of NARST, Lake Ozark, MO.
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994), Research on Using Laboratory Instruction in Science, in: Gabel, D., (Ed.) *Handbook of research teaching and learning* (pp.94-130), New York: Macmillan.
- Lazarowit, R. & Hertz Lazarowitz (1998). Cooperative learning in the science curriculum, in B. Fraser & K. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*, G.B.: kluwer Academic Publishers, pp 449-469.
- Lee, G., Knon, J., Park, S.-S., Kim, J.-W., Knon, H.-G. & Park, H.-K. (2003), Development of an instrument for measuring cognitive conflict in secondary -level science classes, *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 585-603.
- Lee, K-W. L. and Tan, S-N. (2004), Atoms and molecules: do they have a place in primary science? *Primary Science Review*, 82, 21-23.
- Lee, O., Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D., & Blakeslee, T.D., (1993), Changing middle school students' conceptions of matter and molecules, *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 249-270.
- Leisten, J. (1995), Teach atoms earlier!, *School Science Review*, 77, 23-27.
- Lemke, J. L., (1990), *Talking Science: Language, Learning and Values*, Norwood, NJ: Ablex Publishing Company.



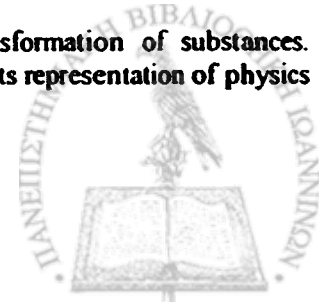
- Lemke, J. L., (2001). Articulating Communities: Sociocultural Perspectives on Science Education, *Journal of Research on Science Teaching*, 38, 296-316.
- Lenton, G., & Turner, G., (1999), Student-teachers grasp of science concepts, *School Science Review*, 81, 67-72.
- Lewis, E. L. & Linn, M. C., (1994), Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements, *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 657-677.
- Linder, C., (1993), A Challenge to Conceptual Change, *Science Education*, 77, 293-300.
- Linn, M.C. & Burbules, N.C., (1993), Construction of knowledge and group learning, In: Tobin, K., *The practice of constructivism in science education*, Washington, DC: AAAS Press, 91-119.
- Longden, K., Black, P. & Solomon, J. (1991), Children's interpretation of dissolving, *International Journal of Science Education*, 13, 59-68.
- Lou, Y., Abrami, P., Spence, J., Poulsen, C., Chmabers, B. & d'Apollonia, S. (1996), Within-class ability grouping: A meta-analysis, *Review of Educational Research*, 66, 423-458.
- Louca, L. & Constantinou, C., (2002), The use of Stagecast Creator in constructing modeling skills in physical science: The case of the single lens camera, *Proceedings of the Forth International Conference on Computer-Based Learning in Science*, University of Twente, Enschede, The Netherlands.
- Louca, L., (2004), *Case studies of fifth-grade student modeling in science through programming: comparison of modeling practices and conversations*, Unpublished doctoral dissertation, University of Maryland, College Park.
- Loughran J., Mulhall P., & Berry A. (2004), In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice, *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 370-391.
- Loughran, J.J., Milroy, P., Berry, A., Gunstone, R.F. & Mulhall, P., (2001), Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs, *Research in Science Education*, 31, 289-307.
- Lumpe, A. T. & Staver, J. R., (1995), Peer collaboration and concept development: Learning about photosynthesis, *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 71-98.
- Lynch, P., & Jones, B. L., (1995), Students' alternative frameworks: Towards a linguistic and cultural interpretation, *International Journal of Science Education*, 17, 107-118.
- Mariani, M.C. & Ogborn, J., (1990), Common-sense reasoning about conservation: the role of action, *International Journal of Science education*, 12, 51-66.
- Mariani, M.C. & Ogborn, J., (1991), Towards an odology of common-sense reasoning, *International Journal of Science education*, 13, 69-85.
- Marton, F. & Booth, S., (1997), *Learning and Awareness*, New Jersey, Laurence Erlbaum.
- Mas, C.J.F., Perez, J.H. & Harris, H. H. (1987), Parallels between adolescent's conceptions of gases and the history of chemistry, *Journal of Chemical Education*, 64, 616-618.
- Maskill, R., Cachapuz, A.F.C. & Koulaidis, V., (1997), Young pupils ideas about the microscopic nature of matter in tree different European countries, *International Journal of Science Education*, 19, 631-645.
- Matthews, M.R. (1998), Introductory comments on philosophy and constructivism in science education, in: R. Matthews (Ed.), *Constructivism in science education a philosophical examination*, Dordrecht: Kluwer.
- Matthews, M.R., (1994), *Science teaching: the role of history and plisosophy of science*, Routledge, pp. 138-142
- Matthews, M.R., (1995), *Constructivism and New Zealand science education*, Auckland: Dunmore Press.
- Mayer, R. E., (1989), Models for understanding, *Review of Educational Research*, 59, 43-64.
- Mayer, R. E., (1992), Knowledge and thought: Mental models that support scientific thinking, in: R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (pp. 226-243), New York: State University of New York Press.
- Mayer, R. E., (1993), Illustrations that instruct, in: Glaxer, R. (Ed), *Advances in instructional Phychology*, Vol. 4 (pp.253-284), Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- McCloskey, M., (1983), Naïve Theories of Motion, in: D.Gentner A. Stevens (Eds.), *Mental Models*, Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- McMullin, E., (1994), Enlarging the knowh world, in Hilgevoord, G. (Ed.), *Physics and our view of the world*, Cambridge University Press.



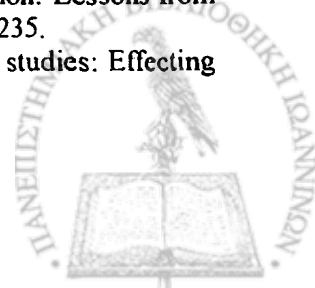
- Méheut, M. & Chomat, A., (1990), The bounds of children atomism : an attempt to make children build up a particulate model of matter, in: P.-L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos and A.-J. Waarlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*, Utrecht : CD-β Press, pp. 266-282.
- Meheut, M., Saltiel, E. & Tiberghien, A., (1985), Pupils' (11-12 year olds) conceptions of combustion, *European Journal of Science Education*, 7, 83-93.
- Metz, K. E., (1995), Reassessment of Developmental Constraints on Children's Science Instruction, *Review of Educational Research*, 65, 93-127.
- Millar, R. & Driver, R., (1987), Beyond Processes, *Studies in science Education*, 14, 33-62.
- Millar, R., (1990), Making sense: what use are particle ideas to children?, in: P.-L. Lijnse, P., Licht, W. de Vos, A.J. Waarlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*, University of Utrecht CD-β Press p. 283-293.
- Miller, P., (1991), *Theories of developmental psychology*, New York: W.H.
- Minstrell, J., (1982), Explaining the "at rest" condition of an object, *The Physics teacher*, January 10-14.
- Minstrell, J., (1992), Teaching science for understanding, in: M.K. Pearsall (Ed.), *Relevant research*, Washington, DC: National science Teachers Association.
- Miyake, N., (1986), Constructive interaction and the iterative process of Understanding, *Cognitive Science*, 10, 151-177.
- Mortimer, E.F., (1993), *The Evolution of student's Explanation of Physical States of matter: a classroom study*, CLIS research report, Leeds: University of Leeds.
- Mullet, E., & Gervair, H., (1990), Distinction between the concept of weight and mass in high school students, *International Journal of science Education*, 12, 217-226.
- Nakhleh, M. B. & Mitchell R.C., (1993), Concept learning versus problem solving: -There is a difference, *Journal of Chemical Education*, 70, 190-192.
- Nakhleh, M. B., Samarapungavan, A. & Saglam, Y., (2005), Middle school students' beliefs about matter, *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 581-612.
- Nakhleh, M.B., (1992), Why some students don't learn chemistry? Chemical misconceptions, *Journal of Chemical Education*, 69, 191-196.
- National Research Council (1996), *National Science Education Standards*, Washington, DC: National Academy Press.
- Needham, R., (1987), *Teaching strategies for developing understanding in science*, Children's Learning in Science Project, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, Leeds, UK.
- Newman, D., Griffin, P. & Cole, M. (1989), *The Construction Zone: Working for Cognitive Change in School*, New York :Cambridge University Press.
- Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999), The Place of Argumentation in the Pedagogy of School Science, *International Journal of Science Education*, 21, 553-576.
- Nieswandt, M., (2001), Problems and possibilities for learning in an introductory chemistry course from a conceptual change perspective, *Science Education*, 85, 158-179.
- Noh, T. & Scharmann L.C., (1997), Instructional Influence of a Molecular-Level Pictorial Presentation of Matter on Students' Conceptions and Problem-Solving Ability, *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 199-217.
- Norman, D. A., (1983), Some observations on mental models, in: D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Novick, S. & Nussbaum, J., (1978), Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: An interview study, *Science Education*, 62, 273-281.
- Novick, S., & Nussbaum, J., (1981), Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross-age study", *Science Education*, 65, 187-196.
- Nurrenbern, S. C., & Pickering M., (1987), Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64, 508-510.
- Nussbaum, J. & Novak, J., (1981), Brainstorming in the Classroom to invent o model: A case study, *School Science Review*, 62, 771-778.
- Nussbaum, J. & Novick, S. (1982), A study of conceptual change in the classroom. A paper presented at NARST annual meeting, Lake Geneva, near Chicago, U.S.A.
- Nussbaum, J. & Novick, S., (1982), Alternative Frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy, *Instructional Science*, 11, 183-200.



- Nussbaum, J. (1985/1993), Η σωματιδιακή φύση της ύλης στην αέρια κατάσταση, in: R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien (Eds.), *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες*, (ελλ. Μετ.) Αθήνα, Ε.Ε.Φ., Τροχαλία, 180-207.
- Nussbaum, J., (1997), History and philosophy of science and the preparation for constructivist teaching: The case of particle theory, in: J. Mintzes, J. Wandersee, & J. Novak (Eds.), *Teaching science for understanding: A human constructivist view* (pp. 165-194). Boston, MA: Academic Press.
- O'Loughlin, M., (1992), Rethinking science education: Beyond Piagetian constructivism toward a sociocultural model of teaching and learning, *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 791-820.
- Ogborn, G., (1993), A View of understanding, in: Black, P.J., Lucas, A.M. (Eds.), *Children's informal ideas in science*, Routledge.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., & McGillicuddy, K. (1996), *Explaining Science in the Classroom*, Buckingham: Open University Press.
- Okebukola, P. & Ogunniyi, M., (1984), Cooperative, competitive, and individualistic laboratory interaction patterns: effects on students' performance and acquisition of practical skills, *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 875-884.
- Olssen, M., (1996), Radical Constructivism and its failing: Anti-realism and individualism, *British Journal of Educational Studies*, 44, 275-295
- Osborne, J.F., (1990), Sacred Cows In Physics – Towards A Redefinition Of Physics Education, *Physics Education*, 25, 189-195.
- Osborne, J.F., (1996), Beyond Constructivism, *Science Education*, 80, 53-82.
- Osborne, J.F., Erduran, S. & Simon, S., (2004), Enhancing the quality of argumentation in school science, *Journal of research in science teaching*, 41, 994-1020.
- Osborne, R. & Cosgrove, M., (1983), Children's conceptions of the changes of state of water, *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 825-838.
- Osborne, R. & Schollum, B. (1983), Coping with chemistry, *Australian Science Teacher Journal*, 29, 13-24.
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1985), *Learning in science*, Auckland, New Zealand: Heinemann.
- Osborne, R., Cosgrove, M. & Schollum, B., (1982), Chemistry and the learning in science project, *Chemistry in New Zealand*, 46, 104-106.
- Oversby, J. (2000), Models in explanations of chemistry, in: J.K. Gilbert & C.J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education*, pp. 227-251. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Paivio, A. (1986), *Mental representations: A dual coding approach*, New York: Oxford University Press.
- Palloff, R., & Pratt, K., (1999), *Building learning communities in cyberspace: Effective strategies for the online classroom*, San Francisco: Jossey-Bass.
- Papadimitriou, V., Solomonidou, C. & Stavridou, H., (1997), An attempt to improve student- teachers ability to use the particulate theory in explaining properties of matter. Nonlinear Analysis, Theory, Methods & Applications, *Proceedings of the 2nd World Congress of Nonlinear Analysts*, 30, 2075-2085.
- Papaevripidou, M., Constantinou, C.P. & Zacharia, Z. (2007), Modeling Complex Marine Ecosystems: an investigation of two teaching approaches with fifth graders, *Journal of Computer Assisted Learning*, 23, 145-157.
- Papageorgiou, G. & Johnson, P. M., (2005), Do particle ideas help or hinder pupils' understanding of phenomena?, *International Journal of Science Education*, 27, 1299-1317.
- Pereira, M.P. & Pestana, M.E., (1991), Pupils' representations of models of water, *International Journal of Science Education*, 13, 313-319.
- Perry, W. G., (1970), *Forms of intellectual and ethical development in the college years*, New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Petter- Clermont, A.-N., Petter, J.-F. & Bell, N. (1991), The social construction of meaning and cognitive activity in elementary school children, in: L.B. Resnick, J. Levine, & S.D. Behrend (Eds.), *Perspectives in socially shared cognition*, Washington, DC.: American Psychological Association.
- Pfundt, H. (1981), The atom-the final link in the Division process or the first Building block, *Chemical Didactica*, 7, 75-94.
- Pfundt, H., & Duit, R. (1997). *Bibliography: Student's alternative frameworks and science education* (4th edn.). Kiel, Germany: University of Kiel.
- Pfundt, H., (1981), Pre-instructional conceptions about substances and transformation of substances. Proceeding of the international workshop on problems concerning students representation of physics and chemistry knowledge (Ludwigsburg), Germany, 320-341.



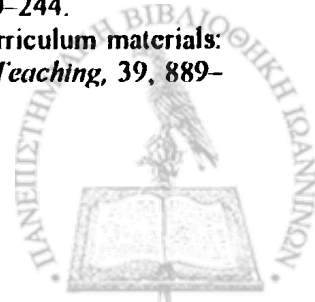
- Piaget, J. & Inhelder, B., (1974), *The child's construction of quantities. Conservation and atomism*, Routledge and Kegan Paul: London.
- Piaget, J., (1974), *Understanding causality*. New York: Norton.
- Pintrich, P.R., Marx, R.W. & Boyle, R.A., (1993), Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change, *Review of Education Research*, 63, 197-199.
- Popper, K., (1993), Η λογική των κοινωνικών επιστημών, στο Κοιζέλης Γ. (επιμέλεια), *Επιστημολογία: Κείμενα*, Νόστος, Αθήνα.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W., (1982), Accommodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education*, 66, 211-227.
- Pozo, R. M. D. (2001), Prospective teachers' ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter, *International Journal of Science Education*, 23, 353-371.
- Prieto, A., Blanco, A. & Rodriguez, A., (1989), The ideas of 11 to 14-year-old students about the nature of solutions, *International Journal of Science Education*, 11, 451-463.
- Prieto, T., Watson, J.R. & Dillon, J. (1993), Pupils understanding of combustion, *Research in Science Education*, 22, 331-340.
- Raghavan, K. & Glaser, R., (1995), Model – based analysis and reasoning in science: The MARS curriculum, *Science Education*, 79, 37-61.
- Rahayu, S. & Tytler, R. (1999), Progression of primary school children's conception of burning: toward an understanding of the concept of substance, *Research in Science Education*, 29, 295-312.
- Rennie, R. & Rennie, L., (1991), Lego for girls: A cautionary tale, in: L. Rennie, L. Parker, & G. Hildebrand (Eds.), *Action for equity: the second decade*, Contributions to the sixth International Gasat Conference (pp.165-172), Curtin University, Australia
- Renstrom, H., (1987), Pupils conceptions of matter. A phenonographic approach, in: J. D. Novak (ed), *Proceedings of the second international seminar Misconceptions and educational strategies in science and mathematics*, Cornell University, Ithaca, New York, 400-414.
- Renstrom, L. (1988), Conceptions of matter: a phenomenographic approach, *Goteburg Studies in Educational Sciences*, 69, 1-268.
- Renstrom, L., Andersson, B. & Marton, F., (1990), Students' Conceptions of Matter, *Journal of Educational Psychology*, 82, 555-569.
- Ribeiro, M. G. T. C., Costa Pereira, D. J. V., & Maskill, R., (1990), Reaction and spontaneity: The influence of meaning from everyday language on fourth year undergraduates' interpretations of some simple chemical phenomena, *International Journal of Science Education*, 12, 391-401.
- Rivard, L. P. & Straw S. B., (2000), The effect of talk and writing on learning science: An exploratory study, *Science Education*, 84, 566-593.
- Rivard, L. P., (2004), Are language-based activities in science effective for all students, including low achievers? *Science Education*, 88, 420-442.
- Robinson, A. (1990), Cooperation or exploitation? The argument against cooperative learning for talented students, *Journal for the Education of the Gifted*, 14, 9-27.
- Roschelle, J. & Teasley, S. (1995), The construction of shared knowledge in collaborative problem solving, in C.O. O'Malley (ed), *Computer- Supported Collaborative Learning* (69-197). Berlin: Springer-Verlag.
- Roth, W.-M., & Roychoudhury, A., (1993), The development of science process skills in authentic context, *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 127-152.
- Roth, W.-M., & Roychoudhury, A., (1994), Physics student's epistemologies and views about knowing and learning, *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 5-30.
- Roth, W.-M., (1989), Science education: it's not enough to "do" or "relate", *American education*, 67, 489-508.
- Roth, W.-M., (1991), Open – ended inquiry: How to beat the cookbook blahs, *Science teacher*, 58, 40-47.
- Roth, W.-M., (1994), Experimenting in a constructivist high school physics laboratory, *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 197-223.
- Roth, W.-M., (1995), *Authentic School Science*, Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Roth, W.-M. & McGinn, M., (1998), Knowing, researching, and reporting science education: Lessons from science and technology studies, *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 213-235.
- Roth, W.-M., McGinn, M., & Bowen, M., (1996), Applications of science and technology studies: Effecting change in science education, *Science, Technology & Human Values*, 21, 454-484.



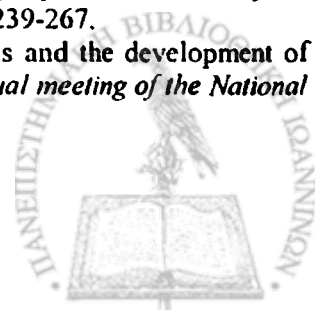
- Rowell, J.A. & Dawson, C.J., (1985), Equilibration, conflict and instruction: A new class-oriented perspective, *European Journal of Science Education*, 4, 331-344.
- Ruggiero, S., Cartelli, A., Dupre, F. & Vicentini-missoni, M., (1985), Weight, gravity and the air pressure: mental representation by Italian middle school pupils, *European Journal of Science Education*, 7, 181-194.
- Russell, T. & Watt, D., (1990), *Primary SPACE Project Research Report: Evaporation and Condensation*, Liverpool: Liverpool University Press.
- Russell, T., Harlen, W. & Watt, D. (1989), Children's ideas about evaporation, *International Journal of Science Education*, 11, 566-576.
- Russell, T., Longden, K. & McGuigan, L. (1991), *SPACE Project: Materials*, Liverpool, UK: Liverpool University Press.
- Ryan, C. (1990), Student teachers' concepts of purity and of states of matter, *Research in Science and Technological Education*, 8, 171-184.
- SACSA www.curriculum.wa.edu.au/default.htm & www.curriculum.edu.au/sciaust/index.htm
- Salomon, G. (Ed.), (1993), *Distributed cognitions. Psychological and educational considerations*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Salomon, G. (1993). On the Nature of pedagogic computer tools: The case of the writing partner. In S. P. Lajoie & S. J. Derry (Eds.), *Computers as cognitive tools* (pp. 179-196). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Sandomir, M. R., Stahl, R. J. & Verdi, M. P., (1993), The atom is/is not a "solar system" or an 'electron cloud': Metaphors as aids to and interferers of acquiring appropriate science content and conceptions—A information constructivist perspective and preliminary findings, *Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Atlanta, GA.
- Sanmatri, N., Izquierdo, M. & Watson, R., (1994), The substantialisation of properties in pupils' thinking and the history of science, *Science and Education*, 4, 349-369.
- Sawrey, B. A., (1990), Concept learning versus problem solving: Revisited, *Journal of Chemical Education*, 67, 253-254.
- Scantlebury, K. & Baker, D. (1992), Achieving a gender equitable classroom, in: Lawrenz, F., Cochran, K., & Krajcik, J., *Research matters to the science teacher. Serial No 5*, National Association For Research in Science Teaching. Monograph
- Schecker, H. (1993), Learning physics by making models, *Physics Education*, 18, 102-106.
- Schollum, B. & Osborne, R., (1985), Relating new to the familiar, in: R. Osborne & P. Fryberg (Eds.), *Learning in science: The implications of children's science* (pp. 51-65), Auckland, NZ: Heinemann.
- Scott P., Asoco H., Driver R. & Emberton J., (1994), Working from children's ideas: Planning and teaching a chemistry topic from a constructivist perspective, in: P. Fensham, R. Gunstone & R. White (Eds.), *The content of science*, chapter 15, London: The Falmer Press.
- Scott, P., (1992), Conceptual pathways in learning science: A case study of the development of one student's ideas relating to the structure of matter, in: R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer, (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 203-224), Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel.
- Selley, N.J., (1978), The confusion of molecular particles with substances, *Education in Chemistry*, 15, 144-5.
- Sere, M.G., (1986), Children's conceptions of the gases state, prior to teaching, *European Journal of Science Education*, 8, 413-425.
- Shepardson, D. (1996), Social interactions and the mediation of science learning in two small groups of first-graders, *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 159-178.
- Shepherd, D.L. & Renner, J.W., (1982), Student's understandings and misunderstandings of the states of matter and density changes, *School Science and Mathematics*, 82, 650-665.
- Shiland T. W., (2003), Aiming precisely at standards that are not there: kinetic molecular theory, scientific theories, and national standards, *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 824-826.
- Shulman, L.S., (1986), Those who understand: Knowledge growth in teaching, *Educational researcher*, 15, 4-14.
- Siegel, S. & Castellan, N.J., (1988), *Non parametric statistics for the behavioral sciences*, New York: McGraw - Hill.
- Simpson, W.D., & Marek, E.A. (1988), Understandings and misconceptions of biology concepts held by students attending small high schools and students attending large high schools, *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 361-374.



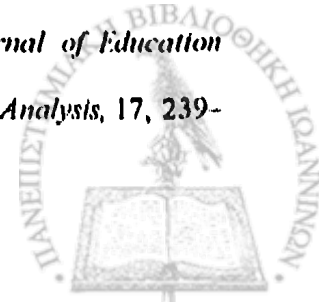
- Skamp, K. (1999), Are atoms and molecules too difficult for Primary education? *School Science Review*, 81, 87-96.
- Skamp, K., (2005), Teaching About Stuff, *Primary Science Review*, 89, 20-22.
- Skelly, K. M., & Hall, D. (1993), The development and validation of a categorization of sources of misconceptions in chemistry, *Paper presented at the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in science and Mathematics*, Ithaca, August.
- Slone, M., & Bokhurst, F.D., (1992), Children's understanding of sugar water solution, *International Journal of Science Education*, 14, 221-235.
- Smith, C., Carey, S. & Wisner, M. (1985), On differentiation: A case of the development of the concept of size, weight, and density, *Cognition*, 21, 177-237.
- Smith, C., Maclin, D., Grosslight, L., & Davis, H. (1997), Teaching for understanding: A study of students' pre-instruction theories of matter and a comparison of the effectiveness of two approaches to teaching about matter and density, *Cognition and Instruction*, 15, 317-394.
- Smith, D.C., & Neale, D.C. (1989), The construction of subject knowledge in primary science teaching, *Teaching and Teacher Education*, 5, 1-20.
- Smith, P. (1994), Play and the uses of play, in: J. Moyles, (Ed.), *The excellence of play* (pp 189-198) Bristol, Pa: Open University Press.
- Snir, J., Smith C. L., Raz G. (2003), Linking Phenomena with Competing Underlying Models: A Software Tool for Introducing Students to the Particulate Model of Matter, *Science Education*, 87, 794 – 830.
- Sodian, B., Zaitchik, D. & Carey, S., (1991), Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence, *Child Development*, 62, 753-766.
- Solomon J., (1994), Group discussion in the classroom, in: Leviason R. (Ed.) *Teaching Science*, Routledge.
- Solomon, J. (1995), Higher level understanding of the nature of science, *School Science Review*, 76, 15-22.
- Solomon, J. (1989), The social construction of school science: In R. Millar (Ed.), *Doing science: Images of science in science education* (pp. 126-136). London: Falmer press,
- Solomon, J., (1983), "Learning about energy: How people thinks in two domains", *European Journal of Science Education*, 5, 49-59.
- Solomon, J., (1994), The Rise and Fall of Constructivism, *Studies in Science Education*, 23, 1-19.
- Solomonidou, C. & Stavridou, H., (2000), From Inert Object to Chemical Substance: Students' Initial Conceptions and Conceptual Development during an Introductory, *Science Education*, 84, 382-400.
- Solomonidou, C., Stavridou, H., Martinand, J.-L., Viovy, R. & Carretto, J., (1994), Substance versus object: Changing common conceptions in chemistry in: A. Bargellini & P. E. Todesco (Eds.), *Proceedings of the Second European Conference on Research in Chemical Education*, (pp. 229-234), Pisa: University of Pisa.
- Stamovlasis, D., Dimos, A. & Tsaparlis, G. (2006), A study of group interaction processes in learning lower secondary physics, *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 556-576.
- Staver, J. R., (1998), Constructivism: A sound theory of explicating the practice of science and science teaching, *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 501-519.
- Stavridou, H. & Solomonidou, C., (1989), Physical phenomena-chemical phenomena: do pupils make the distinction? *International Journal of Science Education*, 11, 83-92.
- Stavridou, H. & Solomonidou, C., (1989), Physical phenomena – chemical phenomena : do pupils make the distinction ? *International Journal of Science Education*, 11, 83-92.
- Stavridou, H., & Solomonidou, C., (1998), Conceptual reorganisation and the construction of the chemical reaction concept, *International Journal of Science Education*, 20, 205-221.
- Stavridou, H., Solomonidou, C. & Papadimitriou, V., (1994), Student – teachers' conceptions about physical transformations of matter. In A. Bargellini & P.E. Todesco (Eds.) *Proceedings of the 2nd European Conference on Research in Chemical Education*, Pisa, Italy, 235-240
- Stavy, R. & Berkovitz, B., (1980), Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concepts of temperature, *Science Education*, 64, 679-692.
- Stavy, R. & Stachel, D., (1985), Children's ideas about solid and liquid, *European Journal of Science Education*, 7, 407-421.
- Stavy, R., (1988), Children's conception of gas, *International Journal of Science Education*, 10, 552-560.
- Stavy, R., (1991), Children's ideas about matter, *School Science and Mathematics*, 91, 240-244.
- Stern, L. & Ahlgren, A., (2002), Analysis of students' assessments in middle school curriculum materials: Aiming precisely at benchmarks and standards, *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 889-910.



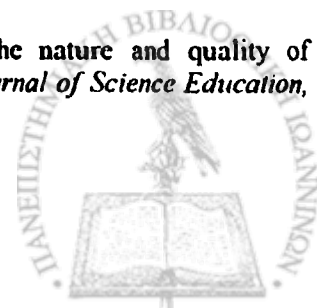
- Stern, L., (2003), Reply: Analysis of Students' Assessments in Curriculum Materials: Fidelity to National Standards, *Journal of Research In Science Teaching*, 40, 827-834.
- Strauss, S., (1981), Cognitive development in school and out, *Cognition*, 10, 295-300.
- Strike, K. A. & Posner, G. J., (1992), A revisionist theory of conceptual change, in: R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (pp. 147-176). New York: State University of New York Press.
- Suchman, L., (1988), *Plans and situated actions: The problem of human/machine communication*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sutton, C., (1991), *Words, science and learning*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Sutton, C., (1992), Figuring out a scientific understanding, *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1215-1228.
- Sutton, C., (2002), Οι Λέξεις, οι Φυσικές Επιστήμες και η Μάθηση. Επιμ. Π. Κόκκοτας, μτφρ: Μιχαήλ Ν. Κασούτας - Δημήτριος Π. Λαθούρης. Εκδόσεις Τυπωθήτω, Αθήνα.
- Symington, D., Biddulph, F., Happs, J. & Osborne, R., (1985), Primary school children's ideas about rocks, in: *Learning in Science Project-Children's Ideas, Selected Working Papers*, Hamilton, New Zealand: Centre for Science and Mathematics Education Research, University of Waikato.
- Taber, K.S., (1995), An analogy for discussing progression in learning chemistry, *School Science Review*, 76, 91-95.
- Taber, K.S., (2000), Chemistry lessons for universities: a review of constructivist ideas, *University Chemistry Education*, 4, 26-35.
- Tasker, R. & Dalton, R. (2006), Research into practice: visualisation of the molecular world using animations, *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, 7, 141-159.
- Taylor, N. & Coll, R. K., (2002), Pre-Service Primary Teachers' Models Of Kinetic Theory: An Examination Of Three Different Cultural Groups, *Chemistry Education: Research And Practice In Europe*, 3, 293-315.
- Taylor, P. C., & Fraser, B. J., (1991), CLES: An instrument for assessing constructivist learning environments, *Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake Geneva, Wisconsin*.
- Tharp, R. G. & Gallimore R., (1991), *Learning to Think*, London: Routledge.
- Gallimore, R. and Tharp, R. (1986), Μια Θεωρία για τη Διδασκαλία Ως Ενισχυμένη Εκτέλεση, στο Woodhead, M./Faulkner, D./ Littleton, K. (επιμ.), *Μαθησιακές Σχέσεις στη Σχολική Τάξη*, ΕΑΠ, Πάτρα, σσ. 113-129.
- Tharp, R. & Gallimore, R. (1988), A theory of teaching as assisted performance, in R. Tharp & R. Gallimore (Eds), *Rousing minds to life: Teaching, learning and schooling in social context*, Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- Thiele, R. B. & Treagust, D. F., (1994), An interpretive examination of high school chemistry teachers' analogical explanations, *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 227-242.
- Thorley, N.R. & Treagust, D.F., (1986), Conflict within dyadic interactions as a stimulant for conceptual change in physics, *International Journal of Science Education*, 9, 203-216.
- Tobin, K., (1990), Research on science laboratory activities: in pursuit of better questions, *School Science and Mathematics*, 94, 118-123.
- Toulmin, S., (1958), *The uses of Argument*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Toulmin, S., (1972), *Human understanding*, Princeton, N J: Princeton University Press.
- Feyerabend, P. (1975), *Against Method*, London: New Left Books
- Treagust, D. F., Harrison, A. G. & Venville, G., (1998), Teaching science effectively with analogies: An approach for pre-service and in-service teacher education, *Journal of Science Teacher Education*, 9, 85-101.
- Treagust, D. F., Harrison, A. G., Venville, G. & Dagher, Z., (1996), Using an analogical teaching approach to engender conceptual change, *International Journal of Science Education*, 18, 213- 229.
- Treagust, D., Duit, R., Joslin, P. & Lindauer, I., (1992), Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice, *International Journal of Science Education*, 14, 4, 413-422.
- Treagust, D.F. & Chittleborough, G. (2001), *Chemistry: matter of understanding representations, Subject-Specific Instructional Methods and Activities*, New York: Elsevier, 8, pp. 239-267.
- Treagust, D.F., Chittleborough, G. & Mamiala, T.L. (2001), The role of models and the development of scientific ideas in learning organic chemistry, *Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, St Louis, Missouri.



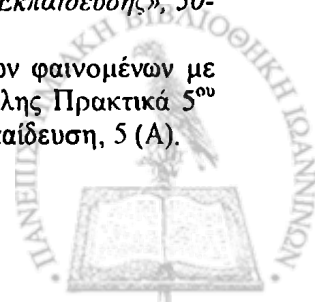
- Tregidgo, D. & Ratcliffe, M., (2000), The use of modelling for improving pupils' learning about cells, *School Science Review*, 81, 296, 53-59.
- Tsai C.-C., (1999), Overcoming Junior High School Students' Misconceptions About Microscopic Views of Phase Change: A Study of an Analogy Activity, *Journal of Science Education and Technology*, 8, 83-91.
- Tsai, C.-C., (1997), The interplay between scientific epistemological beliefs and preferences for constructivist learning environments of Taiwanese eighth graders, *Paper presented at the Fourth International Seminar "From Misconceptions to Constructed Understanding."* Cornell University, Ithaca, New York. [On-line] Available at <http://www2.ucsc.edu/mlrg/proc4abstracts.html>.
- Tsaparlis, G. & Georgiadou, A. (1994), A three-cycle method of teaching beginning high - school chemistry students, based on the macro, the representational and the sub- micro levels of chemistry, in: A. Bargellini & P.E. Todesco (Eds.), *Proceedings of the 2nd European Conference on Research in Chemical Education*, Pisa, Italy, 247-253.
- Tsaparlis, G., (1997), Atomic and molecular structure in chemical education - a critical analysis from various perspectives of science education, *Journal of Chemical Education*, 74, 922-925.
- Tudge, J., (1989), When collaboration leads to regression: Some negative consequences of socio-cognitive conflict, *European Journal of Social Psychology*, 19, 123-138.
- Tyler, R., (2000), A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression, *International Journal of Science Education*, 22, 447-467.
- Tyler, R., (1998a), The nature of students' informal science conceptions, *International Journal of Science Education*, 20, 901-927.
- Valanides, N., (2000), Primary student teachers' understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving, *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, 1, 249-262.
- van der Veer, R & Valsiner, J., (1993), *Understanding Vygotsky*, Oxford uk: Blackwell.
- Vogelezang, M. J., (1987), Development of the concept "chemical substance"- Some thoughts and arguments, *International Journal of Science Education*, 9, 519-528.
- Von Glaserfeld, E., (1993), Questions and answers about radical constructivism, in: Tobin (Ed.), *The practice of constructivism in science education*, Washington, DC: AAAS Press.
- von Glaserfeld, E., (1995), A constructivist approach to teaching, in: L. P. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in Education* (pp. 3-16), Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Voorde, H.H. ten (1990), On teaching and learning about atoms and molecules from a van Hiele point of view, in: P.L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos & A.J. Waarlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education* (pp. 81-103). Utrecht: Cd - β Press.
- Vosniadou, S. & Brewer, W.F., (1987), Theories of knowledge reconstruction, *Review of Educational Research*, 57, 51-67.
- Vosniadou, S. & Brewer, W.F., (1992), Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood, in: *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S. (1980), On the Nature of Childrens' Naïve Knowledge, *Proceeding of the 11th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Vosniadou, S., (1989), Analogical reasoning as a mechanism in Knowledge acquisition: a developmental perspective, in: S. Vosniadou, A. Ortony (Eds), *Similarity and analogical reasoning*, N.Y., Cambridge University Press.
- Vosniadou, S., (1994), Capturing and modelling the process of conceptual change, *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S., (1995), A cognitive psychological approach to learning, In P. Reinmann & H. Spada (Eds.), *Learning in humans and machines*, New York: Pergamon Press.
- Vygotsky, L. (1970), *Thought and language*, The M.I.T. Press)
- Walton, A., (1978), *Molecular and crystal structure models*, Chichester, England: Ellis Horwood.
- Wassermann, S., (1992), Serious play in the classroom: How messing around can win you the Nobel prize. *Childhood Education*, 68, 133-139.
- Webb, N. (1989), Peer interaction and learning in small groups, *International Journal of Education Research*, 13, 21-29.
- Webb, N. (1995), Group collaboration in assessment, *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 17, 239-261.



- Webb, N., (1982), Group composition, group interaction, and achievement in cooperative small groups, *Journal of Educational Psychology*, 74, 475-484.
- Webb, N., (1982), Peer interaction and learning in cooperative small groups, *Journal of Educational Psychology*, 74, 642-655.
- Webb, N., (1984), Stability of small group interaction and achievement over time, *Journal of Educational Psychology*, 76, 211-224.
- Webb, N., (1991), Task-related verbal interaction and mathematics learning in small groups, *Journal for Research in Mathematics Education*, 22, 366-389.
- Webb, N., Nemer, K., Chizhik, A. & Sugrue, B., (1998), Equity issues in collaborative group assessment: Group composition and performance, *American Educational Research Journal*, 35, 607-651.
- Weller, C.M., (1970), The role of analogy in teaching science, *Journal of Research in Science Teaching*, 7, 113-119.
- Wells, G., (1999), *Dialogic Inquiry: Toward a Sociocultural Practice and Theory in Education*, Cambridge University Press.
- Wenger, E. C. & Snyder, W. M., (2000a), Communities of practice: The organizational frontier, *Harvard Business Review*, 78, 139-145.
- Wenger, E., & Snyder, W. (2000b), Learning in Communities, *LINEZine* <http://www.linezine.com/features/cwwslc.htm>.
- Wenger, E., (1999), *Communities of Practice. Learning, meaning and identity*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Wertch, J. (1991) *Voices of the Mind: A Sociocultural Approach to Mediated Action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wertsch, J., (1979), From social interaction to higher Psychological processes, *Human Development*, 22, 1-22.
- Wertsch, J., (1985), *Vygotsky and the social formation of mind*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Westbrook, S. & Marek, E.A., (1992), A Cross - age study of student understanding of the concept of homeostasis, *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 51-61.
- Westbrook, S., (1988), *A cross-age study of student understandings of four diology concepts*, Unpublished doctoral dissertation, University of Oklahoma, Norman.
- Westbrook, S.L. & Rogers, L. (1994), Examining the development of scientific reasoning in ninth grade physical science student, *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 65-76.
- White, B.Y., (1993), ThinkerTools: Casual models. Conceptual Change, and science education, *Cognition and Instruction*, 10, 1-100.
- White, R. & Gunstone, R., (1992), *Probing understanding*. London: Faimcr.
- White, R.T., (1988), *Learning Science*, Oxford: Basil Blackwell.
- Williamson V.M. & Abraham M.R., (1995), The Effects of computer Animation on the Particulate Mental Models of College Chemistry Students, *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 521-534.
- Williamson, V. M., (1992), *The effects of computer animation emphasizing the particulate nature of matter on the understanding and misconceptions of college chemistry students*, Unpublished doctoral dissertation, University of Oklahoma.
- Windschtl, M., (2001). Using simulations in the middle-school: Does assertiveness of dyad partners influence conceptual change? *International Journal of Science Education*, 23, 17-32.
- Wiser, M., (1995), Use of history of science to understand and remedy students' misconceptions about heat and temperature, in: D. N. Perkins, J. L. Schwartz, M.M. West, & M.S. Stone (Eds.), *Software goes to school* (pp. 23-38). Oxford: Oxford University Press).
- Wong, S.K.P., (1988), *The effect of different visual strategies, selected individual differences, and learner control on student word problem solving performance*, Doctoral dissesrtation, University of Minnesota.(Dissertation Abstracts International, 49, 1366A).
- Wu, H.-K., Krajcik J. S. & Soloway, E. J. (2001), Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom, *Journal of Research in science Teaching*, 38, 821-842.
- Yarroch, W.L., (1985), Student understanding of chemical equation balancing, *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 449-459.
- Zacharia, Z. (2005), The impact of interactive computer simulations on the nature and quality of postgraduate science teachers' explanations in physics, *International Journal of Science Education*, 27, 1741-1767.



- Zady, M. F., Portes, P. R. & Ochs V. D., (2003), Examining classroom interactions related to difference in students' science achievement, *Science Education*, 87, 40-63.
- Zimmermann, E. (2000), The structure and development of science teachers' pedagogical models: Implications for teacher education, in: J.K. Gilbert & C.J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education*, pp. 325-341, Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Αλεξόπουλος, Δ., (1998), *Ψυχομετρία, τόμος Α, Σχεδιασμός Τεστ Και Ανάλυση Ερωτήσεων*, Εκδ. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.
- Βλάχος, Γ. & Κόκκοτας, Π., (2000), *Η γέννηση και η εξέλιξη των σωματιδιακών μοντέλων για την ύλη στο Διδακτικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες σύγχρονοι προβληματισμοί*, Επιμέλεια- εισαγωγή Κόκκοτας Π., Τυπωθήτω Γ. Δαρδανός Αθήνα, 155-209.
- Βλάχος, Ι. Α., (1999), *Εποικοδομητική Προσέγγιση της διδασκαλίας της σωματιδιακής δομής της ύλης στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Βοσνιάδου, Σ., (1994), Η εννοιολογική αλλαγή στην παιδική ηλικία: Παραδείγματα από το χώρο της Αστρονομίας, άρθρο στο *Αναπαραστάσεις του Φυσικού κόσμου: Γνωστική, επιστημολογική και διδακτική προσέγγιση*, 233-261, Gutenberg, Αθήνα.
- Γεωργούση Κ., Καμπουράκης Κ. & Τσαπαρλής Γ., (1998), Καλοί μαθητές στη φυσική και στη χημεία του δημοτικού σχολείου: χαρακτηριστικά επιδόσεων, μορφωτικό επίπεδο γονέων, ενδιαφέροντα και στάση προς τις φυσικές επιστήμες, *Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου, Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη, 294-300.
- Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Σπουδών, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2003), Προγράμματα Σπουδών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης: Φυσικές Επιστήμες, Εκδ. Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, Αθήνα.
- Ιωαννίδης, Χ. & Βοσνιάδου, Σ., (1994), Νοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών για την έννοια της δύναμης, άρθρο στο *Αναπαραστάσεις του Φυσικού κόσμου: Γνωστική, επιστημολογική και διδακτική προσέγγιση*, 263—310, Gutenberg, Αθήνα.
- Κάλφας, Β., (1983), *Επιστημονική Πρόοδος και Ορθολογικότητα. Προς μια ρεαλιστική Ανασυγκρότηση της Σύγχρονης Επιστημολογίας*, Θεσσαλονίκη.
- Κόκκοτας, Π., (1997), *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*, Αθήνα.
- Κόκκοτας, Π., (2002), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Μέρος ΙΙ. Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, Αθήνα.
- Κολιάδης, Ε., (1997), Θεωρίες μάθησης και εκπαιδευτική πράξη, τόμος Γ': Γνωστικές θεωρίες, Αθήνα.
- Κουζέλης, Γ., (1992), *Από το βιωματικό στον επιστημονικό κόσμο, Ζητήματα κοινωνικής αναπαραγωγής της γνώσης*, Κριτική, Αθήνα
- Κουλαϊδής Β., (1994), Πρότυπα αλλαγής της Επιστημονικής Γνώσης: Επιστημολογική προσέγγιση στο Αναπαραστάσεις του Φυσικού κόσμου, Gutenberg, Αθήνα.
- Κουν, Τ., (1981), *Δομή των επιστημονικών Επαναστάσεων*, ελλν. Έκδοση: Θεσσαλονίκη, 1981.
- Μαρνέλη, Α. & Σπυροπούλου, Δ., (1993), Αντιλήψεις φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Αθηνών για τις τρεις καταστάσεις της ύλης, *Ανακοίνωση στο 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών, Θράκη*, Βιβλίο περιλήψεων, 28-29.
- Ματσαγγούρας, Η., (2000), *Ομαδοσυνεργατική Διδασκαλία και Πράξη*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Μικρόπουλος Τ. Α., (2002), Προσομοιώσεις και Οπτικοποιήσεις στην Οικοδόμηση Εννοιών στις Φυσικές Επιστήμες, *3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο, Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Ρέθυμνο
- Μικρόπουλος Τ. Α., (2006), *Ο Υπολογιστής ως γνωστικό εργαλείο*, Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα
- Μικρόπουλος, Τ. Α., Κατσίκης, Α., Γιούνης, Α., Μπάκας, Χ., (2001), Εικονικά περιβάλλοντα για τη διδασκαλία της φυσικής του μικρού και του μεγάλου, Στο Μ. Τζεκάκη (Επιμ.) *Πρακτικά του 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση, με Διεθνή Συμμετοχή, ΑΠΘ & Π.Ι.*, Θεσσαλονίκη.
- Νταλαούτη, Π. & Τσαπαρλής, Γ., (2004), Επιδιώκοντας την αποφυγή προσκόλλησης στο ατομικό μοντέλο του Bohr: διδασκαλία ενός κβαντομηχανικού μοντέλου του ατόμου στο δημοτικό σχολείο, *Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες Εκπαίδευσης»*, 50-57, Πανεπιστήμιο Αθηνών-ΤΕΑΠΗ, Αθήνα.
- Παπαγεωργίου Γ., Johnson P. & Φωτιάδης Φ. (2007), Διδασκαλία και μάθηση φυσικών φαινομένων με χρήση κατάλληλου λογισμικού στα πλαίσια της σωματιδιακής θεώρησης της ύλης Πρακτικά 5^{ου} τεύχος Α συνεδρίου, Διδακτική φυσικών επιστημών και νέες τεχνολογίες στην εκπαίδευση, 5 (Α).



- Παρασκευόπουλος, Ι.Ν., (1993), *Στατιστική Εφαρμοσμένη στις Επιστήμες της Συμπεριφοράς*, τόμος Β Επαγωγική στατιστική, Αθήνα.
- Σολομωνίδου, Χ. & Σταυρίδου, Ε. (1994), Η οικοδόμηση της έννοιας της χημικής ουσίας: αναγκαιότητα, προϋποθέσεις, πρώτα στάδια διαμόρφωσης, *Πρακτικά 4^ο Συνεδρίου Ελλάδας- Κύπρου Χημεία και Παιδεία*, Ιωάννινα, 74-79.
- Σολομωνίδου, Χ. & Σταυρίδου, Ε. (2000), Η σωματιδιακή δομή της ύλης. Οι εναλλακτικές ιδέες μαθητών/τριών για βασικές έννοιες της Χημείας και η σημασία τους για τη Βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων στο *Διδακτικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες* Επιμέλεια - εισαγωγή Κόκκοτας Π., Τυπωθήτω Γ. Δαρδανός Αθήνα
- Σολομωνίδου, Χ., (2001), *Σύγχρονη Εκπαιδευτική Τεχνολογία. Υπολογιστές και μάθηση στην κοινωνία της γνώσης*, εκδ. Κώδικας, Θεσσαλονίκη
- Σολομωνίδου, Χ., (2006), *Νέες τάσεις στην Εκπαιδευτική Τεχνολογία. Εποικοδομισμός και σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης*, Εκδ. Μεταίχμιο, Αθήνα.
- Σταυρίδου, Ε. (2000). *Συνεργατική μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες. Μια εφαρμογή στο δημοτικό σχολείο*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- Σταυρίδου, Ε., (1995), *Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και διαδικασίες μάθησης*, Εκδ. Σαββάλας.
- Τριλιανός, Θ., (1991), *Μεθοδολογία της Διδασκαλίας Ι*, Εκδ., Αφοί Τολίδη, Αθήνα, 161-165.
- Τσαπαρλής, Γ., (1991), *Θέματα διδακτικής φυσικής και χημείας στη μέση εκπαίδευση*, Αθήνα: Γρηγόρης (Α' έκδοση, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 1988).
- Τσαπαρλής, Γ., (1993), *Οι εναλλακτικές ιδέες των καθηγητών Φ.Ε. για τη φύση και τις ιδιότητες των μορίων*, Ανακοίνωση στο 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο της ένωσης Ελλήνων Φυσικών, Θράκη, Βιβλίο περιλήψεων, 28-29).
- Τσαπαρλής, Γ., (1994), *Η ατομική και η μοριακή δομή στην χημική εκπαίδευση: κριτική θεώρηση από διάφορες σκοπιές της διδακτικής των φυσικών επιστημών*, Πρακτικά 5^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Ελλάδος-Κύπρου, Χημεία και παιδεία, Ιωάννινα: ΕΕΧ. (18-24).
- Τσαπαρλής, Γ., (2000), *Διδακτική φυσικών επιστημών και διδακτική της χημείας*, Θέματα σε μεταπτυχιακό επίπεδο, Ιωάννινα.
- Τσαπαρλής, Γ., Γεωργούση Κ., Καμπουράκης Κ., Λώλας, Θ. & Κοντογεωργίου, Μ., (1997), *Γνώσεις φυσικής και χημείας που φέρνουν οι μαθητές από το δημοτικό στο γυμνάσιο*, Πρακτικά Διήμερου, *Οι Φ.Ε. και η Τεχνολογία στην Α/βάθμια Εκπαίδευση*, σελ. 35-39. ΠΤΔΕ, Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Χατζηνικήτα, Β., (1995), *Οι αναπαραστάσεις των μαθητών του Δημοτικού για τις μεταβολές της ύλης. Είδη, αιτιακές σχέσεις και μηχανισμοί*, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Π1 Το διδακτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την εισαγωγή σωματιδιακού μοντέλου

Δραστηριότητα 1

Δραστηριότητα 2

Δραστηριότητα 3

Δραστηριότητα 4

Δραστηριότητα 5

Π2. Εργαλεία έρευνας

Π2.1. Τεστ ελέγχου μακροσκοπικών γνώσεων

Π2.2 Τεστ Α μακροσκοπικών αλλαγών

Π2.3. Τεστ Β μικροσκοπικών αλλαγών

Π3. Παράρτημα Κεφαλαίου_3

Π4. Παράρτημα διάχυσης υγρών και αερίων

Π5. Παράρτημα ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων

Π6. Παράρτημα θερμικής διαστολής και συστολής

Π7. Παράρτημα της ενότητας της διάλυσης

Π8. Παράρτημα στην ενότητα της αλλαγής κατάστασης

Π9. Παράρτημα διατήρησης μάζας

Π10. Παράρτημα ιδιοτήτων των μορίων

Π11. Παράρτημα σύγκρισης των ομάδων στο σύνολο των ενοτήτων

Π12. Παράρτημα συγκρίσεων εντός των ομάδων

Π13. Παράρτημα αξιολόγησης μοντέλων



Π1. Το διδακτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την εισαγωγή σωματιδιακού μοντέλου

Εισαγωγή

Τα μοντέλα και ο δημιουργικός τους ρόλος στην επιστήμη

Στα παρακάτω μαθήματα θα παρατηρήσουμε κάποιες μεταβολές που συμβαίνουν στη φύση – φαινόμενα, όπως τα λέμε - και θα προσπαθήσουμε να τις ερμηνεύσουμε, χρησιμοποιώντας κάποια μοντέλα.

Η χρήση μοντέλων είναι πολύ συνηθισμένη στην επιστήμη. Όμως η λέξη “μοντέλο” έχει πολλές σημασίες στην καθημερινή ζωή και πολλές φορές διαφορετική σημασία από αυτή που έχει στην επιστήμη. Ας δούμε κάποιες τέτοιες σημασίες.

- Μοντέλα είναι οι κούκλες και τα κουκλόπιτα, τα στρατιωτάκια, τα μοντέλα τρένων, τα τηλεχειριζόμενα οχήματα (αυτοκίνητα, αεροπλάνα), οι μινιατούρες αυτοκινήτων, τα σετ κατασκευών όπως τα Lego, που έχουν πολλές ομοιότητες με την πραγματικότητα.

- Μοντέλα είναι κάποια παιχνίδια σαν τη μονόπολη, που αντιπροσωπεύουν μια μικρογραφία ενός πραγματικού κόσμου και τα διαχειριζόμαστε και τα παιδιά και οι μεγάλοι, όπως θέλουμε. Τέτοιο μοντέλο είναι και το σάκι, που αντιπροσωπεύει φανταστική μάχη.

- Μοντέλα λέμε και τα μανεκέν, αυτές τις όμορφες γυναίκες και άνδρες που δοκιμάζουν για μας και μας επιδεικνύουν ρούχα.

- Μοντέλα της πραγματικότητας είναι το ποδόσφαιρο ή η προσομοίωση πτήσεων ή οι αγώνες ράλι που παίζεις στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

- Μοντέλα χρησιμοποιείς και στο σχολείο για να καταλάβεις καλύτερα κάποια μαθήματα. Μοντέλο της γης είναι η υδρόγειος σφαίρα. Και εδώ δεν έχουμε απόλυτη ομοιότητα με την πραγματική γη αλλά έχουμε κάνει μια απλούστευση για να καταλάβουμε καλύτερα τη γη, δεν έχουμε βάλει π.χ. τα βουνά και τα ποτάμια ανάγλυφα αλλά τα αποδίδουμε με διάφορα χρώματα. Όμως έχουμε βάλει και μερικά στοιχεία παραπάνω από τα πραγματικά, όπως ο άξονας περιστροφής. Άλλο μοντέλο που χρησιμοποιείς είναι το ομοίωμα του ανθρώπινου σώματος.

- Μοντέλα μια πραγματικότητας είναι οι φωτογραφίες, οι πίνακες ζωγραφικής, τα σχέδια.

Καταλαβαίνεις τη διαφορά του μοντέλου από την πραγματικότητα;

Όταν χρησιμοποιούμε μοντέλα για να καταλάβουμε την πραγματικότητα και να την εξηγήσουμε, πρέπει να θυμόμαστε κάποια βασικά ζητήματα που αφορούν τα μοντέλα:

- Ένα ζήτημα είναι η κλίμακα στην οποία παρουσιάζονται τα μοντέλα. Πολλές φορές τα μοντέλα είναι μικρογραφίες της πραγματικότητας, όπως π.χ. οι μαζέτες που φτιάξαμε για ένα κτίριο. Στις παρακάτω δραστηριότητες θα χρησιμοποιήσουμε μοντέλα που είναι μακρογραφίες της πραγματικότητας, σαν να έχουμε μεγεθύνει πάρα πολλές φορές την πραγματικότητα, για να τη μελετήσουμε.

- Τα μοντέλα δεν είναι αντίγραφα της πραγματικότητας αλλά δοκιμάζουν τις ιδέες μας για αυτή.

- Αν κάπου δεν είναι επαρκή για να εξηγούν την πραγματικότητα, τα βελτιώνουμε ή επινοούμε άλλα. Είναι σαν να σχεδιάζεις στους φίλους σου τον εαυτό σου να κάνει στα Σαββατοκύριακα. Κάνεις ένα σάτισο για μια περίπτωση και αν χρειαστεί κάνεις ένα άλλο καλύτερο. Βέβαια οι φίλοι σου δεν έχουν όλες τις λεπτομέρειες από τις δραστηριότητές σου. Πώς να νιώσουν την ευχαρίστησή σου ή την παγωμένη μύτη σου; Το σχέδιό σου είναι ένα μοντέλο και αυτό.

Για να καταλάβεις καλύτερα ότι τα μοντέλα δεν είναι η ίδια η πραγματικότητα αλλά δοκιμάζουν τις ιδέες μας για την πραγματικότητα σκέψου ότι η φύση συμπεριφέρεται σαν ένα μαύρο κουτί. Το μαύρο αυτό κουτί δεν ξέρουμε τι έχει μέσα αλλά από τα στοιχεία που μας δίνει – φαινόμενα προσπαθούμε να εξηγήσουμε τη συμπεριφορά της. Είναι σαν να παίζεις ένα παιχνίδι π.χ. “το παιχνίδι του μυστήριου δολοφόνου”. Αρχικά σου δίνονται κάποια στοιχεία σχετικά με ένα γεγονός π.χ. για ένα φανταστικό φόνο. Με βάση τα στοιχεία που έχεις προσπαθείς να εξηγήσεις τι συμβαίνει και ποιος είναι ο δολοφόνος. Φτιάχνεις έτσι ένα μοντέλο που βασίζεται στα στοιχεία που έχεις. Στη συνέχεια σου δίνονται και άλλα στοιχεία - περισσότερες ενδείξεις. Ίσως χρειαστεί να τροποποιήσεις τις αρχικές σου υποθέσεις και να κάνεις με βάση τα νέα στοιχεία και αποδείξεις. Αν σου δίνονται σταδιακά τα στοιχεία τροποποιείς ή βελτιώνεις το μοντέλο σου. Αρχικά είχες βγάλει ένα συμπέρασμα για το δολοφόνο. Εξήγησε σε τι είχες στηριχθεί. Μετά άλλαξες τις απόψεις σου. Τι σε έκανε να αλλάξει στο συμπέρασμά σου;



Έχεις υπόψη σου ότι το μοντέλο που έφτιαξες για τον δολοφόνο μπορεί να μην είναι το πραγματικό. Πάντα υπάρχουν αμφιβολίες. Όμως με βάση τα στοιχεία που είχες, έβγαλες κάποια συμπεράσματα για το ποιος μπορεί να είναι ο δολοφόνος, με άλλα λόγια επινόησες ένα μοντέλο του φόνου.

Με τον ίδιο τρόπο οι επιστήμονες επινοούν μοντέλα - θεωρίες για τη συμπεριφορά της φύσης, όπως εμείς επινοήσαμε ένα σενάριο για τον δολοφόνο. Πάντα στηρίζομαστε στα στοιχεία που έχουμε. Και τα στοιχεία που μας δίνει η φύση είναι οι μεταβολές - τα φαινόμενα. Αν κάπου τα στοιχεία δεν ταιριάζουν με τις ιδέες που έχουμε \Rightarrow αλλάζουμε τις ιδέες μας.

✦ Σε όλες τις δραστηριότητες παρακάτω θα έχουμε υπόψη μας ότι οι επιστήμονες συγκεντρώνουν τα δεδομένα ή τις αποδείξεις τους και ότι προσπαθούν να σκεφτούν δημιουργικά για να εξηγήσουν τα φαινόμενα. Οι θεωρίες που υψώνουν οι επιστήμονες σχετίζουν τις ιδέες τους με τις ενδείξεις που έχουν.



Δραστηριότητα 1

1.1. Κάθε τι είναι φτιαγμένο από σωματίδια – μόρια και ανάμεσά τους υπάρχει κενός χώρος

Τώρα το έχεις παρατηρήσει. Δεν χρειάζεσαι πολύ πιπέρι για να δώσεις γεύση στη σούπα. Οι ζαχαροπλάστες δεν χρειάζονται πολύ χρωστική ουσία για να χρωματίσουν ένα γλυκό. Όποιος δεν πίνει το τσάι με ζάχαρη μπορεί να το καταλάβει, αν βάλουμε έστω και μια μικρή ποσότητα. Θα δούμε παρακάτω γιατί συμβαίνουν αυτά.

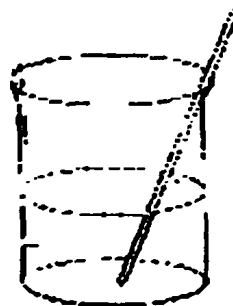
Στο παρακάτω πείραμα θα παρατηρήσουμε τη διάλυση ενός μέρους μιας μοβ στερεής χρωστικής ουσίας (του στερεού υπερμαγγανικού καλίου) που διασκορπίζεται (διαχέεται) μέσα στο νερό προς όλες τις κατευθύνσεις.

A. Πείραμα Διάχυσης

Θα εκτελέσουμε ένα πείραμα στο οποίο θα παρατηρήσουμε τι κάνει μια μοβ ουσία, το υπερμαγγανικό κάλιο, όταν αφεθεί σε ήρεμο νερό. Το νερό να είναι ζεστό και δεν θα το ανακατέψουμε.

Γεμίζουμε ένα ποτήρι 250ml μέχρι τα $\frac{1}{4}$ του με νερό. Βάζουμε ένα κρυσταλλάκι υπερμαγγανικού καλίου μέσα σε καλαμάκι και γλείφουμε το άκρο του με το δείκτη του χεριού μας. Κρατώντας το καλαμάκι κατακόρυφα το βυθίζουμε στο ποτήρι μέχρι τη μέση περίπου του νερού. Ταυτόχρονα απομακρύνουμε από το ποτήρι το καλαμάκι και το δάχτυλο, ώστε το κρυσταλλάκι υπερμαγγανικού καλίου να αφεθεί στο νερό.

Τι παρατηρείς; Τι νομίζεις ότι συμβαίνει; Πώς μπορεί η μοβ ουσία να κινείται και να διασκορπίζεται στο νερό; Πρότεινε ένα δικό σου μοντέλο.



B. Μοντελοποίηση του φαινομένου

Ας πάρουμε ένα συγκεκριμένο μοντέλο που μοιάζει με το φαινόμενο που είδαμε:

Μοντέλο 1.1.

Ένα λεωφορείο είναι γεμάτο επιβάτες. Ένας μαυροντυμένος κύριος θέλει να κατέβει και αναγκάζεται να κινηθεί μέσα στο λεωφορείο. Αν δεν υπάρχει καθόλου κενός χώρος θα μπορέσει να κινηθεί;

Για την κίνηση είναι απαραίτητος κενός χώρος. Αφού τα μικρά κομμάτια υπερμαγγανικού καλίου κινούνται μέσα στο νερό, υποθέτουμε ότι μέσα στο νερό υπάρχει κενός χώρος.

Το μοντέλο μας έχει ομοιότητες και διαφορές με την πραγματικότητα. Ας δούμε σε τι μοιάζει και σε τι διαφέρει το μοντέλο μας από το φαινόμενό μας.

Ομοιότητες

Το νερό είναι σαν τους ανθρώπους μέσα στο λεωφορείο

Το υπερμαγγανικό κάλιο είναι σαν τον μαυροντυμένο κύριο

Όμως εμείς δεν βλέπουμε κενά. Βλέπουμε την ύλη σαν να είναι συνεχής. Στην πραγματικότητα δεν είναι. Αφού όμως η ύλη δεν είναι συνεχής και έχει κενά, μπορούμε να υποθέσουμε ότι όλα τα υλικά είναι φτιαγμένα από μικρά σωματίδια, που τα λέμε μόρια.

Έτσι το νερό είναι φτιαγμένο από σωματίδια – μόρια και ανάμεσά τους δεν υπάρχει τίποτα, είναι κενό. Αλλά και το υπερμαγγανικό κάλιο είναι φτιαγμένο από σωματίδια, που παίζουν ανάμεσα από τα σωματίδια νερού και κινούνται.

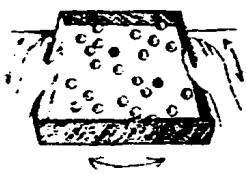
Διαφορές

Τα μόρια είναι πάρα πολύ μικρά και όχι σαν τους ανθρώπους
Τα μόρια δεν είναι ζωντανά.

Το υπερμαγγανικό κάλιο έχει πολλά σωματίδια - μόρια.

Μοντέλο 1.2.

Θα καταλάβουμε καλύτερα τη διάχυση - διασκορπισμό μιας ουσίας σε μια άλλη, αν εξετάσουμε το παρακάτω μοντέλο.



Παίρνουμε βόλους σε ένα δίσκο, που παριστάνουν τα μόρια νερού και βόλους άλλου χρώματος, που παριστάνουν τα μόρια της μοβ ουσίας, του υπερμαγγανικού καλίου. Αν κινήσουμε το δίσκο τα μόρια ανακατεύονται, όπως διαχέεται το υπερμαγγανικό κάλιο στο νερό.



Ας αξιολογήσουμε τώρα το μοντέλο μας.

Το μοντέλο μας βοηθά να καταλάβουμε τα σωματίδια και την κίνησή τους και ότι διαφορετικές ουσίες είναι φτιαγμένες από διαφορετικά μόρια. Όμως τα σωματίδια έχουν δικιά τους κίνηση και δεν τα κινούμε εμείς, όπως το δίσκο. Τα σωματίδια δεν είναι στρογγυλά και είναι πάρα πολύ μικρά που δεν φαίνονται. Μπορείς να επινοήσεις το δικό σου μοντέλο; Μπορείς να δραματοποιήσεις με τους συμμαθητές σου την κίνηση που οδηγεί στην μίξη σωματιδίων;

Μοντέλο 1.3.

1. Την ιδέα της διάχυσης μιας ουσίας σε μια άλλη μπορείς να την παρατηρήσεις και στην παρακάτω προσομοίωση στον Η/Υ. Να θυμάσαι ότι δεν είναι πραγματική κατάσταση αλλά ένας τρόπος να εξηγήσουμε την πραγματικότητα. Βασίζεται στην ιδέα ότι οι ουσίες αποτελούνται από σωματίδια που κινούνται συνεχώς (Δες Flick books).

Άνοιξε τα αρχεία διάχυσης:

<http://mc2.cchem.Berkley.edu/java/molecules/index.html>

http://www.Phys.Virginia.edu/classes/109N/more_stuff/applet/Brownian/applets.html

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=24>

Πρόσεξε τα βασικά σημεία της προσομοίωσης.

Τι κάνουν συνεχώς τα σωματίδια – μόρια;

Πώς τα σωματίδια – μόρια σχεδιάζονται στο μοντέλο του υπολογιστή;

Τι είναι απαραίτητο για να υπάρχει κίνηση;

Γ. Αξιολογούμε τα μοντέλα

Χρησιμοποίησα μοντέλα για να εξηγήσουμε τη διάχυση.

Ποια κοινά σημεία είχαν;

Σε τι διέφεραν;

Γιατί χρησιμοποιούμε διαφορετικά μοντέλα για τα ίδια φαινόμενα;

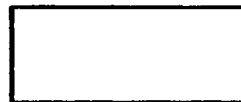
Δ. Το αποδεκτό μοντέλο

Ας καταλήξουμε σε ένα αποδεκτό μοντέλο, δηλαδή ένα μοντέλο που θα συμφωνήσουμε να χρησιμοποιούμε από δω και πέρα, για να εξηγήσουμε παρόμοια φαινόμενα. Στο αποδεκτό μας μοντέλο τα σωματίδια θα απεικονίζονται με κυκλάκια. Τα σωματίδια δεν μεταβάλλονται σε σχήμα και μέγεθος στις αλλαγές που θα μελετήσουμε. Αν άλλαζαν θα είχαμε άλλη ουσία.

Ζωγράφισε σχέδια δείχνοντας τι συμβαίνει, όταν μια μωβ ουσία σκορπίζει - διαχέεται σε νερό. Βάλε 12 μόρια νερό και 4 μόρια μωβ ουσίας.



Μόλις ρίξουμε την μωβ ουσία μέσα στο νερό



μετά από λίγο

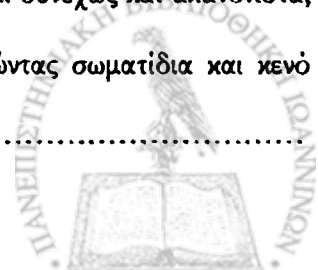
Ήδη έχεις κάνει μια αυθαίρετη παραδοχή. Ενώ τα σωματίδια είναι πάρα πολύ μικρά, τα ζωγράφισες ορατά και αρκετά μεγάλα. Αυτό μη σε τρομάζει, δεν είναι λάθος, ένα μοντέλο είναι. Γιατί το μοντέλο σου το χρησιμοποιείς, για να παραστήσεις καταστάσεις που δεν μπορείς να δεις, να εξηγήσεις φαινόμενα, να δοκιμάσεις τις ιδέες σου. Δεν είναι τα μοντέλα η ίδια η πραγματικότητα.

Θυμήθηκες να ζωγράφεις τα σωματίδια νερού και μελάνης διαφορετικά;

Ε. Ερμηνεία φαινομένου χρησιμοποιώντας μοντέλο

Η κίνηση των σωματιδίων της μωβ ουσίας μας δείχνει ότι τα μόριά της (αλλά και του νερού και κάθε υγρής και αέριας ουσίας) κινούνται συνεχώς και άτακτα. Τα μόρια της ουσίας κινούνται συνεχώς και ακανόνιστα, καθώς χτυπιούνται από τα μόρια του νερού.

Ερμήνευσε τώρα τη διάχυση υπερμαγγανικού καλίου στο νερό, χρησιμοποιώντας σωματίδια και κενό χώρο.



Πώς το παραπάνω πείραμα ενισχύει την άποψή μας ότι η ύλη αποτελείται από σωματίδια;

Το μοντέλο μας υποθέτει ότι το νερό και υπερμαγγανικό κάλιο είναι φτιαγμένα από σωματίδια, που ανάμεσά τους υπάρχει κενό. Είναι όλα τα υγρά φτιαγμένα από σωματίδια; Επίσης είναι φτιαγμένα από σωματίδια όλα τα στερεά, όλα τα αέρια;

Πράγματι, οι επιστήμονες ισχυρίζονται ότι όλες οι ουσίες είναι φτιαγμένες από σωματίδια, που καλούνται μόρια. Αν κοιτάξεις από τι αποτελείται π.χ. το νερό, θα πεις αμέσως ότι αποτελείται από σταγόνες νερού. Οι σταγόνες με τη σειρά τους είναι φτιαγμένες από μόρια νερού. Και αυτό γιατί αν θέλαμε να διαιρέσουμε τις σταγόνες νερού σε μικρότερα κομμάτια μέχρι να μη διαιρούνται πλέον, τότε θα είχαμε το μικρότερο σωματίδιο νερού. Αυτό το σωματίδιο το λέμε μόριο και είναι τόσο μικρό που δεν φαίνεται.

1.2. Ιδιότητες μορίων

Τα μόρια είναι πολύ μικρά και κινούνται συνεχώς

Τα μόρια δεν έχουν τις ιδιότητες των σωμάτων

Τα μόρια δεν μεταβάλλονται, ούτε αλλάζουν οι διαστάσεις τους στα φαινόμενα που θα μελετήσουμε.

√ Τα μόρια είναι πολύ μικρά

Αλλά πόσο μικρό είναι αυτό το μόριο;

Κάθε σταγόνα νερό αποτελείται από τρισεκατομμύρια μόρια νερού. Αν συγκρίνουμε το μόριο νερού με ένα κόκκο σκόνη, θα βρούμε ότι το μόριο νερού είναι πάρα πολύ μικρό. Υπάρχουν και άλλα μικρά πράγματα που μπορούμε να δούμε στο μικροσκόπιο, όπως τα μικρόβια και τα κύτταρα από τα οποία είναι φτιαγμένο το σώμα μας. Το μόριο νερού είναι πιο μικρό και από αυτά και μάλιστα ένα τυπικό κύτταρο μπορεί να είναι φτιαγμένο από 100 τρισεκατομμύρια μόρια. Τα περισσότερα από τα μισά είναι νερό αλλά το κύτταρο περιέχει πολλά άλλα είδη μορίων. Τα μόρια είναι τόσο μικρά και δεν φαίνονται με τα μικροσκόπια ούτε με άλλα όργανα.

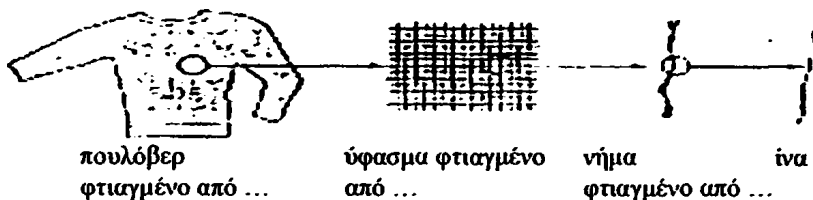
√ Εκτός από το ότι τα μόρια είναι πολύ μικρά και αόρατα, κινούνται συνεχώς. Δεν σταματούν ποτέ και κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις. Αυτή η κίνηση συνεχίζεται όλη την ώρα και όταν το νερό φαίνεται ακίνητο στο ποτήρι.

Σίγουρα είναι δύσκολο για μας να φανταστούμε ότι η ύλη είναι φτιαγμένη από σωματίδια – μόρια, που κινούνται συνεχώς και ανάμεσα τους δεν υπάρχει τίποτα, είναι κενό. Είμαστε μαθημένοι να βλέπουμε τα πράγματα συνεχή, χωρίς κενά. Μας δυσκολεύει επίσης και η συνεχής κίνηση, γιατί στην καθημερινή μας ζωή όσα αντικείμενα κινούνται, κάποτε σταματούν. Στο μοντέλο μας όμως τα σωματίδια συνεχώς κινούνται. Όμως αυτή η θεωρία, που τη λέμε μοριακή κινητική θεωρία, εξηγεί στην επιστήμη πολλά φαινόμενα.²

√ Τα μόρια δεν έχουν τις ιδιότητες των σωμάτων.

Τα μόρια δεν έχουν τις ιδιότητες των σωμάτων που φτιάχνουν. Τα μόρια φτιάχνουν τα υλικά, όπως τα τούβλα φτιάχνουν τους τοίχους ή οι ίνες ένα πουλόβερ.

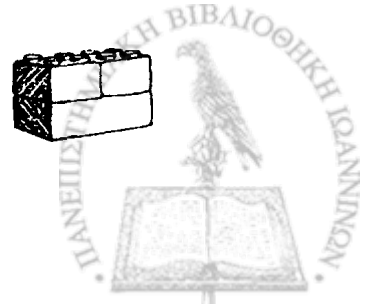
Να ένα καλό μοντέλο για να καταλάβεις, ότι τα μόρια δεν έχουν τις ιδιότητες του σώματος που φτιάχνουν.



Ας πάρουμε ένα πουλόβερ, που φτιάχεται από ύφασμα με πλέξη πολλών νημάτων. Κάθε νήμα είναι φτιαγμένο από πολλές ίνες. Η ίνα, ας πούμε, ότι είναι το μόριό μας. Είναι η ίνα πουλόβερ; Όχι βέβαια. Αν το πουλόβερ γίνει πυκνό και ζεστό, δεν μπορούμε να πούμε ότι η ίνα είναι πυκνή και ζεστή. Με το ίδιο



² Πάντα όμως έχουμε και τις αμφιβολίες μας. Μπορεί τα πράγματα να είναι διαφορετικά από αυτά που Αν η θεωρία, που είναι και αυτή ένα μοντέλο, κάπου δεν μπορεί να εξηγήσει κάποια φαινόμενα οι επιφύλασσες άλλης θεωρίας, ακριβώς όπως εμείς επανοούμε διάφορα μοντέλα.



είδος ίνας μπορείς να φτιάξεις πολλά είδη πουλόβερ, άλλα λεπτά, άλλα πυκνά κ.λ.π.

Το ίδιο σε έναν τοίχο: με ίδια είδη τούβλων μπορείς να κάνεις διαφορετικά είδη τοίχων. Το τούβλο δεν είναι τοίχος.

Έτσι και τα μόρια δεν έχουν τις ιδιότητες των σωμάτων. Δεν μπορούμε να πούμε ότι τα μόρια είναι σκληρά, μαλακά, ζεστά, κρύα πυκνά, συμπιεστά κ.λ.π. Αυτές οι ιδιότητες των υλικών είναι ιδιότητες ενός συνόλου μορίων και οφείλονται στο πως είναι συνδεδεμένα τα μόρια στις ουσίες. Πράγματι τα μόρια στις ουσίες μεταξύ τους αλληλεπιδρούν, σε άλλες ουσίες πιο ισχυρά και σε άλλες λιγότερο. Λέμε ότι υπάρχουν δεσμοί μεταξύ των μορίων.

Στη θεωρία μας, στο αποδεκτό μας μοντέλο, τα μόρια δεν μεταβάλλονται ούτε αλλάζουν οι διαστάσεις τους. Έτσι εμείς θα θυμόμαστε ότι τα μόρια είναι αμετάβλητα στις μεταβολές μιας ουσίας από μια κατάσταση στην άλλη.

Επιπλέον πειράματα για τις ιδιότητες των μορίων

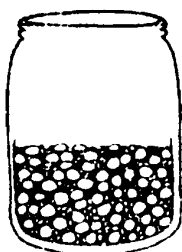
Ο κενός χώρος

Για να πάρεις μια ιδέα ότι υπάρχει κενός χώρος στις ουσίες, και ας μην φαίνεται, μπορείς να κάνεις το παρακάτω πείραμα. Το ίδιο πείραμα σε βοηθά να καταλάβεις ότι διαφορετικές ουσίες είναι φτιαγμένες από διαφορετικά είδη μορίων.

Πάρε 50 κ.εκ. νερό και 50 κ.εκ. οινόπνευμα. Τοποθέτησέ τα μαζί σε ένα ογκομετρικό κύλινδρο και ανακίνησε καλά τον κύλινδρο. Ο τελικός όγκος θα προκύψει είναι ίσος με 96 κ. εκ. ενώ περιμέναμε 100 κ. εκ. Αν δεν έχεις ογκομετρικό κύλινδρο φτιάξε ένα βάζο μετρήσεων, όπως περιγράφεται στο τέλος της ενότητας.

Τι συμβαίνει, όταν ανακατέψουμε τα δυο υγρά;

Μετά την ανάμιξη, τι παθαίνει ο συνολικός όγκος;



Ένα μοντέλο για να καταλάβεις την περίπτωση αυτή είναι το εξής: Πάρε ένα ποτήρι φασόλια και ένα ποτήρι ρύζι. Έτσι έχεις ίδιο όγκο για τα δυο όσπρια. Όταν τα ανακατεύεις ενώ δεν χάνονται σπόροι από τα δυο είδη, ο τελικός όγκος θα είναι λιγότερος από δυο ποτήρια. Αυτό γιατί οι κόκκοι του ρυζιού, που είναι μικρότεροι, μπαίνουν ανάμεσα από τους κόκκους φασολιού και έτσι ελαττώνεται ο τελικός όγκος – χώρος. Η ποσότητα όμως των δυο ουσιών – αλλιώς η μάζα δεν ελαττώνεται.

Έτσι συμβαίνει και όταν ανακατεύεις τα δυο υγρά, νερό και οινόπνευμα. Τα σωματίδια του νερού και του οινόπνευματος δεν έχουν το ίδιο μέγεθος, αφού οι ουσίες είναι διαφορετικές, η μία είναι νερό και η άλλη οινόπνευμα. Είναι λογικό να σκεφτούμε ότι τα μόρια νερού είναι διαφορετικά από τα μόρια του οινόπνευματος.

Χάθηκε κάτι κατά την ανάμιξη νερού και οινόπνευματος; Πώς οι παρατηρήσεις σου φαίνεται να υποστηρίζουν την θεωρία, ότι τα μόρια υπάρχουν και ανάμεσα τους υπάρχει κενός χώρος;

Τα μόρια είναι πολύ μικρά

Μια ιδέα για το πόσο μικρά είναι τα μόρια και ότι είναι αόρατα, μπορείς να σχηματίσεις με το παρακάτω πείραμα.

Υλικά: ένα γυάλινο βάζο 4 λίτρων, ένα φλιτζάνι, κόκκινη χρωστική ουσία τροφίμων.

Διαδικασία: Ρίχνουμε μισό φλιτζάνι νερό στο βάζο. Προσθέτουμε μια σταγόνη χρωστικής ουσίας και ανακατεύουμε. Ρίχνουμε διαδοχικά στο βάζο μερικά φλιτζάνια νερό ακόμη, μέχρι να εξαφανιστεί το χρώμα. Αποτέλεσμα: Χρειάζονται γύρω στα 7 φλιτζάνια νερό για να εξαφανιστεί το κόκκινο χρώμα.

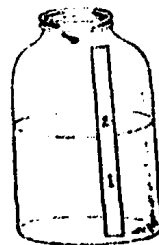
Το κόκκινο φαίνεται στην αρχή, γιατί τα μόρια της κόκκινης χρωστικής είναι αριζτά κοντά μεταξύ τους, ώστε να δίνουν χρώμα στο νερό. Καθώς προσθέτουμε καθαρό νερό, τα μόρια της χρωστικής ουσίας συνεχίζουν να εξυπλώνονται ομοιόμορφα σε όλη την ποσότητα νερού. Τελικά φτάνουν να είναι τόσο μακριά το ένα από το άλλο, ώστε να είναι αόρατα, επειδή είναι πολύ μικρά.

Βάζο μετρήσεων,

Υλικά ένα διαφανές γυάλινο βάζο του ενός λίτρου. Ένα φλιτζάνι – μεζούρα, αδιαφανές σελοτέπ, ένα μολύβι ή στυλό).



Για το πείραμα ανάμειξης ονοπνεύματος με νερό θα χρειαστούν: ένα βάζο μετρήσεων, ένα φλιτζάνι μεζούρα, ένα φλιτζάνι οινόπνευμα, ένα φλιτζάνι. Ρίξε στο βάζο ένα φλιτζάνι νερό και σημείωσε την ένδειξη 1 πάνω στην ταινία. Πρόσθεσε ένα φλιτζάνι ακόμα και σημείωσε την ένδειξη 2. Άδειασε το βάζο. Έτσι έχεις ένα βαθμολογημένο δοχείο δυο φλιτζανιών. Πρόσθεσε τώρα στο βάζο ένα φλιτζάνι νερό και ένα φλιτζάνι οινόπνευμα και ανακάτεψε καλά. Παρατήρησε το ύψος του υγρού μίγματος ονοπνεύματος και νερού. Το επίπεδο του υγρού είναι κάτω από το σημείο των 2 φλιτζανιών. Γιατί τα μόρια του νερού συνδέονται μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο που σχηματίζονται ανάμεσα τους μικρά κενά. Αυτά τα κενά γεμίζουν με οινόπνευμα, με αποτέλεσμα το άθροισμα των όγκων των δυο υγρών να είναι μικρότερο από δυο φλιτζάνια.



Εξέταση εναλλακτικών απόψεων

Πολλοί μαθητές δεν έχουν καταλάβει καλά, ότι η ύλη είναι φτιαγμένη από σωματίδια, που κινούνται συνέχεια και ανάμεσά τους υπάρχει κενός χώρος. Έτσι έχουν λαθεμένες απόψεις για τα σωματίδια. Εξέτασε τώρα μαζί με την ομάδα σου κάποιες από αυτές τις λαθεμένες απόψεις και πες τι λάθος έχουν.

Η ύλη είναι συνεχής και δεν υπάρχει κενό ή χώρος μεταξύ μορίων.

Τα μόρια δεν φτιάχνουν την ύλη αλλά είναι μέσα σ' αυτή, όπως οι σταφίδες στο κέικ.

Τα σωματίδια είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο και δεν υπάρχει κενός χώρος μεταξύ τους.

Μεταξύ των σωματιδίων του αερίου υπάρχουν "σκόνη και άλλα σωματίδια".

Μεταξύ των σωματιδίων του αερίου υπάρχουν "άλλα αέρια, όπως το οξυγόνο και το άζωτο".

Κάτι υπάρχει μεταξύ σωματιδίων π.χ. ατμόσφαιρα, άλλα αέρια ή ατμός νερού.

Τα σωματίδια κινούνται αλλά με την πάροδο του χρόνου σταματάνε.

Ερωτήσεις

Απάντησε τώρα στις εξής ερωτήσεις:

Πώς ονομάζουμε τα μικρότερα σωματίδια, που φτιάχνουν την ύλη;

.....
Τι υπάρχει ανάμεσα στα μόρια;

.....
Ζωγράφισε μια αναπαράσταση μορίων νερού. Με βέλη απεικόνισε την κίνηση των μορίων.

.....
Σχεδίασε τη διάχυση μιας χρωστικής ουσίας στο νερό. Σε ποιο σημείο νομίζεις ότι το σχέδιό σου δεν συμφωνεί με την πραγματικότητα;

Δραστηριότητα 2

Τα στερεά, υγρά και αέρια διαφέρουν στις μακροσκοπικές ιδιότητες αλλά και στην διάταξη και κίνηση των μορίων τους

Από το στερεό στο υγρό και στο αέριο.

Τα υλικά γύρω μας είναι σε θερμοκρασία δωματίου. Όταν περιγράφουμε τα υλικά σαν στερεά, υγρά ή αέρια, συνήθως περιγράφουμε αυτά σε θερμοκρασία δωματίου. Στην πραγματικότητα όλα τα υλικά σώματα μπορεί να είναι στερεά, υγρά και αέρια. Ένα καλό παράδειγμα είναι το νερό. Συνήθως βλέπουμε υγρό νερό. Μια κρύα μέρα το νερό μπορεί να παγώσει και έτσι να έχουμε στερεό νερό, δηλαδή πάγο. Όταν ξεχάσουμε νερό που βράζει σε μια εστία για αρκετή ώρα, το νερό μετατρέπεται σε ατμό και γίνεται αέριο. Τι έχει συμβεί στο νερό για να αλλάξει την κατάσταση του; Μπορούμε να αλλάξουμε το υλικό σε άλλη κατάσταση ζεσταίνοντας ή ψύχοντας αυτό.

Ο πάγος και το υγρό νερό φαίνονται διαφορετικά αλλά είναι ακόμα η ίδια ουσία: ο πάγος μπορεί να αλλάξει σε υγρό νερό και το υγρό νερό μπορεί να αλλάξει σε πάγο. Οι επιστήμονες καλούν αυτούς τους διαφορετικούς τύπους του νερού "καταστάσεις". Η στερεά κατάσταση του νερού είναι ο πάγος. Η υγρή κατάσταση του νερού είναι το υγρό νερό. Το νερό μπορεί να υπάρχει σε τρίτη κατάσταση και καλείται υδρατμός. Το νερό μπορεί να βρεθεί στις τρεις καταστάσεις: πάγος (στερεό νερό), νερό (υγρό νερό), υδρατμός (αέριο νερό). Λιφύ από τη μια κατάσταση μπορούμε να πάμε στην άλλη με θέρμανση ή ψύξη, έχουμε ένα καλό λόγο να πιστέψουμε ότι πρόκειται για την ίδια ουσία.

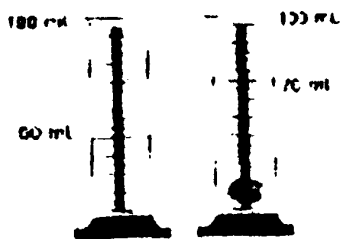
Α. Πείραμα παρατήρησης σχήματος και όγκου στερεών, υγρών

Όγκος και σχήμα των στερεών

Ας πάρουμε ένα στερεό π.χ. μια πέτρα. Αν την μετακινήσουμε, τη βάλουμε μέσα σε υγρό ή της αλλάξουμε θέση η πέτρα διατηρεί το σχήμα της. Αυτό είναι ένα γενικό συμπέρασμα. Τα στερεά έχουν σταθερό σχήμα.

Όμως τα στερεά έχουν συγκεκριμένο όγκο, που δεν αλλάζει επίσης. Όγκος είναι ο χώρος που πιάνει ένα σώμα.

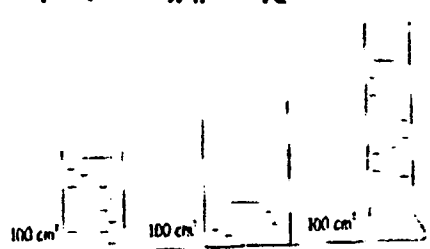
Για να μετρήσεις τον όγκο της πέτρας μπορείς να χρησιμοποιήσεις έναν ογκομετρικό κύλινδρο με νερό. Βάλε στον ογκομετρικό κύλινδρο νερό μέχρι τη μέση περίπου. Διάβασε την υποδιαίρεση της κλίμακας του ογκομετρικού κυλίνδρου εκεί όπου αντιστοιχεί το κάτω μέρος του μηνίσκου (μισοφέγγαρου) που σχηματίζει η στάθμη του νερού. Σημείωσε τον όγκο του νερού σε cm^3 (χιλιοστόλιτρα, ml). Ρίξε την πέτρα στον ογκομετρικό κύλινδρο. Παρατήρησε την άνοδο της στάθμης του νερού. Διάβασε και σημείωσε σε χιλιοστόλιτρα τον όγκο του νερού και της πέτρας μαζί. Υπολόγισε τον όγκο της πέτρας αφαιρώντας από τον συνολικό όγκο νερού και πέτρας, τον όγκο του νερού που είχες βάλει αρχικά.



Τα στερεά έχουν συγκεκριμένο όγκο

Μπορείς να κάνεις το ίδιο πείραμα με πλαστελίνη. Μέτρησε τον όγκο της πλαστελίνης. Άλλαξε το σχήμα και μέτρησε πάλι τον όγκο της πλαστελίνης. Παρατηρούμε ότι η πλαστελίνη έχει τον ίδιο όγκο (αν και το σχήμα έχει αλλάξει).

Όγκος και σχήμα υγρών



Βάζουμε 100 cm^3 (ml) νερό σε ένα γυάλινο ποτήρι. Αδειάζουμε το περιεχόμενο σε ένα φαρδύτερο ποτήρι. Η στάθμη του νερού και στο φαρδύτερο ποτήρι είναι 100 ml . Το ίδιο βάζουμε το νερό έναν ογκομετρικό κύλινδρο. Πάλι η στάθμη φτάνει τα 100 ml .

Τι παρέμεινε ίδιο στο νερό και τι άλλαξε;

Ας παρατηρήσουμε την αλλαγή σχήματος σε ένα παγάκι και υγρό νερό. Το παγάκι έχει συγκεκριμένο σχήμα ενώ όταν λιώσει παίρνει το σχήμα του δοχείου που το περιέχει.

Πρότεινε το μοντέλο σου για να εξηγήσεις την αλλαγή στο σχήμα των υγρών.



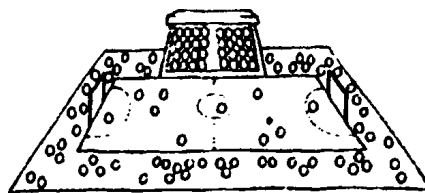
Β. Μοντελοποίηση φαινομένου

Μοντέλο 2.1: Θεατές και παίκτες σε έναν αγώνα

Παρατήρησε την εικόνα, που δείχνει θεατές και παίκτες σε ένα ποδοσφαιρικό αγώνα.

Οι καθήμενοι θεατές παριστάνουν τα στερεά, οι όρθιοι τα υγρά και οι ποδοσφαιριστές παριστάνουν τα αέρια.

Μπορούν να συνωστίζονται περισσότερο οι καθήμενοι θεατές;



Για να συνωστιστούν πρέπει να υπάρχει χώρος. Στα στερεά υπάρχει πολύ λίγος χώρος μεταξύ των σωματιδίων, έτσι τα στερεά δεν συμπιέζονται.

Μπορούν οι όρθιοι θεατές να κινηθούν; Επειδή δεν υπάρχει αρκετός χώρος, κινούνται πολύ λίγο. Έτσι στα υγρά τα σωματίδια κινούνται αλλά λίγο.

Μπορούν οι παίκτες στον αγωνιστικό χώρο να μένουν σε ένα σημείο; Όχι κινούνται σε όλες τις κατευθύνσεις και υπάρχει κενός χώρος

Σε όλα τα μοντέλα παρακάτω τα μόρια στα στερεά παριστάνονται με μεγάλη τάξη και ελάχιστη κίνηση, στα υγρά με λίγη τάξη αλλά κίνηση σαν να γλιστρούν το ένα στο άλλο και στα αέρια με ελεύθερη κίνηση και χωρίς τάξη.

Μοντέλο 2.2: Κινησθητικό μοντέλο

Θα παραστήσουμε με τα κορμιά μας τα στερεά, υγρά και τα αέρια. Η τάξη θα χωριστεί σε τρεις ομάδες. Η μια θα παραστήσει τα στερεά, η άλλη τα υγρά και η άλλη τα αέρια (Οδηγίες στο τέλος της ενότητας).

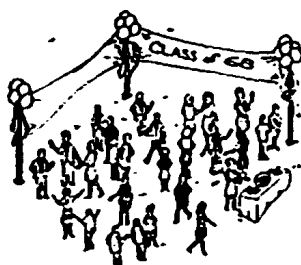
Μοντέλο 2.3.

Στερεά - στρατιώτες



Στα στερεά τα μόρια διατάσσονται όπως οι στρατιώτες με μεγάλη τάξη και με ελάχιστη κίνηση

υγρά- χορευτές



Στα υγρά τα μόρια διατάσσονται με λιγότερη τάξη και μπορούν να κινούνται το ένα δίπλα στο άλλο

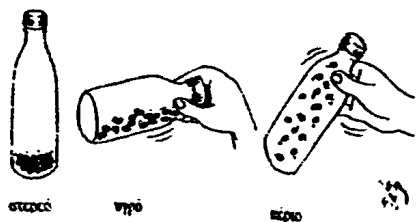
αέριο- παίκτες ποδοσφαίρου



Στα αέρια τα μόρια κινούνται ελεύθερα στο χώρο χωρίς τάξη

Άλλα μοντέλα

Μπιζέλια σε μπουκάλι

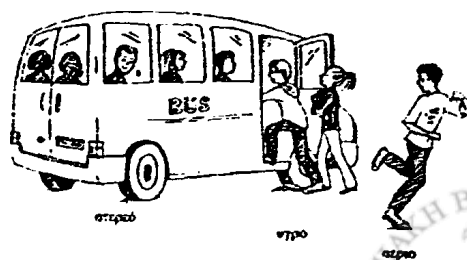


στερεά

υγρό

αέριο

επιβάτες λεωφορείου



στερεά

υγρό

αέριο

Μοντέλο 2.4.

Παρατήρησε την προσομοίωση στον υπολογιστή

Άνοιξε τα αρχεία http://www.harcourtschool.com/activity/states_of_mater/index.html

<http://www.chem.purdue.edu/gchelp/atoms/states.html>

<http://www2.biglobe.ne.jp/~norimari/science/JavaApp/Mole/e-Mole.html>

<http://mutus/ab.cs.uwindsor.ca/schurko/animations/phasescontainers/phasescontainer.html>

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=25>

Πρόσεξε τα βασικά σημεία των προσομοιώσεων.

Τι κάνουν συνεχώς τα σωματίδια – μόρια;

Πώς τα σωματίδια – μόρια σχεδιάζονται στο μοντέλο του υπολογιστή;

Τι είναι απαραίτητο για να υπάρχει κίνηση;

Πώς διατάσσονται στα σωματίδια στα στερεά;

Πώς διατάσσονται στα σωματίδια στα υγρά;

Πώς διατάσσονται στα σωματίδια στα αέρια;

Γ. Αξιολόγηση μοντέλων

Πώς σε βοήθησαν τα μοντέλα αυτά να καταλάβεις τις διαφορές μεταξύ στερεών, υγρών, αερίων;

Ποια χαρακτηριστικά των μορίων σε βοήθησαν τα μοντέλα να “δεις”; Ποια κοινά σημεία είχαν;

Ποια χαρακτηριστικά έχουν τα παραπάνω μοντέλα των στερεών, υγρών και αερίων από το προηγούμενο της διάχυσης;

Δ. Το αποδεκτό μοντέλο

Μετά από όλα αυτά μπορούμε να κάνουμε το δικό μας μοντέλο – θεωρία για τα στερεά, υγρά και αέρια. Το μοντέλο πρέπει να περιέχει πληροφορίες για τη διάταξη, κίνηση και απόσταση των σωματιδίων. Πρέπει να εξηγεί τις παρακάτω ιδιότητες:

Στα στερεά το σχήμα και ο όγκος είναι σταθερός.

Στα υγρά το σχήμα αλλάζει και ο όγκος μένει σταθερός.

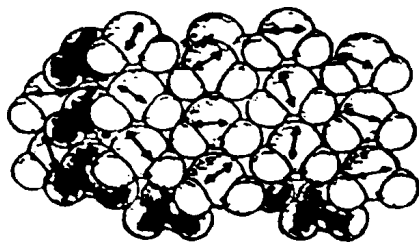
Στα αέρια το σχήμα και ο όγκος αλλάζουν.

Με παρόμοιο τρόπο και οι επιστήμονες κάνουν τις θεωρίες. Αλλά οι θεωρίες έχουν ξεκινήσει από ιδέες σαν τις δικές μας και για πολλά χρόνια οι επιστήμονες δοκίμαζαν αυτές τις ιδέες με διάφορα πειράματα. Δεν γίνονται μαγικά από τη μια στιγμή στην άλλη. Η φύση συμπεριφέρεται σαν ένα μαύρο κουτί και εμείς προσπαθούμε από τα στοιχεία που μας δίνει να φτιάχνουμε μοντέλα – θεωρίες για να εξηγήσουμε τη συμπεριφορά της.

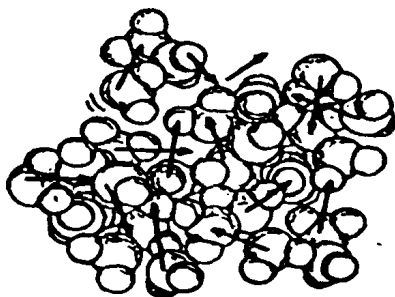
Στο αποδεκτό μας μοντέλο - θεωρία τα σωματίδια θα απεικονίζονται με κυκλάκια. Τα σωματίδια δεν μεταβάλλονται σε σχήμα και μέγεθος στις αλλαγές που θα μελετήσουμε. Αν άλλαζαν θα είχαμε άλλη ουσία.



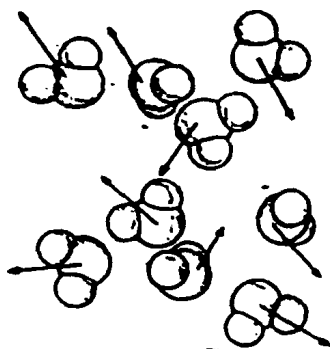
Παρακάτω παριστάνονται τα μόρια του νερού στον πάγο, στο υγρό νερό και στον ατμό.



Στερεό νερό - Πάγος: τα μόρια νερού βρίσκονται σε ορισμένη θέση και δονούνται γύρω από αυτή



Υγρό νερό: τα μόρια νερού γλιστρούν και τινάζονται μακριά το ένα από το άλλο



Αέριο νερό - Υδρατμός: Τα μόρια νερού κινούνται ελεύθερα στο χώρο

Σχήμα 2.1.: Παράσταση μορίων του νερού στον πάγο, στο υγρό νερό και στον ατμό

Σωματίδια και καταστάσεις της ύλης

Περιγράψε γράφοντας και ζωγραφίζοντας την διάταξη, την απόσταση και τη κίνηση των σωματιδίων στα στερεά, υγρά αέρια.

Καταστάσεις	Σχετική θέση	περιγραφή
Στερεό (πάγος)		
Υγρό (νερό)		
Αέριο (ατμός νερού)		



Ε. Ερμηνεία ιδιοτήτων των υλικών στερεών, υγρών, αερίων

Θα χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο μας για να εξηγήσουμε τις ιδιότητες των στερεών και υγρών που προαναφέραμε.

Τα στερεά έχουν συγκεκριμένο όγκο και σχήμα.

Τα υγρά έχουν συγκεκριμένο όγκο και παίρνουν το σχήμα του δοχείου που τα περιέχει.

Για να εξηγήσουμε τις διαφορές των καταστάσεων της ύλης υποθέτουμε ότι στα στερεά τα μόρια είναι κοντά μεταξύ τους, συνδεδεμένα με τρόπο άκαμπτο και έτσι δεν κινούνται μακριά το ένα από το άλλο αλλά δονούνται και μένουν στην ίδια θέση. Αλλά και στα στερεά τα μόρια κινούνται και ποτέ δεν σταματούν.

Στα υγρά τα μόρια κινούνται γρηγορότερα. Είναι ακόμη κοντά μεταξύ τους αλλά δεν είναι πολύ γερά συνδεδεμένα, όπως τα στερεά. Τα μόρια νερού στο υγρό νερό σταθερά γλιστρούν το ένα πέρα από το άλλο και χτυπούν τυχαία μεταξύ τους. Συνεχίζουν να κινούνται από το ένα μέρος στο άλλο.

Στα αέρια τα μόρια είναι μακριά το ένα από το άλλο και κινούνται ελεύθερα, ενώ μεταξύ τους υπάρχει πολύς κενός χώρος. Κινούνται γρήγορα μέσω του κενού χώρου, χτυπώντας και αναπηδώντας το ένα στο άλλο.

Συνοψίζοντας το νερό μπορεί να βρεθεί στις τρεις καταστάσεις οι οποίες δεν διαφέρουν στα μόρια του νερού αλλά στην διάταξη και κίνηση των μορίων. Βέβαια το νερό είναι μόνο μια από τις πολλές ουσίες που υπάρχουν στη φύση. Κάθε ουσία αποτελείται από μόρια τα οποία διαφέρουν από τα μόρια των άλλων ουσιών.

Εξέτασε τις εναλλακτικές απόψεις

Εξέτασε με την ομάδα σου τις παρακάτω προτάσεις και πες που έχουν λάθος:

- Τα μόρια αερίου είναι διευθετημένα σε τάξη παρά σε αταξία
- Κάτι αόρατο συνδέει τα μόρια
- Μεταξύ των σωματιδίων του αερίου υπάρχουν "σκόνη και άλλα σωματίδια".
- Μεταξύ των σωματιδίων του αερίου υπάρχουν "άλλα αέρια, όπως το οξυγόνο και το άζωτο"
- Μεταξύ των σωματιδίων του αερίου υπάρχει "αέρας".
- Υπάρχει σημαντικός χώρος μεταξύ μορίων σε ένα υγρό.

Ερωτήσεις

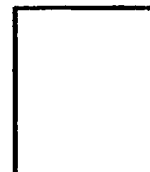
1. Ζωγράφισε τα σωματίδια σε ένα στερεό. Χρησιμοποίησε 12 μόρια.

Τα σωματίδια να τα παραστήσεις με κυκλάκια.

Τα σωματίδια στο στερεό είναι όλα σε σταθερές θέσεις.

Όλα ακουμπούν μεταξύ τους.

Κάνουν ένα πραγματικά κανονικό σχήμα.

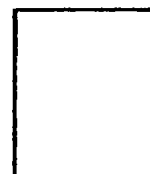


Ζωγράφισε τα σωματίδια σε ένα υγρό. Χρησιμοποίησε 12 κυκλάκια.

Τα σωματίδια να τα παραστήσεις με όμοια κυκλάκια.

Τα σωματίδια στο υγρό συνωστίζονται - στριμώχνονται όπως οι άνθρωποι σε πολυκοσμία.

Βρίσκονται σε τυχαία ανακάτεμα χωρίς μορφή



Ζωγράφισε τα σωματίδια σε ένα αέριο. Χρησιμοποίησε 12 σωματίδια. Το αέριο γεμίζει το δοχείο.

Τα σωματίδια να τα παραστήσεις με όμοια κυκλάκια.

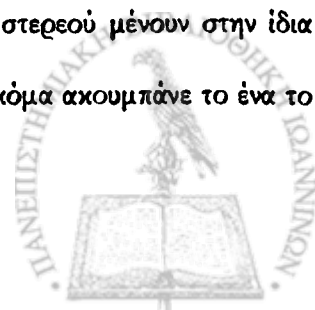
Τα σωματίδια σε ένα αέριο είναι σε απόσταση μεταξύ τους και δεν ακουμπούν το ένα το άλλο.



2. Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις των παρενθέσεων:

Έναέχει καθορισμένο σχήμα. Αυτό γιατί όλα τα σωματίδια του στερεού μένουν στην ίδια, αλλά μπορούν να

Τα σωματίδια σε ένα υγρό βρίσκονται σεσχηματισμό, αλλά ακόμα ακουμπάνε το ένα το άλλο.



Η τρίτη κατάσταση της ύλης είναι η Σε αυτή την κατάσταση τα είναι χωριστά το ένα από το άλλο και κινούνται συνεχώς.
(αέρια, δονούνται, σωματίδια, θέση, τυχαίο, στερεό)

3.α Αντιστοιχίστε:

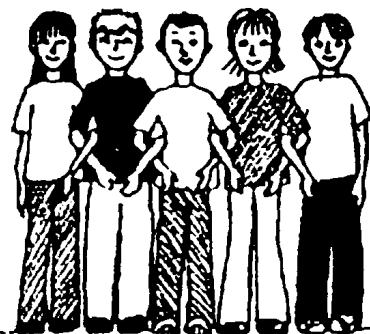
- Τα σωματίδια σε ένα στερεό ποτέ δεν είναι ακίνητα αλλά
- Σε ένα στερεό και ένα υγρό τα σωματίδια
- Σε ένα αέριο
- κυρίως ακουμπούν το ένα το άλλο.
- τα σωματίδια κινούνται χωριστά
- δονούνται αλλά μένουν στην ίδια θέση.

β. Να αντιστοιχίσεις τους όρους της πρώτης στήλης με μια ή περισσότερες προτάσεις της δεύτερης στήλης:

- Αέριο
- υγρό
- στερεό
- Τα μόρια βρίσκονται το ένα κοντά στο άλλο
- Τα μόρια βρίσκονται το ένα μακριά στο άλλο
- Τα μόρια διατηρούν τη θέση τους κάνοντας μια “τρεμουλιαστή” κίνηση που τη λέμε δόνηση
- Τα μόρια γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο
- Τα μόρια κινούνται ελεύθερα με μεγάλες ταχύτητες

Παριστάνουμε τα στερεά

Η ομάδα σας θα δραματοποιήσει ένα μέρος ενός στερεού σε σταθερή θερμοκρασία. Φανταστείτε ότι ο καθένας σας είναι ένα από τα σωματίδια του στερεού. Κάθε ένας από την ομάδα σας πρέπει να πιάσει μια συγκεκριμένη θέση με τα πόδια του να μένουν στο ίδιο μέρος. Όλοι σας πρέπει να κάθεστε πολύ κοντά και να ακουμπάτε συνεχώς. Πρέπει να έχετε τα μπράτσα μπλεγμένα για να δείξετε ότι τα σωματίδια συνδέονται με δεσμούς μεταξύ τους. Αλλά δεν πρέπει ποτέ να είστε ακίνητοι. Κινείστε αριστερά-δεξιά, λυγίστε τα γόνατα λίγο και ισιώστε τα



πάλι, πίσω και μπρος, με μια ελαφριά κίνηση που λέγεται δόνηση. Θα λέμε έτσι ότι τα σωματίδια του στερεού δεν είναι ακίνητα αλλά δονούνται ελαφρά. Πάντα όμως τα πόδια σας είναι σε συγκεκριμένη θέση. Θυμηθείτε να παραμείνετε στην ίδια θέση έτσι που το στερεό που παριστάνετε να έχει πάντα το ίδιο σχήμα και φυσικά τον ίδιο όγκο. Θα σας βοηθήσει, αν μπειτε σε κανονικές γραμμές και σειρές όπως οι φαντάροι στην παρέλαση. Έτσι θα έχετε μεγάλη τάξη.

Έχετε 5 λεπτά να εξασκηθείτε και να κάνετε την παράστασή σας σωστά.

Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία των στερεών, όπως παρουσιάζονται στα μοντέλα;
Πώς διατάσσονται τα σωματίδια στα στερεά.

.....
Αλλάζουν θέσεις;

.....
Κινούνται;

.....
Πώς κινούνται;

.....
Τι μπορείς να πεις για το σχήμα και τον όγκο- χώρο στα στερεά.
.....

Παριστάνουμε τα υγρά

Η ομάδα σας θα δραματοποιήσει ένα σταγόνα υγρό σε σταθερή θερμοκρασία. Ο καθένας από σας θα παραστήσει ότι είναι ένα σωματίδιο υγρού. Όλοι σας πρέπει να είστε σε επαφή όλη την ώρα αλλά συνεχώς να κινείστε και να αλλάζετε τις θέσεις σας. Μπορείτε να σκύβετε κάτω από τα μπράτσα των άλλων, να σπρώχνετε. Όλη την ώρα να φέρεστε σαν να είστε ένα κυλιόμενο κινούμενο σωματίδιο. Χρησιμοποιείστε



τα μπράτσα σας για να παραμένετε σε επαφή, γλιστρώντας ανάμεσα από τα μπράτσα των άλλων. Φροντίστε η κίνησή σας να μοιάζει με αυτή που κάνει ζευγάρι χορευτών, που απαλά γλιστρά ανάμεσα από άλλα ζευγάρια χορευτών που κάνουν το ίδιο.

Πρέπει όλη την ώρα να παραμένετε σε επαφή, έτσι που η σταγόνα του υγρού που παριστάνετε όλοι σας, να έχει πάντα ίδιο όγκο, δηλαδή να πιάνει πάντα ίδιο χώρο αλλά το σχήμα συνεχώς να αλλάζει.

Έχετε 5 λεπτά να εξασκηθείτε και να κάνετε την παράστασή σας σωστά.

Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία των υγρών όπως παρουσιάζονται στα μοντέλα;

Πώς διατάσσονται τα σωματίδια στα υγρά;

.....
Αλλάζουν θέσεις;

.....
Κινούνται; Πώς κινούνται;

.....
Τι μπορείς να πεις για το σχήμα και τον όγκο στα υγρά;.....

Παριστάνουμε τα αέρια

Η ομάδα σας πρόκειται να παραστήσει ένα δοχείο που περιέχει αέριο σε σταθερή θερμοκρασία. Το δοχείο είναι απαραίτητο γιατί το αέριο σκορπίζει στο 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 ένα από τον άλλον και να κινείστε σταθερά σε ευθεία γραμμή (σαν ποδοσφαιριστής). Συνεχίζετε την κίνησή σας μέχρι να χτυπήσετε στα τοιχώματα του δοχείου ή να χτυπήσετε με ένα άλλο σωματίδιο αερίου (Προσοχή δεν θέλουμε να τραυματιστεί κανένα σωματίδιο αερίου). Όταν χτυπάτε στα τοιχώματα του δοχείου, σπρώχνετε το δοχείο από τη μια πλευρά και ασκείτε δύναμη. Αυτές οι δυνάμεις μαζί είναι υπεύθυνες για την πίεση στα τοιχώματα του δοχείου. Έτσι μόλις θα χτυπάτε τα τοιχώματα, φωνάζετε δυνατά "πίεση αερίου". Τα σωματίδια του αερίου σκορπίζουν και καταλαμβάνουν όλο το χώρο του δοχείου. Κινούνται όλη την ώρα αλλά αλλάζουν διεύθυνση κίνησης, όταν συγκρούονται με τα τοιχώματα του δοχείου. Βέβαια δεν μπορείτε να κινηθείτε και προς τα πάνω, ενώ τα σωματίδια κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις. Θυμηθείτε, όταν συγκρούεστε με τα τοιχώματα του δοχείου να αλλάζετε κατεύθυνση κίνησης.

Αρχίστε αργά, περπατώντας με βήματα σαν πουλάκι. Έχετε 5 λεπτά να εξασκηθείτε και να κάνετε την παράστασή σας σωστά.

Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία των αερίων, όπως παρουσιάζονται στα μοντέλα;

.....
Πώς διατάσσονται τα σωματίδια στα αέρια;

.....
Αλλάζουν θέσεις;

.....
Κινούνται; Πώς κινούνται;

.....
Αν δεν υπήρχε το δοχείο, τι θα συνέβαινε με τα σωματίδια αερίου;

.....
Αποτίμηση του μοντέλου που παριστάνει τα στερεά, υγρά και αέρια.

.....
Με ποιους τρόπους σε βοήθησε το μοντέλο να καταλάβεις τα σωματίδια;

.....
Με ποιους τρόπους το μοντέλο δεν είναι καλό στην κατανόησή σου;



Δραστηριότητα 3

Τα σωματίδια των ουσιών συνεχώς κινούνται και ανακατεύονται χωρίς να μεταβάλλονται
Τα μόρια συνδέονται μεταξύ τους
Τα σωματίδια των ουσιών αλληλεπιδρούν

Διαλύματα και μίγματα

Τα αντικείμενα που βλέπουμε γύρω μας είναι κατασκευασμένα από διάφορα υλικά. Ορισμένα από τα υλικά αυτά είναι καθαρές ουσίες (το οξυγόνο, το οινόπνευμα, ο χαλκός, το διοξείδιο του άνθρακα, ο υδράργυρος, η αμμωνία, το αλάτι, η ζάχαρη) πολλά όμως υλικά γύρω μας είναι μίγματα. Τέτοια είναι το αλατόνερο, το λαδόξιδο, ο χυμός πορτοκαλιού, η σαπουνάδα, το χύμα, ο μπρούτζος.

Η καθαρή ουσία και το μίγμα έχουν σημαντικές διαφορές.

Ξέρουμε ότι το νερό, που είναι καθαρή ουσία, βράζει στους 100 βαθμούς. Αν όμως φτιάξουμε αλατόνερο, το μίγμα αυτό δεν βράζει στους 100 βαθμούς. Η θερμοκρασία βρασμού του αλατόνερου θα μεταβάλλεται, αν ριξουμε στο διάλυμα περισσότερο ή λιγότερο αλάτι.

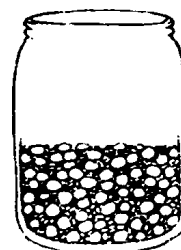
Άλλη μια διαφορά μίγματος και καθαρής ουσίας είναι ότι τα συστατικά του μίγματος μπορούμε να τα διαχωρίσουμε εύκολα. Παράδειγμα, το αλατόνερο μπορεί να διαχωριστεί σε αλάτι και νερό, αν βράσουμε το αλατόνερο και το νερό εξατμιστεί. Όμως το νερό (ή το αλάτι), που είναι καθαρές ουσίες, δεν μπορούμε να τα ξεχωρίσουμε σε άλλες πιο απλές ουσίες με εύκολους τρόπους.

Τα μίγματα αποτελούνται από δύο ή περισσότερες καθαρές ουσίες. Οι ουσίες αυτές είναι τα συστατικά του μίγματος. Το μίγμα έχει ιδιότητες που έχουν και τα συστατικά του. Έτσι όταν κάνουμε το μίγμα αλατόνερο αυτό θα είναι αλμυρό, όπως αλμυρό είναι το αλάτι.

Ένα συγκεκριμένο μοντέλο για τα μίγματα

Ανακατεύοντας χάντρες ή στραγάλια και ρυζι ή πέτρες με άμμο έχουμε το μοντέλο της ανάμιξης δυο διαφορετικών ουσιών, που τα μόριά τους ανακατεύονται. Το μοντέλο αυτό δεν μπορεί να εξηγήσει γιατί κάποιες ουσίες δεν αναμειγνύονται, όπως νερό και λάδι.

Μια πολύ ενδιαφέρουσα κατηγορία μιγμάτων είναι τα διαλύματα. Αυτά φαίνονται ομογενή, σαν να αποτελούνται από την ίδια ουσία. Πράγματι το αλατόνερο που είναι διάλυμα αλατιού σε νερό φαίνεται να αποτελείται από μια ουσία. Δεν είναι όμως έτσι.

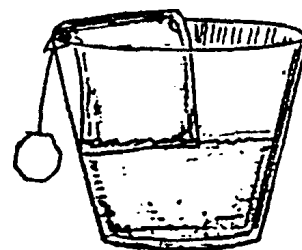


Α. Πείραμα διάλυσης: πού πήγε η ζάχαρη;

Θα διαλύσουμε ζάχαρη σε νερό. Η ζάχαρη είναι μια ουσία, που θα λέμε ότι είναι η διαλυμένη ουσία, ενώ το νερό είναι η ουσία που θα λέμε ότι είναι ο διαλύτης.

Παρατηρούμε προσεχτικά ένα σακουλάκι τσάι ή χαρτί καφέ και κάποιους κόκκους ζάχαρη με ένα μεγεθυντικό φακό. Βλέπουμε ότι το σακουλάκι έχει τρύπες πολύ μικρές και δεν μπορεί να περάσει μέσα τους ένας κόκκος ζάχαρη; (αν δεν είσαι σίγουρος, βάλε λίγη ζάχαρη στο σακουλάκι, κούνησε το για να αναταχτεί και δεξ αν βγαίνει η ζάχαρη από τις τρύπες).

Βάλε μισό κουτάλι ζάχαρη στο σακουλάκι και στρέωσε το στο χείλος ενός ποτηριού. Πρόσθεσε αρκετό νερό για να φτάσει στο κάτω μέρος της σακούλας. Δοκίμασε το νερό. Τι γεύση έχει; Μπορείς να δεις πια τη ζάχαρη; Πού έχει πάει;



.....
Τι νομίζεις ότι έχει συμβεί;

.....
Σκέφτεσαι πώς μπορεί να διαλύεται η ζάχαρη και να διασκορπίζεται στο νερό; Με ποιον τρόπο η ζάχαρη βγήκε από το σακουλάκι;

.....
Αν αφήσουμε όλη τη νύχτα το ποτήρι να σταθεί, η ζάχαρη θα σηκωθεί στο πάνω μέρος, θα κατακάσει ή θα σκορπίσει σε όλο το νερό;

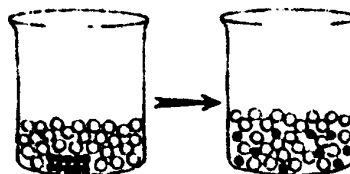


Αλλά ότι δεν μπορούμε να δούμε τη ζάχαρη δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχει. Το νερό είναι γλυκό έτσι πρέπει να είναι ακόμη μέσα στο νερό.

Πρότεινε ένα δικό σου μοντέλο για να εξηγήσεις την διάλυση.

Β. Μοντελοποίηση

Μοντέλο 3.1. Συγκεκριμένο μοντέλο



Μοντέλο 3.2.

Μοντέλα προσομοίωσης διάλυσης

Άνοιξε τα αρχεία

207.10.97.102/chemzone/lessons/03bonding/dissociate.htm

http://www.8ballmediadesing.com/animation_low.html

<http://www.nrthland.cc.mn.us/biology/biology1111/animations/dissolve.html>

http://www.mpcfaculty.net/mark_bishop/nacl_dissolves.htm

Παρατήρησε τα σωματίδια του αλατιού και του νερού

Τι συμβαίνει στο αλάτι όταν το προσθέσουμε στο νερό;

Πώς σχεδιάζονται τα σωματίδια αλατιού και νερού στο μοντέλο αυτό;

Μοντέλο 3.3.

Βιωματικό

Τα μόρια νερού μοιάζουν με τα μυρμηγκάκια που πάνε να πάρουν τους σπόρους (μόρια ζάχαρης) και τα σκορπίζουν γύρω τους.

Γ. Αξιολόγησε τα μοντέλα σου

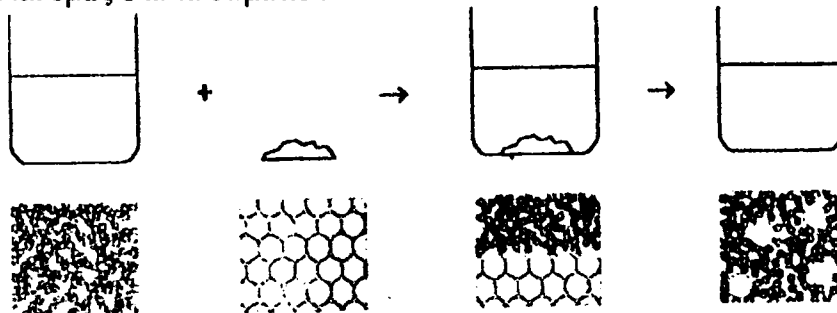
Πώς το μοντέλο μας βοήθησε να καταλάβουμε τη διάλυση μιας ουσίας σε μια άλλη;

Τι συμβαίνει με την κίνηση των σωματιδίων μετά από πολύ ώρα;

Δ. Αποδεκτό μοντέλο

Όταν η ζάχαρη διαλύθηκε στο νερό, τα μόρια του νερού χτυπούν στο στερεό, σπάζοντας το στερεό σε αόρατα μικρά σωματίδια, που τα είπαμε μόρια. Αυτά τα μόρια σκορπίζουν παντού στο υγρό.

Το διάγραμμα παρακάτω παρουσιάζει τα σωματίδια σε διαφορετικά στάδια, όταν η ζάχαρη διαλύεται στο νερό. Δεν δείχνονται όμως όλα τα σωματίδια.



Ε. Ερμηνεία διάλυσης

Πώς όμως βρήκε η ζάχαρη από το σακουλάκι τσάι; Πρέπει να σκεφτούμε εδώ ότι τα πολύ μικρά σωματίδια ζάχαρη περνούν από τις τρύπες του σακουλιού. Καθώς τα μόρια του νερού μπαίνουν στο σακουλάκι, χτυπάνε τους κόκκους ζάχαρη και γίνονται πολύ μικρά σωματίδια, τα μόρια που σκορπίζουν παντού. Οι κυματιστές γραμμές που βλέπουμε κάτω από το σακουλάκι είναι τρισεκατομμύρια μόρια ζάχαρης που ρέουν από τη ζάχαρη στο νερό και σκορπίζουν. Τα νήματα αυτά εξαφανίζονται, όταν τα μόρια σκορπίσουν παντού.

Εξέταση εναλλακτικών απόψεων

Όταν προσθέσουμε αλάτι στο νερό το αλάτι λιώνει, δηλαδή από στερεό γίνεται υγρό και γίνεται ένα με το νερό.

Όταν η ζάχαρη διαλύεται στο νερό, μετατρέπεται σε άλλη ουσία.

Η ζάχαρη εξαφανίζεται, όταν διαλύεται.

Ερωτήσεις

1. Συνόψισε τα πιο ενδιαφέροντα σημεία που έμαθες στην ενότητα της διάλυσης. Χρησιμοποίησε ουσίες και μόρια.

2. Κατά την διάλυση αλατιού στο νερό, τι έχει συμβεί στο αλάτι;

Έχει εξαφανιστεί;

Έχει λιώσει;

Έχει διασπαστεί σε πολύ μικρά σωματίδια;

Τι νομίζεις;

Στην παρακάτω δραστηριότητα θα προσπαθήσουμε να δούμε, τι διαφορά υπάρχει στα σωματίδια, όταν μια ουσία θερμανθεί.



Δραστηριότητα 4

Προσθέτοντας θερμότητα σε μια ουσία, μεγαλώνει η απόσταση των σωματιδίων και τα σωματίδια κινούνται γρηγορότερα. Σαν αποτέλεσμα η ουσία διαστέλλεται. Τα σωματίδια όμως της ουσίας παραμένουν αμετάβλητα.

Υπάρχει διαφορά μεταξύ της απόστασης των σωματιδίων του νερού, όταν ένα σώμα π.χ. το υγρό έχει περισσότερη ή λιγότερη θερμική ενέργεια;

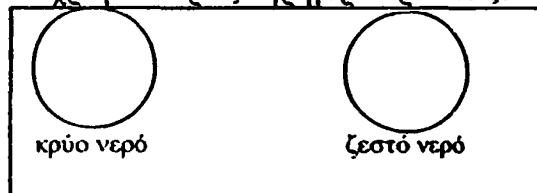
A. Πείραμα: η επίδραση της θερμοκρασίας

Εκτελούμε το παρακάτω πείραμα:

Τοποθετούμε δυο πιατάκια σε μια σταθερή επιφάνεια και φροντίζουμε να μην ταραζέται η πειραματική διάταξη. Βάζουμε κρύο νερό στο ένα πιάτο και ίσο ποσό ζεστού νερού στο δεύτερο πιάτο. Περιμένουμε 30 δευτερόλεπτα να ηρεμήσει το νερό. Ρίχνουμε μια στερεή χρωστική ουσία που διαλύεται (π.χ. στερεό υπερμαγγανικό κάλιο) στο κέντρο του κάθε πιάτου και παρατήρησε πώς σκορπίζει η ουσία στο κρύο και στο ζεστό νερό. Τι διαφορετικό περιμένεις να συμβεί και γιατί;

Τι παρατηρείς;

Το χρώμα σκορπίζει γρηγορότερα στο ζεστό ή στο κρύο νερό;



Μετά από ένα λεπτό κάνουμε ένα σχεδιάγραμμα του τι συνέβη και καταγράφουμε τις παρατηρήσεις μας. Καταγράφουμε για τέσσερα λεπτά την απόσταση στην οποία θα φτάσουν τα σωματίδια της χρωματισμένης ουσίας. Προσοχή μη μετακινήθει."

	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	4 ^ο
Ζεστό νερό				
Κρύο νερό				

Τι νομίζεις ότι συμβαίνει στα σωματίδια, όταν θερμανθεί η ουσία;

Επινόησε με την ομάδα σου ένα μοντέλο για να εξηγήσεις τι συμβαίνει

B. Η Μοντελοποίηση

Μοντέλο 4.1.

Προσομοίωση θέρμανσης σε H/Y

Άνοιξε τα αρχεία <http://www.sci.sdsu.edu/mathtutor/kinetics1.html>

<http://www.learn.co.uk/default.asp?wci=unit&wcu=3754>

Lectureonlinecl.msu.edu/~mmp/kap10/cd283.htm

<http://mc2.cchem.berkeley.edu/Java/molecules/>

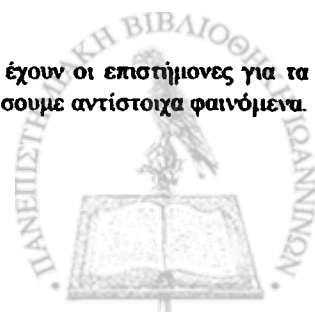
Αύξησε και ελάττωσε τη θερμοκρασία.

Παρατήρησε στην προσομοίωση τι συμβαίνει στα σωματίδια όταν θερμανθεί η ουσία³

Τι συμβαίνει στην απόσταση σωματιδίων, όταν αυξηθεί η θερμοκρασία ή μειωθεί η θερμοκρασία;

Τι αλλάζει στην κίνηση των σωματιδίων, όταν αυξηθεί η θερμοκρασία ή μειωθεί η θερμοκρασία;

³ Μην ξεχνάς ότι η προσομοίωση είναι μια επινόηση που έχει βασιστεί στις ιδέες που έχουν οι επιστήμονες για τα σωματίδια και μας βοηθά να καταλάβουμε τη συμπεριφορά των σωματιδίων και να εξηγήσουμε αντίστοιχα φαινόμενα. Δεν είναι το μοντέλο η πραγματικότητα.



Τι παθαίνει το μέγεθος σωματιδίων;

Όταν η ουσία θερμανθεί τι παθαίνουν τα σωματίδια; Ζεσταίνονται ή παραμένουν αμετάβλητα;

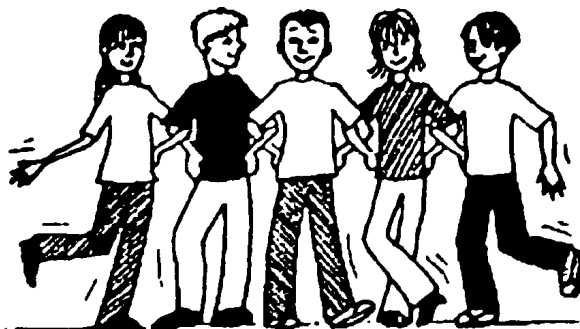
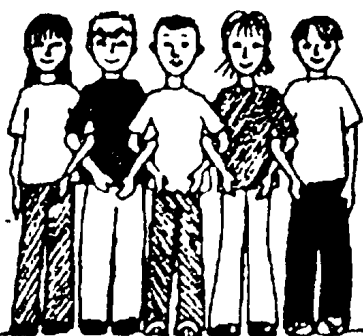
Όταν η ουσία ψυχθεί, τι παθαίνουν τα σωματίδια; Κρυώνουν ή παραμένουν αμετάβλητα;

Ποιο είναι το πιο σημαντικό σημείο σε αυτό το μοντέλο;

Τι έμαθες από το μοντέλο; Τι παραπάνω έχει από τα προηγούμενα;

Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι τα σωματίδια κινούνται γρηγορότερα, όταν θερμανθούν δηλαδή όταν τους προσφερθεί θερμική ενέργεια. Έτσι η θερμοκρασία εκφράζει τη κινητική ενέργεια των σωματιδίων, όπως δείχνει το παρακάτω μοντέλο

Μοντέλο 4.2.: Θερμαίνοντας τα στερεά, υγρά και αέρια
Ζεστότερα στερεά- η μουσική είναι η αύξηση της θερμοκρασίας



Η ομάδα σας έχει παραστήσει ένα μέρος ενός στερεού. Τώρα θα παραστήσετε τη συμπεριφορά του στερεού, αν αυξηθεί η θερμοκρασία του.

Ζεσταίνοντας τα υγρά

Η ομάδα σας έχει δραματοποιήσει μια σταγόνα νερού. Τώρα θα δραματοποιήσετε μια σταγόνα υγρό, όταν θερμανθεί.

Θερμαίνοντας τα αέρια. Η επίδραση στην πίεση των αερίων

Η ομάδα σας έχει παραστήσει ένα αέριο που περιέχεται σε ένα δοχείο, σε κάποια θερμοκρασία. Τώρα θα παραστήσετε τη συμπεριφορά ενός αερίου, όταν αυξηθεί η θερμοκρασία.

Γ. Αξιολόγηση των μοντέλων

Τι θέλαμε να δούμε με αυτά τα μοντέλα; Γιατί το χρησιμοποιήσαμε;

Ποια είναι τα πιο σημαντικά σημεία σε αυτά τα μοντέλα;

Τι έμαθες από τα μοντέλα αυτά;

Τι παραπάνω έχουν από τα προηγούμενα;

Τι παθαίνουν τα σωματίδια – μόρια, όταν αυξάνει η θερμοκρασία;

Δ. Αποδεκτό μοντέλο

Οι παρατηρήσεις και τα μοντέλα μας κάνουν να σκεφτούμε ότι στις ζεστές ουσίες τα μόρια κινούνται γρηγορότερα, ενώ στις κρύες ουσίες τα μόρια κινούνται αργά.

Οι λέξεις κρύο ή ζεστό περιγράφουν πόσο γρήγορα ή αργά τα μόρια μιας ουσίας κινούνται.

Ζεσταίνοντας μια ουσία, τα μόριά της κινούνται γρηγορότερα.

Στο ζεστό στερεό, τα μόρια δονούνται γρηγορότερα γύρω από τις θέσεις τους.

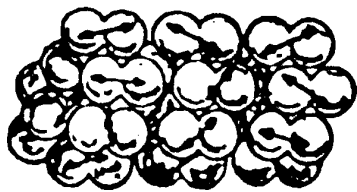
Στο ζεστό υγρό τα μόρια κινούνται γρηγορότερα καθώς γλιστρούν και χτυπούν το ένα το άλλο. Στα αέρια τα μόρια κινούνται παντού γύρω.

Αντίθετα κρυώνοντας μια ουσία τα μόριά της κινούνται αργότερα.

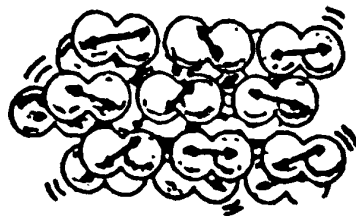
Στα κρύα στερεά, τα μόρια δονούνται πιο αργά στις θέσεις τους.

Στα κρύα υγρά τα μόρια κινούνται πιο αργά καθώς γλιστρούν και συγκρούονται μεταξύ τους. Στα κρύα αέρια τα μόρια κινούνται πιο αργά.

Εικόνα 4.1.: Παράσταση της κίνησης και διάταξης σωματιδίων σε κρύα και ζεστά στερεά, υγρά και αέρια.



1. κρύα στερεά: τα μόρια δονούνται αργά γύρω από ορισμένη θέση



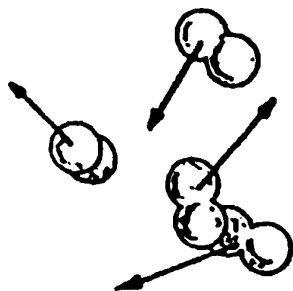
2. ζεστά στερεά: τα μόρια δονούνται γρηγορότερα γύρω από ορισμένη θέση



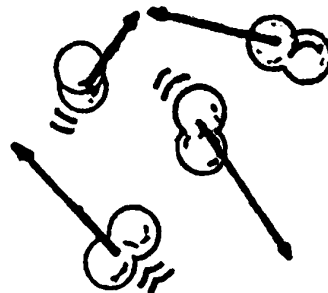
3. κρύα υγρά: τα μόρια γλιστρούν και πνάζονται μακριά το ένα από το άλλο



4. ζεστά υγρά: τα μόρια κινούνται γρηγορότερα καθώς γλιστρούν και πνάζονται μακριά το ένα από το άλλο.



5. κρύα αέρια: τα μόρια κινούνται σχετικά αργά μακριά το ένα από το άλλο.



6. ζεστά αέρια: τα μόρια κινούνται γρηγορότερα και μακριά το ένα από το άλλο.

Σκίτσα αποδεκτού μοντέλου

Ζωγράφισε τα σωματίδια σε ένα στερεό πριν και μετά την θέρμανση. Γέμισε τα κουτιά.

Τα σωματίδια να τα παραστήσεις με όμοια κυκλάκια.

Τα σωματίδια στο στερεό είναι όλα σε σταθερές θέσεις.

Όλα ακουμπούν μεταξύ τους.

Κάνουν ένα πραγματικά κανονικό σχήμα.

Τα σωματίδια κινούνται συνεχώς γύρω από την θέση τους.



Ζωγράφισε τα σωματίδια σε ένα υγρό πριν και μετά την θέρμανση. Γέμισε τα κουτιά.

Τα σωματίδια να τα παραστήσεις με όμοια κυκλάκια.

Τα σωματίδια στο υγρό συνωστίζονται -στριμώνονται όπως οι άνθρωποι σε πολυκοσμία.

Βρίσκονται σε τυχαίο ανακάτεμα χωρίς μορφή.



Ζωγράφισε τα σωματίδια σε ένα αέριο πριν και μετά την θέρμανση. Το αέριο γεμίζει το δοχείο.

Τα σωματίδια να τα παραστήσεις με όμοια κυκλάκια.

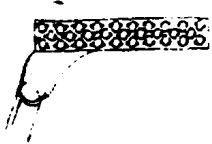
Τα σωματίδια σε ένα αέριο είναι σε απόσταση μεταξύ τους και δεν ακουμπούν το ένα το άλλο. Η θέρμανση αυξάνει την κίνηση.

Τα αέρια δεν έχουν συγκεκριμένο όγκο και σχήμα και γεμίζουν το δοχείο που τα περιέχει.



πρινμετά

Ε. Ερμηνεία θερμικής διαστολής στα στερεά



Θερμαίνοντας ένα στερεό, τα μόρια του στερεού δονούνται γρηγορότερα και απομακρύνονται μεταξύ τους λίγο πιο πολύ. Το στερεό μεγαλώνει λίγο δηλαδή διαστέλλεται. Έτσι δεν περνάει από το μεταλλικό δαχτυλίδι. Το μεταλλικό δαχτυλίδι δεν είναι το μόνο στερεό, που διαστέλλεται, όταν θερμανθεί. Όλα τα στερεά διαστέλλονται, όταν θερμαίνονται (εκτός αν η θέρμανση κάνει μερικά μόρια να διασπαστούν). Το τσιμέντο, τα τούβλα, οι πέτρες, το γυαλί, τα μεταλλικά αντικείμενα διαστέλλονται, όταν θερμανθούν.

Αντίθετα, όταν το στερεό ψυχθεί, τα μόρια δονούνται λιγότερο, έρχονται πιο κοντά και το στερεό συστέλλεται.

Εξέταση εναλλακτικών ιδεών

Ας εξετάσουμε τώρα κάποιες ιδέες, που έχουν αποδειχθεί ότι είναι λάθος γιατί δεν συμφωνούν με τις αποδείξεις που μας δίνει η φύση. Τέτοιες λάθος ιδέες είχαν και οι επιστήμονες που ασχολούνταν με τα θέματα αυτά, στη συνέχεια όμως αναγκάστηκαν να τις αλλάξουν, γιατί δεν εξηγούσαν τα φαινόμενα.

Όταν ζεστάνουμε νερό, τότε και τα μόρια του νερού ζεσταίνονται.

Ζεσταίνουμε μια μεταλλική ράβδο και αυτή διαστέλλεται. Τότε και τα μόρια του μετάλλου ζεσταίνονται και διαστέλλονται και μεγαλώνουν.

Όταν αυξηθεί η θερμοκρασία, το μέγεθος των μορίων μεταβάλλεται.

Ερωτήσεις

Προσπάθησε να συνοψίσεις τα κύρια σημεία της ενότητας απαντώντας στις παρακάτω ερωτήσεις (Χρησιμοποίησε ουσίες και μόρια σε κάθε απάντηση).

1. Τι συμβαίνει, όταν θερμαίνονται οι ουσίες;

.....

2. Θέλεις να ανοίξεις ένα καπάκι σε βάζο αλλά αυτό είναι πολύ σφιχτό και δυσκολεύεται. Ένας φίλος σου πρότεινε να ρίξεις ζεστό νερό πάνω στο καπάκι, ώστε το καπάκι να γίνει περισσότερο χαλαρό και να μπορέσεις να το ανοίξεις. Εξήγησε γιατί συμβαίνει αυτό.

.....

3. Είναι σωστό να λέμε ότι κατά την θέρμανση τα μόρια μιας ουσίας διαστέλλονται. Γιατί; Γιατί όχι;

.....



Ζεσταίνοντας τα στερεά

Η ομάδα σου έχει παραστήσει τη διάταξη και την κίνηση των μορίων σε ένα στερεό.

Η μουσική θα συμβολίζει την αύξηση της θερμοκρασίας. Όταν πάρετε επιπλέον ενέργεια, εσείς σαν σωματίδια αρχίζετε να κινείστε όλο και πιο γρήγορα. Θυμηθείτε ότι έχετε πάντα την ίδια θέση και ότι κάνετε ελαφριά δόνηση. Όλοι σας πρέπει να κάθεστε κοντά, σχεδόν να ακουμπάτε. Η θερμότητα επιδρά στο στερεό όπως η μουσική στην ομάδα σας. Φανταστείτε ότι η μουσική, σας κάνει όλο και περισσότερο να κινείστε, σας συναρπάζει. Κινείστε πάνω και κάτω, στο πλάι, όλο και πιο γρήγορα. Αλλά δεν αλλάζετε ποτέ θέση. Πρέπει να παραμείνετε στην ίδια θέση, έτσι που το στερεό που παριστάνετε να έχει πάντα το ίδιο σχήμα.

Δοκιμάστε το αντίστροφο, δηλαδή η μουσική να χαμηλώσει ή αλλιώς η θερμοκρασία να ελαττωθεί και το στερεό να κρυώσει.

Έχετε 5 λεπτά να εξασκηθείτε και να κάνετε την παράστασή σας σωστά.

Απαντήστε τώρα πώς η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει τη κίνηση των σωματιδίων στο στερεό
Αλλάζει η θέση τους;

.....
Πώς κινούνται;

.....
Τι αλλάζει στο στερεό και τι μένει σταθερό;

Ζεσταίνοντας τα υγρά

Η ομάδα σας έχει δραματοποιήσει μια σταγόνα νερού. Τώρα θα δραματοποιήσετε μια σταγόνα υγρό, όταν θερμανθεί. Ο καθένας από σας είναι ένα σωματίδιο υγρού. Όταν πάρετε επιπλέον ενέργεια, εσείς σαν σωματίδια, αρχίζετε να κινείστε όλο και πιο γρήγορα. Θυμηθείτε ότι όλα σας πρέπει να είστε σε επαφή όλη την ώρα αλλά συνεχώς να κινείστε και να αλλάζετε τις θέσεις σας. Πρέπει να φέρεστε σαν να είστε κυλιόμενο κινούμενο σωματίδιο. Η θερμότητα επιδρά στο υγρό, όπως η μουσική στην ομάδα σας. Φανταστείτε ότι η μουσική σας συναρπάζει όλο και περισσότερο. Καθώς ο χρόνος περνά κάνει την ταχύτητά σας να αυξάνει συνεχώς.

Δοκιμάστε το αντίστροφο, δηλαδή η μουσική να χαμηλώσει ή αλλιώς η θερμοκρασία να ελαττωθεί και το υγρό να κρυώσει.

Έχετε 5 λεπτά να εξασκηθείτε και να κάνετε την παράστασή σας σωστά.

Απαντήστε τώρα πώς η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει τη κίνηση των σωματιδίων στα υγρά.
Αλλάζει η θέση των σωματιδίων;

.....
Πώς κινούνται; Τι αλλάζει στην κίνηση των σωματιδίων;

.....
Τι αλλάζει στο υγρό και τι μένει σταθερό;

Ζεσταίνοντας τα αέρια

Η ομάδα σας έχει παραστήσει ένα αέριο που περιέχεται σε ένα δοχείο, σε κάποια θερμοκρασία. Τώρα θα παραστήσετε τη συμπεριφορά ενός αερίου, όταν αυξηθεί η θερμοκρασία. Η αύξηση της θερμοκρασίας κάνει τα σωματίδια να κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Όταν πάρετε επιπλέον ενέργεια, εσείς σαν σωματίδια αρχίζετε να κινείστε όλο και πιο γρήγορα. Η μουσική επιδρά πάνω σας, όπως η θερμοκρασία επιδρά στα σωματίδια. Κάποιοι από την ομάδα πρέπει να παραστήσουν το δοχείο και οι υπόλοιποι τα σωματίδια αερίου. Θυμηθείτε ότι πρέπει να κινείστε προς όλες τις κατευθύνσεις και όταν χτυπάτε στα τοιχώματα του δοχείου να λέτε "πίεση αερίου" και να αλλάζετε κατεύθυνση. Η θερμότητα επιδρά στο αέριο, όπως η μουσική επιδρά πάνω σας. Η μουσική σας κάνει να κινείστε γρηγορότερα. Φανταστείτε ότι η μουσική σας συναρπάζει όλο και περισσότερο. Σύντομα θα περπατάτε, μετά θα χορεύετε. Καθώς όλοι σας είστε σωματίδια αερίου και έχει αυξηθεί η ταχύτητά σας, έχει αυξηθεί ο αριθμός των φορών που λέτε "πίεση αερίου".



Δοκιμάστε το αντίστροφο, δηλαδή η μουσική να χαμηλώσει ή αλλιώς η θερμοκρασία να ελαττωθεί και το αέριο να κρυώσει.

Έχετε 5 λεπτά να εξασκηθείτε και να κάνετε την παράστασή σας σωστά.

Απαντήστε τώρα πώς η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει τη κίνηση των σωματιδίων στο αέριο.

Πώς κινούνται; Τι αλλάζει στην κίνηση των σωματιδίων;

.....
Τι αλλάζει στο αέριο;

.....
Αν δεν υπήρχε το δοχείο, τι θα έκαναν τα σωματίδια αερίου;

.....
Αποτίμηση του μοντέλου

Τι θέλαμε να δούμε με αυτό το μοντέλο; Γιατί το χρησιμοποιήσαμε;

.....
Ποιο είναι το πιο σημαντικό σημείο σε αυτό το μοντέλο;

.....
Τι έμαθες από το μοντέλο;

.....
Τι παραπάνω έχει από τα προηγούμενα;

.....
Τι παθαίνουν τα σωματίδια – μόρια, όταν αυξάνει η θερμοκρασία;



Δραστηριότητα 5

Προσθέτοντας ακόμη περισσότερη θερμότητα σε μια ουσία, μεγαλώνει ακόμη περισσότερο η απόσταση των σωματιδίων της και τα σωματίδια κινούνται γρηγορότερα.

Σπάνε ή χαλαρώνουν οι δεσμοί μεταξύ των σωματιδίων και οι ουσίες αλλάζουν κατάσταση. Τα σωματίδια όμως παραμένουν αμετάβλητα

Α. Πείραμα μετατροπής πάγου σε νερό και νερού σε ατμό

Έχουμε παρακολουθήσει την μετατροπή πάγου σε νερό.

Παίρνουμε ένα παγάκι και το βάζουμε σε μια πλαστική σακούλα που σφραγίζει, ώστε τίποτα να μη μπαινεί και να βγαίνει. Τώρα θα παρατηρήσουμε πόσο γρήγορα μπορούμε να αλλάξουμε τον πάγο σε υγρό νερό.

Κατέγραψε τη θερμοκρασία, στην οποία λιώνει ο πάγος.

.....
Η θερμοκρασία αυτή λέγεται θερμοκρασία τήξης ή σημείο τήξης και είναι καθορισμένη για κάθε ουσία.

Μπορούμε να κάνουμε και το αντίστροφο. Βάζουμε το σακουλάκι με το νερό σε πάγο στο οποίο έχουμε αρκετό αλάτι. Παρατηρούμε ότι το νερό αρχίζει να παγώνει.

Κατέγραψε τη θερμοκρασία στην οποία το υγρό νερό παγώνει και γίνεται στερεό νερό- πάγος.

.....
Η θερμοκρασία αυτή λέγεται θερμοκρασία πήξης ή σημείο πήξης και είναι καθορισμένη για κάθε ουσία.

Η θερμοκρασία τήξης και η θερμοκρασίας πήξης είναι ίδια για την ίδια ουσία.

Οι μετατροπές πάγου σε νερό γίνονται με θέρμανση. Με θέρμανση μετατρέπεται και το υγρό νερό σε ατμό (αέρια κατάσταση). Οι ίδιες μετατροπές γίνονται και αντίστροφα, δηλαδή ο ατμός γίνεται νερό και το νερό γίνεται πάγος με ψύξη.

Ξέρουμε ότι το νερό είναι η ίδια ουσία και απλώς αλλάζει καταστάσεις.

Πώς όμως γίνεται αυτή η αλλαγή κατάστασης;

Παρατήρησε προσεχτικά το στερεό και το υγρό νερό.

Σε τι μοιάζουν;

.....
Σε τι διαφέρουν;

.....
Τα στερεό και υγρό νερό είναι η ίδια ουσία, το νερό. Ο πάγος έχει συγκεκριμένο σχήμα ενώ το νερό μπορεί να πάρει το σχήμα του δοχείου που το περιέχει.

Μπορούμε από πάγο να πάρουμε νερό και από νερό πάγο. Τι είναι εκείνο που αλλάζει και τι μένει σταθερό;

.....
Τι αλλάζει στη διάταξη των μορίων όταν πηγαίνουμε από το στερεό στο υγρό και μετά στο αέριο;

.....
Πρότεινε το δικό σου μοντέλο.

Β. Μοντελοποίηση

Μοντέλο 5.1

Παρακολούθησε τις προσομοιώσεις αλλαγής κατάστασης:

[http://www.scidiv.bcc.ctc.edu/wv/1/0001-02-states of matter.html#anchor-top-of-page](http://www.scidiv.bcc.ctc.edu/wv/1/0001-02-states%20of%20matter.html#anchor-top-of-page)

<http://www.harcoutschool.com/activity/hotplate/index.html>

<http://www.scidiv.bcc.ctc.edu/wv/1/sub/1/motion.mov>

<http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry>

Πρόσεξε τα βασικά σημεία των προσομοιώσεων

Η αύξηση της θερμοκρασίας τι προκαλεί στην κίνηση των σωματιδίων;

.....
Τι παθαίνει το μέγεθος των σωματιδίων, όταν αυξηθεί η θερμοκρασία;



Τι συμβαίνει στα μόρια του στερεού όταν θερμανθεί;.....
Τι συμβαίνει στα μόρια υγρού
Τι συμβαίνει στα μόρια αερίου;.....

Μοντέλο 5.2.

Κιναισθητικό μοντέλο (οδηγίες στο τέλος της ενότητας)

Θερμαίνοντας και άλλο τα στερεά (Οι στρατιώτες μας χορεύουν βαλς).

Το κιναισθητικό μας μοντέλο θα μας βοηθήσει να καταλάβουμε πώς το στερεό γίνεται υγρό και αντίστροφα ή πώς το υγρό γίνεται αέριο και αντίστροφα.

Η ομάδα σας έχει παραστήσει ένα μέρος ενός στερεού και εσείς είστε τα σωματίδια του στερεού. Τώρα παραστήστε την αλλαγή στην κίνηση και τη διάταξη των μορίων, αν αυξηθεί και άλλο η θερμοκρασία.

Ζεσταίνοντας περισσότερο τα υγρά (Το βαλς γίνεται ελεύθερη κίνηση στο χώρο).

Η ομάδα σου έχει παραστήσει μια σταγόνα υγρού και ο καθένας από σας είναι ένα σωματίδιο αυτού του υγρού. Τώρα παραστήστε την αλλαγή στην κίνηση και τη διάταξη των μορίων, αν αυξηθεί και άλλο η θερμοκρασία.

Θερμαίνοντας περισσότερο τα αέρια. (Ακόμα πιο ελεύθερη και γρήγορη κίνηση).

Η ομάδα σας έχει παραστήσει αέριο σε ένα δοχείο. Τα σωματίδια αερίου κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις και όταν χτυπούν στα τοιχώματα του δοχείου ασκούν πιέσεις. Σκορπίζουν προς όλες τις κατευθύνσεις. Όταν αυξηθεί η θερμοκρασία η κίνηση γίνεται πιο γρήγορη.

Γ. Αξιολόγηση μοντέλου

Με ποιον τρόπο το μοντέλο ήταν καλό για να κατανοήσεις την αλλαγή κατάστασης;

Με ποιον τρόπο το μοντέλο δεν ήταν καλό;

Τι αλλάζει και τι παραμένει σταθερό, όταν αλλάζει η κατάσταση μιας ουσίας;

Δ. Αποδεκτό μοντέλο

Για να εξηγήσουμε την μετατροπή πάγου σε υγρό, καθώς και τις άλλες αλλαγές κατάστασης των ουσιών, πρέπει να ξέρουμε ότι τα μόρια έλκονται μεταξύ τους.

Στα στερεά αυτή η έλξη κάνει τα μόρια να προσκολλώνται μεταξύ τους σε ένα άκαμπτο σχηματισμό. Αλλά η έλξη μεταξύ μορίων τα διατηρεί σε άκαμπτο σχηματισμό, μόνο αν τα μόρια κινούνται αργά. Όταν τα μόρια κινούνται γρηγορότερα, η κίνησή τους τα εμποδίζει να συγκρατούνται γερά. Τα μόρια αρχίζουν να αναπηδούν και χαλαρώνουν οι δεσμοί μεταξύ τους. Αν συνεχιστεί η θέρμανση, οι ήδη χαλαροί δεσμοί σπάνε και τα μόρια κινούνται ελεύθερα. Αντίστροφα, όταν το νερό κρυώνει, τα μόρια επιβραδύνονται. Τότε η έλξη μεταξύ τους κάνει αυτά να συγκρατούνται γερά.

Ε. Ερμηνεία αλλαγής κατάστασης του νερού

Όταν ο πάγος μετατρέπεται σε νερό, τα μόρια του στερεού πάγου παίρνουν ενέργεια και αρχίζουν να δονούνται περισσότερο ζωηρά. Οι δεσμοί όμως συνεχίζουν να συνδέουν γειτονικά μόρια. Σταδιακά, τα σωματίδια έχουν αρκετή ενέργεια και ξεπερνούν κάποιους δεσμούς. Τα σωματίδια αρχίζουν να κινούνται και να ανακατεύονται μεταξύ τους. Έτσι το στερεό μετατρέπεται σε υγρό. Αν συνεχίσουμε τη θέρμανση περισσότεροι δεσμοί σπάνε μέχρι να μετατραπεί όλο το στερεό σε υγρό.

Τα σωματίδια στο υγρό δεν συνδέονται πια με τα γειτονικά τους μόρια. Υπάρχουν ωστόσο έλξεις μεταξύ σωματιδίων. Έτσι παρόλο που μπορούν να κινούνται μεταξύ τους, κρατούνται χαλαρά μέσα στο υγρό.

Όταν θερμαίνουμε το υγρό, τα σωματίδια κινούνται περισσότερο γρήγορα. Κάποια από τα σωματίδια κινούνται γρήγορα και σπάνε τις έλξεις της επιφάνεια του υγρού. Εν συνεχίσουμε την θέρμανση το υγρό μετατρέπεται σε αέριο.

Στ. Εξηγήσεις αλλαγών καταστάσεως της ύλης

Αν το υγρό θερμανθεί, τα σωματίδια που συνδέονται χαλαρά, αποκτούν ενέργεια και κινούνται γρηγορότερα, με αποτέλεσμα να σπάσουν οι δεσμοί και κινούνται ελεύθερα σχηματίζοντας αέριο.

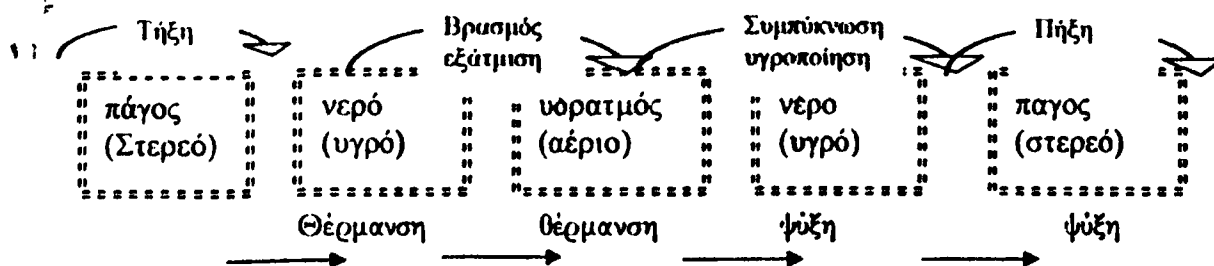


Αλλαγή από υγρό σε αέρια κατάσταση καλείται εξάτμιση ή βρασμός. Αλλαγή από την αέρια κατάσταση στην υγρή λέγεται συμπύκνωση ή υγροποίηση.

Στο παρακάτω διάγραμμα παριστάνονται οι αλλαγές κατάστασης και οι παράγοντες που τις προκαλούν:

Λέριο υγρό στερεό
Στερεό υγρό αέριο

Αλλαγή από μια κατάσταση στην άλλη γίνεται με θέρμανση ή ψύξη.



Σε ποιο σημείο όμως διαφέρει η διάλυση από την τήξη;

Και τα δυο φαινόμενα συνδέονται με την διάσπαση των μορίων από τον άκαμπτο σχηματισμό. Αλλά η αιτία της διάλυσης και της τήξης είναι διαφορετική. Η τήξη προκαλείται από θέρμανση, όπου τα μόρια του στερεού κινούνται αρκετά γρήγορα και σπάνε οι δεσμοί που τα συνδέουν. Η διάλυση συμβαίνει, όταν τα μόρια του υγρού χτυπάνε τα μόρια του στερεού, τα χωρίζουν και τα απομακρύνουν.

Η τήξη είναι διαφορετική από την διαστολή.

Και τα δυο φαινόμενα προκαλούνται από τη θερμότητα, αλλά στην περίπτωση της διαστολής τα μόρια δονούνται γρηγορότερα, χωρίς να αλλάζει ο σχηματισμός τους. Η τήξη συμβαίνει, όταν η κίνηση των μορίων τα απομακρύνει από τον σχηματισμό. Υπάρχουν και κάποια υλικά που δεν λιώνουν και στερεοποιούνται επειδή τα μόρια δεν χωρίζονται όταν ζεσταθούν. Αυτό ισχύει κυρίως για ουσίες φτιαγμένες από ζωντανά πράγματα, σαν το ξύλο, τα ρούχα, το χαρτί, το κρέας. Όταν το ξύλο ζεσταθεί, τα μόρια σπάνε σε μικρότερα κομμάτια. Το ξύλο καίγεται όταν γύρω υπάρχει οξυγόνο. Αν δεν υπάρχει οξυγόνο, το ξύλο μετατρέπεται σε άλλες ουσίες φτιαγμένες από μικρότερα μόρια κάρβουνου, νερού και άλλων υγρών.

Εξέταση εναλλακτικών απόψεων

Τι λάθος έχουν οι παρακάτω προτάσεις

Όταν το νερό παγώνει, τα μόρια ψύχονται.

Όταν το νερό παγώνει, τα μόρια γίνονται μικρότερα.

Τα μόρια στον πάγο και στο υγρό νερό είναι διαφορετικά. Έχουν διαφορετικό σχήμα και βάρος.

Ζεσταίνοντας περισσότερο τα στερεά

Η ομάδα σας έχει παραστήσει ένα μέρος ενός στερεού και εσείς είστε τα σωματίδια του στερεού. Οι θέσεις σας είναι ορισμένες και κάνετε ελαφριά δόνηση χωρίς να αλλάζετε τις θέσεις σας. βρίσκεστε σε μεγάλη τάξη σαν στρατιώτες σε γραμμές και σειρές. Η επίδραση της θερμότητας – μουσικής σας κάνει να δονείστε λίγο περισσότερο χωρίς να αλλάζει η θέση σας, αλλάζοντας απλά λίγο τον όγκο του στερεού. Η αύξηση της θερμοκρασίας δεν χαλαίει στις σειρές και γραμμές σας.

Στεφτείτε όμως τις θα συμβεί καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται όλο και πιο πολύ. Τα σωματίδια του στερεού κινούνται γρηγορότερα και γρηγορότερα όλο και περισσότερο. Ουσιαστικά θα έρθει κάποια στιγμή που τα σωματίδια πρέπει θα αποσπαστούν από την προκαθορισμένη θέση τους.

Είναι σαν να σας έχει συνεπάρει τόσο πολύ η μουσική που μαζί με ένα διπλανό σας κάνετε ζευγάρι και χορεύετε γλιστρώντας ανάμεσα στα άλλα ζευγάρια, που κάνουν το ίδιο. Τότε το στερεό αρχίζει και χάνει το σχήμα του. Λέμε τότε ότι γίνεται υγρό και λιώνει.

Έχετε 5 λεπτά να εξασκηθείτε και να κάνεις την παράστασή σας σωστά.

Περιγράψτε, τι συμβαίνει στα σωματίδια στην διάρκεια αυτής της διαδικασίας.



Ζεσταίνοντας περισσότερο τα υγρά

Το βάλς γίνεται ελεύθερη κίνηση στο χώρο.

Η ομάδα σου έχει παραστήσει μια σταγόνα υγρού και ο καθένας από σας είναι ένα σωματίδιο αυτού του υγρού. Όλη την ώρα είστε σε επαφή αλλά όλα μαζί φτιάχνεται ένα ακανόνιστο σχήμα κυλώντας ο ένας δίπλα στον άλλον σε διάφορες θέσεις. Η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει την ταχύτητα κίνησης οπότε αυξάνει λίγο ο όγκος του στερεού. Αν όμως αυξηθεί η θερμοκρασία όλο και πιο πολύ τα σωματίδια του υγρού κινούνται μακριά το ένα από το άλλο όλο και πιο γρήγορα. Ουσιαστικά καθώς κινούνται γρηγορότερα, πρέπει να χάσουν την επαφή μεταξύ τους και να σκορπίσουν στο χώρο. Είναι σαν να αλλάξεις το χορό σου από χορό σε ζευγάρια σε χορό ελεύθερο όπου ο καθένας μπορεί να κινείται ελεύθερα στην πίστα κάνοντας κινήσεις προς όλες τις κατευθύνσεις και χορεύοντας με όλους χωρίς να έχει κάποιον ιδιαίτερο παρτενέρ. Η σταγόνα δεν έχει πλέον συγκεκριμένο όγκο καθώς τα σωματίδια σκορπίζουν στο χώρο. Έτσι το υγρό γίνεται αέριο.

Έχεις 5 λεπτά να εξασκηθείς και να κάνεις την παράστασή σου σωστά.

Περιέγραψε τι συμβαίνει στα σωματίδια στη διάρκεια αυτής της διαδικασίας.

Θερμαίνοντας περισσότερο τα αέρια

Ακόμα πιο ελεύθερη και γρήγορη κίνηση

Η ομάδα σας έχει παραστήσει αέριο σε ένα δοχείο. Τα σωματίδια αερίου κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις και όταν χτυπούν στα τοιχώματα του δοχείου, ασκούν πιέσεις. Σκορπίζουν προς όλες τις κατευθύνσεις. Όταν αυξηθεί η θερμοκρασία, η κίνηση γίνεται πιο γρήγορη.

Φανταστείτε τώρα τι θα συμβεί αν αυξηθεί όλο και περισσότερο η θερμοκρασία. Τα σωματίδια θα κινούνται όλο και περισσότερο όλο και πιο γρήγορα. Θα χτυπούν τα πλευρά του δοχείου όλο και γρηγορότερα, προκαλώντας περισσότερη πίεση. Ουσιαστικά το δοχείο ή θα μεγαλώσει για να χωρέσει το αέριο ή τα τοιχώματά του δεν αντέχουν τις πιέσεις και το δοχείο σπάει. Περιέγραψε τι συμβαίνει στα σωματίδια, στη διάρκεια της κατάρρευσης του δοχείου (σκέψου σχετικά με ένα μπαλόνι που σπάει όταν γίνει ζεστό).

Ερωτήσεις

1. Συμπλήρωσε τα κενά

Όταν ένα στερεό αλλάζει σε υγρό, η διαδικασία λέγεται.....

Όταν ένα υγρό αλλάζει σε στερεό, η διαδικασία λέγεται.....

Όταν ένα υγρό αλλάζει σε αέριο, η διαδικασία λέγεται.....

Όταν ένα αέριο αλλάζει σε υγρό, η διαδικασία λέγεται.....

2. Όταν ζεσταίνουμε ένα στερεό, αυτό διαστέλλεται ή λιώνει. Σε τι μοιάζουν η διαστολή και η τήξη και σε τι διαφέρουν;

Ομοιότητα

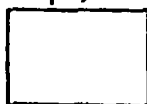
Διαφορά.....

3. Σε τι μοιάζουν ο πάγος, το νερό και ο υδρατμός;

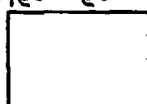
4. Σε τι διαφέρουν ο πάγος, το νερό και ο υδρατμός;

5. Μπορείς να ζωγραφίσεις τα μόρια στο πάγο και τα μόρια στο νερό; Να χρησιμοποιήσεις ίδιο αριθμό μορίων και ίδιο είδος μορίων.

Πάγος



υγρό νερό



6. Γιατί τα μόρια σε ένα στερεό απομακρύνονται από το σχηματισμό τους, αν το στερεό θερμανθεί αρκετά;



7. Εξήγησε τα φαινόμενα

Προσπάθησε να εξηγήσεις γιατί το παγωτό σου λιώνει στον ήλιο;

Γιατί το νερό συμπυκνώνεται σε ένα κρύο παρμπρίζ;

Γ Πώς δουλεύει το θερμαινόμενο τζάμι στα αυτοκίνητα;

Επίλογος

Στα μαθήματα που παρακολούθησες έμαθες αρκετά για τα μόρια και πώς αυτά σε βοηθούν να εξηγήσεις πολλά διαφορετικά φαινόμενα. Μπορείς να εξηγήσεις με τα μόρια πως τα πράγματα διαλύονται, γιατί τα πράγματα όταν θερμανθούν διαστέλλονται, γιατί τα σώματα αλλάζουν φυσική κατάσταση με την μεταβολή θερμοκρασίας και μερικές ιδιότητες των υλικών, όπως γιατί τα αέρια συμπιέζονται.

Ακόμα όμως και αν έχεις μάθει αρκετά για τα μόρια, υπάρχουν πολύ περισσότερα πράγματα να μάθεις. Μπορείς να χρησιμοποιείς τις ιδέες σχετικά με τα μόρια για να εξηγήσεις τι συμβαίνει μέσα στο σώμα μας όταν αναπνέουμε, για παράδειγμα, ή πώς μεγαλώνουμε ή τι συμβαίνει όταν τα πράγματα ζαίγονται ή σαπίζουν. Δεν ασχοληθήκαμε με αυτά τα φαινόμενα αλλά ελπίζουμε οι γνώσεις που απέκτησες να σε βοηθήσουν να καταλάβεις περισσότερα στο μέλλον. Πάντα υπάρχει κάτι περισσότερο να μάθεις. Ελπίζουμε να βρήκες αυτή την ενότητα ενδιαφέρουσα και να κάνεις το ίδιο στο μέλλον.

Για το διδακτικό υλικό χρησιμοποιήσαμε

Fortman, J.J., (1993), Pictorial Analogies I: States of matter, *Journal of Chemical Education*, 70, 56-57.

Smith, J., Tregidgo D., Wells J., Evans M., Ratcliffe M., (2001), Editor: Mary Ratcliffe, *On the Ball*, Particle models for KS3 Science, Research & Graduate School of Education, Highfield, Southampton, First published in 2001.

[<http://www.chemsoc.org/pdf/LearnNet/miscon3/ontheball.pdf>

www.chemsoc.org/pdf/learnnet/miscon3/evidence.pdf

<http://ed-verb3.educ.msu.edu/reports/matter-molecules/default.htm> Published by The Institute for Research on Teaching College of Education Michigan State University

Berkheimer et al., (1988), Matter and molecules, Teacher's guide: Science book (Occasional Paper No. 121), East Lansing, MI: Institute for Research on Teaching, Michigan State University.

Berkheimer, G.D., Anderson, C.W., & Blakeslee, T.D. (1988). Matter and molecules teacher's guide: Activity book (Occasional Paper No. 122). East Lansing: Michigan State University, Institute for Research on Teaching.

Hodder Science Teacher's Resource C. C., (2003)

[<http://www.hoddersamplepages.co.uk/pdfs/TFrameC2.pdf>]

Taber, K. *Chemical misconceptions prevention, diagnosis and cure*, Volume II: Classroom Resources, R.S.C Royal society of chemistry,

Millar, R., (1990), Making sense: what use are particle ideas to children?, in: P.-L. Lijnse, P., Licht, W. de Vos, A.J. Waarlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*, University of Utrecht CD-β Press, p. 287

VanCleave's, J., (1994), *Χημεία για παιδιά, 101 εύκολα πειράματα με απλά μέσα*, Αθήνα, (Εκδ.), Γ.Α. Πνευματικός

Τσαπαρλής Γ., Κ. Καμπουράκης (1998/1999), *Εισαγωγή στις Φυσικές Επιστήμες (Φυσική - Χημεία)*, Για την Α τάξη Γυμνασίου.



Π2. Εργαλεία έρευνας

Π2.1. Τεστ ελέγχου μακροσκοπικών γνώσεων

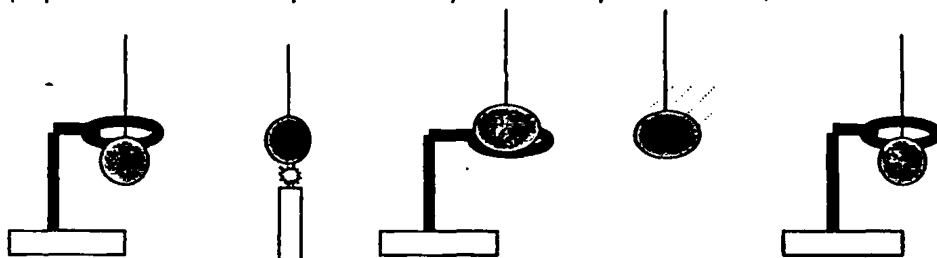
Όνοματεπώνυμο:..... Τάξη

1. Στην πρώτη στήλη δίνονται κάποιες ιδιότητες, που μας βοηθούν να αποφασίσουμε, αν ένα υλικό είναι στερεό, υγρό ή αέριο. Ποιες ιδιότητες προσδιορίζουν το στερεό, ποιες το υγρό και ποιες το αέριο; Απάντησε βάζοντας ένα \checkmark στην αντίστοιχη στήλη.

(Προσοχή: μια ιδιότητα μπορεί να αντιστοιχεί σε μια ή περισσότερες καταστάσεις).

Ιδιότητες	στερεά	υγρά	αέρια
Καταλαμβάνουν χώρο			
Έχουν βάρος			
Έχουν σχήμα από μόνα τους			
Παίρνουν το σχήμα εκείνου του μέρους του δοχείου που γεμίζουν			
Παίρνουν το σχήμα του δοχείου που τα βάζουμε			
Έχουν ορισμένο όγκο			
Δεν έχουν ορισμένο όγκο (απλώνονται και γεμίζουν όποιο δοχείο τα τοποθετούμε)			
Δεν συμπιέζονται			
Συμπιέζονται πολύ εύκολα			

2. Μια μεταλλική σφαίρα μόλις που περνά από ένα μεταλλικό δακτύλιο. Ζεσταίνουμε τη μεταλλική σφαίρα και διαπιστώνουμε ότι δεν περνά από το μεταλλικό δακτύλιο.



Αν η σφαίρα ψυχθεί, τότε περνά και πάλι από το δακτύλιο.

Περίγραψε το φαινόμενο.

.....

3. Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις στερεή, υγρή, αέρια

Τήξη είναι η διαδικασία κατά την οποία μια ουσία αλλάζει από..... κατάσταση σε..... κατάσταση

Πήξη είναι η διαδικασία κατά την οποία μια ουσία αλλάζει από..... κατάσταση σε..... κατάσταση

Εξάτμιση είναι η διαδικασία κατά την οποία μια ουσία αλλάζει από..... κατάσταση σε..... κατάσταση

Βρασμός είναι η διαδικασία κατά την οποία μια ουσία αλλάζει από..... κατάσταση σε..... κατάσταση

Συμπύκνωση είναι η διαδικασία κατά την οποία μια ουσία αλλάζει από..... κατάσταση σε..... κατάσταση

4.α. Τι είναι το διάλυμα; Να αναφέρεις δυο παραδείγματα

.....

β. Με ποιον (ποιους) τρόπους μπορούμε να διαλύσουμε μια ουσία γρηγορότερα σε νερό;.....

5. Συμπλήρωσε τα κενά με τις λέξεις: τήξη, πήξη, διαστολή, συστολή, διάλυση, εξάτμιση, βρασμός, συμπύκνωση

• Αφήνουμε στο αναμμένο μάτι της κουζίνας ένα μπρίκι με νερό για αρκετή ώρα.....



- Γεμίζουμε την παγοθήκη με νερό και την τοποθετούμε στην κατάψυξη.....
- Ένα μπαλόνι φουσκώνει στο στόμιο ενός μπουκαλιού, όταν το μπουκάλι θερμαίνεται.....
- Δροσιά στο γρασίδι στεγνώνει όταν ο ήλιος λάμπει.....
- Το υγρό (υδράργυρος) ανυψώνεται σε ένα θερμόμετρο
- Η στάθμη του υγρού στο θερμόμετρο πέφτει.....
- Ζάχαρη ανακατεύεται σε ποτήρι με νερό μέχρι όλα τα στερεά κομμάτια να μη φαίνονται
- Ποτήρι με κρύο νερό βγαίνει από το ψυγείο και σχηματίζεται θολούρα.....

6. Το νερό και το οινόπνευμα είναι δυο διαφορετικές ουσίες. Σε τι μπορεί να διαφέρουν;

.....



Π2.2 Τεστ Α μακροσκοπικών αλλαγών

(δεν αναγράφονται οι ενότητες και υπήρχαν περισσότερες κενές γραμμές).

Όνοματεπώνυμο:.....Τάξη

Σε όλες τις παρακάτω ερωτήσεις σου ζητάμε να δώσεις εξηγήσεις για τα φαινόμενα που περιγράφονται. Μπορείς να χρησιμοποιήσεις όποια εξήγηση θεωρείς ότι είναι καλύτερη απ' όπου και να την έμαθες.

Διάχυση

1. Γεμίζουμε μέχρι τη μέση ένα καθαρό πλαστικό ποτήρι με νερό. Το ποτήρι το τοποθετούμε σε ένα τραπέζι και παραμένει ακίνητο. Ρίχνουμε στο ήρεμο νερό με προσοχή μια σταγόνα μπλε μελάνη. Μετά από λίγο παρατηρούμε ότι το νερό χρωματίστηκε ομοιόμορφα με ένα μπλε χρώμα.

Πώς εξηγείς το φαινόμενο αυτό;

2. Καθώς βάζουμε βενζίνη στο αυτοκίνητό μας, αισθανόμαστε την έντονη μυρωδιά της βενζίνης. Εξήγησε πώς φτάνει η μυρωδιά στη μύτη μας.

Ιδιότητες στερεών υγρών και αερίων

3. Γνωρίζουμε ότι τα στερεά υγρά και αέρια έχουν κάποιες διαφορές.

α. Ας πάρουμε το στερεό και το υγρό.

Τα στερεά έχουν συγκεκριμένο σχήμα ενώ τα υγρά παίρνουν το σχήμα του δοχείου. Πώς το εξηγείς;

β. Ας πάρουμε τώρα ένα αέριο.

Τα αέρια δεν έχουν συγκεκριμένο σχήμα καταλαμβάνουν όλο το χώρο που τους προσφέρεται. Πώς το εξηγείς;

4. Σε μια σύριγγα βάζουμε μια ποσότητα υγρού π.χ. νερό. Αφαιρούμε τον αέρα που είναι μέσα. Σπρώχνουμε το έμβολο και παρατηρούμε ότι το νερό δεν συμπιέζεται. Πώς εξηγείς αυτή την ιδιότητα των υγρών;

5. Όταν βάλεις το δάχτυλό σου στο στόμιο μιας σύριγγας και σπρώξεις το έμβολο, μπορείς να συμπιέσεις τον αέρα που είναι μέσα.

α. Εξήγησε γιατί ο αέρας συμπιέζεται;

β. Όταν σπρώχνεις το έμβολο σχεδόν στο τέλος, είναι πολύ δύσκολο να σπρώξουμε πιο πέρα. Εξήγησε γιατί δεν μπορείς να σπρώξεις το έμβολο παραπέρα.

Διάλυση

6. Σε ένα καθαρό πλαστικό ποτήρι, που το έχουμε γεμίσει μέχρι τη μέση με νερό, προσθέτουμε ένα κόκκο αλάτι. Μετά από λίγο το αλάτι διαλύεται στο νερό και δεν φαίνεται



1
κόκκος αλάτι σε νερό πριν διαλυθεί



2
διαλύεται εντελώς



3
μετά από αρκετή ώρα



α. Γράψε λίγα λόγια για να εξηγήσεις τι συμβαίνει όταν διαλύεται ο κόκκος. Κάνε και σχέδια

Τα τρία ποτήρια ζυγίζουν το ίδιο ή κάποιο είναι πιο βαρύ; Εξήγησε

β. Μπορούμε να ξαναπάρουμε πίσω το αλάτι από το αλατόνερο;

Αν ναι, με ποιον τρόπο;

Αν όχι, γιατί;

Αν μέσα στο νερό ρίξουμε κόκκους άμμου, αυτοί δεν διαλύονται ακόμα και να ανακατέψουμε ή να ζεστάνουμε. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί;

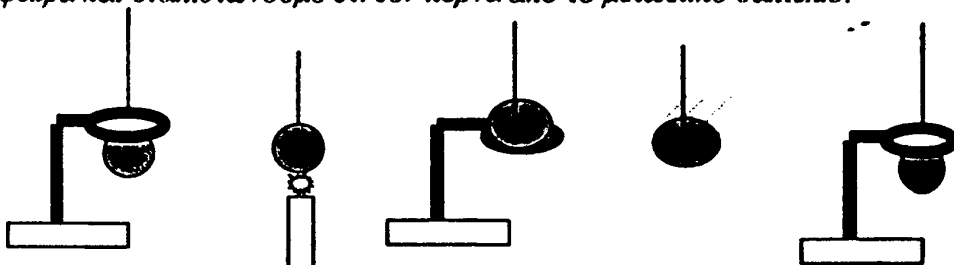
7. Εξήγησε

α. Γιατί ένα κομμάτι ζάχαρη διαλύεται ευκολότερα στο ζεστό παρά στο κρύο νερό;

β. Γιατί ένα κομμάτι ζάχαρη διαλύεται ευκολότερα, όταν ανακατέψουμε το νερό;.

Διαστολή

8. Μια μεταλλική σφαίρα μόλις που περνά από ένα μεταλλικό δακτύλιο. Ζεσταίνουμε τη μεταλλική σφαίρα και διαπιστώνουμε ότι δεν περνά από το μεταλλικό δακτύλιο.



Αν η σφαίρα ψυχθεί, τότε περνά και πάλι από το δακτύλιο.

α. Εξήγησε για ποιο λόγο η μεταλλική σφαίρα γίνεται μεγαλύτερη, όταν ζεσταίνεται (διαστέλλεται) και μικρότερη όταν ψύχεται (συστέλλεται).

β. Όταν η σφαίρα ζεσταίνεται ζυγίζει περισσότερο, λιγότερο ή το ίδιο που ζυγίζει πριν ζεσταθεί; Εξήγησε την απάντησή σου.

9. Ένα θερμόμετρο που περιέχει υγρό υδραργύρου, τοποθετείται σε ένα ποτήρι με κρύο νερό και σημειώνουμε τη στάθμη του υδραργύρου. Όταν το θερμόμετρο τοποθετηθεί σε ζεστό νερό η στάθμη του υδραργύρου ανεβαίνει.



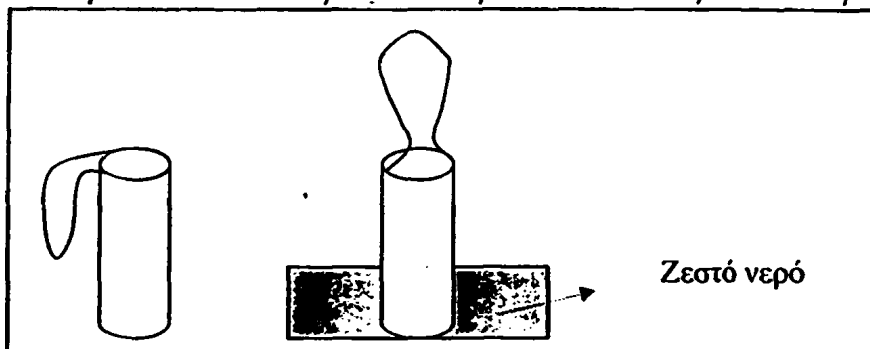
κρύο νερό



ζεστό νερό

Πώς εξηγείς το ανέβασμα της στάθμης του υδραργύρου;

10. Ένα άδειο μπαλόνι τεντώνεται στο στόμιο ενός μπουκαλιού. Τοποθετούμε το μπουκάλι με το μπαλόνι στο στόμιό του σε ένα λουτρό ζεστού νερού. Μετά από λίγα λεπτά το μπαλόνι φουσκώνει.



Πώς το εξηγείς

Αλλαγή κατάστασης

11. Βάζουμε ένα παγάκι σε ένα πιάτο και το αφήνουμε για λίγο σε ζεστό test. Τότε το παγάκι παίρνει θερμότητα και λιώνει- τήκεται, δηλαδή γίνεται υγρό.



παγάκι



υγρό νερό

Εξήγησε πώς γίνεται η τήξη

Πώς το παγάκι χρησιμοποιεί τη θερμότητα που παίρνει;

Σε τι διαφέρει ο πάγος από το υγρό νερό;

Σε τι μοιάζει ο πάγος με το υγρό νερό;

Ποιο ζυγίζει περισσότερο, το παγάκι ή το υγρό νερό

Μπορούμε να ξαναπάρουμε πάγο από το υγρό νερό; Με ποιον τρόπο;

12. Βάζουμε νερό σε μια κατσαρόλα και την τοποθετούμε στο μάτι της κουζίνας. Μετά από λίγη ώρα το νερό μετατρέπεται σε ατμό, δηλαδή βράζει.

Εξήγησε πώς γίνεται ο βρασμός. Κάνε ένα σχέδιο.

13. Σε κατσαρόλα με καπάκι βράζουμε νερό. Μετά από λίγο σηκώνουμε το καπάκι και παρατηρούμε μια υγρασία- θολούρα σε αυτό. Υγρασία- θολούρα εμφανίζεται και στον καθρέφτη του μπάνιου, όταν κάνουμε ένα ζεστό μπάνιο με κλειστή την πόρτα. Πώς εξηγείς το φαινόμενο; Κάνε ένα σχέδιο.

Χυμός και παγάκια

14. Για να δροσίσουμε το χυμό μας ιδίως το καλοκαίρι βάζουμε παγάκια. Εξήγησε πώς συμβαίνει αυτό; Θυμήσου ότι για να λιώσουν τα παγάκια χρειάζονται θερμότητα.



Διαφορές ουσιών

15. Το νερό και το οινόπνευμα είναι δυο χημικές ουσίες, διαφορετικές μεταξύ τους. Και οι δυο ουσίες είναι υγρές και άχρωμες και έτσι έχουν την ίδια εξωτερική εμφάνιση.

Σε τι μπορεί να διαφέρουν;

.....



Π2.3. Τεστ Β μικροσκοπικών αλλαγών

Όνοματεπώνυμο: Τάξη

Φαντάσου ότι μπορείς να φορέσεις μαγικά ειδικά γυαλιά, που σου επιτρέπουν να δεις πολύ μικρά σωματίδια, τα μόρια (όμως δεν μπορούμε να δούμε τα μόρια ούτε και με τα καλύτερα μικροσκόπια, γιατί είναι πολύ μικρά). Σε όλες τις παρακάτω δραστηριότητες θα σχεδιάζεις μόρια ή θα περιγράφεις τα φαινόμενα χρησιμοποιώντας μόρια. Θυμήσου ότι όλες οι ουσίες είναι φτιαγμένες από μόρια που δεν μεταβάλλονται στα φαινόμενα που θα δούμε.

Διάχυση

1. Στα παρακάτω σχέδια θα παραστήσεις τη διάχυση (διασκορπισμό) της μελάνης μέσα σε νερό. Στο κουτί 1 βάλε 12 μόρια υγρού νερού. Στο νερό πρόσθεσε 4 μόρια μελάνη. Βάλε μπαλίτσες για να παραστήσεις τα μόρια μελάνης και κυκλάκια για να παρουσιάσεις τα μόρια νερού. Στο κουτί 1 ζωγράφισε πώς είναι τα μόρια, μόλις θα ρίξουμε τη μελάνη στο νερό, και στο κουτί 2 να ζωγραφίσεις το σύστημα μετά από κάποιο διάστημα.



Κουτί 1

Ακριβώς μόλις προσθέσουμε μελάνη στο νερό

.....●..... Μόρια μελάνης

○ Μόρια νερό

Εξήγησε με λίγα λόγια το σχέδιό σου.



κουτί 2

μετά από κάποιο διάστημα

2. Βρισκόμαστε σε μια γωνιά ενός δωματίου, ενώ στην άλλη γωνιά έχουν ανοίξει ένα μπουκαλάκι άρωμα. Μετά από λίγο μυρίζουμε το άρωμα. Να περιγράψεις το φαινόμενο χρησιμοποιώντας μόρια.

Ιδιότητες μορίων

3. Εξήγησε όσο καλύτερα μπορείς, τι είναι μόριο.

4.α. Ένα μόριο νερού είναι σαν μια σταγόνα νερού, ναι ή όχι; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

β. Το μόριο ρέει και είναι δροσερό, όπως η σταγόνα; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

5. Ο φίλος σου λέει ότι ανάμεσα στα μόρια του νερού υπάρχει νερό. Συμφωνείς ναι ή όχι. Εξήγησε την απάντησή σου.

6. Εξέτασε προσεκτικά τις προτάσεις που σχετίζονται με τα αέρια και στερεά και γράψε αντίστοιχες προτάσεις για τα υγρά.

Αέριο	Υγρό	Στερεό
Ο χώρος μεταξύ των σωματιδίων είναι άδειος-κενός.		Ο χώρος μεταξύ των σωματιδίων είναι άδειος - κενός.
Η απόσταση μεταξύ των σωματιδίων είναι μεγάλη.		Η απόσταση μεταξύ των σωματιδίων είναι μικρή.
Τα σωματίδια κινούνται ελεύθερα και χωριστά. Κινούνται χωρίς τάξη και αλλάζουν συνεχώς θέση.		Τα σωματίδια δεν κινούνται ελεύθερα και ξεχωριστά. Κινούνται χωρίς να αλλάζουν θέση.

Ιδιότητες στερεών υγρών και αερίων

7.α. Τα στερεά έχουν συγκεκριμένο σχήμα, ενώ τα υγρά παίρνουν το σχήμα του δοχείου. Εξήγησε αυτή τη διαφορά χρησιμοποιώντας μόρια.

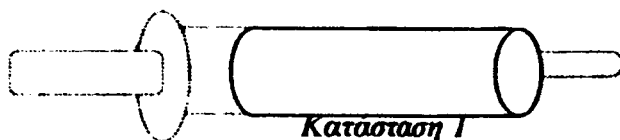


β. Τα αέρια, όπως ο αέρας, δεν έχουν συγκεκριμένο σχήμα, αλλά καταλαμβάνουν όλο το χώρο που τους προσφέρεται. Πώς εξηγείς αυτή την ιδιότητα των αερίων; Στην εξήγησή σου να χρησιμοποιήσεις μόρια.

8. Αν βάλεις σε μια σύριγγα ένα υγρό π.χ. νερό, δεν μπορείς να το συμπιέσεις. Εξήγησε χρησιμοποιώντας μόρια.

9. Μπορούμε να παρουσιάσουμε ένα αέριο με σωματίδια πολύ μικρά που δεν φαίνονται. Τα σωματίδια αυτά δεν κόβονται, δεν αλλάζουν σχήμα ούτε διαστάσεις.

Σε μια σύριγγα κλείνουμε το στόμιο και εγκλωβίζουμε μια ποσότητα αέρα. Ζωγράφισε 12 σωματίδια στην κατάσταση 1



α. Συμπιέζουμε την σύριγγα και ο αέρας αποκτά μικρότερο όγκο. Ζωγράφισε τα σωματίδια στην κατάσταση, που συμπιέσαμε το αέριο.



Δικαιολόγησε το σχέδιό σου.

β. Όμως δεν μπορείς να συμπιέσεις μέχρι τέρμα; Εξήγησε γιατί

Διάλυση

10. Στο παρακάτω μοντέλο θα παραστήσεις τη διαδικασία της διάλυσης ζάχαρης στο νερό.

Στο κουτί 1 έχουμε παραστήσει 4 μόρια ζάχαρη πριν τα ρίξουμε στο νερό και 12 μόρια νερό.

Στο κουτί 2 πρέπει να παραστήσεις τα μόρια του διαλύματος, που προκύπτει, όταν διαλυθεί στο νερό όλη η ζάχαρη.

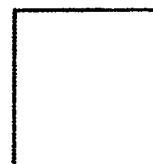
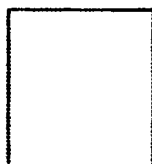
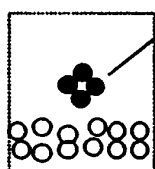
Στο κουτί 3 να παραστήσεις, τι θα συμβεί μετά από πολύ ώρα.

Μόρια ζάχαρη ●

Μόρια νερό ○

στερεή ζάχαρη

νερό



κουτί 1

η στερεή ζάχαρη πριν πέσει σε νερό

κουτί 2

Διάλυμα μόλις διαλυθεί όλη η ζάχαρη

κουτί 3

Μετά από πολύ ώρα

α. Εξήγησε το σχέδιό σου και στα τρία κουτιά. Η εξήγηση είναι τόσο ενδιαφέρουσα όσο το σχέδιο.

β. Τα κουτιά 1,2,3 ζυγίζουν το ίδιο ή κάποιο είναι βαρύτερο και κάποιο ελαφρύτερο; Εξήγησε την απάντησή σου.



11. Σε ένα ποτήρι με νερό ρίχνουμε ένα ζαχαρωτό. Μετά από λίγο το ζαχαρωτό λιγοστεύει



Μόλις ρίξαμε το ζαχαρωτό

μετά από λίγο

α. Εξήγησε με λόγια, γιατί λιγοστεύει. Στην εξήγησή σου να χρησιμοποιήσεις μόρια.

β. Τα δοχεία 1 και 2 ζυγίσουν το ίδιο ή κάποιο είναι πιο βαρύ; Εξήγησε την απάντησή σου.

γ. Αν ανακατέψεις το νερό στο δοχείο 2 ή ζεστάνεις το νερό, το ζαχαρωτό θα λιγοστεύει κι άλλο. Γιατί; Στην εξήγησή σου να χρησιμοποιήσεις μόρια.

Λιγόστεψε με ανακάτεμα γιατί.....

Λιγόστεψε με θέρμανση γιατί.....

Η άμμος όμως δεν διαλύεται στο νερό, ακόμα και αν ζεστάνουμε το νερό ή ανακατεύουμε. Εξήγησε γιατί, χρησιμοποιώντας μόρια.

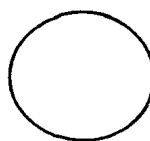
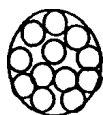
Διαστολή

12. Έχουμε μια μεταλλική (σιδερένια) σφαίρα.

Η σφαίρα θερμαίνεται και γίνεται μεγαλύτερη (διαστέλλεται). Βλέπεις πιο κάτω δυο σχέδια της σφαίρας, ένα πριν την θέρμανση και ένα μετά. Στο πρώτο, πριν τη θέρμανση, έχουμε σχεδιάσει 12 μόρια. Να σχεδιάσεις το αντίστοιχο σωματιδιακό μοντέλο για τη ζεστή σφαίρα.

Σφαίρα πριν τη θέρμανση

Σφαίρα μετά την θέρμανση



α. Εξήγησε το σχέδιό σου.

β. Τι θα μπορούσες να πεις, οι δυο σφαίρες ζυγίζουν το ίδιο ή κάποια είναι πιο βαριά; Εξήγησε την απάντησή σου.

13. Στο δοχείο έχουμε βάλει ένα χρωματισμένο υγρό (σχήμα Α).

Θερμαίνουμε το υγρό (σχήμα Β) και παρατηρούμε να ανεβαίνει η στάθμη του υγρού.

Θερμαίνουμε και άλλο και η στάθμη ανεβαίνει και άλλο. (σχήμα Γ)



Σχήμα Α
 $\theta = 10^{\circ}\text{C}$



Σχήμα Β
 $\theta = 40^{\circ}\text{C}$



Σχήμα Γ
 $\theta = 80^{\circ}\text{C}$



α) Εξήγησε, γιατί ανεβαίνει η στάθμη, όταν θερμάνουμε το υγρό.

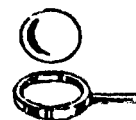
β) Το υγρό ζυγίζει τι ίδιο και στις τρεις θερμοκρασίες ή σε κάποια είναι πιο βαρύ;
Εξήγησε την απάντησή σου.

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

α. η μπάλα γίνεται μεγαλύτερη, γιατί η θερμότητα έκανε τα μόρια του μετάλλου να διασταλούν

β. η μπάλα έγινε μεγαλύτερη, επειδή πρόσθεσες μόρια θερμότητας στην μπάλα.

γ. Τα μόρια του μετάλλου έχουν ακόμη το ίδιο μέγεθος αλλά κινούνται γρηγορότερα.
Ποιος νομίζεις ότι έχει δίκαιο;



Γιατί το νομίζεις;

15. Αν βάλεις στο ψυγείο σου (για λίγη ώρα) ένα φουσκωμένο μπαλόνι, τι προβλέπεις ότι θα συμβεί;

α. Ο όγκος του μπαλονιού θα μεγαλώσει λίγο.

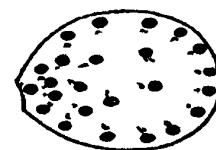
β. Ο όγκος του μπαλονιού θα μικρύνει λίγο

γ. Το μπαλόνι θα σπάσει;

δ. Το μπαλόνι θα μείνει αμετάβλητο.

ε. Τίποτε από τα παραπάνω

Δικαιολόγησε την απάντησή σου χρησιμοποιώντας μόρια



Αλλαγή κατάστασης

16. Στο κουτί 1 έχουμε παραστήσει με 12 μόρια μια μικρή ποσότητα στερεού νερού (πάγου). (τα μόρια όμως είναι πάρα πολύ μικρά) Όταν το παγάκι θερμανθεί, λιώνει και δίνει υγρό νερό. Το υγρό νερό όταν θερμανθεί, βράζει και δίνει υδρατμός (αέριο νερό).

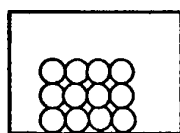
Στο κουτί 2 να παραστήσεις το υγρό νερό, που παίρνουμε με τήξη του πάγου.

Στο κουτί 3 να παραστήσεις το αέριο νερό, που παίρνουμε από το βρασμό του υγρού νερού.

1

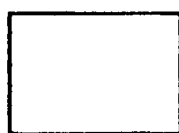
2

3



πάγος στερεό

θέρμανση



υγρό νερό

θέρμανση



υδρατμός αέριο

α. Περιγράψε με μόρια τι συμβαίνει όταν το στερεό μετατρέπεται σε υγρό

β. Περιγράψε με μόρια τι συμβαίνει όταν το υγρό μετατρέπεται σε αέριο

γ. Σε τι μοιάζουν ο πάγος, το υγρό νερό και ο υδρατμός;

δ. Σε τι διαφέρουν ο πάγος, το υγρό νερό και ο υδρατμός;

ε. Τα τρία κουτιά ζυγίζουν το ίδιο ή διαφέρουν σε βάρος; Γιατί;



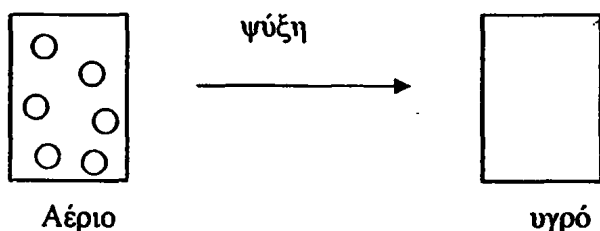
Ιδιότητες μορίων

17.α. Ο φίλος σου λέει ότι, όταν το νερό παγώνει, τα μόριά του γίνονται κρύα και σκληρά. Συμφωνείς να ή όχι. Εξήγησε την απάντησή σου.

β. Ο φίλος μου λέει ότι, αν παγώσεις λίγο νερό και αφήσεις το παγάκι να μείνει στο ψυγείο πολύ ώρα, τα μόρια του νερού θα μπορούσαν να σταματήσουν εντελώς να κινούνται. Έχει δίκαιο ο φίλος σου; Ναι ή όχι; Εξήγησε την απάντησή σου.

18. Τοποθετούμε ένα κομμάτι στερεό βούτυρο σε τηγάνι, πάνω από αναμμένο μάτι της κουζίνας. Το στερεό βούτυρο λιώνει. Στο βούτυρο προστέθηκε θερμότητα από το αναμμένο μάτι. Πώς το βούτυρο «χρησιμοποιεί αυτή την θερμότητα»; Στην απάντησή σου να χρησιμοποιήσεις και μόρια.

19. Στο πρώτο δοχείο παριστάνουμε 6 μόρια νερού σε αέρια κατάσταση (υδρατμό). Ψύχουμε τον υδρατμό και αυτός μετατρέπεται σε υγρό νερό. Σχεδιάσε τα μόρια του υγρού στο δοχείο.



α. Εξήγησε, πώς το αέριο μετατράπηκε σε υγρό. Στην εξήγησή σου να χρησιμοποιήσεις μόρια.

β. Τι έχεις να πεις σχετικά με το βάρος:

Το αέριο ζυγίζει περισσότερο;

Το αέριο ζυγίζει λιγότερο;

Τα δυο δοχεία ζυγίζουν το ίδιο;

Εξήγησε, την απάντησή σου;

20. Όταν έχεις κάνει ένα ζεστό μπάνιο, με κλειστή την πόρτα, παρατηρείς στον καθρέφτη μια υγρασία - θολούρα. Υγρασία- θολούρα εμφανίζεται και σε καπάκι πάνω από κατσαρόλα που βράζει. Εξήγησε με μόρια τι συμβαίνει όταν σχηματίζεται η θολούρα.

21. Το νερό και το οινόπνευμα είναι δυο χημικές ουσίες, διαφορετικές μεταξύ τους. Και οι δυο ουσίες είναι υγρές και άχρωμες και έτσι έχουν την ίδια εξωτερική εμφάνιση.

α. Ζωγράφισε έξι μόρια νερού και έξι μόρια οινόπνευμα και εξήγησε το σχέδιό σου.

Νερό

οινόπνευμα

β. Σε τι διαφέρουν τα μόρια οινόπνευματος από τα μόρια νερού;



22. Οι βιομηχανίες κάποιες φορές ρίχνουν βλαβερά υγρά, (υγρά λύματα) που θέλουν να τα ξεφορτωθούν, στα ποτάμια και στις λίμνες. Αν πάρεις ένα ποτήρι νερό από ένα τέτοιο ποτάμι, πριν ρυπανθεί και ένα ποτήρι νερό από ένα τέτοιο ποτάμι που ρυπάνθηκε με αυτόν τον τρόπο με ένα βλαβερό υγρό και το δεις με μαγικά γυαλιά, πώς νομίζεις ότι θα φαίνεται;
Ζωγράφισε ένα σχέδιο, χρησιμοποιώντας μόρια, και εξήγησε το σχέδιό σου



Νερό χωρίς βλαβερό υγρό



Νερό με βλαβερό υγρό

Π3. Παράρτημα Κεφαλαίου 3

Πίνακας Π3.Π1.: "Αξιοπιστία των ημικλάστων" (split-half reliability) για τις περιττές και άρτιες ερωτήσεις

		τεστΑ	τεστΒ
Cronbach's Alpha	(N=19)	0,928	0,956
Cronbach's Alpha Part 1	Value	0,875	0,917
	N of Items	10 (a)	10 (a)
Part 2	Value	0,852	0,910
	N of Items	9 (b)	9 (b)
Total N of Items		19	19
Correlation Between Forms		0,880	0,934
Spearman-Brown Coefficient	Equal Length	0,936	0,966
	Unequal Length	0,936	0,966
Guttman Split-Half Coefficient		0,935	0,962

a The items are: ερωτ.1, ερωτ.3, ερωτ.5, ερωτ.7, ερωτ.9, ερωτ.11, ερωτ.13, ερωτ.15, ερωτ.17, ερωτ.19.

b The items are: ερωτ.2, ερωτ.4, ερωτ.6, ερωτ.8, ερωτ.10, ερωτ.12, ερωτ.14, ερωτ.16, ερωτ.18

Πίνακας Π3.Π2.: Τιμές δείκτη alpha του Cronbach χωρίς την ερώτηση για έλεγχο "αξιοπιστίας εσωτερικής συνέπειας"

alpha του Cronbach χωρίς την ερώτηση	A	B	alpha του Cronbach χωρίς την ερώτηση	A	B
1	0,924	0,955	11	0,923	0,953
2	0,925	0,954	12	0,924	0,954
3	0,925	0,954	13	0,924	0,953
4	0,926	0,953	14	0,924	0,955
5	0,923	0,953	15	0,925	0,953
6	0,927	0,953	16	0,925	0,953
7	0,927	0,954	17	0,924	0,954
8	0,924	0,953	18	0,924	0,952
9	0,922	0,952	19	0,927	0,954
10	0,923	0,955			
alpha του Cronbach τεστΑ	0,928	0,956	alpha του Cronbach τεστΒ	0,928	0,956

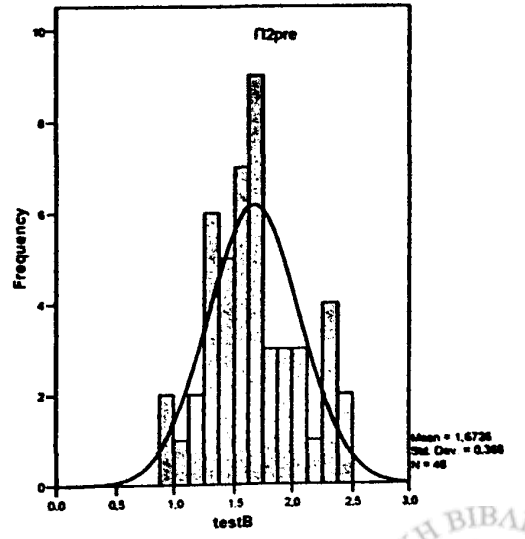
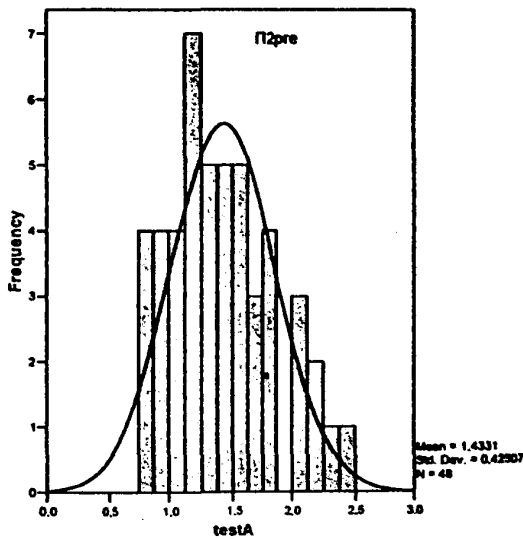
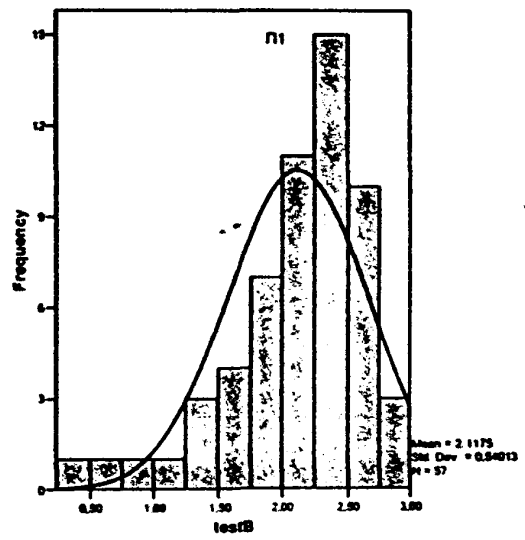
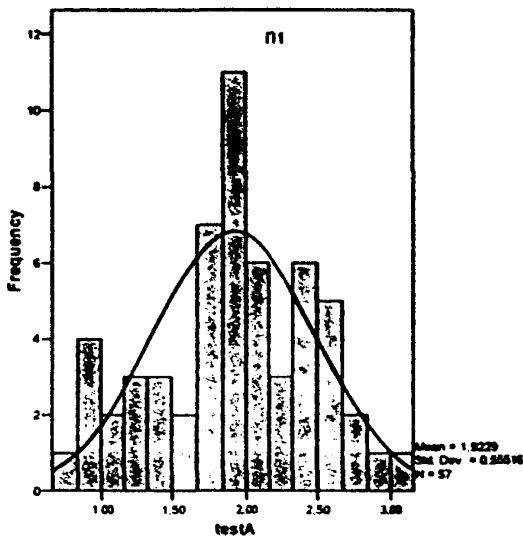
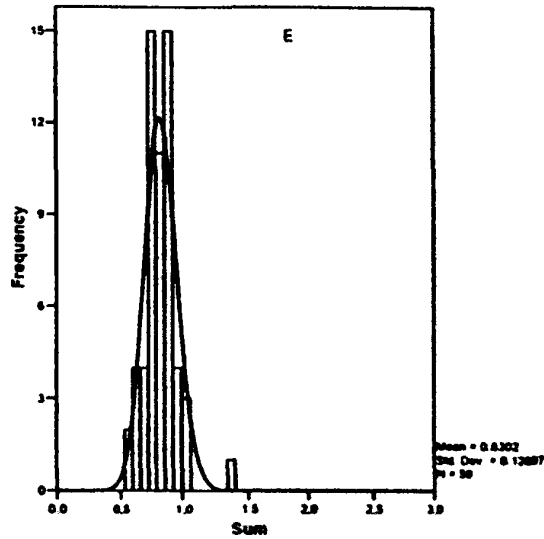
Πίνακας Π3.Π3.: "Δείκτης συνάφειας Pearson" μεταξύ ερώτησης και αθροίσματος των υπόλοιπων ερωτήσεων του ερωτηματολογίου για την εκτίμηση της εννοιολογικής δομής εγκυρότητας

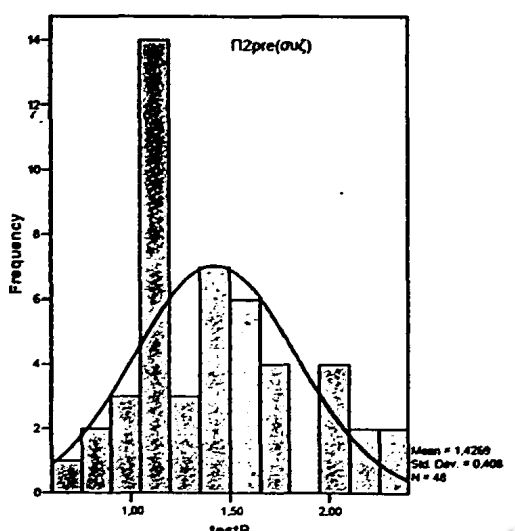
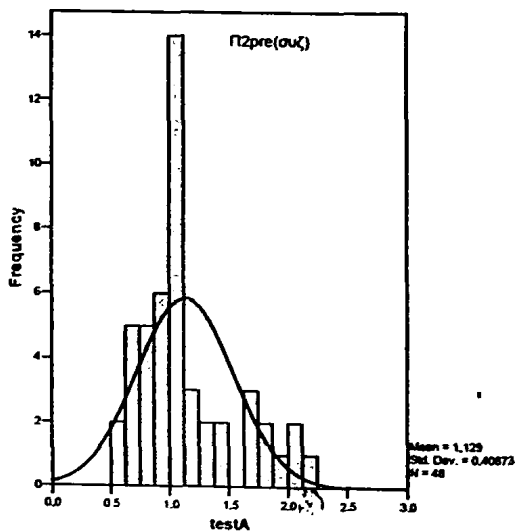
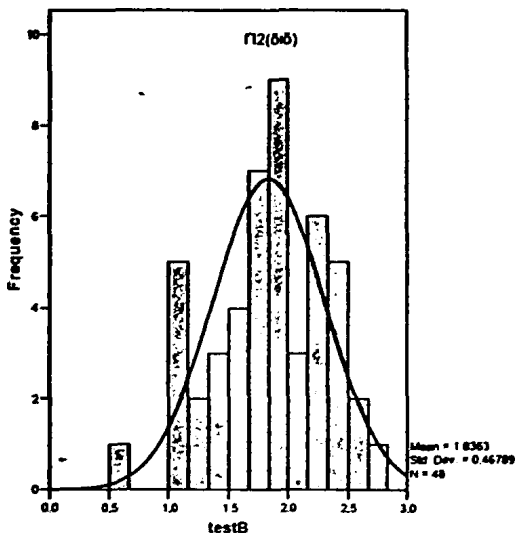
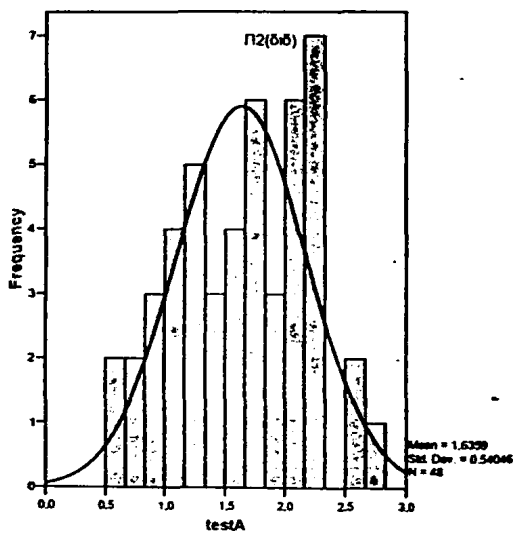
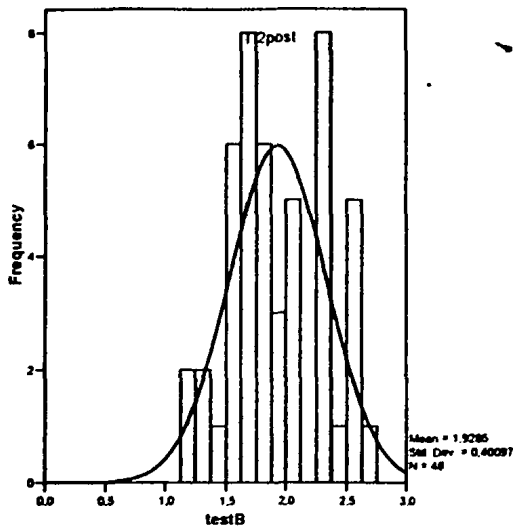
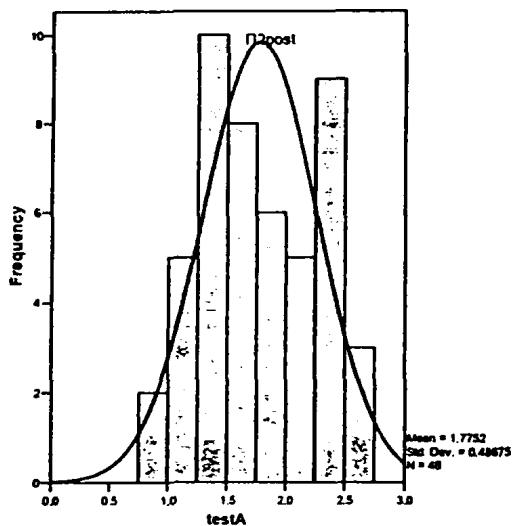
Δείκτης συνάφειας Pearson					
Ερώτηση	A	B	Ερώτηση	A	B
1	0,636	0,621	11	0,679	0,721
2	0,594	0,709	12	0,661	0,701
3	0,591	0,650	13	0,662	0,749
4	0,554	0,762	14	0,663	0,659
5	0,713	0,782	15	0,641	0,789
6	0,548	0,722	16	0,576	0,770
7	0,506	0,709	17	0,619	0,669
8	0,647	0,776	18	0,623	0,807
9	0,766	0,819	19	0,507	0,695
10	0,673	0,669			

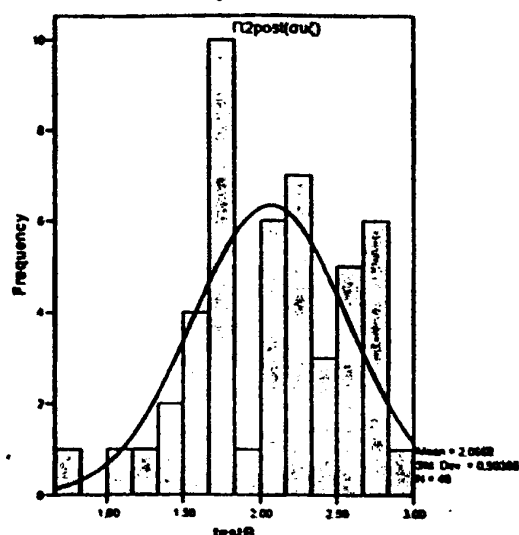
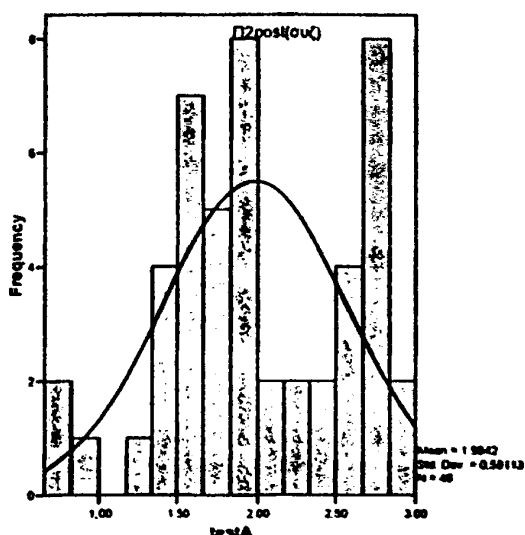
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



Κατανομή συνολικής βαθμολογίας των ομάδων Ε, Π1, Π2.







Ιστογράμματα Π3.Π1.: Ιστογράμματα για τη συνολική βαθμολογία όλων των τμημάτων

Πίνακας Π3.Π4: Τιμές και στατιστική σημαντικότητα για τις συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων στο τεστ ελέγχου μακροσκοπικών γνώσεων. Pearson Chi-Square Value

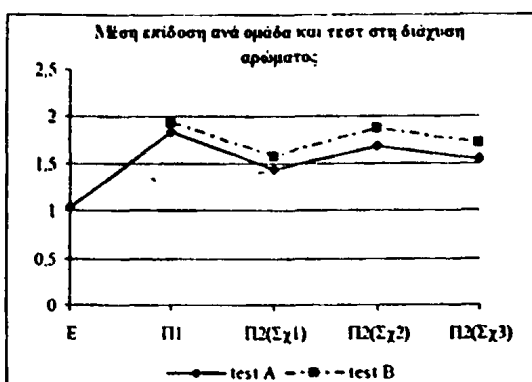
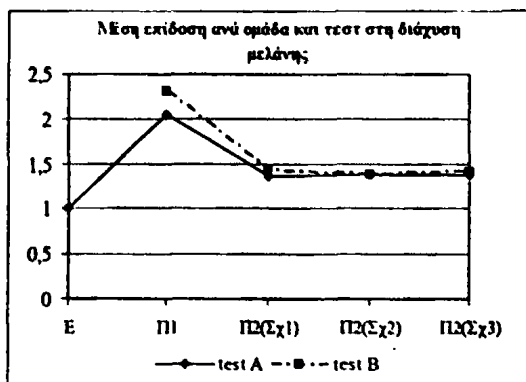
	Ε-Π1		Ε-Π2		Π1-Π2		$\chi^2_{(df=2)}$	Sig.
	$\chi^2_{(df=1)}$	Sig.	$\chi^2_{(df=1)}$	Sig.	$\chi^2_{(df=1)}$	Sig.		
Ιδιότητες	1,140	0,286	0,261	0,610	0,289	0,591	1,146	0,564
Στερεά	0,113	0,737	3,610	0,057	2,542	0,111	4,135	0,127
Υγρά	2,826	0,093	2,985	0,084	11,547	0,001	11,549	0,003
Αέρια	2,540	0,111	0,077	0,782	1,663	0,197	2,917	0,233
Στερεά, υγρά, αέρια	0,681	0,409	2,543	0,461	0,004	0,948	0,846	0,655
Διαστολή	0,152	0,697	0,025	0,873	0,296	0,586	0,324	0,850
Διάλυση	1,073	0,300	0,176	0,675	0,365	0,546	1,116	0,572
Τήξη	0,008	0,929	0,176	0,675	0,264	0,608	0,306	0,858
Πήξη	2,233	0,135	0,673	0,412	0,455	0,500	2,240	0,326
Εξάτμιση	2,363	0,124	0,153	0,696	1,264	0,261	2,649	0,266
Βρασμός	0,150	0,699	0,000	1,000	0,145	0,703	0,201	0,904
Συμπύκνωση	3,466	0,061	0,580	0,446	0,161	0,281	3,587	0,166
Αλλαγή κατάσταση	2,645	0,104	1,914	0,167	0,040	0,842	3,131	0,209
Αναγνώριση διαστολής	0,015	0,902	0,176	0,675	0,296	0,586	0,314	0,855
Αναγνώριση διάλυσης	0,931	0,335	0,025	0,874	0,624	0,430	1,092	0,579
Αναγνώριση αλλαγής κατάστασης	0,153	0,696	0,882	0,348	0,322	0,571	0,888	0,642
Αναγνώριση φαινομένων								



Π4. Παράρτημα διάχυσης υγρών και αερίων

Πίνακας Π4.Π1.: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για όλες τις ομάδες στις ερωτήσεις της διάχυσης

Ερώτηση	Ομάδα/τεστ	N	Min	Max	Mean	Std. Deviat	Variance
Διάχυση υγρού (Εξήγηση)	E	59	1	1	1,00	0,000	0,000
	Π1 test A	57	1	3	2,05	0,811	0,658
	Π1 test B	57	1	3	2,30	0,731	0,534
	Π2test A	54	0	3	1,37	0,592	0,351
	Π2test B	54	0	3	1,41	0,599	0,359
Διάχυση αερίου (Πρόβλεψη)	E	59	0	2	1,03	0,260	0,068
	Π1test A	57	1	3	1,84	0,591	0,350
	Π1test B	57	0	3	1,93	0,678	0,459
	Π2test A	54	0	2	1,56	0,538	0,289
	Π2test B	54	0	2	1,72	0,492	0,242
Σύνολο διάχυσης	E	59	0,5	1,5	1,02	0,130	0,017
	Π1testA	57	1	3	1,95	0,603	0,363
	Π1testB	57	1	3	2,11	0,620	0,384
	Π2test A	54	0	2,5	1,46	0,474	0,225
	Π2test B	54	0	2,5	1,56	0,446	0,199



Διάγραμμα Π4.Δ1.: Μέση επίδοση ανά ομάδα και τεστ στη διάχυση μελάνης και στη διάχυση αρώματος για όλες τις ομάδες

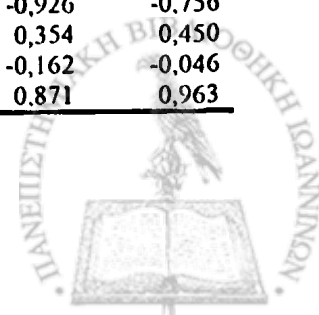
Πίνακας Π4.Π2.: Συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων E/Π1, E/Π2, Π1/Π2

E/Π1	ΜελΑ	ΑρωμΑ	A	E/Π2	ΜελΑ	ΑρωμΑ	A
Z	-7,742	-7,500	-8,978	Z	-4,606	-5,796	-6,467
Sig.	0,000	0,000	0,000	Sig.	0,000	0,000	0,000
F(1,114)	99,399	91,822	134,165	F(1,111)	23,090	44,206	48,228
Sig.	0,000	0,000	0,000	Sig.	0,000	0,000	0,000
χ^2	63,195	57,763	120,632	χ^2	26,551	37,053	61,505
df	2	3	3	df	3	2	3
Sig.	0,000	0,000	0,000	Sig.	0,000	0,000	0,000
Π1/Π2	ΜελΑ	ΜελΒ	ΑρωμΑ	ΑρωμΒ	A	B	
Z	-4,439	-5,820	-2,403	-1,756	-4,818	-4,620	
Sig.	0,000	0,000	0,016	0,079	0,000	0,000	
F(1,109)	25,389	48,985	7,1009	3,379	21,979	28,463	
Sig.	0,000	0,000	0,009	0,069	0,000	0,000	
χ^2	21,572	34,633	8,623	0,453	29,592	39,427	
df	3	3	3	3	3	3	
Sig.	0,000	0,000	0,035	0,015	0,000	0,000	

* Σημείωση: Συγκρίσεις των επιμέρους τμημάτων του Π2 το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U

		ΜελΑ	ΜελΒ	ΑρωμΑ	ΑρωμΒ	A	B
Π2(Σχ1)/Π2(Σχ2)	Z	-0,129	-0,251	-1,404	-1,844	-0,949	-0,833
	Sig.	0,897	0,802	0,160	0,065	0,343	0,405
Π2(Σχ1)/Π2(Σχ3)	Z	-0,423	-0,241	-0,761	-1,009	-0,926	-0,756
	Sig.	0,673	0,809	0,447	0,313	0,354	0,450
Π2(Σχ2)/Π2(Σχ3)	Z	-0,305	-0,539	-0,735	-0,993	-0,162	-0,046
	Sig.	0,761	0,590	0,462	0,321	0,871	0,963

1. Διάχυση μελάνης (Περιγραφή) 2. Διάχυση αερίου (Πρόβλεψη)



Πίνακας Π4.Π3.: Συγκρίσεις Wilcoxon Signed Ranks Test εντός των ομάδων μεταξύ τεστΑ και τεστΒ

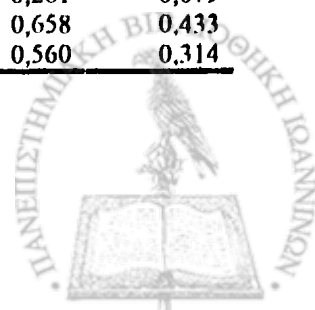
		1A/1B	2A/2B	A/B	1A/2A	1B/2B
Ε	Z				-1,000	
	Sig				0,317	
Π1	Z	-2,841	-1,291	-3,300	-2,071	-3,652
	Sig	0,005	0,197	0,001	0,038	0,000
Π2	Z	-0,816	-2,714	-2,524	-2,132	-2,777
	Sig	0,414	0,007	0,012	0,033	0,005
Π2(Σγ1)	Z	-1,000	1,414	-1,342	0,577	1,000
	Sig	0,317	0,157	0,180	0,564	0,317
Π2(Σγ2)	Z	-0,000	1,732	-1,134	-1,890	2,530
	Sig	1,000	0,083	0,257	0,059	0,011
Π2(Σγ3)	Z	1,000	1,633	-1,890	-1,155	-1,941
	Sig	0,317	0,102	0,059	0,248	0,052

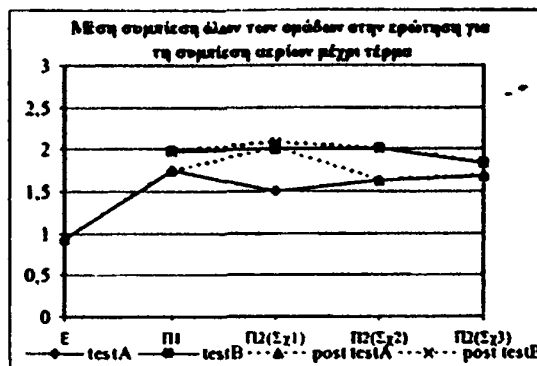
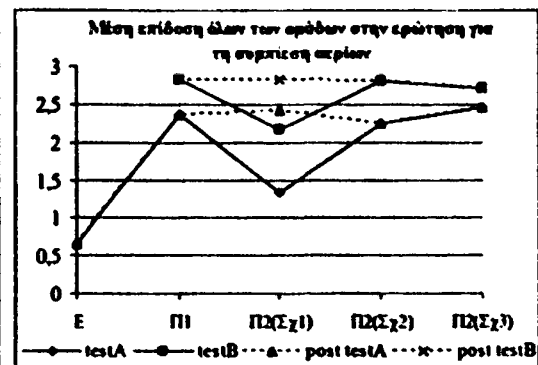
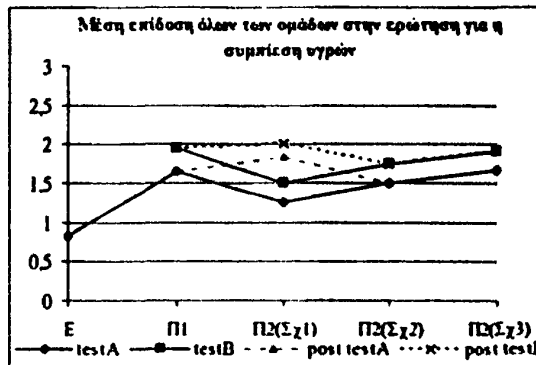
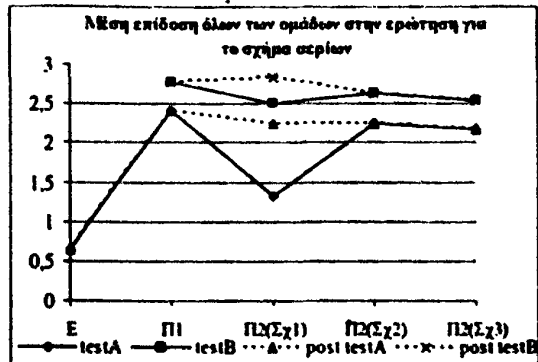
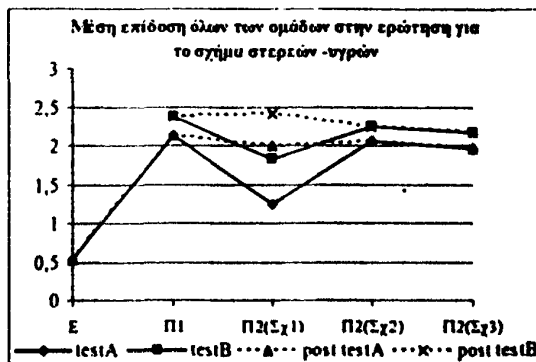


Π5. Παράρτημα ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων

Πίνακας Π5.Π1.: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για όλες τις ομάδες στις ερωτήσεις της ενότητας "Ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων".

Ερώτηση	Ομάδα/τεστ	N	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.	Variance
1. Σχήμα στερεού Υγρού (Περιγραφή)	E	59	0	2	0,53	0,537	0,288
	Π1 testA	57	0	3	2,12	0,683	0,467
	Π1 testB	57	0	3	2,37	0,587	0,344
	Π2(συζ)pretestA	12	0	2	1,25	0,622	0,386
	Π2(συζ)pretestB	12	1	2	1,83	0,389	0,152
	Π2(συζ)posttestA	12	0	3	2,00	0,853	0,727
	Π2(συζ)posttestB	12	2	3	2,42	0,515	0,265
	Π2(διδ)testA	40	0	3	2,00	0,641	0,410
	Π2(διδ)testB	40	0	3	2,20	0,648	0,421
2. Σχήμα αερίου (πρόβλεψη)	E	59	0	2	0,64	0,517	0,268
	Π1 testA	57	0	3	2,40	0,704	0,495
	Π1 testB	57	0	3	2,77	0,568	0,322
	Π2(συζ)pretestA	12	0	3	1,33	1,073	1,152
	Π2(συζ)pretestB	12	1	3	2,50	0,798	0,636
	Π2(συζ)posttestA	12	0	3	2,25	1,138	1,295
	Π2(συζ)posttestB	12	2	3	2,83	0,389	0,152
	Π2(διδ)testA	40	0	3	2,20	0,883	0,779
	Π2(διδ)testB	40	0	3	2,58	0,781	0,610
3. Συμπύεση υγρού (πρόβλεψη)	E	59	0	1	0,83	0,378	0,143
	Π1 testA	57	0	3	1,65	0,694	0,482
	Π1 testB	57	0	3	1,95	0,666	0,444
	Π2(Σχ1)pretestA	12	0	2	1,25	0,622	0,386
	Π2(Σχ1)pretestB	12	1	2	1,50	0,522	0,273
	Π2(Σχ1)posttestA	12	1	2	1,83	0,389	0,152
	Π2(Σχ1)posttestB	12	1	3	2,00	0,426	0,182
	Π2(διδ)testA	40	0	3	1,60	0,900	0,810
	Π2(διδ)testB	40	0	3	1,85	0,736	0,541
4. Συμπύεση αερίου (πρόβλεψη)	E	59	0	1	0,66	0,477	0,228
	Π1 testA	57	0	3	2,37	1,096	1,201
	Π1 testB	57	0	3	2,82	0,658	0,433
	Π2(συζ)pretestA	12	0	3	1,33	1,073	1,152
	Π2(συζ)pretestB	12	1	3	2,17	1,030	1,061
	Π2(συζ)posttestA	12	0	3	2,42	1,084	1,174
	Π2(συζ)posttestB	12	1	3	2,83	0,577	0,333
	Π2(διδ)testA	40	0	3	2,38	1,125	1,266
	Π2(διδ)testB	40	0	3	2,75	0,776	0,603
5. Συμπύεση μέχρι τέρμα (πρόβλεψη)	E	59	0	1	0,93	0,254	0,064
	Π1 testA	57	0	3	1,74	0,695	0,483
	Π1 testB	57	0	3	1,96	0,499	0,249
	Π2(συζ)pretestA	12	1	3	1,50	0,674	0,455
	Π2(συζ)pretestB	12	1	3	2,00	0,426	0,182
	Π2(συζ)posttestA	12	1	3	2,00	0,426	0,182
	Π2(συζ)posttestB	12	2	3	2,08	0,289	0,083
	Π2(διδ)testA	40	0	3	1,65	0,700	0,490
	Π2(διδ)testB	40	0	3	1,90	0,496	0,246
Σύνολο	E	59	0,2	1,4	0,72	0,255	0,065
	Π1 testA	57	0,8	3	2,06	0,560	0,314
	Π1 testB	57	0	3	2,38	0,493	0,243
	Π2(συζ)pretestA	12	0,6	2,4	1,33	0,651	0,424
	Π2(συζ)pretestB	12	1,4	2,6	2,00	0,381	0,145
	Π2(συζ)posttestA	12	0,6	2,8	2,10	0,618	0,382
	Π2(συζ)posttestB	12	1,8	3	2,43	0,281	0,079
	Π2(διδ)testA	40	0	3	1,97	0,658	0,433
	Π2(διδ)testB	40	0	3	2,26	0,560	0,314





Διαγράμματα Π5.Δ1.: Μέση επίδοση ανά ομάδα και τεστ στις ερωτήσεις της ενότητας Ιδιότητες της ύλης

Πίνακας Π5.Π2.: Συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων στις ερωτήσεις της ενότητας "Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων"

	testA	testB		testA	testB
Π1/Π2(συζ)pre Z	-3,249	-3,265	Π1/Π2(διδ)Z	-,614	-1,600
Sig.	0,001	0,001	Sig.	0,539	0,110
F(1/67)	15,597	6,157	F(1/95)	0,538	1,253
Sig.	0,000	0,016	Sig.	0,465	0,266
$\chi^2_{df=3}$	44,454	42,025	$\chi^2_{df=3}$	5,813	3,286
Sig.	0,000	0,000	Sig.	0,121	0,350
Π1/Π2(συζ)post Z	-0,456	-0,284	Π2(συζ)pre/ Π2(διδ)Z	-2,690	-2,346
Sig.	0,648	0,777	Sig.	0,007	0,019
F(1/67)	0,059	0,154	F(1/50)	8,550	2,169
Sig.	0,809	0,696	Sig.	0,005	0,147
$\chi^2_{df=3}$	2,153	2,077	$\chi^2_{df=3}$	46,324	31,460
Sig.	0,541	0,557	Sig.	0,000	0,000
Π2(συζ)post/ Π2(διδ)Z	-0,811	-0,833			
Sig.	0,417	0,405			
F(1/50)	0,390	1,120			
Sig.	0,530	0,295			
$\chi^2_{df=3}$	1,176	3,772			
Sig.	0,759	0,287			



Σημείωση: Σύγκρισεις των επιμέρους τμημάτων του Π2 το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U

	testA	testB		testA	testB
Π2(Σχ1)pre/Π2(Σχ2)Z	-2,128	-2,074	Π2(Σχ1)post/Π2(Σχ3)Z	-0,881	-0,888
Sig.	0,033	0,038	Sig.	0,378	0,374
Π2(Σχ1)post/Π2(Σχ2)Z	-0,517	-0,560	Π2(Σχ2)/Π2(Σχ3)Z	-0,251	-0,270
Sig.	0,605	0,576	Sig.	0,802	0,787
Π2(Σχ1)pre/Π2(Σχ3)	-2,620	-2,124			
Sig.	0,009	0,034			

Πίνακας Π5.Π2.: Σύγκρισεις μεταξύ των ομάδων στις ερωτήσεις της ενότητας "Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων" (συνέχεια)

E/Π1	A	E/Π2(συζ)pre	A	E/Π2(συζ)post	A	E/Π2(διδ)	A
Z	-8,951	Z	-3,497	Z	-4,891	Z	-7,349
Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000
F(1,114)	276,926	F(1/69)	30,817	F(1/69)	164,742	F(1/97)	174,025
Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000
$\chi^2_{df=3}$	362,430	$\chi^2_{df=3}$	98,924	$\chi^2_{df=3}$	272,927	$\chi^2_{df=3}$	323,647
Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000

Πίνακας Π5.Π3.: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για τις E και Π1 στην ενότητα "Ιδιότητες στερεών υγρών και αερίων" στο testA και στο testB

E	2 - 1	3 - 1	4 - 1	5 - 1	3 - 2	4 - 2	5 - 2	4 - 3	5 - 3	5 - 4
Z	-1,807	-3,674	-1,372	-4,382	-2,400	-,192	-3,272	-2,357	-1,897	-3,771
Sig.	0,071	0,000	0,170	0,000	0,016	0,847	0,001	0,018	0,058	0,000
Π1	2 - 1	3 - 1	4 - 1	5 - 1	3 - 2	4 - 2	5 - 2	4 - 3	5 - 3	5 - 4
Z	-4,890	-5,773	-3,959	-5,345	-8,391	-0,225	-8,040	-7,893	-0,766	-7,799
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,822	0,000	0,000	0,444	0,000
Π1	A2 - A1	A3 - A1	A4 - A1	A5 - A1	A3 - A2	A4 - A2	A5 - A2	A4 - A3	A5 - A3	A5 - A4
Z	-2,629	-3,994	-1,736	-3,244	-5,462	-,137	-4,989	-4,752	-7,69	-4,433
Sig.	0,009	0,000	0,083	0,001	0,000	0,891	0,000	0,000	0,442	0,000
Π1	B2 - B1	B3 - B1	B4 - B1	B5 - B1	B3 - B2	B4 - B2	B5 - B2	B4 - B3	B5 - B3	B5 - B4
Z	-4,426	-4,217	-4,333	-4,600	-6,441	-,905	-6,374	-6,538	-,243	-6,731
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,366	0,000	0,000	0,808	0,000
Π1	B1 - A1	B2 - A2	B3 - A3	B4 - A4	B5 - A5	B - A				
Z	-3,300	-4,082	-3,392	-3,090	-2,804	-4,979				
Sig.	0,001	0,000	0,001	0,002	0,005	0,000				

Πίνακας Π5.Π4.: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για το Π2(συζ) Π2(Σχ1) στην ενότητα "Ιδιότητες στερεών υγρών και αερίων" στο testA στο testB πριν και μετά τη συζήτηση

Π2(συζ)pre	2A-1A	3A-1A	4A-1A	5A-1A	3A-2A	4A-2A	5A-2A	4A-3A	5A-3A	5A-4A
Z	-0,302	0,000	-,302	-1,342	-0,333	0,000	-0,816	-0,264	-1,342	-,707
Sig.	0,763	1,000	0,763	0,180	0,739	1,000	0,414	0,792	0,180	0,480
Π2(συζ)pre	2B-1B	3B-1B	4B-1B	5B-1B	3B-2B	4B-2B	5B-2B	4B-3B	5B-3B	5B-4B
Z	-1,999	-1,633	-1,069	-1,414	-2,762	-0,966	-1,732	-1,903	-2,449	-,535
Sig.	0,046	0,102	0,285	0,157	0,006	0,334	0,083	0,057	0,014	0,593
Π2(συζ)post	2A-1A	3A-1A	4A-1A	5A-1A	3A-2A	4A-2A	5A-2A	4A-3A	5A-3A	5A-4A
Z	-0,828	-0,816	-1,890	0,000	-1,387	-0,412	-0,687	-2,111	-1,414	-1,387
Sig.	0,408	,414	0,059	1,000	0,166	0,680	0,492	0,035	0,157	0,166
Π2(συζ)post	2B-1B	3B-1B	4B-1B	5B-1B	3B-2B	4B-2B	5B-2B	4B-3B	5B-3B	5B-4B
Z	-2,236	-1,890	-1,890	-2,000	-2,887	0,000	-3,000	-2,673	-1,000	-2,714
Sig.	,025	0,059	0,059	0,046	0,004	1,000	0,003	0,008	0,317	0,007
Π2(συζ)pre	B1 - A1	B2 - A2	B3 - A3	B4 - A4	B5 - A5	B - A				
Z	-2,333	-2,913	-,1732	-2,271	-2,449	-2,955				
Sig.	0,020	0,004	0,083	0,023	0,014	0,003				
Π2(συζ)post	B1 - A1	B2 - A2	B3 - A3	B4 - A4	B5 - A5	B - A				
Z	-1,890	-1,841	-,1414	-1,633	-1,000	-2,388				
Sig.	0,059	0,066	0,157	0,102	0,317	0,017				



Πίνακας Π5.Π5.: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για την ομάδα Π2(συσ)pre/post στις ερωτήσεις της ενότητας "Ιδιότητες στερεών υγρών και αερίων"

	1postA	1postB	2postA	2postB	3postA	3postB	4postA	4postB	5postA	5postB
Z	-2,309	-2,646	-2,326	-1,633	-2,333	-2,449	-2,333	-2,000	-2,449	-1,000
Sig.	0,021	0,008	0,020	0,102	0,020	0,014	0,020	0,046	0,014	0,317
	1post - 1pre	2post - 2pre	3post - 3pre	4post - 4pre	5post - 5pre	postA - preA	postB - preB	post - pre		
Z	-2,803	-2,751	-2,414	-2,232	-2,333	-2,943	-2,971	-3,065		
Sig.	0,005	0,006	0,016	0,026	0,020	0,003	0,003	0,002		

Πίνακας Π5.Π6.: Συχνότητες και ποσοστά ανά κατηγορία απαντήσεων πριν και μετά τη συζήτηση για τις Π2(Σχ1)pre/post

τεστA	Π2(συσ)pre	Συχνότητα	Μη κατανόηση	Εναλλακτική	Εν μέρει αποδεκτή	Πλήρως αποδεκτή
		Ποσοστό	7	32	15	6
			11,7%	53,3%	25,0%	10,0%
	Π2(συσ)post	Συχνότητα	4	6	30	20
		Ποσοστό	6,7%	10,0%	50,0%	33,3%
τεστB	Π2(συσ)pre	Συχνότητα		16	28	16
		Ποσοστό		26,7%	46,7%	26,7%
	Π2(συσ)post	Συχνότητα		2	30	28
		ποσοστό		3,3%	50,0%	46,7%

Τα ποσοστά υπολογίστηκαν για τους 12 μαθητές που έλαβαν μέρος στις ομάδες στις πέντε ερωτήσεις της ενότητας

Πίνακας Π5.Π7.: Στατιστικές συγκρίσεις για τα τμήματα Π2(Σχ1) πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες

Συγκρίσεις μεταξύ pre/post για την Π2(Σχ1)	Pearson Chi-Square Value	df	Sig.
ΤεστA	31,146	3	0,000
ΤεστB	14,231	2	0,001

Πίνακας Π5.Π8.: Επδόσεις των μαθητών του Π2(συσ) (Π2(Σχ1)) πριν και μετά τη συζήτηση στις ερωτήσεις της ενότητας "Ιδιότητες στερεών, υγρών και αερίων"

	Σχήμα στερεών υγρών				Σχήμα αερίων				Συμπύεση υγρών				Συμπύεση αερίων				Συμπύεση μέχρι τέρμα			
	pre A	pre B	post A	post B	pre A	pre B	post A	post B	pre A	pre B	post A	post B	pre A	pre B	post A	post B	pre A	pre B	post A	post B
1M1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	3	3	1	2	2	2
M8	0	2	3	3	1	3	3	3	1	1	2	2	1	1	3	3	1	2	2	2
M10	1	1	2	2	1	3	2	3	2	2	2	2	0	1	3	3	2	2	2	2
2M4	2	2	2	3	0	1	2	3	1	1	1	1	1	3	1	3	1	2	1	2
M5	1	2	0	2	0	1	0	2	1	1	1	2	0	1	0	1	1	2	2	2
M6	1	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2
3M2	2	2	3	3	3	3	3	3	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
M9	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2
M11	1	2	2	2	1	2	0	3	1	2	2	2	1	1	3	3	1	2	2	2
4M7	2	2	2	3	2	3	3	3	2	2	2	2	1	3	3	3	2	2	2	2
M12	1	1	1	2	2	3	3	3	1	1	2	2	1	3	1	3	1	1	2	2
M13	1	2	2	2	0	3	3	3	0	1	2	2	1	3	3	3	1	2	2	2
	1,25	1,83	2,00	2,42	1,33	2,50	2,25	2,83	1,25	1,50	1,83	2,00	1,33	2,17	2,42	2,83	1,50	2,00	2,00	2,08



Π6. Παράρτημα θερμικής διαστολής και συστολής

Πίνακας Π6.Π1: Στατιστική σύγκριση των απαντήσεων για τις ιδιότητες μορίων στη θερμική διαστολή για όλες τις ομάδες στο τεστ Β.

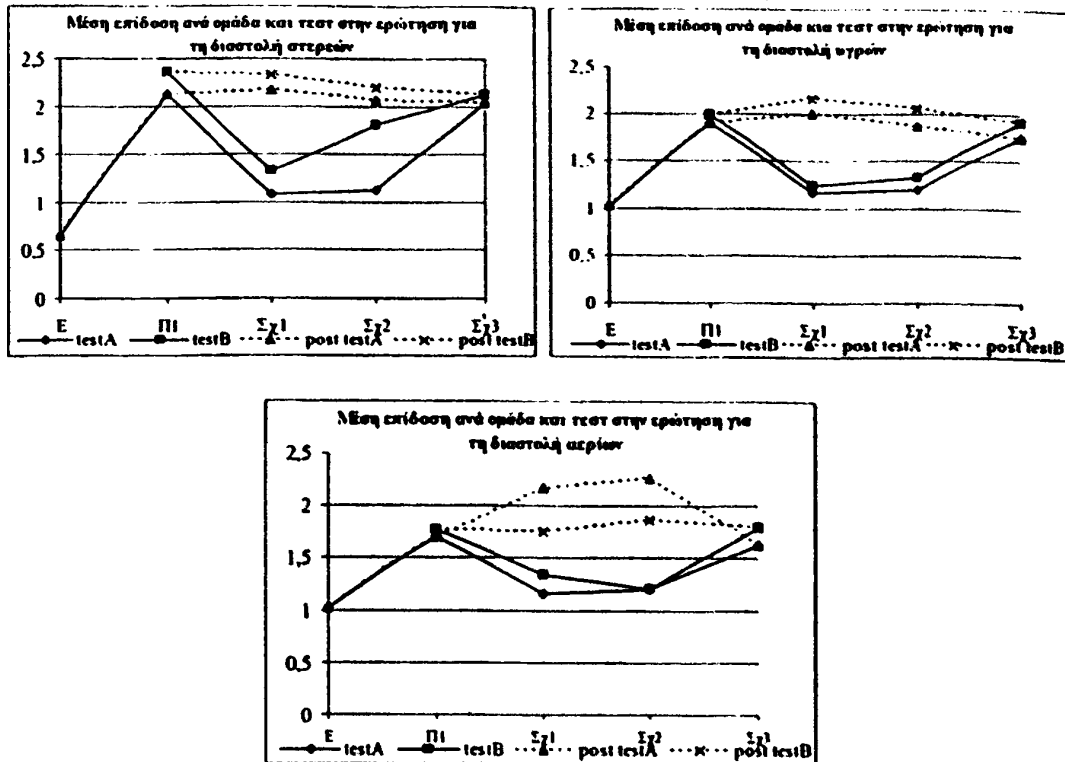
Ομάδες	Pearson Chi-Square Value (df = 1)	Sig.	Ομάδες	Pearson Chi-Square Value (df = 1)	Sig.
Π1/Π2(διδ)	0,145	0,704	Π2(διδ)/Π2(συζ)pre	4,055	0,044
Π1/Π2(συζ)pre	4,839	0,029	Π2(διδ)/Π2(συζ)post	1,360	0,244
Π1/Π2(συζ)post	2,552	0,110	Π2(συζ)pre/Π2(συζ)post	9,290	0,002

Πίνακας Π6.Π2.: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για όλες τις ομάδες στην ενότητα της θερμικής διαστολής

Ερώτηση	Ομάδα/τεστ	N	Min	Max	Mean	Std. Deviation	Variance
Διαστολή στερεού	E	59	0	3	0,64	0,580	0,337
	Π1test A	57	0	3	2,12	0,927	0,860
	Π1test B	57	0	3	2,35	0,719	0,518
	Π2(συζ)pretestA	27	0	3	1,11	0,847	0,718
	Π2(συζ)pretestB	27	0	3	1,59	0,747	0,558
	Π2(συζ)posttestA	27	0	3	2,11	0,751	0,564
	Π2(συζ)posttestB	27	1	3	2,26	0,526	0,276
	Π2(διδ)testA	24	0	3	2,04	0,859	0,737
	Π2(διδ)testB	24	1	3	2,13	0,797	0,636
Διαστολή υγρών	E	59	1	2	1,02	0,130	0,017
	Π1test A	57	1	3	1,89	0,772	0,596
	Π1test B	57	0	3	1,98	0,813	0,660
	Π2(συζ)pretestA	27	1	3	1,19	0,483	,234
	Π2(συζ)pretestB	27	1	3	1,30	0,542	,293
	Π2(συζ)posttestA	27	1	3	1,93	0,730	,533
	Π2(συζ)posttestB	27	1	3	2,11	0,641	,410
	Π2(διδ)testA	24	1	3	1,75	0,737	0,543
	Π2(διδ)testB	24	1	3	1,92	0,830	0,688
Διαστολή αερίων	E	59	1	2	1,02	0,130	0,017
	Π1test A	57	0	3	1,70	0,823	0,677
	Π1test B	57	0	2	1,77	0,464	0,215
	Π2(συζ)pretestA	27	1	3	1,19	0,483	0,234
	Π2(συζ)pretestB	27	1	2	1,26	0,447	0,199
	Π2(συζ)posttestA	27	1	3	2,22	0,506	0,256
	Π2(συζ)posttestB	27	1	2	1,81	0,396	0,157
	Π2(διδ)testA	24	1	3	1,63	0,711	0,505
	Π2(διδ)testB	24	1	2	1,79	0,415	0,172
Σύνολο	E	59	0,67	2,33	0,89	0,251	0,063
	Π1test A	57	0,67	3	1,91	0,704	0,495
	Π1test B	57	0,33	2,67	2,04	0,583	0,340
	Π2(συζ)pretestA	27	0,67	3	1,16	0,492	0,242
	Π2(συζ)pretestB	27	0,67	2	1,38	0,441	0,194
	Π2(συζ)posttestA	27	1,33	3	2,09	0,544	0,296
	Π2(συζ)posttestB	27	1,00	2	2,06	0,393	0,154
	Π2(διδ)testA	24	0,67	3	1,81	0,680	0,463
	Π2(διδ)testB	24	1	2,67	1,94	0,595	0,354

1. Διαστολή στερεού (εξήγηση) 2. Διαστολή υγρών (πρόβλεψη) 3. Διαστολή αερίων (πρόβλεψη)





Διάγραμμα Π6.Δ1.: Μέση επίδοση ανά ομάδα και τεστ στις ερωτήσεις για τη διαστολή στερεού, υγρού και αερίου

Πίνακας Π6.Π3.: Στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων στο σύνολο των δυο τεστ Α και Β στην ενότητα "Θερμική διαστολή"

E/Π1	A	E/Π2(διδ)	A	E/Π2(συζ)pre	A	E/Π2(συζ)post	A	
Z	-7,776	Z	-6,005	Z	-2,603	Z	-7,584	
Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,009	Sig.	0,000	
F(1,114)	106,804	F(1,81)	80,515	F(1,84)	11,209	F(1,84)	195,521	
Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,001	Sig.	0,000	
$\chi^2_{df=3}$	164,547	$\chi^2_{df=3}$	119,241	$\chi^2_{df=3}$	24,980	$\chi^2_{df=3}$	188,6	
Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000	
Π1/Π2(διδ)	A	B	Π1/Π2(συζ)pre	A	B	Π1/Π2(συζ)post	A	B
Z	-0,622	-0,741	Z	-4,616	-4,672	Z	-1,075	-0,332
Sig.	0,534	0,459	Sig.	0,000	0,000	Sig.	0,282	0,740
F(1,79)	0,354	0,403	F(1,82)	24,567	26,546	F(1,82)	1,374	0,046
Sig.	0,554	0,527	Sig.	0,000	0,000	Sig.	0,244	0,830
χ^2	2,070	5,987	χ^2	51,991	53,991	χ^2	10,783	5,391
df	3	3	df	3	3	df	3	3
Sig.	0,558	0,112	Sig.	0,000	0,000	Sig.	0,013	0,145
Π2(Σχ3)/Π2(συζ)pre	A	B	Π2(Σχ3)/Π2(συζ)post	A	B			
Z	-3,529	-3,296	Z	-1,502	-0,747			
Sig.	0,000	0,001	Sig.	0,133	0,455			
F(1,49)	15,281	14,890	F(1,49)	2,679	0,704			
Sig.	0,000	0,000	Sig.	0,108	0,405			
χ^2	30,132	23,922	χ^2	10,539	7,209			
df	3	3	df	3	2			
Sig.	0,000	0,000	Sig.	0,014	0,027			

Σημείωση: Συγκρίσεις των επιμέρους τμημάτων του Π2 το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U

	testA	testB		testA	testB
Π2(Σχ1)pre/Π2(Σχ2)pre Z	-0,130	-0,831	Π2(Σχ1)post/Π2(Σχ3)Z	-1,314	-0,687
Sig.	0,896	0,406	Sig.	0,189	0,492
Π2(Σχ1)post/Π2(Σχ2)post Z	-0,223	-0,156	Π2(Σχ2)pre/Π2(Σχ3)Z	-2,900	-2,600
Sig.	0,823	0,876	Sig.	0,004	0,009
Π2(Σχ1)pre/Π2(Σχ3)Z	-2,843	-2,858	Π2(Σχ2)post/Π2(Σχ3)Z	-1,169	-0,546
Sig.	0,004	0,004	Sig.	0,242	0,585

Πίνακας Π6.Π3.: Στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων στο σύνολο των δυο τεστ Α και Β (και για την ερώτηση 3) στην ενότητα "Θερμική διαστολή" (συνέχεια)

Π1/Π2(συζ)pre	3A	3B	Π1/Π2(συζ)post	3A	3B
Z	-3,081	-4,516	Z	-2,978	-0,302
Sig.	0,002	0,000	Sig.	0,003	0,762
F(1,82)	9,110	22,930	F(1,82)	9,126	0,172
Sig.	0,003	0,000	Sig.	0,003	0,680
χ^2	13,990	23,689	χ^2	15,313	0,494
df	3	2	df	3	2
Sig.	0,003	0,000	Sig.	0,002	0,781
Π2(διδ)/Π2(συζ)pre	3A	3B	Π2(διδ)/Π2(συζ)post	3A	3B
Z	-2,641	-3,759	Z	-3,207	-0,206
Sig.	0,008	0,000	Sig.	0,001	0,837
F(1,49)	6,804	19,301	F(1,49)	12,140	0,042
Sig.	0,012	0,000	Sig.	0,001	0,839
χ^2	7,306	14,412	χ^2	14,352	0,043
df	2	1	df	2	1
Sig.	0,026	0,000	Sig.	0,001	0,835

Πίνακας Π6.Π4.: Σύγκριση Wilcoxon Signed Ranks Test μεταξύ των ζευγών των ερωτήσεων για την ομάδα E, Π1 στην ενότητα της Θερμικής διαστολής

E	2 - 1	3 - 1	3 - 2	Π1	2 - 1	3 - 1	3 - 2
Z	-4,491	-4,491	0,000	Z	-3,249	-4,579	-2,598
Sig.	,000	,000	1,000	Sig.	0,001	0,000	0,009
Π1	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	B - A			
Z	-2,804	-1,667	-0,730	Z	-2,545		
Sig.	0,005	0,096	0,465	Sig.	0,011		
Π1	2A - 1A	3A - 1A	3A - 2A	2B - 1B	3B - 1B	3B - 2B	
Z	-1,969	-3,212	-2,057	Z	-4,001	-5,277	-2,353
Sig.	0,049	0,001	0,040	Sig.	0,000	0,019	

Πίνακας Π6.Π5.: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test των ερωτήσεων για την ομάδα Π2(συζ) πριν και μετά τη συζήτηση στην ενότητα της Θερμικής διαστολής.

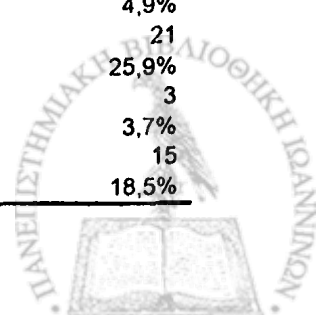
Π2(συζ)pre	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	B - A			
Z	-2,229	-1,732	-0,816	Z	-2,489		
Sig.	0,026	0,083	0,414	Sig.	0,013		
Π2(συζ)pre	2A - 1A	3A - 1A	3A - 2A	2B - 1B	3B - 1B	3B - 2B	
Z	-0,462	-0,462	0,000	Z	-2,000	-2,065	-0,378
Sig.	0,644	0,644	1,000	Sig.	0,046	0,039	0,705
Π2(συζ)post	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	B - A			
Z	-1,633	-2,236	-3,051	Z	-0,452		
Sig.	0,102	0,025	0,002	Sig.	0,651		
Π2(συζ)post	2A - 1A	3A - 1A	3A - 2A	2B - 1B	3B - 1B	3B - 2B	
Z	-1,291	-0,832	-2,309	Z	-1,265	-2,972	-2,309
Sig.	0,197	0,405	0,021	Sig.	0,206	0,003	0,021

Πίνακας Π6.Π5.: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για τις ομάδες Π2(συζ)pre/post στις ερωτήσεις της ενότητας Θερμικής διαστολής (συνέχεια)

Π2(Συζ)	postA - preA	postB - preB	pre - post	preB - preA	postB - postA
Z	-7,058	-6,833	-7,237	-2,780	-0,408
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,005	0,683

Πίνακας Π6.Π6.: Συχνότητες και ποσοστά ανά κατηγορία απαντήσεων πριν και μετά τη συζήτηση για την Π2(συζ)

τεστA	Π2(συζ)pre	Μη κατανόηση				
		Ευαλακτική	Εν μέρει αποδεκτή	Πλήρως αποδεκτή		
	Συχνότητα	6	60	11	4	
	Ποσοστό	7,4%	74,1%	13,6%	4,9%	
	Π2(συζ) post	Συχνότητα	1	12	47	21
	Ποσοστό	1,2%	14,8%	58,0%	25,9%	
τεστB	Π2(συζ)pre	Συχνότητα	2	49	27	3
	Ποσοστό	2,5%	60,5%	33,3%	3,7%	
	Π2(συζ) post	Συχνότητα	0	10	56	15
	Ποσοστό	,0%	12,3%	69,1%	18,5%	



Πίνακας Π6.Π7.: Στατιστικές συγκρίσεις για τα τμήματα Π2(συζ) πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες

Συγκρίσεις μεταξύ pre/post	Pearson Chi-Square Value df =3	Sig.
Π2(συζ)ΤεστΑ	69,476	0,000
Π2(συζ)ΤεστΒ	45,912	0,000
Π2(συζ)	112,746	0,000

Πίνακας Π6.Π8.: Επιδόσεις των μαθητών του Π2(Σχ1) στις ερωτήσεις της ενότητας "Θερμική διαστολή"

		Διαστολή στερεού				Διαστολή υγρού				Διαστολή αερίου			
		pre τεστΑ	pre τεστΒ	post τεστΑ	post τεστΒ	pre τεστΑ	pre τεστΒ	post τεστΑ	post τεστΒ	pre τεστΑ	pre τεστΒ	post τεστΑ	post τεστΒ
1	M1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
	M8	0	2	2	2	1	1	2	2	1	2	2	2
	M10	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2
2	M4	3	3	3	3	1	1	2	2	1	1	2	1
	M5	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1
	M6	2	0	3	3	1	1	2	2	1	1	2	1
3	M2	0	2	3	3	2	2	3	3	2	2	3	2
	M9	1	1	3	3	1	2	3	3	1	2	3	2
	M11	0	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
4	M7	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2
	M12	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	2
	M13	1	1	2	2	1	1	2	3	1	1	2	2

Πίνακας Π6.Π9.: Επιδόσεις των μαθητών του Π2(Σχ2) στις ερωτήσεις της ενότητας "Θερμική διαστολή"

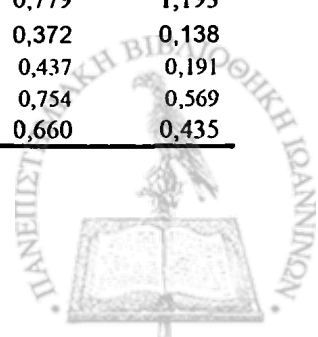
		Διαστολή στερεού				Διαστολή υγρού				Διαστολή αερίου			
		pre τεστΑ	pre τεστΒ	post τεστΑ	post τεστΒ	pre τεστΑ	pre τεστΒ	post τεστΑ	post τεστΒ	pre τεστΑ	pre τεστΒ	post τεστΑ	post τεστΒ
1	M1	0	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
	M6	1	2	3	3	1	2	3	3	1	1	2	2
	M7	0	2	2	2	1	2	3	3	1	1	2	2
2	M4	1	1	2	2	1	1	2	2	1	2	3	2
	M5	1	2	3	3	2	2	2	2	2	1	3	2
	M14	1	0	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2
3	M15	1	2	3	3	1	1	2	2	1	2	3	2
	M2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
	M8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2
4	M10	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2
	M13	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2
	M3	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	1
	M9	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2
	M12	0	2	0	2	1	1	2	2	1	1	2	2
	M16	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2

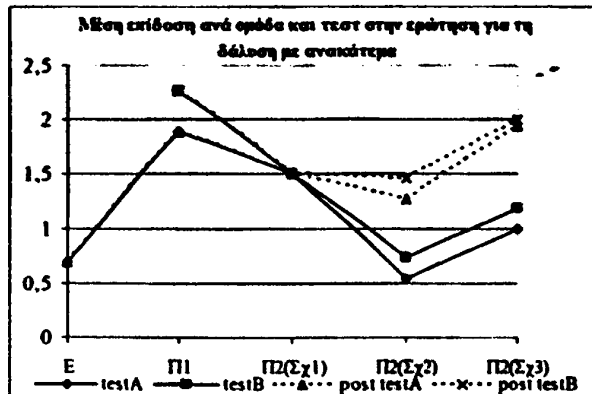
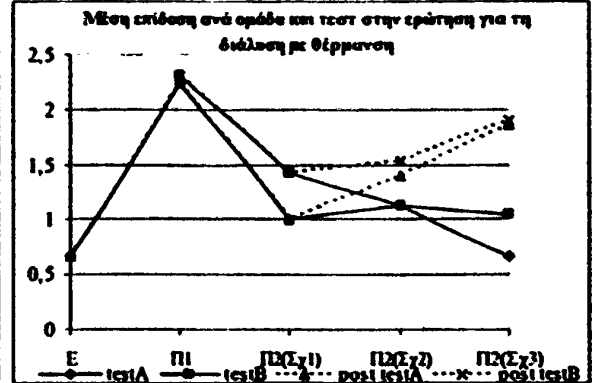
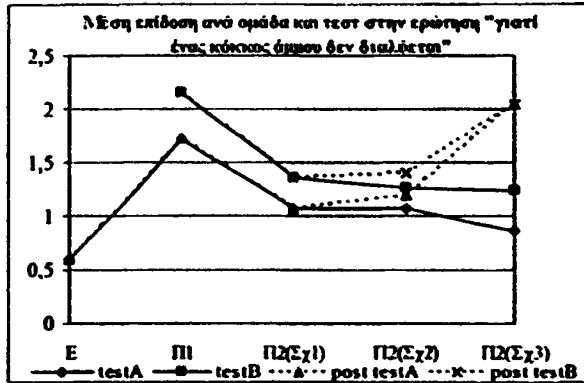
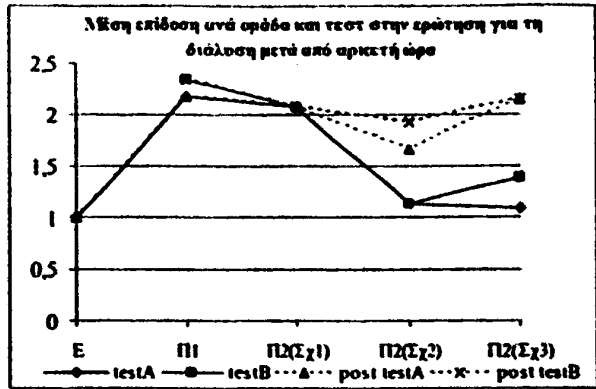
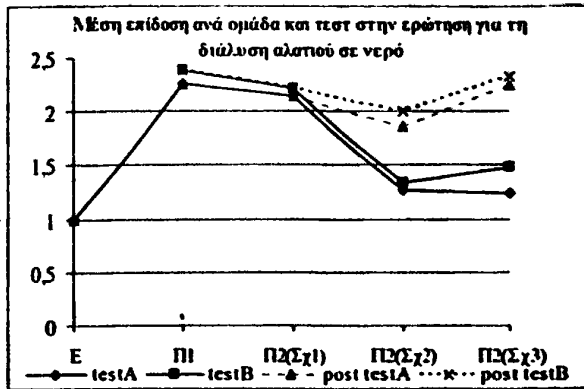


Π7. Παράρτημα της ενότητας της διάλυσης

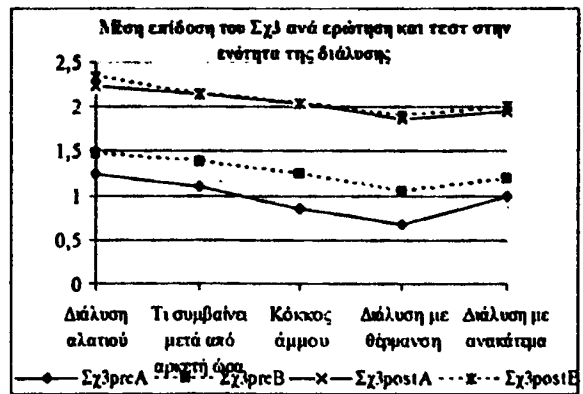
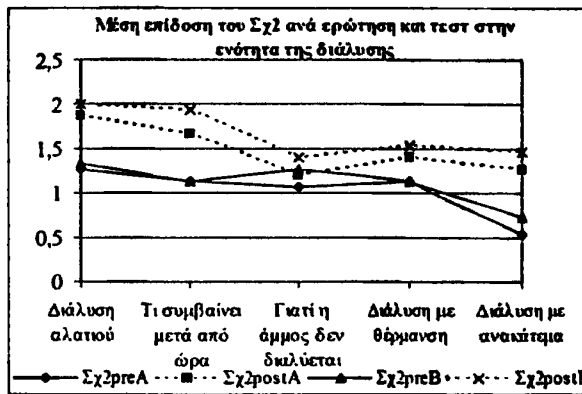
Πίνακας Π7.Π1: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για όλες τις ομάδες στις ερωτήσεις της διάλυσης

Ομάδα	N	Min	Max	Mean	Std. Dev	Var	
Διάλυση κόκκου αλατιού σε	E	59	1	1	1,00	0,000	0,000
	Π1testA	57	1	3	2,26	0,791	0,626
	Π1testB	57	0	3	2,39	0,796	0,634
	Π2(διδ)testA	14	1	3	2,14	0,949	0,901
	Π2(διδ)testB	14	1	3	2,21	0,975	0,951
	Π2(συζ)pretestA	36	1	3	1,25	0,554	0,307
	Π2(συζ)pretestB	36	1	3	1,42	0,604	0,364
	Π2(συζ)posttestA	36	1	3	2,08	0,906	0,821
	Π2(συζ)posttestB	36	1	3	2,19	0,822	0,675
Τι συμβαίνει μετά από	E	59	1	1	1,00	0,000	0,000
	Π1testA	57	1	3	2,18	0,984	0,969
	Π1testB	57	0	3	2,33	0,951	0,905
	Π2(διδ)testA	14	1	3	2,07	0,997	0,995
	Π2(διδ)testB	14	1	3	2,07	0,997	0,995
	Π2(συζ)pretestA	36	1	3	1,11	0,465	0,216
	Π2(συζ)pretestB	36	1	3	1,28	0,701	0,492
	Π2(συζ)posttestA	36	1	3	1,94	1,013	1,025
	Π2(συζ)posttestB	36	1	3	2,06	1,013	1,025
Γιατί ένας κόκκος άμμου δεν	E	59	0	1	0,59	0,495	0,245
	Π1testA	57	0	3	1,72	1,098	1,206
	Π1testB	57	0	3	2,16	0,902	0,814
	Π2(διδ)testA	14	0	3	1,07	1,072	1,148
	Π2(διδ)testB	14	0	3	1,36	1,151	1,324
	Π2(συζ)pretestA	36	0	3	0,94	0,630	0,397
	Π2(συζ)pretestB	36	0	3	1,25	0,649	0,421
	Π2(συζ)posttestA	36	0	3	1,69	0,889	0,790
	Π2(συζ)posttestB	36	0	3	1,78	0,797	0,635
Διάλυση με θήρμανση	E	59	0	1	0,66	0,477	0,228
	Π1testA	57	0	3	2,25	0,830	0,689
	Π1testB	57	0	3	2,32	0,869	0,756
	Π2(διδ)testA	14	0	3	1,00	1,301	1,692
	Π2(διδ)testB	14	0	3	1,43	1,089	1,187
	Π2(συζ)pretestA	36	0	2	0,86	0,639	0,409
	Π2(συζ)pretestB	36	0	2	1,08	0,604	0,364
	Π2(συζ)posttestA	36	0	3	1,67	0,926	0,857
	Π2(συζ)posttestB	36	0	3	1,75	0,841	0,707
Διάλυση με ανακάτεμα	E	59	0	1	0,69	0,464	0,216
	Π1testA	57	0	3	1,89	1,175	1,382
	Π1testB	57	0	3	2,26	0,955	0,912
	Π2(διδ)testA	14	0	3	1,50	1,092	1,192
	Π2(διδ)testB	14	0	3	1,50	1,092	1,192
	Π2(συζ)pretestA	36	0	2	0,81	0,710	0,504
	Π2(συζ)pretestB	36	0	2	1,00	0,676	0,457
	Π2(συζ)posttestA	36	0	3	1,67	1,042	1,086
	Π2(συζ)posttestB	36	0	3	1,78	0,929	0,863
Σύνολο Διάλυση	E	59	0,4	1	0,79	0,159	0,025
	Π1testA	57	0,6	3	2,06	0,759	0,576
	Π1testB	57	0	3	2,29	0,721	0,520
	Π2(διδ)testA	14	0,4	3	1,56	0,827	1,352
	Π2(διδ)testB	14	0,6	3	1,71	0,779	1,193
	Π2(συζ)pretestA	36	0,6	2,4	0,99	0,372	0,138
	Π2(συζ)pretestB	36	0,6	2,4	1,21	0,437	0,191
	Π2(συζ)posttestA	36	0,6	3	1,81	0,754	0,569
Π2(συζ)posttestB	36	0,8	3	1,91	0,660	0,435	





Διάγραμμα Π7.Δ1.: Μέση επίδοση ανά ομάδα και τεστ στις ερωτήσεις της διάλυσης



Διάγραμμα Π7.Δ2.: Μέση επίδοση του Π2(Σχ2) και Π2(Σχ3) ανά ερώτηση και τεστ στην ενότητα της διάλυσης



Πίνακας Π7.Π2.: Στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων στην ενότητα της διάλυσης

Π1/ Π2(διδ)	A	B	Π1/ Π2(Σγ2pre)	A	B	Π1/ Π2(Σγ2post)	A	B
Z	-2,097	-2,526	Z	-4,155	-4,743	Z	-2,570	-3,293
Sig.	0,036	0,012	Sig.	0,000	0,000	Sig.	0,010	0,001
F(1,69)	4,761	6,973	F(1,70)	25,208	35,735	F(1,70)	7,232	9,773
Sig.	0,033	0,010	Sig.	0,000	0,000	Sig.	0,009	0,003
χ^2	15,569	26,501	χ^2	92,956	123,998	χ^2	25,382	39,891
df	3	3	df	3	3	df	3	3
Sig.	0,001	0,000	Sig.	0,000	0,000	Sig.	0,000	0,000
Π1/ Π2(Σγ3pre)	A	B	Π1/ Π2(Σγ3post)	A	B	Π1/ Π2(σνζ)pre	A	B
Z	-5,028	-5,116	Z	-0,130	-1,357	Z	-5,895	-6,275
Sig.	0,000	0,000	Sig.	0,896	0,175	Sig.	0,000	0,000
F(1,76)	40,503	37,290	F(1,76)	0,004	1,271	F(1,91)	61,448	66,099
Sig.	0,000	0,000	Sig.	0,950	0,263	Sig.	0,000	0,000
χ^2	102,118	111,348	χ^2	7,426	18,670	χ^2	152,387	170,320
df	3	3	df	3	3	df	3	3
Sig.	0,000	0,000	Sig.	0,059	0,000	Sig.	0,000	0,000
Π1/ Π2(σνζ)post	A	B	Π1/ Π2(διδ)/ Π2(σνζ)pre	A	B	Π1/ Π2(διδ)/ Π2(σνζ)post	A	B
Z	-1,552	-2,821	Z	-2,472	-2,150	Z	-0,987	-0,826
Sig.	0,121	0,005	Sig.	0,013	0,032	Sig.	0,324	0,409
F(1,91)	2,378	6,540	F(1,48)	11,155	8,591	F(1,48)	1,083	0,810
Sig.	0,127	0,012	Sig.	0,002	0,005	Sig.	0,303	0,373
χ^2	15,871	36,682	χ^2	58,035	45,699	χ^2	15,925	13,711
df	3	3	df	3	3	df	3	3
Sig.	0,001	0,000	Sig.	0,000	0,000	Sig.	0,001	0,003

Σημείωση: Συγκρίσεις των επιμέρους τμημάτων του Π2 το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U

	A	B		A	B
Π2(Σγ1)/Π2(Σγ2)pre Z	-1,955	-2,144	Π2(Σγ1)/Π2(Σγ3)post Z	-1,740	-1,403
Sig.	0,051	0,032	Sig.	0,082	0,161
Π2(Σγ1)/Π2(Σγ2)post Z	-0,264	-0,154	Π2(Σγ2)pre/Π2(Σγ3)pre Z	-0,405	-1,571
Sig.	0,792	0,877	Sig.	0,686	0,116
Π2(Σγ1)/Π2(Σγ3)pre Z	-2,326	-1,696	Π2(Σγ2)post/Π2(Σγ3)post Z	-2,223	-1,813
Sig.	0,020	0,090	Sig.	0,026	0,070

Πίνακας Π7.Π2.: Στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων στην ενότητα της διάλυσης (συνέχεια)

E/Π1 A	E/ Π2(διδ)	A	E/ Π2(Σγ2)pre	A	E/ Π2(Σγ2)post	A	E/ Π2(Σγ3)pre	A	
Z	-7,931	Z	-3,610	Z	-2,208	Z	-4,689	Z	-2,724
Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,027	Sig.	0,000	Sig.	0,006
F(1,114)	158,083	F(1,71)	45,620	F(1,72)	10,919	F(1,72)	52,197	F(1,78)	11,939
Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,001	Sig.	0,000	Sig.	0,001
$\chi^2_{df=3}$	123,994	$\chi^2_{df=3}$	171,123	$\chi^2_{df=3}$	33,349	$\chi^2_{df=3}$	137,783	$\chi^2_{df=3}$	46,905
Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000
E/ Π2(Σγ3)post	E/ Π2(σνζ)pre	A	E/ Π2(σνζ)post	A					
Z	-6,349	Z	-3,156	Z	-7,033				
Sig.	0,000	Sig.	0,002	Sig.	0,000				
F(1,78)	156,827	F(1,93)	13,790	F(1,93)	101,392				
Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000				
$\chi^2_{df=3}$	235,906	$\chi^2_{df=3}$	41,619	$\chi^2_{df=3}$	211,173				
Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000				



Πίνακας Π7.Π3: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για τις ομάδες E και ΠI στις ερωτήσεις της ενότητας της διάλυσης

E	2 - 1	3 - 1	4 - 1	5 - 1	3 - 2	4 - 2	5 - 2	4 - 3	5 - 3	5 - 4
Z	0,000	-4,899	-4,472	-4,243	-4,899	-4,472	-4,243	-0,686	-1,177	-0,408
Sig.	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,493	0,239	0,683
ΠI	2 - 1	3 - 1	4 - 1	5 - 1	3 - 2	4 - 2	5 - 2	4 - 3	5 - 3	5 - 4
Z	-0,907	-3,406	-0,323	-2,270	-2,747	-5,71	-1,402	-3,136	-1,656	-2,009
Sig.	0,364	0,001	0,746	0,023	0,006	0,568	0,161	0,002	0,098	0,045
ΠI	2A - 1A	3A - 1A	4A - 1A	5A - 1A	3A - 2A	4A - 2A	5A - 2A	4A - 3A	5A - 3A	5A - 4A
Z	-0,915	-3,707	-0,085	-2,529	-3,054	-0,799	-1,619	-3,599	-1,178	-2,646
Sig.	0,360	0,000	0,932	0,011	0,002	0,424	0,106	0,000	0,239	0,008
ΠI	2B - 1B	3B - 1B	4B - 1B	5B - 1B	3B - 2B	4B - 2B	5B - 2B	4B - 3B	5B - 3B	5B - 4B
Z	-0,645	-2,068	-0,563	-1,111	-1,477	-0,013	-0,360	-1,481	-1,275	-0,360
Sig.	0,519	0,039	0,574	0,266	0,140	0,990	0,719	0,139	0,202	0,719
ΠI	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	4B - 4A	5B - 5A	B - A	ΠI	B - A		
Z	-2,111	-1,666	-3,898	-0,847	-3,142	-5,174	$\chi^2(df=3)$	9,432		
Sig.	0,035	0,096	0,000	0,397	0,002	0,000	Sig	0,024		

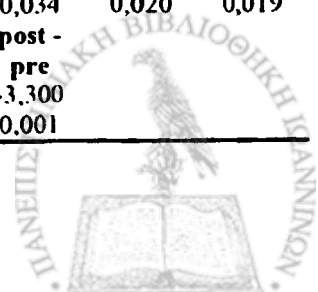
Οι απαντήσεις της ομάδας E δεν ακολουθούν κανονική κατανομή (test Kolmogorov-Smirnov)

Πίνακας Π7.Π4: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για την ομάδα Π2(διδ) (Π2(Σχ1)) στην ενότητα της διάλυσης

	2A-1A	3A-1A	4A-1A	5A-1A	3A-2A	4A-2A	5A-2A	4A-3A	5A-3A	5A-4A
Z	-0,577	-2,801	-2,585	-1,807	-2,648	-2,511	-1,469	-0,434	-1,459	-1,897
Sig.	0,564	0,005	0,010	0,071	0,008	0,012	0,142	0,665	0,145	0,058
	2B-1B	3B-1B	4B-1B	5B-1B	3B-2B	4B-2B	5B-2B	4B-3B	5B-3B	5B-4B
Z	-1,414	-2,489	-2,070	-1,983	-2,157	-1,807	-1,469	-0,432	-0,775	-0,108
Sig.	0,157	0,013	0,038	0,047	0,031	0,071	0,142	0,666	0,439	0,914
	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	4B - 4A	5B - 5A	B - A				
Z	-1,000	0,000	-2,000	-2,121	0,000	-2,887				
Sig.	0,317	1,000	0,046	0,034	1,000	0,004				

Πίνακας Π7.Π5: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για την ομάδα Π2(Σχ2) στην ενότητα της διάλυσης

Π2(Σχ2)pre	2A - 1A	3A - 1A	4A - 1A	5A - 1A	3A - 2A	4A - 2A	5A - 2A	4A - 3A	5A - 3A	5A - 4A
Z	-1,000	-1,732	-1,414	-2,887	-0,378	0,000	-3,000	-0,577	-1,941	-2,714
Sig.	0,317	0,083	0,157	0,004	0,705	1,000	0,003	0,564	0,052	0,007
Π2(Σχ2)pre	2B - 1B	3B - 1B	4B - 1B	5B - 1B	3B - 2B	4B - 2B	5B - 2B	4B - 3B	5B - 3B	5B - 4B
Z	-1,342	-0,447	-1,732	-2,530	-0,632	0,000	-2,449	-0,816	-1,809	-2,121
Sig.	0,180	0,655	0,083	0,011	0,527	1,000	0,014	0,414	0,070	0,034
Π2(Σχ2)pre	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	4B - 4A	5B - 5A	B - A				
Z	-1,000	0,000	-1,134	0,000	-1,342	-1,933				
Sig.	0,317	1,000	0,257	1,000	0,180	0,053				
Π2(Σχ2)post	2A - 1A	3A - 1A	4A - 1A	5A - 1A	3A - 2A	4A - 2A	5A - 2A	4A - 3A	5A - 3A	5A - 4A
Z	-1,000	-2,332	-1,933	-1,852	-1,406	-1,155	-1,310	-0,905	-0,264	-0,743
Sig.	0,317	0,020	0,053	0,064	0,160	0,248	0,190	0,366	0,792	0,458
Π2(Σχ2)post	2B - 1B	3B - 1B	4B - 1B	5B - 1B	3B - 2B	4B - 2B	5B - 2B	4B - 3B	5B - 3B	5B - 4B
Z	-0,265	-2,324	-2,111	-1,809	-1,737	-1,192	-1,412	-0,632	-0,333	-0,378
Sig.	0,791	0,020	0,035	0,070	0,082	0,233	0,158	0,527	0,739	0,705
Π2(Σχ2)post	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	4B - 4A	5B - 5A	B - A				
Z	-1,414	-1,000	-1,732	-1,000	-1,342	-2,170				
Sig.	0,157	0,317	0,083	0,317	0,180	0,030				
Π2(Σχ2)pre/post	1postA - 1preA	1postB - 1preB	2postA - 2preA	2postB - 2preB	3postA - 3preA	3postB - 3preB	4postA - 4preA	4postB - 4preB	5postA - 5preA	5postB - 5preB
Z	-2,460	-2,887	-2,000	-2,449	-0,707	-0,632	-1,414	-2,121	-2,326	-2,351
Sig.	0,014	0,004	0,046	0,014	0,480	0,527	0,157	0,034	0,020	0,019
Π2(Σχ2)pre/post	1post - 1pre	2post - 2pre	3post - 3pre	4post - 4pre	5post - 5pre	postA - preA	postB - preB	post - pre		
Z	-2,716	-2,428	-1,857	-1,890	-2,429	-2,924	-3,201	-3,300		
Sig.	0,007	0,015	0,392	0,059	0,015	0,003	0,001	0,001		



Πίνακας Π7.Π6.: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για την ομάδα Π2(Σχ3) στην ενότητα της διάλυσης

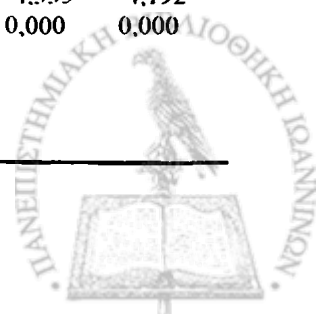
Π2(Σχ3)pre	2A-1A	3A-1A	4A-1A	5A-1A	3A-2A	4A-2A	5A-2A	4A-3A	5A-3A	5A-4A
Z	-1,342	-2,138	-2,546	-1,890	-1,508	-2,183	-0,632	-0,775	-0,775	-1,384
Sig.	0,180	0,033	0,011	0,09	0,132	0,029	0,527	0,438	0,439	0,166
Π2(Σχ3)pre	2B-1B	3B-1B	4B-1B	5B-1B	3B-2B	4B-2B	5B-2B	4B-3B	5B-3B	5B-4B
Z	-.632	-1,667	-2,070	-1,897	-0,812	-1,807	-0,966	-1,027	-0,333	-0,796
Sig.	0,527	0,096	0,038	0,058	0,417	0,071	0,334	0,305	0,739	0,426
Π2(Σχ3)pre	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	4B - 4A	5B - 5A	B - A				
Z	-2,236	-1,732	-2,070	-2,271	-1,414	-3,219				
Sig.	0,025	0,083	0,038	0,023	0,157	0,001				
Π2(Σχ3)post	2A-1A	3A-1A	4A-1A	5A-1A	3A-2A	4A-2A	5A-2A	4A-3A	5A-3A	5A-4A
Z	-0,816	-0,855	-2,271	-1,604	-0,384	-1,403	-0,924	-0,884	-0,462	-0,486
Sig.	0,414	0,392	0,023	0,109	0,701	0,161	0,356	0,377	0,644	0,627
Π2(Σχ3)post	2B-1B	3B-1B	4B-1B	5B-1B	3B-2B	4B-2B	5B-2B	4B-3B	5B-3B	5B-4B
Z	-1,414	-1,261	-2,714	-1,941	-.384	-1,406	-0,711	-0,711	-0,237	-0,577
Sig.	0,157	0,207	0,007	0,052	0,701	0,160	0,477	0,477	0,813	0,564
Π2(Σχ3)post	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	4B - 4A	5B - 5A	B - A				
Z	-1,414	0,000	0,000	-1,000	-1,000	-2,000				
Sig.	0,157	1,000	1,000	0,317	0,317	0,046				

Πίνακας Π7.Π6.: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για την ομάδα Π2(Σχ3) στην ενότητα της διάλυσης (συνέχεια)

Π2(Σχ3) pre/post	1postA	1postB	2postA	2postB	3postA	3postB	4postA	4postB	5postA	5postB
	1preA	1preB	2preA	2preB	3preA	3preB	4preA	4preB	5preA	5preB
Z	-3,391	-3,499	-3,317	-2,530	-3,354	-3,494	-3,320	-2,884	-3,753	-3,532
Sig.	0,001	0,000	0,001	0,011	0,001	0,000	0,001	0,004	0,000	0,000
Π2(Σχ3) pre/post	1post	2post	3post	4post	5post	postA	postB	post		
	1pre	2pre	3pre	4pre	5pre	preA	preB	pre		
Z	-3,564	-3,052	-3,359	-3,242	-3,774	-3,925	-3,746	-4,017		
Sig.	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000		

Πίνακας Π7.Π7.: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για την ομάδα Π2(συζ) στην ενότητα της διάλυσης

Π2(συζ)pre	2A - 1A	3A - 1A	4A - 1A	5A - 1A	3A - 2A	4A - 2A	5A - 2A	4A - 3A	5A - 3A	5A - 4A
Z	-1,667	-2,668	-2,841	-3,441	-1,386	-2,065	-2,524	-0,552	-0,769	-0,276
Sig.	0,096	0,008	0,005	0,001	0,166	0,039	0,012	0,581	0,442	0,783
Π2(συζ)pre	2B - 1B	3B - 1B	4B - 1B	5B - 1B	3B - 2B	4B - 2B	5B - 2B	4B - 3B	5B - 3B	5B - 4B
Z	-1,291	-1,604	-2,546	-3,116	-0,221	-1,698	-2,045	-1,292	-1,641	-0,447
Sig.	0,197	0,109	0,011	0,002	0,825	0,090	0,041	0,196	0,101	0,655
Π2(συζ)pre	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	4B - 4A	5B - 5A	B - A				
Z	-2,449	-1,732	-2,392	-2,271	-1,933	3,774				
Sig.	0,014	0,083	0,017	0,023	0,053	0,000				
Π2(συζ)post	2A - 1A	3A - 1A	4A - 1A	5A - 1A	3A - 2A	4A - 2A	5A - 2A	4A - 3A	5A - 3A	5A - 4A
Z	-1,311	-2,171	-2,950	-2,431	-1,166	-1,821	-1,578	-0,171	-0,171	-0,099
Sig.	0,190	0,030	0,003	0,015	0,244	0,069	0,115	0,864	0,864	0,922
Π2(συζ)post	2B - 1B	3B - 1B	4B - 1B	5B - 1B	3B - 2B	4B - 2B	5B - 2B	4B - 3B	5B - 3B	5B - 4B
Z	-0,984	-2,426	-3,398	-2,644	-1,473	-1,809	-1,510	-0,164	-0,025	-0,188
Sig.	0,325	0,015	0,001	0,008	0,141	0,070	0,131	0,870	0,980	0,851
Π2(συζ) post	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	4B - 4A	5B - 5A	B - A				
Z	-2,000	-1,000	-1,732	-1,342	-1,633	-2,701				
Sig.	0,046	0,317	0,083	0,180	0,102	0,007				
Π2(συζ)pre/ post	1postA - 1preA	1postB - 1preB	2postA - 2preA	2postB - 2preB	3postA - 3preA	3postB - 3preB	4postA - 4preA	4postB - 4preB	5postA - 5preA	5postB - 5preB
Z	-4,144	-4,501	-3,873	-3,500	-3,424	-3,232	-3,641	-3,535	-4,335	-4,192
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Π2(συζ) pre/post	1post - 1pre	2post - 2pre	3post - 3pre	4post - 4pre	5post - 5pre	postA - preA	postB - preB	post - pre		
Z	-4,442	-3,796	-3,527	-3,730	-4,446	-4,891	-4,906	-3,774		
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		



Πίνακας Π.Π8.: Συχνότητες και ποσοστά ανά κατηγορία απαντήσεων πριν και μετά τη συζήτηση για τις Π2(Σχ2)pre/post και Π2(Σχ2)pre/post

			Μη κατανόηση	Εναλλακτική	Εν μέρει αποδεκτή	Πλήρως αποδεκτή
τεστΑ	Π2(Σχ2)pre	Συχνότητα	10	57	4	4
		Ποσοστό	13,3%	76,0%	5,3%	5,3%
	Π2(Σχ2) post	Συχνότητα	9	34	19	13
		Ποσοστό	12,0%	45,3%	25,3%	17,3%
τεστΒ	Π2(Σχ2)pre	Συχνότητα	7	56	8	4
		Ποσοστό	9,3%	74,7%	10,7%	5,3%
	Π2(Σχ2) post	Συχνότητα	4	32	24	15
		ποσοστό	5,3%	42,7%	32,0%	20,0%
τεστΑ	Π2(Σχ3)pre	Συχνότητα	20	69	15	1
		Ποσοστό	19,0%	65,7%	14,3%	1,0%
	Π2(Σχ3) post	Συχνότητα	3	33	25	44
		Ποσοστό	2,9%	31,4%	23,8%	41,9%
τεστΒ	Π2(Σχ3)pre	Συχνότητα	9	63	29	4
		Ποσοστό	8,6%	60,0%	27,6%	3,8%
	Π2(Σχ3) post	Συχνότητα	1	33	27	44
		ποσοστό	1,0%	31,4%	25,7%	41,9%
τεστΑ	Π2(συζ)pre	Συχνότητα	30	126	19	5
		Ποσοστό	16,7%	70,0%	10,6%	2,8
	Π2(συζ) post	Συχνότητα	12	67	44	57
		Ποσοστό	6,7%	37,2%	24,4%	31,7%
τεστΒ	Π2(συζ)pre	Συχνότητα	16	119	37	8
		Ποσοστό	8,9%	66,1%	20,6%	4,4%
	Π2(συζ) post	Συχνότητα	5	65	51	59
		ποσοστό	2,8%	36,1%	28,3%	32,8%

Πίνακας Π7.Π9. : Στατιστικές συγκρίσεις για τα τμήματα Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες.

Συγκρίσεις μεταξύ pre/post	Pearson Chi-Square Value _{df=3}	Sig.	Συγκρίσεις μεταξύ pre/post	Pearson Chi-Square Value _{df=3}	Sig.
Π2(Σχ2)ΤεστΑ	20,413	0,000	Π2(Σχ3)ΤεστΑ	68,860	0,000
Π2(Σχ2)ΤεστΒ	21,732	0,000	Π2(Σχ3)ΤεστΒ	49,180	0,000
Π2(συζ)ΤεστΒ	79,284	0,000	Π2(συζ)ΤεστΒ	62,658	0,000

Πίνακας Π7.Π10: Επιδόσεις των μαθητών του Π2(Σχ2) στις ερωτήσεις της ενότητας της διάλυσης πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες.

	διάλυση				μετά από ώρα				άμμος				θέρμανση				ανακάτεμα			
	pre	Apr	Bpost	Apost	Bpre	Apr	Bpost	Apost	Bpre	Apr	Bpost	Apost	Bpre	Apr	Bpost	Apost	Bpre	Apr	Bpost	Apost
1M1	1	1	2	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
M6	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M7	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	0	0	1	1	0	2	0	1	0	1
2M4	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2
M5	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3
M14	1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M15	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	0	0	3	3
3M2	1	1	3	3	1	1	3	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	0	0
M8	1	2	3	3	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
M10	1	1	2	2	1	1	3	3	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
M13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	0	0	2	2
4M3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
M9	1	1	2	2	1	1	3	3	1	1	0	1	1	1	2	2	0	1	2	2
M12	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
M16	1	1	2	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	2	2	0	1	0	2



Πίνακας Π7.Π11: Επιδόσεις των μαθητών του Π2(Σχ3) στις ερωτήσεις της ενότητας της διάλυσης πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες.

	διάλυση			μετά από ώρα				άμμος				θέρμανση				ανακάτεμα				
	pre	Apr	Bpost	Apost	Bpre	Apr	Bpost	Apost	Bpre	Apr	Bpost	Apost	Bpre	Apr	Bpost	Apost	Bpre	Apr	Bpost	
1M3	2	2	3	3	1	1	3	3	0	2	3	3	0	0	3	3	2	2	3	3
M5	1	2	3	3	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	2	2	0	0	2	2
M6	2	2	3	3	1	1	1	1	1	2	3	3	0	0	2	2	2	2	3	3
M13	1	2	3	3	1	1	3	3	1	1	3	3	0	0	3	3	2	2	3	3
2M4	1	1	3	3	1	1	3	3	0	1	3	3	0	2	3	3	1	1	1	1
M11	1	1	3	3	1	1	3	3	1	1	2	2	1	1	3	3	1	1	3	3
M15	1	2	3	3	1	3	3	3	0	2	3	3	2	2	3	3	0	2	3	3
3M2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	0	0	2	2	1	1	1	1
M18	2	2	3	3	1	1	3	3	1	1	2	2	0	1	2	2	1	1	2	2
M19	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	2	1	1	1	1	0	0	1	1
4M1	2	2	3	3	3	3	3	3	1	1	2	2	1	2	3	3	2	2	3	3
M9	1	1	3	3	1	1	3	3	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	2
M22	1	1	2	2	1	1	3	3	1	1	2	2	1	1	0	1	1	1	2	2
M23	1	2	1	1	1	3	1	1	0	2	3	3	2	2	1	1	1	1	2	2
5M7	1	2	3	3	1	3	3	3	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
M10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2
M17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
M20	2	2	3	3	1	1	3	3	1	1	1	1	2	2	3	3	2	2	3	3
6M16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	2	0	1
M21	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
M12	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	0	2	1	1	1	1	2	2



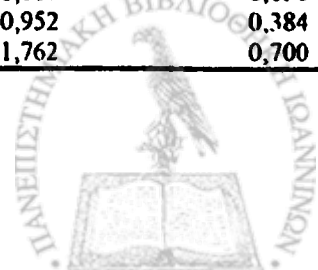
Π8. Παράρτημα στην ενότητα της αλλαγής κατάστασης

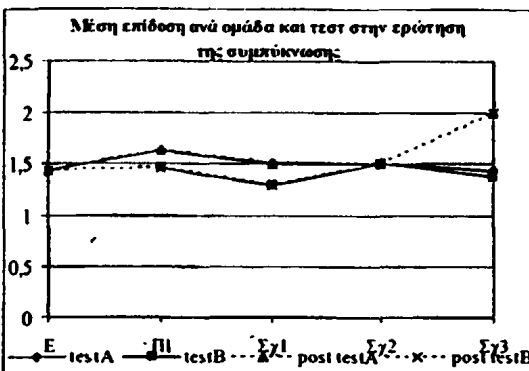
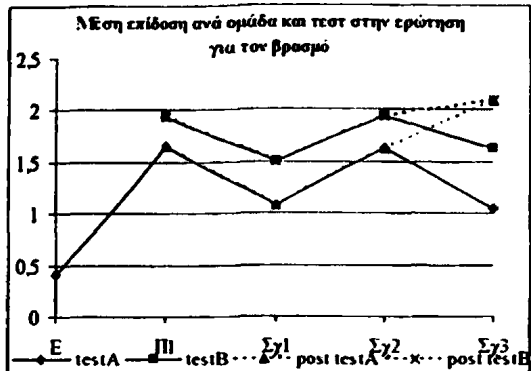
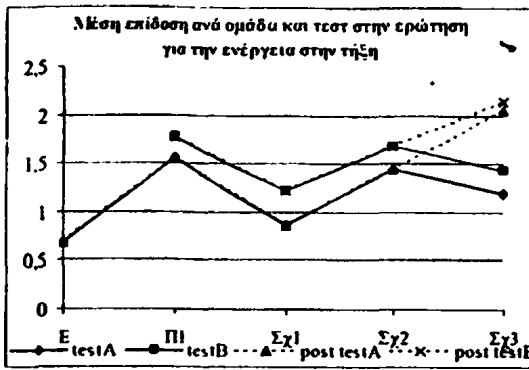
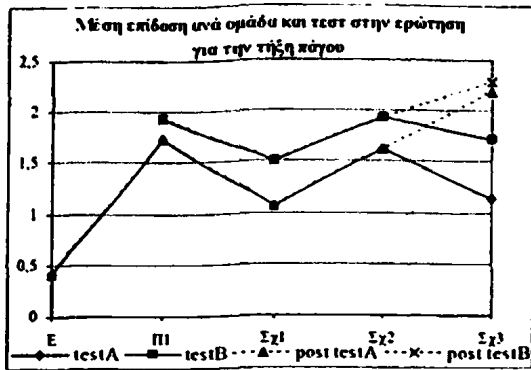
Πίνακας Π8.Π1: Στατιστικά περιγραφικά στοιχεία για όλες τις ομάδες στην ενότητα αλλαγής κατάστασης

Ερώτηση	Ομάδα	N	Min	Max	Mean	Std. Dev.	Variance
Τήξη πάγου	E	59	0	1	0,41	0,495	0,245
	Π1 testA	57	0	3	1,74	0,877	0,769
	Π1 test B	57	0	3	1,93	0,704	0,495
	Π2(διδ)testA	30	0	3	1,37	0,928	0,861
	Π2(διδ)testB	30	0	3	1,73	0,785	0,616
	Π2(συζ)pretestA	21	0	3	1,14	0,854	0,729
	Π2(συζ)pretestB	21	0	3	1,71	0,845	0,714
	Π2(συζ)postA	21	1	3	2,19	0,680	0,462
Ενέργεια στην τήξη	Π2(συζ)postB	21	1	3	2,29	0,644	0,414
	E	59	0	2	0,68	0,600	0,360
	Π1 testA	57	0	3	1,56	0,887	0,786
	Π1 test B	57	0	3	1,77	0,780	0,608
	Π2(διδ)testA	30	0	3	1,17	0,913	0,833
	Π2(διδ)testB	30	0	3	1,47	0,900	0,809
	Π2(συζ)pretestA	21	0	3	1,19	0,873	0,240
	Π2(συζ)pretestB	21	0	3	1,43	0,811	0,240
Βρασιμός νερού	Π2(συζ)postA	21	0	3	2,05	0,865	0,748
	Π2(συζ)postB	21	0	3	2,14	0,727	0,529
	E	59	0	2	0,41	0,529	0,280
	Π1 testA	57	0	3	1,65	0,896	0,803
	Π1 test B	57	0	3	1,93	0,753	0,566
	Π2(διδ)testA	30	0	3	1,37	0,964	0,930
	Π2(διδ)testB	30	0	3	1,73	0,868	0,754
	Π2(συζ)pretestA	21	0	3	1,05	0,740	0,548
Συμπύκνωση υδρατμών	Π2(συζ)pretestB	21	1	3	1,62	0,669	0,448
	Π2(συζ)postA	21	1	3	2,10	0,700	0,490
	Π2(συζ)postB	21	1	3	2,10	0,700	0,490
	E	59	0	2	1,44	0,534	0,285
	Π1 testA	57	1	3	1,63	0,555	0,308
	Π1 test B	57	0	2	1,46	0,569	0,324
	Π2(διδ)testA	30	1	2	1,50	0,509	0,259
	Π2(διδ)testB	30	1	3	1,40	0,563	0,317
Σύνολο	Π2(συζ)pretestA	21	1	3	1,43	0,598	0,357
	Π2(συζ)pretestB	21	1	3	1,38	0,669	0,448
	Π2(συζ)postA	21	1	3	2,00	0,632	0,400
	Π2(συζ)postB	21	1	3	2,00	0,632	0,400
	E	59	0,25	1,25	0,73	0,266	0,071
	Π1 testA	57	0,5	3	1,64	0,636	0,404
	Π1 test B	57	0	2,75	1,77	0,606	0,367
	Π2(διδ)testA	30	0,25	2,75	1,35	0,736	0,541
	Π2(διδ)testB	30	0,25	3	1,58	0,708	0,501
	Π2(Σχ1)testA	14	0,25	2,25	1,13	0,670	0,450
	Π2(Σχ1)testB	14	0,25	2,75	1,38	0,771	0,594
	Π2(Σχ2)testA	16	0,25	2,75	1,55	0,754	0,568
	Π2(Σχ2)testB	16	0,75	3	1,77	0,616	0,379
	Π2(συζ)pretestA	21	0,5	2,75	1,20	0,579	0,335
	Π2(συζ)pretestB	21	0,5	3	1,54	0,619	0,383
	Π2(συζ)postA	21	0,75	3	2,08	0,668	0,446
Π2(συζ)postB	21	0,75	3	2,13	0,621	0,385	

Σημείωση: Μέσες τιμές και τυπική απόκλιση για όλες τις ομάδες στην ερώτηση για την τήξη πάγου σε πορτοκαλάδα

Ομάδα	N	Mean	Std. Deviat.	Ομάδα	N	Mean	Std. Deviat.
Π1	57	1,000	0,000	E	59	1,017	0,130
Π2(διδ)	30	1,000	0,000	Π2(συζ)pre	21	0,952	0,384
				Π2(συζ)pre	21	1,762	0,700





Διάγραμμα Π8.Δ1.: Μέση επίδοση ανά ομάδα και τεστ στην τήξη πάγου, στην ενέργεια στην τήξη, στο βρασμό και τη συμπύκνωση.

Πίνακας Π8.Π2.: Συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων στις ερωτήσεις της ενότητας "Αλλαγή κατάστασης" με το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U το κριτήριο F και το χ-τετράγωνο (συνέχεια)

Π1/Π2(Σγ1)	A	B	Π1/Π2(συζ)pre	A	B	Π1/Π2(συζ)post	A	B
Z	-2,392	-1,850	Z	-2,794	-1,953	Z	-2,505	-2,267
Sig.	0,017	0,064	Sig.	0,005	0,051	Sig.	0,012	0,023
F(1,69)	7,360	4,325	F(1,76)	7,784	2,308	F(1,76)	7,115	5,324
Sig.	0,008	0,041	Sig.	0,007	0,133	Sig.	0,009	0,024
χ^2 df=3	18,399	13,803	χ^2 df=3	29,820	11,778	χ^2 df=3	20,193	15,982
Sig.	0,000	0,000	Sig.	0,000	0,008	Sig.	0,000	0,001
Π1/Π2(Σγ2)	A	B	Π1/Π2(διδ)	A	B	Ε/Π2(διδ)	A	B
Z	-0,331	-0,514	Z	-1,701	-1,486	Z	-3,733	
Sig.	0,740	0,607	Sig.	0,089	0,137	Sig.	0,000	
F(1,71)	0,273	0,001	F(1,85)	3,788	1,694	F(1,87)	33,248	
Sig.	0,603	0,971	Sig.	0,055	0,197	Sig.	0,000	
χ^2 df=3	0,728	4,019	χ^2 df=3	10,216	7,269	χ^2 df=3	57,746	
Sig.	0,867	0,259	Sig.	0,017	0,064	Sig.	0,000	
E/	A	E(/	A	E/	A	E/	A	
Π2(συζ)pre	A	Π2(συζ)post	Π2(Σγ1)	A	Π2(Σγ2)	A	B	
Z	-3,686	Z	-6,316	Z	-1,871	Z	-3,882	
Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,061	Sig.	0,000	
F(1,78)	24,614	F(1,78)	169,105	F(1,71)	12,401	F(1,73)	48,162	
Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,001	Sig.	0,000	
χ^2 df=3	28,569	χ^2 df=3	155,704	χ^2 df=3	18,269	χ^2 df=3	69,649	
Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000	Sig.	0,000	
Ε/Π1	A							
Z	-7,391							
Sig.	0,000							
F(1,114)	102,783							
Sig.	0,000							
χ^2 df=3	139,192							
Sig.	0,000							



Σημείωση: Συγκρίσεις των επιμέρους τμημάτων του Π2 το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U

	testA	testB		testA	testB
Π2(Σχ1)/Π2(Σχ2) Z	-1,349	-1,303	Π2(Σχ2)/Π2(Σχ3)pre Z	-1,666	-1,101
Sig.	0,177	0,192	Sig.	0,096	0,271
Π2(Σχ1)/Π2(Σχ3)pre Z	-0,612	-0,425	Π2(Σχ2)/Π2(Σχ3)post Z	-2,178	-2,028
Sig.	0,540	0,671	Sig.	0,029	0,043
Π2(Σχ1)/Π2(Σχ3)post Z	-3,238	-2,818			
Sig.	0,001	0,005			

Πίνακας Π8.Π2': Συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων στην ερώτηση για την τήξη πάγου σε χυμό με το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U

	E/Π1	E/ Π2(διδ)	E/ Π2(συζ)pre	E/ Π2(συζ)post	Π1/ Π2(διδ)
Z	-0,983	-0,713	-1,129	-6,203	0,000
Sig.	0,326	0,476	0,259	0,000	1,000
	Π2(Σχ1)/ Π2(Σχ2)	Π2(διδ)/ Π2(Σχ3)pre	Π2(διδ)/ Π2(συζ)post	Π1/ Π2(συζ)pre	Π1/ Π2(συζ)post
Z	0,000	-0,704	-4,905	-0,964	-6,446
Sig.	1,000	0,481	0,000	0,335	0,000

Πίνακας Π8.Π3.: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για την ομάδα E, Π1 στην ενότητα της αλλαγής κατάστασης

E	2 - 1	3 - 1	4 - 1	3 - 2	4 - 2	4 - 3
Z	-2,476	0,000	-5,828	-2,587	-5,572	-5,730
Sig.	0,013	1,000	0,000	0,010	0,000	0,000
Π1	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	4B - 4A	B - A	
Z	-2,057	-2,079	-3,119	-2,132	-2,692	
Sig.	0,040	0,038	0,002	0,033	0,007	
Π1	2 - 1	3 - 1	4 - 1	3 - 2	4 - 2	4 - 3
Z	-3,380	-0,704	-3,409	-1,704	-1,459	-3,181
Sig.	0,001	0,481	0,001	0,088	0,145	0,001
Π1	2A - 1A	3A - 1A	4A - 1A	3A - 2A	4A - 2A	4A - 3A
Z	-2,486	-0,780	-0,624	-0,768	-0,698	-0,068
Sig.	0,013	0,435	0,532	0,442	0,485	0,946
Π1	2B - 1B	3B - 1B	4B - 1B	3B - 2B	4B - 2B	4B - 3B
Z	-2,310	0,000	-4,691	-1,822	-2,973	-4,700
Sig.	0,021	1,000	0,000	0,068	0,003	0,000

Πίνακας Π8.Π4. Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για την ομάδα Π2(συζ) Π2(Σχ3) στην ενότητα της αλλαγής κατάστασης

Π2(συζ)pre	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	4B - 4A	B - A	
Z	-2,546	-1,518	-3,207	-4,47	-3,458	
Sig.	0,011	0,129	0,001	0,655	0,001	
Π2(συζ)post	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	4B - 4A	B - A	
Z	-1,414	-1,414	0,000	0,000	-1,633	
Sig.	0,157	0,157	1,000	1,000	0,102	
Π2(συζ)pre	2A - 1A	3A - 1A	4A - 1A	3A - 2A	4A - 2A	4A - 3A
Z	-0,190	-0,535	-1,604	-0,905	-1,165	-2,000
Sig.	0,850	0,593	0,109	0,366	0,244	0,046
Π2(συζ)pre	2B - 1B	3B - 1B	4B - 1B	3B - 2B	4B - 2B	4B - 3B
Z	-1,732	-0,816	-1,698	-1,633	-0,258	-1,667
Sig.	0,083	0,414	0,090	0,102	0,796	0,096
Π2(συζ)post	2A - 1A	3A - 1A	4A - 1A	3A - 2A	4A - 2A	4A - 3A
Z	-1,732	-1,414	-1,633	-4,47	-0,378	-1,000
Sig.	0,083	0,157	0,102	0,655	0,705	0,317
Π2(συζ)post	2B - 1B	3B - 1B	4B - 1B	3B - 2B	4B - 2B	4B - 3B
Z	-1,732	-2,000	-2,449	-4,47	-1,342	-1,000
Sig.	0,083	0,046	0,014	0,655	0,180	0,317



Πίνακας Π8.Π5.: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για την ομάδα Π2(σζ) (Π2(Σχ3)) πριν και μετά τη συζήτηση στις ερωτήσεις της ενότητας της αλλαγής κατάστασης

	1postA - 1preA	2postA - 2preA	3postA - 3preA	4postA - 4preA	postA -preA	1postB - 1preB	2postB - 2preB	3postB - 3preB
Z	-3,508	-3,491	-3,660	-3,207	-4,027	-2,814	-3,260	-2,673
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,005	0,001	0,008
	4postB - 4preB	postB - preB	1post - 1pre	2post - 2pre	3post - 3pre	4post - 4pre	post - pre	
Z	-3,127	-3,561	-3,575	-3,593	-3,503	-3,246	-3,967	
Sig.	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	

Πίνακας Π8.Π6.: Συχνότητες και ποσοστά απντήσεων ανά κατηγορία για την Π2(σζ)pre/post πριν και μετά τη συζήτηση

		Μη κατανόηση	Εναλλακτική	Εν μέρει αποδεκτή	Πλήρως αποδεκτή
τεστΑ	Π2(σζ)pre	Συχνότητα 14	43	23	4
		Ποσοστό 16,7%	51,2%	27,4%	4,8%
	Π2(σζ) post	Συχνότητα 2	12	47	23
		Ποσοστό 2,4%	14,3%	56,0%	27,4%
τεστΒ	Π2(σζ)pre	Συχνότητα 5	37	34	8
		Ποσοστό 6,0%	44,0%	40,5%	9,5%
	Π2(σζ) post	Συχνότητα 1	11	47	25
		Ποσοστό 1,2%	13,1%	56,0%	29,8%

Πίνακας Π8.Π7.: Συγκρίσεις χ-τετράγωνο μεταξύ για την Π2(Σχ)pre/post

Συγκρίσεις μεταξύ pre/post	Pearson Chi-Square Value df = 3	Asymp. Sig. (2-sided)
Π2(Σχ3)ΤεστΑ	48,072	0,000
Π2(Σχ3)ΤεστΒ	27,594	0,000
Π2(Σχ3)	73,846	0,000

Πίνακας Π8.Π8.: Επιδόσεις των μαθητών του Π2(σζ) στις ερωτήσεις της ενότητας "Αλλαγή κατάστασης"

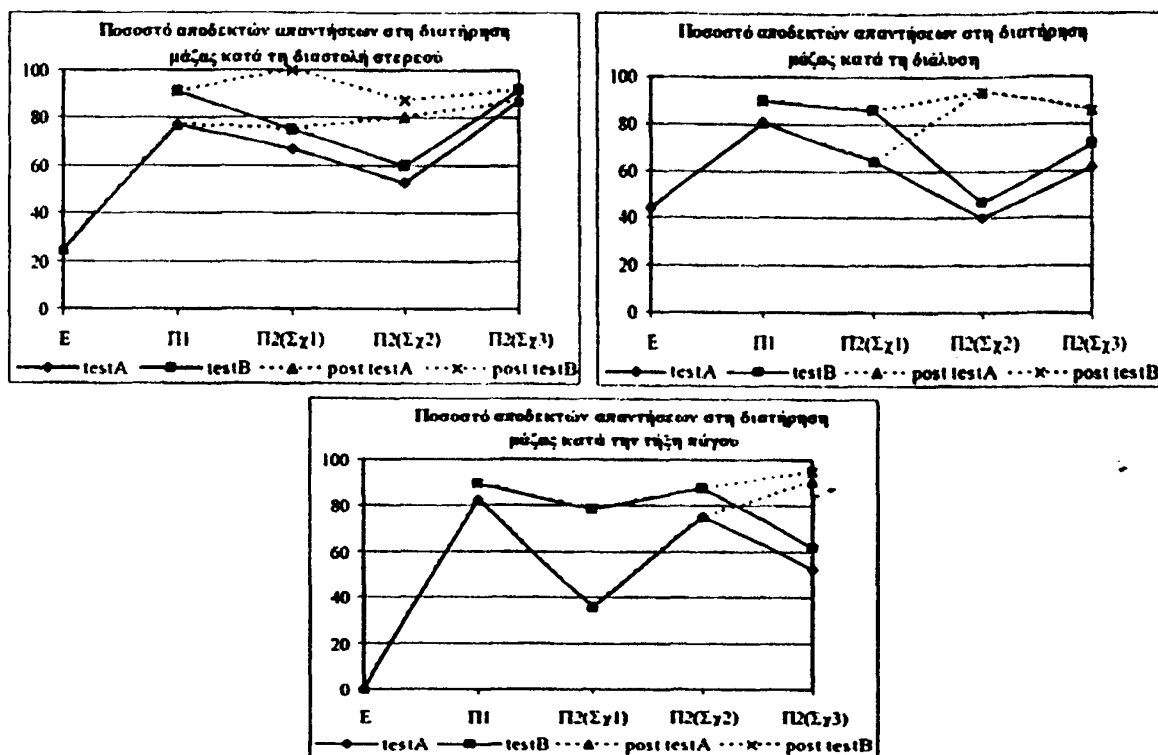
		Τήξη				Ενέργεια				Βρασμός				Συμπύκνωση α				Παγάκι	
		pre testA	pre testB	post testA	post testB	pre testA	pre testB	post testA	post testB	pre testA	pre testB	post testA	post testB	pre testA	pre testB	post testA	post testB	pre testA	post testA
1	M3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	0	2
	M5	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2
	M6	1	2	2	3	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2
2	M13	0	2	2	2	1	0	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2
	M4	1	2	3	3	2	2	3	3	1	2	3	3	2	1	3	3	1	3
	M11	1	3	3	3	2	2	3	3	1	2	3	3	1	1	3	3	1	3
3	M15	0	1	3	3	1	1	2	2	0	1	3	3	1	1	2	2	1	2
	M2	1	0	1	2	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1	2	2	1	1
	M18	2	2	3	3	0	2	3	3	0	1	2	3	2	2	2	2	1	2
4	M19	2	2	2	2	0	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	2
	M1	2	2	3	3	2	2	3	3	1	2	3	3	2	2	2	2	1	2
	M9	0	2	2	2	1	1	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
5	M22	0	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1
	M23	1	2	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
	M7	2	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	1	2
6	M10	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2	0	2
	M17	0	2	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	M20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2
	M16	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	M21	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1
	M12	1	2	2	2	0	0	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1



Π9. Παράρτημα διατήρησης μάζας

Πίνακας Π9.Π1.: Στατιστική σύγκριση των διαφορών των συχνοτήτων για τη διατήρηση μάζας στη διαστολή στερεού και διαστολή υγρού, στην τήξη και το βρασμό / στην τήξη και τη συμπύκνωση

	Διαστολή στερεού/ διαστολή υγρού Sig	Τήξη/βρασμός Sig.	Τήξη/ συμπύκνωση Sig.
Π1	0,250 (N=57)	0,250 (N=57)	0,031 (N=57)
Π2(συζ)pre	0,727 (N=27)	1,000 (N=21)	1,000 (N=21)
Π2(συζ)post	1,000 (N=27)	1,000 (N=27)	1,000 (N=27)
Π2(διδ)	1,000 (N=21)	1,000(N=27)	0,070(N=27)



Διάγραμμα Π9.Δ1.: Ποσοστά αποδεκτών απαντήσεων ανά ομάδα και τεστ στη διατήρηση μάζας κατά τη διαστολή στερεού, τη διάλυση και κατά την τήξη.

Πίνακας Π9.Π2.: Στατιστική σύγκριση για τις ομάδες Ε, Π1, Π2 στο σύνολο της διατήρησης μάζας (χ^2)

testA (I) team	(J) team	χ^2 (df=1)	sig	testB (I) team	(J) team	χ^2 (df=1)	sig
E	Π1	110,638	0,000	Π1	Π2pre	14,563	0,000
	Π2pre	47,611	0,000		Π2post	0,019	0,889
	Π2post	99,921	0,000		Π2(διδ)	0,529	0,467
	Π2(διδ)	46,072	0,000		Π2pre(συζ)	26,801	0,000
	Π2pre(συζ)	25,594	0,000		Π2post(συζ)	0,171	0,679
Π1	Π2post(συζ)	90,785	0,000	Π2pre(συζ)	Π2(διδ)	9,847	0,003
	Π2pre	12,043	0,001	Π2post(συζ)	Π2(διδ)	19,589	0,000
	Π2post	0,003	0,955			0,938	0,333
	Π2(διδ)	1,844	0,175				
Π2pre(συζ)	Π2pre(συζ)	17,872	0,000				
	Π2post(συζ)	1,194	0,275				
Π2post(συζ)	Π2(διδ)	4,237	0,040				
	Π2post(συζ)	19,249	0,000				
Π2post(συζ)	Π2(διδ)	4,294	0,038				



Πίνακας Π9.Π2.: Στατιστική σύγκριση για τις ομάδες E, Π1, Π2 στις επιμέρους ερωτήσεις διατήρησης μάζας (χ^2) (συνέχεια)

Διατήρηση μάζας κατά τη θερμική διαστολή τεστ Α				Διατήρηση μάζας κατά τη θερμική διαστολή τεστ Α			
(I) team	(J) team	χ^2 (df=1)	sig	(I) team	(J) team	χ^2 (df=1)	sig
E	Π1	31,089	0,000	Π1	Π2(διδ)	0,348	0,556
	Π2(διδ)	26,820	0,000		Π2pre(συζ)	7,958	0,005
	Π2pre(συζ)	9,199	0,002		Π2post(συζ)	0,045	0,833
	Π2post(συζ)	20,861	0,000		Π2pre(συζ)	Π2(διδ)	5,847
Π1	Π2(διδ)	1,743	0,187	Π2post(συζ)	Π2(διδ)	5,594	0,018
	Π2pre(συζ)	2,887	0,089	Π2post(συζ)	Π2(διδ)	0,141	0,016
	Π2post(συζ)	0,004	0,952				
Π2pre(συζ)	Π2(διδ)	5,829	0,016				
	Π2post(συζ)	2,146	0,143				
Π2post(συζ)	Π2(διδ)	1,371	0,242				
Διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση τεστ Α				Διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση τεστ Β			
(I) team	(J) team	χ^2 (df=1)	sig	(I) team	(J) team	χ^2 (df=1)	sig
E	Π1	16,526	0,000	Π1	Π2(διδ)	0,365	0,546
	Π2(διδ)	2,041	0,153		Π2pre(συζ)	10,515	0,001
	Π2pre(συζ)	0,680	0,409		Π2post(συζ)	0,008	0,929
	Π2post(συζ)	18,889	0,000		Π2pre(συζ)	Π2(διδ)	2,000
Π1	Π2(διδ)	1,148	0,284	Π2post(συζ)	Π2(διδ)	7,407	0,006
	Π2pre(συζ)	8,176	0,004	Π2post(συζ)	Π2(διδ)	0,254	0,614
	Π2post(συζ)	1,093	0,296				
Π2pre(συζ)	Π2(διδ)	0,705	0,401				
	Π2post(συζ)	11,361	0,001				
Π2post(συζ)		3,200	0,074				
Διατήρηση μάζας κατά την τήξη τεστ Α				Διατήρηση μάζας κατά την τήξη τεστ Β			
(I) team	(J) team	χ^2 (df=1)	sig	(I) team	(J) team	χ^2 (df=1)	sig
E	Π1	81,787	0,000	Π1	Π2(διδ)	1,028	0,311
	Π2(διδ)	42,954	0,000		Π2pre(συζ)	7,920	0,005
	Π2pre(συζ)	35,832	0,000		Π2post(συζ)	0,624	0,429
	Π2post(συζ)	70,008	0,000		Π2pre(συζ)	Π2(διδ)	2,292
Π1	Π2(διδ)	5,258	0,022	Π2post(συζ)	Π2(διδ)	6,929	0,008
	Π2pre(συζ)	7,280	0,007	Π2post(συζ)	Π2(διδ)	2,044	0,153
	Π2post(συζ)	0,758	0,384				
Π2pre(συζ)	Π2(διδ)	0,227	0,634				
	Π2post(συζ)	7,467	0,006				
Π2post(συζ)	Π2(διδ)	5,829	0,016				

Πίνακας Π9.Π3.: Σύγκριση ανά ζεύγη (χ^2) για τις E, Π1 στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας

E	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	B - A	2A - 1A	3A - 1A	3A - 2A	2B - 1B	3B - 1B	3B - 2B
McNemar test *N					59	59	59			
					0,013	0,000	0,000**			
Π1										
McNemar test *N	57	57	57	171	57	57	57	57	57	57
Sig.	0,008	0,063	0,289	0,000	0,625	0,453	1,000	1,000	1,000	1,000

*mcNemar για binomial κατανομή. **Asymp. Sig. ($\chi^2 = 24,038$)

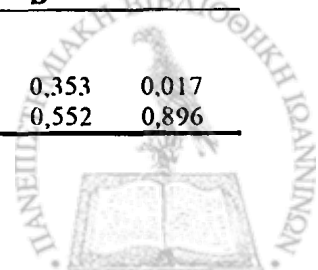
1. Διατήρηση μάζας κατά τη θερμική διαστολή. 2. Διατήρηση μάζας κατά τη διάλυση. 3. Διατήρηση μάζας κατά την τήξη

Πίνακας Π9.Π4.: Σύγκριση ανά ζεύγη (χ^2) για τις Π2(διδ), Π2(συζ) στις ερωτήσεις διατήρησης μάζας

	Π2(διδ)Α- Π2(διδ)Β	Π2pre(συζ)Α- Π2pre(συζ)Β	Π2post(συζ)Α- Π2post(συζ)Β
mcNemar test N	60		84
Sig.	0,012		0,189
			0,063

Πίνακας Π9.Π5.: Στατιστική σύγκριση (τιμές Pearson Chi-Square και επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας) των ποσοστών ορθών απαντήσεων αγοριών και κοριτσιών για τις ομάδες E, Π1, Π2.

Ομάδα		1A	1B	2A	2B	3A	3B	A	B
E	χ^2	0,450		0,051				0,060	
	Sig.	0,503		0,821				0,806	
Π1	χ^2	0,236	0,879	0,090	0,259	0,540	0,137	0,079	0,353
	Sig.	0,627	0,348	0,764	0,611	0,462	0,711	0,779	0,552
									0,896



Πίνακας Π9.Π6.: Στατιστική σύγκριση (τιμές Pearson Chi-Square και επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας) των ποσοστών αποδεκτών απαντήσεων αγοριών και κοριτσιών για τις ομάδες Π2.

	Π2(διδ)Α	Π2(διδ)Β	Π2(pre)(συζ)Α	Π2(pre)(συζ)Β	Π2(post)(συζ)Α	Π2(post)(συζ)Β
χ^2	0,903	1,114	0,016	0,614	0,519	0,000
Sig.	0,342	0,285	0,899	0,433	0,471	1,000



Π10. Παράρτημα ιδιοτήτων των μορίων

Π10.Π1.: Στατιστική σύγκριση των συχνοτήτων των απαντήσεων των Π1 και Π2pre, Π2post στις ερωτήσεις ιδιοτήτων των μορίων με το κριτήριο χ^2 τετράγωνο

Ομάδα	Ερώτηση	Pearson Chi-Square value df=1	Sig.
Π1/Π2pre	Εξήγησε όσο καλύτερα μπορείς, τι είναι μόριο (3)	0,519	0,471
Π1/Π2pre	Ο φίλος σου λέει ότι ανάμεσα στα μόρια του νερού υπάρχει νερό. Συμφωνείς ναι ή όχι. Εξήγησε την απάντησή σου" (5)	0,348	0,555
Π1/Π2pre	Ένα μόριο νερού είναι σαν μια σταγόνα νερού, ναι ή όχι. Δικαιολόγησε την απάντησή σου (4α). Το μόριο ρέει και είναι δροσερό, όπως η σταγόνα; Δικαιολόγησε την απάντησή σου (4β)	0,011	0,917
Π1/Π2pre	Ο φίλος σου λέει ότι, όταν το νερό παγώνει, τα μόριά του γίνονται κρύα και σκληρά. Συμφωνείς ναι ή όχι. Εξήγησε την απάντησή σου (17α)	0,015	0,902
Π1/Π2pre	Ο φίλος σου λέει ότι, αν παγώσεις λίγο νερό και αφήσεις το παγάκι να μείνει στο ψυγείο πολύ ώρα, τα μόρια του νερού θα μπορούσαν να σταματήσουν εντελώς να κινούνται. Έχει δίκαιο ο φίλος σου; Ναι ή όχι. Εξήγησε την απάντησή σου (17β)	0,612	0,434
Π1/Π2pre	Απόσταση σωματιδίων στα υγρά σε σχέση με τα στερεά και τα αέρια	1,011	0,315
Π1/Π2pre	Σχεδίαση των αποστάσεων σωματιδίων στα υγρά σε σχέση με τα στερεά και τα αέρια	6,736	0,009
Π1/Π2post	Σχεδίαση των αποστάσεων σωματιδίων στα υγρά σε σχέση με τα στερεά και τα αέρια	6,595	0,010
Π2pre/Π2post	Σχεδίαση των αποστάσεων σωματιδίων στα υγρά σε σχέση με τα στερεά και τα αέρια	23,666	0,000
Π1/Π2pre	Παράσταση μίγματος δυο υγρών	18,567	0,000
Π1/Π2post	Παράσταση μίγματος δυο υγρών	0,409	0,522
Π2pre/Π2post	Παράσταση μίγματος δυο υγρών	12,527	0,000



Π11. Παράρτημα σύγκρισης των ομάδων στο σύνολο των ενοτήτων

Πίνακας Π11.Π1.: Δοκιμασία ομοιογένειας διακύμανσης για όλες στις ομάδες στο σύνολο της επίδοσης

	pre	post	df1/df2	pre	post
	Levene Statistic			Sig.	
Π1/Π2(Σχ1)	0,026	0,027	1/67	0,872	0,869
Π1/Π2(Σχ2)	1,265	0,729	1/70	0,265	0,396
Π1/Π2(Σχ3)	4,065	0,624	1/76	0,047	0,432
Π2(Σχ1)/Π2(Σχ2)	0,761	0,390	1/25	0,391	0,538
Π2(Σχ1)/Π2(Σχ3)	2,787	0,283	1/31	0,105	0,599
Π2(Σχ2)/Π2(Σχ3)	0,054	0,515	1/34	0,817	0,478
E/Π1	55,237		1/114	0,000	
E/Π2(Σχ1)	54,715	55,306	1/69	0,000	0,000
E/Π2(Σχ2)	30,838	46,558	1/72	0,000	0,000
E/Π2(Σχ3)	37,463	82,869	1/78	0,000	0,000

Πίνακας Π11.Π2.: Στατιστική σύγκριση των μέσων επιδόσεων των ομάδων E, Π1, Π2 στο σύνολο των ενοτήτων (one way ANOVA)

testA (I) team	(J) team	F	df	sig	testB (I) team	(J) team	F	df	sig
E	Π1	216,509	1/114	0,000	Π1	Π2pre	22,697	1/103	0,000
	Π1pre	106,818	1/105	0,000		Π2post	4,012	1/103	0,048
	Π2post	205,097	1/105	0,000		sum (I) team	(J) team	F	df
Π1	Π2pre	24,997	1/103	0,000	Π1	Π2pre	24,903	1/103	0,000
	Π2post	2,061	1/103	0,154	Π2post	3,023	1/103	0,085	

Πίνακας Π11.Π3.: Στατιστική σύγκριση των μέσων επιδόσεων των ομάδων E, Π1, Π2 στο σύνολο των ενοτήτων (Mann-Whitney U)

testA (I) team	(J) team	Z	sig	testB (I) team	(J) team	Z	sig
E	Π1	-8,740	0,000	Π1	Π2pre	-4,940	0,000
	Π2pre	-7,765	0,000		Π2post	-2,721	0,007
	Π2post	-8,683	0,000		sum (I) team	(J) team	Z
Π1	Π2pre	-4,429	0,000	Π1	Π2pre	-4,696	0,000
	Π2post	-1,518	0,129	Π2post	Π2post	-2,058	0,040

Πίνακας Π11.Π4.: Στατιστική σύγκριση των μέσων επιδόσεων των ομάδων E, Π1, Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) στο σύνολο των ενοτήτων (one way ANOVA)

testA (I) team	(J) team	F	df	sig	testB (I) team	(J) team	F	df	sig
E	Π1	216,509	1/114	0,000	Π1	Π2(Σχ1)pre	9,739	1/67	0,003
	Π2(Σχ1)pre	39,260	1/69	0,000		Π2(Σχ1)post	2,918	1/67	0,092
	Π2(Σχ1)post	112,965	1/69	0,000		Π2(Σχ2)pre	9,889	1/70	0,002
	Π2(Σχ2)pre	89,363	1/72	0,000		Π2(Σχ2)post	2,598	1/70	0,112
	Π2(Σχ2)post	159,636	1/72	0,000		Π2(Σχ3)pre	9,182	1/76	0,003
	Π2(Σχ3)pre	152,197	1/78	0,000		Π2(Σχ3)post	0,572	1/76	0,452
	Π2(Σχ3)post	262,708	1/78	0,000		Π2(Σχ1)pre	Π2(Σχ2)pre	0,126	1/25
Π1	Π2(Σχ1)pre	12,595	1/67	0,001	Π2(Σχ1)post	Π2(Σχ3)pre	1,120	1/31	0,298
	Π2(Σχ1)post	2,399	1/67	0,126	Π2(Σχ2)post	Π2(Σχ3)post	0,087	1/25	0,771
	Π2(Σχ2)pre	9,988	1/70	0,002	Π2(Σχ3)pre	Π2(Σχ2)post	1,646	1,31	0,209
	Π2(Σχ2)post	1,963	1/70	0,166	Π2(Σχ2)pre	Π2(Σχ3)post	0,577	1/34	0,453
Π2(Σχ1)pre	Π2(Σχ3)pre	10,182	1/76	0,002	Π2(Σχ2)post	Π2(Σχ3)post	1,276	1/34	0,267
	Π2(Σχ3)post	0,035	1/76	0,851					
Π2(Σχ1)post	Π2(Σχ2)pre	0,520	1/25	0,477					
	Π2(Σχ3)pre	1,723	1/31	0,199					
Π2(Σχ1)post	Π2(Σχ2)post	0,071	1/25	0,791					
	Π2(Σχ3)post	1,931	1/31	0,175					
Π2(Σχ2)pre	Π2(Σχ3)pre	0,287	1/34	0,595					
	Π2(Σχ3)post	1,509	1/34	0,228					



Πίνακας Π11.Π5.: Στατιστική σύγκριση των μέσων επιδόσεων των ομάδων Ε, Π1, Σχ1, Σχ2, Σχ3 στο σύνολο των ενοτήτων (Mann-Whitney U)

testA				testB			
(I) team	(J) team	Z	sig	(I) team	(J) team	Z	sig
E	Π1	-8,740	0,000	Π1	Π2(Σχ1)pre	-3,024	0,002
	Π2(Σχ1)pre	-4,436	0,000		Π2(Σχ1)post	-2,034	0,042
	Π2(Σχ1)post	-5,357	0,000		Π2(Σχ2)pre	-3,432	0,001
	Π2(Σχ2)pre	-5,017	0,000		Π2(Σχ2)post	-2,316	0,021
	Π2(Σχ2)post	-5,804	0,000		Π2(Σχ3)pre	-3,712	0,000
	Π2(Σχ3)pre	-6,317	0,000		Π2(Σχ3)post	-1,436	0,151
	Π2(Σχ3)post	-6,623	0,000		Π2(Σχ1)pre	Π2(Σχ2)pre	-0,830
Π1	Π2(Σχ1)pre	-2,953	0,003	Π2(Σχ1)post	Π2(Σχ3)pre	-1,460	0,144
	Π2(Σχ1)post	-1,607	0,108	Π2(Σχ2)pre	Π2(Σχ2)post	-0,635	0,526
	Π2(Σχ2)pre	-3,155	0,002	Π2(Σχ3)post	Π2(Σχ3)post	-1,348	0,178
	Π2(Σχ2)post	-1,491	0,136	Π2(Σχ2)pre	Π2(Σχ3)pre	-0,850	0,395
	Π2(Σχ3)pre	-3,092	0,002	Π2(Σχ2)post	Π2(Σχ3)post	-1,187	0,235
	Π2(Σχ3)post	-3,04	0,761				
	Π2(Σχ1)pre	Π2(Σχ2)pre	-1,073	0,283			
	Π2(Σχ3)pre	-2,022	0,043				
Π2(Σχ1)post	Π2(Σχ2)post	-0,561	0,575				
	Π2(Σχ3)post	-1,572	0,116				
Π2(Σχ2)pre	Π2(Σχ3)pre	-0,465	0,642				
Π2(Σχ2)post	Π2(Σχ3)post	-1,139	0,255				

Πίνακας Π11.Π6.: Στατιστική σύγκριση των Ε,Π1, Π2(διδ), Π2pre(συζ) και Π2post(συζ) με τα κριτήρια Mann-Whitney U, F (ANOVA), Pearson Chi- Square

Π1/Π2	ΔιδΑ	ΔιδΒ	ΣυζΑ pre	ΣυζΒ pre	ΣυζΑ post	ΣυζΒ post
Mann-Whitney U	999,000	870,500	376,000	405,000	1322,000	1235,000
Z	-2,374	-3,200	-6,382	-6,195	-0,296	-0,856
Sig.	0,018	0,001	0,000	0,000	0,767	0,392
F _(df=1/103)	7,133	7,970	67,358	52,983	0,305	0,244
Sig.	0,009	0,006	0,000	0,000	0,582	0,622
χ ²	33,841	43,597	342,386	322,032	2,236	16,396
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,525	0,001
Ε/Π1	ΔιδΑ	Ε/Π2	ΔιδΑ	ΣυζΑ pre	ΣυζΑpost	
Mann-Whitney U	99,000	Mann-Whitney U	225,500	678,500	88,000	
Z	-8,740	Z	-7,458	-4,621	-8,320	
Sig.	0,000	Sig.	0,000	0,000	0,000	
F _(df=1/114)	216,509	F _(df=1/105)	122,766	28,136	219,796	
Sig.	0,000	Sig.	0,000	0,000	0,000	
χ ² (df=3)	1078,297	χ ²	694,499	126,560	826,911	
Sig.	0,000	Sig.	0,000	0,000	0,000	

Πίνακας Π11.Π6': Στατιστική σύγκριση των Π1(διδ), Π1(συζ), Π2(διδ), Π2pre(συζ) και Π2post(συζ) με τα κριτήρια Mann-Whitney U, F (ANOVA)

Π1/Π2	ΔιδΑ	ΔιδΒ	ΣυζΑ pre	ΣυζΒ pre	ΣυζΑ post	ΣυζΒ post
Mann-Whitney U	999,000	870,500	376,000	405,000	1322,000	1235,000
Z	-2,374	-3,200	-6,382	-6,195	-0,296	-0,856
Sig.	0,012	0,001	0,000	0,000	0,657	0,357
F _(df=1/103)	7,133	7,970	67,358	52,983	0,305	0,244
Sig.	0,001	0,007	0,000	0,000	0,633	0,604



Πίνακας Π11.Π7.: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία (μέση επίδοση και τυπική απόκλιση) στο test A, στο test B και στο σύνολο των δυο test για όλα τα τμήματα των ομάδων στο σύνολο των επιμέρους ενότητων

	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	A	B
Μέση επίδοση και τυπική απόκλιση												
E(Σχ1)	1,06		0,74		0,85		0,77		0,72		,83	
	0,162		0,255		0,170		0,172		0,256		,103	
E(Σχ2)	1,000		0,682		0,863		0,800		0,750		,82	
	0,177		0,256		0,169		0,158		0,280		,104	
E(Σχ3)	1,00		0,73		0,94		0,80		0,73		,84	
	0,000		0,263		0,336		0,156		0,275		,162	
Π1(Σχ1)	1,93	2,08	2,00	2,23	1,88	1,97	2,04	2,16	1,56	1,71	1,88	2,03
	0,634	0,654	,674	0,738	0,678	0,700	0,867	0,926	0,659	0,783	0,659	0,717
Π1(Σχ2)	1,97	2,13	2,15	2,45	1,94	2,08	2,11	2,41	1,73	1,84	1,98	2,18
	0,562	0,532	,554	0,357	0,722	0,551	0,806	0,725	0,595	0,531	0,583	0,501
Π1(Σχ3)	1,95	2,14	2,04	2,48	1,90	2,06	2,04	2,32	1,64	1,77	1,92	2,16
	0,631	0,673	0,454	0,184	0,746	0,501	0,634	0,467	0,664	0,474	0,438	0,358
Π2(Σχ1)pre	1,38	1,5	1,33	2	1,14	1,31	1,57	1,72	1,1	1,42	1,3	1,59
	0,528	0,522	0,651	0,381	0,388	0,46	0,898	0,846	0,652	0,741	0,519	0,505
Π2(Σχ2)pre	1,53	1,63	1,92	2,28	1,18	1,44	1,03	1,12	1,52	1,77	1,43	1,65
	0,481	0,399	0,759	0,506	0,576	0,43	0,459	0,446	0,77	0,637	0,427	0,39
Π2(Σχ3)pre	1,48	1,6	2,04	2,32	1,84	1,97	0,97	1,27	1,2	1,54	1,51	1,74
	0,335	0,301	0,467	0,407	0,68	0,595	0,305	0,431	0,579	0,619	0,365	0,314
Π2(Σχ1)post			2,1	2,43	2,11	2,08					1,65	1,83
			0,618	0,281	0,592	0,379					0,534	0,475
Π2(Σχ2)post					2,07	2,04	1,48	1,67			1,7	1,88
					0,523	0,415	0,675	0,538			0,474	0,377
Π2(Σχ3)post							2,05	2,09	2,08	2,13	1,9	2,02
							0,732	0,694	0,668	0,621	0,462	0,371

Πίνακας Π11.Π8.: Στατιστική σύγκριση των αντίστοιχων τμημάτων των ομάδων Π1 και Π2 ανά ενότητα και test (Mann-Whitney U)

		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Π2(Σχ1)pre/Π1(Σχ1)	Z	-2,341	-2,411	-2,538	-2,154	-3,022	-2,861	-1,507	-1,529	-1,751	-1,256
	Sig.	0,019	0,016	0,011	0,031	0,003	0,004	0,132	0,126	0,080	0,209
Π2(Σχ1)post/Π1(Σχ1)	Z			-0,336	-0,020	-1,058	-0,120				
	Sig.			0,737	0,984	0,290	0,905				
Π2(Σχ2)pre/Π1(Σχ2)	Z	-2,147	-2,794	-0,658	-0,796	-2,843	-2,846	-3,287	-3,941	-0,667	-0,683
	Sig.	0,032	0,005	0,510	0,426	0,004	0,004	0,001	0,000	0,505	0,495
Π2(Σχ2)post/Π1(Σχ2)	Z					-0,778	-0,592	-2,086	-2,731		
	Sig.					0,436	0,554	0,037	0,006		
Π2(Σχ3)pre/Π1(Σχ3)	Z	-2,665	-2,804	-0,115	-1,405	-0,177	-1,196	-4,712	-4,940	-2,230	-1,516
	Sig.	0,008	0,005	0,909	0,160	0,859	0,232	0,000	0,000	0,026	0,129
Π2(Σχ3)post/Π1(Σχ3)	Z							-0,038	-1,025	-2,137	-2,237
	Sig.							0,970	0,305	0,033	0,025

Για το ζεύγος Π2(Σχ1)pre/Π1(Σχ1) το μη παραμετρικό κριτήριο F για την 2B δεν δίνει στατιστικά σημαντικές διαφορές, ενώ για το B δίνει διαφορές σε επίπεδο $p < 0,1$.

Πίνακας Π11.Π8.: Στατιστική σύγκριση των αντίστοιχων τμημάτων των ομάδων Π1 και Π2 ανά ενότητα και test (Mann-Whitney U) (συνέχεια)

Π2(Σχ1)pre /Π1(Σχ1)	testA	testB	Π2(Σχ1)post /Π1(Σχ1)	testA	testB	Π2(Σχ2)pre /Π1(Σχ2)	testA	testB
Z	-2,141	-2,141	Z	-0,934	-1,421	Z	-2,727	-3,004
Sig.	0,032	0,032	Sig.	0,350	0,155	Sig.	0,006	0,003
Π2(Σχ2)post /Π1(Σχ2)	testA	testB	Π2(Σχ3)pre /Π1(Σχ3)	testA	testB	Π2(Σχ3)post /Π1(Σχ3)	testA	testB
Z	-1,463	-2,095	Z	-2,855	-3,509	Z	-0,088	-0,994
Sig.	0,144	0,036	Sig.	0,004	0,000	Sig.	0,930	0,320



Πίνακας Π11.Π9.: Στατιστική σύγκριση των αντιστοιχων τμημάτων των ομάδων E -Π1 και E-Π2 ανά ενότητα και τεστ (Mann-Whitney U)

		1A	2A	3A	4A	5A	A
Π1(Σχ1)/E(Σχ1)	Z	-4,357	-4,697	-4,545	-4,315	-3,764	-4,562
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Π1(Σχ2)/E(Σχ2)	Z	-4,579	-4,854	-4,355	-4,056	-4,277	-4,738
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Π1(Σχ3)/E(Σχ3)	Z	-5,569	-5,728	-4,489	-5,269	-4,694	-5,690
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Π2(Σχ1)pre/E(Σχ1)	Z	-2,060	-2,769	-1,952	-2,566	-1,607	-3,832
	Sig.	0,039	0,006	0,051	0,010	0,108	0,000
Π2(Σχ1)post/E(Σχ1)	Z		-4,060	-4,713			0,000
	Sig.		0,000	0,000			0,000
Π2(Σχ2)pre/E(Σχ2)	Z			-1,711	-1,680	-2,893	-4,117
	Sig.			0,087	0,093	0,004	0,000
Π2(Σχ2)post/E(Σχ2)	Z			-4,925	-3,652	-2,893	-4,740
	Sig.			0,000	0,000	0,004	0,000
Π2(Σχ3)pre/E(Σχ3)	Z	-5,173	-5,686	-4,794	-2,178	-3,119	-5,212
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,029	0,002	0,000
Π2(Σχ3)post/E(Σχ3)	Z				-5,273	-5,317	-5,565
	Sig.				0,000	0,000	0,000

Πίνακας Π11.Π10.: Στατιστική σύγκριση των ομάδων E,Π1,Π2 στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης

Π1/Π2pre	Εξηγ(διδ)A	Εξηγ(διδ)B	Εξηγ(συζ)A	Εξηγ(συζ)B	Προ(διδ)A	Προ(διδ)B	Προ(συζ)A	Προ(συζ)B
Z	-3,024	-3,822	-6,189	-5,847	-1,879	-2,316	-6,130	-5,983
Sig.	0,002	0,000	0,000	0,000	0,060	0,021	0,000	0,000
F(1/101)	4,224	5,589	18,129	13,825	3,356	3,786	19,716	18,732
Sig.	0,007	0,001	0,000	0,000	0,022	0,013	0,000	0,000
χ^2 (df=3)	24,680	35,197	97,038	73,304	19,214	17,499	245,781	252,066
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Π1/Π2post	Εξηγ(συζ)A	Εξηγ(συζ)B	Προ(συζ)A	Προ(συζ)B	EΠ1	εξηγA	ΠροA	
Z	-0,291	-0,293	-0,714	-0,747	Z	-8,946	-8,309	
Sig.	0,771	0,769	0,475	0,455	Sig.	0,000	0,000	
F(1/101)	0,456	0,619	1,707	1,605	F(1/114)	248,755	176,965	
Sig.	0,714	0,604	0,170	0,193	Sig.	0,000	0,000	
χ^2 (df=3)	2,192	2,102	1,318	15,691	$-\chi^2$ (df=3)	365,434	721,847	
Sig.	0,533	0,551	0,725	0,001	Sig.	0,000	0,000	
E/Π2	Εξηγ(διδ)A	Εξηγ(συζ)A	Προ(διδ)A	Προ(συζ)A	Εξηγ(συζ)A	Προ(συζ)A		
Z	-7,998	-4,967	-7,333	-3,243	pre	post		
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,001	-8,238	-7,966		
F(1/105)	159,029	34,802	107,308	16,596	210,439	191,590		
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
χ^2 (df=3)	216,867	74,574	84,513	71,746	271,523	567,456		
Sig.	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		

Πίνακας Π11.Π10': Στατιστική σύγκριση των ομάδων Π1(διδ), Π1(συζ), Π2(διδ), Π2(συζ) στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης (Mann-Whitney U και ANOVA)

Π1/Π2pre	Εξηγ(διδ)A	Εξηγ(διδ)B	Εξηγ(συζ)A	Εξηγ(συζ)B	Προ(διδ)A	Προ(διδ)B	Προ(συζ)A	Προ(συζ)B
Z	-3,024	-3,822	-6,189	-5,847	-1,879	-2,316	-6,130	-5,983
Sig.	0,005	0,000	0,000	0,000	0,073	0,026	0,000	0,000
F(1/101)	4,224	5,589	18,129	13,825	3,356	3,786	19,716	18,732
Sig.	0,009	0,000	0,000	0,000	0,038	0,116	0,000	0,000
Π1/Π2post	Εξηγ(συζ)A	Εξηγ(συζ)B	Προ(συζ)A	Προ(συζ)B				
Z	-0,291	-0,293	-0,714	-0,747				
Sig.	0,833	0,583	0,469	0,358				
F(1/101)	0,456	0,619	1,707	1,605				
Sig.	0,944	0,951	0,419	0,632				



Πίνακας Π11.Π11.: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) για τα τμήματα των Ε, Π1 και Π2 στις επιμέρους ενότητες στις ερωτήσεις εξήγησης /πρόβλεψης ανά τεστ

	E(Σχ1)	E(Σχ2)	E(Σχ3)	Π1(Σχ1)	Π1(Σχ2)	Π1(Σχ3)	Π2(Σχ1)	Π2(Σχ2)	Π2(Σχ3)	Π2(Σχ1)	Π2(Σχ2)	Π2(Σχ3)
	(N=18)	(N=17)	(N=24)	(N=20)	(N=16)	(N=21)	(N=12)	(N=15)	(N=21)	(N=12)	(N=15)	(N=21)
	Μέση επίδοση και τυπική απόκλιση											
				pre	pre	pre	pre	pre	pre	post	post	post
1(εξηγ)Α	1,00	1,00	1,00	2,05	2,06	2,05	1,33	1,40	1,38			
	0,000	0,000	0,000	0,826	0,772	0,865	0,651	0,632	0,498			
1(εξηγ)Β				2,25	2,31	2,33	1,42	1,40	1,43			
				0,716	0,704	0,796	0,669	0,632	0,507			
1(προ)Α	1,11	1,00	1,00	1,80	1,88	1,86	1,42	1,67	1,57			
	0,323	0,353	0,000	0,616	0,500	0,655	0,515	0,488	0,507			
1(προ)Β				1,90	1,94	1,95	1,58	1,87	1,76			
				0,788	0,443	0,740	0,515	0,352	0,436			
2(εξηγ)Α	0,67	0,47	0,46	2,20	2,13	2,05	1,25	2,07	2,05	2,00		
	0,485	0,515	0,588	0,616	0,719	0,740	0,622	0,594	0,590	0,853		
2(εξηγ)Β				2,35	2,38	2,38	1,83	2,27	2,24	2,42		
				0,745	0,500	0,498	0,389	0,594	0,539	0,515		
2(προ)Α	0,76	0,74	0,79	1,95	2,16	2,04	1,35	1,88	2,04	2,13		
	0,218	0,257	0,262	0,733	0,591	0,508	0,727	0,834	0,502	0,598		
2(προ)Β				2,20	2,44	2,50	2,04	2,28	2,35	2,44		
				0,776	0,382	0,158	0,463	0,558	0,407	0,285		
3(εξηγ)Α	0,56	0,59	0,75	2,10	2,13	2,14	1,08	1,13	2,10	2,17	2,07	
	0,511	0,507	0,676	0,852	1,025	0,964	0,900	0,834	0,768	0,718	0,799	
3(εξηγ)Β				2,25	2,38	2,43	1,33	1,80	2,14	2,33	2,20	
				0,851	0,719	0,598	0,778	0,676	0,793	0,492	0,561	
3(προ)Α	1,00	1,00	1,04	1,78	1,84	1,79	1,17	1,20	1,71	2,08	2,07	
	0,000	0,000	0,204	0,658	0,724	0,800	0,389	0,561	0,717	0,634	0,495	
3(προ)Β				1,83	1,94	1,88	1,29	1,27	1,88	1,96	1,97	
				0,674	0,512	0,546	0,450	0,417	0,546	0,498	0,399	
4(εξηγ)Α	1,00	1,00	1,00	2,15	2,38	2,29	2,08	1,27	1,24		1,87	2,24
	0,000	0,000	0,000	0,813	0,806	0,784	0,996	0,704	0,436		0,834	0,944
4(εξηγ)Β				2,25	2,56	2,38	2,17	1,33	1,48		2,00	2,33
				0,910	0,727	0,740	1,030	0,724	0,512		0,756	0,856
4(προ)Α	0,71	0,75	0,75	2,01	2,05	1,98	1,44	0,97	0,90		1,38	2,00
	0,214	0,198	0,195	0,909	0,843	0,698	0,942	0,410	0,321		0,706	0,707
4(προ)Β				2,14	2,38	2,31	1,60	1,07	1,21		1,58	2,02
				0,965	0,758	0,474	0,856	0,395	0,463		0,564	0,684
5(εξηγ)Α	0,39	0,41	0,42	1,75	1,81	1,67	1,00	1,60	1,14			2,19
	0,502	0,507	0,504	0,851	0,834	0,966	0,853	0,986	0,854			0,680
5(εξηγ)Β				1,85	2,00	1,95	1,58	1,93	1,71			2,29
				0,933	0,516	0,590	0,900	0,594	0,845			0,644
5(προ)Α	0,83	0,86	0,83	1,52	1,71	1,63	1,14	1,49	1,22			2,05
	0,328	0,289	0,368	0,635	0,569	0,632	0,627	0,711	0,571			0,677
5(προ)Β				1,67	1,79	1,71	1,36	1,71	1,48			2,08
				0,749	0,556	0,463	0,717	0,677	0,602			0,632



Πίνακας Π11.Π11: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) για τα τμήματα των Ε, Π1 και Π2 στις επιμέρους ενότητες στις ερωτήσεις εξήγησης / πρόβλεψης ανά τεστ (συνέχεια)

	Εξηγ testA	Εξηγ testB	Προ testA	Προ testB		Εξηγ testA	Εξηγ testB	Προ testA	Προ testB
Μέση επίδοση και τυπική απόκλιση									
E(Σχ1)	0,72		0,88		Π2(Σχ1)pre	1,35	1,67	1,3	1,58
	0,170		0,127			0,533	0,5	0,534	0,511
E(Σχ2)	0,69		0,87		Π2(Σχ2)pre	1,49	1,75	1,44	1,64
	0,175		0,143			0,446	0,444	0,367	0,289
E(Σχ3)	0,73		0,88		Π2(Σχ3)pre	1,58	1,8	1,49	1,74
	0,256		0,148			0,394	0,405	0,411	0,301
Π1(Σχ1)	2,05	2,19	1,81	1,95	Π2(Σχ1)post	1,72	1,98	1,64	1,79
	0,683	0,709	0,640	0,739		0,562	0,493	0,53	0,467
Π1(Σχ2)	2,10	2,33	1,93	2,10	Π2(Σχ2)post	1,8	1,96	1,7	1,88
	0,602	0,531	0,588	0,474		0,49	0,408	0,37	0,287
Π1(Σχ3)	2,04	2,30	1,86	2,07	Π2(Σχ3)post	1,99	2,09	1,87	2,02
	0,599	0,388	0,436	0,372		0,467	0,436	0,507	0,368

Πίνακας Π11.Π12: Στατιστική σύγκριση των ομάδων Π1 και Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) στις ερωτήσεις εξήγησης πρόβλεψης πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες (Mann-Whitney U)

Π1/Π2(Σχ1)	2(εξηγ)A	2(εξηγ)B	2(προ)A	2(προ)B	3(εξηγ)A	3(εξηγ)B	3(προ)A	3(προ)B
pre Z	-3,695	-3,076	-2,798	-2,871	-3,264	-3,729	-2,937	-3,107
Sig.	0,000	0,002	0,005	0,004	0,001	0,000	0,003	0,002
post Z	-0,331	-0,147	-0,544	-0,522	-0,153	-0,422	-1,278	-0,284
Sig.	0,741	0,883	0,586	0,602	0,878	0,673	0,201	0,776
Π1/Π2(Σχ2)	3(εξηγ)A	3(εξηγ)B	3(προ)A	3(προ)B	4(εξηγ)A	4(εξηγ)B	4(προ)A	4(προ)B
pre Z	-3,537	-2,724	-3,143	-3,540	-3,886	-4,014	-4,145	-4,825
Sig.	0,000	0,006	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
post Z	-0,486	-1,075	-1,469	-0,163	-1,670	-1,886	-2,572	-3,500
Sig.	0,627	0,282	0,142	0,870	0,095	0,059	0,010	0,000
Π1/Π2(Σχ3)	4(εξηγ)A	4(εξηγ)B	4(προ)A	4(προ)B	5(εξηγ)A	5(εξηγ)B	5(προ)A	5(προ)B
pre Z	-4,755	-4,486	-4,969	-5,133	-2,809	-1,031	-2,414	-2,479
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,303	0,016	0,013
post Z	-0,092	-0,170	-0,176	-1,634	-2,005	-1,991	-2,592	-2,150
Sig.	0,927	0,865	0,861	0,102	0,045	0,046	0,010	0,032

Πίνακας Π11.Π13: Στατιστική σύγκριση των αντίστοιχων τμημάτων των ομάδων Π1/Π2 στις ερωτήσεις εξήγησης πρόβλεψης πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες (Mann-Whitney U)

Π2(Σχ1)pre) Π1(Σχ1)												
	1εξηγA	1εξηγB	1προA	1προB	2εξηγA	2εξηγB	2προA	2προB	3εξηγA	3εξηγB	3προA	3προB
Z	-2,414	-2,875	-1,715	-1,372	-3,426	-2,635	-1,919	-1,649	-2,840	-2,820	-2,765	-2,302
Sig.	0,016	0,004	0,086	0,170	0,001	0,008	0,055	0,099	0,005	0,005	0,006	0,021
	4εξηγA	4εξηγB	4προA	4προB	5εξηγA	5εξηγB	5προA	5προB	εξηγ A	εξηγ B	προA	προB
Z	-0,125	-0,107	-1,685	-1,787	-2,247	-0,797	-1,661	-1,300	-2,705	-2,326	-1,889	-1,753
Sig.	0,900	0,915	0,092	0,074	0,025	0,425	0,097	0,194	0,007	0,020	0,059	0,080
Π2(Σχ1)post) Π1(Σχ1)												
	2εξηγA	2εξηγB	2προA	2προB	3εξηγA	3εξηγB	3προA	3προB	εξηγ A	εξηγ B	προA	προB
Z	-0,533	-0,022	-0,663	-0,197	-0,084	-0,087	-1,180	-0,326	-1,683	-1,135	-0,565	-1,207
Sig.	0,594	0,982	0,507	0,844	0,933	0,931	0,238	0,745	0,092	0,257	0,572	0,227
Π2(Σχ2)pre) Π1(Σχ2)												
	1εξηγA	1εξηγB	1προA	1προB	2εξηγA	2εξηγB	2προA	2προB	3εξηγA	3εξηγB	3προA	3προB
Z	-2,413	-3,179	-1,124	-0,464	-0,290	-0,464	-0,690	-0,905	-2,725	-2,241	-2,832	-3,211
Sig.	0,016	0,001	0,261	0,643	0,772	0,643	0,490	0,365	0,006	0,025	0,005	0,001
	4εξηγA	4εξηγB	4προA	4προB	5εξηγA	5εξηγB	5προA	5προB	εξηγ A	εξηγ B	προA	προB
Z	-3,390	-3,617	-3,269	-3,877	-0,633	-0,347	-0,605	-0,901	-2,805	-2,886	-2,452	-2,946
Sig.	0,001	0,000	0,001	0,000	0,526	0,729	0,545	0,368	0,005	0,004	0,014	0,003
Π2(Σχ2)post) Π1(Σχ2)												
	3εξηγA	3εξηγB	3προA	3προB	4εξηγA	4εξηγB	4προA	4προB	εξηγ A	εξηγ B	προA	προB
Z	-0,539	-0,926	-1,020	-0,133	-1,687	-2,126	-2,009	-2,862	-1,394	-2,020	-1,344	-2,195
Sig.	0,590	0,355	0,308	0,894	0,092	0,033	0,045	0,004	0,163	0,043	0,179	0,028



Πίνακας Π11.Π13.: Στατιστική σύγκριση των αντίστοιχων τμημάτων των ομάδων Π1/Π2 στις ερωτήσεις εξήγησης πρόβλεψης πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες (Mann-Whitney U)(συνέχεια)

Π2(Σχ3)pre) Π1(Σχ3)		1εξηγΑ	1εξηγΒ	1προΑ	1προΒ	2εξηγΑ	2εξηγΒ	2προΑ	2προΒ	3εξηγΑ	3εξηγΒ	3προΑ	3προΒ
Z		-2,594	-3,577	-1,421	-0,861	-0,222	-0,828	-0,192	-1,636	-0,484	-1,153	-0,299	-0,013
Sig.		0,009	0,000	0,155	0,389	0,824	0,408	0,848	0,102	0,628	0,249	0,765	0,990
Π2(Σχ3)post) Π1(Σχ3)		4εξηγΑ	4εξηγΒ	4προΑ	4προΒ	5εξηγΑ	5εξηγΒ	5προΑ	5προΒ	εξηγ Α	εξηγ Β	προΑ	προΒ
Z		-4,106	-3,729	-4,656	-4,951	-1,970	-0,885	-1,987	-1,815	-2,545	-3,534	-2,403	-2,744
Sig.		0,000	0,000	0,000	0,000	0,049	0,376	0,047	0,070	0,011	0,000	0,016	0,006
Π2(Σχ3)post) Π1(Σχ3)		4εξηγΑ	4εξηγΒ	4προΑ	4προΒ	5εξηγΑ	5εξηγΒ	5προΑ	5προΒ	εξηγ Α	εξηγ Β	προΑ	προΒ
		-0,014	-0,028	-0,101	-1,346	-1,750	-1,736	-2,137	-2,139	-0,545	-1,620	-0,277	-0,315
		0,989	0,978	0,919	0,178	0,080	0,083	0,033	0,032	0,585	0,105	0,782	0,753

*Για το ζεύγος Π2(Σχ1)pre)Π1(Σχ1) το F δεν δίνει διαφορές για 2προΒ, προΒ, 4προΒ, 5προΑ. Για το ζεύγος Π2(Σχ3)pre)Π1(Σχ3) το F δίνει για την 5εξηγΑ $p < 0,1$ και 5προΒ μη σημαντικές διαφορές. Για το ζεύγος Π2(Σχ3)post)Π1(Σχ3) το F δίνει 5εξηγΑ $p < 0,05$

Πίνακας Π11.Π14.: Στατιστική σύγκριση των αντίστοιχων τμημάτων των ομάδων Ε/Π1 και Ε/Π2 ανά ενότητα στις ερωτήσεις εξήγησης πρόβλεψης πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες (Mann-Whitney U)

	1εξηγΑ	1προΑ	2εξηγΑ	2προΑ	3εξηγΑ	3προΑ	4εξηγΑ	4προΑ	5εξηγΑ	5προΑ	εξηγΑ	προΑ
Π1(Σχ1)/ Ε(Σχ1)Z	-4,294	-3,631	-5,145	-4,299	-4,583	-4,271	-4,518	-4,148	-4,317	-2,546	-4,860	-4,110
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000
Π1(Σχ2)/ Ε(Σχ2)Z	-4,301	-4,270	-4,642	-4,745	-3,889	-4,043	-4,578	-3,967	-4,117	-4,212	-4,923	-4,490
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Π1(Σχ3)/ Ε(Σχ3)Z	-4,686	-4,949	-5,166	-5,653	-4,331	-3,915	-5,378	-5,268	-4,177	-4,033	-5,563	-5,645
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Πίνακας Π11.Π14.: Στατιστική σύγκριση των αντίστοιχων τμημάτων των ομάδων Ε/Π1 και Ε/Π2 ανά ενότητα στις ερωτήσεις εξήγησης πρόβλεψης πριν και μετά τη συζήτηση στις ομάδες (Mann-Whitney U)(συνέχεια)

Π2(Σχ1)pre/ Ε(Σχ1)		1εξηγΑ	1προΑ	2εξηγΑ	2προΑ	3εξηγΑ	3προΑ	4εξηγΑ	4προΑ	5εξηγΑ	5προΑ	εξηγΑ	προΑ
Z		-2,196	-1,906	-2,524	-2,530	-1,704	-1,763	-3,623	-2,147	-2,052	-0,834	-3,471	-2,904
Sig.		0,028	0,057	0,012	0,011	0,088	0,078	0,000	0,032	0,040	0,405	0,001	0,004
Π2(Σχ1)post/ Ε(Σχ1)				2εξηγΑ	2προΑ	3εξηγΑ	3προΑ					εξηγΑ	προΑ
Z				-3,897	-4,234	-4,355	-4,880					-4,570	-4,473
Sig.				0,000	0,000	0,000	0,000					0,000	0,000
Π2(Σχ2)pre/ Ε(Σχ2)		1εξηγΑ	1προΑ	2εξηγΑ	2προΑ	3εξηγΑ	3προΑ	4εξηγΑ	4προΑ	5εξηγΑ	5προΑ	εξηγΑ	προΑ
Z		-2,545	-3,570	-4,713	-3,545	-1,995	-1,530	-1,530	-1,680	-3,372	-2,712	-4,676	-4,406
Sig.		0,011	0,000	0,000	0,000	0,046	0,126	0,126	0,093	0,001	0,007	0,000	0,000
Π2(Σχ2)post/ Ε(Σχ2)						3εξηγΑ	3προΑ	4εξηγΑ	4προΑ				
Z						-4,290	-5,249	-3,658	-3,232				
Sig.						0,000	0,000	0,000	0,001				
Π2(Σχ3)pre/ Ε(Σχ3)		1εξηγΑ	1προΑ	2εξηγΑ	2προΑ	3εξηγΑ	3προΑ	4εξηγΑ	4προΑ	5εξηγΑ	5προΑ	εξηγΑ	προΑ
Z		-3,297	-4,276	-5,439	-5,535	-4,742	-3,864	-2,507	-1,665	-3,015	-1,988	-5,481	-4,962
Sig.		0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,096	0,003	0,047	0,000	0,000
Π2(Σχ3)post/ Ε(Σχ3)								4εξηγΑ	4προΑ	5εξηγΑ	5προΑ	εξηγΑ	προΑ
Z								-4,725	-5,274	-5,598	-4,741	-5,679	-5,373
Sig.								0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Για το ζεύγος Π2(Σχ1)pre)Ε(Σχ1) το F δίνει για το 5προΑ διαφορές $p < 0,1$



Πίνακας Π11.Π15.: Στατιστικές συγκρίσεις (Pearson Chi- Square) των ποσοστών ανά επίπεδο ερμηνείας και τεστ για τις ομάδες E, Π1, Π2(διδ), Π2pre(σuz), Π2post(σuz)

	χ^2 df=2	p.		χ^2 df=2	p.
E-Π1 testA	1469,968	0,000	Π1testA - Π2posttestA(σuz)	6,821	0,032
E-Π2pretestA(σuz)	472,058	0,000	Π1testB - Π2posttestB(σuz)	7,700	0,021
E-Π2posttestA(σuz)	1203,114	0,000	E-Π2testA(διδ)	899,506	0,000
Π1testA-Π1testB	125,069	0,000	Π2testA(διδ)-Π2testB(διδ)	146,972	0,000
Π2pretestA(σuz)-Π2pretestB(σuz)	210,425	0,000	Π1testA- Π2testA(διδ)	47,726	0,000
Π2posttestA(σuz)-Π2posttestB(σuz)	24,902	0,000	Π1testB - Π2testB (διδ)	3,897	0,142
Π2posttestA(σuz)- Π2pretestA(σuz)	190,736	0,000	Π2testA(διδ)-Π2pretestA(σuz)	62,950	0,000
Π2posttestB(σuz) - Π2pretestB (σuz)	27,799	0,000	Π2testB(διδ)-Π2pretestB(σuz)	20,215	0,000
Π1testA - Π2pretestA(σuz)	242,865	0,000	Π2testA(διδ)-Π2posttestA(σuz)	55,080	0,000
Π1testB - Π2pretestB (σuz)	46,977	0,000	Π2testB(διδ)-Π2posttestB(σuz)	12,163	0,002

Πίνακας Π11.Π16.: Στατιστική σύγκριση (Pearson Chi- Square) για τις ομάδες E, Π1, Π2 στη συνέπεια χρήσης κατηγορίας (75% των απαντήσεων και 100% των απαντήσεων)

75% testA					75% testB				
(I)team	(J) team	Chi-Square	df	sig	(I)team	(J) team	Chi-Square	df	sig
E	Π1	2,185	1	0,139	Π1	Π2testB(διδ)	5,226	1	0,022
	Π2testA(διδ)	0,103	1	0,749		Π2pretestB(σuz)	12,373	1	0,000
	Π2pretestA(σuz)	5,042	1	0,025		Π2posttestB(σuz)	1,418	1	0,234
	Π2posttestA(σuz)	4,125	1	0,042					
Π1	Π2testA(διδ)	1,179	1	0,278					
	Π2pretestA(σuz)	0,705	1	0,401					
	Π2posttestA(σuz)	0,387	1	0,534					

100% testA					100% testB				
(I)team	(J) team	Chi-Square	df	sig	(I)team	(J) team	Chi-Square	df	sig
E	Π1	12,579	1	0,001	Π1	Π2testB(διδ)	3,209	1	0,073
	Π2testA(διδ)	10,628	1	0,001		Π2pretestB(σuz)	11,674	1	0,001
	Π2pretestA(σuz)	5,108	1	0,024		Π2posttestB(σuz)	0,005	1	0,945
	Π2posttestA(σuz)	21,444	1	0,000					
Π1	Π2testA(διδ)	0,122	1	0,727					
	Π2pretestA(σuz)	2,558	1	0,110					
	Π2posttestA(σuz)	1,998	1	0,158					

Πίνακας Π11.Π17.: Στατιστική σύγκριση (two factorial ANOVA) ανά ομάδα και φύλο στις ερωτήσεις εξήγησης και πρόβλεψης

Φύλο * ομάδα Dependent Variable	Π1/Π2		E/Π1		E/Π2	
	F _{df,101}	Sig.	F _{df,112}	Sig.	F _{df,103}	Sig.
διδΑ	0,076	0,784	0,397	0,530	0,057	0,812
διδΒ	0,256	0,614				
pre(σuz)Α	0,003	0,956			0,875	0,352
pre(σuz)Β	0,158	0,692				
post(σuz)Α	0,135	0,714			1,293	0,258
post(σuz)Β	0,339	0,562				
Εξηγ(διδ)Α	0,000	0,986	0,005	0,943	0,011	0,916
Εξηγ(διδ)Β	0,279	0,599				
Προ(διδ)Α	0,348	0,556	0,820	0,367	0,003	0,957
Προ(διδ)Β	0,071	0,791				
preΕξηγ(σuz)Α	0,008	0,928			0,044	0,833
preΕξηγ(σuz)Β	0,074	0,786				
preΠρο(σuz)Α	0,029	0,865			2,080	0,152
preΠρο(σuz)Β	0,571	0,452				
postΕξηγ(σuz)Α	0,102	0,750			0,134	0,715
postΕξηγ(σuz)Β	0,166	0,685				
postΠρο(σuz)Α	0,043	0,836			1,339	0,250
postΠρο(σuz)Β	0,422	0,518				



Π12. Παράρτημα συγκρίσεων εντός των ομάδων

Πίνακας Π12.Π1: Στατιστική σύγκριση για την Ε (three -factor mixed factorial ANOVA) (φύλο* (ενότητα* εξηγ/προ)
Mauchly's Test of Sphericity

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Greenhouse-Geisser	Epsilon(a) Huynh-Feldt	Lower-bound
ενότητα	0,317	63,682	9	0,000	0,791	0,857	0,250
εξηγ/προ	1,000	0,000	0	0,000	1,000	1,000	1,000
ενότητα* εξηγ/προ	0,349	58,263	9	0,000	0,755	0,816	0,250

Tests of Within-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares*	df	Mean Square	F	Sig.
ενότητα	12,438	4	3,110	26,982	0,000
ενότητα * φύλο	0,120	4	0,030	0,260	0,903
Επιοι(ενότητα)	26,276	228	0,115		
εξηγ/προ	3,939	1	3,939	34,724	0,000
εξηγ/προ * φύλο	0,017	1	0,017	0,152	0,698
Επιοι(εξηγ/προ)	6,465	57	0,113		
ενότητα * εξηγ/προ	9,577	4	2,394	24,013	0,000
ενότητα * εξηγ/προ * φύλο	0,317	4	0,079	0,794	0,530
Επιοι(ενότητα*εξηγ/προ)	22,732	228	0,100		

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	359,670	1	359,670	1792,538	0,000
φύλο	0,118	1	0,118	0,587	0,447
Error	11,437	57	0,201		

*Sphericity Assumed

Πίνακας Π12.Π2.: Σύγκριση Test Wilcoxon ανά ζεύγη για την ομάδα Ε στο σύνολο των εννοιών

	2A - 1A	3A - 1A	4A - 1A	5A - 1A	3A - 2A	4A - 2A	5A - 2A	4A - 3A	5A - 3A	5A - 4A
Z	-5,678	-3,447	-6,061	-5,410	-3,853	-1,767	-6,650	-3,067	-3,710	-1,556
Sig.	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,077	0,516	0,002	0,000	0,120
	1A(προ) - 1A(εξηγ)	2A(προ) - 2A(εξηγ)	3A(προ) - 3A(εξηγ)	4A(προ) - 4A(εξηγ)	5A(προ) - 5A(εξηγ)	προ - εξηγ				
Z	-1,000	-3,473	-4,491	-5,990	-4,601	-4,864				
Sig.	0,317	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000				

Πίνακας Π12.Π3: Στατιστική σύγκριση (Mann-Whitney U) μέσω επιδόσεων αγοριών και κοριτσιών για την Ε.

	1A	2A	3A	4A	5A	A	A	
Z	-0,815	-2,093	-0,667	-0,241	-0,057	-1,421	χ^2 df= 3	5,897
Sig.	0,415	0,036*	0,505	0,810	0,955	0,155	p	0,117

*[F(1,57)= 2,316 Sig. = 0,134]

Πίνακας Π12.Π4.: Πολλαπλές συγκρίσεις για τα τμήματα E(ΣΧ1)/E(ΣΧ2)/E(ΣΧ3) (three -factor mixed factorial ANOVA (φύλο* (ενότητα* εξηγ/προ)

E Mauchly's Test of Sphericity

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Greenhouse-	Epsilon(a) Huynh-	Lower-
ενότητα	0,308	64,004	9	0,000	0,792	0,875	0,250
εξηγ/προ	1,000	0,000	0	0,000	1,000	1,000	1,000
ενότητα * εξηγ/προ	0,330	60,316	9	0,000	0,745	0,819	0,250



Πίνακας Π12.Π4: Πολλαπλές συγκρίσεις για τα τμήματα E(ΣX1)/E(ΣX2)/E(ΣX3) (three -factor mixed factorial ANOVA (φύλο* (ενότητα* εξηγ/προ) (συνέχεια)

Tests of Within-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares*	df	Mean Square	F	Sig.
ενότητα * Τμήμα E	0,649	8	0,081	0,706	0,686
Επιο(ενότητα)	25,747	224	0,115		
εξηγ/προ * τμήμα E	0,008	2	0,004	0,034	0,967
Επιο(εξηγ/προ)	6,475	56	0,116		
ενότητα * εξηγ/προ * τμήμα E	0,518	8	0,065	0,644	0,740
Επιο(ενότητα*εξηγ/προ)	22,531	224	0,101		

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	365,753	1	365,753	1781,517	0,000
τμήμα E	0,058	2	0,029	0,140	0,869
Error	11,497	56	0,205		

Sphericity Assumed

Π1

Πίνακας Π12.Π5: Στατιστική σύγκριση για την Π1 (four-factor mixed factorial ANOVA φύλο* (ενότητα * (εξηγ/προ) * test))

Mauchly's Test of Sphericity

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Greenhouse-	Epsilon(a) Huynh-	Lower-
ενότητα	0,739	16,162	9	0,064	0,863	0,944	0,250
εξηγ/προ	1,000	0,000	0	0,000	1,000	1,000	1,000
test	1,000	0,000	0	0,000	1,000	1,000	1,000
ενότητα * εξηγ/προ	0,841	9,219	9	0,418	0,925	1,000	0,250
ενότητα * test	0,840	9,333	9	0,407	0,916	1,000	0,250
εξηγ/προ * test	1,000	0,000	0	0,000	1,000	1,000	1,000
ενότητα * εξηγ/προ	0,766	14,271	9	0,113	0,868	0,950	0,250

Box's Test of Equality of Covariance Matrices(a) Box's M =369,771 F df1 210/ d26880,915 =1,016 Sig.,424

Tests of Within-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares*	df	Mean Square	F	Sig.
ενότητα	31,825	4	7,956	17,719	0,000
ενότητα * φύλο	2,027	4	0,507	1,128	0,344
Επιο(ενότητα)	98,785	220	0,449		
εξηγ/προ	13,691	1	13,691	45,033	0,000
εξηγ/προ * φύλο	0,424	1	0,424	1,394	0,243
Επιο(εξηγ/προ)	16,721	55	0,304		
test	10,764	1	10,764	41,523	0,000
test * φύλο	0,439	1	0,439	1,692	0,199
Error(test)	14,258	55	0,259		
ενότητα * (εξηγ/προ)	4,084	4	1,021	3,867	0,005
ενότητα * (εξηγ/προ) * φύλο	0,203	4	0,051	0,192	0,943
Επιο(sub*(εξηγ/προ))	58,097	220	0,264		
ενότητα * test	0,937	4	0,234	2,084	0,084
ενότητα * test * φύλο	0,271	4	0,068	0,603	0,661
Επιο(ενότητα *test)	24,727	220	0,112		
(εξηγ/προ) * test	0,040	1	0,040	0,234	0,630
(εξηγ/προ) * test * φύλο	0,158	1	0,158	0,931	0,339
Επιο((εξηγ/προ)*test)	9,336	55	0,170		
ενότητα *(εξηγ/προ)* test	1,001	4	0,250	2,415	0,050
ενότητα *(εξηγ/προ) * test * φύλο	0,111	4	0,028	0,267	0,899
Επιο(ενότητα *(εξηγ/προ)*test)	22,792	220	0,104		

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	4614,215	1	4614,215	796,503	0,000
φύλο	0,698	1	0,698	0,120	0,730
Error	318,620	55	5,793		

*Sphericity Assumed



Πίνακας Π12.Π5: Στατιστική σύγκριση για την III (four-factor mixed factorial ANOVA φύλο* (ενότητα * (εξήγ/προ) * test)) (συνέχεια)

Levene's Test of Equality of Error Variances(a)

	F	df1	df2	Sig.	F	df1	df2	Sig.
1(εξήγ)Α	0,006	1	55	0,938	3(προ)Α	0,016	1	55
1(εξήγ)Β	0,602	1	55	0,441	3(προ)Β	0,719	1	55
1(προ)Α	0,849	1	55	0,361	4(εξήγ)Α	1,603	1	55
1(προ)Β	1,076	1	55	0,304	4(εξήγ)Β	0,707	1	55
2(εξήγ)Α	3,932	1	55	0,052	4(προ)Α	0,081	1	55
2(εξήγ)Β	1,425	1	55	0,238	4(προ)Β	1,522	1	55
2(προ)Α	0,812	1	55	0,371	5(εξήγ)Α	2,100	1	55
2(προ)Β	2,320	1	55	0,133	5(εξήγ)Β	1,712	1	55
3(εξήγ)Α	0,256	1	55	0,615	5(προ)Α	0,751	1	55
3(εξήγ)Β	0,022	1	55	0,882	5(προ)Β	2,047	1	55

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

Πίνακας Π12.Π6.: Σύγκριση ανά ζεύγη με Wilcoxon Signed Ranks Test και χ-τετράγωνο για την ομάδα III στο σύνολο των εννοιών στο testΑ και στο testΒ

	2 - 1	3 - 1	4 - 1	5 - 1	3 - 2	4 - 2	5 - 2	4 - 3	5 - 3	5 - 4
Z	-3,182	-1,244	-2,165	-4,090	-4,066	-0,387	-6,222	-4,163	-4,233	-5,275
Sig.	0,001	0,214	0,030	0,000	0,000	0,699	0,000	0,000	0,000	0,000
Z	2A - 1A	3A - 1A	4A - 1A	5A - 1A	3A - 2A	4A - 2A	5A - 2A	4A - 3A	5A - 3A	5A - 4A
Z	-1,884	-0,615	-1,307	-3,379	-2,247	-0,191	-4,945	-2,828	-3,533	-4,382
Sig.	0,060	0,538	0,191	0,001	0,025	0,848	0,000	0,005	0,000	0,000
χ ²	14,152	7,199	35,708	23,054	9,191	22,338	41,151	19,786	31,562	81,956
Sig.	0,003	0,066	0,000	0,000	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Z	2B - 1B	3B - 1B	4B - 1B	5B - 1B	3B - 2B	4B - 2B	5B - 2B	4B - 3B	5B - 3B	5B - 4B
Z	-3,657	-1,477	-2,820	-4,083	-5,488	-1,309	-6,404	-4,602	-4,216	-5,564
Sig.	0,000	0,140	0,005	0,000	0,000	0,191	0,000	0,000	0,000	0,000
χ ²	29,907	2,472	24,325	21,308	38,362	32,546	97,604	44,521	13,917	96,974
Sig.	0,000	0,480	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000
Z	1B - 1A	2B - 2A	3B - 3A	4B - 4A	5B - 5A	B - A				
Z	-3,300	-4,979	-2,436	-3,959	-2,692	-5,319				
Sig.	0,001	0,000	0,015	0,000	0,007	0,000				
χ ²	4,896	34,333	11,899	9,432	7,764	38,481				
Sig.	0,180	0,000	0,008	0,024	0,051	0,000				

* df=3

Πίνακας Π12.Π7.: Σύγκριση Wilcoxon Signed Ranks Test ανά ενότητα για τον παράγοντα διδάχθηκαν/πρόβλεψαν στο test A test B για την ομάδα III

	1προ - 1εξήγ	2προ - 2εξήγ	3προ - 3εξήγ	4προ - 4εξήγ	5προ - 5εξήγ	προ - εξήγ
Z	-3,611	-0,625	-4,537	-2,904	-3,101	-5,139
Sig.	0,000	0,532	0,000	0,004	0,002	0,000
Z	1προΑ - 1διδα	2προΑ - 2διδα	3προΑ - 3διδα	4προΑ - 4διδα	5προΑ - 5διδα	προΑ - διδα
Z	-2,071	-1,129	-3,008	-2,851	-1,552	-3,941
Sig.	0,038	0,259	0,003	0,004	0,121	0,000
Z	1προΒ - 1διδΒ	2προΒ - 2διδΒ	3προΒ - 3διδΒ	4προΒ - 4διδΒ	5προΒ - 5διδΒ	προΒ - διδΒ
Z	-3,652	-0,433	-5,205	-1,531	-4,068	-5,740
Sig.	0,000	0,665	0,000	0,126	0,000	0,000

Πίνακας Π12.Π8.: Στατιστική σύγκριση Pearson Chi-square για τα ζεύγη ερωτήσεων εξήγησης και πρόβλεψης στα δυο test.

	Π1test A(Εξήγ) Π1test B(Εξήγ)	Π1test A(προ) Π1test B(προ)	Π1test A(Εξήγ) Π1test A(προ)	Π1test B(Εξήγ) Π1test B(προ)
χ ²	11,299	29,369	9,469	9,470
df	3	3	3	3
sig	0,010	0,000	0,024	0,024



Πίνακας Π12.Π9: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για την ομάδα Π11 στο σύνολο των ερωτήσεων που διδάχθηκε (εξήγησις) στο testA στο testB

	2-1	3-1	4-1	5-1	3-2	4-2	5-2	4-3	5-3	5-4
Z	-0,877	-0,512	-1,960	-3,124	-0,161	-0,530	-4,216	-1,212	-3,808	-4,230
Sig.	0,381	0,609	0,050	0,002	0,872	0,596	0,000	0,226	0,000	0,000
	1B-1A	2B-2A	3B-3A	4B-4A	5B-5A	B-A				
Z	-2,841	-3,300	-2,804	-2,111	-2,057	-4,247				
Sig.	0,005	0,001	0,005	0,035	0,040	0,000				
	2A-1A	3A-1A	4A-1A	5A-1A	3A-2A	4A-2A	5A-2A	4A-3A	5A-3A	5A-4A
Z	-0,667	-0,637	-2,041	-2,097	-0,092	-1,366	-3,131	-1,269	-2,811	-3,790
Sig.	0,505	0,524	0,041	0,036	0,926	0,172	0,002	0,205	0,005	0,000
	2B-1B	3B-1B	4B-1B	5B-1B	3B-2B	4B-2B	5B-2B	4B-3B	5B-3B	5B-4B
Z	-0,704	-0,557	-0,936	-3,184	-0,229	-0,186	-4,345	-0,347	-4,111	-3,813
Sig.	0,482	0,577	0,349	0,001	0,819	0,853	0,000	0,729	0,000	0,000

Πίνακας Π12.Π10: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για την ομάδα Π11 για τις ερωτήσεις ανά ενότητα που δεν διδάχθηκαν - πρόβλεψαν

	2-1	3-1	4-1	5-1	3-2	4-2	5-2	4-3	5-3	5-4
Z	-4,434	-0,782	-3,096	-2,738	-5,075	-0,830	-6,144	-4,621	-3,218	-5,204
Sig.	0,000	0,434	0,002	0,006	0,000	0,407	0,000	0,000	0,001	0,000
	1B-1A	2B-2A	3B-3A	4B-4A	5B-5A	B-A				
Z	-1,291	-4,646	-1,376	-3,803	-2,366	-4,559				
Sig.	0,197	0,000	0,169	0,000	0,018	0,000				
	2A-1A	3A-1A	4A-1A	5A-1A	3A-2A	4A-2A	5A-2A	4A-3A	5A-3A	5A-4A
Z	-2,593	-0,515	-1,748	-2,599	-3,122	-0,332	-4,947	-3,235	-2,668	-4,230
Sig.	0,010	0,606	0,080	0,009	0,002	0,740	0,000	0,001	0,008	0,000
	2B-1B	3B-1B	4B-1B	5B-1B	3B-2B	4B-2B	5B-2B	4B-3B	5B-3B	5B-4B
Z	-5,095	-0,893	-3,740	-2,461	-5,930	-1,562	-6,439	-4,922	-2,658	-5,699
Sig.	0,000	0,372	0,000	0,014	0,000	0,118	0,000	0,000	0,008	0,000

Πίνακας Π12.Π11.: Στατιστική σύγκριση Mann-Whitney U μεταξύ επιδόσεων αγοριών και κοριτσιών της Π11 ανά ενότητα και test

	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	A	B
Z	-1,067	-0,766	-1,438	-1,154	-0,444	-0,167	-0,524	-0,903	-0,264	-0,239	-0,765	-0,594
Sig.	0,286	0,444	0,150	0,249	0,657	0,867	0,601	0,366	0,792	0,811	0,445	0,553

Παρόμοια και το παραμετρικό κριτήριο

Πίνακας Π12.Π12 : Πολλαπλές συγκρίσεις για τα τμήματα Π1(Σχ1)/Π1(Σχ2), Π1(Σχ3) (four -factor mixed factorial ANOVA (φύλο* ενότητα* εξηγ/προ*test)

Mauchly's Test of Sphericity(b)

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Greenhouse-	Epsilon(a) Huynh-	Lower-
ενότητα	0,727	16,677	9	0,054	0,855	0,954	0,250
εξηγ/προ	1,000	0,000	0		1,000	1,000	1,000
test	1,000	0,000	0		1,000	1,000	1,000
ενότητα * εξηγ/προ	0,834	9,512	9	0,392	0,920	1,000	0,250
ενότητα * test	0,835	9,456	9	0,397	0,915	1,000	0,250
εξηγ/προ * test	1,000	0,000	0		1,000	1,000	1,000
ενότητα * εξηγ/προ	0,759	14,447	9	0,107	0,863	0,963	0,250



Πίνακας Π12.Π12 : Πολλαπλές συγκρίσεις για τα τμήματα Π1(Σχ1)/Π1(Σχ2), Π1(Σχ3) (four -factor mixed factoria ANOVA (φύλο* ενότητα* εξηγ/προ*test) (συνέχεια)

Tests of Within-subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ενότητα * Τμήμα Π1	0,565	8	0,071	0,152	0,994
Error(ενότητα)	100,246	216	0,464		
εξηγ/προ * Τμήμα Π1	0,103	2	0,052	0,163	0,850
Error(εξηγ/προ)	17,042	54	0,316		
Error(test)	14,201	54	0,263		
ενότητα * εξηγ/προ * Τμήμα Π1	1,028	8	0,129	0,485	0,866
ενότητα * test * Τμήμα Π1	0,279	8	0,035	0,305	0,964
Error(ενότητα*test)	24,719	216	0,114		
εξηγ/προ * test * Τμήμα Π1	0,032	2	0,016	0,093	0,912
Error(εξηγ/προ*test)	9,461	54	0,175		
ενότητα * εξηγ/προ * test *	0,324	8	0,040	0,387	0,927
Error(ενότητα*εξηγ/προ*test)	22,579	216	0,105		

*Sphericity Assumed

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	4765,191	1	4765,191	811,753	0,000
Τμήμα Π1	2,324	2	1,162	0,198	0,821
Error	316,994	54	5,870		

Π2

Πίνακας Π12.Π13: Συγκρίσεις ανά ζεύγη (Wilcoxon Signed Ranks Test) και πριν και μετά τη συζήτηση της

	Pre(συζ)B - pre(συζ)A	Post(συζ)B - post(συζ)A	Post(συζ)A - pre(συζ)A	Post(συζ)B - pre(συζ)B
Z	-5,335	-2,745	-6,032	-5,975
Sig.	0,000	0,006	0,000	0,000
t (df=47)	-7,866	-6,415	-6,943	-6,384
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000
χ ²	39,850	8,070	210,816	130,310
Sig.	0,000	0,045	0,000	0,000

Πίνακας Π12.Π14: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για τις ομάδες Π2(Σχ1), Π2(Σχ2) Π2(Σχ3) πριν και μετά τη συζήτηση

Π2(Σχ1)συζ	2postA - 2preA	2postB - 2preB	3postA - 3preA	3postB - 3preB	postA - preA	postB - preB	preB - preA	postB - postA
Z	-2,943	-2,971	-3,070	-3,086	-3,062	-3,062	-2,994	-1,787
Sig.	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,074
χ ²	31,146	14,231	30,402	24,014	58,942	33,454	19,735	5,949
df	3	2	3	3	3	3	3	3
Sig.	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,114
Π2(Σχ2)συζ	3postA - 3preA	3postB - 3preB	4postA - 4preA	4postB - 4preB	postA - preA	postB - preB	preB - preA	postB - postA
Z	-3,310	-3,241	-2,924	-3,201	-3,411	-3,417	-2,499	-1,485
Sig.	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,012	0,138
χ ²	40,296	22,231	20,413	21,732	54,460	39,371	9,378	3,950
df	3	3	3	3	3	3	3	3
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,267
Π2(Σχ3)συζ	4postA - 4preA	4postB - 4preB	5postA - 5preA	5postB - 5preB	postA - preA	postB - preB	preB - preA	postB - postA
Z	-3,925	-3,746	-4,027	-3,561	-4,015	-3,859	-3,725	-2,226
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026
χ ²	68,860	49,180	48,072	27,594	114,054	71,772	18,083	1,354
df	3	3	3	3	3	3	3	3
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,716



Πίνακας Π12.Π15.: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για την Π2 στο σύνολο των δυο τεστ πριν και μετά τη συζήτηση

	postA - preA	postB - preB	preB - preA	postB - postA
Z	-6,031	-5,975	-5,990	-5,252
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000

Παρόμοια τα αποτελέσματα με το t test

Πίνακας Π12.Π16.: Συγκρίσεις ανά ζεύγη για τις ενότητες που διδάχθηκαν και συζητήσαν

	ΔιδB - ΔιδA	ΣυζB - ΣυζA	ΣυζA - ΔιδA	ΣυζB - ΔιδB
pre Z	-4,826	-5,335	-4,939	-4,688
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000
t df=47	-6,415	-7,866	6,943	6,384
Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000
χ ²	16,943	41,080	171,802	117,047
Sig.	0,001	0,000	0,000	0,000
post Z	-4,826	-2,745	-3,752	-3,000
Sig.	0,000	0,006	0,000	0,003
t df=47	-6,415	-2,801	-4,363	-2,915
Sig.	0,000	0,007	0,000	0,005
χ ²		8,071	28,192	16,886
Sig.		0,045	0,000	0,001

Πίνακας Π12.Π17.: Σύγκριση ανά ζεύγη Wilcoxon Signed Ranks Test για τις ομάδες Π2(Σχ1), Π2(Σχ2), Π2(Σχ3) στις ενότητες που διδάχθηκαν και συζητήσαν πριν και μετά τη συζήτηση

Π2(Σχ1)(συζ)	ΔιδB - ΔιδA*	ΣυζB - ΣυζA	ΣυζA - ΔιδA	ΣυζB - ΔιδB
Zpre	-1,892	-2,994	-0,942	-0,711
Sig.	0,059	0,003	0,346	0,477
Zpost		-1,787	-2,825	-3,059
Sig.		0,074	0,005	0,002
Π2(Σχ2)(συζ)	ΔιδB - ΔιδA	ΣυζB - ΣυζA	ΣυζA - ΔιδA	ΣυζB - ΔιδB
pre Z	-2,986	-2,499	-2,756	-3,410
Sig.	0,003	0,012	0,006	0,001
post Z		-1,480	-0,722	-0,199
Sig.		0,139	0,470	0,842
Π2(Σχ3)(συζ)	ΔιδB - ΔιδA**	ΣυζB - ΣυζA	ΣυζA - ΔιδA	ΣυζB - ΔιδB
pre Z	-3,235	-3,725	-3,980	-3,945
Sig.	0,001	0,000	0,000	0,000
post Z		-2,226	-2,486	-1,721
Sig.		0,026	0,013	0,085

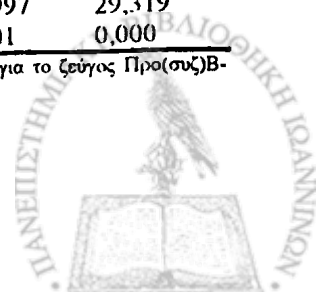
*Π2(Σχ1) ΔιδB - ΔιδA [t=-2,575 df=11 Sig = 0,026]

** Π2(Σχ3) ΣυζBpost - ΔιδBpost t = -1,252 df = 20 Sig. (2-tailed) = 0,225

Πίνακας Π12.Π18.: Συγκρίσεις ανά ζεύγη (Wilcoxon Signed Ranks Test) της Π2 στο σύνολο των ερωτήσεων εξήγησης και πρόβλεψης που διδάχθηκαν και συζητήσαν πριν και μετά τη συζήτηση

	Εξήγ(συζ)A Εξήγ(διδ)A	Εξήγ(συζ)B Εξήγ(διδ)B	Προ(συζ)A- Προ(διδ)A	Προ(συζ)B- Προ(διδ)B	Προ(διδ)A Εξήγ(διδ)A	Προ(διδ)B- Εξήγ(διδ)B	Προ(συζ)A Εξήγ(συζ)A	Προ(συζ)B Εξήγ(συζ)B
preZ	-4,219	-3,419	-5,093	-4,852	-1,051	-0,093	-0,770	-3,063
Sig.	0,000	0,001	0,000	0,000	0,293	0,926	0,441	0,002
χ ² (df=3)	30,974	11,426	144,236	117,449	7,946	7,325	2,805	68,103
Sig.	0,000	0,010	0,000	0,000	0,047	0,062	0,423	0,000
postZ	-3,609	-3,968	-3,244	-1,534			-2,852	-4,136
Sig.	0,000	0,000	0,001	0,125			0,004	0,000
χ ² (df=3)	15,784	18,365	17,035	10,549			15,997	29,319
Sig.	0,001	0,000	0,001	0,014			0,001	0,000

Το t-test έδωσε ανάλογα αποτελέσματα για τις συγκρίσεις πριν τη συζήτηση, ενώ για τη σύγκριση μετά τη συζήτηση για το ζεύγος Προ(συζ)B- Προ(διδ)B έδωσε t = -1,689 df = 47 Sig. = 0,098



Πίνακας Π12.Π19.: Συγκρίσεις ανά ζεύγη (Wilcoxon Signed Ranks Test) της Π2 (ομάδες) στο σύνολο των ερωτήσεων εξήγησης και πρόβλεψης που διδάχθηκαν και συζητήσαν πριν και μετά τη συζήτηση

Π2(Σχ1)	Εξηγ(συζ)Α	Εξηγ(συζ)Β	Προ(συζ)Α- Προ(διδ)Α	Προ(συζ)Β- Προ(διδ)Β	Προ(διδ)Α - Εξηγ(διδ)Α	Προ(διδ)Β- Εξηγ(διδ)Β	Προ(συζ)Α - Εξηγ(συζ)Α	Προ(συζ)Β - Εξηγ(συζ)Β
	Εξηγ(διδ)Α	Εξηγ(διδ)Β						
Z(pre)	-1,262	-0,848	-1,020	-1,423	-0,979	-2,315	-0,671	-0,787
*Sig.	0,207	0,397	0,308	0,155	0,328	0,021	0,502	0,431
Z(post)	-2,129	-2,637	-2,847	-3,061	-0,979	-2,315	-0,754	-1,286
Sig.	0,033	0,008	0,004	0,002	0,328	0,021	0,451	0,198
Π2(Σχ2)	Εξηγ(συζ)Α	Εξηγ(συζ)Β	Προ(συζ)Α- Προ(διδ)Α	Προ(συζ)Β- Προ(διδ)Β	Προ(διδ)Α - Εξηγ(διδ)Α	Προ(διδ)Β- Εξηγ(διδ)Β	Προ(συζ)Α - Εξηγ(συζ)Α	Προ(συζ)Β - Εξηγ(συζ)Β
	Εξηγ(διδ)Α	Εξηγ(διδ)Β						
preZ	-2,455	-2,151	-2,956	-3,408	-0,094	-1,563	-1,121	-2,917
Sig.	0,014	0,031	0,003	0,001	0,925	0,118	0,262	0,004
postZ	-1,368	-1,726	-0,028	-1,875	-0,094	-1,563	-1,756	-2,474
Sig.	0,171	0,084	0,977	0,061	0,925	0,118	0,079	0,013
Π2(Σχ3)	Εξηγ(συζ)Α	Εξηγ(συζ)Β	Προ(συζ)Α- Προ(διδ)Α	Προ(συζ)Β- Προ(διδ)Β	Προ(διδ)Α - Εξηγ(διδ)Α	Προ(διδ)Β- Εξηγ(διδ)Β	Προ(συζ)Α - Εξηγ(συζ)Α	Προ(συζ)Β - Εξηγ(συζ)Β
	Εξηγ(διδ)Α	Εξηγ(διδ)Β						
preZ	-3,646	-2,881	-4,016	-4,018	-0,866	-0,727	-1,009	-2,800
Sig.	0,000	0,004	0,000	0,000	0,386	0,467	0,313	0,005
postZ	-2,460	-2,401	-2,295	-0,574	-0,866	-0,727	-2,743	-3,201
Sig.	0,014	0,016	0,022	0,566	0,386	0,467	0,006	0,001

Πίνακας Π12.Π20.: Στατιστική σύγκριση των Π2testA(διδ), Π2pretestA(συζ), Π2posttestA(συζ) στη συνέχεια (75% των απαντήσεων 100% των απαντήσεων) χρήσης κατηγορίας

(I) team	(J) team	75%				100%			
		testA		testB		testA		testB	
		$\chi^2_{df=1}$	sig	$\chi^2_{df=1}$	sig	$\chi^2_{df=1}$	sig	$\chi^2_{df=1}$	sig
Π2testA(διδ)	Π2pretestA(συζ)	3,388	0,066	1,503	0,220	1,524	0,217	3,010	0,083
	Π2posttestA(συζ)	2,671	0,102	1,124	0,289	2,802	0,094	3,227	0,072
Π2pretestA(συζ)	Π2posttestA(συζ)	0,044	0,834	5,151	0,023	7,940	0,005	11,558	0,001

Πίνακας Π12.Π21.: Στατιστική σύγκριση των Π2testA(διδ), Π2pretestA(συζ), Π2posttestA(συζ) μεταξύ testA και testB στη συνέχεια (75% των απαντήσεων 100% των απαντήσεων) χρήσης κατηγορίας

	A - B	Pearson Chi-Square Value	df	Sig.
75%	Π2(διδ)	2,043	1	0,153
	Π2pre(συζ)	2,685	1	0,101
	Π2post(συζ)	0,729	1	0,393
100%	Π2(διδ)	0,274	1	0,601
	Π2pre(συζ)	0,000	1	1,000
	Π2post(συζ)	0,416	1	0,519



Πίνακας Π12.Π22.: Συνέπεια χρήσης κατηγορίας (στο 75% των απαντήσεων) ανά ενότητα και τεστ για τα τμήματα της Π2 πριν και μετά τη συζήτηση.

Π2(Σχ1)testA	Διάχυση	Ιδιότητες στερεών	pre			Ιδιότητες στερεών	post
			Διαστολή	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης		Διαστολή
Δεν απαντούν							
Εναλλακτική απάντηση	58,3	33,3	50	8,3	41,7	25	
Αποδεκτή απάντηση	25	33,3	8,3	41,7	25	75	75
Π2(Σχ1)testB	Διάχυση	Ιδιότητες στερεών	Διαστολή	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης	Ιδιότητες στερεών	Διαστολή
Δεν απαντούν							
Εναλλακτική απάντηση	41,7		50	33,3	25		
Αποδεκτή απάντηση	33,3	50	16,7	41,7	33,3	100	66,7
Π2(Σχ2)testA	Διάχυση	Ιδιότητες στερεών	Διαστολή	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης	Διαστολή	Διάλυση
Δεν απαντούν							
Εναλλακτική απάντηση	33,3	0	46,7	86,7	13,3		26,7
Αποδεκτή απάντηση	33,3	73,3	6,7	6,7	53,3	60	33,3
Π2(Σχ2)pre)testB	Διάχυση	Ιδιότητες στερεών	Διαστολή	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης	Διαστολή	Διάλυση
Εναλλακτική απάντηση	13,3		6,7	73,3	20	6,7	20
Αποδεκτή απάντηση	33,3	86,7	6,7	6,7	53,3	80	26,7
Π2(Σχ3)testA	Διάχυση	Ιδιότητες στερεών	Διαστολή	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης
Εναλλακτική απάντηση	23,8	4,8	23,8	38,1	42,9	19	14,3
Αποδεκτή απάντηση	19	71,4	52,4		19	57,1	81
Π2(Σχ3)testB	Διάχυση	Ιδιότητες στερεών	Διαστολή	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης
Εναλλακτική απάντηση	9,5	4,8	9,5	42,9	33,3	14,3	9,5
Αποδεκτή απάντηση	28,6	95,2	52,4	14,3	47,6	57,1	85,7

Πίνακας Π12.Π22.: Συνέπεια χρήσης κατηγορίας (στο 100% των απαντήσεων) ανά ενότητα και τεστ για τα τμήματα της Π2 πριν και μετά τη συζήτηση (συνέχεια)

Π2(Σχ1)testA	Διάχυση	Ιδιότητες στερεών ...	pre			Ιδιότητες στερεών ...	post
			Διαστολή	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης		Διαστολή
Εναλλακτική απάντηση	58,3	16,7	50	0	25	0	0
Αποδεκτή απάντηση	25	8,3	8,3	25	25	66,7	75
Π2(Σχ1)testB	Διάχυση	Ιδιότητες στερεών ...	Διαστολή	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης	Ιδιότητες στερεών ...	Διαστολή
Εναλλακτική απάντηση	41,7	0	50	0	16,7	0	0
Αποδεκτή απάντηση	33,3	33,3	16,7	25	25	83,3	66,7
Π2(Σχ2)testA	Διάχυση	Ιδιότητες στερεών ...	Διαστολή	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης	Διαστολή	Διάλυση
Εναλλακτική απάντηση	33,3	0	46,7	26,7	13,3	0	26,7
Αποδεκτή απάντηση	33,3	53,3	6,7	6,7	40	60	13,3
Π2(Σχ2)pre)testB	Διάχυση	Ιδιότητες στερεών ...	Διαστολή	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης	Διαστολή	Διάλυση
Εναλλακτική απάντηση	13,3	0	6,7	33,3	13,3	6,7	6,7
Αποδεκτή απάντηση	33,3	80	6,7	6,7	40	80	13,3
Π2(Σχ3)testA	Διάχυση	Ιδιότητες στερεών ...	Διαστολή	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης
Εναλλακτική απάντηση	23,8	4,8	23,8	19	4,8	0	0
Αποδεκτή απάντηση	19	38,1	52,4	0	9,5	33,3	76,2
Π2(Σχ3)testB	Διάχυση	Ιδιότητες στερεών ...	Διαστολή	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης	Διάλυση	Αλλαγή κατάστασης
Εναλλακτική απάντηση	9,5	4,8	9,5	19	9,5	4,8	4,8
Αποδεκτή απάντηση	18,6		81	52,4	4,8	19	33,3
							76,2



Πίνακας Π12.Π23.: Συγκρίσεις* (Mann-Whitney U) των επιδόσεων αγοριών και κοριτσιών της Π2 (ομάδες)

	preA	preB	postA	postB	pre	post
Z	-1,073	-0,780	-1,549	-1,071	-0,769	-1,268
Sig.	0,283	0,435	0,121	0,284	0,442	0,205

* three - factor mixed factorial ANOVA (φύλο*(prepost*test) έδωσε τον παράγοντα φύλο μη σημαντικό.

φύλο F(1,46)= 1,300 Sig. = 0,260

φύλο*prepost [F(1,46) = 0,319, Sig. = 0,575]

test*φύλο[F(1,46)= 0,732 Sig. = 0,397]

prepost*test*φύλο [F(1,46)= 0,090 Sig.= 0,765]

Πίνακας Π12.Π24.: Συγκρίσεις μέσης επίδοσης αγοριών και κοριτσιών στις ερωτήσεις εξήγησης/πρόβλεψης που διδάχθηκαν και συζήτησαν οι μαθητές της Π2

	ΔιδΑ	ΔιδΒ	ΣυζΑ	ΣυζΒ	Εξηγ (διδ)Α	Εξηγ (διδ)Β	Εξηγ (συζ)Α	Εξηγ (συζ)Β	Προ (διδ)Α	Προ (διδ)Β	Προ (συζ)Α	Προ (συζ)Β
preZ	-0,592	-1,174	-1,073	-0,780	-0,074	-1,041	-0,011	-0,211	-0,281	-0,542	-2,055	-1,366
Sig.	0,554	0,240	0,283	0,435	0,941	0,298	0,991	0,833	0,779	0,588	0,040*	0,172
postZ	-0,592	-1,174	-1,549	-1,071	-0,074	-1,041	-0,363	-0,611	-0,281	-0,542	-1,322	-1,095
Sig.	0,554	0,240	0,121	0,284	0,941	0,298	0,717	0,542	0,779	0,588	0,186	0,274

*Το t-τεστ δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές τις διαφορές στις preΠρο(συζ)Α [Προ(συζ)Α F(1,46)= 2,358, Sig. = 0,131]

Πίνακας Π12.Π25.: Στατιστική σύγκριση των Π2pre(συζ) και Π2post(συζ) (four- factor mixed factorial ANOVA (φύλο*(εξηγ/προ*συζ/διδ*test))

	pre		post	
	F(1 / 46)	Sig.	F(1 / 46)	Sig.
φύλο	0,369	0,546	0,613	0,438
εξηγ/προ* φύλο	2,246	0,141	0,371	0,545
συζ/διδ* φύλο	0,019	0,891	0,255	0,616
test*φύλο	0,059	0,809	0,218	0,643
εξηγ/προ* συζ/διδ*test*φύλο	2,471	0,123	0,548	0,463
εξηγ/προ* test*φύλο	0,023	0,880	0,101	0,752
συζ/διδ* test*φύλο	0,980	0,327	0,799	0,376
εξηγ/προ* συζ/διδ* test*φύλο	0,196	0,660	0,012	0,914



Π13. Παράρτημα αξιολόγησης μοντέλων

1. Στην σειρά μαθημάτων που παρακολούθησες, επινοήσαμε ή χρησιμοποιήσαμε διάφορα μοντέλα για να εξηγήσουμε διάφορα φαινόμενα. Μπορείς να αναφέρεις μερικά μοντέλα;
2. Όλα τα μοντέλα δεν είναι το ίδιο χρήσιμα. Ένα τρόπος να κρίνεις πόσο χρήσιμο είναι ένα μοντέλο είναι να δεις πόσο σε βοήθησε να φανταστείς ή να καταλάβεις κάτι που δεν μπορείς να δεις ή να καταλάβεις. Μπορείς να πεις σε τι σε βοήθησαν τα μοντέλα αυτά;
3. Γιατί χρησιμοποιούμε διαφορετικά μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο;
4. Ποιο μοντέλο θα χρησιμοποιούσες, για να εξηγήσεις σε κάποιον που δεν ξέρει τα φαινόμενα που σχετίζονται με τη δομή της ύλης;
5. Ποιο μοντέλο νομίζεις ότι περιγράφει και εξηγεί καλύτερα την πραγματικότητα; Γιατί;
6. Ποιο μοντέλο σου άρεσε περισσότερο; Γιατί;
7. Ένα μοντέλο στην επιστήμη χρησιμοποιείται για να μας βοηθήσει να φανταστούμε ή να καταλάβουμε κάτι που δεν μπορούμε να δούμε. Το μοντέλο απλοποιεί την πραγματικότητα και την κάνει ορατή σε μας. Νομίζεις ότι οι ουσίες συμπεριφέρονται όπως το μοντέλο;
8. Μπορούμε να αλλάξουμε ένα μοντέλο που χρησιμοποιούμε και πότε; Δώσε ένα παράδειγμα.
9. Γιατί χρησιμοποιούμε μοντέλα;
10. Όταν ένας μοντελιστής επινοεί ένα μοντέλο, τι έχει στο νου του;
11. Παρακολούθησαμε μοντέλα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Πώς κατασκευάζονται;
12. Μετά τη διδασκαλία με τα μοντέλα, άλλαξες κάποιες ιδέες σου που είχες για τη φύση; Ποιες είναι αυτές;



13. Εξακολουθείς να έχεις κάποιες αμφιβολίες για το αν η ύλη αποτελείται από σωματίδια; Γιατί ναι; Γιατί όχι;

14. Θα σου άρεσε να γίνεται το μάθημα με μοντέλα; Για ποιο λόγο;

15. Μπορείς να πεις ποια είναι μοντέλα και ποια όχι; Να εξηγήσεις και το λόγο

Ένα παιχνίδι – αυτοκίνητο

Ένας χάρτης

Η υδρόγειος σφαίρα

Το σχέδιο του κύκλου του νερού

Ένα σχέδιο κυκλώματος

