ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ»

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

«Οι ζωγραφιές των μαθητών ως αναπαραστάσεις των αντιλήψεών τους για τις έννοιες χημικό στοιχείο, χημική ένωση, χημική αντίδραση»

ΣΟΦΙΑ ΖΟΥΠΑ
ΧΗΜΙΚΟΣ

ΑΘΗΝΑ

ΜΑΡΤΙΟΣ 2012

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

«Οι ζωγραφιές των μαθητών ως αναπαραστάσεις των αντιλήψεών τους για τις έννοιες χημικό στοιχείο, χημική ένωση, χημική αντίδραση».

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ
Σοφία Ζούπα

Α.Μ.: 271105

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:
Χρύσα Τζουγκράκη, καθηγήτρια ΕΚΠΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Χρύσα Τζουγκράκη, καθηγήτρια ΕΚΠΑ

Ντία Γαλανοπούλου, Αναπληρώτρια καθηγήτρια ΕΚΠΑ

Σπύρος Κοΐνης, Επίκουρος καθηγητής ΕΚΠΑ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ 21/03/2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή τη διατριβή μελετήθηκαν οι αναπαραστάσεις των μαθητών Γυμνασίου και Λυκείου (ηλικίας 13-17χρόνων), μέσω της ζωγραφικής. Καλούμε τους μαθητές να ζωγραφίσουν ότι τους «έρχεται στο μυαλό» σχετικά με το χημικό στοιχείο, τη χημική ένωση, τη χημική αντίδραση.

Οι ζωγραφιές συνιστούν έναν τρόπο να εκμαιεύσει κανείς τις ιδέες των μαθητών, χωρίς εκείνοι να ντρέπονται ή να αγχώνονται για τις απαντήσεις τους. Επιπλέον, είναι ένας εναλλακτικός τρόπος να εκφράσουν τις ιδέες τους, καθώς αντανακλούν με τον πιο καθαρό, άμεσο και αδιαμεσολάβητο τρόπο τις ιδέες που έχουν στο μυαλό τους.

Συνολικά συλλέχθηκαν 220 ερωτηματολόγια και αναλύθηκαν με σκοπό τη δημιουργία κατηγοριών (ανοιχτή κωδικοποίηση) και τη αλληλοσύνδεσή τους (αξονική κωδικοποίηση). Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με το πρόγραμμα SPSS.

Μεταξύ άλλων, τα κύρια αποτελέσματα έδειξαν ότι η υπομικροσκοπική αναπαράσταση είναι εκείνη που σε μεγαλύτερο βαθμό απεικονίζεται από τους μαθητές του Γυμνασίου, έναντι αυτών του Λυκείου. Πιο συγκεκριμένα, η πιο πολυπληθής ομάδα αναπαριστά το χημικό στοιχείο και τη χημική ένωση σωματιδιακά ζωγραφίζοντας δηλαδή σφαίρες (όμοιες ή διαφορετικές). Οι μαθητές απεικόνισαν τις χημικές αντιδράσεις τόσο υπομικροσκοπικά (σωματιδιακή αναπαράσταση αντιδράσεων), όσο και μακροσκοπικά (π.χ. φωτιά). Ελάχιστοι μαθητές έδωσαν συμβολικές αναπαραστάσεις στις ζωγραφιές τους.

Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας μπορούν να αξιοποιηθούν από καθηγητές προκειμένου να βοηθήσουν τους μαθητές τους να συνδέσουν τα τρία επίπεδα αναπαραστάσεων της Χημείας (μακροσκοπικό, υπομικροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο). Επιπλέον, η ζωγραφική αποτελεί για τους μαθητές έναν ευχάριστο τρόπο, τους προκαλεί να σκεφτούν ώστε να απεικονίσουν τις ιδέες τους όσο το δυνατό πληρέστερα και δίνει στον εκπαιδευτικό μια εικόνα για τις ιδέες των μαθητών του.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: αναπαραστάσεις μαθητών

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ζωγραφιές, ποιοτική έρευνα, χημικό στοιχείο, χημική ένωση, χημική αντίδραση

ABSTRACT

In this thesis we are studiedstudy the representations of middle and high school students (ages 13-17 year old) have been studied through painting. The students were asked to paint that comes to their minds about the chemical element, chemical compound, and the chemical reaction.

The paintings are a way to reveal ideas of students, without being shame or anxious for their answers. Moreover, it is an alternative way to elicit students' ideas, as students' drawings reflect clearly, directly and without bias ideas that have in their mind.

A group of 220 questionnaires in total were collected and analyzed to create categories (open coding) and their interconnection (axial coding). Statistical analysis was performed with the program SPSS.

Among others, the main results showed that students depicted submicroscopic representation in a greater extent. More specifically, a high percentage of students represent chemical elements and chemical compounds drawing particulate spheres (same or different). Students depict chemical reactions both macroscopic (e.g. fire) and submicroscopic (particle representation of reactions). A few students provide symbolic representations by their paintings.

The results of this survey can be used by teachers in order to help their students to connect their knowledge in chemistry at three levels: macroscopic, submicroscopic and symbolic. Moreover, the painting is for students a pleasant task stimulates, causes thinking in order to portray their ideas and gives the teacher an insight into the ideas of his students.

SUBJECT AREA: representation of students

KEYWORDS: drawing, qualitative research, chemical elements, chemical compound, chemical reaction

Στη μνήμη του Τασούλη…

και σε όλους εμάς που δεν λέει

η απώλειά του

να μας γίνει συνήθεια

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα ερευνητική εργασία ειδίκευσης εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διαπανεπιστημιακού Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες» του τμήματος Χημείας, του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Οφείλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες προς την καθηγήτρια Χρύσα Τζουγκράκη για τη βοήθεια που μου προσέφερε με την επίβλεψη της, την υπομονή που υπέδειξε ως προς τον χρόνο διεκπαιρέωσης της εργασίας. Ευχαριστώ επίσης, τα μέλη της τριμελούς επιτροπής κα. Ντία Γαλανοπούλου και κ. Σπύρο Κοΐνη για τις επισημάνσεις και προτάσεις τους.

Η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας οφείλει τα μέγιστα στην ανιδιοτελή συμπαράσταση, ηθική και τεχνική, της Δρ. Κατερίνας Σάλτα. Η βοήθειά της ήταν για μένα ανεκτίμητη.

Ευχαριστώ επίσης τις Εσθήρ Σακκή και Κατερίνα Πασχαλίδου για τη βοήθειά τους στη διευθέτηση πολλών μικρών και μεγάλων προβλημάτων που εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της διατριβής.

Επίσης, οφείλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους συμφοιτητές μου οι οποίοι δημιούργησαν ένα εξαιρετικά ευχάριστο περιβάλλον εργασίας.
Τέλος επιθυμώ να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υπομονή τους στην προσπάθειά μου αυτή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ 13

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 14

1.1 Μπορούν οι ζωγραφιές να αποτελέσουν ασφαλές εργαλείο της διδακτικής; 16

1.2 Οι ζωγραφιές των μαθητών αποκαλύπτουν τις αναπαραστάσεις των μαθητών 18

1.3 Παρανοήσεις των μαθητών ως προς τις έννοιες: χημικό στοιχείο, χημική ένωση και χημική αντίδραση 23

2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 22

2.1 Εισαγωγή 26

2.1 Μεθοδολογία της έρευνας 27

3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ..... 37

3.1 Ανάλυση τίτλων 37

3.2 Ανάλυση εικόνων 42

3.3 Συνέπεια στις αναπαραστάσεις των μαθητών 58

3.4 Εντυπώσεις των μαθητών για τη δραστηριότητα 71

4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 74

4.1 Χημικό στοιχείο 74

4.1 Χημική ένωση 76

4.1 Χημική αντίδραση 78

5. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι 83

6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ 106

7. ΑΝΑΦΟΡΕΣ 132

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Σωματιδιακή αναπαράσταση του χημικού στοιχείου 42
Εικόνα 2: Σωματιδιακή και συμβολική απεικόνιση του χημικού στοιχείου 43
Εικόνα 3: Μακροσκοπική απεικόνιση του χημικού στοιχείου ως «υγρό περιεχόμενο» 44
Εικόνα 4: Αναπαράσταση του χημικού στοιχείου ως ακανόνιστο σχήμα με χρώμα 44
Εικόνα 5: Ζωγραφιές για το χημικό στοιχείο με βάση τη λεκτική τους απόδοση 45
Εικόνα 6: Υπομικροσκοπική αναπαράσταση των χημικών ενώσεων 47
Εικόνα 7: Ζωγραφιές των μαθητών που αναπαριστούν τη χημική ένωση ως «υγρό περιεχόμενο» 48
Εικόνα 8: Ζωγραφιές των μαθητών που αναπαριστούν τη χημική ένωση ως «στερεό περιεχόμενο» 48
Εικόνα 9: Απεικόνιση χημικής ένωσης (CO2) ως καυσαέριο 49
Εικόνα 10: Ζωγραφιές που αναπαριστούν τη χημική ένωση ως μείγμα 50
Εικόνα 3: Απεικόνιση της χημικής αντίδρασης ως φωτιά/έκρηξη 52
Εικόνα 4: Ζωγραφιές που περιγράφουν τη χημική αντίδραση ως φθορά 52
Εικόνα 5: Απεικόνιση των χημικών αντιδράσεων ως «αποτέλεσμα χημικής αντίδρασης» 53
Εικόνα 6: Η φωτοσύνθεση ως αναπαράσταση των μαθητών για τη χημική αντίδραση 54
Εικόνα 7: Διάφοροι τρόποι αναπαράστασης της χημικής αντίδρασης σε μακροσκοπικό επίπεδο 55
Εικόνα 8: Υπομικροσκοπική αναπαράσταση της χημικής αντίδρασης 56
Εικόνα 9: Χημικές εξισώσεις ως αναπαράσταση χημικής αντίδρασης 56
Εικόνα 10: Φυσικά φαινόμενα ως αναπαράσταση χημικής αντίδρασης 57
Εικόνα 11: Υπομικροσκοπική αναπαράσταση του χημικού στοιχείου και στις τρεις ζωγραφιές των μαθητών 59
Εικόνα 20: Ζωγραφιές των μαθητών για το χημικό στοιχείο, με πολλά σωματίδια 60
Εικόνα 12: Απεικόνιση του χημικού στοιχείου με ένα σωματίδιο και το σύμβολό του 60
Εικόνα 13: Μακροσκοπική αναπαράσταση του χημικού στοιχείου 61
Εικόνα 14: Ο συνδυασμός υγρό περιεχόμενο-αέρια φάση, για την αναπαράσταση του χημικού στοιχείο 62
Εικόνα 15: Αναπαράσταση του χημικού στοιχείου ως αντικείμενα καθημερινής χρήσης 63

Εικόνα 16: Υπομικροσκοπική αναπαράσταση της χημικής ένωσης 66
Εικόνα 17: Στις δυο από τις τρεις ζωγραφιές των μαθητών χημικές ενώσεις αναπαριστώνται ως υγρό περιεχόμενο 67
Εικόνα 18: Χημικές ενώσεις που αναπαριστώνται ως υγρό και στερεό περιεχόμενο στις δυο από τις τρεις ζωγραφιές των μαθητών 68
Εικόνα 19: Η φωτιά/έκρηξη ως αναπαράσταση της χημικής αντίδρασης σε δυο από τις τρεις ζωγραφιές 69
Εικόνα 20: Συνδυασμός συμβολικής και υπομικροσκοπικής αναπαράστασης για την περιγραφή της χημικής αντίδρασης 70
Εικόνα 21: Οι αναπαραστάσεις των μαθητών για τις χημικές ενώσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο 78
Εικόνα 22: Ο συνδυασμός υπομικροσκοπικής και συμβολικής αναπαράστασης για τη χημική αντίδραση 80
Εικόνα 23: Ο συνδυασμός μακροσκοπικής, υπομικροσκοπικής και συμβολικής αναπαράστασης για τη χημική αντίδραση 81

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Τα χημικά στοιχεία που αναφέρθηκαν ως τίτλοι 38
Πίνακας 2: Οι χημικές ενώσεις που αναφέρθηκαν ως τίτλοι 39
Πίνακας 3: Οι χημικές αντιδράσεις που αναφέρθηκαν ως τίτλοι 41
Πίνακας 4: Οι αναπαραστάσεις των μαθητών για το χημικό στοιχείο 46
Πίνακας 5: Οι αναπαραστάσεις των μαθητών για τη χημική ένωση..... 51
Πίνακας 6: Οι αναπαραστάσεις των μαθητών για τη χημική αντίδραση 58
Πίνακας 7: Αριθμός μαθητών που αναπαριστούν το χημικό στοιχείο
με τον ίδιο τρόπο 64
Πίνακας 8: Αριθμός μαθητών που αναπαριστούν τη χημική ένωση
με τον ίδιο τρόπο 65
Πίνακας 9: Αριθμός μαθητών που αναπαριστούν τη χημική αντίδραση
με τον ίδιο τρόπο 71

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα πρώτα χρόνια της μαθητικής μου ζωής, και πολύ περισσότερο κατά τη διάρκεια των σπουδών μου στο Πανεπιστήμιο, κατάλαβα, και συνεχώς επιβεβαίωνα, ότι η διδασκαλία δεν ήταν μια απλή διαδικασία. Όλο και περισσότερο απομακρυνόταν από το μυαλό μου –αλλά και από το πρότυπό μου– η εικόνα ενός παντογνώστη καθηγητή που μοναδικός του ρόλος ήταν «να λέει καλά το μάθημα».

Στα πρώτα δειλά και αβέβαια βήματα της επαγγελματικής μου πορείας, βρέθηκα μετέωρη ανάμεσα σε δύο επιλογές: είτε να αναπαράξω τον τρόπο διδασκαλίας που είχα διδαχτεί και μου ήταν οικείος είτε να αναζητήσω μια διαφορετική προσέγγιση, που θα εστίαζε όχι μόνο στην άρτια γνώση του αντικειμένου, αλλά και θα ερευνούσε και θα αξιοποιούσε νέες γνώσεις και σύγχρονα δεδομένα σε ζητήματα ψυχολογίας και παιδαγωγικών, έτσι ώστε να επιτευχθεί το μεγάλο ζητούμενο: ο μαθητής, ο αποδέκτης της εκπαιδευτικής διαδικασίας, αυτής της πολυσύνθετης και αέναης διαδικασίας ζωής, να αναδειχτεί σε κέντρο της.

Με αυτό το πάθος και αυτή την αγωνία περνούσα πριν από πέντε χρόνια την πύλη του ΔΙΧΗΝΕΤ, για τη συνέντευξη που θα με οδηγούσε σε αυτό το μεταπτυχιακό, επιθυμώντας ο δρόμος μου, όπως λέει και ο ποιητής, «να είναι μακρύς, γεμάτος περιπέτειες και γνώσεις».

Διαισθανόμουν πως το ΔΙΧΗΝΕΤ ήταν ένα μέσο που θα συνέβαλε στην επίτευξη αυτού του στόχου και δεν διαψεύστηκα. Ανοίχτηκαν μπροστά μου αμέτρητες δυνατότητες και επιλογές που θα μπορούσα να τις εντάξω στο οπλοστάσιό μου, ώστε να καταφέρω να υλοποιήσω μια διδακτική προσέγγιση που δεν θα εξαντλείται στις ως τώρα παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας, αλλά, αξιοποιώντας τες, θα ανιχνεύει μια προσέγγιση πιο άμεση, πιο διαδραστική, πιο δημιουργική, η οποία θα επικοινωνεί με την ψυχολογία και τις ανάγκες των μαθητών. Απόδειξη αυτού είναι και το ίδιο το θέμα της διπλωματικής εργασίας, που αποτέλεσε μια ιδανική περίπτωση να εργαστώ πάνω σε μια πρωτότυπη ιδέα. Μέσω της έρευνάς μας επιδιώξαμε να δούμε πώς οι μαθητές αναπαριστούν κάποιες βασικές έννοιες της Χημείας με τη ζωγραφική, ώστε να προσεγγίσουμε αποτελεσματικότερα και τις παρανοήσεις και τις ανεπάρκειές τους (ή μήπως τις δικές μας; /προφανώς και τις δικές μας). Η κατάκτηση μιας εκπαιδευτικής διαδικασίας που θα ανταποκρίνεται στις ανάγκες και τις απαιτήσεις μαθητών-καθηγητών παραμένει ζητούμενο όλα αυτά τα χρόνια. Ελπίζουμε η έρευνά μας αυτή να συμβάλει στην παραπάνω προσπάθεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σύγχρονη επιστήμη και παιδαγωγική μάς έχει εφοδιάσει με πολλαπλά εργαλεία και διάφορους τρόπους, με τους οποίους μπορούμε να αντλούμε, να συλλέγουμε και να επεξεργαζόμαστε πληροφορίες που αφορούν τις ιδέες των μαθητών για επιστημονικές έννοιες.

Είναι προφανές πως κάθε μέθοδος έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της, καθώς, ανάλογα με την ιδιαίτερη προσέγγισή της, «φωτίζει» διαφορετικές πλευρές των αντικειμένων, των ερωτημάτων ή των ζητημάτων που κάθε φορά ερευνώνται. Από αυτήν τη σκοπιά, είναι κομβικής σημασίας για τον ερευνητή, και επομένως για την αποτελεσματικότητα της έρευνας και των συμπερασμάτων της, να επιλεγεί εκείνη που θα συνδυάζει τα περισσότερα πλεονεκτήματα, που θα δίνει τη δυνατότητα της πιο βαθιάς, διεισδυτικής και σφαιρικής διερεύνησης.

Έχοντας υπόψη μας την παραπάνω αρχή, επιλέξαμε για την έρευνά μας μια προσέγγιση η οποία στηρίζεται στις ζωγραφιές των μαθητών. Το θεμελιώδες ερώτημα που τίθεται στο σημείο αυτό είναι το εξής: Μπορούν οι ζωγραφιές να αποτελέσουν εργαλείο ανάλυσης, και μάλιστα αξιόπιστο, των αναπαραστάσεων των μαθητών;

Προκειμένου να απαντήσουμε όσο το δυνατόν πληρέστερα σε αυτό το ερώτημα, θα το προσεγγίσουμε με διπλό τρόπο. Πρώτον, θα κάνουμε μια ανασκόπηση στη σχετική με το θέμα διεθνή βιβλιογραφία και δεύτερον θα δούμε με ποιον τρόπο άλλοι ερευνητές χρησιμοποίησαν τη μέθοδο αυτή και ποια ήταν τα συμπεράσματα που αποκόμισαν.

1.1. Μπορούν οι ζωγραφιές να αποτελέσουν ασφαλές εργαλείο της διδακτικής;

Η απάντηση στο παραπάνω ερώτημα είναι προφανώς κομβικής σημασίας για την έρευνα και τα πορίσματά μας. Θα προσπαθήσουμε λοιπόν να απαντήσουμε, ερευνώντας και αξιοποιώντας τις διεθνείς μελέτες και εργασίες, καθώς και τις απόψεις σημαντικών μελετητών για το ζήτημα αυτό.

Αρχικά, θα θέλαμε να σταθούμε στην τοποθέτηση που κάνει για το θέμα ο ερευνητής Van Manen (Alerby, 2000)[1], ο οποίος ισχυρίζεται πως το αντικείμενο της τέχνης –εν προκειμένω οι ζωγραφιές των μαθητών– προσομοιάζει με κείμενο, και ως τέτοιο πρέπει να αντιμετωπίζεται. Δεν πρόκειται για ένα κείμενο που αποτελείται από λέξεις, αλλά παρ΄ όλα αυτά συνιστά μια γλώσσα, η οποία μάλιστα έχει τη δική της γραμματική, αποτελεί δηλαδή έναν ιδιαίτερο και εξίσου πλήρη κώδικα επικοινωνίας, μπορεί να μεταδόσει σκέψεις, πληροφορίες και ιδέες των μαθητών με τρόπο εναργή και ουσιαστικό. Γι΄ αυτόν το λόγο θεωρεί πως οι ζωγραφιές αποτελούν σημαντικό μεθοδολογικό εργαλείο, στην προσπάθειά μας να αντιληφθούμε τις ιδέες των μαθητών σχετικά με διάφορα θέματα (Alerby, 2000)[1].

Στο ίδιο πνεύμα, ο Vygotsky υποστηρίζει ότι τέχνη και σκέψη συνδέονται άρρηκτα μεταξύ τους και ότι η τέχνη συνιστά έναν προχωρημένο τρόπο σκέψης (Alerby, 2000)[1]. Σύμφωνα με τον Vygotsky, οι μαθητές «κατασκευάζουν» τη γνώση και, για να είναι αποτελεσματική η διαδικασία της μάθησης, απαιτείται, πρώτα από όλα, η ενεργητική συμμετοχή τους σε αυτήν (Vygotsky, 1997)[2]. Επομένως, οι ζωγραφιές, ως μια μορφή τέχνης και δημιουργικής απασχόλησης, επιτρέπουν στα παιδιά να εκφράσουν πιο άμεσα τις ιδέες και τις αντιλήψεις τους, χωρίς να νιώθουν ότι εξετάζονται, ότι βρίσκονται στο κέντρο της παρατήρησης, γεγονός που τα κάνει να λειτουργούν πιο ελεύθερα.

Την παραπάνω διαπίστωση επιβεβαιώνουν ο Shepardson και οι συνεργάτες του (2007)[3], σημειώνοντας πως οι ζωγραφιές συνιστούν έναν τρόπο να εκμαιεύσει κανείς τις ιδέες των μαθητών, χωρίς εκείνοι να ντρέπονται ή να αγχώνονται για τις απαντήσεις τους. Επιπλέον επισημαίνει ότι, φωτίζοντας με οξυδέρκεια μια διαφορετική πλευρά, είναι ένας εναλλακτικός τρόπος να

εκφράσουν οι μαθητές τις ιδέες τους, ειδικά όταν πολλοί από αυτούς έχουν πρόβλημα στην επικοινωνία με τον καθηγητή, βοηθώντας να γεφυρωθεί το χάσμα (Shepardson, Wee, Priddy, Schellenberger, and Harbor, 2007) [4].

Μάλιστα, αυτό μπορεί να γίνει και πολύ αποτελεσματικότερα από άλλες, πιο παραδοσιακές, μεθόδους εξέτασης. Οι Scherz και Oren (2006)[5] σημειώνουν πως, μέσω των ζωγραφιών, οι μαθητές ηλικίας 10 ετών και πάνω εκθέτουν τι αληθινά έχουν καταλάβει, καθώς και τις βασικές ιδέες τους για επιστημονικά θέματα. Μάλιστα, αυτό μπορεί να μη συμβαίνει όταν, για παράδειγμα, εξετάζονται προφορικά ή γραπτά, αφού σε αυτή την περίπτωση είναι πιθανό να αναπαράγουν τις παρανοήσεις τους. Οι ζωγραφιές λοιπόν μπορούν να αποτελέσουν ένα εργαλείο το οποίο θα βοηθήσει να ανιχνευτούν οι παρανοήσεις των μαθητών και να ξεπεραστούν, ώστε να μην γίνουν εμπόδιο για περαιτέρω γνώση (Dove, Everett and Preece, 1999)[6].

Επομένως, μπορούμε με ασφάλεια να θεωρήσουμε πως οι ζωγραφιές είναι ένα «παράθυρο» που μας επιτρέπει να «δούμε» τις σκέψεις και τα συναισθήματα των παιδιών, καθώς αντανακλούν με τον πιο καθαρό, άμεσο και αδιαμεσολάβητο τρόπο τις ιδέες που έχουν στο μυαλό τους (Barraza, 1999)[7]. Η εν λόγω έρευνα έδειξε ότι οι ζωγραφιές (σχέδια) μπορούμε να αποκαλύψουν πολλές πληροφορίες για τη νοητική ικανότητα των παιδιών και για το περιβάλλον όπου ζουν. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν τα παιδιά όταν ζωγραφίζουν παρουσιάζουν ενδιαφέρον, όχι μόνο γιατί μας βοηθούν να αναλύσουμε σε ικανοποιητικό βαθμό την τέχνη τους, αλλά και επειδή συμβάλλουν να κατανοούμε καλύτερα πώς και σε ποιον βαθμό αναπτύσσουν τις δεξιότητες προγραμματισμού και οργάνωσης (Barraza, 1999)[7].

Μια διαφορετική –όμως καθόλου δευτερεύουσα– διάσταση υπογραμμίζουν οι Reiss και Tunnicliffe (2001)[8], λέγοντας πως σε μια εποχή που χαρακτηρίζεται πολυπολιτισμική, οι ζωγραφιές δίνουν τη δυνατότητα υπέρβασης των γλωσσικών ορίων και περιορισμών. Έτσι, ανοίγει ο δρόμος –εκτός των άλλων– να γίνουν παγκόσμια συγκρίσιμες έρευνες. Οι προσεγγίσεις αυτές εξηγούν σε μεγάλο βαθμό γιατί πολλοί ερευνητές χρησιμοποίησαν τις ζωγραφιές ως εργαλείο στην έρευνά τους και ενισχύουν την επιλογή μας να καταφύγουμε σε αυτές (Reiss και Tunnicliffe 2001)[8] .

Φυσικά, θα ήταν τεράστια παράλειψη εκ μέρους μας, αν δεν σημειώναμε πως μια τέτοια επιλογή, δηλαδή η αξιοποίηση των ζωγραφιών στη διδασκαλία ή και την αξιολόγηση των μαθητών, συνεπάγεται οπωσδήποτε και κάποιες δυσκολίες. Για παράδειγμα, σε ό,τι αφορά τους καθηγητές της Χημείας (Stains and Talanquer, 2007)[9] (φυσικά ισχύει αναλογικά και για άλλες ειδικότητες εκπαιδευτικών), μπορεί να τους είναι πολύ δύσκολο να δημιουργήσουν σχέδια σωματιδίων, τα οποία να παρουσιάζουν με πιστό και απολύτως ακριβή τρόπο χημικά φαινόμενα ή έννοιες.

Από την άλλη πλερά, και αρκετοί μαθητές είναι πιθανό να τα παρερμηνεύσουν στο βαθμό που δεν είναι εξοικειωμένοι με σχέδια/ζωγραφιές. Παρόλο που σκοπός της εισαγωγής αυτών των σχεδίων είναι να τους βοηθήσει να αναπτύξουν την ικανότητά τους να σκέφτονται σχετικά με τις διδασκόμενες έννοιες (π.χ. τις αλληλεπιδράσεις των σωματιδίων), δεν αποτελεί έκπληξη ότι οι μαθητές μπορεί να έχουν αρχικά δυσκολία να αναπαραστήσουν τις ιδέες τους μέσω των ζωγραφιών. Σε αυτή την περίπτωση, οι δυσχέρειες θα πρέπει να απαλειφθούν με πρόσθετες επεξηγήσεις και πρακτική. Τα αποτελέσματα της μελέτης του Sanger (2000)[10] δείχνουν ότι, με την κατάλληλη εκπαίδευση, οι μαθητές θα γίνουν πιο έμπειροι στη σωστή ερμηνεία αυτών των σχεδίων.

Εν κατακλείδι, προκύπτει το συμπέρασμα πως οι ζωγραφιές είναι ένα χρήσιμο εργαλείο διδασκαλίας και έρευνας, η ενασχόληση με το οποίο δίνει χαρά στους μαθητές, απαλλάσσοντας τους ταυτόχρονα από την πίεση που νιώθουν με την εφαρμογή πιο παραδοσιακών τρόπων.

1.2. Οι ζωγραφιές των μαθητών αποκαλύπτουν τις αναπαραστάσεις των μαθητών.

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει, στο πρόσφατο παρελθόν, πολλοί ερευνητές που ασχολήθηκαν με τις αναπαραστάσεις των μαθητών για διάφορα θέματα αξιοποίησαν ζωγραφιές όχι μόνο για να ερευνήσουν το περιεχόμενο των γνώσεων των μαθητών, αλλά και των στάσεων και της αντίληψής τους απέναντι στην επιστήμη.

Ως σήμερα, έχει εκπονηθεί σημαντικός αριθμός εργασιών που χρησιμοποιούν τις ζωγραφιές για τη διερεύνηση των ιδεών των μαθητών σχετικά με το

περιβάλλον (Alerby, 2000; Shepardson, Wee, Priddy & Harbor, 2007, Wee, 2007).[1,3,4,11] Αυτές οι έρευνες, που ασχολήθηκαν με παιδιά διαφορετικών ηλικιών, φύλου, σε διαφορετικά μέρη της γης, κατέληξαν σε διαφορετικές απαντήσεις-προσεγγίσεις σε ό,τι αφορά περιβαλλοντικά ζητήματα.

Για παράδειγμα, παρόλο που οι μαθητές σε Σιγκαπούρη και Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής φαίνονταν να διακατέχονται από μια ωφελιμιστική αντίληψη για το περιβάλλον (είναι αυτό που μας παρέχει τον ήλιο, το νερό, το οξυγόνο, αγαθά πολύτιμα για την ανθρώπινη ζωή), τα παιδιά από τη Σιγκαπούρη έτειναν να βλέπουν το περιβάλλον ως τόπο όπου ζουν ζώα και αναπτύσσονται φυτά. Αντίθετα, οι ζωγραφιές των μαθητών από την Αμερική εστίαζαν στην ανθρώπινη επίδραση στο περιβάλλον (για παράδειγμα, συνήθως απεικονίζαν στις ζωγραφιές τους κτίρια, σκουπιδοτενεκέδες κ.λπ.) (Wee, 2007)[11].

Στην εργασία των Shepardson, Wee, Priddy και Harbor (2007)[4] πήραν μέρος μαθητές από 25 διαφορετικές σχολικές τάξεις διαφόρων περιοχών του Καναδά. Από τους μαθητές ζητήθηκε να ζωγραφίσουν τι τους ερχόταν στο νου όταν άκουγαν τη λέξη «περιβάλλον» και στη συνέχεια να εξηγήσουν τι ζωγράφισαν. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι μαθητές είχαν στο μυαλό τους το περιβάλλον ως ένα μέρος όπου ζουν ζώα και φυτά. Το 75% των μαθητών θεωρούσε ότι ο άνθρωπος είτε είναι κάτι έξω από το περιβάλλον είτε το αντιμετώπιζε ως πηγή για ανθρώπινη δραστηριότητα. Το 15% ενσωμάτωνε τις επιπτώσεις της ανθρώπινης συμπεριφοράς στο περιβάλλον και μόνο το 10% αντιλαμβανόταν το περιβάλλον ως μέρος όπου ζει ο άνθρωπος ή ότι ο άνθρωπος είναι οργανικό κομμάτι του περιβάλλοντος, δηλαδή αναπόσπαστο μέρος του. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι οι μαθητές που θεωρούσαν ότι το περιβάλλον είναι ένα μέρος που δέχεται τις επιπτώσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας είχαν διαφορετική οπτική ανάλογα με την περιοχή όπου διέμεναν. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές αστικών περιοχών έδιναν έμφαση στις συνέπειες από την ανθρώπινη δραστηριότητα (για παράδειγμα ουρανοξύστες ή μόλυνση), ενώ οι μαθητές από αγροτικές ή ημιαστικές περιοχές απεικόνιζαν κατά βάση το φυσικό περιβάλλον (ζωικό και φυτικό βασίλειο).

Αντίστοιχη εργασία εκπονήθηκε στη Σουηδία (Alerby, 2000)[1] σε μαθητές από 7 έως 16 χρόνων: τους ζητήθηκε να ζωγραφίσουν ό,τι τους ερχόταν στο μυαλό όταν άκουγαν τη λέξη «περιβάλλον» και στη συνέχεια να εξηγήσουν τι είχαν ζωγραφίσει. Τα αποτελέσματα έδειξαν μεταξύ άλλων πως τα μικρότερα σε ηλικία παιδιά έτειναν να απεικονίζουν το περιβάλλον καθαρό και αμόλυντο (good world), ενώ τα μεγαλύτερης ηλικίας απεικόνιζαν ποικίλους τύπους περιβαλλοντικής καταστροφής (bad world). Επιπλέον, το ποσοστό των κοριτσιών, σε όλες τις ηλικίες, που απεικόνιζαν τη φύση ήταν μεγαλύτερο από αυτό των αγοριών, ενώ τα αγόρια μεγαλύτερης ηλικίας είχαν μια πιο διαλεκτική εικόνα για το περιβάλλον, καθώς στις ζωγραφιές τους απεικόνιζαν τόσο το καθαρό όσο και το επιβαρυμένο από την ανθρώπινη δραστηριότητα περιβάλλον.

Σε άλλο τομέα τώρα, τη βιολογία, οι Reiss και Tunnicliffe (2001)[8] έκαναν έρευνα σε 158 μαθητές-φοιτητές ηλικίας από 4 έως 20 χρόνων, από τους οποίους ζήτησαν να ζωγραφίσουν «ό,τι νομίζουν ότι υπάρχει μέσα τους». Μόνο ένα μικρό ποσοστό κατάφερε να ζωγραφίσει ένα ολοκληρωμένο σύστημα οργάνων, ώστε να μπορούν οι ερευνητές να το κατατάξουν σε μια κατηγορία. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως οι μαθητές ηλικίας 7-8 ετών είχαν ελαφρώς χαμηλότερο επίπεδο από τους μαθητές 13-14 ετών καθώς και από τους πρωτοετείς φοιτητές θεωρητικών σπουδών (Αγγλικής Φιλολογίας). Αντίθετα, η πλειοψηφία ζωγράφισε μεμονωμένα όργανα. Διαπιστώθηκε δε πως πολλοί έδιναν στην καρδιά σχήμα ανάλογο με αυτό που βλέπουμε στις κάρτες του Αγίου Βαλεντίνου.

Οι Prokop, Prokop, Tunnicliffe, and Diran (2007)[12], έλαβαν δείγμα 702 μαθητών ηλικίας από 6-16 χρόνων και το χώρισαν σε δύο τμήματα. Στο πρώτο τμήμα έδειξαν βαλσαμωμένα ζώα σε τρισδιάστατη μορφή (3D), ενώ στο δεύτερο φωτογραφίες των ίδιων ζώων (2D μορφή). Στη συνέχεια ζήτησαν από τους μαθητές να ζωγραφίσουν ό,τι πίστευαν ότι είχε μέσα του το κάθε ζώο. Μεταξύ άλλων, συμπέραναν πως οι μαθητές ήταν πιο πρόθυμοι να ζωγραφίσουν την εσωτερική δομή των ζώων όταν πριν τα είχαν δει σε τρισδιάστατη μορφή, παρόλο που για το σκελετό δεν υπήρχε σημαντική διαφοροποίηση.

Ανάλογες έρευνες που επιχειρούν να αξιοποιήσουν τη ζωγραφική ως εργαλείο αναζήτησης των ιδεών των μαθητών έχουν γίνει και στη χημεία.

Οι Smith και Metz (1996)[13] έδωσαν στους μαθητές την ακόλουθη αντίδραση:

$$NiCl_{2(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \rightarrow Ni(OH)_{2(s)} + 2NaCl_{(aq)}$$

Τους ζήτησαν έπειτα να την αναπαραστήσουν σε υπομικροσκοπικό επίπεδο. Για παράδειγμα, μερικοί μαθητές παρουσίασαν στις ζωγραφιές τους το 2NaOH ως δύο άτομα νατρίου που συνδέονταν μεταξύ τους. Ομοίως και για το $NiCl_2$· το αναπαριστούσαν ως δύο ξεχωριστές μονάδες από Ni και Cl_2.

Εξαιρετικά διαφωτιστικό παράδειγμα για τις ιδέες που μπορεί να ανακαλύψει κανείς από τις ζωγραφιές των μαθητών, στις οποίες δεν θα μπορούσε να οδηγηθεί με τους παραδοσιακούς τρόπους διερεύνησης, μας παρέχει η έρευνα από μια εργασία σχετικά με το μεταλλικό δεσμό (Taber, 2002, 2003).[14,15] Για τους μαθητές η «θάλασσα ηλεκτρονίων» απεικονίζεται ως απέραντη περίσσεια ηλεκτρονίων που περικλείει τα μεταλλικά ιόντα.

Επίσης, οι Kelly, Barrera και Mohamed (2010)[16] ζήτησαν από 21 μαθητές να ζωγραφίσουν σε υποσωματιδιακό επίπεδο και να εξηγήσουν τις αντιδράσεις που θα γίνουν όταν αναμείξουν διαλύματα: (α) νιτρικού αργύρου με χλωριούχο νάτριο, (β) νιτρικού καλίου με χλωριούχο νάτριο, και (γ) χλωριούχου μαγγανίου με νιτρικό άργυρο. Οι χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων που δίνονταν ήταν οι εξής:

$$AgNO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)} + NaNO_{3(aq)}$$

$$KNO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)} \rightarrow \text{No Rxn}$$

$$MnCl_{2\,(aq)} + AgNO_{3\,(aq)} \rightarrow 2AgCl_{(s)} + Mn(NO_3)_{2(aq)}$$

Τα συμπεράσματα της έρευνας κατέγραψαν σειρά παρανοήσεων. Οι μαθητές απεικόνισαν τις χημικές εξισώσεις με μοριακή ή με ιοντική μορφή ή και με τις δύο μαζί, ενώ μόνο δύο μαθητές απεικόνισαν την τρίτη εξίσωση μόνο με ιοντική μορφή. Κατά την ανάμιξη (upon mixing) οι μαθητές θεωρούν πως τα μόρια των προϊόντων διαχωρίζονται, ώστε να είναι έτοιμα να μετατραπούν ή να αλλάξουν παρτενέρ. Επιπλέον, η πλειονότητα των μαθητών αναπαριστούσε τα ιζήματα ως μόρια.

Σε άλλη έρευνα, οι Kelly και Jones (2008)[17] ακολούθησαν την παρακάτω διαδικασία: Αρχικά, έδειξαν στους μαθητές βίντεο με τη διάλυση χλωριούχου νατρίου στο νερό. Ύστερα από μία εβδομάδα τους πρόβαλαν νέο βίντεο με τη ανάμιξη διαλυμάτων χλωριούχου νατρίου και νιτρικού αργύρου. Έπειτα οι ερευνητές κάλεσαν τους μαθητές (18 στο σύνολο) να ζωγραφίσουν και να εξηγήσουν τι είδαν στο τελευταίο βίντεο πριν από την ανάμιξη, κατά τη διάρκεια της ανάμιξης και μετά από αυτήν. Επιπλέον, τους ζήτησαν να επαναλάβουν την ίδια δραστηριότητα προσπαθώντας όμως να απεικονίσουν άτομα, μόρια, ιόντα. Τα συμπεράσματα από τις ζωγραφιές που δημιούργησαν οι μαθητές συνοψίζονται ως εξής: Οι περισσότεροι ζωγράφισαν μακροσκοπικά τη διάλυση του χλωριούχου νατρίου στο νερό. Όλοι οι μαθητές αντιμετώπισαν δυσκολία να αναπαραστήσουν με ακρίβεια σε υπομικροσκοπικό επίπεδο τη σύσταση των διαλυμάτων. Επίσης, στο σύνολό τους απέτυχαν να απεικονίσουν τα μόρια του νερού που περικυκλώνουν κάθε ιόν όταν το αλάτι διαλύεται στο νερό, πράγμα ιδιαίτερα σημαντικό αφού μόλις πριν από μία εβδομάδα το είχαν παρακολουθήσει σε βίντεο. Μάλιστα το 50% των ερωτηθέντων (δηλαδή 9 μαθητές) ζωγράφισε το χλωριούχο νάτριο ως μόριο. Οι περισσότεροι μαθητές στις εξηγήσεις τους επικεντρώθηκαν στους χημικούς τύπους ή στη δομή των αλάτων με την παραδοχή ότι το χλωριούχο νάτριο διαλυόταν στο νερό. Από τους 18 οι τρεις φάνηκε να ενσωματώνουν τη δομή του πλέγματος για το στερεό χλωριούχο νάτριο και τα μόρια του νερού που το περικλείουν στο διάλυμα και ένας για το νιτρικό άργυρο.

Αποκαλυπτική τέλος είναι και μια έρευνα στον τομέα της παιδαγωγικής που εκπονήθηκε στη Γερμανία. Οι ερευνητές Markic και Eilks (2007)[18] ζήτησαν από πρωτοετείς φοιτητές των τμημάτων Χημείας, Φυσικής, Βιολογίας και Δημοτικής Εκπαίδευσης να ζωγραφίσουν «πώς βλέπουν τον εαυτό τους ως καθηγητή» και να εξηγήσουν τι έχουν ζωγραφίσει απαντώντας σε τέσσερις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου: τί κάνουν οι καθηγητές και τι οι μαθητές, ποιος είναι ο στόχος της διδασκαλίας και τι συμβαίνει πριν ξεκινήσει η διδασκαλία. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν πως οι μελλοντικοί καθηγητές Φυσικής έχουν ενσωματώσει και αναπαράγουν –με μεγάλη διαφορά σε σχέση με τους υπόλοιπους– τη δασκαλοκεντρική μέθοδο διδασκαλίας. Ακολουθούν οι

χημικοί –παρ΄ ότι υπάρχει μεγάλη ανομοιογένεια στα αποτελέσματά τους–, ενώ οι βιολόγοι και οι δάσκαλοι τείνουν σε πιο μαθητοκεντρικές μεθόδους.

Οι Farland και McComas (2007)[19], ζητώντας από τους μαθητές (N=106) να ζωγραφίσουν τρεις εικόνες στις οποίες να αναπαριστούν έναν επιστήμονα, διαπίστωσαν ότι μόνο στο 24% των περιπτώσεων τα πρώτα σχέδια ήταν ενδεικτικά των δύο άλλων. Από την έρευνά τους οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι είναι πολύ πιθανό οι μαθητές, αντί να αναπαριστούν με μία μόνο στερεότυπη εικόνα τον επιστήμονα, να κρατούν στο μυαλό τους πολύ διαφορετικές εικόνες, πολλαπλές απεικονίσεις πάνω σε ένα θέμα. Έτσι, με αυτό τον τρόπο, αμφισβητήθηκαν τα αποτελέσματα παλαιότερων ερευνών –όπου από τους μαθητές είχε ζητηθεί μία ζωγραφιά– οι οποίες είχαν συμπεράνει πως τα παιδιά διατηρούσαν μια στερεοτυπική εικόνα για τον επιστήμονα (να φοράει άσπρη ποδιά, γυαλιά εργαστηρίου και να κρατάει δοκιμαστικούς σωλήνες). Τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας, επιβεβαίωσε μια ζωγραφιά που σχεδιάστηκε από ένα 13χρονο αγόρι σχετικά με τις ιδέες του για το «περιβάλλον» (Alerby, 2000)[1]. Η ζωγραφιά του αναπαριστούσε δύο εντελώς αντίθετες εικόνες.

Οι Rennie και Jarvis (1995)[20] επισημαίνουν πως, οι ζωγραφιές είναι μια χρήσιμη «λεωφόρος» για να κατανοήσουμε τις αναπαραστάσεις των μαθητών. Εντούτοις δεν ευνοούν τους μαθητές που έχουν πρόβλημα είτε στο να ζωγραφίζουν είτε στο να γράφουν, με αποτέλεσμα να «χαθούν» πληροφορίες. Έτσι, επιλέγοντας να ζητήσουμε και εξήγηση της ζωγραφιάς, αφενός ελαχιστοποιούμε τον παραπάνω κίνδυνο και αφετέρου δίνουμε τη δυνατότητα στους μαθητές που δεν έχουν την ίδια ικανότητα στη ζωγραφική όσο στη γραφή να αισθάνονται πιο άνετα με τις απαντήσεις τους.

1.3. Παρανοήσεις των μαθητών ως προς τις έννοιες χημικό στοιχείο, χημική ένωση και χημική αντίδραση.

Χημικό στοιχείο- Χημική ένωση:

Σε έρευνα των Stains και Talanquer (2007)[9], κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων, περίπου το ένα τέταρτο των φοιτητών (5 από 19) οι οποίοι κλήθηκαν να ορίσουν ένα χημικό στοιχείο απάντησαν ότι αυτό αποτελείται από μεμονωμένα άτομα και στη συνέχεια χρησιμοποίησαν αυτόν τον ορισμό

ως το μοναδικό κριτήριο για να διαφοροποιήσουν τα στοιχεία από τις άλλες χημικές ουσίες Sanger (2000) [10].Η αναπαράσταση του χημικού στοιχείου που έκαναν 18 από τους 28 ερωτηθέντες ήταν ένας ενιαίος κύκλος. Επίσης, τέσσερις στους εννέα μαθητές που ολοκλήρωσαν τη δραστηριότητα έγραψε δίπλα τη φράση "μόνο ένα άτομο".

Οι μαθητές δεν κατανοούν, επίσης, την περιοδικότητα των στοιχείων (Nicoll, 2003) [21]. Παρά το γεγονός ότι μερικοί μαθητές συνδέουν το χημικό στοιχείο με τον περιοδικό πίνακα, και οι σχέσεις αυτές δεν είναι απαραίτητα λανθασμένες, αντικατοπτρίζουν όμως την ισχυρή αντίληψη των μαθητών να συσχετίζουν τις έννοιες άτομο και στοιχείο.[21] Ενδεικτικά να αναφέρουμε πως σε έρευνα, με μεταπτυχιακούς φοιτητές, προέκυψε ότι ορισμένοι από αυτούς θεωρούσαν ότι η έννοια «χημικό στοιχείο» αφορά την κοινή σήμανση για τους διάφορους τύπους των ατόμων που εκπροσωπούνται στο περιοδικό πίνακα, και όχι ένα είδος χημικής ουσίας.

Τα αποτελέσματά της έρευνας των Stains και Talanquer (2007)[22], δείχνουν ότι ένα σημαντικό ποσοστό των φοιτητών που έχουν παρακολουθήσει προχωρημένα μαθήματα χημείας ταξινομεί εσφαλμένα τα μόρια του στοιχείου ως χημικές ενώσεις. Αυτό είναι πολύ πιθανόν να αποτελεί ένδειξη μιας ισχυρής σύνδεσης μεταξύ των εννοιών του μορίου και της ένωσης. Μάλιστα, τα αποτελέσματά της επίδρασης του επιπέδου προετοιμασίας των φοιτητών στη χημεία δείχνουν ότι το ποσοστό των μαθητών με την άνοδο του επιπέδου στη χημεία, που συσχετίζει το μόριο με τη χημική ένωση δεν μειώνεται, αλλά αυξάνεται κατακόρυφα. Η ταξινόμηση του διατομικού μορίου ενός χημικού στοιχείου (E_2) σε χημική ένωση έρχεται να ενδυναμώσει την παραπάνω θεώρηση.[22] Η πλειονότητα των φοιτητών (17 από τους 28) ζωγράφισαν ένα μόνο μόριο με δύο ή περισσότερα άτομα για να αναπαραστήσουν τη χημική ένωση.[9] Στην ίδια έρευνα, αρκετοί φοιτητές συνέδεσαν τις έννοιες χημική ένωση και μόριο.[9,23]

Όσο αφορά τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με τις χημικές ενώσεις, μερικές έρευνες έχουν δείξει ότι η χημική ένωση θεωρείται μίγμα από χημικά στοιχεία και μερικοί από τους μαθητές κατατάσσουν τα ομογενή μίγματα ως ουσίες (Kind, 2004, Sanger, 2000, Taber, 2002)[10,14,24] .

Χημική αντίδραση:

Αρκετοί μαθητές αντιλαμβάνονται τη χημική αντίδραση μόνο ως συμβολική εξίσωση. Για αυτούς τους μαθητές η χημική αντίδραση είναι μια στατική, παρά μια δυναμική διαδικασία. Αποτυγχάνουν, δηλαδή, να συνδέσουν την όλη διαδικασία: αναδιάταξη ατόμων, σπάσιμο δεσμών και δημιουργία νέων και την κατανοούν ως μια εξίσωση. Αποτελεί πρόκληση για τους δασκάλους να κατανοήσουν οι μαθητές τους τα χημικά φαινόμενα σε σωματιδιακό και υποσωματιδιακό επίπεδο.

Παρόλο που οι μαθητές του Λυκείου διδάσκονται τη χημική αντίδραση και μακροσκοπικά και μικροσκοπικά, λίγοι είναι εκείνοι που οικοδομούν το επιστημονικά αποδεκτό μοντέλο της χημικής αλληλεπίδρασης. Περισσότερο δύσκολη είναι η οικοδόμηση αυτού του μοντέλου στις περιπτώσεις που ένα από τα αντιδρώντα είναι αέριο, το οποίο δεν το αντιλαμβάνονται με τις αισθήσεις τους (Krnel, Watson & Glazar 1998)[25]. Αλλά και όταν έχουν μάθει μηχανικά την ύπαρξη του αντιδρώντος αερίου, το αντιμετωπίζουν περισσότερο ως παράγοντα που προκαλεί την αντίδραση, χωρίς αυτό να παθαίνει τίποτα. Σημαντικό είναι το ποσοστό των μαθητών του Λυκείου που θεωρούν την αντίδραση καύσης ως μετατροπή των αντιδρώντων σε ενέργεια (Salta & Tzougraki, 2011)[26].

Πολλοί μαθητές αντιλαμβάνονται τη χημική αντίδραση ως διαδικασία ανάμειξης. Έχοντας εμπειρίες από την καθημερινή τους ζωή όπως: «*η ανάμειξη κρύου και ζεστού νερού δίνει χλιαρό νερό* και *η ανάμειξη κίτρινου και μπλε χρώματος δίνει πράσινο χρώμα»* οι μαθητές δημιουργούν αντιλήψεις πως *όταν αναμειγνύονται οι ουσίες οι ιδιότητές τους επικαλύπτονται* και πως *όταν οι ουσίες έχουν αντίθετες ιδιότητες με την ανάμειξη των ουσιών αυτές αλληλοεξουδετερώνονται*. Μερικοί μαθητές, καθώς ενσωματώνουν, αλλοιώνοντας, επιστημονικές πληροφορίες για τη χημική αντίδραση, μετακινούνται από το μοντέλο της ανάμειξης στο μοντέλο της μετατροπής. Έτσι, θεωρούν ότι η μία από τις δύο ουσίες επιδρά και μετατρέπει την άλλη χωρίς αυτή να παθαίνει τίποτα. (Σάλτα και Τζουγκράκη, 2009)[27].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Εισαγωγή

Το θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας στηρίζεται στον εποικοδομητισμό. Σύμφωνα με τη θεωρία του κονστρουκτιβισμού ο μαθητής έρχεται στην σχολική τάξη με διαφορετικά ερεθίσματα (εμπειρίες) τόσο προσωπικά και πολιτιστικά, όσο και εκπαιδευτικά. Η διδασκαλία επιδρά διαφορετικά στον κάθε μαθητή με αποτέλεσμα να προάγει διαφορετικές αναπαραστάσεις (Driver, 1989)[28].Ο κονστρουκτιβισμός λοιπόν προσπαθεί να κατανοήσει πώς ο μαθητής οικοδομεί-οργανώνει τις έννοιες μέσα από τις εμπειρίες και στη συνέχεια τις μετασχηματίζει σε γνώση που θα έχει νόημα.

Προκειμένου να μετασχηματίσουμε την παλιά γνώση σε νέα, θα πρέπει πριν να εξετάσουμε με ποιο τρόπο οι μαθητές αναπαριστούν διάφορες έννοιες. Το να συλλέξουμε πληροφορίες σχετικά με τις αναπαραστάσεις των μαθητών αποτελεί κομβικό σημείο για καθένα που ασχολείται με την εκπαίδευση.

Οι ζωγραφιές είναι ένα εργαλείο με το οποίο μπορούμε να εκμαιεύσουμε τις ιδέες των μαθητών, χωρίς εκείνοι να ντρέπονται ή να αγχώνονται για τις απαντήσεις τους. Είναι ένας τρόπος, διαφορετικός από τους παραδοσιακούς, που δίνει την ελευθερία στους μαθητές να απεικονίσουν τις αναπαραστάσεις τους, χωρίς να παρεμβάλεται κανένα εμπόδιο.

Στην παρούσα εργασία επιδιώκουμε να διερευνήσουμε και να συσχετίσουμε τις αναπαραστάσεις των μαθητών σχετικά με τις βασικές έννοιες της Χημείας: χημικό στοιχείο, χημική ένωση, χημική αντίδραση, χρησιμοποιώντας ως εργαλείο τις ζωγραφιές τους.

Η *ανάλυση περιεχομένου* (content analysis) είναι η τεχνική την οποία επιλέξαμε να επεξεργαστούμε τα δεδομένα μας. Ο Holsti (1969)[29] ορίζει την ανάλυση περιεχομένου ως μια τεχνική με την οποία μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα από αντικειμενικά και καθορισμένα χαρακτηριστικά του δείγματός μας. Η τεχνική αυτή δεν περιορίζεται στο χώρο της ανάλυσης

κειμένου, αλλά απευθύνεται και σε άλλες περιοχές, όπως η κωδικοποίηση ζωγραφιών των μαθητών (Stemler, 2001)[30].

2.2 Μεθοδολογία της έρευνας

Η *έρευνά μας* χωρίζεται σε τρία στάδια: **πρώτον** ορισμός δείγματος και συλλογή δεδομένων, **δεύτερον** ανάλυση δεδομένων (επαγωγική μέθοδος) για δημιουργία κατηγοριών και **τρίτον** στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων με το πρόγραμμα SPSS.

Πιο αναλυτικά, αναφέρουμε:

Δείγμα: Η έρευνά μας πραγματοποιήθηκε σε μαθητές Γυμνασίου (Α΄, Β΄, Γ΄ τάξη) και Λυκείου (Α΄, Β΄ τάξη) από διαφορετικά σχολεία της Αττικής. Η επιλογή του δείγματος έγινε έτσι ώστε να είναι όσο το δυνατό πιο ανομοιογενές και επομένως πιο αντιπροσωπευτικό και να διαπιστώσουμε την εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών με την πρόοδο της σχολικής βαθμίδας. Μοιράστηκαν 630 ερωτηματολόγια από τα οποία επιλέξαμε για την έρευνά μας τα 220. Τα ερωτηματολόγια πού επιλεχθήκαν ήταν όσο το δυνατό πιο πλήρη. Έτσι στην τελική φάση της έρευνάς μας το δείγμα μας αποτέλεσαν είκοσι γραπτά μαθητών της Α΄ Γυμνασίου, και από πενήντα γραπτά μαθητών της Β΄, Γ΄ Γυμνασίου και Α΄, Β΄ Λυκείου.

Συλλογή δεδομένων. Σε αυτό το σημείο θα ήταν σκόπιμο να περιγράψουμε τη διαδικασία με την οποία καλούσαμε τους μαθητές να συμμετάσχουν. Οι ενέργειές μας ήταν:

- να μοιράσουμε ένα ερωτηματολόγιο που θα θέλαμε να συμπληρώσουν κάποια τυπικά στοιχεία (δημογραφικά: φύλο, τάξη, καθώς και βαθμό στο μάθημα της Χημείας)
- στη συνέχεια καλούσαμε κάθε μαθητή να ζωγραφίσει με στυλό, μολύβι και αν θέλουν και με ξυλομπογιές (τις οποίες είχαμε προηγουμένως μοιράσει) 3 χημικά στοιχεία, 3 χημικές ενώσεις και 3 χημικές αντιδράσεις
- να δώσουν ένα τίτλο σε κάθε ζωγραφιά και
- να εξηγήσουν γραπτά τι ακριβώς έχουν ζωγραφίσει

- και τέλος, να συμπληρώσουν δύο ερωτήσεις σχετικά με το πώς τους φάνηκε η δραστηριότητα (αν τους ευχαριστούσε, αν τους δυσκόλεψε και για ποιο λόγο).

Στο σημείο αυτό θεωρούμε αναγκαίο να κάνουμε μια μεθοδολογική επισήμανση, ώστε να αιτιολογήσουμε και να ενισχύσουμε θεωρητικά την απόφασή μας να ζητήσουμε από τους μαθητές της έρευνάς μας:

i. να ζωγραφίσουν όχι μόνο μία, αλλά τρεις ζωγραφιές – ανά έννοια (χημικό στοιχείο, χημική ένωση, χημική αντίδραση)·

ii. να εξηγήσουν αυτό που σχεδίασαν.

Ως προς το πρώτο ζητούμενο, στόχος μας ήταν να ενισχύσουμε την αξιοπιστία της έρευνάς μας και την ασφάλεια των πορισμάτων μας. Πιο συγκεκριμένα, αν ζητούσαμε από τους μαθητές να κάνουν μία μόνο ζωγραφιά, τότε ίσως δεν θα καταφέρναμε να καταγράψουμε τη «συνέπεια» των αναπαραστάσεων τους. Αν δηλαδή αυτό που τους έρχεται στο μυαλό να ζωγραφίσουν αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη αναπαράσταση, την οποία μπορούν να απεικονίσουν με τρεις τρόπους. Άλλωστε, έρευνες που έχουν γίνει (Farland και McComas, 2007)[19] έχουν δείξει πως οι μαθητές μπορεί και να έχουν διαφορετικές αναπαραστάσεις, σχετικά με ένα θέμα, αλλά θα πρέπει να τους δίνεται η κατάλληλη ευκαιρία να τις εκφράσουν.

Ως προς τη δεύτερη επιλογή μας, να ζητήσουμε δηλαδή από τους μαθητές να εξηγήσουν τι ζωγράφισαν, θα αναφερθούμε στις διαπιστώσεις των Rennie και Jarvis (1995)[20]. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι είναι δύσκολο να ερμηνευτούν οι ζωγραφιές -ιδιαίτερα όσες αφορούν αφηρημένες ιδέες- αν δεν συνοδεύονται από κάποια επεξήγηση. Ισχυρίζονται ότι οι ζωγραφιές αποκαλύπτουν ένα ευρύ φάσμα αντιλήψεων, όχι όμως τόσο ευρύ όσο η γραφή ή ο συνδυασμός ζωγραφιάς και γραφής. Επομένως, αν βασιστούμε μόνο σε αυτές ως ένδειξη για την κατανόηση διαφόρων εννοιών από τα παιδιά είναι πιθανό να οδηγηθούμε ως ερευνητές σε παρανοήσεις ή σε απλοποιήσεις των ιδεών τους.

Οι Rennie και Jarvis επισημαίνουν επίσης πως, ενώ οι ζωγραφιές είναι μια χρήσιμη «λεωφόρος» για να κατανοήσουμε τις αναπαραστάσεις των μαθητών, εντούτοις μπορούν να περιορίσουν τους μαθητές που είτε μόνο

ζωγραφίζουν είτε μόνο γράφουν, με αποτέλεσμα να «χάσουμε» πληροφορίες. Γι' αυτό θεωρούν ότι, όταν ζητείται από τα παιδιά να αναπαραστήσουν τις ιδέες τους με ζωγραφιές, θα πρέπει να ενθαρρύνονται να επεξηγούν τις ζωγραφιές τους, ώστε να κάνουν πιο αποτελεσματική την επικοινωνία.

Επομένως, επιλέγοντας να ζητήσουμε και εξήγηση της ζωγραφιάς, αφενός ελαχιστοποιούμε τους παραπάνω κινδύνους και αφετέρου δίνουμε τη δυνατότητα στους μαθητές που δεν έχουν την ίδια ικανότητα στη ζωγραφική όσο στη γραφή να αισθάνονται πιο ασφαλείς με τις απαντήσεις τους.

Σε κάθε περίπτωση, καθώς οι ζωγραφιές –ως νοητική διαδικασία αλλά και ως δεξιότητα– εμπλέκουν τόσο τη σκέψη όσο και τη γραφή, μπορούν να αποτελέσουν, όταν ενθαρρύνουμε τους μαθητές να σχολιάσουν τη ζωγραφιά τους, ένα εξαιρετικό έναυσμα, ώστε αυτοί να επικεντρωθούν και να σκεφτούν την πιο βασική ιδέα.

Με τη διενέργεια πιλοτικής έρευνας (πραγματοποιήθηκε σε 50 μαθητές), προσπαθήσαμε κυρίως να διαπιστώσουμε την ανταπόκριση και τη δυσκολία που πιθανόν θα αντιμετώπιζαν οι μαθητές, θέματα επάρκειας χρόνου κ.ά.

Στην αρχή της διαδικασίας προετοιμάσαμε τους μαθητές γι' αυτό που θα ακολουθούσε. Τους τονίσαμε πως δεν πρόκειται για διαγώνισμα ή τεστ ή μια δραστηριότητα στην οποία θα αξιολογηθούν γι' αυτό και τους προτρέψαμε να μην προσπαθήσουν να αντιγράψουν από τους διπλανούς ή να ζητήσουν τη βοήθειά μας, παρά να αφεθούν ελεύθεροι και χαλαροί να ζωγραφίσουν. Επίσης, τους τονίσαμε πως δεν μας ενδιαφέρει η καλαισθησία του αποτελέσματος παρά μόνο να αποτυπώσουν και να «οπτικοποιήσουν» όσο καλύτερα μπορούν τις ιδέες τους. Όταν κάποιοι από τους μαθητές ζητούσαν διευκρίνιση τους προτρέπαμε να γράψουν/ζωγραφίσουν/εξηγήσουν ό,τι νόμιζαν, ό,τι τους ερχόταν στο μυαλό όταν άκουγαν: χημικό στοιχείο, χημική ένωση, χημική αντίδραση.

Τετράδια, βιβλία ή σημειώσεις ήταν κλειστά. Ο απαιτούμενος χρόνος γι΄ την ολοκλήρωση της διαδικασίας ήταν 1 διδακτική ώρα, ενώ η δραστηριότητα ήταν εθελοντική.

Ανάλυση δεδομένων για δημιουργία κατηγοριών: Γενικά θα μπορούσαμε να αναφέρουμε πως η ανάλυση δεδομένων περιλαμβάνει δύο τρόπους κωδικοποιήσεων (Robson, 2007)[31]:

- την ανοιχτή (open coding) για την εύρεση των κωδικών-κατηγοριών,
- την αξονική (axial coding) για την αλληλοσύνδεσή των κωδικών-κατηγοριών και την εξαγωγή γενικότερων κατηγοριών.

Στη πρώτη φάση, τα δεδομένα διαιρούνται σε διακριτά τμήματα (μονάδα καταγραφής). Ο κωδικός που εφαρμόζεται είναι μια ετικέτα που μπορεί να είναι προσωρινή ή να αλλαχτεί. Ένα μέρος των δεδομένων μπορεί να έχει διάφορους κωδικούς (ετικέτες), να ταιριάζει δηλαδή σε περισσότερες από μια εννοιολογικές κατηγορίες. Οι κώδικες είναι άλλοι περιγραφικοί, άλλοι ερμηνευτικοί και άλλοι συμπερασματικοί· αλλά πάντα έχουν το όνομα που είναι πιο κοντά στην ιδέα που αντιπροσωπεύουν για λόγους ευκολίας στην ταξινόμησή τους. Στο επίπεδο της ανοιχτής κωδικοποίησης, στην ιδανική περίπτωση, θα πρέπει να έχουμε φτάσει σε ένα σημείο όπου οι κώδικες-κατηγορίες θα έχουν κορεστεί.

Η αξονική κωδικοποίηση έχει σκοπό τη διασύνδεση των κατηγοριών που αναπτύχθηκαν από το προηγούμενο στάδιο. Αν απλώς μας απασχολεί η διερεύνηση ή η περιγραφή των υπό μελέτη φαινομένων η ανάλυση μπορεί να σταματήσει εδώ. Οι τρόποι κωδικοποίησης δεν είναι απαραίτητα διαδοχικοί· είναι πιθανό να συμβαίνουν ταυτόχρονα.

Όσον αφορά την ανάπτυξη κωδικών και κατηγοριών, θα πρέπει να αναφέρουμε μερικούς γενικούς κανόνες. Αρχικά, κριτήρια για τη δημιουργία κατηγοριών είναι: η εσωτερική ομοιογένεια και η εξωτερική ανομοιογένεια. Το πρώτο κριτήριο αναφέρεται στο βαθμό/έκταση στον οποίο τα στοιχεία που ανήκουν σε μια συγκεκριμένη κατηγορία ταιριάζουν σε σημαντικό βαθμό. Το δεύτερο κριτήριο αφορά στο βαθμό/έκταση κατά τον οποίο η διαφορά μεταξύ των κατηγοριών είναι ξεκάθαρη και διακριτή (Patton, 2002)[32].

Είναι ιδιαίτερα επιθυμητό οι εν λόγω κατηγορίες να είναι καθολικές και αμοιβαία αποκλειόμενες. Ο πρώτος όρος εξασφαλίζει ότι καθετί σχετικό με τη μελέτη μπορεί να κατηγοριοποιηθεί (ακόμα και αν αναγκαστούμε να καταφύγουμε σε μια κατηγορία «απορριμμάτων» για πράγματα που δεν

ξέρουμε πώς να τα αντιμετωπίσουμε). Ο δεύτερος όρος υπονοεί ότι καθετί που αναλύεται μπορεί να κατηγοριοποιηθεί μόνο με έναν τρόπο· εάν κατηγοριοποιείται με έναν συγκεκριμένο τρόπο, τότε δεν θα πρέπει να είναι δυνατή η κατηγοριοποίησή της με άλλο τρόπο.

Πιο συγκεκριμένα, στην εργασία μας η ανάλυση των δεδομένων ξεκίνησε πρώτα με την κωδικοποίηση των τίτλων και στη συνέχεια των ζωγραφιών μαζί με την εξήγηση για κάθε ένα από τα τρία ζητούμενα (χημικό στοιχείο, χημική ένωση, χημική αντίδραση). Παρακάτω παρουσιάζονται σε δύο μέρη η κωδικοποίηση-ανάλυση α) των τίτλων και β) των ζωγραφιών μαζί με την εξήγησή τους.

α) Κωδικοποιώντας τους τίτλους

1. Στο σημείο αυτό θα ξεκινήσουμε περιγράφοντας τη διαδικασία ταξινόμησης των δεδομένων μας (Miles & Huberman)[33] για τους τίτλους των ζωγραφιών των μαθητών.

   - Για κάθε ζητούμενο λοιπόν καταγράψαμε όλους τους τίτλους σε μια προσωρινή λίστα. Ακολούθησε σειρά αναγνώσεων, σημειώσεων, ώστε να φτάσουμε σε ένα επίπεδο όπου θα μπορούσαμε να ξεκινήσουμε μια πρώτη-πρώιμη ταξινόμηση.

   - Από το σημείο αυτό και έπειτα, προσπαθήσαμε να αναπτύξουμε *κατηγορίες* προκειμένου να ταξινομήσουμε τους τίτλους.

   - Στη συνέχεια, με μια δεύτερη ανάγνωση επιδιώξαμε να σχηματίσουμε κώδικες με πιο συστηματικό τρόπο. Μονάδα καταγραφής για τους τίτλους ήταν η λέξη που χρησιμοποιούσαν οι μαθητές προκειμένου να αποδώσουν τίτλο στη ζωγραφιά τους (ανοιχτή κωδικοποίηση). Τα αποτελέσματα της ταξινόμησής μας για τους τίτλους των χημικών στοιχείων δίνονται στον πίνακα 1 στο παράρτημα Ι (σελ. 83). Τα τρία πρώτα γράμματα (tce) περιγράφουν για ποιο ζητούμενο (χημικό στοιχείο, χημική ένωση, χημική αντίδραση) έχει γίνει η κωδικοποίηση Για παράδειγμα, ο κωδικός tcename αναλύεται ως εξής: tce → τίτλος χημικού στοιχείου (**t**itle **c**hemical **e**lement) και name → κώδικός-κατηγορία «όνομα» (name).

- Στη συνέχεια, όταν τα στοιχεία που συγκεντρώναμε γίνονταν πάρα πολλά, χωρίζαμε τις κατηγορίες σε *υποκατηγορίες*. Για παράδειγμα, η κατηγορία «αντικείμενα» έχει χωριστεί σε δύο υποκατηγορίες: τη «φυσικά» και τα «τεχνητά» αντικείμενα. Στην κωδικοποίηση ακολουθήσαμε την ίδια λογική και για την περίπτωση των υποκατηγοριών. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της υποκατηγορίας «φυσικά» ο κώδικας tceobjnatural αναλύεται ως εξής: tce → τίτλος χημικού στοιχείου (**t**itle **c**hemical **e**lement), obj → κατηγορία «αντικείμενα», και natural → υποκατηγορία «φυσικά».

Για κάθε κατηγορία ή υποκατηγορία έχει οριστεί το περιεχόμενό της ώστε κάθε τίτλος να ταξινομείται με συνέπεια όπως φαίνεται στον πίνακας 2, παράρτημα Ι σελ. 83.

Αναγκαιότητα για την κατασκευή του τελευταίου πίνακα ήταν η αξιοπιστία των μετρήσεών μας. Σύμφωνα με τον Patton (2002)[32], το σύστημα των κατηγοριών θα πρέπει να μπορεί να αναπαραχθεί και από ένα δεύτερο σχετικό αναλυτή. Το δεύτερο άτομο θα έχει ως ρόλο να επαληθεύσει ότι: α) οι κατηγορίες που είναι διαθέσιμες έχουν νόημα και β) τα δεδομένα έχουν κατάλληλα ταξινομηθεί στο σύστημα των κατηγοριών. Με άλλα λόγια δηλαδή, ο δεύτερος ερευνητής θα πρέπει να είναι σε θέση να πιστοποιήσει εάν το σύστημα των κατηγοριών με τα δεδομένα ταιριάζουν.

Στην έρευνά μας μια έμπειρη ερευνήτρια-αναλύτρια, διδάκτωρ της Διδακτικής της Χημείας, ανέλαβε τον παραπάνω ρόλο. Δημιουργώντας λοιπόν τον πίνακα 2, από τη μια πλευρά διευκολύναμε την ερευνήτρια και κάθε άλλον αναλυτή να κωδικοποιήσει τα δεδομένα με τον ίδιο τρόπο ή σχεδόν με τον ίδιο τρόπο που κάναμε και εμείς. Σε περίπτωση που υπήρχαν διαφωνίες τις συζητούσαμε και είτε τις ενσωματώναμε στις προυπάρχουσες είτε δημιουργούσαμε νέες. Με τη δημιουργία του πίνακα 2, η κωδικοποίηση έγινε πιο οργανωμένη ώστε να αποφύγουμε πιθανά λάθη.

- Στη συνέχεια αριθμήσαμε κάθε κατηγορία. Η αρίθμηση ξεκινάει από το εκατό (100) και ανεβαίνει ανά κατηγορία κατά εκατό. Στην περίπτωση που έχουμε υποκατηγορίες η αρίθμηση αλλάζει ανά δέκα. Δηλαδή για

τις υποκατηγορίες «φυσικά» και «τεχνητά» έχουμε αρίθμηση 410 και 420 αντίστοιχα.

- Αφού έχουμε φτάσει στο βασικό κορμό προκειμένου να ολοκληρωθεί το στάδιο της ανάλυσης, αριθμούμε και κάθε μέλος των κατηγοριών, ώστε στη συνέχεια να περάσουμε την καταγραφή τους σε excel, για τη στατιστική επεξεργασία (παράθεμα Ι, πίνακας 3, σελ. 84).

Η κωδικοποίηση των τίτλων τόσο για τις χημικές ενώσεις (παράθεμα Ι, πίνακες 4, 5, 6, σελ. 90-91) όσο και για τις χημικές αντιδράσεις (παράθεμα Ι, πίνακες 7, 8, 9, σελ. 97-100) δεν διαφέρει από τον τρόπο που περιγράψαμε παραπάνω.

Πιο συγκεκριμένα, δημιουργήσαμε και ορίσαμε σε αυτή την περίπτωση κατηγορίες και υποκατηγορίες, δώσαμε κωδικούς και στη συνέχεια αριθμήσαμε τόσο τις κατηγορίες όσο και τα μέλη κάθε κατηγορίας.

Ενδεικτικά αναφέρουμε πως ο κωδικός tcc αναφέρεται στον τίτλο για τις χημικές ενώσεις (**t**itle **c**hemical **c**ompound), ενώ για τον τίτλο της χημικής αντίδρασης (**t**itle **c**hemical **r**eaction) δόθηκαν οι κωδικοί tcr.

Η ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας είχε σε μερικές περιπτώσεις των χημικών αντιδράσεων ως αποτέλεσμα πολλαπλές κωδικοποιήσεις (πολλά επίπεδα ανάγνωσης της ζωγραφιάς). Σε αυτό το σημείο με κριτήριο την καλύτερη απόδοση του τίτλου με έναν κωδικό, προχωρήσαμε σε ορισμένες αλλαγές.

Αναθεωρήσαμε την αρχική μας λίστα, διαγράψαμε ορισμένους κωδικούς και συνθέσαμε κάποιους άλλους, προκειμένου να συνδέσουμε τις κατηγορίες μεταξύ τους (αξονική κωδικοποίηση).

β) Κωδικοποιώντας τις ζωγραφιές

Έπειτα από την κωδικοποίηση και αρίθμηση των τίτλων, σειρά έχει η παρουσίαση του τρόπου ταξινόμησης των ζωγραφιών μαζί με τις εξηγήσεις τους.

Η ζωγραφιά μαζί με την εξήγηση, ταξινομήθηκε αρχικά ενιαία, επειδή η εξήγηση δεν είναι κάτι ξεχωριστό αλλά ενισχυτικό, επεξηγηματικό της ζωγραφιάς του μαθητή.

Για την κάθε ζωγραφιά λοιπόν ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία:

- Αρχικά, ύστερα από πολλές «αναγνώσεις», καταγράψαμε τα στοιχεία από τα οποία αποτελούνταν οι εικόνες, καθώς και τις εξηγήσεις που μας έδιναν για καθεμία από αυτές. Αυτή η καταγραφή δεν ήταν σε όλα τα ερωτηματολόγια προφανής, αφού οι μαθητές δεν είχαν ζωγραφίσει πάντα ξεκάθαρες εικόνες. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι εξηγήσεις έπαιξαν καθοριστικό ρόλο. Στα σημεία όπου δεν ήταν διαφωτιστικές ως προς την εικόνα, λαμβάναμε υπόψη την εξήγηση προκειμένου να γίνει η κωδικοποίηση. Στη συνέχεια, η ζωγραφιά αποδομούνταν στα πιο απλά στοιχεία από τα οποία αποτελούνταν π.χ. σχήμα, χρώμα. Η πρώτη καταγραφή είχε στόχο την πιο αναλυτική περιγραφή της ζωγραφιάς με την εξήγηση και την αποδόμησή της στα συστατικά της στοιχεία.
- Σε κάθε στοιχείο δώσαμε έναν κωδικό (ετικέτα). Δεν ήταν λίγες οι φορές που κάθε ζωγραφιά ταίριαζε σε περισσότερους από έναν κωδικό.
- Καταγράψαμε όλους τους κωδικούς και φτιάξαμε κατηγορίες (ανοιχτή κωδικοποίηση).
- Διαιρέσαμε τις κατηγορίες για τις οποίες είχαμε πληθώρα στοιχείων δημιουργώντας υποκατηγορίες.
- Στη συνέχεια, οι κατηγορίες εντάχθηκαν στα τρία επίπεδα αναπαράστασης της Χημείας: το μακροσκοπικό, το υπομικροσκοπικό και το συμβολικό (αξονική κωδικοποίηση).
- Για κάθε κατηγορία δώσαμε ορισμούς και αναλύσαμε τι περιέχει.
- Τέλος, αριθμήσαμε τις κατηγορίες και τα μέλη των κατηγοριών με σκοπό να τα καταγράψουμε σε excel για περαιτέρω ανάλυση με το πρόγραμμα SPSS.

Η παραπάνω διαδικασία ακολουθήθηκε τόσο για τις ζωγραφιές που αφορούσαν το χημικό στοιχείο και τη χημική ένωση όσο και για εκείνες που αφορούσαν τις χημικές αντιδράσεις. Προφανώς, και για τις τρεις περιπτώσεις

οι κατηγορίες και υποκατηγορίες μπορεί άλλοτε να είναι διαφορετικές και άλλοτε να συμπίπτουν.

Στο παράρτημα ΙΙ παραθέτουμε τους πίνακες που δημιουργήθηκαν κατά την παραπάνω διαδικασία. Ξεκινάμε από τα χημικά στοιχεία και ακολουθούν οι πίνακες για τις χημικές ενώσεις και τις χημικές αντιδράσεις αντίστοιχα. Για κάθε περίπτωση παρουσιάζονται τρεις πίνακες:

Ο **πρώτος** με τις κατηγορίες και τις υποκατηγορίες/κωδικούς, την ετικέτα και την αρίθμηση της κάθε κατηγορίας. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να κατατοπίσουμε με άμεσο και γρήγορο τρόπο τον οποιονδήποτε ερευνητή ή αναγνώστη για τα αποτελέσματα της ανοιχτής κωδικοποίησης (παράρτημα ΙΙ πίνακες 1, 4, 7, σελ. 106, 115, 124).

Ο **δεύτερος** στον οποίο ορίζουμε τις κατηγορίες. Δηλαδή εξηγούμε τι περιλαμβάνει κάθε κατηγορία, ώστε να μπορεί η κωδικοποίηση να γίνει και από δεύτερο ερευνητή, με τον ίδιο όσο το δυνατόν τρόπο. Έτσι λοιπόν ενισχύουμε την αξιοπιστία της έρευνάς μας (παράρτημα ΙΙ πίνακες 2, 5,8, σελ. 107, 117, 125).

Τέλος, ο **τρίτος** στον οποίο δίνουμε τα μέλη κάθε κατηγορίας και την αρίθμησή τους έτσι όπως έχουν περιληφθεί και στο excel (παράρτημα ΙΙ πίνακες 3, 6, 9, σελ. 110, 119, 127)

Η ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας είχε ως αποτέλεσμα πολλαπλές κωδικοποιήσεις και για τα χημικά στοιχεία και για τις χημικές ενώσεις και για τις χημικές αντιδράσεις. Σε αυτό το σημείο με κριτήριο την καλύτερη απόδοση της εικόνας με έναν κωδικό, προχωρήσαμε σε ορισμένες αλλαγές. Για αυτές τις περιπτώσεις λοιπόν αναθεωρήσαμε την αρχική μας λίστα, διαγράψαμε ορισμένους κωδικούς και συνθέσαμε κάποιους άλλους (επανακωδικοποίηση).

Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων: η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με το πρόγραμμα SPSS και αναζητήσαμε πληροφορίες στα παρακάτω τέσσερα ερωτήματα:

- Ποιο είναι το είδος του τίτλου που επιλέγουν οι μαθητές προκειμένου να περιγράψουν τη ζωγραφιά τους;

- Πως αναπαριστούν οι μαθητές τις έννοιες χημικό στοιχείο, χημική ένωση και χημική αντίδραση, μέσω των ζωγραφιών τους;
- Σε ποιο βαθμό αυτές οι αναπαραστάσεις είναι συνεπείς, δηλαδή μπορούν να συσχετιστούν;
- Σε ποιο βαθμό η εναλλακτική αυτή δραστηριότητα ευχαρίστησε ή δυσκόλεψε τους μαθητές.

Για κάθε ένα από τα παραπάνω ερωτήματα ακολουθούν τα αποτελέσματα στα οποία οδηγηθήκαμε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Ανάλυση τίτλων

Ξεκινώντας την ανάλυση των αποτελεσμάτων, ως προς τους *τίτλους των χημικών στοιχείων* που επέλεξαν οι μαθητές, θα μπορούσαμε να πούμε πως τα αποτελέσματά μας παρουσιάζουν ομοιογένεια.

Οι μαθητές επιλέγουν να δώσουν σε μεγάλο βαθμό το όνομα ή το σύμβολο ή το συνδυασμό ονόματος και συμβόλου ως τίτλο χημικού στοιχείου.

Επίσης μια δεύτερη γενική παρατήρηση θα ήταν το συντριπτικό ποσοστό αμέταλλων έναντι των μετάλλων που αναφέρεται από τους μαθητές.

Στον πίνακα 1 φαίνονται τόσο οι απαντήσεις που δίνονται για κάθε μία από τις τρεις εικόνες κάθε έννοιας όσο και το πλήθος των μαθητών.

Ομαδοποιήσαμε και παρουσιάζουμε τις περιπτώσεις κατά τις οποίες πέντε τουλάχιστον μαθητές δίνουν μια ίδια απάντηση.

Από μια πρώτη ανάγνωση του πίνακα, αντιλαμβανόμαστε πως τα στοιχεία που οι περισσότεροι μαθητές αναφέρουν είναι το οξυγόνο, ο άνθρακας και το υδρογόνο. Από αυτούς οι περισσότεροι δίνουν ως απάντηση το όνομα του στοιχείου.

Πιο αναλυτικά θα μπορούσαμε να παρατηρήσουμε:

- ✓ Το οξυγόνο αναφέρεται από 70 μαθητές ονομαστικά, 13 μαθητές δίνουν το σύμβολό του και 19 δίνουν το όνομα και το σύμβολο σαν τίτλο της ζωγραφιάς τους.
- ✓ Όσο αφορά τον άνθρακα, 59 μαθητές τον αναφέρουν ονομαστικά, 5 μαθητές δίνουν μόνο το σύμβολό του και 26 δίνουν το όνομα και το σύμβολο.
- ✓ Τέλος για το υδρογόνο, 54 μαθητές το αναφέρουν ονομαστικά, 5 συμβολικά και 5 όνομα και σύμβολο μαζί.

Από τα υπόλοιπα στοιχεία 26 μαθητές αναφέρουν το χλώριο (είτε ως όνομα είτε ως σύμβολο), 12 μαθητές αναφέρουν το άζωτο (ονομαστικά), 11 μαθητές

το ασβέστιο (είτε ονομαστικά είτε όνομα και σύμβολο), 7 το νάτριο (ονομαστικά), 5 το κάλιο (ονομαστικά) και 5 το σίδηρο (ονομαστικά).

Πίνακας 1. Τα χημικά στοιχεία που αναφέρθηκαν ως τίτλοι

ΧΗΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	**ΤΙΤΛΟΣ**		
	1ος	2ος	3ος
Οξυγόνο	33	29	8
Οξυγόνο O	10	9	-
O/ O_2	5	8	-
Άνθρακας	23	10	26
Άνθρακας C	15	6	5
C	5	-	-
Υδρογόνο	17	25	12
H	5	-	-
Υδρογόνο H	5	-	-
Χλώριο	6	5	5
Cl	5	-	5
Ασβέστιο	-	6	-
Ασβέστιο Ca	-	5	-
Νάτριο	7	-	-
Άζωτο	-	6	6
Σίδηρος	5	-	-
Κάλιο	-	-	5
Σύνολο (220)	141	109	72

Προχωρώντας στον τίτλο *χημικής ένωσης* μπορούμε να παρατηρήσουμε πως οι μαθητές δίνουν τις περισσότερες φορές ως τίτλο της ζωγραφιάς τους το όνομα της ένωσης, λιγότερες φορές το σύμβολο και σε ακόμα μικρότερο βαθμό το όνομα μαζί με το σύμβολο της ένωσης. Οι ενώσεις που οι

περισσότεροι μαθητές αναφέρουν είναι το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα και το χλωριούχο νάτριο.

Πίνακας 2. Οι χημικές ενώσεις που αναφέρθηκαν ως τίτλοι

ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΩΣΗ	**ΤΙΤΛΟΣ**		
	1ος	2ος	3ος
Νερό	52	15	5
H_2O	24	13	5
Νερό H_2O	23	-	-
Διοξείδιο του άνθρακα	8	14	14
CO_2	8	9	-
Διοξείδιο του άνθρακα CO_2	-	7	7
Χλωριούχο νάτριο	-	-	6
NaCl	9	5	7
Εμπειρικές ονομασίες-Αλάτι	-	11	5
Υδροχλώριο	-	6	7
HCl	-	5	-
Μονοξείδιο του άνθρακα	-	6	7
Εμπειρική ονομασία-οινόπνευμα	-	6	6
Αμμωνία	-	5	6
Κιτρικό οξύ	-	-	6
Μη πραγματικές	-	7	6
Μείγματα	-	5	5
Στερεό	5	-	-
Χημική αντίδραση	5	-	-
Σύνολο (220)	134	104	92

Πιο αναλυτικά :

- ✓ Η ένωση που αναφέρουν πιο συχνά οι μαθητές σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα είναι το νερό. Πιο συγκεκριμένα, σε σύνολο 137

μαθητών που αναφέρουν το νερό στον τίτλο της ζωγραφιάς τους, 72 το αναφέρουν ονομαστικά, 42 συμβολικά και 23 ονομαστικά και συμβολικά.

- ✓ Το διοξείδιο του άνθρακα ονομαστικά δίνεται από 36 μαθητές, ενώ συμβολικά από 17 και ονομαστικά και συμβολικά από 14.
- ✓ Το χλωριούχο νάτριο αναφέρεται είτε ονομαστικά είτε συμβολικά από 27 μαθητές, ενώ με την εμπειρική του ονομασία (αλάτι) από 16 μαθητές.
- ✓ Το υδροχλώριο αναφέρεται από 13 μαθητές ονομαστικά και από 5 συμβολικά.
- ✓ Το μονοξείδιο του άνθρακα το αναφέρουν 13 μαθητές ονομαστικά.
- ✓ Το οινόπνευμα αναφέρεται από 12 μαθητές, η αμμωνία από 11 ενώ το κιτρικό οξύ από 6 μαθητές.
- ✓ Επίσης 13 μαθητές έδωσαν ως τίτλο ενώσεις μη πραγματικές.
- ✓ Είναι αξιοπρόσεκτο πως 10 μαθητές έδωσαν μίγμα ως τίτλο για τη χημική ένωση που ζωγράφισαν.
- ✓ Τέλος, 5 μαθητές αναφέρουν κάποιο στερεό αντικείμενο και άλλοι 5 κάποια χημική αντίδραση.

Τέλος και στον τίτλο για τις *χημικές αντιδράσεις*, οι μαθητές φαίνεται να απαντούν με ομοιογένεια. Από τον πίνακα 3 που παραθέτουμε στη σελίδα 41 μπορούμε να δούμε αναλυτικά τις απαντήσεις που έδωσαν τουλάχιστον πέντε μαθητές.

Εμείς διακρίνουμε τις παρακάτω ως πιο σημαντικές:

- ✓ Διάφορες χημικές ενώσεις αναφέρονται από 76 μαθητές ως τίτλος της ζωγραφιάς τους για τη χημική αντίδραση.
- ✓ Η καύση (είτε ως κατηγορία γενικά είτε ως καύση κάποιου υλικού (χαρτιού/ξύλου) αναφέρεται από 54 μαθητές.
- ✓ 53 μαθητές γράφουν έναν τίτλο σε σχέση με τη φθορά κάποιου αντικειμένου (π.χ. σάπισμα μήλου, σκούριασμα σιδήρου).

- ✓ 44 μαθητές δίνουν τίτλο «φωτιά/πυρά/έκρηξη/αναζωπύρωση».
- ✓ 38 μαθητές δίνουν τίτλο «φωτοσύνθεση».
- ✓ 10 δίνουν τίτλο κάποια χημική εξίσωση (εξουδετέρωση) ενώ 20 κάποια κατηγορία αντίδρασης (εξουδετέρωση, οξείδωση-αναγωγή).
- ✓ Αξιοπρόσεκτο είναι το γεγονός πως 12 μαθητές δίνουν ως τίτλο κάποια αλλαγή φυσικής κατάστασης (π.χ. βρασμός υγρού).
- ✓ Τέλος, 7 μαθητές γράφουν κάποιο υγρό και 23 μαθητές κάποιο στερεό αντικείμενο.

Πίνακας 3. Οι χημικές αντιδράσεις που αναφέρθηκαν ως τίτλοι

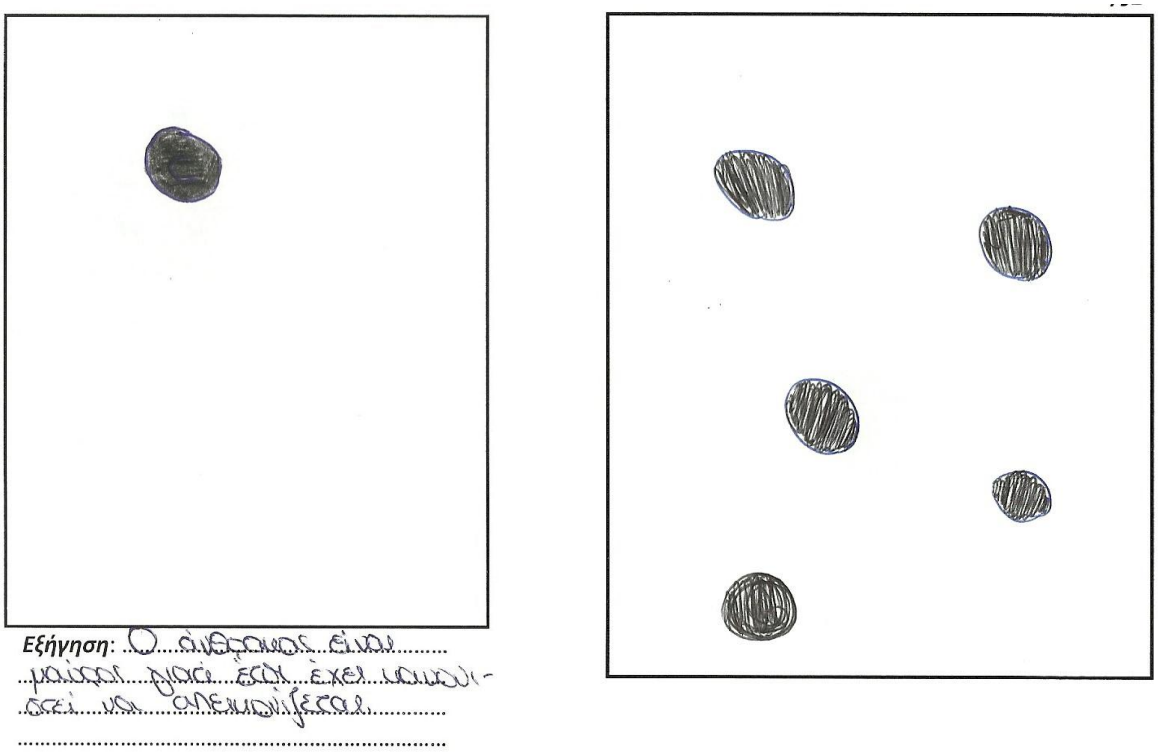
ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ	**ΤΙΤΛΟΣ**		
	1ος	2ος	3ος
Χημικές ενώσεις	32	22	22
Καύση	30	15	-
Καύση χαρτιού/ξύλου	9	-	-
Φθορά	19	20	14
Φωτιά/πυρά/έκρηξη	14	18	12
Φωτοσύνθεση	13	16	9
Κατηγορία- εξουδετέρωση	6	-	8
Χημική εξίσωση- εξουδετέρωση	5	5	-
Κατηγορία-οξείδωση/αναγωγή	-	-	6
Συνδυασμός σωμάτων	5	7	-
Χημικά φαινόμενα	-	6	-
Περιβάλλον	-	5	-
Αλλαγή φυσικής κατάστασης	-	-	12
Υγρό	7	-	-
Στερεό	-	14	9
Σύνολο (220)	140	128	92

3.2 Ανάλυση εικόνων

Έπειτα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων στους τίτλους, περνάμε στην *εικόνα*. Και στις περιπτώσεις των εικόνων ομαδοποιήσαμε και παρουσιάζουμε όποιες απαντήσεις δόθηκαν τουλάχιστον από πέντε μαθητές. Σε πίνακες (4, 5, 6) αναφέρουμε τόσο τις κατηγορίες που έχουμε κατατάξει τις ζωγραφιές των μαθητών όσο και το πλήθος των μαθητών που έδωσαν όμοιες απαντήσεις.

Ξεκινώντας από την εικόνα του χημικού στοιχείου καταγράφουμε παρακάτω αναλυτικά, τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων μας.

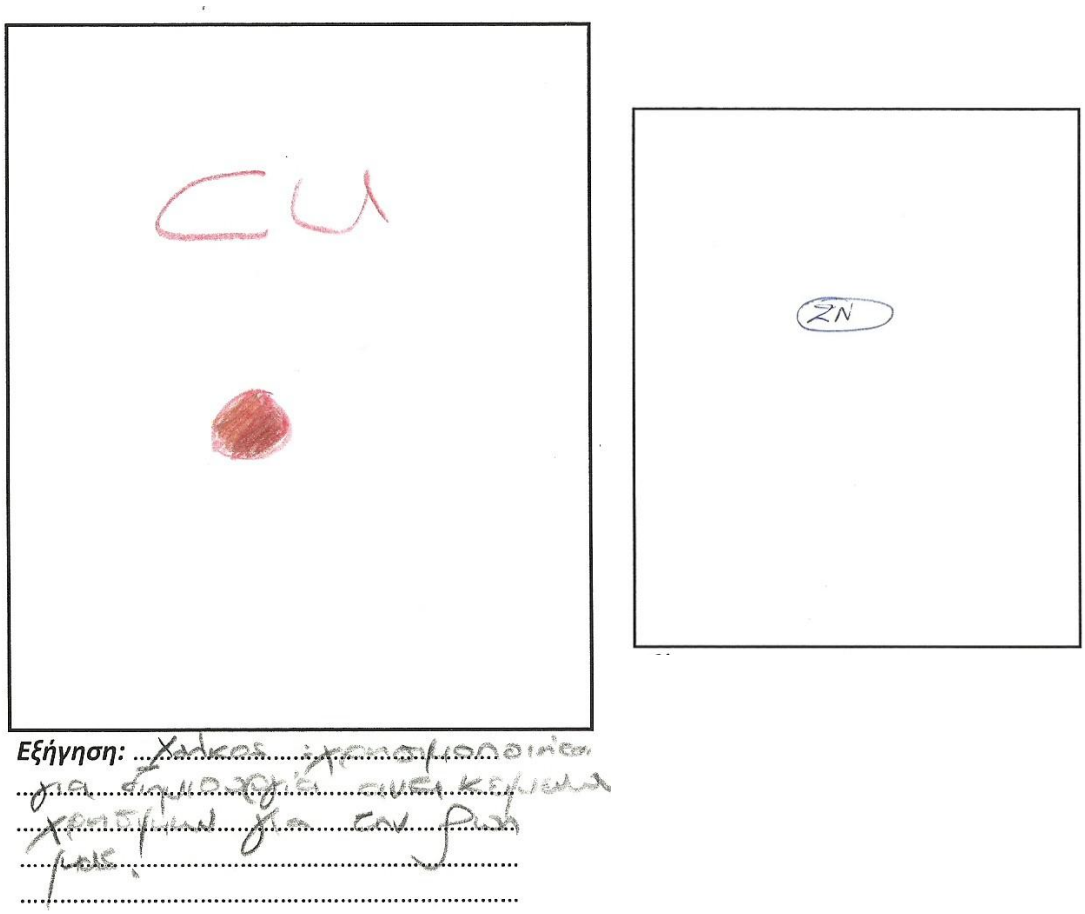
Η πιο πολυπληθής ομάδα αναπαριστά το χημικό στοιχείο μόνο μικροσκοπικά (73 μαθητές την πρώτη εικόνα, 66 τη δεύτερη και 61 την τρίτη) είτε ως ένα σωματίδιο που μπορεί να το έχουν χρωματίσει όπως για παράδειγμα στην εικόνα 1, είτε ως πολλά όμοια σωματίδια που και αυτά με τη σειρά τους τα χρωματίζουν ή όχι.



Εικόνα 1: Σωματιδιακή αναπαράσταση του χημικού στοιχείου.

Ο παραπάνω αριθμός των μαθητών αυξάνεται αν προσθέσουμε και αυτούς που αναπαριστούν το χημικό στοιχείο μικροσκοπικά και συμβολικά. Στην

υποκατηγορία «μοριακή δομή + σύμβολο», οι μαθητές ζωγραφίζουν ένα ή περισσότερα σωματίδια και επιπλέον δίνουν και το σύμβολο του στοιχείου.



Εικόνα 2: Σωματιδιακή και συμβολική απεικόνιση του χημικού στοιχείου.

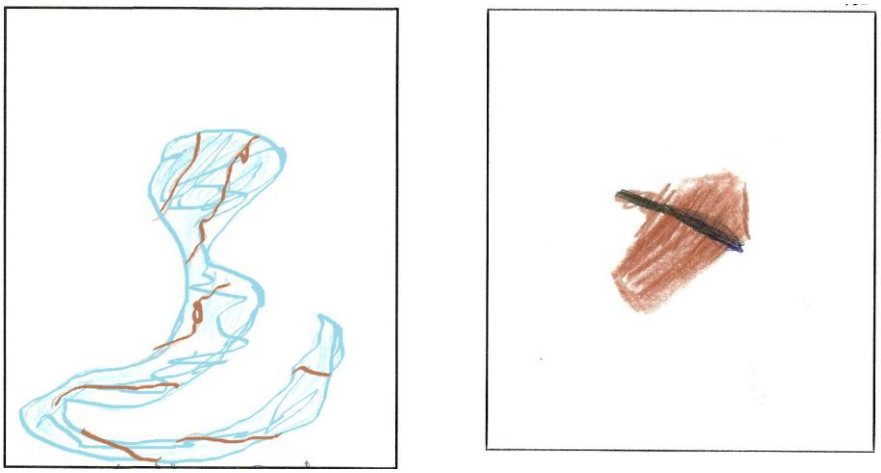
Μόνο συμβολικά δίνοντας δηλαδή το σύμβολο του στοιχείου στο οποίο αναφέρονται, μερικοί μαθητές (12 την πρώτη εικόνα, 16 τη δεύτερη και 15 την τρίτη) απεικονίζουν το χημικό στοιχείο.

Οι περισσότεροι μαθητές που δίνουν μακροσκοπική αναπαράσταση, ζωγραφίζουν ένα «υγρό περιεχόμενο» δηλαδή, μέσα από τη ζωγραφιά και την εξήγησή τους δίνουν το στοιχείο ως συστατικό του υγρού αυτού.

Εικόνα 3: Μακροσκοπική απεικόνιση του χημικού στοιχείου, ως «υγρό περιεχόμενο».

Σε μακροσκοπικό επίπεδο, οι απαντήσεις των μαθητών φαίνεται να ποικίλουν. Το χημικό στοιχείο αναπαρίσταται συνήθως με ζωγραφιές σχετικές με κάποιο ορυκτό (π.χ. κάρβουνο), το φυτικό βασίλειο (δέντρα, λουλούδια), τα κοσμήματα/μέταλλα, τα εργαλεία/όργανα.

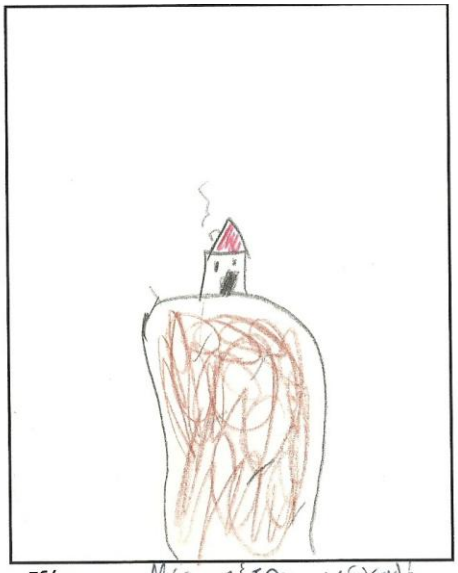
Το συνδυασμό «σχήμα + χρώμα» επιλέγουν αρκετοί μαθητές (16 για την πρώτη εικόνα και από 11 για τη δεύτερη και τρίτη) για να απεικονίσουν ένα στοιχείο. Όπως καταγράφεται στον πίνακα 4 οι μαθητές ζωγραφίζουν ένα ακανόνιστο σχήμα και το χρωματίζουν (εικόνα 4). Τις περισσότερες φορές δεν δίνουν καμία επιπλέον πληροφορία.



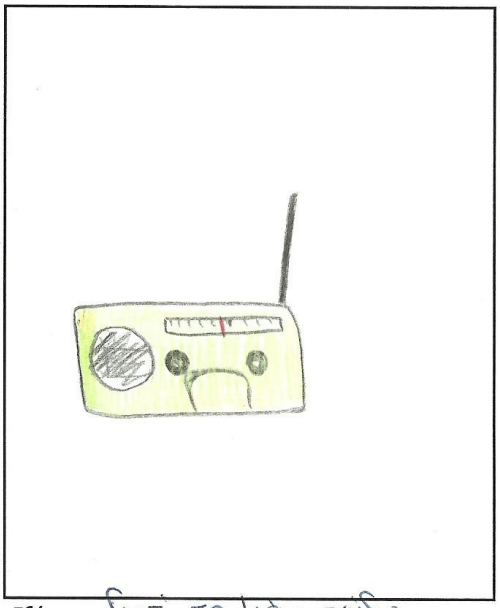
Εικόνα 4: Αναπαράσταση του χημικού στοιχείου, ως ακανόνιστο σχήμα με χρώμα.

Τέλος, ενδιαφέρον έχει να προσέξουμε πως ένας σταθερός αριθμός μαθητών (5 την πρώτη ζωγραφιά, 9 στη δεύτερη και 6 την τρίτη) απεικονίζει το χημικό στοιχείο «λεκτικά». Δηλαδή έχουμε ηχητική ταύτιση όρων χημείας με έννοιες της καθημερινής ζωής.

Εξήγηση: Η Γερμανια βγαινει απο το Γερμανικο



Εξήγηση: Μια πετρα μεχαλη που μαυρα 1ας εχει 1 σπαγγο



Εξήγηση: Γιατι το μεγαλο βαθιο μαυρο πετρα κοντα την 22 Γυμναζιον ηταν ωλο.

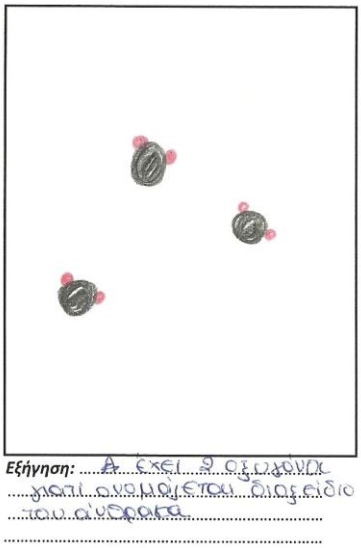
Εικόνα 5: Ζωγραφιές για το χημικό στοιχείο με βάση τη λεκτική τους απόδοση.

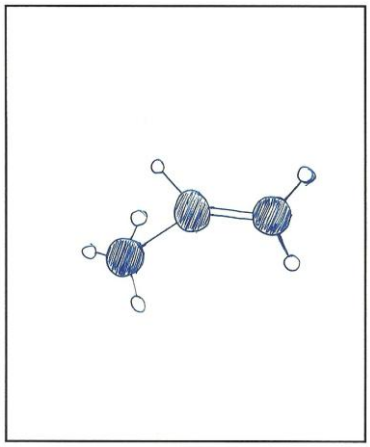
Πίνακας 4. Οι αναπαραστάσεις των μαθητών για το χημικό στοιχείο.

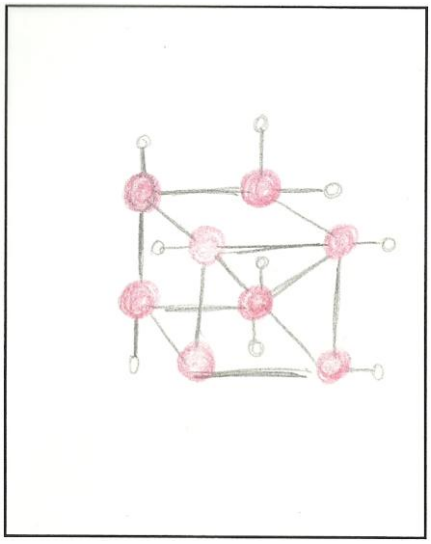
ΧΗΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	**ΕΙΚΟΝΑ**		
	1η	2η	3η
Σχήμα και χρώμα	16	11	11
Υγρό περιεχόμενο	17	19	18
Αέριο περιεχόμενο	-	-	5
Φυσαλίδες	5	-	-
Ορυκτό	6	5	6
Αέρια ατμόσφαιρα	-	5	-
Φυτικό βασίλειο	12	6	5
Εργαλεία/όργανα	6	8	10
Συσκευές	-	-	5
Κόσμημα/μέταλλο	8	10	13
Ανθρωπομορφική αναπαράσταση	-	5	-
Λεκτικά	5	9	6
Σύμβολο	12	16	15
Ένα σωματίδιο	47	39	40
Πολλά όμοια σωματίδια	26	27	21
Σωματιδιακή δομή και σύμβολο	11	9	10
Σύνολο (220)	***171***	***169***	***165***

Στη συνέχεια, επεξεργαστήκαμε τις ζωγραφιές των μαθητών σχετικά με τις χημικές ενώσεις. Τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα 5 (σελ. 51). Και στην περίπτωση των χημικών ενώσεων υπάρχει ομοιογένεια στις απαντήσεις των μαθητών.

Οι μαθητές σε μεγάλο βαθμό (56 την πρώτη εικόνα, 57 τη δεύτερη και 51 την τρίτη), αναπαριστούν τις χημικές ενώσεις μικροσκοπικά. Πιο συγκεκριμένα, ζωγραφίζουν πολλά διαφορετικά σωματίδια (με χρώμα ή χωρίς) που συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς (ενωμένες σφαίρες ή γραμμές) για να σχηματίσουν συγκροτήματα ατόμων.



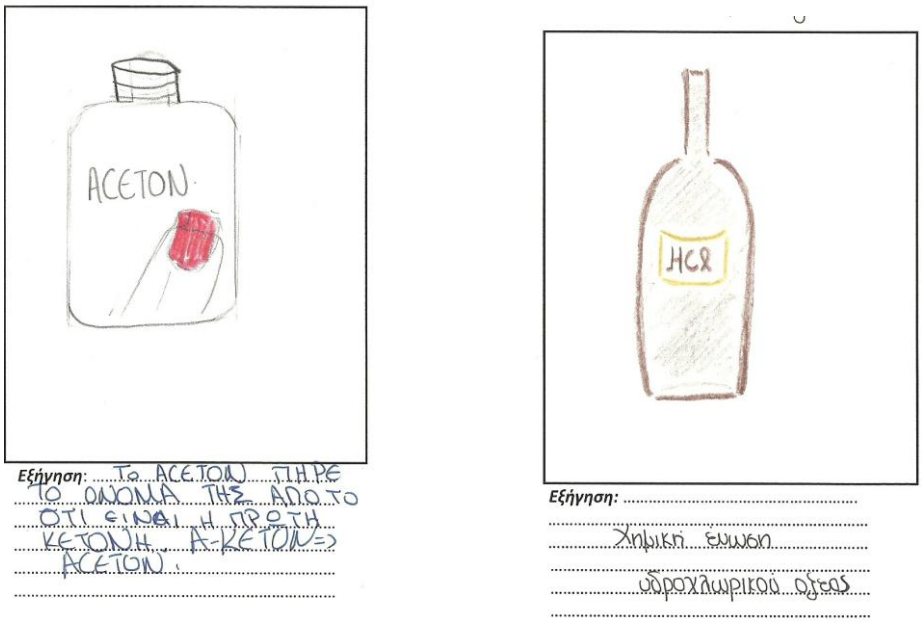




Εικόνα 6: Υπομικροσκοπική αναπαράσταση των χημικών ενώσεων.

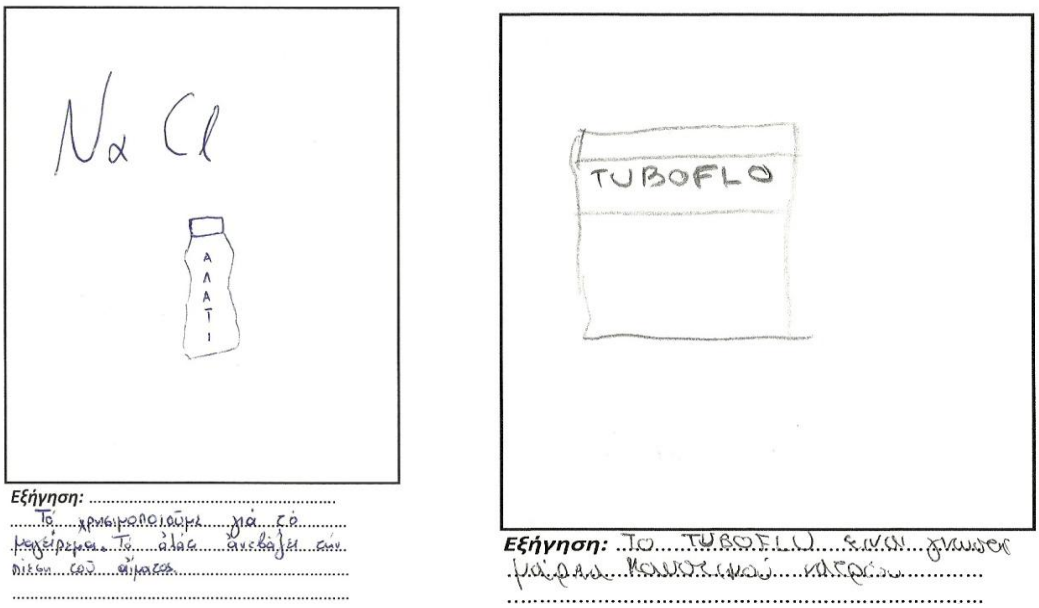
Οι ζωγραφιές των μαθητών που μακροσκοπικά απεικόνισαν τη χημική ένωση, ποικίλουν. Αρχικά, πολλοί μαθητές (32 την πρώτη ζωγραφιά, 34 τη δεύτερη και 29 την τρίτη) ζωγράφισαν τη χημική ένωση ως «υγρό περιεχόμενο» δηλαδή ως υγρό που περιέχεται σε κάποιες συσκευασίες, για παράδειγμα τη χλωρίνη. Ο αριθμός αυτός των μαθητών αυξάνεται ελαφρώς (6 την πρώτη

ζωγραφιά και 4 τη δεύτερη) εάν στους παραπάνω προσθέσουμε και εκείνους που ζωγράφισαν τη χημική ένωση ως «υγρό περιεχόμενο» και έδωσαν μια επιπλέον πληροφορία όπως το σύμβολο ή το όνομα της ένωσης.



Εικόνα 7: Ζωγραφιές των μαθητών που αναπαριστούν τη χημική ένωση ως «υγρό περιεχόμενο».

Στην ίδια με την προηγούμενη λογική, αρκετοί μαθητές (15 την πρώτη ζωγραφιά, 18 τη δεύτερη και 17 την τρίτη) ζωγράφισαν τη χημική ένωση ως «στερεό περιεχόμενο», κάποιας συσκευασίας για παράδειγμα το αλάτι.



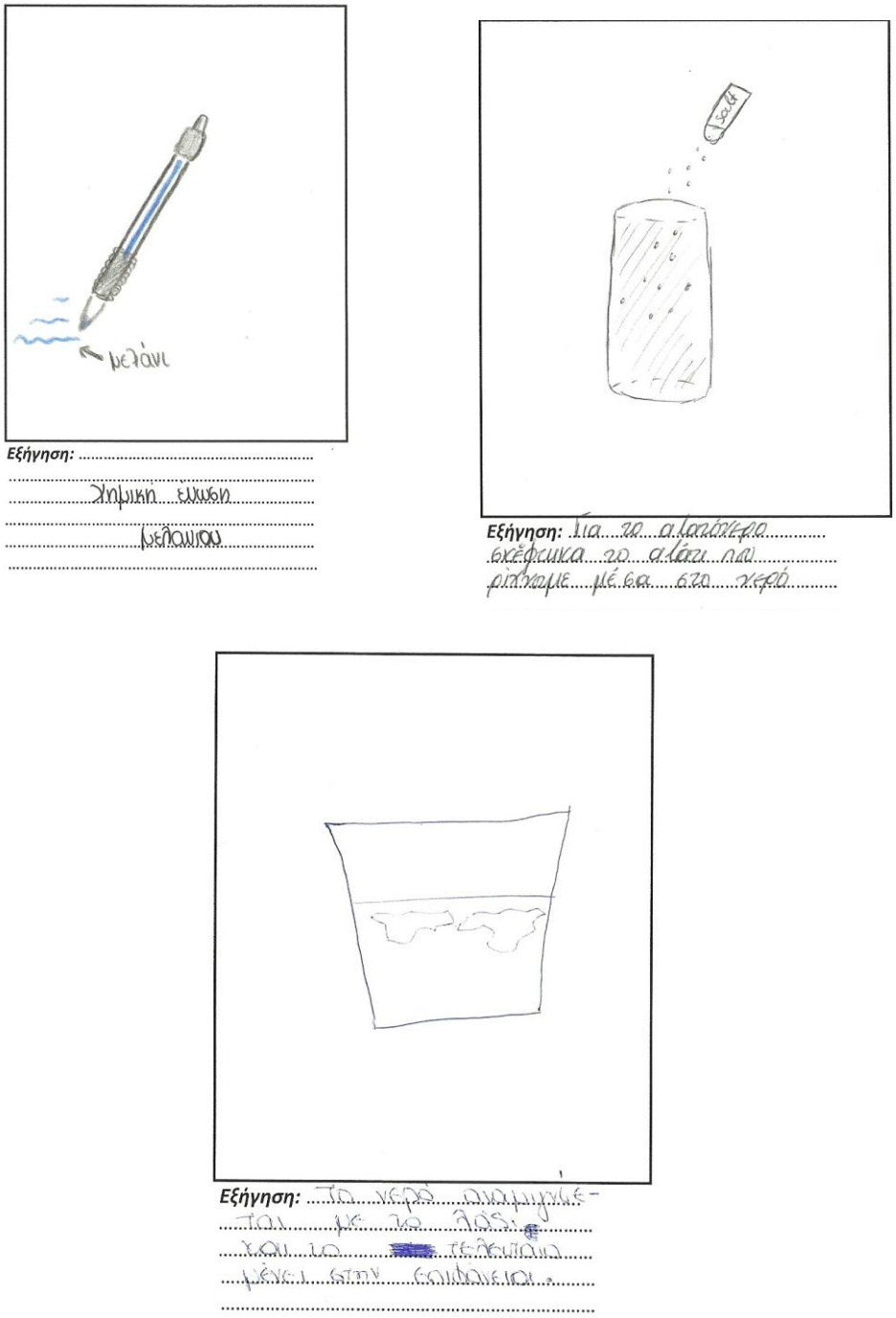
Εικόνα 8: Ζωγραφιές των μαθητών που αναπαριστούν τη χημική ένωση ως «στερεό περιεχόμενο».

Στη συνέχεια, παρατηρούμε πως οι μαθητές (23 την πρώτη ζωγραφιά, 10 τη δεύτερη και 5 την τρίτη) ζωγράφισαν «υδάτινους πόρους» (δηλαδή θάλασσες, ποτάμια κα) προκειμένου να απεικονίσουν τη χημική ένωση του νερού, ενώ άλλοι 5 ζωγράφισαν σταγόνα/ες.

Επίσης στην προσπάθειά τους να απεικονίσουν το διοξείδιο του άνθρακα, οι μαθητές (5 την πρώτη ζωγραφιά, 6 τη δεύτερη και 8 την τρίτη) ζωγραφίζουν τα καυσαέρια αυτοκινήτων και εργοστασίων ως «θύσανο».

Εικόνα 9: Απεικόνιση χημικής ένωσης CO2 ως καυσαέριο.

Αξιοπρόσεκτο είναι πως κάποιοι μαθητές (8 την πρώτη ζωγραφιά, 7 τη δεύτερη και 7 την τρίτη), ζωγραφίζουν τη χημική ένωση ως «μίγμα», ενώ κάποιοι άλλοι (6 την πρώτη ζωγραφιά και 5 τη δεύτερη) τη «χρήση», που μπορεί να έχει κάποια ένωση.



Εικόνα 10: Ζωγραφιές που αναπαριστούν τη χημική ένωση ως μείγμα.

Λίγοι ήταν οι μαθητές που αναπαράστησαν τη χημική ένωση ως «φυτικό βασίλειο» ζωγραφίζοντας κάποιο δέντρο ή καρπό δέντρου (πορτοκάλι, λεμόνι), ως «εργαλείο/όργανο» ζωγραφίζοντας αντικείμενα όπως βρύση, μάρμαρο, κιμωλία ή ως «σχήμα και χρώμα» ζωγραφίζοντας ακανόνιστα σχήματα με διάφορα χρώματα.

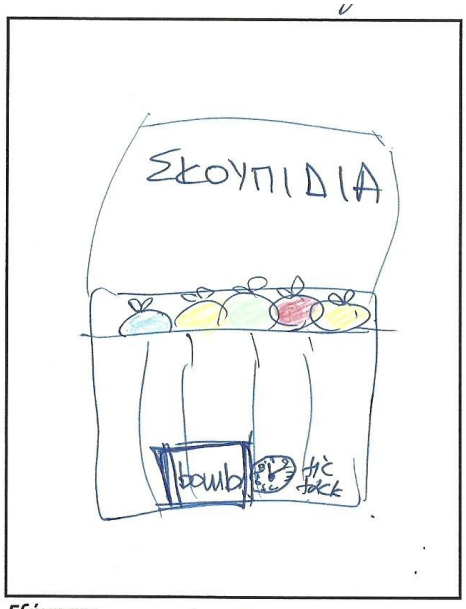
Τέλος, η χημική ένωση απεικονίζεται συμβολικά, μόνο από 9 μαθητές για την πρώτη εικόνα και 6 για την τρίτη (πίνακας 5 σελ.51).

Πίνακας 5. Οι αναπαραστάσεις των μαθητών για τις χημικές ενώσεις.

ΧΗΜΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ	**ΕΙΚΟΝΑ**		
	1η	2η	3η
Σχήμα και χρώμα	5	-	7
Στερεό περιεχόμενο	15	18	17
Υγρό περιεχόμενο	32	34	29
Υγρό περιεχόμενο και σύμβολο/όνομα χημικής ένωσης	6	4	-
Σταγόνα	5	-	-
Θύσανος	5	6	8
Υδάτινοι πόροι	23	10	5
Φυτικό βασίλειο	-	-	6
Εργαλεία/όργανα	-	6	8
Μίγμα	8	7	7
Χρήση	6	5	--
Σύμβολο χημικής ένωσης και συντακτικός τύπος	9	-	6
Πολλά διαφορετικά σωματίδια	56	57	51
Σύνολο (220)	***170***	***147***	***144***

Ακολούθησε επεξεργασία για την εικόνα της χημικής αντίδρασης. Πιο αναλυτικά, θα παρατηρούσαμε ότι πολλοί μαθητές (51 την πρώτη ζωγραφιά, 32 τη δεύτερη και 18 την τρίτη) αναπαριστούν τη χημική αντίδραση ως «φωτιά/καύση/έκρηξη», ζωγραφίζοντας γενικά μια φωτιά, ή πιο συγκεκριμένα, να καίγεται κάποιο αντικείμενο (δέντρο, σπίτι, χαρτί) ή να γίνεται έκρηξη και να πιάνει φωτιά κάποιο αντικείμενο.

Εξήγηση: Η φωτιά είναι καρδιοκαταστροφή

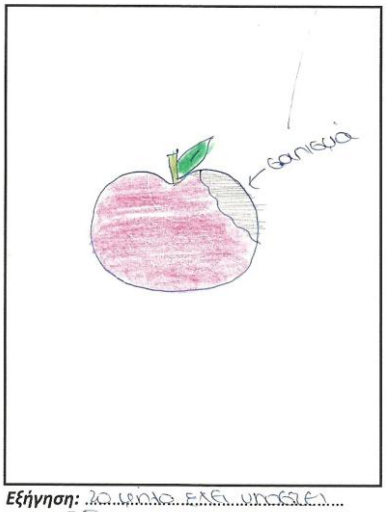


Εξήγηση: Σωχνα βρισκονται σε σκουπιδοτενεκες και υπαρχει κινδυνος εκρηξης.

Εικόνα 11: Απεικόνιση της χημικής αντίδρασης ως φωτιά/έκρηξη.

Η «φθορά» αντικειμένων είναι ένας άλλος τρόπος αναπαράστασης της χημικής αντίδρασης. Αρκετοί μαθητές (21 την πρώτη ζωγραφιά, 23 τη δεύτερη και 18 την τρίτη) ζωγράφισαν τρόφιμα που σαπίζουν, κάγκελα που σκουριάζουν.

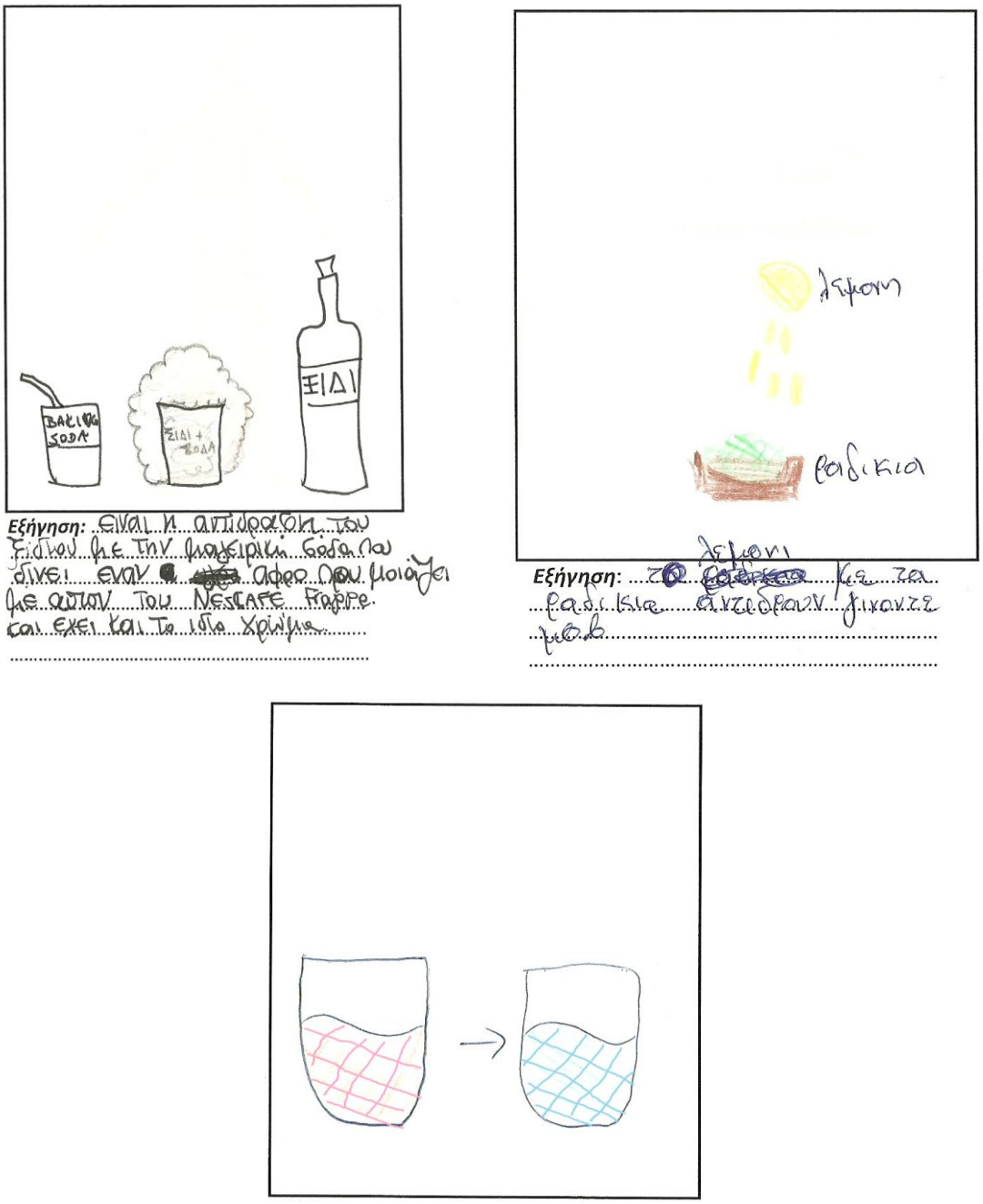
Εξήγηση: Τα κάγκελα κάποιες φορες σκουριαζουν ειτε απο τον ιδρωτα τους νερο η από τον ηλιο.



Εξήγηση: Το μηλο εχει υποστει μια οξειδωση και εχει αρχισει να σαπιζει.

Εικόνα 12: Ζωγραφιές που περιγράφουν τη χημική αντίδραση ως φθορά.

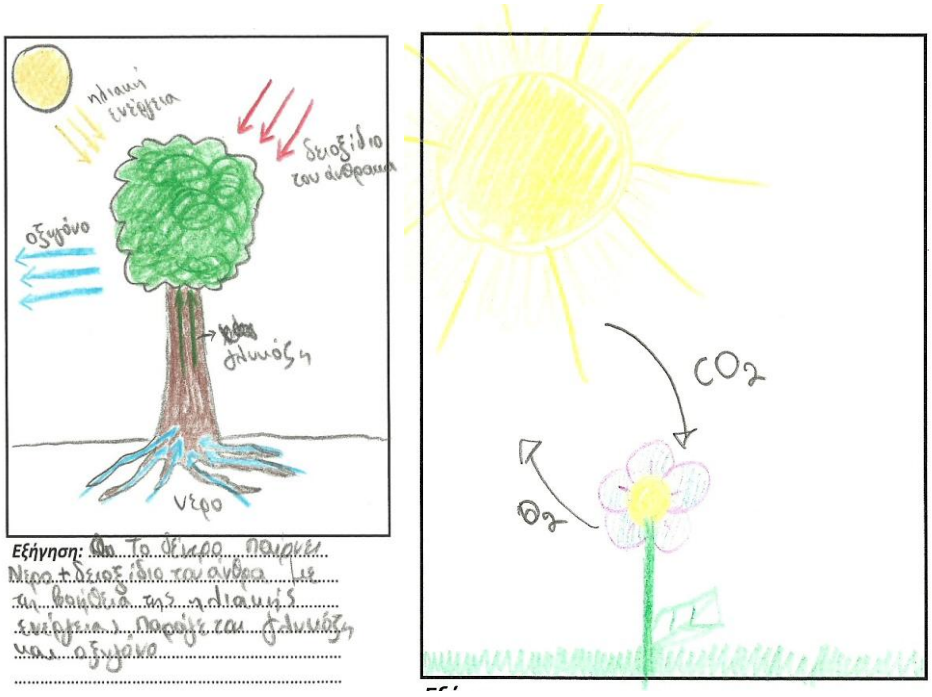
Επίσης, οι μαθητές (14 την πρώτη ζωγραφιά, 12 τη δεύτερη και 15 την τρίτη) ζωγραφίζουν το «αποτέλεσμα χημικής αντίδρασης» δηλαδή τη δημιουργία αφρού, κάποια αλλαγή χρώματος κ.ά.



Εικόνα 13: Απεικόνιση των χημικών αντιδράσεων ως «αποτέλεσμα χημικής αντίδρασης».

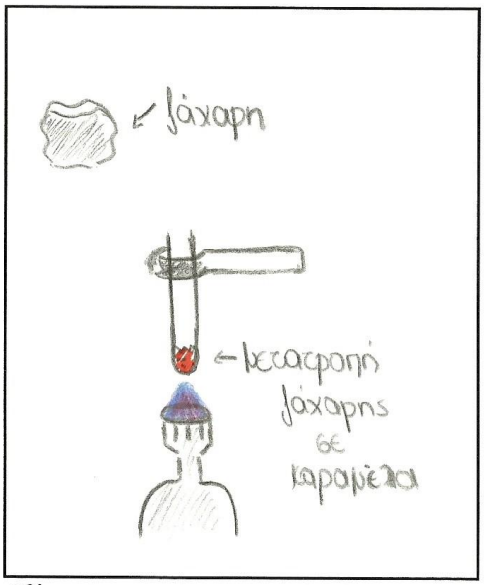
Η «φωτοσύνθεση», είναι μια από τις ζωγραφιές των παιδιών. Οι μαθητές (8 την πρώτη ζωγραφιά, 8 τη δεύτερη και 6 την τρίτη) ζωγραφίζουν τον ήλιο και

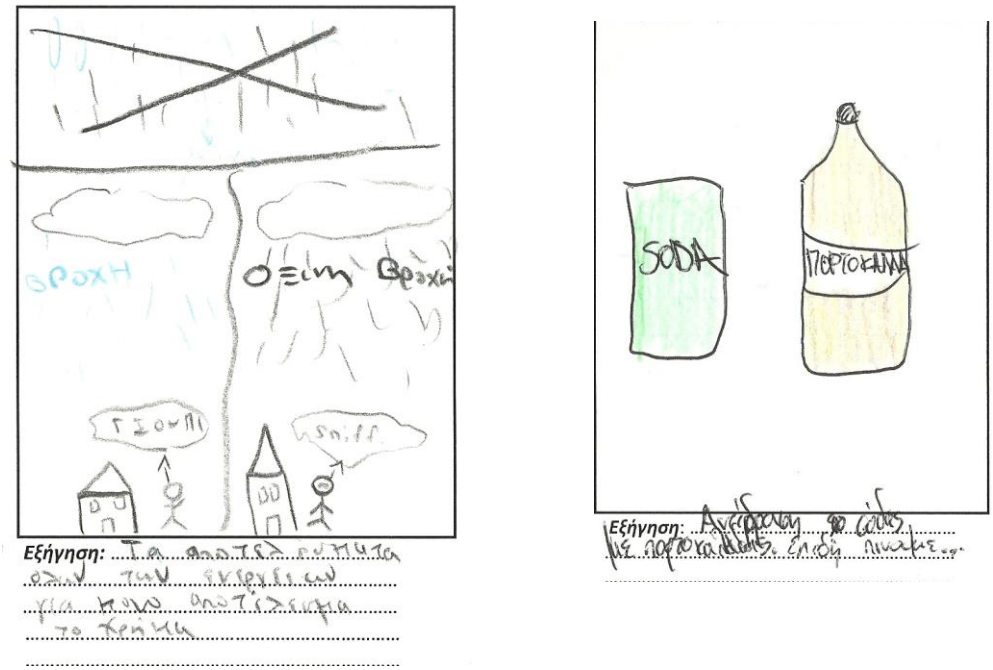
δέντρα ή λουλούδια δίνοντας συγχρόνως τα αντιδρώντα και τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης, όπως φαίνεται και στα σχέδια παρακάτω.



Εικόνα 14: Η φωτοσύνθεση ως αναπαράσταση των μαθητών για τη χημική αντίδραση.

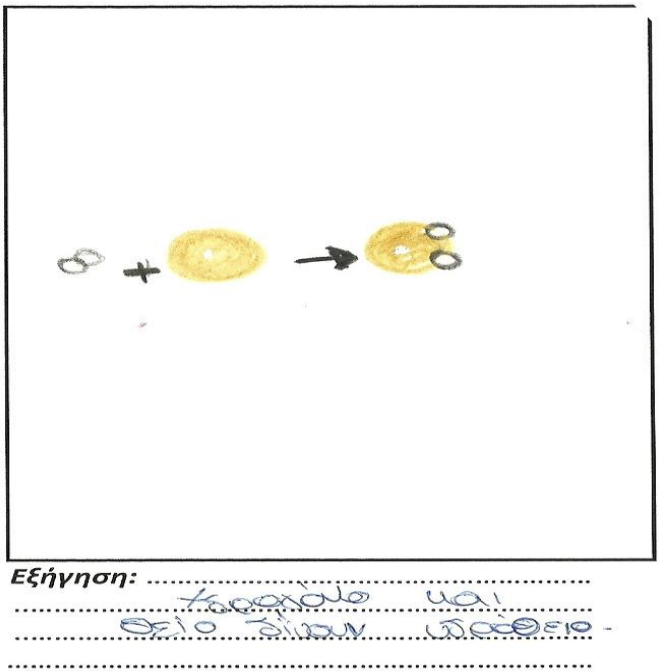
Άλλοι πάλι μαθητές επιλέγουν να ζωγραφίσουν μια «διαδικασία επεξεργασίας τροφίμων» όπως για παράδειγμα αυτή της ζάχαρης που γίνεται καραμέλα, ή απεικονίζουν τον συνδυασμό/αλληλεπίδραση διαφόρων σωμάτων όπως για παράδειγμα πορτοκαλάδα και σόδα, menda-cola κ.α. ή για το «περιβάλλον».

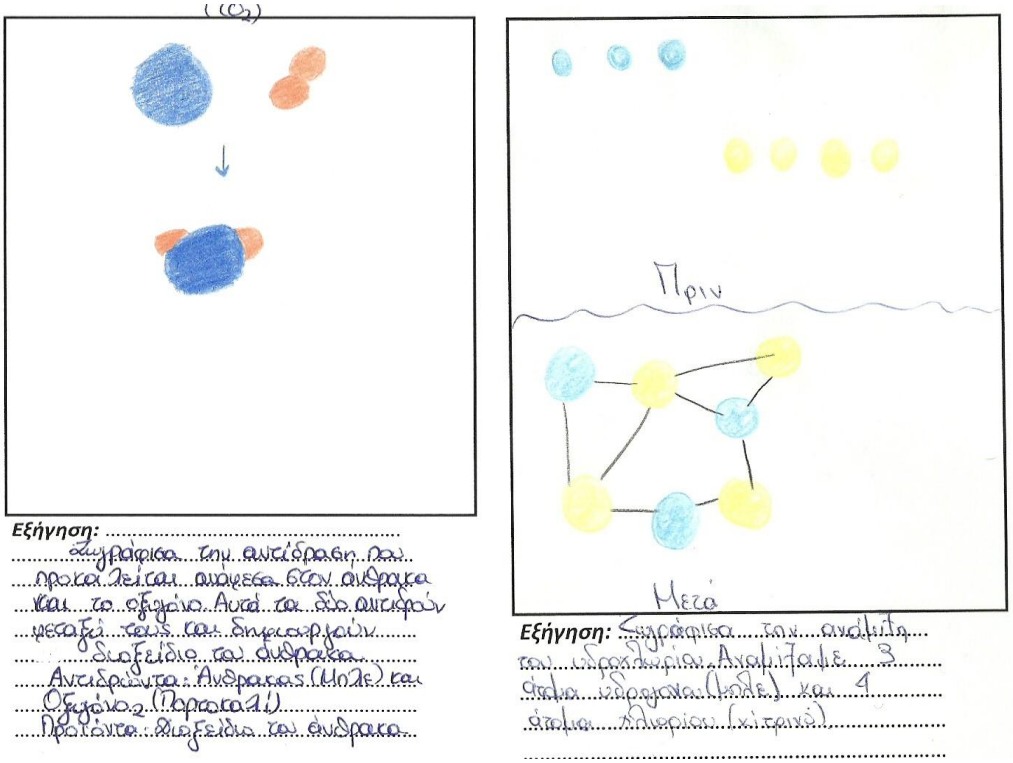




Εικόνα 15: Διάφοροι τρόποι αναπαράστασης της χημικής αντίδρασης σε μακροσκοπικό επίπεδο.

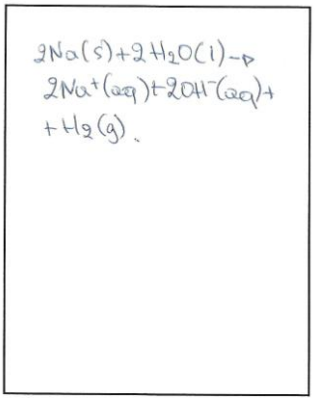
Σε υπομικροσκοπικό επίπεδο, οι μαθητές (26 την πρώτη ζωγραφιά, 24 τη δεύτερη και 21 την τρίτη) επέλεξαν να ζωγραφίσουν τη χημική αντίδραση με «μοριακή αναπαράσταση». Όπως φαίνεται και από τα σχέδια που παραθέτουμε παρακάτω, οι μαθητές ζωγραφίζουν μια χημική εξίσωση σωματιδιακά.





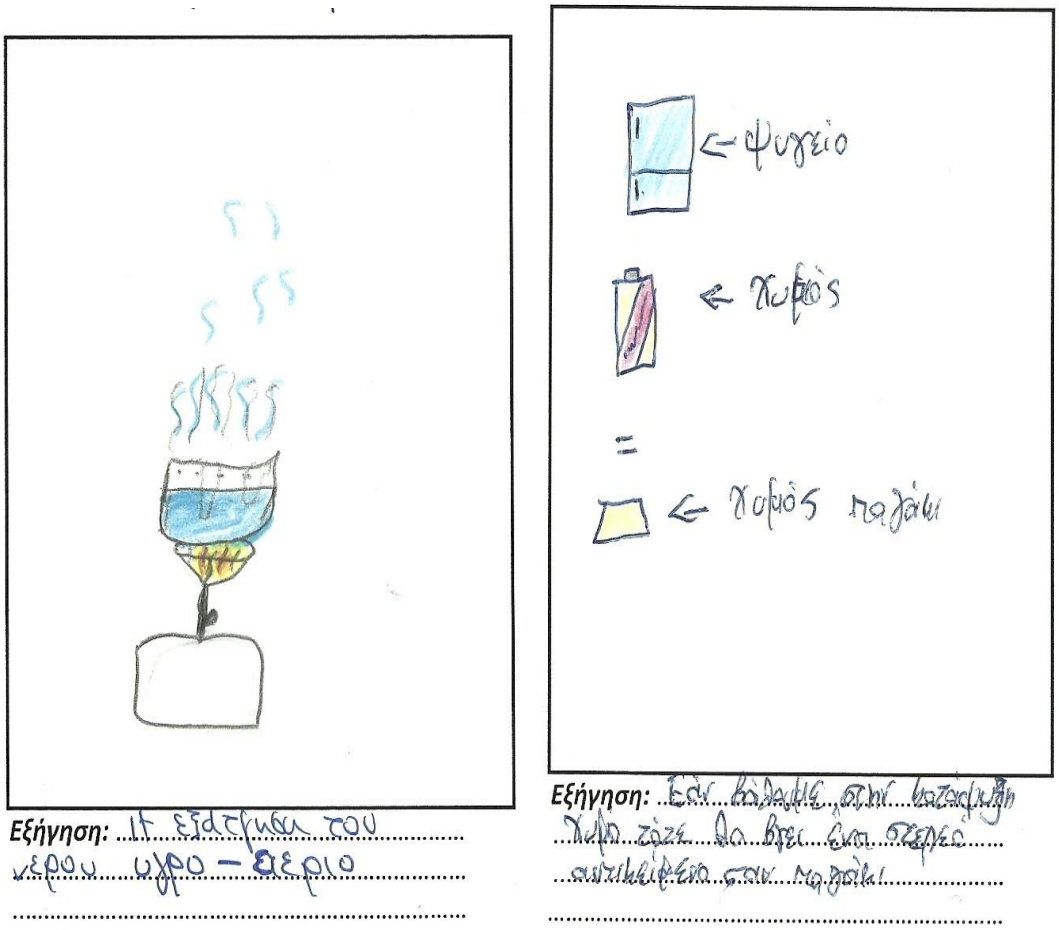
Εικόνα 16: Υπομικροσκοπική αναπαράσταση της χημικής αντίδρασης.

Σε συμβολικό επίπεδο η χημική αντίδραση αναπαρίσταται μέσω χημικών εξισώσεων. Οι μαθητές γράφουν κάποια χημική εξίσωση συμπληρωμένη τις περισσότερες φορές με συντελεστές ή ακόμα και με τη φυσική κατάσταση των αντιδρώντων και των προϊόντων.



Εικόνα 17: Χημικές εξισώσεις ως αναπαράσταση χημικής αντίδρασης.

Αξιοπρόσεκτο είναι πως ως χημική αντίδραση 12 μαθητές μας ζωγράφισαν κάποιο υγρό κυρίως νερό να βράζει και να εξατμίζεται ενώ υπήρξαν και άλλοι που απεικόνισαν άλλες μεταβολές φυσικής κατάστασης όπως για παράδειγμα στην εικόνα 18, την ψύξη ενός υγρού.



Εικόνα 18: Φυσικά φαινόμενα ως αναπαράσταση χημικής αντίδρασης.

Τέλος, υπήρξαν και κάποιες ζωγραφιές που έδειχναν ή κάποιο «στερεό/υγρό/αέριο περιεχόμενο», για παράδειγμα αλάτι, νερό, μπαλόνι, ή άλλες με εικόνες από το «φυτικό βασίλειο» για παράδειγμα λουλούδια, δέντρα, ή με «υδάτινους πόρους» όπως για παράδειγμα θάλασσες και ποτάμια.

Τα αποτελέσματα για τις αναπαραστάσεις των μαθητών για την εικόνα της χημικής αντίδρασης δίνεται παρακάτω στον πίνακα 6.

Πίνακας 6. Οι αναπαραστάσεις των μαθητών για τις χημικές αντιδράσεις.

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ	ΕΙΚΟΝΑ		
	1η	2η	3η
Στερεό περιεχόμενο	-	-	5
Υγρό περιεχόμενο	7	-	-
Αέριο περιεχόμενο	-	-	5
Υδάτινοι πόροι	5	-	-
Φυτικό βασίλειο	7	7	-
Χημική αντίδραση-αποτέλεσμα	14	12	15
Φωτοσύνθεση	8	8	6
Καύση/ φωτιά/έκρηξη	51	32	18
Φθορά	21	23	18
Περιβάλλον	7	5	-
Συνδυασμός σωμάτων	9	12	-
Διαδικασία επεξεργασίας τροφίμων	6	11	8
Εξάτμιση	-	-	12
Μοριακή αναπαράσταση χημικής αντίδρασης	26	24	21
Χημική εξίσωση	18	16	17
Σύνολο (220)	***179***	***150***	***125***

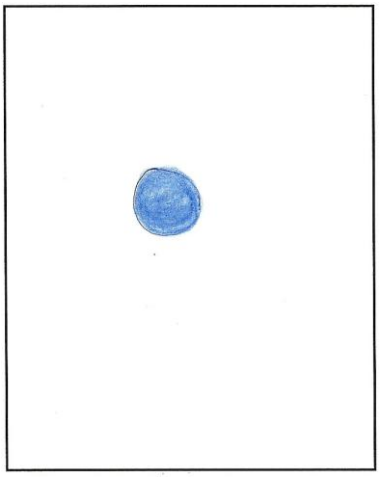
3.3 Συνέπεια στις αναπαραστάσεις των μαθητών

Το επόμενο ερώτημα στο οποίο καλούμαστε να απαντήσουμε είναι εάν και σε ποιο βαθμό οι αναπαραστάσεις των μαθητών σχετίζονται. Προκειμένου να απαντήσουμε στο ερώτημα αυτό, εξετάσαμε τη «συνέπεια» των μαθητών, κατά πόσο δηλαδή η αναπαράσταση που έχουν μπορεί να επαναλαμβάνεται ή απεικονίζεται τυχαία. Η ανάλυση αυτή γίνεται και για τα τρία ζητούμενά μας (χημικό στοιχείο, χημική ένωση, χημική αντίδραση) ανά τάξη και τα

αποτελέσματα παρουσιάζονται στους πίνακες 7, 8, 9 σελ. 64, 65, 71 αντίστοιχα.

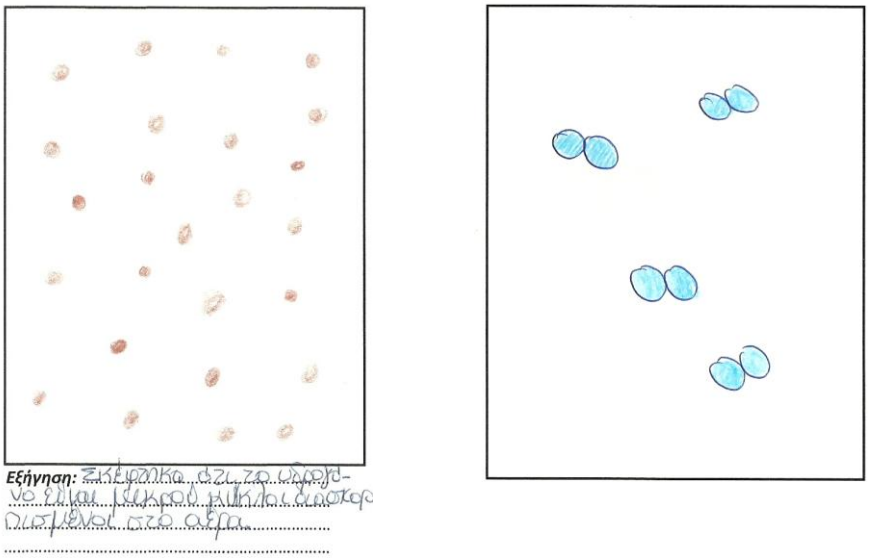
Ξεκινώντας με τις αναπαραστάσεις των μαθητών σχετικά με το χημικό στοιχείο, θα μπορούσαμε να παρατηρήσουμε πως η υπομικροσκοπική αναπαράσταση είναι εκείνη που επικρατεί στο γυμνάσιο.

Πιο συγκεκριμένα οι μαθητές (23 τη Β Γυμνασίου, 13 τη Γ Γυμνασίου και 1 τη Β Λυκείου) και στις τρεις ζωγραφιές τους αναπαριστούν το χημικό στοιχείο σωματιδιακά, ζωγραφίζοντας μια σφαίρα που είτε την έχουν χρωματίσει είτε όχι.



Εικόνα 19: Υπομικροσκοπική αναπαράσταση του χημικού στοιχείου και στις τρεις ζωγραφιές των μαθητών.

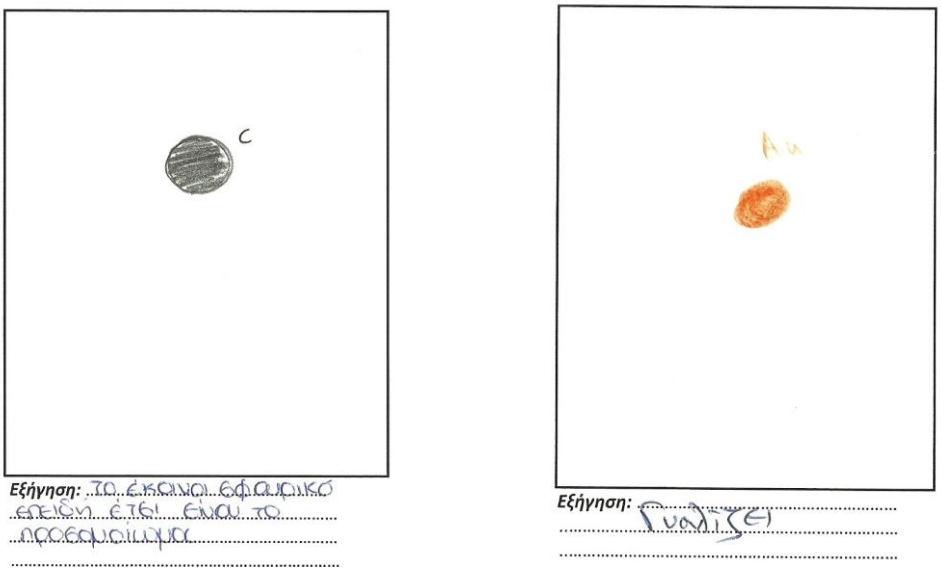
Άλλη ομάδα μαθητών (6 τη Β Γυμνασίου, 3 την Γ Γυμνασίου και 1 την Α Λυκείου) απεικόνισε και στις τρεις ζωγραφιές το χημικό στοιχείο με πολλά σωματίδια, δηλαδή με πολλές όμοιες σφαίρες που είτε είναι ενωμένες μεταξύ τους είτε διάσπαρτες.



Εικόνα 20: Ζωγραφιές των μαθητών για το χημικό στοιχείο, με πολλά σωματίδια.

Όμοια, κάποιοι μαθητές (6 τη Β Γυμνασίου, 5 τη Γ Γυμνασίου, 1 την Α Λυκείου και 3 τη Β Λυκείου) απεικόνισαν το χημικό στοιχείο με πολλά σωματίδια στις δύο από τις τρεις ζωγραφιές τους.

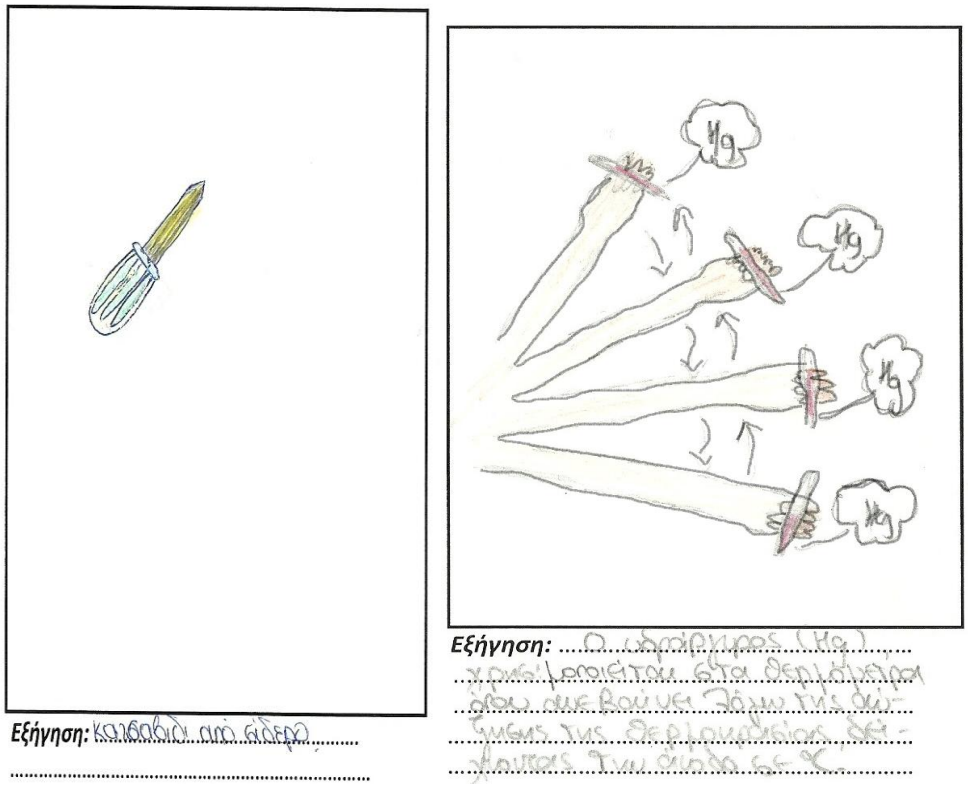
Άλλοι μαθητές (1 τη Β Γυμνασίου, 7 τη Γ Γυμνασίου και 1 την Α Λυκείου) και στις τρεις ζωγραφιές τους απεικόνισαν το χημικό στοιχείο «υβριδικά», δηλαδή εκτός από σωματιδιακά ζωγράφισαν/έγραψαν και το σύμβολο του στοιχείου. Επίσης «υβριδικά» στις δύο από τις τρεις ζωγραφιές τους, απεικόνισαν το χημικό στοιχείο 2 μαθητές στη Γ Γυμνασίου



Εικόνα 21: Απεικόνιση του χημικού στοιχείου με ένα σωματίδιο και το σύμβολό του.

Υπήρχε κάποια ομάδα μαθητών (5 τη Γ Γυμνασίου) που και στις τρεις ζωγραφιές τους σχεδίασαν μόνο το σύμβολο διαφόρων χημικών στοιχείων, ενώ άλλοι (1 την Α Γυμνασίου και 2 τη Γ Γυμνασίου) μόνο στις δύο από τις τρεις ζωγραφιές.

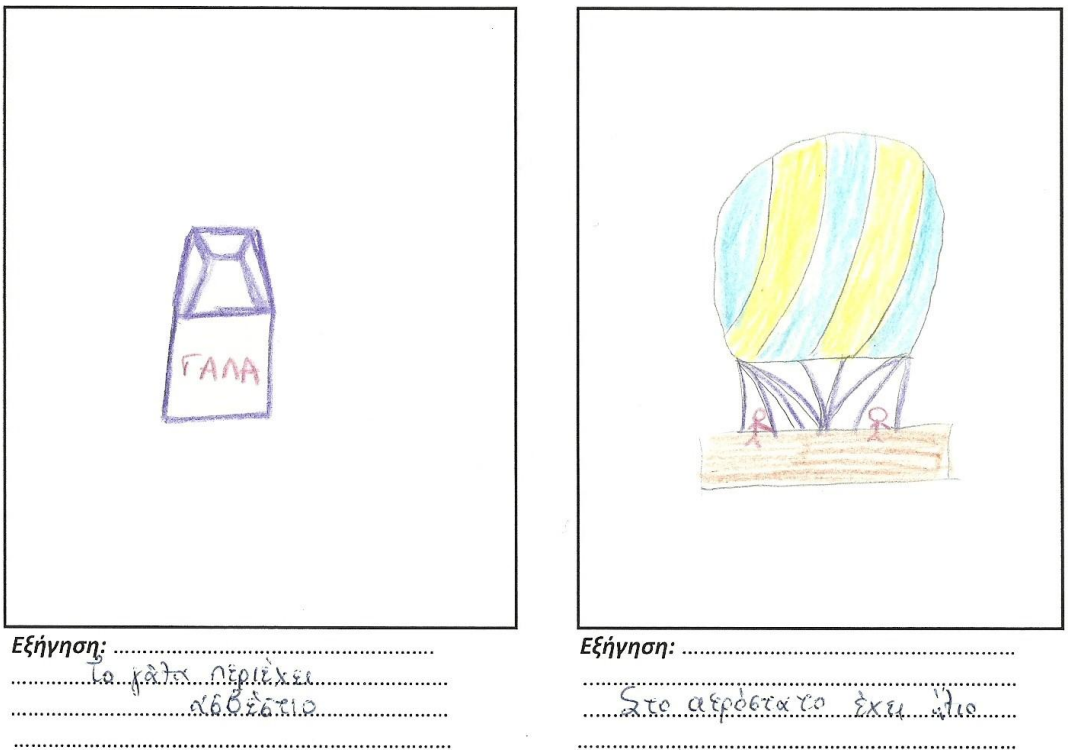
Σε μακροσκοπικό επίπεδο, οι μαθητές (4 τη Β Γυμνασίου, 1 τη Γ Γυμνασίου, 6 την Α Λυκείου και 7 τη Β Λυκείου) ζωγράφισαν στις δύο από τις τρεις ζωγραφιές τους κάποιο εργαλείο/όργανο όπως για παράδειγμα ένα κατσαβίδι, ένα θερμόμετρο κ.α.



Εικόνα 22: Μακροσκοπική αναπαράσταση του χημικού στοιχείου.

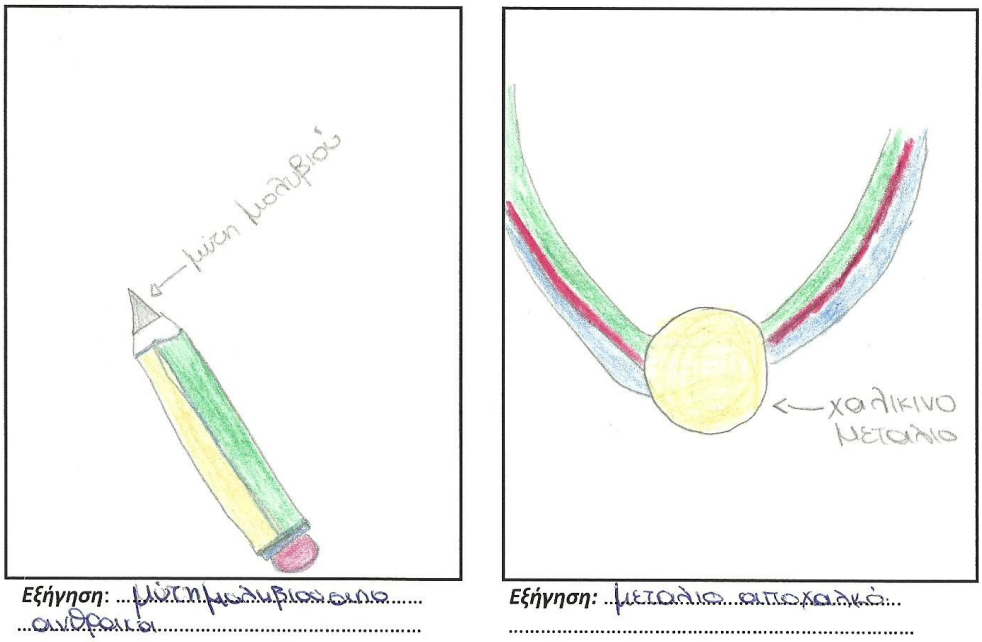
Αρκετοί μαθητές ήταν επίσης αυτοί που είτε τρεις είτε δύο φορές ζωγράφισαν κάποιο «υγρό περιεχόμενο» όπως για παράδειγμα μέσα σε ένα ποτήρι ή μπουκάλι νερό, γάλα κ.α.

Άλλοι μαθητές (1 την Α Γυμνασίου, 1 τη Γ Γυμνασίου, 5 την Α Λυκείου και 4 την Β Λυκείου) ζωγράφισαν το συνδυασμό «υγρό περιεχόμενο με αέρια φάση». Έτσι για παράδειγμα ζωγράφιζαν στη μια εικόνα ένα μπουκάλι γάλα και στη άλλη ένα αερόστατο ή μια πισίνα και ένα μπαλόνι ηλίου κ.α.



Εικόνα 23: Ο συνδυασμός υγρό περιεχόμενο-αέρια φάση, για την αναπαράσταση του χημικού στοιχείου.

Σε μακροσκοπικό επίπεδο επίσης, μια ομάδα μαθητών αναπαριστούν στις δύο από τις τρεις ζωγραφιές τους, το χημικό στοιχείο με αντικείμενα καθημερινής χρήσης όπως για παράδειγμα κάγκελα (για το σίδηρο), μολύβι ή κάρβουνο (για τον άνθρακα), κόσμημα (για το χρυσό).



Εικόνα 24: Αναπαράσταση του χημικού στοιχείου ως αντικείμενα καθημερινής χρήσης.

Τέλος, κάποιοι μαθητές επιλέγουν να ζωγραφίσουν το χημικό στοιχείο ως ένα ακανόνιστο σχήμα με χρώμα. Αυτό το κάνουν είτε και στις τρεις εικόνες που καλούνται να ζωγραφίσουν είτε στις δύο από τις τρεις.

Παρακάτω παραθέτουμε τον πίνακα που δείχνει το σύνολο των μαθητών που αναπαριστά το χημικό στοιχείο με συγκεκριμένο τρόπο. Στην πρώτη στήλη έχουμε συγκεντρώσει εκείνες τις αναπαραστάσεις που επαναλαμβάνονται από τους μαθητές τουλάχιστον πέντε φορές. Οι επόμενες στήλες παρουσιάζουν τον αριθμό των μαθητών κάθε τάξης (από Α Γυμνασίου έως Β Λυκείου) που ζωγραφίζουν τη συγκεκριμένη αναπαράσταση. Η τελευταία στήλη μας δείχνει το σύνολο των μαθητών σε όλες τις τάξεις που είχαν την ίδια αναπαράσταση.

Πίνακας 7. Μαθητές που αναπαριστούν το χημικό στοιχείο με τον ίδιο τρόπο

ΧΗΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΑΓ (N=20)	ΒΓ (N=50)	ΓΓ (N=50)	ΑΛ (N=50)	ΒΛ (N=50)	Σύνολο
Ένα σωματίδιο (3 φορές)[1]	0	23	13	-	1	37
Πολλά σωματίδια (3 φορές)	-	6	3	1	-	10
Πολλά σωματίδια (2 φορές)	-	6	5	1	3	15
Σύμβολο (3 φορές)	-	-	5	-	-	5
Σύμβολο (2 φορές)	1	-	2	-	-	3
Υβριδικό (3 φορές)	-	1	7	1	-	9
Υβριδικό (2 φορές)	-	-	2	-	-	2
Εργαλεία/όργανα (2 φορές)	-	4	1	6	7	18
Υγρό περιεχόμενο (3 φορές)	3	-	-	1	-	4
Υγρό περιεχόμενο (2 φορές)	1	-	-	3	2	6
Υγρό-αέριο	1	-	1	5	4	11
Χρήση (2 φορές)	-	-	1	1	6	8
Σχήμα και χρώμα (3 φορές)	4	-	1	1	1	7
Σχήμα και χρώμα (2 φορές)	-	1	-	1	-	2
Σύνολο	10	41	41	21	24	

[1] Οι αριθμοί στην παρένθεση αναφέρονται στις φορές που κάθε μαθητής ζωγράφισε την συγκεκριμένη αναπαράσταση στο φυλλάδιο που του μοιράσαμε.

Την ίδια διαδικασία θα ακολουθήσουμε προκειμένου να εξετάσουμε την «συνέπεια» των μαθητών και για τις χημικές ενώσεις. Παρακάτω παραθέτουμε τον αντίστοιχο πίνακα (8) στον οποίο έχουμε καταγράψει εκείνες τις αναπαραστάσεις των μαθητών που επαναλαμβάνονται τουλάχιστον πέντε φορές καθώς και το σύνολο των μαθητών που τις ζωγραφίζει ανά τάξη (πέντε επόμενες στήλες).

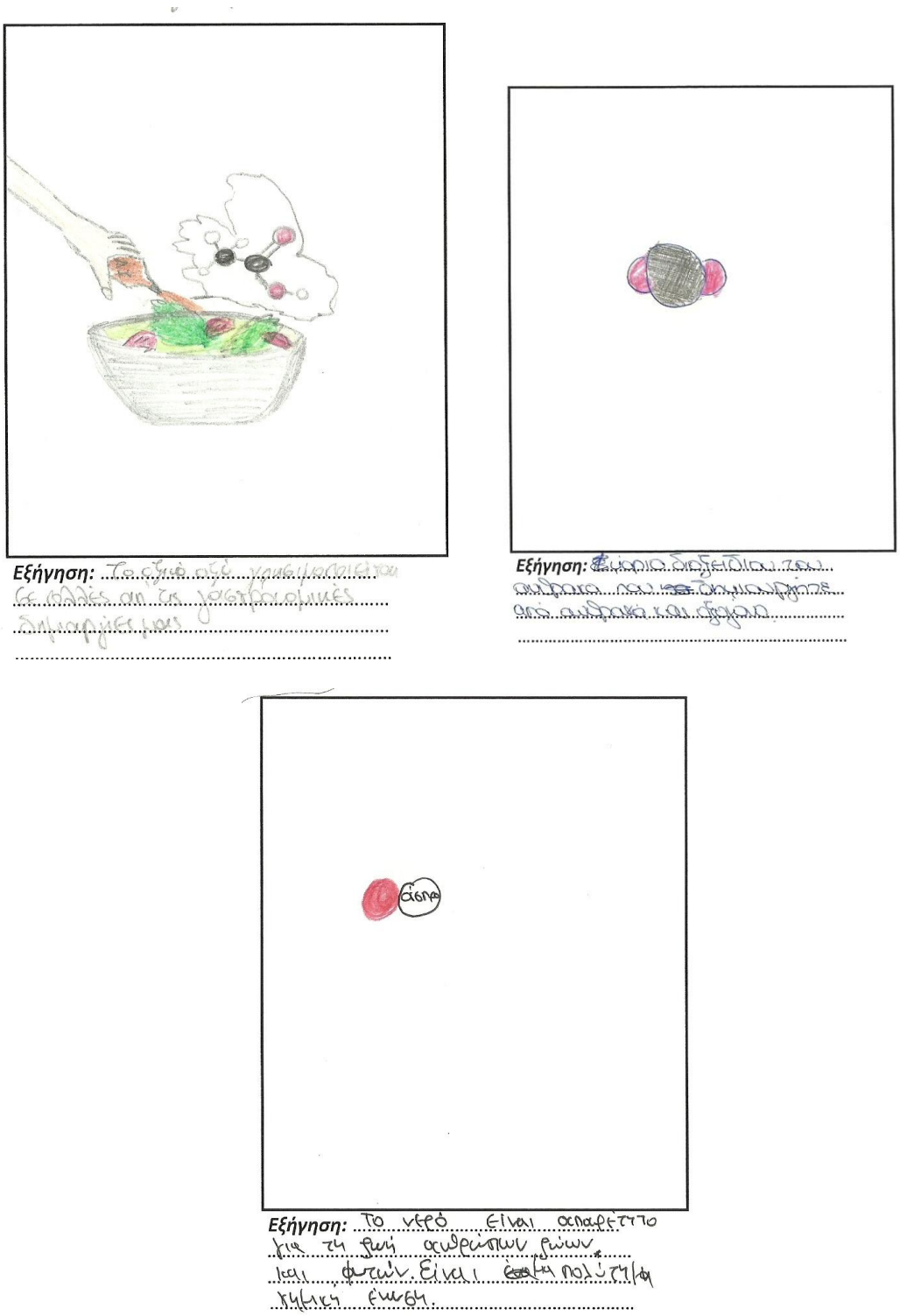
Πίνακας 8. Μαθητές που αναπαριστούν το χημικό στοιχείο με τον ίδιο τρόπο

ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΩΣΗ	**ΑΓ (N=20)**	**ΒΓ (N=50)**	**ΓΓ (N=50)**	**ΑΛ (N=50)**	**ΒΛ (N=50)**	**Σύνολο**
Διαφορετικά σωματίδια (3 φορές)[2]	-	32	13	1	5	51
Διαφορετικά σωματίδια (2 φορές)	-	5	7	-	1	13
Υγρό περιεχόμενο (3 φορές)	-	-	1	3	6	10
Υγρό περιεχόμενο (2 φορές)	7	4	5	8	18	42
Υγρό περιεχόμενο-στερεό περιεχόμενο	6	3	3	17	13	42
Σύμβολο χημικής ένωσης (3 φορές)	-	-	4	1	-	5
Σύνολο	13	44	33	30	43	

Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές σε μεγάλο βαθμό αναπαριστούν τις χημικές ενώσεις σε υπομικροσκοπικό επίπεδο.

Αρκετοί μαθητές (32 τη Β Γυμνασίου, 13 τη Γ Γυμνασίου, 1 την Α Λυκείου και 5 τη Β Λυκείου) ζωγραφίζουν και τις τρεις χημικές ενώσεις που τους ζητάμε ως «διαφορετικά σωματίδια» δηλαδή ως σωματίδια (ενωμένες σφαίρες ή γραμμές) διαφορετικά ως προς το μέγεθος και το χρώμα.

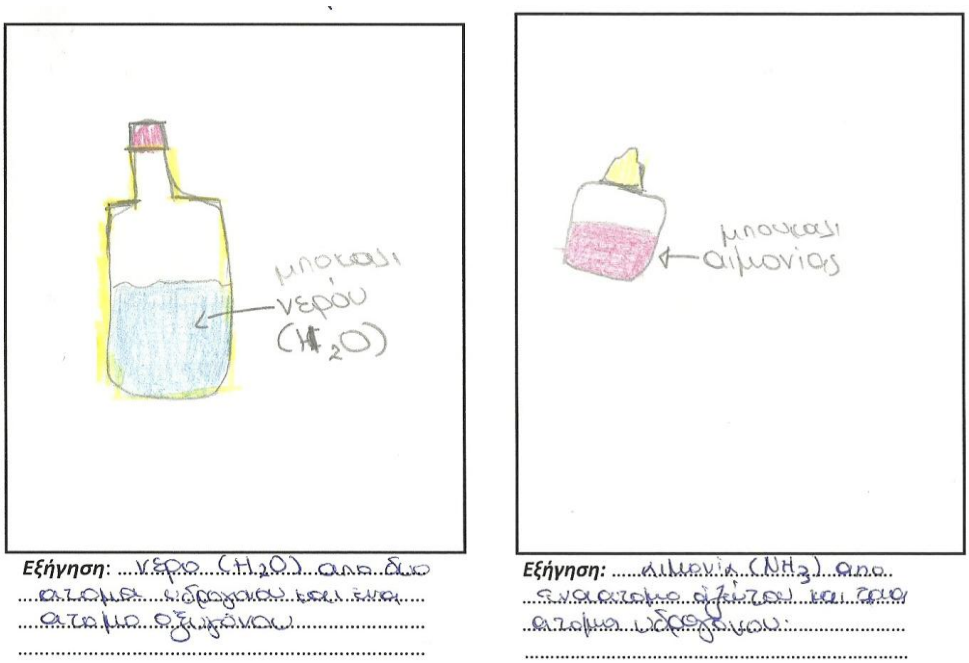
[2] Οι αριθμοί στην παρένθεση αναφέρονται στις φορές που κάθε μαθητής ζωγράφισε την συγκεκριμένη αναπαράσταση στο φυλλάδιο που του μοιράσαμε.



Εικόνα 25: Υπομικροσκοπική αναπαράσταση της χημικής ένωσης.

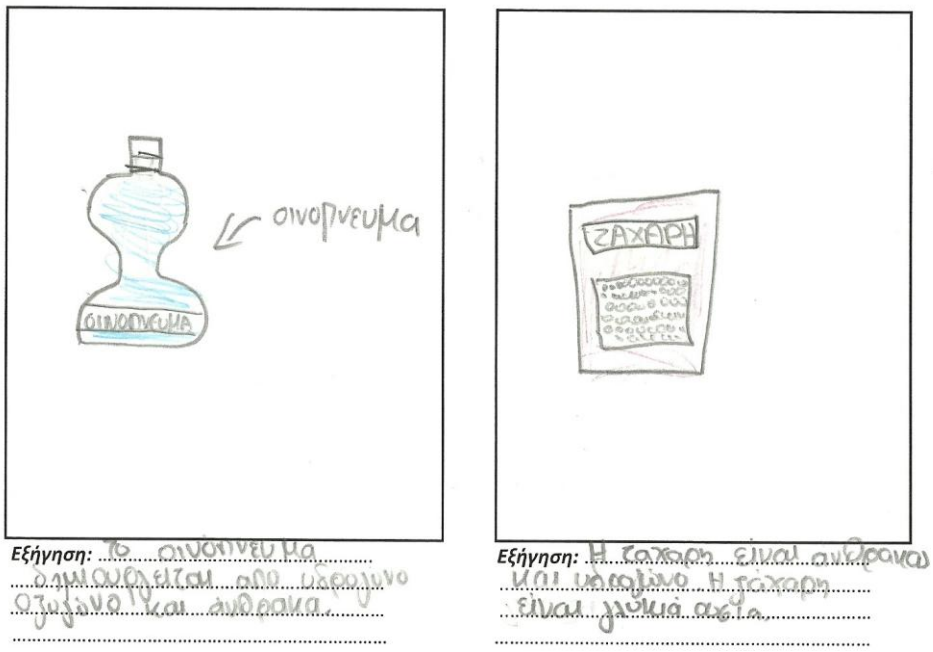
Όμοια, άλλη ομάδα μαθητών (5 τη Β Γυμνασίου, 7 τη Γ Γυμνασίου και 1 τη Β Λυκείου) σχεδιάζουν «διαφορετικά σωματίδια» στις δύο από τις τρεις ζωγραφιές τους.

Μια ακόμη αναπαράσταση που φαίνεται να επαναλαμβάνεται από μαθητές σε όλες τις τάξεις, είναι η απεικόνιση των χημικών ενώσεων ως «υγρό περιεχόμενο». Έτσι, σχεδίασαν τη συγκεκριμένη αναπαράσταση κάποιοι μαθητές (7 την Α Γυμνασίου, 4 τη Β Γυμνασίου, 5 τη Γ Γυμνασίου, 8 την Α Λυκείου και 18 τη Β Λυκείου) για τις δύο από τις τρεις ζωγραφιές που τους ζητάγαμε, ενώ άλλοι (1 τη Γ Γυμνασίου, 3 την Α Λυκείου και 6 τη Β Λυκείου) και τις τρεις. Για παράδειγμα, ζωγραφίζουν δυο μπουκάλια με νερό και οινόπνευμα κ.α.



Εικόνα 26: Στις δυο από τις τρεις ζωγραφιές των μαθητών οι χημικές ενώσεις αναπαριστώνται ως υγρό περιεχόμενο .

Επίσης, η αναπαράσταση «υγρό περιεχόμενο-στερεό περιεχόμενο», επαναλαμβάνεται σε όλες τις τάξεις από κάποιους μαθητές (6 την Α Γυμνασίου, 3 τη Β Γυμνασίου, 3 τη Γ Γυμνασίου, 17 την Α Λυκείου και 13 τη Β Λυκείου).



Εικόνα 27: Χημικές ενώσεις που αναπαριστώνται ως υγρό και στερεό περιεχόμενο στις δυο από τις τρεις ζωγραφιές των μαθητών.

Οι μαθητές δηλαδή ζωγραφίζουν ένα υγρό και ένα στερεό που βρίσκονται κλεισμένα σε συσκευασίες. Για παράδειγμα σχεδιάζουν ένα μπουκάλι με οινόπνευμα και μια συσκευασία αλατιού ή ζάχαρης.

Τέλος, κάποιοι μαθητές ζωγραφίζουν το μοριακό τύπο της χημικής ένωσης είτε στις δύο από τις τρεις ζωγραφιές που τους ζητάμε είτε και στις τρεις.

Εξετάσαμε την «συνέπεια» των αναπαραστάσεις των μαθητών και για τις χημικές αντιδράσεις. Στον πίνακα 9 έχουμε καταγράψει εκείνες τις ζωγραφιές των μαθητών που επαναλαμβάνονται τουλάχιστον πέντε φορές.

Πιο δημοφιλής τρόπος για να ζωγραφίσουν οι μαθητές τη χημική αντίδραση είναι η φωτιά/έκρηξη. Πιο αναλυτικά, οι μαθητές (2 την Α Γυμνασίου, 3 τη Β Γυμνασίου, 16 την Α Λυκείου και 8 τη Β Λυκείου) ζωγραφίζουν τη «φωτιά/έκρηξη» σε τουλάχιστον δύο από τις τρεις ζωγραφιές που τους ζητάμε.

Εικόνα 28: Η φωτιά/έκρηξη ως αναπαράσταση της χημικής αντίδρασης σε δυο απο τις τρεις ζωγραφιές.

Ο συνδυασμός «φωτιά-φθορά» είναι μια ακόμα αναπαράσταση που συχνά χρησιμοποιείται από τους μαθητές προκειμένου να ζωγραφίσουν τη χημική αντίδραση. Πιο συγκεκριμένα, αρκετοί μαθητές (1 την Α Γυμνασίου, 6 τη Β Γυμνασίου, 2 τη Γ Γυμνασίου, 14 την Α Λυκείου και 9 τη Β Λυκείου) ζωγραφίζουν σε συνδυασμό με τη φωτιά και κάποιο φρούτο να σαπίζει ή το κάγκελο να σκουριάζει.

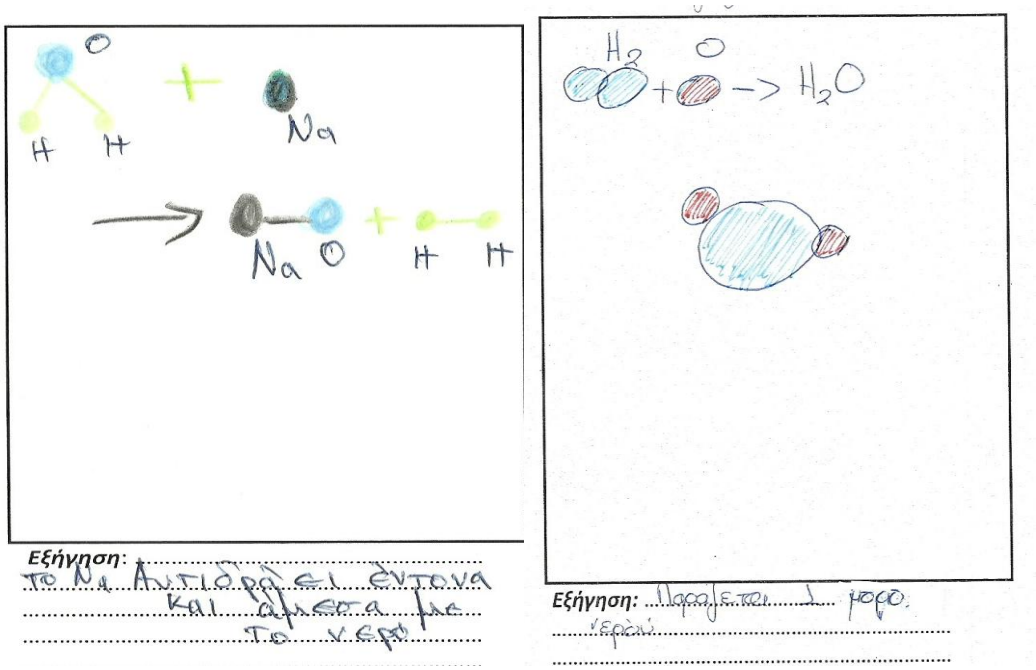
Μια άλλη ομάδα μαθητών, απεικονίζει τη «φωτοσύνθεση» σε συνδυασμό με τη «φωτιά/έκρηξη». Έτσι οι μαθητές ζωγραφίζουν μια φωτιά/έκρηξη και ένα λουλούδι ή δέντρο που με τη βοήθεια του ήλιου φωτοσυνθέτει.

Επίσης, κάποιοι μαθητές ζωγραφίζουν τη «φωτοσύνθεση» σε συνδυασμό και με τη «φθορά».

Η γραφή χημικών εξισώσεων είναι ένας επιπλέον τρόπος που οι μαθητές αναπαριστούν τη χημική αντίδραση. Έτσι, κάποιοι μαθητές (1 την Α Γυμνασίου, 10 τη Γ Γυμνασίου, 1 την Α Λυκείου και 3 τη Β Λυκείου), επιλέγουν

και στις τρεις ζωγραφιές τους να γράψουν χημικές εξισώσεις, ενώ κάποιοι άλλοι τουλάχιστον στις δύο από τις τρεις ζωγραφιές τους.

Ένας συνδυασμός χημικής εξίσωσης με υπομικροσκοπική αναπαράσταση είναι η «μοριακή αναπαράσταση». Σε αυτή την περίπτωση χημικές ενώσεις με τη μορφή ενωμένων σφαιρών τις περισσότερες φορές αντιδρούν μεταξύ τους (αντιδρώντα) και σχηματίζουν νέες ουσίες (προϊόντα).



Εικόνα 29: Συνδυασμός συμβολικής και υπομικροσκοπικής αναπαράστασης για την περιγραφή της χημικής αντίδρασης.

Συνοπτικά οι αναπαραστάσεις των μαθητών που με τον ίδιο τρόπο απεικονίζουν τη χημική αντίδραση δίνονται στον πίνακα 9 στην επόμενη σελίδα.

Πίνακας 9. Σύνολο μαθητών που αναπαριστούν τη χημική αντίδραση με τον ίδιο τρόπο.

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ	ΑΓ (N=20)	ΒΓ (N=50)	ΓΓ (N=50)	ΑΛ (N=50)	ΒΛ (N=50)	Σύνολο
Φωτιά (2 φορές)[3]	2	3	-	16	8	29
Φωτιά-φθορά	1	6	2	14	9	32
Φωτιά-φωτοσύνθεση	-	2	6	1	-	9
Φθορά-φωτοσύνθεση	-	7	1	-	-	8
Φθορά (2 φορές)	-	7	-	-	-	7
Χημική εξίσωση (3 φορές)	1	-	10	1	3	15
Χημική εξίσωση (2 φορές)	1	1	2	1	1	6
Μοριακή αναπαράσταση (3 φορές)	-	12	7	2	1	22
Σύνολο	5	38	28	35	22	

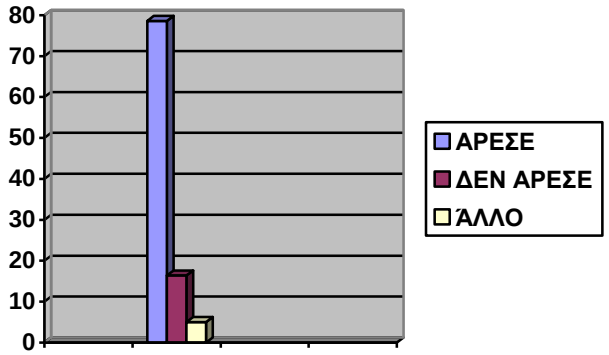
3.4 Εντυπώσεις των μαθητών για τη δραστηριότητα

Στο φυλλάδιο που μοιράσαμε στους μαθητές, στο τέλος της διαδικασίας, τους καλούσαμε να απαντήσουν σε κάποιες ερωτήσεις σχετικές με το εάν τους άρεσε η δραστηριότητα και εάν τους δυσκόλεψε να ζωγραφίσουν κάθε μια από τις έννοιες που τους ζητούσαμε.

Όπως φαίνεται και στο γράφημα που παρουσιάζουμε παρακάτω, το μεγαλύτερο ποσοστό (78,6%) των μαθητών ευχαριστήθηκε με τη δραστηριότητα. Σε ένα μικρότερο ποσοστό (16,4%) δεν άρεσε η

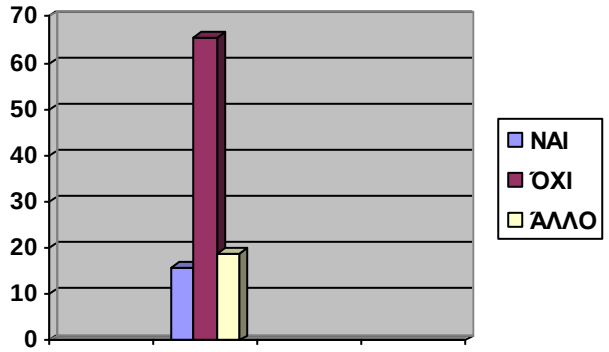
[3] Οι αριθμοί στην παρένθεση αναφέρονται στις φορές που κάθε μαθητής ζωγράφισε την συγκεκριμένη αναπαράσταση στο φυλλάδιο που του μοιράσαμε.

δραστηριότητα, ενώ οι υπόλοιποι (5,0%) είτε δεν απάντησαν είτε απάντησαν κάτι άλλο.

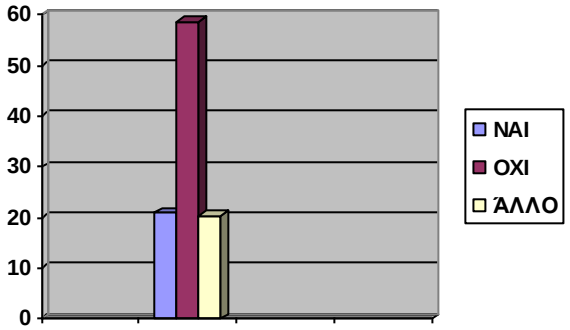


Στο επόμενο γράφημα παρουσιάζουμε τα ποσοστά που μας δείχνουν αν οι μαθητές δυσκολεύτηκαν ή όχι στο να ζωγραφίσουν τα χημικά στοιχεία.

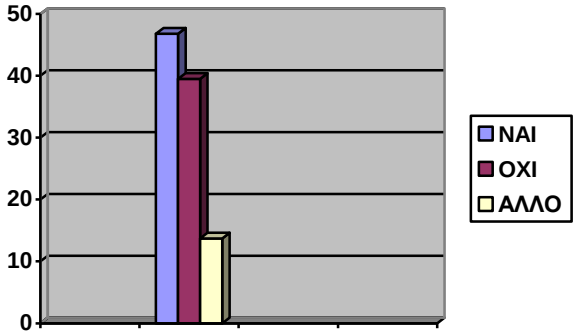
Όπως δήλωσαν οι ίδιοι ένα μικρό ποσοστό (15,9%) δυσκολεύτηκε να ζωγραφίσει τα χημικά στοιχεία, το μεγαλύτερο ποσοστό (65,5%) δεν δυσκολεύτηκε, ενώ ένα υπόλοιπο κομμάτι μαθητών (18,6) δεν απάντησε ή απάντησε κάτι άλλο.



Όμοια και για τις χημικές ενώσεις, το 58,6% των μαθητών δήλωσε πως δεν δυσκολεύτηκε να τις αναπαραστήσει, το 20,9% πως δυσκολεύτηκε, ενώ ένα 20,4% δεν απάντησε ή απάντησε κάτι άλλο. Παρακάτω δίνουμε σε σχεδιάγραμμα τα αποτελέσματα.



Τέλος, και για τις χημικές αντιδράσεις ρωτήσαμε τους μαθητές να μας απαντήσουν κατά πόσο τους δυσκόλεψε να τις ζωγραφίσουν. Σε αυτή την περίπτωση το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών (46,9%) δυσκολεύτηκε να αναπαραστήσει τις χημικές αντιδράσεις, ένα με μικρή διαφορά ποσοστό (39,5%) δεν δυσκολεύτηκε, ενώ αρκετοί μαθητές (13,7%) δεν απάντησαν ή απάντησαν κάτι άλλο.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, καταγράφουμε κάποια συμπεράσματα που προέκυψαν από τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας. Σε αυτό το σημείο για κάθε ζητούμενη έννοια (χημικό στοιχείο, χημική ένωση, χημική αντίδραση), θα προσπαθήσουμε να απαντήσουμε στα ερευνητικά ερωτήματα που είχαμε εξαρχής θέσει.

4.1 Χημικό στοιχείο

Οι μαθητές προκειμένου να δώσουν ένα τίτλο στη ζωγραφιά τους για το χημικό στοιχείο, επιλέγουν να δώσουν σε μεγάλο βαθμό το όνομα ή το σύμβολο ή το συνδυασμό ονόματος και συμβόλου του χημικού στοιχείου.

Τα πιο δημοφιλή στοιχεία τα οποία αναφέρουν οι μαθητές είναι: *το οξυγόνο*, με 102 αναφορές (είτε ονομαστικές είτε συμβολικές είτε σε συνδυασμό και των δύο), *ο άνθρακας* με 90 αναφορές (όμοια με παραπάνω) και *το υδρογόνο* με 64 αναφορές.

Επίσης, μια δεύτερη παρατήρηση ως προς τον τίτλο του χημικού στοιχείου είναι ο αριθμός των αμέταλλων. Πιο συγκεκριμένα, το συντριπτικό ποσοστό (72%) των μαθητών ζωγραφίζουν κάποιο αμέταλλο ως χημικό στοιχείο.

Αυτή η παρατήρηση μπορεί να μας προκαλέσει έκπληξη αν αναλογιστούμε πως αν και σε καθημερινή επαφή οι μαθητές βλέπουν γύρω τους μέταλλα (κάγκελα, κουτιά αναψυκτικού) το πρώτο πράγμα που τους έρχεται στο νου είναι τα αμέταλλα, με πιο συχνά το οξυγόνο το στοιχείο που συνδέεται με τη ζωή, τη φωτοσύνθεση, την αναπνοή, με τον άνθρακα το στοιχείο που συνδέεται με αντιδράσεις του οργανισμού και το υδρογόνο ως συστατικό του νερού.

Προχωρώντας, σκοπό έχουμε να δούμε πως αναπαριστούν οι μαθητές το χημικό στοιχείο μέσα από τις ζωγραφιές τους. Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας, η υπομικροσκοπική αναπαράσταση είναι εκείνη που σε μεγαλύτερο βαθμό απεικονίζεται από τους

μαθητές. Η πιο πολυπληθής ομάδα αναπαριστά το χημικό στοιχείο μόνο μικροσκοπικά (73 μαθητές την πρώτη εικόνα, 66 τη δεύτερη και 61 την τρίτη) είτε ως ένα σωματίδιο που μπορεί να το έχουν χρωματίσει είτε ως πολλά όμοια σωματίδια που και αυτά με τη σειρά τους τα χρωματίζουν ή όχι.

Ο παραπάνω αριθμός των μαθητών αυξάνεται αν προσθέσουμε και αυτούς που αναπαριστούν το χημικό στοιχείο μικροσκοπικά και συμβολικά. Σε αυτή την περίπτωση, οι μαθητές ζωγραφίζουν ένα ή περισσότερα σωματίδια και επιπλέον δίνουν και το σύμβολο του στοιχείου.

Οι παραπάνω βέβαια παρατηρήσεις αν έμεναν σε αυτό το σημείο δεν θα έδιναν ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με τις αναπαραστάσεις των μαθητών για το χημικό στοιχείο.

Έτσι λοιπόν, τα αποτελέσματα της «συνέπειας» των απαντήσεων των μαθητών έρχονται να δώσουν μια πιο λεπτομερή ανάλυση. Από αυτά, επαληθεύεται πως οι μαθητές αναπαριστούν μικροσκοπικά το χημικό στοιχείο αλλά στην πλειονότητα αυτό γίνεται μόνο στις τάξεις του Γυμνασίου. Τουλάχιστον 66 μαθητές στο γυμνάσιο έναντι 6 του Λυκείου αναπαριστούν μικροσκοπικά το χημικό στοιχείο.

Η παρατήρηση αυτή κατά την άποψή μας μπορεί να στηριχθεί στο γεγονός πως τα σχολικά εγχειρίδια του Γυμνασίου και επομένως και η διδασκαλία είναι πιο προσανατολισμένη στη υπομικροσκοπική αναπαράσταση της χημείας. Οπότε και οι μαθητές της δευτέρας κυρίως, αλλά και της τρίτης Γυμνασίου, δεν μπορούν παρά να αναπαράγουν τις αντίστοιχες αναπαραστάσεις. Αντίθετα, στα βιβλία της πρώτης τάξης του Λυκείου η πλειονότητα των αναπαραστάσεων είναι είτε μακροσκοπικές (35.2%) είτε συμβολικές (36.9%), ενώ οι υπομικροσκοπικές υπολείπονται κατά πολύ (27.9%) (Gkitzia, Salta, Tzougraki, 2011)[34]. Ο μάκρο και συμβολικός προσανατολισμός του σχολικού βιβλίου εξηγεί τον τρόπο που αναπαριστούν οι μαθητές τα χημικά στοιχεία στις ζωγραφιές τους. Δηλαδή, οι μαθητές ζωγραφίζουν το χημικό στοιχείο περισσότερο με βάση το μακρόκοσμο. Έτσι οι ζωγραφιές τους είναι προσανατολισμένες σε κάποια αντικείμενα (π.χ. σφυρί, κατσαβίδι, θερμόμετρο), τις χρήσεις που αυτά μπορούν να έχουν (π.χ. κάγκελα, μολύβι) ή την φυσική κατάσταση που τα στοιχεία μπορεί να έχουν (υγρά, αέρια).

4.2 Χημική ένωση

Οι τίτλοι που επιλέγουν οι μαθητές να δώσουν για να περιγράψουν τις ζωγραφιές τους είναι το όνομα ή το σύμβολο ή το συνδυασμό ονόματος και συμβόλου της χημικής ένωσης.

Οι χημικές ενώσεις που αναφέρουν οι μαθητές πιο συχνά είναι το νερό με 137 αναφορές (είτε ονομαστικές είτε συμβολικές είτε σε συνδυασμό και των δύο), το διοξείδιο του άνθρακα με 67 αναφορές, και το χλωριούχο νάτριο ή αλάτι με 43 αναφορές.

Επίσης, μερικοί μαθητές ως τίτλο χημικής ένωσης γράφουν κάποιο μίγμα. Αυτή η παρανόηση που γενικά έχει καταγραφεί για τις χημικές ενώσεις, εμφανίζεται και μέσα από τις ζωγραφιές των μαθητών, στην έρευνά μας έστω και σε περιορισμένο βαθμό.

Συνεχίζοντας, παρουσιάζουμε πως οι μαθητές αναπαριστούν τις χημικές ενώσεις μέσα από τις ζωγραφιές τους. Όπως μπορούμε να συμπεράνουμε και από τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας, και σε αυτή την περίπτωση η υπομικροσκοπική αναπαράσταση είναι κυρίαρχη.

Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές στο μεγαλύτερο βαθμό (56 την πρώτη εικόνα, 57 τη δεύτερη και 51 την τρίτη), αναπαριστούν τις χημικές ενώσεις σωματιδιακά. Ζωγραφίζουν δηλαδή πολλά διαφορετικά σωματίδια (με χρώμα ή χωρίς) που συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς (ενωμένες σφαίρες ή γραμμές).

Άλλοι πάλι μαθητές ζωγραφίζουν τις χημικές ενώσεις μακροσκοπικά. Για παράδειγμα, πολλοί μαθητές ζωγράφισαν τις χημικές ενώσεις ως «υγρό περιεχόμενο» (π.χ. ξύδι), άλλοι έδωσαν μια επιπλέον πληροφορία όπως το σύμβολο ή το όνομα των ενώσεων, ενώ αρκετοί τη ζωγράφισαν ως «στερεό περιεχόμενο» κάποιας συσκευασίας, για παράδειγμα το αλάτι, η ζάχαρη.

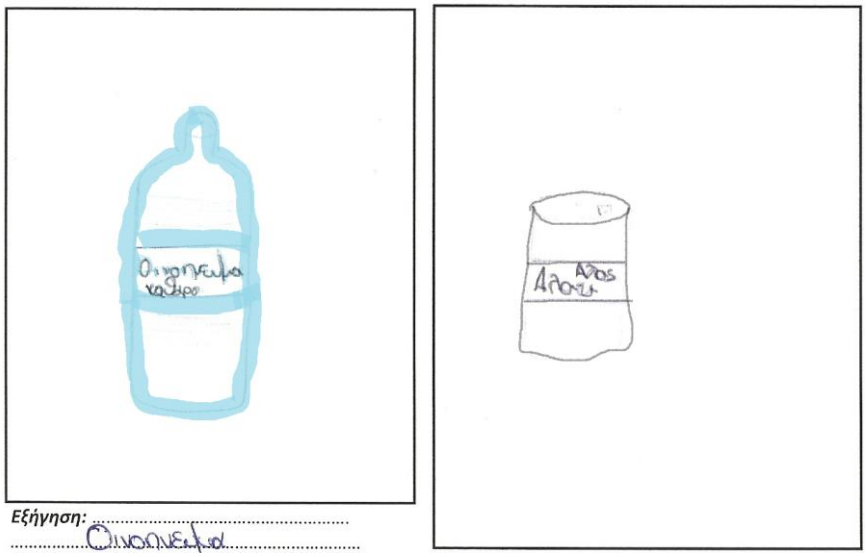
Οι Krnel, Watson, και Glažar (2005)[35] αναφέρουν αρκετές μελέτες οι οποίες έχουν ερευνήσει τη σχέση μεταξύ των εννοιών «αντικείμενο», «υλικό» και «ουσία». Ο όρος *υλικό* χρησιμοποιείται ως γενικός όρος (δηλ. όλα όσα έχουν βάρος και καταλαμβάνουν χώρο) και ο όρος *ουσία* χρησιμοποιείται όταν αναφέρεται μια συγκεκριμένη χημική ουσία ή ένας τύπος χημικών ουσιών π.χ. ένα άλας, σάκχαρα. Εντούτοις, η ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης των

παιδιών ακολουθεί τη δική της πορεία: μια χημική ουσία (χημικό στοιχείο και χημική ένωση) καθορίζεται από εκτατικές ιδιότητες και αντικειμενοποιείται (Talanquer, 2006)[36]. Η ανάπτυξη των εννοιών στους μαθητές μπορεί να εξηγηθεί ως εξής: οι μη υλικές οντότητες αποκτούν υλική υπόσταση, τα αέρια αντιμετωπίζονται παρόμοια με τα υγρά και τα υγρά αντιμετωπίζονται παρόμοια με τα αντικείμενα (στερεά). Συχνά ένα υγρό καθορίζεται μαζί με τον περιέκτη του και οι δύο μαζί αντιπροσωπεύουν ένα αντικείμενο (Krnel, Watson, & Glažar 2005)[35]. Πολλοί είναι εκείνοι που προκειμένου να απεικονίσουν τη χημική ένωση του νερού, ζωγράφισαν «υδάτινους πόρους» (δηλαδή θάλασσες, ποτάμια κα).

Οι παραπάνω παρατηρήσεις σε συνδυασμό με τη «συνέπεια» των μαθητών, κατά πόσο δηλαδή η αναπαράσταση που έχουν μπορεί να επαναλαμβάνεται ή να απεικονίζεται τυχαία, μας δίνει μια πιο σφαιρική εικόνα σχετικά με τις αναπαραστάσεις των μαθητών.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ελέγχου της «συνέπειας», φαίνεται πως κυρίως οι μαθητές του Γυμνασίου αναπαριστούν τις χημικές ενώσεις μικροσκοπικά. Πιο συγκεκριμένα 57 μαθητές Γυμνασίου έναντι 7 του Λυκείου σε τρεις ή δύο από τις τρεις ζωγραφιές που τους ζητούσαμε, ζωγράφιζαν πολλά διαφορετικά σωματίδια (σφαίρες) ενωμένες μεταξύ τους.

Από την άλλη πλευρά οι μαθητές του Λυκείου ζωγραφίζουν τις χημικές ενώσεις με μια «συνέπεια» μακροσκοπικά. Πιο αναλυτικά θα μπορούσαμε να πούμε πως 65 μαθητές Λυκείου έναντι 29 του Γυμνασίου, σε τρεις ή δύο από τις τρεις ζωγραφιές που τους ζητούσαμε ζωγράφισαν «υγρά περιεχόμενα» ή το συνδυασμό «υγρού-στερεού περιεχομένου». Για παράδειγμα, ζωγραφίζουν κάποια συσκευασία που περιέχει κάποιο υγρό (οινόπνευμα, νερό, ακετόνη) ή κάποιο υγρό σε συνδυασμό με στερεό περιεχόμενο (αλάτι, tuboflo).



Εικόνα 30: Οι αναπαραστάσεις των μαθητών για τις χημικές ενώσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο.

Ο σχολιασμός μας για αυτά τα αποτελέσματα δεν θα είναι διαφορετικός με αυτόν που κάναμε παραπάνω και για τα χημικά στοιχεία. Δηλαδή, στη διδασκαλία της χημείας του Γυμνασίου δείχνει να υπάρχει σε μεγαλύτερο βαθμό από το λύκειο κατεύθυνση για αξιοποίηση των μικροσκοπικών αναπαραστάσεων της χημείας. Αυτή η κατεύθυνση καθώς ο μαθητής αλλάζει βαθμίδα φαίνεται να υποχωρεί και τη θέση της να παίρνει μια πιο διαισθητική αντίληψη, δηλαδή οι μαθητές δομούν τις αντιλήψεις τους για τις χημικές ενώσεις με βάση κάποια φαινόμενα-αντικείμενα που μπορούν να παρατηρήσουν.

4.3 Χημική αντίδραση

Στη περίπτωση της χημικής αντίδρασης, ο τίτλος που πιο συχνά επιλέγουν οι μαθητές να αναφέρουν είναι γενικά η καύση. Έτσι λοιπόν 54 φορές οι μαθητές αναφέρουν την «καύση» ως κατηγορία χημικής αντίδρασης, ενώ αν στον παραπάνω αριθμό προσθέσουμε και άλλες 44 που αναφέρουν τη «φωτιά/πυρά/έκρηξη/αναζωπύρωση», συμπεραίνουμε πως οι μαθητές σε μεγάλο βαθμό θεωρούν τη φωτιά ως παράδειγμα χημικής αντίδρασης.

Τίτλοι που είναι σχετικοί με τη «φθορά» χρησιμοποιούνται συχνά από τους μαθητές για να περιγράψουν τι έχουν ζωγραφίσει ως χημική αντίδραση. Σε

αυτή την περίπτωση, οι μαθητές δίνουν τον τίτλο «σάπιο μήλο» ή σκουριασμένο κάγκελο.

Ένας άλλος τίτλος που χρησιμοποιούν οι μαθητές για τη ζωγραφιά της χημικής αντίδρασης, είναι αυτός της «φωτοσύνθεσης» με 38 μαθητές να την αναφέρουν. Αρκετοί είναι οι τίτλοι που δίνονται από τους μαθητές και αναφέρουν κάποια χημική ένωση που συμμετέχει ή όχι σε κάποια αντίδραση.

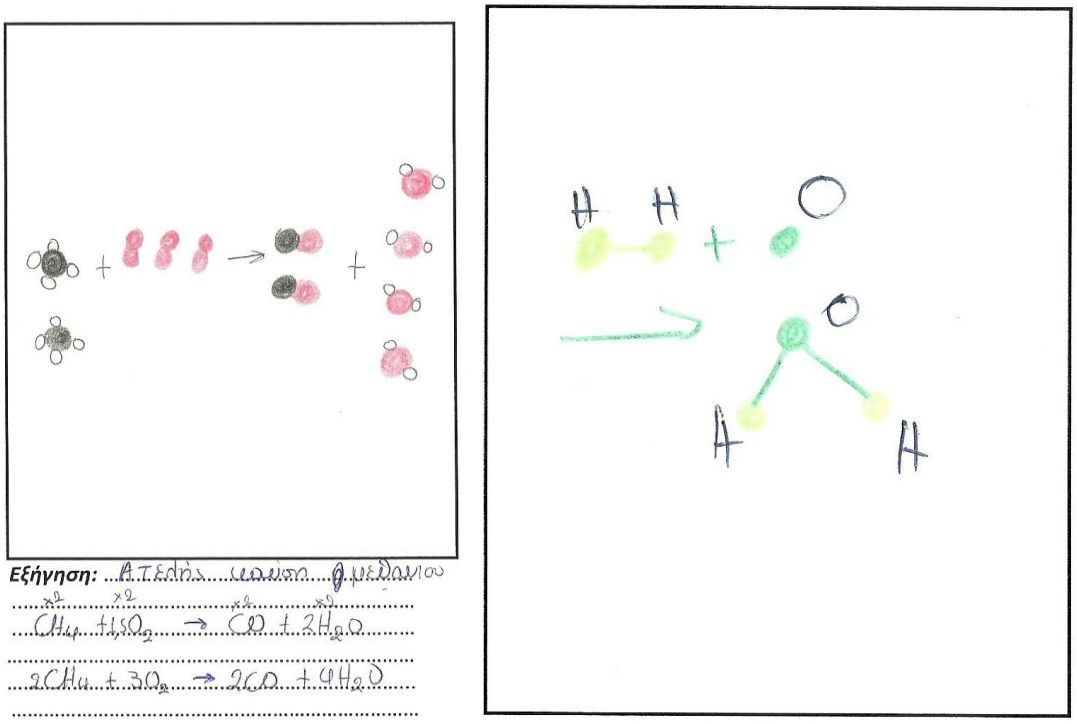
Θα πρέπει να σημειώσουμε πως ορισμένες παρανοήσεις, που έχουν καταγραφεί στο παρελθόν για τη χημική αντίδραση, μπορούν να γίνουν φανερές και στη δική μας εργασία. Αυτές για να γίνουν αντιληπτές αρκεί να δούμε τους τίτλους που δίνουν σε μερικές ζωγραφιές τους. Για παράδειγμα, 12 μαθητές δίνουν ως τίτλο το βρασμό ή την εξάτμιση κάποιου υγρού, προκειμένου να εξηγήσουν τη ζωγραφιά τους για τη χημική αντίδραση. Δηλαδή ένα φυσικό φαινόμενο κατατάσσεται από τους μαθητές σε χημικό.

Πριν παραθέσουμε τα συμπεράσματα σχετικά με τις ζωγραφιές των μαθητών, θα πρέπει να παρατηρήσουμε πως οι μαθητές για τις χημικές αντιδράσεις ζωγράφισαν τόσο μακροσκοπικά, όσο μικροσκοπικά και συμβολικά.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας έδειξαν ότι πολλοί μαθητές αναπαριστούν τη χημική αντίδραση ως «φωτιά/καύση/έκρηξη», ζωγραφίζοντας γενικά μια φωτιά ή πιο συγκεκριμένα να καίγεται κάποιο αντικείμενο (δέντρο, σπίτι, χαρτί) ή να γίνεται έκρηξη και να πιάνει φωτιά κάποιο αντικείμενο, ή «φθορά» αντικειμένων ζωγραφίζοντας τρόφιμα που σαπίζουν, κάγκελα που σκουριάζουν κ.α.. Η αντίληψη της χημικής αντίδρασης ως διαδικασία «φθοράς» έχει καταγραφεί σε μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου και από προηγούμενες έρευνες, οι οποίες χρησιμοποίησαν ως εργαλείο διάγνωσης των αντιλήψεων των μαθητών γραπτά ερωτηματολόγια (Καραχάλιου, 2011, Salta & Tzougraki, 2011)[26,37].

Σε μακροσκοπικό επίπεδο πάλι, οι μαθητές ζωγράφισαν το «αποτέλεσμα μιας χημικής αντίδρασης» δηλαδή την αλλαγή χρώματος κάποιου διαλύματος, τον αφρισμό κάποιας ουσίας ή τη «φωτοσύνθεση», δηλαδή τον ήλιο και δέντρα ή λουλούδια δίνοντας συγχρόνως κάποια από τα αντιδρώντα και τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης.

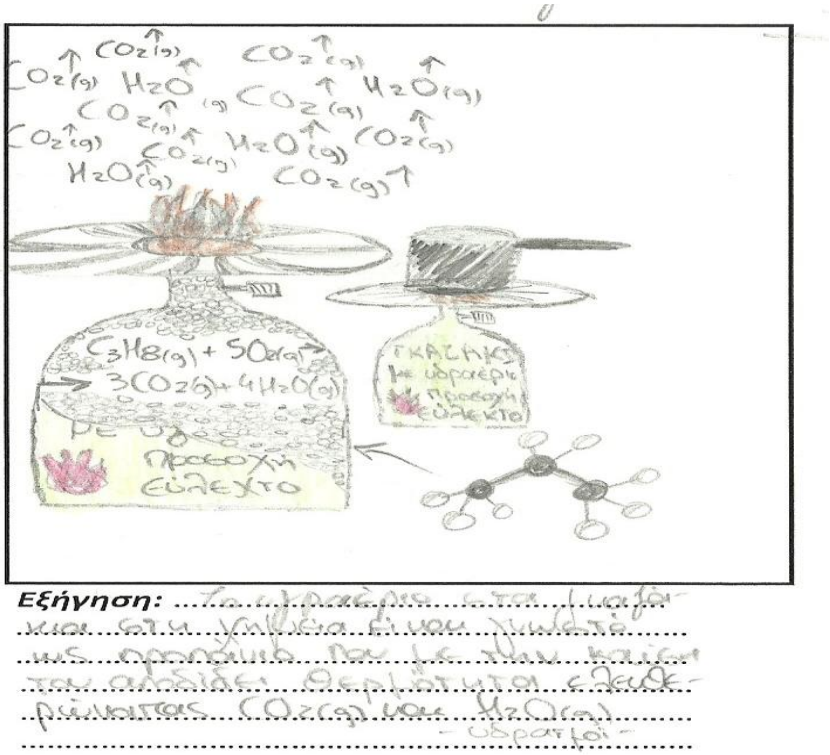
Σε υπομικροσκοπικό επίπεδο, οι μαθητές επέλεξαν να ζωγραφίσουν τη χημική αντίδραση σωματιδιακά γράφοντας και τη χημική εξίσωση. Όπως φαίνεται και από τα σχέδια που παραθέτουμε παρακάτω, οι μαθητές γράφουν κάποια χημική εξίσωση και την απεικονίζουν σωματιδιακά.



Εικόνα 31: Ο συνδυασμός υπομικροσκοπικής και συμβολικής αναπαράστασης για τη χημική αντίδραση.

Σε συμβολικό επίπεδο η χημική αντίδραση αναπαρίσταται μέσω χημικών εξισώσεων. Οι μαθητές γράφουν κάποια χημική εξίσωση συμπληρωμένη τις περισσότερες φορές σωστά με συντελεστές ή ακόμα και με τη φυσική κατάσταση των αντιδρώντων και των προϊόντων.

Επίσης, ένας μαθητής σε ζωγραφιά του απέδωσε μια χημική αντίδραση (καύση προπανίου) και στα τρία επίπεδα αναπαράστασης της χημείας: υπομικροσκοπικό, μακροσκοπικό και συμβολικό.



Εικόνα 24: Συνδυασμός μακροσκοπικής, υπομικροσκοπικής και συμβολικής αναπαράστασης χημικής αντίδρασης.

Τέλος, και σε αυτή την περίπτωση, ελέγξαμε τις αναπαραστάσεις των μαθητών ως προς τη «συνέπειά» τους, κατά πόσο δηλαδή η αναπαράσταση που έχουν μπορεί να επαναλαμβάνεται ή να απεικονίζεται τυχαία, προκειμένου να έχουμε μια πιο σφαιρική εικόνα σχετικά με τις αναπαραστάσεις τους.

Και στην περίπτωση της χημικής αντίδρασης, 48 μαθητές Λυκείου έναντι 35 του Γυμνασίου, ζωγραφίζουν μακροσκοπικά, δηλαδή «φωτιά», «φθορά», «φωτοσύνθεση». Σε συμβολικό επίπεδο 6 μαθητές του Λυκείου έναντι 15 του Γυμνασίου αναπαριστούν τη χημική αντίδραση γράφοντας κάποια χημική εξίσωση στις τρεις ή στις δύο από τις τρεις ζωγραφιές που τους ζητάμε. Τέλος, σε υπομικροσκοπικό επίπεδο, 19 μαθητές Γυμνασίου και 2 του Λυκείου επιλέγουν να ζωγραφίσουν μια χημική αντίδραση κατά την οποία χημικές ενώσεις με τη μορφή ενωμένων σφαιρών αντιδρούν μεταξύ τους και σχηματίζουν νέες ουσίες.

Τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουμε για τη χημική αντίδραση έρχονται να προστεθούν σε εκείνα που σημειώσαμε παραπάνω και για τα χημικά στοιχεία και για τις χημικές ενώσεις. Το γεγονός ότι οι μαθητές του Λυκείου όχι μόνο μικροσκοπικά δεν αναπαριστούν τη χημική αντίδραση, αλλά ούτε και συμβολικά μέσω των χημικών εξισώσεων, προκαλεί εντύπωση, αφού στην ύλη του Λυκείου η συμπλήρωση των χημικών εξισώσεων είναι βασική γνώση η οποία εξετάζεται.

Τα αποτελέσματα της έρευνάς μας θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν σε δύο επίπεδα. Είναι γνωστό πως οι μαθητές αδυνατούν να συνδέσουν τα τρία επίπεδα αναπαραστάσεων της Χημείας (μακροσκοπικό, υπομικροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο). Οι εκπαιδευτικοί, προκειμένου να βοηθήσουν τους μαθητές τους να ξεπεράσουν αυτή την αδυναμία, θα μπορούσαν να αξιοποιήσουν ως μέσο τη ζωγραφική είτε χρησιμοποιώντας την οι ίδιοι κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας τους, για να διαφωτίσουν σημεία του μαθήματος, είτε ζητώντας από τους μαθητές τους να ζωγραφίσουν, ώστε να αποκτήσουν πληρέστερη εικόνα για τις ιδέες των μαθητών τους (Zhang and Linn, 2011)[38]. Δεν θα μπορούσαμε να προτείνουμε τη ζωγραφική ως το μοναδικό εργαλείο για εκπαιδευτικούς και μαθητές. Άλλωστε, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, ως τεχνική μπορεί να παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες, τόσο εφαρμογής (αδυναμία να ζωγραφίσουμε κάποια φαινόμενα), όσο και επεξεργασίας (αδυναμία κατανόησης των ζωγραφιών). Μπορούν ωστόσο να αποτελέσουν ένα εναλλακτικό εργαλείο διδασκαλίας το οποίο, σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές, να ενισχύσει αποτελεσματικά τη γνώση των μαθητών.

Από την άλλη πλευρά, η ζωγραφική αποτελεί για τους μαθητές μια ευχάριστη –έξω από τα τετριμμένα– διαδικασία, οξύνει το ενδιαφέρον τους, τους προκαλεί να σκεφτούν, ώστε να απεικονίσουν τις ιδέες τους όσο το δυνατόν καλύτερα. Η ζωγραφική δηλαδή μπορεί να αποτελέσει έναν πολλά υποσχόμενο τρόπο ο οποίος θα βοηθήσει το μαθητή να ερμηνεύσει πολύπλοκες απεικονίσεις και να κάνει ορατές, αόρατες διαδικασίες (υπομικροσκοπικές αναπαραστάσεις). Επομένως, οι μαθητές θα μπορούν να ενσωματώσουν τις επιστημονικές ιδέες και να οικοδομήσουν τη δική τους γνώση σε πιο στέρεες βάσεις.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Πίνακας 1: Κατηγορίες, υποκατηγορίες και οι αντίστοιχοι κωδικοί για τον τίτλο χημικού στοιχείου.

Κατηγορία	**Υποκατηγορία**	**Κώδικας**
Όνομα		tcename
Σύμβολο		tcesymb
Όνομα και σύμβολο		tcenamesymb
Αντικείμενα		tceobj
	• Φυσικά	• tceobjnatural
	• Τεχνητά	• tceobjart
Χρήση		tceuse
Άνθρωπος		tcehuman
Βιολογικό πλαίσιο		tcebio
Χημικό πλαίσιο		tcechem
Υπόλοιπα		tcerest

Πίνακας 2: Ορισμός περιεχομένου κατηγορίας για τον τίτλο χημικού στοιχείου.

Κατηγορία	**Υποκατηγορία**	**Ορισμός περιεχομένου**
Όνομα		Οποιοσδήποτε τίτλος που δίνεται μόνο ονομαστικά.
Σύμβολο		Οποιοσδήποτε τίτλος που δίνεται μόνο με σύμβολο του στοιχείου.
Όνομα και σύμβολο		Οποιοσδήποτε τίτλος δίνεται συγχρόνως με όνομα και σύμβολο του στοιχείου.
Αντικείμενα		Όταν αναφέρεται κάποιο σώμα που βρίσκεται στη φυσικά ή είναι κατασκευασμένο-τεχνητό.
	• Φυσικά	• αντικείμενο που έχει σχέση με ορυκτό, ουράνιο σώμα, αέρια ατμόσφαιρα, υδάτινο πόρο, φυτικό βασίλειο.
	• Τεχνητά	• αντικείμενο τεχνητό που περιέχει αέριο, υγρό ή στερεό ή είναι στερεό.

Χρήση		Συνδέει το στοιχείο με κάποια χρήση-εφαρμογή του στην καθημερινή ζωή.
Άνθρωπος		Ορίζει το στοιχείο με τρόπο ανθρωπομορφικό.
Βιολογικό πλαίσιο		Οποιοσδήποτε τίτλος συνδέεται με το μάθημα της Βιολογίας.
Χημικό πλαίσιο		Οποιοσδήποτε τίτλος συνδέεται με το μάθημα της Χημείας.
Υπόλοιπα		Αναφέρεται σε οτιδήποτε προσδίδει ιδιότητα, μεταφορά, προέλευση, χώρα. Επίσης, περιλαμβάνει οτιδήποτε δεν μπορούσε να κατηγοριοποιηθεί.

Πίνακας 3: Αρίθμηση κατηγορίας και μέλους κάθε κατηγορίας για τον τίτλο χημικού στοιχείου.

ΤΙΤΛΟΣ ΧΗΜΙΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	**TCE**	**Αριθμός κατηγορίας και μέλους κατηγορίας**
Όνομα	**Tcename**	**100**
Άζωτο	1	101
Άνθρακας	2	102
Αργίλιο	3	103
Άργυρος	4	104
Ασβέστιο	5	105
Βάριο	6	106
Βρώμιο	7	107
Γερμάνιο	8	108
Ήλιο	9	109
Θείο	10	110
Ιώδιο	11	111
Κάλιο	12	112
Λίθιο	13	113
Μαγνήσιο	14	114

Νάτριο	15	115
Οξυγόνο	16	116
Ουράνιο	17	117
Πυρίτιο	18	118
Λευκόχρυσος (πλατίνα)	19	119
Ράδιο	20	120
Σελήνιο	21	121
Σίδηρος	22	122
Υδράργυρος	23	123
Υδρογόνο	24	124
Φθόριο	25	125
Φώσφορος	26	126
Χαλκός	27	127
Χλώριο	28	128
Χρυσός	29	129
Χρώμιο	30	130
Ψευδάργυρος	31	131
Νερό	44	144
Διοξείδιο του άνθρακα	55	155
Όζον	66	166
Οξύ	77	177
Αλκάλιο	88	188
Αλκοόλ	99	199
Άτομο άζωτο	101	1101
Άτομο άνθρακα	102	1102
Άτομο οξυγόνο	116	1116

Σύμβολο	**Tcesymb**	**200**
C	2	202
Ag	4	204
Ca	5	205
B	30	230
Br	7	207
He	9	209
S	10	210
I/I_2	11	211
K	12	212
Li	13	213
Na	15	215
O/O_2	16	216
U	17	217
Pt	19	219
Fe	22	222
Hg	23	223
H	24	224
P	26	226
Cu	27	227
Cl	28	228
Au	29	229
Pb	31	231
Rb	32	232
CO_2,O_3	201	2201
Fe^{3+}, K^{+}-Na^{+}	202	2202

HO^2,CO^2,HCO^3, Ph	203	2203
C-S	204	2204
Όνομα + σύμβολο	**Tcenamesymb**	**300**
Άζωτο N	1	301
Ακτίνιο Ac	33	333
Άνθρακας C	2	302
Ασβέστιο Ca	5	305
Βάριο Ba	6	306
Βρώμιο Br	7	307
Ήλιο He	9	309
Θειο S	10	310
Ιώδιο I	11	311
Κάλιο K	12	312
Νάτριο Na	15	315
Νέο Ne	34	334
Οξυγόνο O	16	316
Ουράνιο U	17	317
Πλατίνα Pt	19	319
Ράδιο Ra	35	335
Σίδηρος Fe	22	322
Υδράργυρος Hg	23	323
Υδρογόνο H	24	324
Φθόριο F	25	325
Φώσφορος P	26	326
Χαλκός Cu	27	327
Χλώριο Cl	28	328

Χρυσός Au	29	329
Χρώμιο Cr	30	330
Ψευδάργυρος Zn	31	331
Ρουβίδιο Rb	36	336
H (hydrogen)	324	3324
C (chlorine)	328	3328
Αντικείμενα	**Tceobj**	**400**
• **Φυσικά**	**Tceobjnatural**	**410**
Ορυκτά	1	411
Ουράνια σώματα	2	412
Αέρια ατμόσφαιρα	3	413
Υδάτινοι πόροι	4	414
Φυτικό βασίλειο	5	415
• **Τεχνητά**	**Tceart**	**420**
Αέρια	1	421
Υγρά	2	422
Στερεά	3	423
Χρήση	**Tceuse**	**500**
Άνθρακας-διαμάντι	2	502
He –μπαλόνι	9	509
Πυρίτιο-τσιπ	18	518
Σίδηρος –βίδα	22	522
Χλώριο-πισίνα	28	528
Χρυσά κοσμήματα	29	529
Άνθρακας –γραφίτης	502	5502
Χαλκός-προϊόν	25	525

Άνθρωπος	**Tcehuman**	**600**
Τιτανομαχία	1	601
Σίδηρος του παιδιού	2	602
Βιολογικό πλαίσιο	**Tcebio**	**700**
Μικροοργανισμοί	1	701
Χημικό πλαίσιο	**Tcechem**	**800**
Έκρηξη	1	801
Οξέα	2	802
Μέταλλα	3	803
Ηλεκτρόνια	4	804
Σύνθεση μορίων	5	805
Υπόλοιπα	**Tcerest**	**900**
Ιδιότητα	1	901
Μεταφορά	2	902
Προέλευση	3	903
Χώρα	4	904
Απροσδιόριστο	5	905
Όνομα-σύμβολο-χρήση	**Tcenamesymbuse**	**1000**
Άνθρακας C-γραφίτης	1	1001
Άνθρακας C-διαμάντι	2	1002

Πίνακας 4: Κατηγορίες, υποκατηγορίες και οι αντίστοιχοι κωδικοί για τον τίτλο χημικής ένωσης.

Κατηγορία	Υποκατηγορία	Κώδικας
Όνομα		tccname
Σύμβολο		tccsymb
Όνομα και σύμβολο		tccnamesymb
Αντικείμενα		tccobj
	• Φυσικά	• tccobjnatural
	• Τεχνητά	• tccobjart
Χρήση		tccuse
Βιολογικό πλαίσιο		tccbio
Χημικό πλαίσιο		tcchem
Υπόλοιπα		tccrest

Πίνακας 5: Ορισμός περιεχομένου κατηγορίας για τον τίτλο χημικής ένωσης.

Κατηγορία	Υποκατηγορία	Ορισμός περιεχομένου
Όνομα		Οποιοσδήποτε τίτλος που δίνεται μόνο ονομαστικά.
Σύμβολο		Οποιοσδήποτε τίτλος που δίνεται μόνο με μοριακό τύπο.
Όνομα και σύμβολο		Οποιοσδήποτε τίτλος που δίνεται με όνομα και μοριακό τύπο συγχρόνως της χημικής ένωσης.
Αντικείμενα		Όταν αναφέρεται κάποιο σώμα που βρίσκεται στη φυσικά ή είναι κατασκευασμένο-τεχνητό.
	• Φυσικά	• αντικείμενο που έχει σχέση με ορυκτό, ουράνιο σώμα, αέρια ατμόσφαιρα, υδάτινο πόρο,

		φυτικό βασίλειο.
	• Τεχνητά	• αντικείμενο τεχνητό που περιέχει αέριο, υγρό ή στερεό ή είναι αέριο, υγρό ή στερεό.
Χρήση		Συνδέει τη χημική ένωση με κάποια χρήση-εφαρμογή της στην καθημερινή ζωή.
Βιολογικό πλαίσιο		Οποιοσδήποτε τίτλος συνδέεται με το μάθημα της Βιολογίας
Χημικό πλαίσιο		Οποιοσδήποτε τίτλος συνδέεται με το μάθημα της Χημείας.
Υπόλοιπα		Αναφέρεται σε οτιδήποτε προσδίδει ρύπανση, ιδιότητα, μεταφορά, προέλευση, χώρα. Επίσης περιλαμβάνει οτιδήποτε δεν μπορούσε να κατηγοριοποιηθεί.

Πίνακας 6: Αρίθμηση κατηγορίας και μέλους κάθε κατηγορίας για τον τίτλο χημικής ένωσης.

ΤΙΤΛΟΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ	**TCC**	**Αριθμός κατηγορίας και μέλους κατηγορίας**
Όνομα	**tccname**	**100**
Αιθάνιο	1	101
Αιθανικό οξύ	2	102
Αιθανόλη	3	103
Αιθένιο	4	104
Ακετυλένιο	5	105
Ακετυλοσαλικυλικό οξύ	6	106
Αμμωνία	7	107
Ανθρακικό ασβέστιο	8	108
Ανθρακικό νάτριο	9	109
Ανθρακικό οξύ	10	110

Βουτάνιο	11	111
Βινυλοχλωρίδιο ή χλωροαιθένιο	12	112
Διμεθυλοπροπάνιο	13	113
Διοξείδιο του άνθρακα	14	114
Διοξείδιο του θείου	15	115
Θειικό οξύ	16	116
Θειούχος σίδηρος	17	117
Θειώδες οξύ	18	118
Κιτρικό οξύ	19	119
Κυτταρίνη ξύλου	20	120
Μεθάνιο	21	121
Μεθανόλη	22	122
Μονοξείδιο του άνθρακα	23	123
Νερό	24	124
Νιτρικό οξύ	25	125
Όζον	26	126
Προπανιιικό οξύ	27	127
Προπανόνη	28	128
Προπίνιο	29	129
Υδρόθειο	30	130
Υδροξείδιο του νατρίου	31	131
Υδροχλώριο	32	132
Υδροχλωρικό οξύ	33	133
Φωσφορικό οξύ	34	134
Χλωριούχο νάτριο	35	134

Μείγματα	66	166
Στοιχεία	77	177
Συνδυασμός στοιχείων	88	188
Μη πραγματικές ενώσεις	99	188
Κατηγορίες		
Αλκοόλη	101	1101
Άλας	102	1102
Πρωτεΐνες	103	1103
Υδατάνθρακες	104	1104
Υδρογονάνθρακες	105	1105
Εμπειρικές ονομασίες		
Ακετόνη	106	1106
Αλάτι	107	1107
Ζάχαρη	108	1108
Κιμωλία	109	1109
Οινόπνευμα	110	1110
Οξικό οξύ-ξύδι	111	1111
Βενζίνη	112	1112
Όνομα + εμπειρική ονομασία		
Αιθανικό, οξικό οξύ	113	1113
Αιθανόλη (οινόπνευμα)	114	1114
Σύμβολο	**tccsymb**	**200**
CH_3COOH	2	202
CH_3CH_2OH	3	203
NH_3	7	207

$CaCO_3$	8	208
⬡	36	236
NO_2	37	237
CO_2	14	214
SO_2	15	215
H_2SO_4	16	216
CH_4	21	221
CO	23	223
H_2O	24	224
$AgNO_3$	38	238
$NaNO_3$	39	239
HNO_3	25	225
MnO	40	240
Fe_2O_3	41	241
CH_3COCH_3	28	228
C_3H_6	29	229
SO_3	42	242
HCN	43	243
KOH	44	244
NaOH	31	231
$CH_3CHOHCOOH$	45	245
HCl	32	232
H_3PO_4	34	234
KCl	46	246
NaCl	35	235
Κατηγορία C_3H_6O	*47*	*247*

Εμπειρική ονομασία TNT	208	2208
Μη πραγματικές ή λανθασμένες[4]	209	2209
Στοιχεία	77	277
Ιόντα	210	2210
Όνομα +σύμβολο	**tccnamesymb**	**300**
Αιθάνιο CH_3CH_3	1	301
Αιθυλική αλκοόλη, αιθανόλη CH_3CH_2OH	3	303
Αμμωνία NH_3	7	307
Βενζόλιο C_6H_6	36	336
Βρωμιούχο νάτριο NaBr	48	348
Γλυκόζη $C_6H_{12}O_6$	49	349
Διοξείδιο του άνθρακα CO_2	14	314
Θειικό οξύ H_2SO_4	16	316
Μεθάνιο CH_4	21	321
Νερό H_2O	24	324
Προπάνιο $CH_3CH_2CH_3$	50	350
Υδροχλώριο HCl	32	332
Υδροχλωρικό οξύ HCl	33	333
Υδροκυάνιο HCN	43	343
Υπεροξείδιο του υδρογόνου H_2O_2	51	351
Χλωριούχο νάτριο NaCl	35	335
Κατηγορίες		

[4] NH_4, HO_2, ClAg, HSO_4, Na_2Cl, CNO_3, ⬡$CHNH_2CH_3$, CaOH, CCOC, $A_{(P)}$, COO, NO^2+NO^8, NO^2+HCO^3, NO^8+HCO^3, HCO^3, DNE.

Κετόνη C_3H_6O	347	3347
Εμπειρικά		
Ακεταλδεύδη CH_3CHO	301	3301
Αλάτι NaCl	302	3302
Μαγειρικό άλας NaCl	303	3303
Ξύδι CH_3COOH	304	3304
Οινόπνευμα CH_3CH_2OH	305	3305
Οξικό οξύ CH_3COOH	306	3306
Οξυζενέ H_2O_2	307	3307
Χλωρίνη HCl	308	3308
Αναντίστοιχα [5]	309	3309
Αντικείμενα	**tccobj**	**400**
• **Φυσικά**	• **tccobnat**	**410**
Ορυκτά	1	411
Αέρια ατμόσφαιρα	2	412
Υδάτινοι πόροι	3	413
Φυτικό βασίλειο	4	414
• **Τεχνητά**	• **tccobjart**	**420**
Αέρια	1	421
Υγρά	2	422
Στερεά	3	423
Χρήση	**tccuse**	**500**
Φάρμακα	1	501
Καθαριότητα	2	502
Τρόφιμα	3	503

[5] Ξύδι CH_3OOH, Οινόπνευμα CH_3CH_2ON, Τριοξείδιο του άνθρακα CO_3, ΥγραέριοC_4H_1O

Βιολογικό πλαίσιο	**tccbio**	**600**
Κύτταρο	1	601
Βιολογική διεργασία	2	602
Βιολογικά υγρά	3	603
Χημικό πλαίσιο	**tccchem**	**700**
Χημική αντίδραση	1	701
Χρήση/δράση	2	702
Μη πραγματικές	3	703
Υπόλοιπα	**tccrest**	**800**
Ρύπανση	1	801
Ιδιότητα	2	802
Προέλευση	3	803
Χρώματα	4	804
Μεταφορά	5	805
Χαμόγελο	6	806

Πίνακας 7: Κατηγορίες, υποκατηγορίες και οι αντίστοιχοι κωδικοί για τον τίτλο χημικής αντίδρασης.

Κατηγορία	**Υποκατηγορία**	**Κώδικας**
Χημικές αντιδράσεις		tcrchemreact
	• Περιγραφικές	
	• Κατηγορίες αντιδράσεων	
Φυσικά φαινόμενα		tcrnaturphen
Βιολογικό πλαίσιο		tcrbio
Αντικείμενα		tcrobj
	• Φυσικά	• tcrobjnat

	• Τεχνητά	• tcrobjart
Χημικό πλαίσιο		tcrchemcontex
Καθημερινό πλαίσιο		tcrdaily
Άνθρωπος		tcrhuman
Χημικές εξισώσεις		tcrchemequat
	• Καύση	
	• Σύνθεση	
	• Εξουδετέρωση	
	• Απλή αντικατάσταση	
	• Διπλή αντικατάσταση	
	• Αλκοολική ζύμωση	
	• Διάσταση	
Υπόλοιπα		tcrrest

Πίνακας 8: Ορισμός περιεχομένου κατηγορίας για τίτλο χημικής αντίδρασης.

Κατηγορία	**Υποκατηγορία**	**Ορισμός περιεχομένου**
Χημικές αντιδράσεις		Οποιοσδήποτε τίτλος που περιγράφει λεκτικά μια χημική αντίδραση.
	• Περιγραφικές	• Αναφέρει τα προϊόντα μιας αντίδρασης ή συγκεκριμένες περιπτώσεις αντιδράσεων (π.χ. καύση ξύλου).
	• Κατηγορίες	• Οποιαδήποτε αναφορά σε γενική κατηγορία αντιδράσεων (π.χ. καύση).
Φυσικά φαινόμενα		Ο τίτλος συνδέεται με κάποια φυσικά φαινόμενα που δεν ζητήθηκαν.

Βιολογικό πλαίσιο		Οποιοσδήποτε τίτλος συνδέεται με το μάθημα της βιολογίας.
Αντικείμενα		Όταν αναφέρεται κάποιο αντικείμενο που βρίσκεται στη φυσικά ή είναι κατασκευασμένο-τεχνητό.
	• Φυσικά	• αντικείμενο που έχει σχέση με ορυκτό, υδάτινο πόρο, φυτικό βασίλειο.
	• Τεχνητά	• αντικείμενο που περιέχει ή είναι αέριο, υγρό ή στερεό.
Χημικό πλαίσιο		Οτιδήποτε περιγράφει αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων, αναφέρει χημικά στοιχεία ή το συνδυασμό τους, χημικές ενώσεις ή το συνδυασμό τους, ιόντα, συνδυασμό μετάλλου-μετάλλου, αντιδράσεις που ο μαθητής θεωρεί ότι γίνονται στο εργαστήριο, καθώς και λανθασμένα.
Καθημερινό πλαίσιο		Συνδέει τη χημική αντίδραση με εικόνες από την καθημερινή ζωή, όπως η ρύπανση, η φωτιά/έκρηξη, η φθορά των αντικειμένων, ο συνδυασμός σωμάτων, χημικά φαινόμενα, φάρμακα-υγεία, καθώς και διαδικασίες επεξεργασίας τροφίμων.
Άνθρωπος		Ορίζει τη χημική αντίδραση με οτιδήποτε ανθρωπομορφικό.
Χημικές εξισώσεις		Οποιοσδήποτε τίτλος που δίνεται με χημική εξίσωση που μπορεί να είναι σωστή, λάθος ή να έχει αποδοθεί λεκτικά.
Υπόλοιπα		Οτιδήποτε δεν μπορούσε να κωδικοποιηθεί στις παραπάνω κατηγορίες ή δεν μας έδινε πληροφορίες για άλλη κατηγορία.

Πίνακας 9: Αρίθμηση κατηγορίας και μέλους κάθε κατηγορίας για τον τίτλο χημικής αντίδρασης.

ΤΙΤΛΟΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ	**TCR**	**Αριθμός κατηγορίας και μέλος κατηγορίας**
Χημικές αντιδράσεις	**tcrchemreact**	**100**
Περιγραφικές		110
Αντίδραση οξυγόνου με το υδρογόνο	1	111
Αντίδραση άνθρακα και οξυγόνου	2	112
Αντίδραση υδρογόνου και χλωρίου	3	113
Μαγνήσιο + οξυγόνο	4	114
Κάλιο/νάτριο και νερό	5	115
Νάτριο με χλώριο	6	116
Μεθανίου με οξυγόνο	7	117
Ανθρακικό άλας και οξύ	8	118
Ψευδάργυρος και θειικό οξύ	9	119
Σίδηρος και θειικός χαλκός	10	1110
Αλκοολική ζύμωση/ Ζύμωση	11	1111
Καύση γλυκόζης /χαρτιού/ ξύλου/δέντρου/πετρελαίου/ζάχαρης/ βενζίνης /άνθρακα/ Καύσεις με οξυγόνο	12	1112
Κατηγορίες		*120*
Καύση	1	121
Εξουδετέρωση	2	122
Απλή αντικατάσταση	3	123
Διπλή αντικατάσταση	4	124

Οξείδωση/αναγωγή	5	125
Προσθήκη	6	126
Αφυδάτωση	7	127
Αφυδραλογόνωση	8	128
Πολυμερισμός	9	129
Διάσπαση	10	1210
Ανάμιξη	11	1211
Σύνθεση (ή παραγωγή)	12	1212
Επιχάλκωση	13	1213
Φυσικά φαινόμενα	**tcrnaturphen**	**200**
Αλλαγή φυσικής κατάστασης	1	201
Σχάση	2	202
Μαγνητισμός	3	203
Ηλεκτρισμός	4	204
Βιολογικό πλαίσιο	**tcrbio**	**300**
Φωτοσύνθεση	1	301
Κύτταρο	2	302
Βιολογικό σύστημα ή ιστός	3	303
Βιολογική διεργασία	4	304
Μικροοργανισμοί	5	305
Μετουσίωση/ενυδάτωση	6	306
Αντικείμενα	**tcrobj**	**400**
• Φυσικά	• tcrobjnat	410
Ορυκτά	1	411
Υδάτινοι πόροι	2	412
Φυτικό βασίλειο	3	413

• Τεχνητά	• tcrobjart	420
Αέριο	1	421
Υγρό	2	422
Στερεό	3	423
Χημικό πλαίσιο	**tcrchemcontex**	**500**
Αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων[6]	1	501
Χημικά στοιχεία	2	502
Χημικές ενώσεις	3	503
Συνδυασμός στοιχείων	4	504
Συνδυασμός μετάλλου-μετάλλου	5	505
Συνδυασμός ενώσεων	6	506
Στο εργαστήριο[7]	7	507
Ηλεκτρική/ανόργανες αντίδραση/εις	8	508
Μη πραγματικά[8]	9	509
Ιόντα	10	510
Καθημερινό πλαίσιο	**tcrdaily**	**600**
Περιβαλλοντικά προβλήματα	1	601
Φωτιά/πυρά/έκρηξη/αναζωπύρωση	2	602
Φθορά	3	603
Συνδυασμός σωμάτων[9]	4	604

[6] Έκρηξη με την ένωση φωτιάς-πετρελαίου-βενζίνης, καύση μαγνήτη+θειου, αφρός (αναψυκτικού), φούσκες, μετατροπή χρώματος.

[7] Πειράματα που μπορούν να γίνουν σε εργαστήριο.

[8] Χημική αντίδραση του νερού- Αντίδραση υδροχλωρίου/νερού/διοξειδίου του άνθρακα/μονοξειδίου του άνθρακα, μαγνήτης και θείο, λανθασμένοι χημικοί τύποι.

[9] Μείγματα, ανάμιξη σόδας και λεμονιού, ζεστό τσάι με λεμόνι, κερί-αέρας, οινόπνευμα και αέρας, πορτοκαλάδα + μάρμαρο.

Χημικά φαινόμενα[10]	5	605
Φάρμακα-υγεία[11]	6	606
Διαδικασία επεξεργασίας τροφίμων[12]	7	607
Άνθρωπος	**tcrhuman**	**700**
Εξουδετέρωση ανθρώπων	1	701
Χημικές εξισώσεις	**trcchemequat**	**800**
Καύση	10	810
$C+O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$	12	812
$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$	11	811
$CH_4 + 3O_2 \rightarrow CO + 2H_2O$	12	812
$CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$	12	812
$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + Q$	11	811
$CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + HO$	12	812
$C_xH_\psi + x + \psi/4\ O_2 \rightarrow x\ CO_2 + \psi/2\ H_2O$	12	812
Σύνθεση	20	820
$O_2 + 2H_2 \rightarrow 2H_2O$	21	821
$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$	22	822
$H + OH \rightarrow H_2O$	22	822
$2H + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$	22	822
$Na + Cl \rightarrow NaCl$	22	822
$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$	21	821
$C + O_2 \rightarrow CO_2$	21	821

[10] Αντιδράσεις που προέρχονται από παραστάσεις των μαθητών από την καθημερινή ζωή και έτσι περιγράφονται (πχ. μούστος σε κρασί) καθώς και όταν δίνονται τα προϊόντα μιας αντίδρασης.

[11] Αρρώστια, το αλάτι της υπέρτασης , τα οστά ζουν από το ασβέστιο.

[12] Παρασκευή ψωμιού, λαδιού, ψήσιμο ψωμιού.

$S + O_3 \rightarrow SO_3$	22	822
$H + CN \rightarrow HCN$	22	822
$2H + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$	22	822
Εξουδετέρωση	30	
Οξύ +βάση →άλας +νερό	33	833
Οξύ+ βάση→άλας	33	833
$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$	31	831
$H_2S + 2NaOH \rightarrow Na_2S + 2H_2O$	31	831
$3HCl + Al(OH)_3 \rightarrow AlCl_3 + 3H_2O$	31	831
$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$	32	832
$SO_3 + BaO \rightarrow \ldots$	32	832
$H_2SO_4 + K_2O \rightarrow \ldots$	32	832
Απλή αντικατάσταση	40	
$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2 + Q$	41	841
$Mg + 2HCl \rightarrow Mg + H_2 + Q$	42	842
$2Na + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2$	41	841
$2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2$	41	841
Διπλή αντικατάσταση	50	
$AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl + NaNO_3$	51	851
Οξείδωση	60	
$CH_3CH_2OH + O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O$	62	862
$2Fe^{3+} + 3O_2 \rightarrow FeO_3$	62	862
Αλκοολική ζύμωση	70	
$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$	71	871
Διάσταση	80	
$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$	81	881

BrK → Br^{-}+K^{+}	81	881
KCl → K++Cl-	81	881
Υπόλοιπα [13]	trcrest	900

[13] Μεγάλη χημική αντίδραση, μαύρο με πράσινο αντιδρούν, αφηρημένη τέχνη, υγρασία, ξίδια, καραβάκι, το ποτήρι ξεχείλισε, αντίδραση.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Πίνακας 1: Κωδικοποίηση των ζωγραφιών, οι αντίστοιχοι κωδικοί, ετικέτες και η αρίθμησή τους για το χημικό στοιχείο.

Κατηγορία	**Υποκατηγορίες/ κωδικοί**	**Ετικέτα**	**Αρίθμηση**
Μακροσκοπικό επίπεδο		pcemacro	**1000**
Σχήμα		pcemacroshape	1100
Χρώμα		pcemacrocolour	1200
Φυσική κατάσταση		pcephystate	1300
	• Στερεά	• pcephystasolid	1310
	• Υγρά	• pcephystaliqu	1320
	• Αέρια	• pcephystagas	1330
Αντικείμενα		pceobject	1400
	• Φυσικά	• pceobjnatural	1410
	• Τεχνητά	• pceobjart	1420
Άνθρωπος		pcehuman	1500
	• Αποτέλεσμα της δράσης του στοιχείου στον άνθρωπο	• pcehumeffect	1510
	• Αναλογία	• pcehumanalogy	1520
	• Ανθρωπομορφική αναπαράσταση	• pcehumanthropomorpic	1530
Χημικό πλαίσιο		pcechem	1600
Βιολογικό πλαίσιο		pcebio	1700
Χρήση		pceuse	1800
Λεκτικό		pceverbal	1900
Υπομικροσκοπικό επίπεδο		pcemicro	**2000**

Σωματιδιακή		pcemicparticle	2010
Πλήθος		pcemicnumbparticle	2020
Δεσμός		pcemicbond	2030
Δομή		pcemicstructure	2040
Υποσωματιδιακή		pcemicsubparticle	2050
Συμβολικό επίπεδο		pcesymb	**3000**
Σύμβολα στοιχείων		pcesymbchemelem	3001
Μοριακοί τύποι χημικών ενώσεων		pcesymbchemcomp	3002
Ιόντα		pcesymbion	3003
Απροσδιόριστα		Pcesymbindefinable	3004
Ετικέτα		pcesymblabel	3005
Όνομα		pcename	**4000**
Στοιχείου		pcenamchemelem	4001
Χημικής ένωσης		pcenamechemcomp	4002
Υπόλοιπα		**pcerest**	**5000**

Πίνακας 2: Ορισμοί περιεχομένου κατηγοριών/υποκατηγοριών «εικόνα/ εξήγηση χημικού στοιχείου».

Κατηγορία/υποκατηγορία	**Ορισμός περιεχομένου κατηγορίας**
Μακροσκοπικό επίπεδο	Η εικόνα έχει σχέση με αντικείμενα που γίνονται αντιληπτά από το μαθητή με τις αισθήσεις του.
Σχήμα	Η εικόνα περιλαμβάνει περίγραμμα.
Χρώμα	Η εικόνα δεν περιλαμβάνει περίγραμμα, παρά μόνο χρώμα.
Φυσική κατάσταση	Η απεικόνιση δείχνει κάποιο στερεό, υγρό ή αέριο.
• Στερεά	Ό,τι περιέχεται σε μια συσκευασία και είναι στερεό ή βρίσκεται σε στερεά κατάσταση.

• Υγρά	Ό,τι περιέχεται σε μια συσκευασία και είναι υγρό, βρίσκεται σε υγρή κατάσταση ή ό,τι δείχνει σταγόνα.
• Αέρια	Ό,τι περιέχεται σε συσκευασία και είναι αέριο, ό,τι δείχνει φυσαλίδες ή θύσανο, δηλαδή καυσαέρια αυτοκινήτων, εργοστασίων.
Αντικείμενα	Όταν ζωγραφίζεται κάποιο σώμα που βρίσκεται στη φυσικά ή είναι κατασκευασμένο-τεχνητό.
• Φυσικά	Αντικείμενο που έχει σχέση με ορυκτά, πλανήτες, αέρια ατμόσφαιρα, υδάτινους πόρους, φυτικό ή ζωικό βασίλειο.
• Τεχνητά	Αντικείμενα που χρησιμοποιούνται ως εργαλεία-όργανα, που είναι συσκευές, όπλα, κοσμήματα-πολύτιμοι λίθοι-μέταλλα και σημαίες.
Άνθρωπος	Οτιδήποτε έχει σχέση με άνθρωπο και το αποτέλεσμα της δράσης του στοιχείου σε αυτόν, κάποια αναλογία ή ανθρωπομορφική αναπαράσταση.
• Αποτέλεσμα της δράσης του στοιχείου στον άνθρωπο	Περιγράφονται συνέπειες στη λειτουργία του οργανισμού του ανθρώπου εξαιτίας των ιδιοτήτων των στοιχείων.
• Αναλογία	Ο άνθρωπος παίρνει τα χαρακτηριστικά κάποιου στοιχείου.
• Ανθρωπομορφική αναπαράσταση	Τα στοιχεία ζωγραφίζονται με ανθρώπινα χαρακτηριστικά.
Χημικό πλαίσιο	Η εικόνα αναπαριστά κάποια χημική αντίδραση.
Βιολογικό πλαίσιο	Η ζωγραφιά έχει προέλευση από το μάθημα της Βιολογίας σχετικά με τη φωτοσύνθεση, τα κύτταρα-μικρόβια και τις βιολογικές διεργασίες.
Χρήση	Συνδέει το στοιχείο με κάποια χρήση-αναγκαιότητά του, όπως με την αναπνοή/ζωή, τη δημιουργία ενώσεων, για τον οργανισμό μας, για τη ζωγραφική- κατασκευές, για φωτιά – πυρκαγιά, τη θέρμανση-ψήσιμο.
Λεκτικό	Σε όποια εικόνα-εξήγηση έχουμε ηχητική ταύτιση όρων χημείας με έννοιες της καθημερινής ζωής.

Υπομικροσκοπικό επίπεδο	Οποιαδήποτε εικόνα δείχνει σωματιδιακή μορφή, των αριθμό των σωματιδίων, τους δεσμούς , τη δομή των στοιχείων και την υποσωματιδιακή τους αναπαράσταση.
Σωματιδιακή	Όποιο σωματίδιο ζωγραφίζεται ως σφαίρα, κόκκος, κουκίδα.
Αριθμός	Αναφέρεται στον αριθμό των σωματιδίων που δείχνει η εικόνα.
Δεσμός	Αναφέρεται στον τρόπο σύνδεσης των σωματιδίων: απλός, διπλός, τριπλός δεσμός, ενωμένες σφαίρες ή γραμμές.
Δομή	Αναφέρεται στη διάταξη των σωματιδίων στο χώρο.
Υποσωματιδιακή	Η απεικόνιση στοιχείου με πυρήνα, ηλεκτρόνια, στιβάδα.
Συμβολικό επίπεδο	Οποιαδήποτε εικόνα απεικονίζει σύμβολα.
Στοιχεία	Οτιδήποτε απεικονίζει σύμβολα στοιχείων.
Χημικές ενώσεις	Οτιδήποτε απεικονίζει μοριακούς τύπους χημικών ενώσεων.
Ιόντα	Οτιδήποτε απεικονίζει φορτισμένα άτομα.
Απροσδιόριστα	Σύμβολα που δεν προσδιορίζουν κάτι συγκεκριμένο.
Ετικέτα	Απεικονίζει σήμα με νεκροκεφαλή.
Όνομα	Στην εικόνα αναφέρεται λεκτικά κάποιο στοιχείο ή χημική ένωση.
Στοιχείο	Γίνεται αναφορά στο όνομα κάποιου στοιχείου.
Χημική ένωση	Γίνεται αναφορά στο όνομα κάποιας χημικής ένωσης.
Υπόλοιπα	Οτιδήποτε δεν μπορούσε να κωδικοποιηθεί σε οποιαδήποτε άλλη κατηγορία και δεν προσδιορίζει κάποια πληροφορία.

Πίνακας 3: Αρίθμηση κάθε μέλους των κατηγοριών «εικόνα/εξήγηση χημικού στοιχείου».

ΕΙΚΟΝΑ + ΕΞΗΓΗΣΗ ΧΗΜΙΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	PCE	Αριθμός κατηγορίας και μέλους κατηγορίας
Μακροσκοπικό	**PCEmacro**	**1000**
Σχήμα	pcemacroshape	1100
Γραμμές	1	1101
Ακανόνιστο	2	1102
Στρογγυλό	3	1103
Παραλληλόγραμμο	4	1104
Συμμετρικό	5	1105
Πλέγμα	6	1106
Ρόμβος	7	1107
Χρώμα	**pcecolour**	**1200**
Ασημί	1	1201
Άσπρο	2	1202
Άχρωμο	3	1203
Γκρι	4	1204
Καφέ	5	1205
Κίτρινο	6	1206
Κόκκινο	7	1207
Μαύρο	8	1208
Μπλε	9	1209
Μωβ	10	1210
Πορτοκαλί	11	1211
Πράσινο	12	1212

Χρυσό	13	1213
Φυσική κατάσταση	**pcephystate**	**1300**
Στερεά	*pcephystasolid*	*1310*
Περιεχόμενο	1	1311
Υγρά	*pcephystaliqu*	*1320*
Περιεχόμενο	1	1321
Σταγόνα	2	1322
Αέρια	*pcephystagas*	*1330*
Περιεχόμενο	1	1331
Θύσανος	2	1332
Φυσαλίδες	3	1333
Υδρατμοί	4	1334
Αντικείμενα	**pceobj**	**1400**
• Φυσικά	• pceobjnat	1410
Ορυκτά	1	1411
Πλανήτες	2	1412
Αέρια ατμόσφαιρα	3	1413
Υδάτινοι πόροι	4	1414
Φυτικό βασίλειο	5	1415
Ζωικό βασίλειο	6	1416
• Τεχνητά	• pceobjart	1420
Εργαλεία-όργανα	1	1421
Συσκευές	2	1422
Όπλα	3	1423
Κόσμημα-πολύτιμοι λίθοι-μέταλλα	4	1424

Σημαίες	5	1425
Τρόφιμα	6	1426
Άνθρωπος	**pcehuman**	**1500**
• Αποτέλεσμα της δράσης του στοιχείου στον άνθρωπο	• pcehumeffect	1510
Άνθρωπος που πεθαίνει λόγω έλλειψης οξυγόνου	1	1511
Αίμα (σίδηρος)	2	1512
Άνθρωπος που το στομάχι του περιέχει υδροχλώριο	3	1513
• Αναλογία	• pcehumanalogy	1520
Χονδρός (He)	1	1521
Σύννεφο με χαρακτηριστικά ανθρώπου που φυσάει (B)	2	1522
Ήλιος-ασβέστιο (αναλογία ζωή- άνθρωπος)	3	1523
• Ανθρωπομορφική αναπαράσταση	• pcehumanthropomorpic	1530
Πρόσωπο που γελάει και σχηματίζεται το οξυγόνο	1	1531
Άνθρωποι που χορεύουν και σχηματίζουν το υδρογόνο	2	1532
Άνθρωπος που έχει σχήμα υδρογόνο	3	1533
Με μπλούζα K	4	1534
Σφουγγάρι (έχει τη μορφή ανθρώπου και δηλώνεται στην επεξήγηση ως σφουγγάρι)	5	1535

Μια σφαίρα μπλε με χέρια και πόδια (νάτριο)	6	1536
Πρόσωπο με κοκκινωπά μαλλιά (χαλκός)	7	1537
Άνθρωπος -χλώριο	8	1538
Είμαι ο χρώμιος	9	1539
Χημικό πλαίσιο	**pcechem**	**1600**
Χημική αντίδραση	1	1601
Βιολογικό πλαίσιο	**pcebio**	**1700**
Φωτοσύνθεση	1	1701
Κύτταρο- Μικρόβιο	2	1702
Βιολογικές διεργασίες	3	1703
Χρήση	**pceuse**	**1800**
Αναπνοή/ζωή	1	1801
Δημιουργία ενώσεων/νερού	2	1802
Αναγκαίο για τον οργανισμό μας	3	1803
Για ζωγραφική/κατασκευές	4	1804
Φωτιά-πυρκαγιά	5	1805
Θέρμανση-ψήσιμο	6	1806
Λεκτικό	**pceverbal**	**1900**
Βαρύς-βαράκι (Ba)	1	1901
Τιτάνες	2	1902
Κύκλος (Ac)	3	1903
SAKIS (Rb)	4	1904
Γερμανία (Ge)	5	1905
Ουρανός (U)	6	1906

Μολύβι- μολυβδένιο βαρίδι (Pb)	7	1907
Μέταλλο (μέταλλο)	8	1908
Πέτρα (Li)	9	1909
Φακός (P)	10	1910
Χρώμα (Cr)	11	1911
Βρώμικος (Br)	12	1912
Υπομικροσκοπικό	**pcemicro**	**2000**
Σωματιδιακή	pcemicparticle	2010
Σφαίρα	1	2011
Κόκκοι	2	2012
Κουκίδα	3	2013
Πλήθος	pcemicnumbparticle	2020
Ένα	1	2021
Πολλά	2	2022
Δεσμός	pcemicbond	2030
Απλός	1	2031
Διπλός	2	2032
Τριπλός	3	2033
Ενωμένες σφαίρες	4	2034
Γραμμές	5	2035
Δομή	pcemicstructure	2040
Κυβική	1	2041
Υποσωματιδιακή	pcemicsubparticle	2050
Πυρήνας-έκρηξη	1	2051
Ηλεκτρόνια	2	2052

Στοιβάδες	3	2053
Άτομο-πυρήνας	4	2054
Συμβολικό	**pcesymb**	**3000**
Σύμβολα στοιχείων	1	3001
Μοριακοί τύποι χημικών ενώσεων	2	3002
Ιόντα	3	3003
Απροσδιόριστα	4	3004
Ετικέτα	5	3005
Όνομα	**pcename**	**4000**
Στοιχείου	1	4001
Χημικής ένωσης	2	4002
Υπόλοιπα	**pcerest**	**5000**

Πίνακας 4: Κωδικοποίηση των ζωγραφιών, οι αντίστοιχοι κωδικοί, ετικέτες και η αρίθμησή του για τη χημική ένωση.

Κατηγορία	**Υποκατηγορία**	**Κωδικός**	**Αρίθμηση**
Μακροσκοπικό επίπεδο		pccmacro	**1000**
	• Σχήμα	• pccmacroshape	1100
	• Χρώμα	• pccmacrocolour	1200
Φυσική κατάσταση		pccphystate	1300
	• Στερεά	• pccphystasolid	1310
	• Υγρά	• pccphystaliqu	1320
	• Αέρια	• pccphystagas	1330
Αντικείμενα		pccobject	1400
	• Φυσικά	• pccobjnatural	1410

	• Τεχνητά	• pccobjart	1420
Άνθρωπος		pcchuman	1500
	• Αποτέλεσμα της δράσης της ένωσης στον άνθρωπο	• pcchumeffect	1510
	• Αναλογία	• pcchumanalogy	1520
	• Ανθρωπομορφική αναπαράσταση	• pcchumanthropomorpic	1530
Χημικό πλαίσιο		pccchem	1600
Βιολογικό πλαίσιο		pccbio	1700
Χρήση		pccuse	1800
Λεκτικό		pccverbal	1900
Υπομικροσκοπικό επίπεδο		pccmicro	**2000**
Σωματιδιακή		pccmicparticle	2010
Πλήθος		pccmicnumbparticle	2020
Δεσμός		pccmicbond	2030
Δομή		pccmicstructure	2040
Συμβολικό επίπεδο		pccsymb	**3000**
Όνομα		pccname	**4000**
Υπόλοιπα		pccrest	5000

Πίνακας 5: Ορισμοί περιεχομένου κατηγοριών/υποκατηγοριών «εικόνα/εξήγηση χημικής ένωσης».

Κατηγορία/υποκατηγορία	**Ορισμός περιεχομένου**
Μακροσκοπικό επίπεδο	Η εικόνα έχει σχέση με αντικείμενα που γίνονται αντιληπτά από το μαθητή με τις αισθήσεις του.
Σχήμα	Η εικόνα περιλαμβάνει περίγραμμα.
Χρώμα	Η εικόνα δεν περιλαμβάνει περίγραμμα, παρά μόνο χρώμα.
Φυσική κατάσταση	Η απεικόνιση δείχνει κάποιο στερεό, υγρό ή αέριο.
• Στερεά	• Ό,τι περιέχεται ή υπάρχει σε κάτι και βρίσκεται σε στερεά κατάσταση.
• Υγρά	• Ό,τι περιέχεται ή υπάρχει σε κάτι και βρίσκεται σε υγρή κατάσταση ή ότι δείχνει σταγόνα.
• Αέρια	• Ό,τι περιέχεται ή υπάρχει σε κάτι και βρίσκεται σε αέρια κατάσταση, ό,τι δείχνει φυσαλίδες ή θύσανο δηλαδή καυσαέρια αυτοκινήτων, εργοστασίων.
Αντικείμενα	Όταν ζωγραφίζεται κάποιο σώμα που βρίσκεται στη φυσικά ή είναι κατασκευασμένο-τεχνητό.
• Φυσικά	• Αντικείμενο που έχει σχέση με ορυκτά, πλανήτες, αέρια ατμόσφαιρα, υδάτινους πόρους, φυτικό ή ζωικό βασίλειο.
• Τεχνητά	• Αντικείμενα που χρησιμοποιούνται ως εργαλεία-όργανα, που είναι συσκευές, όπλα, μέταλλα και φαγητό-τσιγάρο.
Άνθρωπος	Οτιδήποτε έχει σχέση με άνθρωπο και το αποτέλεσμα της δράσης του στοιχείου σε αυτόν, κάποια αναλογία ή ανθρωπομορφική αναπαράσταση.
• Αποτέλεσμα της	• Ο άνθρωπος έχει κάποιες συνέπειες

δράσης του στοιχείου	στην λειτουργία του οργανισμού του εξαιτίας των ιδιοτήτων των ενώσεων
• Αναλογία	• Ο άνθρωπος παίρνει τα χαρακτηριστικά κάποιας ένωσης.
• Ανθρωπομορφική αναπαράσταση	• Οι ενώσεις ζωγραφίζονται με ανθρώπινα χαρακτηριστικά.
Χημικό πλαίσιο	Η εικόνα αναπαριστά κάποια χημική αντίδραση, μίγματα και κάποιες καταστάσεις που δείχνουν διαδικασία δηλ. καταστάσεις πριν-μετά.
Βιολογικό πλαίσιο	Η ζωγραφιά έχει προέλευση από το μάθημα της Βιολογίας σχετικά με τη φωτοσύνθεση, την έλικα, το σπερματοζωάριο και το κυτταρικό τοίχωμα.
Χρήση	Συνδέει το στοιχείο με κάποια χρήση-αναγκαιότητά για τον οργανισμό μας, για κατασκευές, φάρμακα, καθαρισμό-αποστείρωση, τα φαγητά και τη φωτιά-θέρμανση-ψήσιμο.
Λεκτικό	Σε όποια εικόνα-εξήγηση έχουμε ηχητική ταύτιση όρων χημείας με έννοιες της καθημερινής ζωής.
Υπομικροσκοπικό επίπεδο	Οποιαδήποτε εικόνα δείχνει σωματιδιακή μορφή, των αριθμό των σωματιδίων, τους δεσμούς , τη δομή των στοιχείων και την υποσωματιδιακή τους αναπαράσταση.
Σωματιδιακή	Όποιο σωματίδιο ζωγραφίζεται ως σφαίρα, κόκκοι, κουκίδες.
Πλήθος	Αναφέρεται στον αριθμό των σωματιδίων που δείχνει η εικόνα.
Δεσμός	Αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο συνδέονται τα σωματίδια: απλός, διπλός, τριπλός δεσμός, ενωμένες σφαίρες ή γραμμές.
Δομή	Αναφέρεται στη διάταξη των σωματιδίων στο χώρο.
Συμβολικό επίπεδο	Οποιαδήποτε εικόνα απεικονίζει σύμβολα χημικών στοιχείων, μοριακούς τύπους χημικών ενώσεων, χημικές εξισώσεις ή τέλος

	απροσδιόριστη, δηλαδή που δεν συμβολίζει κάτι συγκεκριμένο.
Όνομα	Στην εικόνα αναφέρεται λεκτικά κάποιο στοιχείο ή χημική ένωση.
Υπόλοιπα	Οτιδήποτε δεν μπορούσε να κωδικοποιηθεί σε οποιαδήποτε άλλη κατηγορία και δεν παρέχειι κάποια πληροφορία.

Πίνακας 6: Αρίθμηση κάθε μέλους των κατηγοριών «εικόνα/εξήγηση χημικής ένωσης».

ΕΙΚΟΝΑ + ΕΞΗΓΗΣΗ ΧΗΜΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ	**PCC**	**Αριθμός κατηγορίας και μέλους κατηγορίας**
Μακροσκοπική	**pccmacro**	**1000**
Σχήμα	**pccmacroshape**	**1100**
Γραμμικό	1	1101
Κύκλικό	2	1102
Τριγωνικό	3	1103
Ακανόνιστο	4	1104
Ζιγκ-ζαγκ	5	1105
Σύννεφο	6	1106
Χρώμα	**pcccolour**	**1200**
Άσπρο	1	1201
Ασημί	2	1202
Άχρωμο	3	1203
Καφέ	4	1204
Κίτρινο	5	1205
Κόκκινο	6	1206
Μπλε	7	1207

Μωβ	8	1208
Μαύρο	9	1209
Πράσινο	10	1210
Πορτοκαλί	11	1211
Ροζ	12	1212
Ώχρα	13	1213
Φυσική κατάσταση	**pccphystate**	**1300**
• *Στερεά*	• *pccphystasolid*	***1310***
Περιεχόμενο	1	1311
• *Υγρά*	• *pccphystaliqu*	***1320***
Περιεχόμενο	1	1321
Σταγόνες	2	1322
• *Αέρια*	• *pccphystagas*	***1330***
Θύσανος	1	1331
Φυσαλίδες	2	1332
Υδρατμοί	3	1333
Αντικείμενα	pccobject	1400
• Φυσικά	• pccobjnatural	• 1410
Ορυκτά	1	1411
Αέρια ατμόσφαιρα	2	1412
Υδάτινοι πόροι	3	1413
Φυτικό βασίλειο	4	1414
Ζωικό βασίλειο	5	1415
• Τεχνητά	• pccobjart	• 1420
Εργαλεία-όργανα	1	1421
Συσκευές	2	1422

Όπλα	3	1423
Μέταλλα	4	1424
Άνθρωπος	**pcchuman**	**1500**
• Αποτέλεσμα της δράσης της ένωσης στον άνθρωπο	• pcchumeffect	• 1510
Με νερό ο μισός	1	1511
Χέρι με βαμμένα νύχια (ακετόνη)	2	1512
Στομάχι του ανθρώπου (υδροχλώριο)	3	1513
Που αποβάλλει μεθάνιο	4	1514
Που είναι κρεμασμένος	5	1515
Που λιώνει εξαιτίας ενός οξέος	6	1516
Κορίτσι/πρόσωπο που του μυρίζει κάτι άσχημα (διοξείδιο του θείου, υδροχλώριο)	7	1517
• Αναλογία	• pcchumanalogy	• **1520**
Πιασμένος χέρι με άλλους σχηματίζοντας το νερό	1	1521
Άνθρωποι που παίζουν με μπάλες και ενώνονται μεταξύ τους (προπανόνη)	2	1522
Σκοτώνει άλλον άνθρωπο	3	1523
• Ανθρωπομορφική αναπαράσταση	• pcchumanthropomorpic	• **1530**
Πρόσωπο με χαμόγελο	1	1531
Μεταμορφωμένος σε διάβολο	2	1532
Άνθρωπος που έχει την ιδιότητα του θείου	3	1533

Μάτι/αυτί/χέρι/μύτη/γλώσσα ανθρώπου (φαινυλομεθυλαμίνη)	4	1534
Ένα θυμωμένο-κακό πρόσωπο (ανθρακικό ασβέστιο)	5	1535
Χημικό πλαίσιο	**pccchem**	1600
Μείγματα	1	1601
Αποτέλεσμα χημικής αντίδρασης[14]	2	1602
Αντιμετώπιση-εξουδετέρωση	3	1603
Μοριακή απεικόνιση αντίδρασης	4	1604
Συνδυασμός στοιχείων (μοριακής ή άλλης απεικόνισης)	5	1605
Βιολογικό πλαίσιο	**pccbio**	1700
Φωτοσύνθεση	1	1701
Έλικα	2	1702
Σπερματοζωάριο	3	1703
Κυτταρικό τοίχωμα	4	1704
Αναπνοή/εκπνοή	5	1705
Χρήση	**pccuse**	**1800**
Αναλγητικό	1	1801
Για τον οργανισμό	2	1802
Καθαρισμός/αποστείρωση	3	1803
Κατασκευές	4	1804
Φαγητό/ποτό	5	1805

[14] μέλισσα+ αμμωνία, Ag NO_3 + NaCl = λευκό, Αμμωνία-κουνούπι

Φωτιά /θέρμανση/ ψήσιμο	6	1806
Λεκτικό	**pccverbal**	**1900**
Γερμανία	1	1901
Άνθρωποι στο ιερό του θεού Άμμωνα (αμμωνία)	2	1902
Υπομικροσκοπικό	**pccmicro**	**2000**
Σωματιδιακή	pccmicparticle	2010
Σφαίρες	1	2011
Κόκκοι	2	2012
Πλήθος	pccmicnumbparticle	2020
Ένα	1	2021
Δεσμός	pccmicbond	2030
Απλός	1	2031
Διπλός	2	2032
Τριπλός	3	2033
Ενωμένες σφαίρες	4	2034
Γραμμές	5	2035
Δομή	pccmicstructure	2040
Κυβική	1	2041
Συμβολικό	**pccsymb**	**3000**
Στοιχεία	1	3001
Χημική ένωση	2	3002
Χημικές εξισώσεις	3	3003
Απροσδιόριστα	4	3004
Συντακτικοί τύποι ενώσεων	5	3005
Όνομα	**pccname**	**4000**

Στοιχείο	1	4001
Χημική ένωση	2	4002
Υπόλοιπα	**pccrest**	**5000**

Πίνακας 7: Κωδικοποίηση των ζωγραφιών, οι αντίστοιχοι κωδικοί, ετικέτες και αρίθμησή τους για εικόνα και εξήγηση χημικής αντίδρασης.

Κατηγορία	**Υποκατηγορία**	**Κώδικας**	**Αρίθμηση**
Μακροσκοπικό επίπεδο		pcrmacro	1000
	• Σχήμα	• pcrshape	1100
	• Χρώμα	• pcrcolour	1200
Φυσική κατάσταση		pcrphystate	1300
	• Στερεά	• pcrphystasolid	1310
	• Υγρά	• pcrphystaliquid	1320
	• Αέρια	• pcrphystagas	1330
Αντικείμενα		pcrobject	1400
	• Φυσικά	• pcrobjnatural	1410
	• Τεχνητά	• pcrobjart	1420
Άνθρωπος		pcrhuman	1500
	• Αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων	• pcrhumeffect	1510
	• Αναλογία	• pcrhumanalogy	1520
	• Ανθρωπομορφική αναπαράσταση	• pcrhumanthropo morpic	1530
Χημικό πλαίσιο		pcrchem	1600
Βιολογικό πλαίσιο		pcrdaily	1700
Χρήση		pcruse	1800

Καθημερινό πλαίσιο		pcrbio	1900
Φυσικά φαινόμενα		pcrphysicphenom	4000
Υπομικροσκοπικό επίπεδο		pcrmicro	2000
Σωματιδιακή		pcrmicparticle	2010
Πλήθος		pcrmicnumberparticle	2020
Δεσμός		pcrmicbond	2030
Υποσωματιδιακή		pcrmicsubparticle	2040
Συμβολικό επίπεδο		pcrsymbol	3000
Υπόλοιπα		pcrrest	4000

Πίνακας 8: Ορισμός περιεχομένου κατηγοριών/υποκατηγοριών «εικόνα/εξήγηση χημικής αντίδρασης».

Κατηγορία/υποκατηγορία	**Ορισμός περιεχομένου**
Μακροσκοπικό επίπεδο	Η εικόνα έχει σχέση με αντικείμενα που γίνονται αντιληπτά από το μαθητή με τις αισθήσεις του.
Σχήμα	Η εικόνα περιλαμβάνει περίγραμμα.
Χρώμα	Η εικόνα δεν περιλαμβάνει περίγραμμα, παρά μόνο χρώμα.
Φυσική κατάσταση	Η απεικόνιση δείχνει κάποιο στερεό, υγρό ή αέριο.
• Στερεά	• Ότι περιέχεται ή υπάρχει σε κάτι και βρίσκεται σε στερεά κατάσταση.
• Υγρά	• Ότι περιέχεται ή υπάρχει σε κάτι και βρίσκεται σε υγρή κατάσταση ή ότι δείχνει σταγόνα.
• Αέρια	• Ότι περιέχεται ή υπάρχει σε κάτι και βρίσκεται σε αέρια κατάσταση, ότι δείχνει φυσαλίδες ή θύσανο, δηλαδή καυσαέρια αυτοκινήτων, εργοστασίων.
Αντικείμενα	Όταν ζωγραφίζεται κάποιο σώμα που βρίσκεται

	στη φυσικά ή είναι κατασκευασμένο-τεχνητό.
• Φυσικά	• Αντικείμενο που έχει σχέση με υδάτινους πόρους, φυτικό ή ζωικό βασίλειο.
• Τεχνητά	• Αντικείμενα που χρησιμοποιούνται ως εργαλεία, όπλα, κοσμήματα-μέταλλα, οχήματα και φάρμακο-τσιγάρο.
Άνθρωπος	Οτιδήποτε έχει σχέση με άνθρωπο και το αποτέλεσμα της δράσης του στοιχείου σε αυτόν, κάποια αναλογία ή ανθρωπομορφική αναπαράσταση.
• Αποτέλεσμα της χημικής αντίδρασης	• Ο άνθρωπος έχει κάποιες συνέπειες στο σώμα του εξαιτίας των χημικών αντιδράσεων που συμβαίνουν.
• Αναλογία	• Ο άνθρωπος παίρνει τα χαρακτηριστικά χημικών αντιδράσεων ή φυσικών φαινομένων.
• Ανθρωπομορφική αναπαράσταση	• Οι χημικές αντιδράσεις ζωγραφίζονται με ανθρώπινα χαρακτηριστικά.
Χημικό πλαίσιο	Η εικόνα αναπαριστά κάποια γενική κατηγορία αντιδράσεων, μίγματα, συνδυασμό στοιχείων, συνδυασμό στοιχείου και χημικής ένωσης.
Βιολογικό πλαίσιο	Η ζωγραφιά έχει προέλευση από το μάθημα της βιολογίας σχετικά με τη φωτοσύνθεση, το κύτταρο, κάποιο βιολογικό σύστημα ή βιολογική διεργασία.
Χρήση	Συνδέει τη χημική αντίδραση με την κίνηση, τραυματισμό και θέρμανση.
Καθημερινό πλαίσιο	Οτιδήποτε απεικονίζει καύση-φωτιά-έκρηξη, φθορά-σάπισμα, τρόφιμα, περιβαλλοντικά προβλήματα, συνδυασμό σωμάτων, αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων (πχ αφρό, αλλαγή χρώματος), αντιμετώπιση-εξουδετέρωση (πχ αμμωνία-μέλισσα) και διαδικασία επεξεργασίας τροφίμων (πχ σταφύλι → κρασί).
Φυσικά φαινόμενα	Φαινόμενα που έχουν να κάνουν με εξάτμιση, συμπίεση, διαχωρισμό μίγματος, αλλαγή φυσικής κατάστασης, μαγνήτης-μέταλλο, ηλεκτρισμός.

Υπομικροσκοπικό επίπεδο	**Οποιαδήποτε εικόνα δείχνει σωματιδιακή μορφή, των αριθμό των σωματιδίων, δεσμούς , και την υποσωματιδιακή αναπαράσταση μιας χημικής αντίδρασης.**
Σωματιδιακή	Όποιο σωματίδιο ζωγραφίζεται ως σφαίρα, κόκκος, κουκίδα.
Πλήθος	Πόσα σωματίδια δείχνει η εικόνα.
Δεσμός	Πως συνδέονται τα σωματίδια: με απλό, διπλό, τριπλό δεσμό, ενωμένες σφαίρες ή γραμμές.
Υποσωματιδιακή	Αν απεικονίζονται πρωτόνια, ηλεκτρόνια.
Συμβολικό	**Οτιδήποτε απεικονίζει χημικές εξισώσεις, χημικές ενώσεις, αναπαραστάσεις αντιδράσεων, σήματα-ετικέτες.**
Υπόλοιπα	Οτιδήποτε δεν μπορούσε να κωδικοποιηθεί σε άλλη κατηγορία και δεν προσδιορίζει κάποια πληροφορία.

Πίνακας 9: Αρίθμηση κάθε μέλους των κατηγοριών «εικόνα/εξήγηση χημικής αντίδρασης».

ΕΙΚΟΝΑ+ΕΞΗΓΗΣΗ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ	**PCR**	**Αριθμός κατηγορίας και μέλος κατηγορίας**
Μακροσκοπικό επίπεδο	**pcrmacro**	**1000**
Σχήμα	**pcrmacroshape**	**1100**
Ακανόνιστο	1	1101
Παραλληλόγραμμο	2	1102
Στρογγυλό	3	1103
Γραμμές	4	1104
Χρώμα	**pcrmacrocolour**	**1200**
Ασημί	1	1201
Άσπρο	2	1202
Γκρι	3	1203

Καφέ	4	1204
Κίτρινο	5	1205
Κόκκινο	6	1206
Μαύρο	7	1207
Μολυβί	8	1208
Μωβ	9	1209
Πορτοκαλί	10	1210
Πράσινο	11	1211
Χρυσό	12	1212
Ώχρα	13	1213
Φυσική κατάσταση	**pcrphystate**	**1300**
• Στερεά	• pcrphystasolid	1310
Περιεχόμενο	1	1311
• Υγρά	• pcrphystaliqu	1320
Περιεχόμενο	1	1321
Σταγόνα	2	1322
• Αέρια	• pcrphystagas	1330
Περιεχόμενο	1	1331
Θύσανος	2	1332
Φυσαλίδες	3	1333
Αντικείμενα	**pcrobject**	**1400**
• Φυσικά	• pcrobjnatural	1410
Υδάτινοι πόροι	1	1411
Φυτικό βασίλειο	2	1412
Ζωικό βασίλειο	3	1413
• Τεχνητά	• pcrobjart	1420

Εργαλεία	1	1421
Όπλα	2	1422
Οχήματα	3	1423
Κόσμημα-μέταλλα	4	1424
Τσιγάρο-depon	5	1425
Άνθρωπος	**pcrhuman**	**1500**
• Αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων στον άνθρωπο	• pcrhumeffect	1510
Άνθρωποι που παχαίνουν με το φαγητό	1	1511
Γυναίκα που βάζει καλλυντικά	2	1512
Άνθρωπος που μυρίζει γιατί δεν κάνει μπάνιο	3	1513
• Αναλογία	• pcrhumanalogy	**1520**
Που σκοτώνει -παλεύει με κάποιον άλλο	1	1521
Βάρος	2	1522
Σκέπτεται ανταλλαγές λουλουδιών από γλάστρες (οξειδοαναγωγή)	3	1523
Τρέχει και κάνει καύσεις/καίει λίπος μετά από προπόνηση	4	1524
Που έχει παγώσει (πήξη)	5	1525
Που προσπαθεί να σπάσει πάγο (τήξη)	6	1526
Που αποσυντίθεται (σχάση)	7	1527
• Ανθρωπομορφική αναπαράσταση	• pcrhumanthropo morpic	1530
3 πρόσωπα από οινόπνευμα	1	1531

2 άνθρωποι παίζουν	2	1532
Παίζουν και μετατρέπουν τον απλό δεσμό σε διπλό	3	1533
Άνθρωποι που συνθέτουν το υδροχλώριο	4	1534
Χημικό πλαίσιο	**pcrchem**	**1600**
Κατηγορίες	1	1601
Μίγματα	2	1602
Συνδυασμός στοιχείων	3	1603
Συνδυασμός στοιχείου + χημικής ένωσης	4	1604
Βιολογικό πλαίσιο	**pcrbio**	**1700**
Φωτοσύνθεση	1	1701
Κύτταρο	2	1702
Βιολογικό σύστημα	3	1703
Βιολογική διεργασία	4	1704
Χρήση	**pcruse**	**1800**
Τραυματισμός	1	1801
Κίνηση	2	1802
Θέρμανση	3	1803
Καθημερινό πλαίσιο	**pcrdaily**	**1910**
Καύση/φωτιά/έκρηξη	1	1911
Φθορά /σάπισμα	2	1912
Τρόφιμα	3	1913
Περιβάλλον	4	1914
Συνδυασμός σωμάτων	5	1915
Αντιμετώπιση-εξουδετέρωση	6	1916

Διαδικασία επεξεργασίας τροφίμων	7	1917
Φυσικά φαινόμενα	**pcrphysicphenom**	**1920**
Εξάτμιση	1	1921
Συμπίεση	2	1922
Διαχωρισμός μίγματος	3	1923
Αλλαγή φυσικής κατάστασης	4	1924
Μαγνήτης –μέταλλο	5	1925
Ηλεκτρισμός	6	1926
Υπομικροσκοπικό επίπεδο	**pcrmicro**	**2000**
Σωματιδιακή	**pcrmicparticle**	2010
Πλήθος	**pcrmicnumberparticle**	
Δεσμός	**pcrmicbond**	2030
Υποσωματιδιακή	**pcrmicsubparticle**	2040
Συμβολικό επίπεδο	**pcrsymbol**	**3000**
Χημικές εξισώσεις	1	3001
Χημικές ενώσεις	2	3002
Χημικές εξισώσεις και σωματιδιακή αναπαράσταση	3	3003
Σήματα-ετικέτες	4	3004
Υπόλοιπα	**pcrrest**	**4000**

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Alerby, E. (2000). A Way Of Visualising Children's and Young People's Thoughts about the Environment: a study of drawings, *Environmental Education Research*, 6, 205-222.
2. Vygotsky L. (1997). *Νους στην κοινωνία Η ανάπτυξη των ανώτερων ψυχολογικών διαδικασιών*, Αθήνα, Gutenberg.
3. Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M., and Harbor, J. (2007). Students' Mental Models of the Environment, *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 327-348.
4. Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M., Schellenberger, L., Harbor, J. (2007). What Is a Watershed? Implications of Student Conceptions for Environmental Science Education and the National Science Education Standards, *Science Education*, 91, 554-578.
5. Scherz, Z., Oren, M. (2006). How to Change Students' Images of Science and Technology, *Science Education*, 90, 965-985.
6. Dove, J.E., Everett, L.A., Preece, P.F.W.,(1999). Exploring a hydrological concept through children's drawings, International Journal of Science Education,21,(5), 485-497.
7. Bazarra, L. (1999). Children's Drawings About the Environment, *Environmental Education Research*, 5, 49-66.
8. Reiss, M. J. and Tunnicliffe, S.-D. (2001). *Students' Understandings of their Internal Structure as Revealed by Drawings*, in H. Behrendt et al. (eds.), Research in Science Education – Past, Present, and Future, 101–106. Kluwer Academic Publishers.
9. Stains, M. and Talanquer, V. (2007) Using Particulate Representations of Matter: An analysis of student thinking Classification of Chemical Substances, *International Journal of Science Education*, 29, 643–661.
10. Sanger, M. J. (2000). Using Drawings to Determine and Improve Students' Conceptions of Pure Substances and Mixtures, *Journal of Chemical Education*, 77, 762-766.

11. Wee, B. (2007). *An international comparison of children's drawings: conceptions of the environment in Singapore and the United States*. Paper presented at the National Association of Research in Science Teaching (NARST), New Orleans, U.S.A.

12. Prokop, P., Prokop, M., Tunnicliffe, S.-D., and Diran, C., (2007). Children's ideas of animals' internal structures, *Journal of Biological Education*, 41, 62-67.

13. Smith, K.J., and P.A. Metz. (1996). Evaluating student understanding of solution chemistry through microscopic representations. *Journal of Chemical Education*, 73, 233–235.

14. Taber, K. S. (2002). *Chemical misconceptions—prevention, diagnosis and cure*. London, Royal Society of Chemistry

15. Taber, K. S. (2003). Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner's prior learning. *Science Education*, 87, 732–758.

16. Kelly, R. M., Barrera, J. H. and Mohamed, S. C. (2010). An Analysis of Undergraduate General Chemistry Students' Misconceptions of the Submicroscopic Level of Precipitation Reactions, *Journal of Chemical Education*, 87, 113-118.

17. Kelly, R. M., Jones, L. L. (2008). Investigating Students' Ability To Transfer Ideas Learned from Molecular Animations of the Dissolution Process, *Journal of Chemical Education*, 85, 303-309.

18. Markic, S., and Eilks, I. (2010) First- Year Science Education Student Teachers' Beliefs about Student- and Teacher-Centeredness:Parallels and Differences between Chemistry and Other Science Teaching Domains, *Journal of Chemical Education*, 87, 335-339.

19. Farland, D. L., & McComas, W. F. (2007). *The enhanced (E-DAST): A more valid, efficient, reliable and complete method of identifying students' perceptions of scientists*. Paper presented at the National Association of Research in Science Teaching (NARST), New Orleans, USA.

20. Rennie, L. J., Jarvis, T. (1995). Children's Choice of Drawings to Communicate their Ideas about Technology, *Research in Science Education*, 25, 239-252.

21. Nicoll, G. (2003) A Qualitative Investigation of Undergraduate Chemistry Students' Macroscopic Interpretations of the Submicroscopic Structure of Molecules, *Journal of Chemical Education*, 80, 205-213.

22. Stains, M., and Talanquer, V. (2007). A2: Element or Compound?, *Journal of Chemical Education*, 84, 880-883.

23. Chang, H., Quintana, C., Krajcik, J. S. (2010). The Impact of Designing and Evaluating Molecular Animations on How Well Middle School Students Understand the Particulate Nature of Matter, Science Education, 94, 73-94.

24. Kind, V. (Formerly Barker, V.), (2004). *Beyond appearances. Students' misconceptions about basic chemical ideas*. 2nd edition, London, UK, Royal Society of Chemistry.

25. Krnel, D., Watson, R., & Glažar, S. A. (1998). Survey of research related to the development of the concept of 'matter'. *International Journal of Science Education*, 20, 257-289.

26. Salta, K., Tzougraki, C. (2011). Conceptual versus Algorithmic Problem-solving: Focusing on Problems dealing with Conservation of Matter in Chemistry, *Research in Science Education*, 41 (4), 587-609.

27. Σάλτα Κ., Τζουγκράκη Χ. (2009). *Νοητικά μοντέλα των μαθητών Γυμνασίου και Λυκείου για την έννοια «χημική αντίδραση»,* Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών, Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. και Ζουπίδης, Α. (επιμέλεια), τόμος 6, σελ. 755 – 762.

28. Driver, R. (1989). Student's conceptions and the learning of science, International Journal of Science Education, 11, (5), 481-490.

29. Holsti, O.R. (1969). *Content Analysis for the Social Sciences and Humanities*. Reading, MA, Addison-Wesley.

30. Stemler, S. (2001). An overview of content analysis. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 7(17). Retrieved February 12, 2012 from http://PAREonline.net/getvn.asp?v=7&n=17.

31. Robson, C. (2007) Η έρευνα του πραγματικού κόσμου, Αθήνα, Guntenberg.

32. Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research & Evaluation Methods*, Sage Publications.

33. Miles, M. B. and Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis*, Sage Publications.

34. Gkitzia, V., Salta, K., Tzougraki, C. (2011). Development and Application of Suitable Criteria for the Evaluation of Chemical Representations in School Textbooks, *Chemistry Education Research and Practice*, 12, 5-14.

35. Krnel, D., Watson, R., & Glažar, S. A. (2005). The development of the concept of 'matter': a cross-age study of how children describe materials, *International Journal of Science Education*, 27, (3), 367-383.

36. Talanquer, V. (2006). Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conception. *Journal of Chemical Education*, 83, 811-816.

37. Καραχάλιου Ι. (2011). *Διερεύνηση των νοητικών μοντέλων των μαθητών για την έννοια «Χημική αντίδραση»,* Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης ΔιΧηΝΕΤ, Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, Αθήνα.

38. Zhang, Z. H. and Linn, M. C. (2011). Can Generating Representations Enhance Learning With Dynamic Visualizations? Journal of Research in Science Teaching, 48, 1177–1198.