



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ»

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ «ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ»

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

«Βασικές έννοιες της Χημείας για μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης μέσα από την ιστορία και την εξέλιξη των κοσμημάτων»

ΣΤΕΦΟΠΟΥΛΟΥ ΑΦΡΟΔΙΤΗ

ΧΗΜΙΚΟΣ

ΑΘΗΝΑ

2019

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

«Βασικές έννοιες της Χημείας για μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης μέσα από την ιστορία και την εξέλιξη των κοσμημάτων»

ΣΤΕΦΟΠΟΥΛΟΥ ΑΦΡΟΔΙΤΗ

A.M.: 141105

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Σπύρος Κοΐνης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΚΠΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΣΠΥΡΟΣ ΚΟΪΝΗΣ

Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΚΠΑ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΕΘΕΝΙΤΗΣ

Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΚΠΑ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΨΑΡΟΥΔΑΚΗΣ

Επίκουρος Καθηγητής ΕΚΠΑ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ: 14/02/2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι μαθητές, δεν αντιλαμβάνονται και δεν αναγνωρίζουν τον ρόλο της Χημείας στην καθημερινή τους ζωή. Το γεγονός αυτό είναι ένα από τα θέματα που απασχολεί την έρευνα διεθνώς σε σχέση με τη διδακτική της Χημείας και τις νέες διδακτικές πρακτικές. Δεδομένης της διαπίστωσης αυτής, γίνονται ολοένα και περισσότερες προσπάθειες να εμπλουτιστούν τα σχολικά εγχειρίδια, οι διδακτικές προσεγγίσεις και το εκπαιδευτικό υλικό με στοιχεία που να συνδέουν την επιστημονική γνώση με την καθημερινότητα των μαθητών ώστε να αναβαθμίζεται το Αναλυτικό Πρόγραμμα και η διδασκαλία της Χημείας να αποκτά άλλο ενδιαφέρον αλλά και σαφή πρακτικό σκοπό. Μέσα από το πρίσμα των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κοσμημάτων αλλά και το πώς αυτά τα υλικά εξελίχθηκαν, οι μαθητές μπορούν να αντλήσουν σημαντικές επιστημονικές πληροφορίες για τα υλικά, να δώσουν εκτιμήσεις για τις ιδιότητες τους και να λύσουν τυχόν προβληματισμούς τους για στοιχεία και αντικείμενα που έρχονται σε επαφή στην καθημερινή τους ζωή. Τα κοσμήματα λοιπόν μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως εκπαιδευτικά εργαλεία για την ανάδειξη πολλών χημικών αρχών μέσα στη σχολική τάξη. Η χρήση μελετών περίπτωσης με θέματα από την ιστορία ή την καθημερινότητα, βοηθάει τους μαθητές να κατανοήσουν πως αναπτύχθηκαν, εδραιώθηκαν και έγιναν αποδεκτές βασικές έννοιες των φυσικών επιστημών, να συζητήσουν σχετικά με αμφιλεγόμενα ζητήματα, αλλά και να αντιληφθούν πως μπορεί να συσχετιστεί η επιστημονική γνώση με τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες τους.

Η ενσωμάτωση ενός τέτοιου θέματος, που σχετίζεται με το κόσμημα, την ιστορία του αλλά και την εξέλιξη του μέσα από τα υλικά παρασκευής του, μέσα στο σχολικό πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα σχετικού πειραματισμού και ενίσχυσης της μάθησης.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ειδίκευσης είναι η δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού, το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στη διδασκαλία Αρχών και εννοιών Χημείας, που ήδη συμπεριλαμβάνονται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα. Το εκπαιδευτικό υλικό, το οποίο χαρακτηρίζεται από διεπιστημονικό περιεχόμενο, αποτελείται από εργαστηριακές δραστηριότητες, φύλλα εργασίας, φύλλα αξιολόγησης, καθώς και μελέτες περίπτωσης συγκεκριμένων υλικών που χρησιμοποιούνται στην κοσμηματοποιία.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Διδακτική Χημείας

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: κόσμημα, εποικοδομισμός, διδασκαλία σε πλαίσιο, μέταλλα, χημικός δεσμός, χημεία πολυμερών

ABSTRACT

One of the issues that concerns scientists internationally in Chemistry education is that students do not perceive and recognize the role of Chemistry in their everyday life.

Due to this fact, efforts are increasingly being made to enrich school textbooks, teaching approaches and educational material with elements that link scientific knowledge to the daily routine of students. This results in the upgrade of the curriculum because chemistry acquires more interest but also a clear practical purpose. Through the case of the materials used to make jewelry and how these materials are actually evolved, students can get important scientific information about the materials, estimate their properties, and solve concerns about items and objects that can come into contact, in their everyday lives. Jewels can also be used as educational tools for highlighting many chemical principles within the classroom.

The use of case studies with topics from history or everyday life helps students to understand how basic concepts of science have been developed, accepted and at the same time discussing controversial issues, and realizing how scientific knowledge can be correlated with their interests and needs.

The incorporation of such a theme, related to jewelry, its history, and its evolution through its fabrics, within the school curriculum, provides opportunities for experimentation and the potential to enhance student learning the experimentation and enhancement of learning.

The purpose of this dissertation is the development of an instructional material which could be used in teaching both chemical principles and concepts already included in the Greek high school secondary curriculum. The instructional material, which is characterized by interdisciplinary content, consists of laboratory activities, worksheets , evaluation sheets, and case studies for specific materials used in jewelry.

SUBJECT AREA: Chemistry Teaching

KEYWORDS: jewelry, constructivism, context-based learning, metals, chemical bond, polymer chemistry

Στους γονείς μου,
Γιάννη και Μαριάνα
Στην θεία μου,
Αντωνία
και στην αδερφή μου,
Έλενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Διαπανεπιστημιακού-Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών με τίτλο «Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες» και αποτέλεσε προσπάθεια να συνδυαστεί η επιστήμη της Χημείας με την καθημερινή ζωή του μαθητή.

Θερμά και μέσα από τη καρδιά μου, ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή μου Καθηγητή κ. Σπύρο Κοΐνη, για την εμπιστοσύνη του κατά την ανάθεση της εργασίας, τη συμπαράστασή του, την υπομονή, την καθοδήγηση και την αμέριστη βοήθειά του καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας. Επιπρόσθετα, ευχαριστώ θερμά τον κ. Κωνσταντίνο Μεθενίτη, Αναπληρωτή Καθηγητή και τον κ. Νικόλαο Ψαρουδάκη, Επίκουρο Καθηγητή του τμήματος Χημείας της Σχολής Θετικών Επιστημών του Ε.Κ.Π.Α για την τιμή που μου έκαναν να αποτελέσουν μέλη της εξεταστικής επιτροπής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους γονείς μου, Ιωάννη και Μαριάννα, για την έμπνευση, για την αγάπη, την αμέριστη συμπαράσταση και στήριξη που μου έχουν προσφέρει και συνεχίζουν να μου προσφέρουν, καθώς και την θεία μου, Αντωνία και την αδερφή μου Έλενα, που ήταν πάντα δίπλα μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	15
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
1.1. Εποικοδομισμός.....	17
1.1.2 Επιστημολογικές Αρχές Εποικοδομισμού.....	18
1.1.3 Τύποι Εποικοδομισμού.....	18
1.1.4 Φάσεις Εποικοδομισμού.....	21
1.2 Διαθεματικά και Διεπιστημονικά Προγράμματα Σπουδών.....	22
1.3 Χημεία και Καθημερινή ζωή.....	25
1.4 Προβλήματα και Προκλήσεις κατά τη Διδασκαλία της Χημείας.....	25
1.5. Εννοιολογικός Προσδιορισμός του Πλαισίου και των αντίστοιχων διδακτικών προσεγγίσεων.....	29
1.5.2 Προέλευση και Ιδιότητες του πλαισίου.....	30
1.6 Το "κόσμημα" ως πλαίσιο για τη διδασκαλία της Χημείας.....	33
1.6.1 Κριτήρια επιλογής θέματος.....	33
1.6.2 Στόχοι Μεταπτυχιακής Εργασίας.....	33
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 -ΤΟ ΚΟΣΜΗΜΑ & Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ	35
2.1 Το Κόσμημα και η Ιστορία του.....	35
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΥΛΙΚΑ	39
3.1 Μέταλλα.....	39
3.1.2 Τα Μέταλλα και οι Ιδιότητές τους.....	39
3.2.1 Χρυσός- Ο Βασιλιάς των Μετάλλων.....	43
3.2.2 Φυσικές Ιδιότητες του Χρυσού.....	44
3.2.3 Αλχημεία.....	47
3.2.4 Χημικές Ιδιότητες του Χρυσού.....	50
3.2.5 Ο Χρυσός ως καταλύτης.....	53
3.2.6 Ενώσεις Χρυσού.....	55
3.2.7 Πλειάδες Χρυσού- Κολλοειδή.....	57
3.2.8 Κράματα Χρυσού.....	60

3.2.9 Χρυσοχοΐα- Τεχνικές.....	64
3.2.10 Άλλες χρήσεις του Χρυσού.....	65
3.3.1 Άργυρος - "Άσημος Άργυρος".....	68
3.3.2 Κοσμήματα από Άργυρο.....	70
3.3.3 Αλχημεία.....	70
3.3.4 Χημικές Ιδιότητες Αργύρου.....	71
3.3.5 Ειδικά Χαρακτηριστικά - Τυπικές Αντιδράσεις.....	74
3.3.6 Ενώσεις του Αργύρου.....	76
3.3.7 Ορυκτά Αργύρου.....	77
3.3.8 Κράματα Αργύρου- Καθαρότητα Αργύρου.....	79
3.3.9 Χρήσεις- Εφαρμογές.....	81
4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4- ΠΟΛΥΤΙΜΟΙ- ΗΜΙΠΟΛΥΤΙΜΟΙ ΛΙΘΟΙ.....	85
4.1 Η έννοια της δομής του Κρυσταλλικού Πλέγματος.....	85
4.1.2 Χημική Ταξινόμηση των Στερεών.....	90
4.1.3 Κρυσταλλικό Σύστημα.....	93
4.2 Χρώμα Πολύτιμων- Ημιπολύτιμων Λίθων.....	94
4.3 Διαμάντι.....	97
4.3.2 Ιστορία.....	97
4.3.3 Ορυκτολογία.....	99
4.3.4 Γεωλογία.....	100
4.3.5 Διάσημα Διαμάντια.....	101
4.3.6 Διαμάντι- Γραφίτης.....	102
4.4 Ρουμπίνι.....	106
4.5 Ζιρκόνιο.....	107
4.5.2 Η Χημεία του Ζιρκονίου.....	109
4.5.3 Συνθετική Ζιρκονία.....	110
4.6 Ημιπολύτιμοι Λίθοι.....	110
4.6.2 ΛάπιςΛάζουλι.....	112
4.7 Συνθετικές Πέτρες.....	113
4.7.2 Συνθετικά Διαμάντια.....	115
4.7.3 Ανάδειξη πέτρας.....	115
5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- ΤΟ ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΚΟΣΜΗΜΑ- ΝΕΑ ΥΛΙΚΑ.....	118

5.1 Εισαγωγή - Πολυμερή- Πλαστικά.....	118
5.1.2 Ταξινόμηση Πολυμερών.....	119
5.2 Ψευδοκοσμήματα.....	121
5.2.2 Κοσμήματα από Πολυμερικό Πηλό.....	122
5.2.3 PVC.....	123
5.2.4 Ιστορικό της σύνθεσης του PVC.....	123
5.2.5 Χαρακτηριστικές ιδιότητες του PVC.....	127
5.2.6 Εφαρμογές του PVC.....	128
5.2.7 Καρκινογόνες ιδιότητες του PVC.....	131
5.3 Ρητίνες.....	132
5.3.2 Πολυεστερικές Ρητίνες.....	133
5.3.3 Πολυμερισμός Ρητίνης.....	135
5.3.4 Είδη Ρητινών	135
5.3.5 Πολυεστερικές Ρητίνες που χρησιμοποιούνται στα κοσμήματα.....	137
6. ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	139
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	140
8. ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	188

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Τρόποι Οργάνωσης Αναλυτικού Προγράμματος.....	24
Σχήμα 2: GFMS η Παγκόσμια Ζήτηση Χρυσού ανά τομέα χρήσης.....	47
Σχήμα 3: Χρώμα Κραμάτων Χρυσού.....	63
Σχήμα 4: GFMS η Παγκόσμια Ζήτηση Αργύρου ανά τομέα χρήσης.....	82
Σχήμα 5: Συνθήκες Κρυστάλλωσης των δύο Πολύμορφων του Άνθρακα.....	104
Σχήμα 6: Σύνθεση του PVC.....	125
Σχήμα 7: PVC Εφαρμογές.....	130

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Εποικοδομησμός	17
Εικόνα 2: Εποικοδομησμός	20
Εικόνα 3: Περιοδικός Πίνακας	40
Εικόνα 4: Ελεύθερα Ηλεκτρόνια στη δομή ενός Κρυσταλλικού Πλέγματος	41
Εικόνα 5: Διαστρωμάτωση σωματιδίων μετάλλου στο Μεταλλικό πλέγμα	41
Εικόνα 6: Χρυσή μάσκα του Αγαμέμνονα	43
Εικόνα 7: Ράβδοι Χρυσού.....	44
Εικόνα 8: Αυτοφυή ψήγματα χρυσού.....	46
Εικόνα 9: Δομή κρυσταλλικού πλέγματος Au.....	50
Εικόνα 10: Μοντέλα σωμάτων σωματιδίων χρυσού σε επιφάνεια TiO_2	53
Εικόνα 11: AuBr	56
Εικόνα 12:Κολλοειδή Χρυσού.....	58
Εικόνα 13: vitro στην Παναγία των Παρισίων.....	59
Εικόνα 14: Κόσμημα Αρχαίου Κρητικού πολιτισμού	64
Εικόνα 15: Κουτάλα από Άργυρο	69
Εικόνα 16: Αντικείμενα από Άργυρο	70
Εικόνα 17: Πυρήνας Ag.....	71
Εικόνα 18: Θετικό και Αρνητικό test Tollens	75
Εικόνα 19: Αργυρίτης Ag_2S	75
Εικόνα 20: Κρύσταλλοι $AgNO_3$	76
Εικόνα 21: Ορυκτά Αργύρου	79
Εικόνα 22: Ράβδος Αργύρου	80
Εικόνα 23: Οδοντιατρικό αμάγαλμα.....	83
Εικόνα 24: Δομή ορυκτού αλίτη	85
Εικόνα 25: Δομή διαμαντιού	86
Εικόνα 26: Δομή Γραφίτη	87
Εικόνα 27: Παρουσία μεικτού χαρακτήρα Χημ. Δεσμού.....	88
Εικόνα 28: Αχάτης.....	94
Εικόνα 29: Διαμάντι.....	96
Εικόνα 30: Διαμάντι	97
Εικόνα 31: Εξώφυλλο μελέτης Tolkowski	99
Εικόνα 32: Διαμάντι.....	102
Εικόνα 33: Κρυσταλλοχημική Δομή Άνθρακα	105
Εικόνα 34: Ρουμπίνι Carmen Lucia	107

Εικόνα 35: Ζιρκόνιο από την Καμπότζη.....	108
Εικόνα 36: Δομή πυριτικών ορυκτών.....	109
Εικόνα 37: Ημιπολύτιμοι Λίθοι	111
Εικόνα 38: Μεταγιόν με ημιπολύτιμους λίθους.....	111
Εικόνα 39: Λάπις Λάζουλι	113
Εικόνα 40: Sacra catino.....	114
Εικόνα 41: Αχάτης.....	117
Εικόνα 42: Ψευδοκόσμημα.....	121
Εικόνα 43: Δαχτυλίδια από Πολυμεριζόμενο Πηλό	122
Εικόνα 44: PVC.....	123
Εικόνα 45: PVC	124
Εικόνα 46: Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα εκκινήτων	126
Εικόνα 47: Ριζικός Πολυμερισμός.....	127
Εικόνα 48: Τυπικοί Διαλύτες PVC.....	128
Εικόνα 49: Βραχιόλι από ρητίνη	132
Εικόνα 50: Μηχανικές πέρλες.....	133

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι εκπαιδευτικές προσεγγίσεις στη Χημεία δίνουν έμφαση κυρίως στην εκμάθηση «απομονωμένων» εννοιών σχετικών με τις χημικές ουσίες και τις χημικές αντιδράσεις και οι έρευνες σχετικά με την διδασκαλία της Χημείας προσανατολίζονται κυρίως στην ανάπτυξη και εφαρμογή μοντέλων για κατασκευή αιτιωδών εξηγήσεων μέσα απ' τις οποίες γίνεται η πρόβλεψη των αποτελεσμάτων. Η Χημεία χαρακτηρίζεται ως «τεχνοεπιστήμη» συνεπώς θα πρέπει να επιδιώκεται ο συνδυασμός της επιστημονικής γνώσης με την επίτευξη των τεχνολογικών στόχων όχι μόνο μέσα από την αναζήτηση εξηγήσεων αλλά και από τον σχεδιασμό ουσιών, τις διαδικασίες αντιμετώπισης προβλημάτων, την αξιολόγηση κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών οφελών, κόστους και κινδύνων που συνδέονται με τη χημική γνώση και τα προϊόντα.

Έννοιες όπως η ατομική δομή, η χημική αντίδραση, ο χημικός δεσμός κ.α., στερούνται σαφούς πρακτικού σκοπού. Διαπιστώνεται αποτυχία εμπλοκής των μαθητών στο να μάθουν πώς να απαντούν σε ερωτήσεις που αφορούν σε χημικές ανησυχίες και σύγχρονους προβληματισμούς. Στόχος λοιπόν για τα αναλυτικά προγράμματα και τα εκπαιδευτικά μοντέλα, είναι η ενεργή και «με νόημα» εμπλοκή των μαθητών με ενσωμάτωση κεντρικών ιδεών και πρακτικών μεταξύ διαφορετικών κλάδων ώστε να υιοθετήσουν συγκεκριμένες πρακτικές και συγκεκριμένους τρόπους συλλογισμού.

Η βαθιά κατανόηση στην επιστήμη υπερβαίνει την απομνημόνευση των απομονωμένων γεγονότων και εννοιών και περιλαμβάνει ένα αλληλέγγυο σύστημα γεγονότων, εννοιών, επιστημονικής έρευνας και ισχυρής ικανότητας επίλυσης προβλημάτων. Η επίλυση του προβλήματος, λοιπόν, δυσκολεύει τους μαθητές, αντίθετα, με μια άσκηση που οι μαθητές έχουν μια άμεση, άριστη ιδέα για το πώς να ολοκληρώσουν, ίσως επειδή ο δάσκαλός τους έδωσε οδηγίες για αυτό. Επί του παρόντος, η επιστήμη του σχολείου περιλαμβάνει πάρα πολλές ασκήσεις και πολύ λίγα προβλήματα.

Στον πυρήνα της πρότασης είναι η ιδέα ότι η διδασκαλία της Χημείας θα πρέπει να καθοδηγείται από την αναζήτηση απαντήσεων σε βασικά ζητήματα (από τι είναι φτιαγμένο το κάθε τι, πώς μπορώ να το φτιάξω κτλ.) και όχι από την πρόθεση να καλύψει ένα σύνολο βασικών θεμάτων (ατομική δομή, χημικός δεσμός κτλ.). Αυτό θα βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν ουσιαστική κατανόηση στις βασικές έννοιες που διατρέχουν την επιστήμη, μέσα από την εμπλοκή τους σε βασικές δραστηριότητες (έρευνα, σχεδιασμό, αξιολόγηση) στο καθημερινό περιβάλλον τους. Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να παρέχουν στους μαθητές μηχανισμούς για αναδιάρθρωση της γνώσης όπως η γνώση

βασισμένη σε κάποιο μοντέλο ή αναλογικό συλλογισμό και θα πρέπει να δίνουν σημασία και βάση στην ανάπτυξη των μεταγνωστικών δεξιοτήτων των μαθητών . Αυτό το είδος διδασκαλίας απαιτεί σημαντική κοινωνική υποστήριξη με συλλογικό (παραγωγικό) διάλογο και επιχειρήματα.

Στόχος είναι οι μαθητές να μπορούν να διαχωρίζουν τα αντικείμενα από τα υλικά όταν προσπαθούν να διαφοροποιήσουν τα είδη των υλικών και να αναπτύξουν την ιδέα των υλικών ως συστατικών των αντικειμένων. Σημαντικό είναι ότι οι ιδιότητες αποτελούν το πιο αποτελεσματικό μέσο για διαχωρισμό των χαρακτηριστικών και για το πώς τα υλικά ανταποκρίνονται σε αλλαγές που μπορούμε να ελέγξουμε πειραματικά. Οι μαθητές θα πρέπει να αναγνωρίζουν ότι η χημική ταυτότητα ανακαλύπτεται και κρίνεται καλύτερα από την ανάλυση του πώς οι ουσίες ανταποκρίνονται σε ποικίλες αλληλεπιδράσεις και όχι από την εστίαση στα επιφανειακά χαρακτηριστικά, την προέλευση ή την ιστορία των υλικών. Όλα αυτά βοηθούν στην «μοντελοποίηση» της φύσης καθώς οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν μοντέλα της ύλης μέσα από τα οποία μπορούν να εξηγήσουν τις διαφορές στις παρατηρούμενες συμπεριφορές και με κατάλληλη υποστήριξη αυτό μπορούν να το καταφέρουν από μικρή ηλικία και τα οποία όμως αργότερα θα πρέπει να αναθεωρούν.

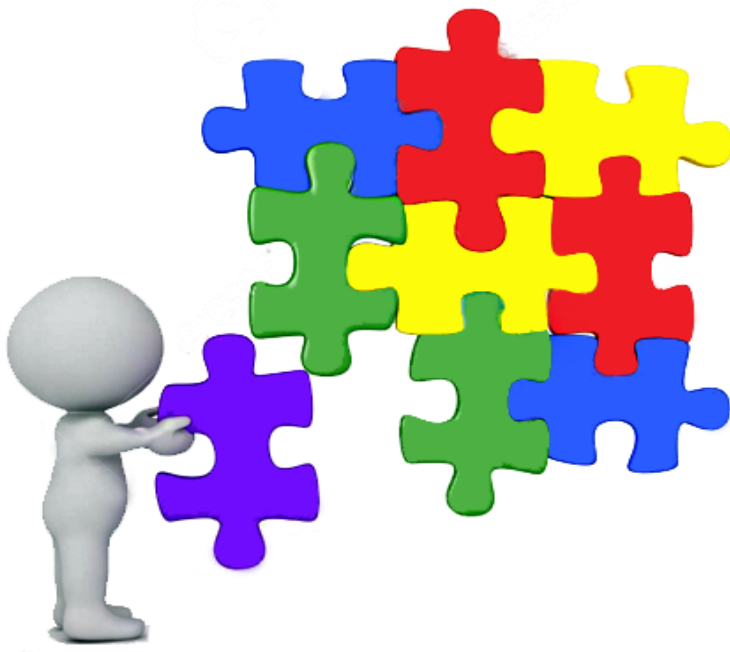
Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να θέτουν υψηλές προσδοκίες μάθησης, να επικεντρώνονται στις βασικές επιστημονικές γνώσεις και να επιδιώκουν μια βαθιά και ολοκληρωμένη κατανόηση της επιστημονικής έρευνας και το κύριο σώμα της επιστημονικής γνώσης. Για να βοηθήσουν τους μαθητές να επιτύχουν τους στόχους, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να κατανοήσουν τους τρόπους που δημιουργούν τη νέα γνώση, καθώς και την πολυπλοκότητα της μαθησιακής διαδικασίας, τη σημασία των προσωπικών αναζητήσεων των μαθητών και τις πιθανές ανησυχίες και τις συγκρούσεις που αυτοί αντιμετωπίζουν με τις έννοιες της επιστήμης. Πρέπει λοιπόν να επιδιώκεται μια καλή εκπαίδευση στην επιστήμη, που να προετοιμάζει τους μαθητές για προχωρημένες σπουδές και για την επαγγελματική σταδιοδρομία τους καθώς και να τους βοηθάει στο να αναγνωρίσουν τη σημασία, τη χρησιμότητα και την αξία της επιστήμης στην προσωπική καθημερινή τους ζωή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά σε βασικές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις και σύγχρονες τάσεις που αφορούν στη μάθηση των θετικών επιστημών, στις οποίες βασίζεται και η παρούσα εργασία. Σκοπός της παρούσας εργασίας λοιπόν, είναι η πρόταση μίας εναλλακτικής προσέγγισης της διδασκαλίας της Χημείας με απώτερο σκοπό την οικοδόμηση της νέας γνώσης, την εμπέδωση της καθώς και την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και την περαιτέρω εφαρμογή της στην καθημερινή ζωή.

Ο Εποικοδομισμός, η μάθηση με νόημα καθώς και η σύγχρονη θεωρία του πλαισίου αποτελούν βάση των σύγχρονων μεθόδων μάθησης.

1.1 Εποικοδομισμός



Εικόνα 1: Εποικοδομισμός

Ο Εποικοδομισμός είναι μία θεωρία μάθησης που έχει τις ρίζες της τόσο στην φιλοσοφία, όσο και στην ψυχολογία. Χρησιμοποιήθηκε από τον Seymour Papert που επηρεασμένος από τη γνωστική θεωρία του Piaget εισήγαγε τον παράγοντα άνθρωπο – μαθητευόμενο και κυρίως τον υποκειμενικό τρόπο αντίληψης, επεξεργασίας και κατανόησης του κάθε παιδιού για τον κόσμο γύρω του. Ο μαθητευόμενος δομεί το δικό του «νοητικό χάρτη» και

τις διαδικασίες σκέψης του, κατά τρόπο επιλεκτικό και ερμηνευτικό. Ο ουσιαστικός πυρήνας του εποικοδομισμού είναι ότι οι αρχαίοι οικοδομούν ενεργά τη γνώση τους και τη διαμορφώνουν μέσα από την εμπειρία τους [1]. Αυτός ο πυρήνας έχει τις ρίζες του στο παρελθόν και σε πολλούς φιλοσόφους συμπεριλαμβανομένων των Dewey, Hegel, Kant κ.α. Οι θεωρητικοί που συνδέονται με τον εποικοδομισμό είναι οι Dewey, Lev, Vygotsky, Piaget, Bruner, Papert, Resnick κ.α. Ο Von Glasersfeld πρότεινε τρεις ουσιαστικές επιστημολογικές αρχές του εποικοδομισμού στις οποίες έχει προστεθεί και μία τέταρτη λαμβάνοντας υπόψη τις πρόσφατες έρευνες.

1.1.2. Επιστημολογικές αρχές του Εποικοδομισμού

- 1) Η γνώση δεν συσσωρεύεται παθητικά αλλά μάλλον είναι το αποτέλεσμα της ενέργειας του ατόμου.
- 2) Η γνώση είναι μία προσαρμοστική διαδικασία που λειτουργεί για να καταστήσει τη συμπεριφορά ενός ατόμου πιο βιώσιμη λαμβάνοντας υπόψη ένα ιδιαίτερο περιβάλλον.
- 3) Η γνώση «οργανώνει» την εμπειρία και δεν συνιστά μία διαδικασία για να αποδώσει την πραγματικότητα.
- 4) Η γνώση έχει τις ρίζες της στην βιολογική – νευρολογική κατασκευή του ατόμου και τις κοινωνικές, πολιτιστικές και βασισμένες στη γλώσσα αλληλεπιδράσεις.

Κατά συνέπεια, ο εποικοδομισμός αναγνωρίζει τον ενεργό ρόλο του αρχαίου στην δημιουργία της γνώσης, τη σημασία της εμπειρίας (και μεμονωμένης και κοινωνικής) σε αυτή τη διαδικασία δημιουργίας της γνώσης, καθώς και το ότι η γνώση που δημιουργείται, ποικίλει στο βαθμό ισχύος της ως προς την ακριβή απόδοση της πραγματικότητας. [3]

1.1.3. Τύποι Εποικοδομισμού

Ο Εποικοδομισμός δεν είναι μία ενωτική θεωρητική θέση είναι μάλλον μία συνέχεια. Οι υποθέσεις που κρύβονται κάτω από αυτή τη συνέχεια ποικίλουν κατά μήκος διαφόρων διαστάσεων και έχουν οδηγήσει στον καθορισμό πολλών τύπων Εποικοδομισμού. Χαρακτηριστικά διακρίνονται τρεις ευρείες κατηγορίες: Γνωστικός Εποικοδομισμός, Κοινωνικός Εποικοδομισμός και Ριζικός Εποικοδομισμός. Οι τρεις αυτές κατηγορίες

συμπληρώνουν η μία την άλλη καθώς και η πραγματική διάσταση του Εποικοδομισμού βρίσκεται κάπου στον συνδυασμό τους.

Γνωστικός Εποικοδομισμός

Ο Γνωστικός Εποικοδομισμός αντιπροσωπεύει το ένα άκρο του Εποικοδομισμού και υπογραμμίζει μόνο τις πρώτες αρχές δηλαδή ότι η απόκτηση γνώσης είναι μία προσαρμοστική διαδικασία και προκύπτει από τις ενέργειες του ατόμου. Η γνώση από τη γνωστική θέση των δομιστών, είναι το αποτέλεσμα της εσωτερικοποίησης και της αναδημιουργίας της πραγματικότητας. Τα αποτελέσματα αυτής της διαδικασίας εσωτερικοποίησης είναι γνωστικές διαδικασίες και δομές που αντιστοιχούν ακριβώς στις διαδικασίες και δομές που υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο.

Ο Γνωστικός Εποικοδομισμός, ως θεωρία μάθησης θεωρείται συχνά «αδύνατη» μορφή Εποικοδομισμού, δεδομένου ότι περιγράφει μόνο δύο από τις τέσσερις επιστημολογικές αρχές του Εποικοδομισμού. Εντούτοις, ο Γνωστικός Εποικοδομισμός και ο συνδυασμός του με την επεξεργασία πληροφοριών έχουν οδηγήσει σε ένα πλήθος σημαντικών εμπειρικών συμπερασμάτων σχετικά με τη μάθηση, τη μνήμη και τη γνώση συμπεριλαμβανομένης της θεωρίας σχημάτων, των προτύπων λειτουργικής μνήμης, των υπολογιστικών προτύπων της μάθησης και της μνήμης και των νευρολογικών προτύπων της λειτουργίας του εγκεφάλου.

Ριζικός Εποικοδομισμός

Ο Ριζικός Εποικοδομισμός αντιπροσωπεύει το αντίθετο άκρο από τον Γνωστικό Εποικοδομισμό. Περιγράφει πλήρως τις τρεις επιστημολογικές αρχές. Επιπλέον υπάρχει μία τάση μέσα στον Ριζικό Εποικοδομισμό να δεχτεί την 4^η επιστημολογική αρχή αναγνωρίζοντας τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις ως πηγή γνώσης. Υποστηρίζει ότι ενώ μπορεί να υπάρξει μία εξωτερική πραγματικότητα η οποία είναι μη αναγνωρίσιμη στο άτομο, δεδομένου ότι από την εμπειρία μας, με τις εξωτερικές μορφές μεσολαβούν οι αισθήσεις μας οι οποίες δεν είναι «έμπειρες» στην απόδοση αυτής. Επομένως ενώ η γνώση κατασκευάζεται από την εμπειρία, στην πραγματικότητα αυτό που κατασκευάζεται δεν είναι μία αντιπροσώπευση της πραγματικότητας. Η προσαρμοστική φύση της γνώσης υπογραμμίζει ότι η γνώση δεν είναι «αντικειμενική» Στην πραγματικότητα δηλαδή η

εσωτερική γνώση δεν ταιριάζει με την εξωτερική πραγματικότητα αλλά μάλλον είναι βιώσιμο πρότυπο της εμπειρίας.

Μία αξιολόγηση του Ριζικού Εποικοδομισμού μας κάνει να τον θεωρούμε «ισχυρή» μορφή Εποικοδομισμού δεδομένου ότι αγκαλιάζει πλήρως τις τρεις επιστημολογικές αρχές δομητισμού και αγκαλιάζει και μερικώς και την 4^η. Εστιάζει δηλαδή στην κατασκευή των διανοητικών δομών, τη θέση των γνωστικών δομιστών και την κατασκευή της προσωπικής έννοιας.

Κοινωνικός Εποικοδομισμός

Ο Κοινωνικός Εποικοδομισμός βρίσκεται κάπου στη μέση μεταξύ της μετάδοσης της αναγνωρίσιμης πραγματικότητας των γνωστικών δομιστών και της κατασκευής μίας προσωπικής και συνεπούς πραγματικότητας των ριζικών δομιστών. Εδώ υποστηρίζονται και οι τέσσερις επιστημολογικές αρχές. Υπογραμμίζεται η κοινωνική φύση της γνώσης και θεωρείται ότι η γνώση συνιστά περισσότερο το αποτέλεσμα της κοινωνικής αλληλεπίδρασης και της γλώσσας, παρά της εμπειρίας. Επιπλέον αυτή η αλληλεπίδραση εμφανίζεται πάντα μέσα σ' ένα κοινωνικοπολιτιστικό πλαίσιο, με συνέπεια τη γνώση που είναι συνδεδεμένη με ένα συγκεκριμένο τόπο και χρόνο.

Η θεώρηση σ' αυτήν την προσέγγιση δεν είναι ούτε η αντικειμενική πραγματικότητα των γνωστικών δομιστών, ούτε η εμπειρική πραγματικότητα των ριζικών, αλλά μάλλον η γνώση που κατασκευάζεται από την κοινωνική αλληλεπίδραση και τη συμμετοχή σε κοινωνικοπολιτιστικά δρώμενα. Ο Κοινωνικός Εποικοδομισμός ασπάζεται και τις τέσσερις επιστημολογικές αρχές καθώς και την κατασκευή της γνώσης μέσα σε μία κοινωνική δραστηριότητα κάτι που τον χαρακτηρίζει σαν ισχυρή μορφή Εποικοδομισμού.

[1], [3]



Εικόνα 2: Εποικοδομισμός

1.1.4. Φάσεις Εποικοδομισμού

Η Φάση του προσανατολισμού

Με την έναρξη της διδασκαλίας ο δάσκαλος εξηγεί τι πρόκειται να επακολουθήσει. Προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών. Αυτό μπορεί να γίνει με την παρατήρηση ενός φαινομένου, μ' ένα πείραμα ή με την επίδειξη μίας διαφάνειας κλπ.

Η φάση ανάδειξης των ιδεών των μαθητών

Τα παιδιά εκφράζουν προφορικά ή γραπτά τις ιδέες τους. Ο δάσκαλος ανακαλύπτει τι σκέφτονται τα παιδιά και προετοιμάζει τις διδακτικές στρατηγικές του. Η ανάδειξη των ιδεών μπορεί να επιτευχθεί μέσα από τη συζήτηση, με ερωτηματολόγιο για ατομικές εργασίες, με υποθετικά πειράματα (όπου ζητείται η πρόβλεψη των αποτελεσμάτων) κλπ. Οι μαθητές χωρίζονται σε μικρές ομάδες και εργάζονται στην αρχή ατομικά και στη συνέχεια σε ομαδικό επίπεδο. Καταγράφουν τις απόψεις τους, ο δάσκαλος τις συγκεντρώνει, τις κατηγοριοποιεί και κάπως έτσι προκύπτουν τα μοντέλα των ιδεών των μαθητών.

Η φάση της αναδόμησης των ιδεών των μαθητών

Οι μαθητές ενθαρρύνονται να ελέγξουν τις ιδέες τους με σκοπό να τις επεκτείνουν, να τις αναπτύξουν ή ακόμα και να αντικαταστήσουν τις προϋπάρχουσες με άλλες. Σκοπός του δασκάλου είναι οι αλλαγές αυτές στις ιδέες των μαθητών συνειδητά από τη μεριά τους και να προσεγγίζεται όσο το δυνατόν περισσότερο το επιστημονικό πρότυπο. Στη φάση αυτή τα παιδιά καλούνται να εκτελέσουν τα υποθετικά πειράματα της προηγούμενης φάσης. Αν επαληθεύονται οι προβλέψεις τότε έχουμε επαλήθευση της προ υπάρχουσας γνώσης, αν όχι τότε έχουμε γνωστική σύγκρουση. Οι μαθητές εργάζονται σε μικρές ομάδες και εκτελούν τα πειράματα ακολουθώντας γραπτές οδηγίες. Τέλος προσπαθούν να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα. Στόχος του δασκάλου είναι οι μαθητές να οδηγηθούν σε αδιέξοδο και να αναρωτηθούν γιατί δεν ταιριάζουν οι ιδέες τους με τα αποτελέσματα των πειραμάτων. Αυτό ίσως να οδηγήσει σε εννοιολογική αλλαγή.

Η φάση της εφαρμογής των νέων ιδεών

Οι μαθητές συσχετίζουν όσα έμαθαν με τις εμπειρίες τους από την καθημερινής τους ζωής. Ωστόσο, θα πρέπει να τους δοθεί η ευκαιρία να βρουν πώς οι νέες ιδέες που απέκτησαν μπορούν να εφαρμοστούν στη λύση πραγματικών προβλημάτων και έτσι θα τις υιοθετήσουν ευκολότερα.

Η φάση της ανασκόπησης

Οι μαθητές πρέπει να αναγνωρίσουν τη σημασία όσων ανακάλυψαν και να συγκρίνουν τις αρχικές με τις νέες ιδέες. Έτσι θα συνειδητοποιήσουν την προηγούμενη με την τωρινή κατάσταση καθώς και την πορεία που ακολούθησαν μέχρι να φτάσουν στην αλλαγή των ιδεών τους (μεταγνώση). [4]

1.2 Διαθεματικά και Διεπιστημονικά Προγράμματα Σπουδών

Ο όρος διαθεματικότητα (cross-thematic intergration) αναφέρεται στη θεωρητική αρχή οργάνωσης του Αναλυτικού Προγράμματος που καταλύει τα διακριτά μαθήματα ως πλαίσια οργάνωσης της σχολικής γνώσης και επιχειρεί να προσεγγίσει τη σχολική γνώση ενιαιοποιημένη μέσα από τη συλλογική συνήθως διερεύνηση θεμάτων, ζητημάτων και προβληματικών καταστάσεων που παρουσιάζουν με τα κριτήρια των μαθητών ενδιαφέρον.

Το βασικό χαρακτηριστικό των διαθεματικών προγραμμάτων σπουδών, είναι ότι συγκροτούνται με κέντρο τον μαθητή, χρησιμοποιώντας ως πλαίσια οργάνωσης της σχολικής γνώσης θέματα, ζητήματα και προβλήματα που σχετίζονται με αυτόν. Η αλλαγή αυτή επιφέρει αλλαγές και στον τρόπο διδασκαλίας, ο οποίος αποκτά μαθητικοκεντρικό χαρακτήρα, ενώ ανάλογα οργανώνεται και το διδακτικό υλικό. Επιπλέον τα διαθεματικά προγράμματα σπουδών καταργούν τα διακριτά και αυτοτελώς διδασκόμενα μαθήματα, καταλύουν τα όρια των διδακτικών αντικειμένων και ανασυγκροτούν το περιεχόμενό τους γύρω από θέματα που απασχολούν ιδιαίτερα τους μαθητές, την κοινωνία, την επιστήμη και τον πολιτισμό. Αντιπροσωπεύουν έτσι τη λεγόμενη «καταστασιακή μάθηση» (situated learning) η οποία τοποθετεί τη μάθηση μέσα σε αυθεντικά πλαίσια, που αμβλύνουν την απόσταση μεταξύ σχολείου και πραγματικής ζωής. Τα αυθεντικά προβλήματα που

τίθενται, προϋποθέτουν αυτόματα την εμπλοκή δύο ή περισσότερων επιστημονικών πεδίων και επομένως καθίστανται αυτομάτως διαθεματικά. [5]

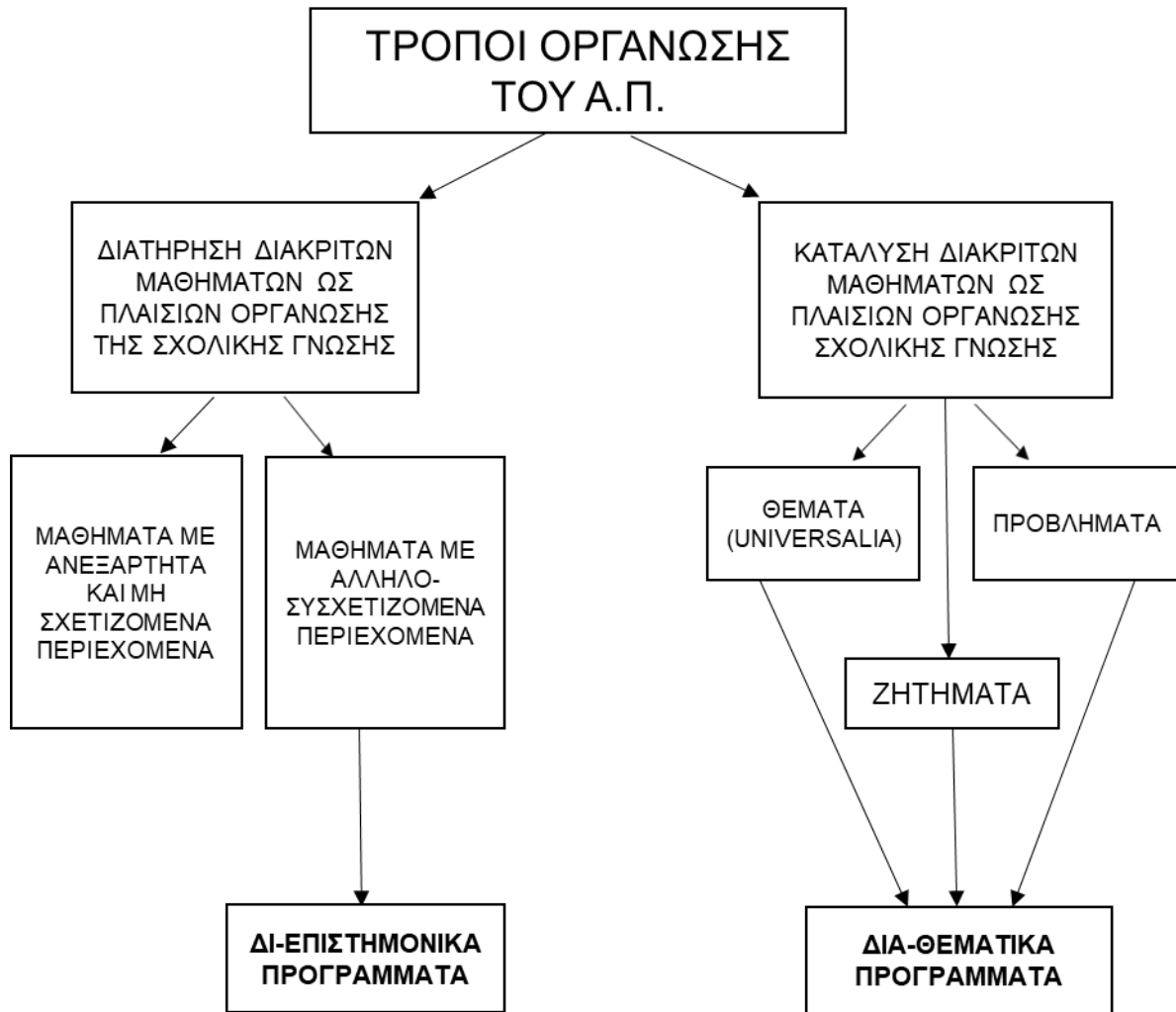
Ο όρος διεπιστημονικότητα (inter-disciplinarity) αναφέρεται σε μία θεωρητική αρχή οργάνωσης του Αναλυτικού Προγράμματος, σύμφωνα με την οποία, αν και διατηρούνται τα διακριτά μαθήματα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους γνωρίσματα, ωστόσο καταβάλλεται προσπάθεια ώστε με διάφορους τρόπους, τεχνικές και προσεγγίσεις να γίνουν διασυνδέσεις και συσχετίσεις μεταξύ περιεχομένου των διαφορετικών μαθημάτων, προκειμένου να επιτευχθεί πληρέστερη και σφαιρικότερη μελέτη του περιεχομένου των μαθημάτων.

Σύμφωνα με τη διεπιστημονική προσέγγιση διδασκαλίας, οι γνώσεις δεν πρέπει να διδάσκονται έξω από τις δομές των επιστημών που τις γέννησαν. Αντίθετα, πρέπει να υποστηρίζεται η διατήρηση των διακριτών διδακτικών αντικειμένων, να αναδεικνύονται οι εσωτερικές τους δομές, μέσα από τις οποίες διαφαίνονται. Οι αλληλεπιδράσεις και οι αλληλεξαρτήσεις των επιμέρους κλάδων, με βασικό σκοπό τη διαχείριση και κατανόηση πολύπλοκων φαινομένων. [5]

Παρά τη κοινή προσπάθεια μεταξύ της διαθεματικής και διεπιστημονικής προσέγγισης να υπερβούν τον παγιωμένο αποσπασματικό χαρακτήρα της γνώσης και να αναδείξουν σχέσεις, αλληλεπιδράσεις και αλληλεξαρτήσεις, μεταξύ τους υπάρχουν διαφοροποιητικά στοιχεία. Πρόκειται για δύο διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις, τόσο ως προς τον σχεδιασμό και εφαρμογή τους, αλλά και ως προς το είδος της γνώσης που μπορούν τελικά να παρέχουν.

Πρώτο σημείο διαφοροποίησης αποτελεί το γεγονός ότι τα διεπιστημονικά προγράμματα διατηρούν τα διακριτά μαθήματα, ως πλαίσια οργάνωσης της σχολικής γνώσης, εξασφαλίζοντας την ενδοκλαδική συνοχή. Το δεύτερο σημείο διαφοροποίησης είναι ότι ο χαρακτήρας των διεπιστημονικών προγραμμάτων είναι γνωσιοκεντρικός και οργανώνεται με βάση τα ενδιαφέροντα και τις προσεγγίσεις των αντίστοιχων επιστημονικών κλάδων. Αντίθετα, τα διαθεματικά προγράμματα βασίζονται στον μαθητο-κεντρικό σχεδιασμό, όπου σημείο εκκίνησης αποτελεί το ενδιαφέρον του μαθητή και όχι η διδακτέα ύλη, όπως αυτή καθορίζεται από το σχολείο και τις παραδοχές της επιστημονικής κοινότητας.

Τέλος, το τρίτο σημείο διαφοροποίησης είναι ότι τα διαθεματικά προγράμματα ενοποιούν τη γνώση σε πολλά επίπεδα ταυτόχρονα. Έτσι, προωθούν την ενιαιοποίηση δραστηριοτήτων του νου και του χεριού, δηλωτικής και διαδικαστικής γνώσης, θεωρίας και πράξης, σχολείου και κοινωνίας. [6]



Σχήμα 1: Τρόποι οργάνωσης Αναλυτικού Προγράμματος

1.3 Χημεία και Καθημερινή ζωή

Ο γενικός σκοπός της διδακτικής προσέγγισης «Χημεία και καθημερινή ζωή» είναι η σύνδεση του επιστημονικού περιεχομένου της Χημείας με την καθημερινή ζωή. Επειδή το μάθημα της Χημείας διδάσκεται και σε μαθητές που δεν θα ακολουθήσουν κάποια σχολή Θετικού Προσανατολισμού, θα πρέπει να γίνεται ελκυστικό μέσα από τη σύνδεση της διδασκόμενης ύλης με θέματα που απασχολούν καθημερινά τους μαθητές. Επιπλέον, ο μαθητής, ως αυριανός πολίτης, θα πρέπει να είναι εφοδιασμένος με τις γνώσεις εκείνες που θα του επιτρέπουν να ψάχνει τους σωστούς και επιστημονικούς τρόπους για την αναζήτηση της αλήθειας καθώς και να αποβάλλει το αίσθημα της χημειοφοβίας που πολλοί μπορεί να έχουν. Μέσα από πολλά και σημαντικά εκπαιδευτικά βιβλία που συγγράφησαν και συχνά ανανεώνεται η ύλη τους, αναπτύσσονται θέματα καθημερινότητας με απλή αλλά και επιστημονικά ακριβή επεξήγηση. [7]

1.4 Προβλήματα και προκλήσεις κατά τη διδασκαλία της Χημείας

Η διδασκαλία της Χημείας στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση επικεντρώνεται στην κάλυψη της διδακτέας ύλης, στην επίλυση πολύπλοκων ασκήσεων και προβλημάτων και στην προετοιμασία των μαθητών για τις Πανελλαδικές Εξετάσεις και την εισαγωγή τους στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι μαθητές να θεωρούν πολλές φορές το μάθημα δυσνόητο καθώς αποκομίζουν απ' αυτό «στείρες» επιστημονικές γνώσεις χωρίς σαφή πρακτικό σκοπό. Η μάθηση αποκτά μεγαλύτερη σημασία όταν τα μαθήματα έχουν εφαρμογή σε καταστάσεις της πραγματικής ζωής και η διδασκαλία γίνεται με στόχο την κατανόηση και όχι την απομνημόνευση. [8]

Ως εκ τούτου, προκύπτει η ανάγκη για βελτίωση της ποιότητας της εκπαίδευσης και αναβάθμιση των υπαρχόντων αναλυτικών προγραμμάτων για το μάθημα της Χημείας. Σημαντικό και κυρίαρχο εργαλείο των εκπαιδευτικών και των μαθητών, το οποίο διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στη διδασκαλία λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις του Αναλυτικού Προγράμματος, είναι το εκάστοτε σχολικό βιβλίο Χημείας. Η διδασκαλία στα ελληνικά σχολεία, βασίζεται ως επί το πλείστον στα σχολικά εγχειρίδια και οι δραστηριότητες που επιτελούνται στην τάξη καθορίζονται από αυτά. Έτσι, οποιαδήποτε βελτίωση του αναλυτικού προγράμματος θα πρέπει, πρώτα και κύρια, να περιλαμβάνει την αναβάθμιση της διδακτέας ύλης και τη βελτίωση των σχολικών εγχειριδίων. Η

βελτίωση αυτή μπορεί να στηριχθεί στην αξιολόγηση και εκτίμηση της υπάρχουσας κατάστασης και συγκεκριμένα στην ανάλυση των διαφόρων σχολικών εγχειριδίων που χρησιμοποιούνται σήμερα από καθηγητές και μαθητές.

Σύμφωνα με έρευνα που έγινε με σκοπό την διερεύνηση των γνώσεων, των δεξιοτήτων και των στάσεων που αποκτούν οι μαθητές από το μάθημα της Χημείας κατά την εκπαίδευσή τους αλλά και του ρόλου που παίζουν αυτές στην καθημερινή τους ζωή διαπιστώθηκε η ανάγκη για αναμόρφωση των προγραμμάτων σπουδών με σκοπό τη στροφή από τη διδασκαλία της Χημείας για τη Χημεία, στη διδασκαλία της επιστήμης της Χημείας ως στοιχείου χρήσιμου και αλληλένδετου με την καθημερινή ζωή του μαθητή, η οποία θα οδηγήσει στην ανάπτυξη θετικών στάσεων για το μάθημα της Χημείας. [9]

Η διδασκαλία της Χημείας και κατ' επέκταση η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, έχει συχνά τεθεί στο στόχαστρο της κριτικής, τόσο στην Ελλάδα όσο και σε άλλες χώρες.

Τα βασικά προβλήματα που σχετίζονται με τη διδασκαλία της Χημείας συνοψίζονται στα εξής:

α. Υπερφόρτωση. Τα αναλυτικά προγράμματα Χημείας είναι υπερφορτωμένα σε περιεχόμενο ως αποτέλεσμα της διαρκώς επιταχυνόμενης συσσώρευσης της επιστημονικής γνώσης.

β. Αποσπασματική γνώση. Τα αναλυτικά προγράμματα είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε οι μαθητές δεν μαθαίνουν πώς να δημιουργούν συσχετίσεις ανάμεσα στις αποσπασματικές γνώσεις που διδάσκονται. Μία τέτοια διδασκαλία έχει ως αποτέλεσμα τη χαμηλή συμμετοχή της τάξης στη μαθησιακή διαδικασία και την προσωρινή μόνο συγκράτηση της γνώσης.

γ. Έλλειψη μεταφοράς της γνώσης. Οι μαθητές μπορούν να επιλύουν προβλήματα ίδια ή και παρόμοια με αυτά που έχουν διδαχθεί. Όταν καλούνται να επιλύσουν προβλήματα που προϋποθέτουν μεν τις ίδιες βασικές γνώσεις, αλλά παρουσιάζονται με διαφορετικό τρόπο, αδυνατούν να τα αντιμετωπίσουν. Υπάρχει επομένως ελάχιστη ή και καθόλου μεταφορά της γνώσης, που αποτελεί ωστόσο απαραίτητη προϋπόθεση για μία δια βίου μάθηση της Χημείας ή/και τη χρήση της στην καθημερινή ζωή.

δ. Αδυναμία μεταφοράς. Οι περισσότεροι μαθητές δεν μπορούν να συσχετίσουν το αντικείμενο της Χημείας με τα προσωπικά τους ενδιαφέροντα ή εμπειρίες. Έτσι, τείνουν να αντιμετωπίζουν τη Χημεία ως υποβοηθητική επιστήμη, αντί να αντιλαμβάνονται την αξία της. Στην καλύτερη περίπτωση, η Χημεία έχει καταλήξει να αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για κάποιον άλλο τομέα που πραγματικά ενδιαφέρει τους μαθητές.

ε. Ανεπαρκής έμφαση. Παραδοσιακά, η έμφαση στα αναλυτικά προγράμματα Χημείας δίνεται με συγκεκριμένη σειρά προτεραιοτήτων που θεωρείται όλο και περισσότερο ανεπαρκής ως βάση για τη διδασκαλία της Χημείας από την πλειοψηφία των μαθητών, που δεν θα ακολουθήσουν σπουδές στο αντικείμενο της Χημείας, κυρίως όταν ευρύτερος στόχος θεωρείται ο επιστημονικός εγγραμματισμός.

Κάθε ένα από τα παραπάνω προβλήματα θέτει και μία σειρά από προκλήσεις για την επιστημονική και εκπαιδευτική κοινότητα, η πλειοψηφία των οποίων μπορεί να απαντηθεί με τη χρήση του «πλαϊσίου» ως βάση για τον σχεδιασμό των αναλυτικών προγραμμάτων της Χημείας και τη διδασκαλία της στην τάξη. [10]

Από την ανωτέρω αναφορά σε προβλήματα κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και ειδικότερα του μαθήματος της Χημείας καθώς και των αρνητικών στάσεων των μαθητών, προκύπτει η ανάγκη για δημιουργία εκπαιδευτικών προγραμμάτων που θα είναι πιο ελκυστικά και ενδιαφέροντα προς τους μαθητές, θα βασίζονται στην αρχή του "πρέπει να γνωρίζουν" ("need-to-know" principle) και στα οποία η Χημεία θα διδάσκεται υπό το πρίσμα της χρησιμότητάς της, στη ζωή κάθε μαθητή. Τα προγράμματα αυτά θα πρέπει να περιλαμβάνουν αναγνωρίσιμες έννοιες και στο πλαίσιο τους η εκμάθηση της χημικής θεωρίας να αποκτά νόημα για τους μαθητές. [11]

Σύμφωνα με εκπαιδευτική έρευνα από το χώρο της κοινωνιολογίας με τον τίτλο "Citizenship for the 21st century", προτείνεται μια διαθεματική/ διεπιστημονική προσέγγιση της εκπαιδευτικής διαδικασίας γενικώς, κατά την οποία η υιοθέτηση αξιών και αντιλήψεων, η κατανόηση εννοιών και η ανάπτυξη ικανοτήτων και δεξιοτήτων από τους μαθητές, δομείται συνολικά μέσα από το περιεχόμενο όλων των μαθημάτων και όχι από το κάθε αντικείμενο ξεχωριστά [12]. Η διαθεματικότητα καταλύει τις διαχωριστικές γραμμές μεταξύ των επιμέρους γνωστικών αντικειμένων και ενισχύει τη σχολική γνώση γύρω από θέματα που παρουσιάζουν αυξημένο ενδιαφέρον για τους μαθητές. [5]

Επίσης συστήνεται η παρουσίαση της διδακτέας ύλης μέσω επεξηγηματικών ιστοριών (explanatory stories) χρησιμοποιώντας την αφήγηση και η χρήση μελετών περίπτωσης (case studies) με θέματα από την ιστορία ή την καθημερινότητα, ώστε να είναι σε θέση οι μαθητές να κατανοήσουν πως αναπτύχθηκαν, εδραιώθηκαν και έγιναν αποδεκτές βασικές έννοιες των φυσικών επιστημών, να συζητήσουν σχετικά με αμφιλεγόμενα ζητήματα, αλλά και να αντιληφθούν πως μπορεί να συσχετιστεί η επιστημονική γνώση με τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες τους. Ως κυρίαρχος στόχος του νέου προγράμματος τίθεται η προετοιμασία των μαθητών για να ζήσουν μία γεμάτη και ικανοποιητική ζωή στον κόσμο του 21ου αιώνα, όπου η ραγδαία επιστημονική και τεχνολογική ανάπτυξη οδηγεί σε μια πληθώρα περιβαλλοντικών και κοινωνικών εξελίξεων προκαλώντας συχνά τη δημόσια ανησυχία. Μια υγιής και δημοκρατική κοινωνία του μέλλοντος έχει ανάγκη από άτομα με ευρεία αντίληψη της επιστήμης και της μεθοδολογίας της, που αναγνωρίζουν την αξία και τη συνεισφορά των φυσικών επιστημών στο σύγχρονο πολιτισμό, αλλά και τα όρια και τις αντοχές των επιστημονικών δεδομένων και είναι σε θέση να εκτιμήσουν τους κινδύνους και τις ηθικές επιπτώσεις από τις επιστημονικές επιλογές, να εμπλακούν, και να επιχειρηματολογήσουν για τα θέματα αυτά. [12], [13]

Ως βασικός σκοπός κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή των αναλυτικών προγραμμάτων προτείνεται η συμμετοχή των μαθητών σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες που θα χρησιμοποιούν τη λογική και τη δημιουργική σκέψη για την επίλυση των προσωπικών προβληματισμών τους. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές θα δομούν τις δικές τους έννοιες και αντιλήψεις ενσωματώνοντας τη νέα γνώση με την προϋπάρχουσα γνώση και εμπειρία τους και θα γεφυρώνουν το χάσμα που συχνά παρατηρείται ανάμεσα στις εμπειρίες και τις παρατηρήσεις των μαθητών από τη μια και τις επιστημονικές ερμηνείες από την άλλη. Έτσι, όταν η μάθηση στηρίζεται σε αυτά που ήδη γνωρίζουν ή μπορούν να παρατηρήσουν οι μαθητές, είναι εφικτή η καλύτερη κατανόηση των χημικών εννοιών. [14]

Ιδιαίτερης σημασίας επίσης, είναι η διάκριση μεταξύ μηχανικής μάθησης/αποστήθισης (rote learning) και μάθησης με νόημα (meaningful learning). Μέσω της μάθησης με νόημα οι μαθητές προσπαθούν να ενσωματώσουν νέα γνώση στην υπάρχουσα γνώση τους και έτσι αποκτούν ένα πιο εκτεταμένο δίκτυο γνώσης. Αντίθετα, η μηχανική μάθηση είναι η αυθαίρετη, μη ουσιώδης αποθήκευση των γνώσεων στη γνωστική δομή. Ο μαθητής απλά απομνημονεύει πληροφορίες χωρίς προσπάθεια ή κίνητρο να συσχετίσει αυτές τις

πληροφορίες με πρότερη γνώση. Για το λόγο αυτό ένας τέτοιος μαθητής θα έχει ένα λιγότερο εκτεταμένο δίκτυο γνώσης. Η μηχανική μάθηση είναι αναποτελεσματική για μακροχρόνια διατήρηση και εφαρμογή της γνώσης. Υπάρχει ελάχιστη ή καθόλου ενσωμάτωση της νέας γνώσης με την υπάρχουσα, με αποτέλεσμα α) η γνώση που μαθαίνεται μηχανικά τείνει να ξεχαστεί γρήγορα και β) η δομή γνώσης του μαθητή δεν ενισχύεται ή δεν τροποποιείται, με συνέπεια οι παρερμηνείες εννοιών να παραμένουν και η γνώση που αποκτάται να μην έχει δυνατότητα μετέπειτα εφαρμογής. Μόνο η μάθηση νόημα επιτρέπει εκτενή μεταφορά της γνώσης σε νέες ρυθμίσεις και υποστηρίζει προοδευτικά μεγαλύτερη ανάπτυξη δεξιοτήτων. [15]

1.5.1 Εννοιολογικός προσδιορισμός του πλαισίου και των αντίστοιχων διδακτικών προσεγγίσεων.

Τα τελευταία χρόνια, αρκετές έρευνες έχουν στραφεί γύρω από τη διδασκαλία της Χημείας με βάση το πλαίσιακό μοντέλο μάθησης, αναγνωρίζοντας την ανάγκη αντιμετώπισης και υπέρβασης των προβλημάτων που σχετίζονται με τη διδασκαλία της Χημείας, με έναν τρόπο σύγχρονο, ριζοσπαστικό και ταυτόχρονα παιδαγωγικό.

Ο Gilbert περιγράφει τη λειτουργία του πλαισίου ως τις συνθήκες εκείνες που δημιουργούν το απαραίτητο περιβάλλον, ώστε να λάβει χώρα ένα γεγονός, μία δήλωση ή μία ιδέα, καθώς και οι όροι με τους οποίους το πλαίσιο αυτό μπορεί να γίνει απόλυτα κατανοητό. Μία μη λεκτική συμπεριφορά, όπως για παράδειγμα ένα διάγραμμα, ή ένα παραστατικό μοντέλο ή ακόμα μία φωτογραφία, μπορούν να δημιουργήσουν ένα πλαίσιο, εντός του οποίου θα αναπτυχθεί συζήτηση. Έτσι, υπό την έννοια του εργαλείου που αποδίδει νόημα, το πλαίσιο ορίζεται ως ένα «γεγονός εστίασης» (focal event), που έλκει την προσοχή των μαθητών και τίθεται στο κέντρο του ενδιαφέροντος. [16]

Οι προσεγγίσεις που βασίζονται σε πλαίσιο (context-based approaches) είναι προσεγγίσεις που υιοθετούνται στη διδασκαλία των επιστημών και κατά τις οποίες τα πλαίσια και οι εφαρμογές της επιστήμης χρησιμοποιούνται ως σημεία εκκίνησης για την ανάπτυξη των επιστημονικών ιδεών. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους οι οποίες καλύπτουν πρώτα τις επιστημονικές ιδέες πριν αναφερθούν στις εφαρμογές αυτών. [17]

Παρόλο που είναι δύσκολο να δοθεί ένας μοναδικός, ακριβής, τεχνικός ορισμός της έννοιας του πλαισίου, οι πλαισιωμένες προσεγγίσεις διδασκαλίας αποσκοπούν στη βελτίωση του ενδιαφέροντος, των στάσεων και την ενθάρρυνση των μαθητών χρησιμοποιώντας αυθεντικές καταστάσεις και πλαίσια με νόημα, ως αφορμή για τη διδασκαλία των επιστημονικών εννοιών. Η μεταφορά των επιστημονικών εννοιών στον πραγματικό κόσμο προσδίδει στη γνώση νόημα, αποκτά χρηστικό χαρακτήρα και μπορεί να βοηθήσει στη λύση προβλημάτων της καθημερινής ζωής. Η διδασκαλία σε αυτές τις προσεγγίσεις ξεκινάει από τη διδασκαλία ενός πλαισίου αναγνωρίσιμου από τους μαθητές, το οποίο ενημερώνει τους εκπαιδευόμενους για τη γνώση των εννοιών που απαιτούνται για τη κατανόηση του συγκεκριμένου θέματος.

Η παιδαγωγική που βασίζεται σε πλαίσιο επικεντρώνεται σε μαθητικοκεντρικές δράσεις και διερευνητικού τύπου εργαστηριακές δραστηριότητες, ελαχιστοποιώντας τις παραδοσιακές διαλέξεις και τις εργαστηριακές ασκήσεις τύπου συνταγής. [18]

1.5.2 Προέλευση και ιδιότητες του πλαισίου

Αναφορικά με τη διδασκαλία της Χημείας, το πλαίσιο θα πρέπει να λειτουργεί ως ένα συνεπές διανοητικό εργαλείο, που θα εντάσσει κάθε νέα γνώση σε μία ευρύτερη προοπτική. Θα πρέπει να δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να διακρίνουν το νόημα και τις πιθανές εφαρμογές των όσων διδάσκονται, ενώ ταυτόχρονα να συνδέει τη νέα γνώση με τις ήδη υπάρχουσες γνώσεις, τα ενδιαφέροντα και τις ιδέες.

Ο De Jong αναγνωρίζει τέσσερις τομείς από τους οποίους μπορεί να προέρχεται το πλαίσιο: ο προσωπικός, ο κοινωνικός, ο επαγγελματικός και ο επιστημονικός/τεχνολογικός τομέας. Στον προσωπικό τομέα, τα πλαίσια συνδέουν την επιστήμη με τη προσωπική ζωή του μαθητή. Παράδειγμα πλαισίου προερχόμενο από τον προσωπικό τομέα είναι αυτό της φροντίδας της προσωπικής υγείας. Στον κοινωνικό τομέα, τα πλαίσια αναφέρονται στον ρόλο του μαθητή στην κοινωνία και σε κοινωνικά θέματα. Παραδείγματα αποτελούν το πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής και οι επιδράσεις της όξινης βροχής. Στον επαγγελματικό τομέα, τα πλαίσια σχετίζονται με τα μελλοντικά σχέδια του μαθητή για την καριέρα του. Οι μεθοδολογίες/πρακτικές των χημικών μηχανικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως παράδειγμα για αρκετές διαδικασίες και θέματα. Τέλος, στον επιστημονικό/τεχνολογικό τομέα το πλαίσιο διαμορφώνεται από τις επιστημονικές

καινοτομίες και ανακαλύψεις. Η μετατόπιση παραδείγματος σε ένα μοντέλο ή θεωρία δηλαδή η απόρριψη ενός προϋπάρχοντος μοντέλου ή θεωρίας και η αποδοχή ενός νέου που ερμηνεύει πληρέστερα τα επιστημονικά δεδομένα και παρατηρήσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως παράδειγμα πλαισίου σε αυτόν τον τομέα. [19]

Ο Gilbert αναγνωρίζει τέσσερις ιδιότητες τις οποίες πρέπει να έχει ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο και οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κριτήρια για τον σχεδιασμό αντίστοιχων μαθημάτων. Οι ιδιότητες αυτές είναι:

Το σκηνικό του γεγονότος κομβικής σημασίας (The setting of the focal event): Οι μαθητές θα πρέπει να αντιλαμβάνονται το σκηνικό εντός του οποίου λαμβάνει χώρα το εστιασμένο γεγονός, ως ένα κοινωνικό, χωρικό και χρονικό πλαίσιο το οποίο χρησιμοποιείται από μία κοινότητα πρακτικής, η οποία μπορεί να αποτελείται από επιστήμονες, τεχνολόγους, το κοινό ή ένα μείγμα όλων των ενδιαφερόμενων μελών. Σύμφωνα με τη θεωρία της δραστηριότητας (activity theory), η οποία ανήκει στις κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης, το σκηνικό του γεγονότος κομβικής σημασίας θα πρέπει να βρίσκεται εντός της ζώνης επικείμενης ανάπτυξης του μαθητή, να συνδέεται με τη προσωπική και κοινωνική ζωή του μαθητή και να προκαλεί κίνητρα για μάθηση.

Συμπεριφορικό περιβάλλον (Behavioural environment): Οι μαθησιακές εργασίες, για να είναι υψηλής ποιότητας, θα πρέπει να φέρουν στο προσκήνιο ένα ειδικά σχεδιασμένο περιβάλλον συμπεριφοράς. Δηλαδή ο τρόπος με τον οποίο οι εργασίες αυτές θα αντιμετωπιστούν και το είδος των δραστηριοτήτων που θα πρέπει να πραγματοποιηθούν οριοθετούν τη συζήτηση που στη συνέχεια θα λάβει χώρα. Η συζήτηση αυτή θα προκαλέσει τη συμμετοχή των μαθητών και ως εκ τούτου θα διευκολύνει τη διαδικασία της μάθησης.

Χρήση ειδικής επιστημονικής γλώσσας (Specific language): Οι εκπαιδευόμενοι θα πρέπει να κάνουν χρήση της ειδικής επιστημονικής γλώσσας που απαιτεί η συζήτηση που διενεργείται γύρω από το γεγονός κομβικής σημασίας και η οποία υπό μία ευρύτερη έννοια περιλαμβάνει και χρήση γραφικών παραστάσεων, σχεδιαγραμμάτων και οπτικών αναπαραστάσεων. Μέσα από τη συζήτηση που διεξάγεται γύρω από το γεγονός εστίασης, οι μαθητές θα πρέπει να κατανοήσουν σαφώς τις εμπλεκόμενες έννοιες. Θα πρέπει επιπλέον να αναγνωρίσουν, σύμφωνα με τις γενικές αρχές του επικοδομητισμού,

ότι η συγκεκριμένη γλώσσα που χρησιμοποιείται είναι δημιούργημα της ανθρώπινης δραστηριότητας για ένα συγκεκριμένο σκοπό: Η εκμάθηση της ειδικής γλώσσας αποτελεί το κλειδί για την καλύτερη κατανόηση της επιστήμης και την ενεργό συμμετοχή σε αυτή.

Προϋπάρχουσα γνώση (Extra-situational background knowledge): Οι μαθητές θα πρέπει επίσης να μπορούν να συσχετίσουν το πλαίσιο διδασκαλίας (focal event) με τη σχετική με αυτό προϋπάρχουσα γνώση τους. Η διαρκώς αυξανόμενη νέα γνώση θα πρέπει συνεκτικά και παραγωγικά να συσχετίζεται με τις εννοιολογικές δομές και νοητικούς χάρτες που ήδη έχουν οι εκπαιδευόμενοι. [16]

1.6 Το «κόσμημα» ως πλαίσιο για τη διδασκαλία της Χημείας

1.6.1 Κριτήρια επιλογής θέματος μεταπτυχιακής εργασίας

Οι κυριότεροι λόγοι οι οποίοι ελήφθησαν υπόψη για την επιλογή του θέματος «*Βασικές έννοιες Χημείας για μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης μέσα από την ιστορία και την εξέλιξη των κοσμημάτων*» είναι οι εξής:

- Τα κοσμήματα και τα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται είναι οικεία σε όλους και από την άποψη αυτή διεγείρουν το ενδιαφέρον των μαθητών.
- Για την επεξεργασία και ολοκληρωμένη ανάπτυξη του θέματος είναι απαραίτητη η εμπλοκή περισσότερων του ενός μαθημάτων, με αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα να αναδειχθούν οι συνδέσεις μεταξύ διαφορετικών επιστημονικών πεδίων (γνωστικών αντικειμένων) όπως επίσης και η σύνδεση με την κοινωνία και την καθημερινή ζωή.
- Οι γνώσεις για τα κοσμήματα, οι αναφορές στα υλικά τους και στον τρόπο που αυτά επεξεργάζονται είναι περιορισμένες, με αποτέλεσμα να μην τις συνειδητοποιούν και στην πραγματικότητα να μην τις συνδέουν με την καθημερινότητά τους.

1.6.2 Στόχοι της μεταπτυχιακής εργασίας

Πριν από την επιλογή του θέματος προηγήθηκε βιβλιογραφική έρευνα και διαπιστώθηκε ότι δεν έχει πραγματοποιηθεί κάποια εργασία στο χώρο της διδακτικής των Θετικών Επιστημών που να χρησιμοποιεί το «κόσμημα» ως πλαίσιο για τη διδασκαλία βασικών εννοιών Χημείας. Αυτό το κενό έχει ως στόχο να καλύψει η διπλωματική αυτή εργασία.

Στόχοι της διπλωματικής εργασίας με θέμα «*Βασικές έννοιες Χημείας για μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης μέσα από την ιστορία και την εξέλιξη των κοσμημάτων*» είναι οι εξής:

- Να δημιουργηθεί ένα εκπαιδευτικό υλικό, εύχρηστο, κατατοπιστικό, αναλυτικό για εκπαιδευτικούς οι οποίοι θα μπορούσαν να το χρησιμοποιήσουν στη διδασκαλία τους για μια εναλλακτική προσέγγιση του παραδοσιακού μαθήματος

- Το υλικό αυτό πρέπει να απευθύνεται όμως και στους μαθητές. Να είναι απλό, κατανοητό, εποικοδομητικό και ευχάριστο στην ανάγνωση και να συνιστά εργαλείο για μια ερευνητική εργασία, στα πλαίσια του αντίστοιχου μαθήματος, καθώς επίσης και μέσο με το οποίο θα εμπλουτίσουν τις ήδη υπάρχουσες γνώσεις τους πάνω στο συγκεκριμένο θέμα.

Ειδικότερα, το εκπαιδευτικό αυτό υλικό προσδοκά οι μαθητές να:

- Αποκτήσουν γνώσεις και να αναθεωρήσουν απόψεις για προϊόντα που αποτελούν για τους περισσότερους καθημερινό «αξεσουάρ».
- Συσχετίζουν και να απαντούν σε απλά και όχι μόνο ερωτήματα που θα τους γεννιούνται σχετικά με τα υλικά που έρχονται σ' επαφή στην καθημερινότητά τους.
- Συνειδητοποιήσουν ότι οι χημικές ουσίες δεν βρίσκονται μόνο στα χημικά εργαστήρια.
- Εφαρμόζουν γνώσεις/έννοιες που έχουν ήδη διδαχθεί για να ερμηνεύουν και να επιχειρηματολογούν.
- Συνειδητοποιούν τη σχέση της Χημείας με άλλες επιστήμες και να υιοθετήσουν «επιστημονικό» τρόπο σκέψης βλέποντας την εξέλιξη σε διάφορα πεδία μέσα από την ιστορική αναδρομή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΟ ΚΟΣΜΗΜΑ ΚΑΙ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ

2.1 Το κόσμημα και η ιστορία του

Η προέλευση του κοσμήματος χάνεται στα βάθη της ανθρώπινης προϊστορίας και ίσως μένει αναπάντητο το ερώτημα αν ο άνθρωπος ντύθηκε πρώτα, ή στολίστηκε. Τα ψυχολογικά κίνητρα που συντέλεσαν στην δημιουργία του κοσμήματος υπήρξαν κυρίως, η έμφυτη ανάγκη του ανθρώπου για διάκριση και επιβολή, η πρόληψη που πηγάζει από την πρωτόγονη μαγική αντίληψη του κόσμου και η προαιώνια αναζήτηση του πλουτισμού. Τα τρία αυτά στοιχεία καθόρισαν την επιλογή των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του. Το κίνητρο της διάκρισης οδήγησε από αρχαιότερες εποχές στην αναζήτηση δυσεύρετων υλικών, που ακριβώς λόγω της σπανιότητάς τους, ξεχώριζαν τον κάτοχό τους από το πλήθος και του έδιναν ιδιαίτερο κοινωνικό κύρος.

Τα πρώτα κοσμήματα ήταν φτιαγμένα από ανεπεξέργαστα υλικά όπως για παράδειγμα δόντια ζώων, όστρακα, καρπούς κουκούτσια ή ακόμα και πέτρες. Καθώς η ανθρωπότητα προχωρούσε και τα κοσμήματα άρχισαν να χρησιμοποιούνται ως σύμβολα του πλούτου και των πολιτικών καθεστώτων, αποκτούν αξία και αρχίζουν να χαρακτηρίζονται ως πολύτιμα αντικείμενα. Όμως για να οριστεί ένα υλικό ή ένα αντικείμενο ως πολύτιμο πρέπει να συγκεντρώνει τις εξής ιδιότητες: να έχει διάρκεια στο χρόνο, να είναι σπάνιο και να είναι δύσκολο στην επεξεργασία του.

Τόσο στην Ασία, όσο και στην Αίγυπτο αφθονούσε ένα μέταλλο μαγικό, με λάμψη εκτυφλωτική, ανεπηρέαστο στα σημάδια του χρόνου που του απέδωσαν υπερφυσικές δυνάμεις και το χρησιμοποιούσαν για να απομακρύνουν το κακό, ο χρυσός. Ο χρυσός ανακαλύφθηκε ως λαμπερά, κίτρινα ψήγματα και είναι αναμφίβολα το πρώτο μέταλλο που ήταν γνωστό στους πρώτους πολιτισμούς. Είχαν εξισώσει το χρυσό με τους θεούς και τους κυβερνήτες και ο χρυσός αφιερωνόταν για τη δοξολογία τους. Οι άνθρωποι σχεδόν διαισθητικά απέδωσαν υψηλή αξία στο χρυσό και τον συσχέτισαν με τη δύναμη και την ομορφιά. Ειδικοί στην έρευνα απολιθωμάτων παρατήρησαν ότι κομμάτια φυσικού χρυσού βρέθηκαν σε σπηλιές της Ισπανίας και είχαν χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο της Παλαιολιθικής εποχής περίπου το 40.000 π.Χ. τα παλαιότερα κομμάτια χρυσών κοσμημάτων ανακαλύφθηκαν στον τάφο της βασίλισσας Ζερ της Αιγύπτου και της

βασίλισσας Που Άμπι των Σουμερίων της οποίας τα χρυσά κτερίσματα δεν είχαν χάσει τη λάμψη τους 4.660 χρόνια μετά και χρονολογούνται από την Τρίτη χιλιετία π.Χ.

Ο χρυσός χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά σαν χρήμα το 7000 π.Χ. όταν έμποροι από τη Λυδία (σημερινή Δυτική Τουρκία) παρήγαγαν τα πρώτα νομίσματα που ήταν απλώς σφραγίδα με εξογκώματα ενός μείγματος 63% χρυσού και 27% αργύρου αυτό το μείγμα είναι γνωστό ως «ήλεκτρον» και υπήρχε άφθονο στον Πακτωλό και στους Ποταμούς του Εύξεινου Πόντου. Ο μύθος του Βασιλιά Μίδα ήταν μία προσπάθεια να εξηγηθεί η εμφάνιση του χρυσού στον ποταμό πακτωλό καθώς κανένα άλλο ποτάμι δεν απέδωσε τόσο χρυσό σε τέτοιες ποσότητες και για τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα. Σύμφωνα με τον μύθο, ο Διόνυσος είπε στον Μίδα πως μπορεί να του πραγματοποιήσει μία ευχή και εκείνος ζήτησε ότι αγγίζει να γίνεται χρυσός. Όταν αυτή η ευλογία αποδείχθηκε κατάρρα για τον Μίδα εκείνος προσευχήθηκε στον Διόνυσο για να πάρει πίσω το δώρο του. Τότε εκείνος του είπε να πλυθεί στον ποταμό Πακτωλό του οποίου τα νερά απορρόφησαν τη δύναμη και μετέτρεψαν σε χρυσό τα βράχια και την άμμο που έβρεχαν. Το μέταλλο αυτό με την εκτυφλωτική του λάμψη είχε υπερφυσικές δυνάμεις στα μάτια των Αιγυπτίων, αφού έμενε ανεπηρέαστο στο χρόνο, άφθαρτο. Το χρυσό κόσμημα στα αιγυπτιακά χρόνια ήταν σημάδι ανώτερης κοινωνικής τάξης και συνόδευαν μ αυτά τους νεκρούς τους. Στην Μεσοποταμία βρίσκουμε κοσμήματα από λεπτόφυλλο χρυσό, διακοσμημένα με πολύχρωμες πέτρες. [20]

Ένας άλλος μύθος που αναφέρεται στο μέταλλο του χρυσού είναι αυτός του Ιάσωνα και της αργοναυτικής εκστρατείας που έχει να κάνει με το ταξίδι και την αναζήτηση του χρυσόμαλλου δέρατος που το φιλούσε ένας δράκος στην Κολχίδα. Εδώ εδόθησαν δύο ερμηνείες. Κάποιοι υποστήριξαν ότι το Χρυσόμαλλο δέρας αναφερόταν στη μέθοδο με την οποία οι κάτοικοι της Κοχλίδας ανακτούσαν το χρυσάφι από τη χρυσοφόρο άμμο, ενώ κάποιοι άλλοι ότι η λέξη δέρας ερμηνευόταν σαν περγαμηνή και σύμφωνα με την εκδοχή αυτή το δέρας ήταν ένα βιβλίο, γραμμένο σε δέρμα προβάτου που περιέγραφε πόσο χρυσός μπορεί να παραχθεί με αλχημεία.

Στην Αρχαιότητα, οι Έλληνες, σε αντίθεση με τους Αιγυπτίους και άλλους λαούς, που το κόσμημα ήταν δείγμα ανώτερης κοινωνικής τάξης, από όποια κοινωνική τάξη και αν προέρχονταν, το φορούσαν όλοι. Οι κοινωνικές εμφανίσεις ή εμφανίσεις σε θρησκευτικά

δρώμενα αποτελούσαν γεγονότα που απαιτούσαν προσοχή στην εμφάνιση, άρα το κόσμημα κατείχε εξέχουσα θέση. Τα αρχαιότερα κοσμήματα τα συναντούμε στον Μινωικό πολιτισμό. Κατά τη μυκηναϊκή περίοδο για την κατασκευή κοσμημάτων χρησιμοποιούνται, εκτός φυσικά από το χρυσό, και άλλα μέταλλα όπως ο χαλκός, ο άργυρος και ο κασσίτερος. Τα κοσμήματα στολίζονται με αχάτη, αμέθυστο και άλλες ημιπολύτιμες πέτρες. Η τέχνη της χρυσοχοΐας αναπτύσσεται και παίρνει μορφές από μεγάλη θεματολογία και πολλές τεχνικές. Παρόλο που στη γεωμετρική περίοδο εξαιτίας των επιδρομών και των φυλετικών ανακατατάξεων το κόσμημα δεν γνωρίζει άνθιση, αφού ο χρυσός ελέγχεται από τους Πέρσες (όπως όλο το εμπόριο), η τέχνη της κοσμηματοτεχνίας δεν διακόπτεται.

Η άνθιση για το ελληνικό κόσμημα έρχεται την κλασική περίοδο, που μαζί με τις νίκες ήρθε και ο πολύς χρυσός. Εδώ συναντάμε τα βραχιόλια να γίνονται κυλινδρικά και σε σχήμα φιδιού, τα σκουλαρίκια να γίνονται μακριά και λεπτεπίλεπτα. Πληθώρα νέων κοσμημάτων, διακοσμητικών θεμάτων και χρήση ημιπολύτιμων και πολύτιμων λίθων συναντάμε στην ελληνιστική περίοδο. Ασφαλώς το μεγαλύτερο επίπεδο γνώσης της κοσμηματοτεχνίας, αλλά και τεχνικής αποκαλύπτεται από τα ευρήματα των βασιλικών Μακεδονικών κοσμημάτων, από τους τάφους της Βεργίνας. Η Κύπρος, η Θάσος αλλά και η Σίφνος σύμφωνα με τα αρχαία γραπτά, είναι περιοχές που ο χρυσός αφθονεί. [20]

Τη ρωμαϊκή περίοδο συναντάμε για πρώτη φορά τα μαργαριτάρια και μία νέα τεχνική που ονομάζεται διάτρητη. Τα κοσμήματα στολίζονται όλο και περισσότερο με πολύτιμους και ημιπολύτιμους λίθους. Ο Μέγας Κωνσταντίνος αρχικά τον 5^ο αιώνα καθιέρωσε τα πρώτα χρυσά νομίσματα ευρείας κυκλοφορίας, τα χρυσά υπέρπυρα, που στην καθομιλουμένη έμειναν γνωστά και ως «Κωνσταντινάτα». Με την πάροδο του χρόνου η περιεκτικότητά τους σε χρυσό μειώνονταν λόγω των οικονομικών δυσκολιών που αντιμετώπιζε η αυτοκρατορία η οποία δεν μπορούσε πλέον να προμηθεύσει χρυσό και πολύτιμες πέτρες οπότε και το ίδιο το κόσμημα αποκτά μορφολογική λιτότητα. [21]

Κατά την Τουρκοκρατία, οι Έλληνες προσπαθούν να δημιουργήσουν κάτι μοναδικό με τα φτωχά υλικά που διέθεταν. Ο μπρούντζος και το ασήμι αναμειγνύονται με χαλκό ενώ έριχναν μία ποσότητα από αρσενικό για να πάρει το κόσμημα λάμψη.

Την δεκαετία του 60', κυρίως στην Αμερική, την Αγγλία και την Ολλανδία, το κόσμημα εξελίσσεται σε κάτι πιο πειραματικό, το οποίο άγγιζε την τέχνη, ακολουθώντας τη φιλοσοφία του "Arts & Crafts Movement", ένα κίνημα που δίνει έμφαση στα χειροποίητα έργα και εναντιώνεται στη βιομηχανοποίηση και τη φτηνή-μηχανική απομίμηση διακοσμητικών στοιχείων. Το εναλλακτικό αυτό είδος κοσμήματος, οι Βρετανοί το ονόμασαν "contemporary jewelry", οι Γάλλοι με τη σειρά τους "creative jewelry" και οι Αμερικάνοι "art jewelry". Στη ελληνική γλώσσα αποδόθηκε ως σύγχρονο-εικαστικό κόσμημα. Το σύγχρονο κόσμημα λοιπόν συνδυάζει την παράδοση με τη σύγχρονη ματιά του δημιουργού, χρησιμοποιώντας εναλλακτικά υλικά και νέες τεχνικές και ο καλλιτέχνης στοχεύει να δημιουργήσει συναισθήματα και προβληματισμούς στον θεατή του, μέσα από πρωτότυπες ιδέες.

Στη σύγχρονη εποχή, το κόσμημα είναι πλέον μέρος της καθημερινής μας ζωής. Το κόσμημα σήμερα παραμένει στολίδι που μπορεί να ομορφύνει την εμφάνιση αλλά και να αναδείξει την προσωπικότητα του καθενός. Οι καλλιτέχνες μπορούν να δημιουργήσουν αριστουργήματα με οποιοδήποτε υλικό. Πλέον χρησιμοποιείται πληθώρα υλικών όπως πλαστικό, κράματα διαφόρων μετάλλων όπως σίδηρο, ξύλο, υφάσματα και ρητίνες κ.α. Ο κυριότερος λόγος είναι το κόστος των πολύτιμων μετάλλων καθώς και των πολύτιμων λίθων που συνεχώς αυξάνεται. Ωστόσο για κάποιους, υπάρχουν πολύ καλές εναλλακτικές που δεν υποβιβάζουν την αισθητική και το καλό γούστο και συνιστούν πρωτοποριακές προτάσεις λόγω του συνδυασμού των υλικών που προτείνουν και της πρωτότυπης ιδέας.

Κατά την διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών δημιουργήθηκαν ενδιαφέρουσες σειρές φω μπιζού, από αξιόλογους σχεδιαστές και με την υπογραφή των επώνυμων οίκων μόδας. Τα φω μπιζού αυτά, είναι σήμερα αντικείμενο διαπραγμάτευσης, μεταξύ συλλεκτών. Σήμερα, οι συνδυασμοί των υλικών δεν είναι προκαθορισμένοι και απόλυτοι όπως παλιά. Υπάρχουν καλλιτέχνες που πειραματίζονται με καινοφανείς και ευφάνταστους συνδυασμούς, όπως ακρυλικό με διαμάντια, ή ασάλι με πολύτιμες πέτρες, και συχνά το αποτέλεσμα έχει μεγάλο αισθητικό ενδιαφέρον. [22]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΟΣΜΗΜΑΤΩΝ

3.1 Μέταλλα - Τα πρώτα υλικά

Τα Μέταλλα και οι ιδιότητές τους

Μέταλλα ονομάζουμε τα στοιχεία εκείνα που εμφανίζουν μεταλλικό χαρακτήρα δηλαδή ένα σύνολο παρόμοιων φυσικών, χημικών και μηχανικών ιδιοτήτων ορισμένες από τις οποίες είναι:

- Είναι κρυσταλλικά στερεά σώματα (εκτός του Hg)
- Έχουν μεταλλική λάμψη
- Εμφανίζουν ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα
- Είναι ελατά και όλκιμα

Εμφανίζουν σχετικά μικρή ενεργεία ιοντισμού, μικρή ηλεκτρονική συγγένεια και ηλεκτρομαγνητικότητα.

Στον Περιοδικό Πίνακα είναι τα ελαφρύτερα στοιχεία μίας περιόδου και τα βαρύτερα μιας ομάδας. Ο μεταλλικός χαρακτήρας των στοιχείων ελαττώνεται κατά μήκος μίας περιόδου με την αύξηση του ατομικού αριθμού, ενώ σε μία ομάδα αυξάνεται σημαντικά από πάνω προς τα κάτω.

Η πιο χαρακτηριστική όμως ιδιότητα που διαφοροποιεί τα μέταλλα από τα αμέταλλα και τα μεταλλοειδή (ημιμέταλλα) είναι ότι ο αριθμός των ηλεκτρονίων σθένους των ατόμων τους είναι μικρότερος από τον αριθμό των τροχιακών σθένους. Και σε αυτό ακριβώς το γεγονός οφείλονται και πολλές από τις χαρακτηριστικές τους ιδιότητες.

Καταλαμβάνουν τους τομείς s-, d- και f- του Περιοδικού Πίνακα και ορισμένα – τα βαρύτερα- τον τομέα p-.

Τα κυριότερα μέταλλα που χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται ακόμα για την Παρασκευή κοσμημάτων είναι ο Χρυσός (Au), ο Άργυρος (Ag), ο Χαλκός (Cu) και ο Λευκόχρυσος (Pt). Τρία από αυτά ανήκουν στην IB (ή 11^η) ομάδα του Περιοδικού Πίνακα και είναι ο Χρυσός, ο Άργυρος και ο χαλκός ενώ ο Λευκόχρυσος ανήκει στην VIII B (ή 10^η) ομάδα. Όλα ανήκουν στον τομέα d του Περιοδικού Πίνακα δηλαδή αποτελούν Στοιχεία

Μετάπτωσης. Γενικά ο τομέας d περιέχει μέταλλα και βρίσκεται μεταξύ του τομέα s που έχει πολύ ηλεκτροθετικά στοιχεία και του τομέα p που έχει κυρίως ηλεκτραρνητικά στοιχεία. [23]

Ορισμένες από τις κοινές ιδιότητες που εμφανίζουν τα στοιχεία μετάπτωσης (αν και ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες) είναι:

- Έχουν σαφώς μεταλλικό χαρακτήρα
- Είναι σκληρά με υψηλό σημείο τήξεως
- Χρησιμοποιούν εσωτερικά τροχιακά για τη δημιουργία δεσμών
- Απαντούν σε πολλές βαθμίδες οξειδωσης στις ενώσεις τους
- Έχουν μεγάλο ειδικό βάρος
- Σχηματίζουν κράματα με μεγάλο πρακτικό ενδιαφέρον

Ορισμένα από αυτά έχουν τάση σχηματισμού συμπλόκων. [24]

Periodic Table of the Elements

The image shows a standard periodic table with the following features:

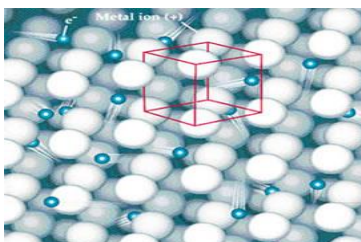
- Groups:** Labeled at the top and bottom with Roman numerals (IA-VIIIA) and letters (A, B).
- Color Coding:** Elements are grouped into color-coded categories: Alkali Metal (red), Alkaline Earth (orange), Transition Metal (yellow), Basic Metal (green), Semimetal (light green), Nonmetal (blue), Halogen (purple), Noble Gas (dark purple), Lanthanide (light blue), and Actinide (dark blue).
- Cell Content:** Each cell contains the atomic number, symbol, name, and atomic mass.
- Special Callouts:** A box for Hydrogen (H) lists its boiling point (252.92 K), triple point (13.81 K), and pressure (1.01325 bar). Another box for the d-block elements (groups 3-10) lists the boiling point, symbol, name, and atomic mass.
- Series:** Lanthanide and Actinide series are shown at the bottom, with their respective atomic numbers and symbols.

Εικόνα 3: Περιοδικός Πίνακας

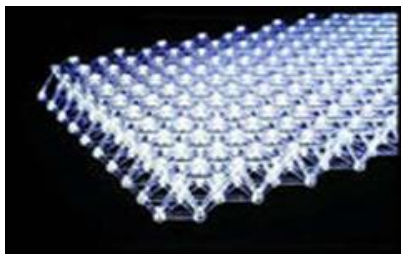
Οι κρύσταλλοι των μετάλλων είναι ατομικοί κρύσταλλοι δηλαδή οι δομικές τους μονάδες είναι ουδέτερα άτομα. Η διαφορά τους με άλλους ατομικούς κρυστάλλους (όπως πχ. αυτών των ευγενών αερίων) είναι ότι σε συνήθεις συνθήκες είναι στερεά (εκτός του Hg) με θερμοκρασίες τήξης αρκετά πάνω από τις θερμοκρασίες δωματίου. Επομένως οι δυνάμεις μεταξύ των δομικών μονάδων στους κρυστάλλους των μετάλλων είναι ισχυρές και ονομάζονται μεταλλικός δεσμός.

Για την ερμηνεία του μεταλλικού δεσμού έχουν αναπτυχθεί δύο θεωρίες, η θεωρία που ερμηνεύει τον μεταλλικό δεσμό με βάση το ιοντικό πρότυπο και η θεωρία των μοριακών τροχιακών.

Η θεωρία του ιοντικού προτύπου στηρίζεται στο γεγονός πως τα μέταλλα έχουν χαμηλές ενέργειες ιοντισμού και εύκολα αποβάλλουν τα ηλεκτρόνια σθένους τους και μετατρέπονται σε κατιόντα. Έτσι τα μεταλλικά κατιόντα, που θεωρούνται ως συμπαγείς σφαίρες, σχηματίζουν ένα πλέγμα και τα ηλεκτρόνια που θεωρούνται ως ανιόντα καταλαμβάνουν τις οπές του πλέγματος και ονομάζονται ελεύθερα ηλεκτρόνια. Έτσι έχουν τη δυνατότητα να απορροφήσουν ενέργεια αυξάνοντας την κινητική τους κατάσταση γεγονός που εξηγεί τη μεγάλη θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα καθώς και την λάμψη των μετάλλων. Πιο πλήρης ερμηνεία δίνεται με βάση τη θεωρία των μοριακών τροχιακών.



Εικόνα 4: Ελεύθερα ηλεκτρόνια στην δομή ενός κρυσταλλικού πλέγματος



Εικόνα 5: Διαστρωμάτωση σωματιδίων μετάλλου στο μεταλλικό πλέγμα

Όταν μοριακά τροχιακά σχηματίζονται από δύο άτομα με γραμμικό συνδυασμό των ατομικών τροχιακών, τότε για κάθε τύπο ατομικών τροχιακών που συνδυάζονται προκύπτουν δύο μοριακά τροχιακά, ένα δεσμικό, χαμηλής ενέργειας και ένα αντιδεσμικό, υψηλότερης ενέργειας. Όταν πλησιάσουν N άτομα τότε θα προκύψουν για κάθε τύπο ατομικών τροχιακών που συνδυάζονται N μοριακά τροχιακά, N διαφορετικών σταθμών ενέργειας. Στην περίπτωση των μεταλλικών στερεών το N είναι της τάξεως του αριθμού Avogadro και επομένως σχηματίζεται μεγάλος αριθμός μοριακών τροχιακών και σταθμών ενέργειας οι οποίες χωρίζονται σε δύο ομάδες την ομάδα των δεσμικών και την ομάδα των αντιδεσμικών τροχιακών.

Ο διαχωρισμός των ενεργειακών σταθμών σε κάθε ομάδα είναι πολύ μικρός με αποτέλεσμα να θεωρούνται ταινίες, αντί για διακριτές ενεργειακές στάθμες όπως στα μικρά μόρια. Για το σχηματισμό των ταινιών αυτών συμμετέχουν τα τροχιακά σθένους των ατόμων των μετάλλων και συμπληρώνονται με τα ηλεκτρόνια σθένους των μεταλλικών ατόμων. Η ελεύθερη κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα στις στάθμες ενέργειας μίας ταινίας εξηγεί πολλές ιδιότητες των μετάλλων όπως την ηλεκτρική και την θερμική τους αγωγιμότητα.

Η επιφάνεια ενός μετάλλου μπορεί να απορροφήσει όλα τα μήκη κύματος του προσπίπτοντος φωτός και διεγερμένα πλέον ηλεκτρόνια να μεταβούν σε υψηλότερες μη κατειλημμένες ενεργειακές στάθμες. Αυτά τα ηλεκτρόνια αποδιεγείρονται ταχύτατα εκπέμποντας φωτόνια του ίδιου μήκους κύματος. Κατά αυτόν τον τρόπο η προσπίπτουσα ακτινοβολία, επανεκπέμπεται σχεδόν αμέσως από την λεία επιφάνεια του μετάλλου η οποία είναι έντονα ανακλαστική και δεν επιτρέπει τη διείσδυση του φωτός στο εσωτερικό του μετάλλου. Έτσι λοιπόν εξηγείται και η μεταλλική τους λάμψη.

Τα Au, Ag, και Pt χαρακτηρίζονται ως ευγενή μέταλλα καθώς είναι ανθεκτικά στη διάβρωση και την οξείδωση στον υγρό αέρα, σε αντίθεση με τα περισσότερα μέταλλα και χαρακτηρίζονται ως πολύτιμα, λόγω της σπανιότητάς τους στον φλοιό της γης. [25]

3.2.1 Χρυσός – ο Βασιλιάς των Μετάλλων

Οι μοναδικές ιδιότητες του χρυσού, και η σπανιότητα του είναι η αιτία που οι άνθρωποι τον λάτρεψαν, από τους πανάρχαιους πολιτισμούς μέχρι σήμερα. Ο χρυσός δεν οξειδώνεται (σκουριάζει), και δεν φθείρεται. Είναι όλκιμος (τραβιέται σε σύρμα) τόσο λεπτό, όσο η τρίχα από τα μαλλιά. Είναι ελατός (γίνεται πλάκα) πολύ λεπτή επίσης. Σφυρηλατείται πολύ εύκολα. Έχει μοναδικό χρώμα και λάμψη. Λόγω της εξαιρετικής του αγωγιμότητας, ο χρυσός χρησιμοποιείται στην κατασκευή απαιτητικών ηλεκτρονικών συσκευών. Δεν έχει τοξικότητα, και δεν προκαλεί αλλεργίες .

Ο χρυσός πάντα ασκούσε ιδιαίτερη γοητεία στους ανθρώπους. Με αυτόν έφτιαχναν, νομίσματα, κοσμήματα, κτερίσματα για τους νεκρούς, μέταλλα, και άλλα πολύτιμα αντικείμενα. Η εκτίμηση την οποία έτρεφαν οι άνθρωποι για το χρυσό έχει αποτυπωθεί στις γλώσσες όλων των λαών. Και στην Ελληνική γλώσσα από την αρχαία μέχρι την σημερινή η λέξη χρυσός σαν επίθετο, χρησιμοποιείται για να προσδώσει τον ανώτερο και πολυτιμότερο χαρακτήρα.

Χρυσά αντικείμενα συναντάμε ήδη σε προϊστορικούς, και σε όλους τους μετέπειτα πολιτισμούς. Ειδικά στον Ελληνικό χώρο, στον Κρητομυκηναϊκό πολιτισμό, ο χρυσός ήταν από τα αγαπημένα υλικά των καλλιτεχνών και των ανθρώπων της εποχής. Δείγματα της δουλειάς τους απaráμιλλης τέχνης βρέθηκαν σε τάφους της Κρήτης και των Μυκηνών. Στην κλασική Ελλάδα χρησιμοποιούσαν χρυσό και στην κατασκευή αγαλμάτων. Για το χρυσελεφάντινο άγαλμα της Αθηνάς Παρθένου στον Παρθενώνα, είχαν χρησιμοποιηθεί 1.137 κιλά χρυσό. Στο Βυζάντιο ο χρυσός ήταν σχεδόν το αποκλειστικό μέταλλο για την κατασκευή κοσμημάτων. Χρησιμοποιείται επίσης και για την κατασκευή νομισμάτων, τα κωσταντινάτα, τα οποία οι κάτοικοι της αυτοκρατορίας χρησιμοποιούσαν και για να αποθησαυρίζουν τις οικονομίες τους. [22]



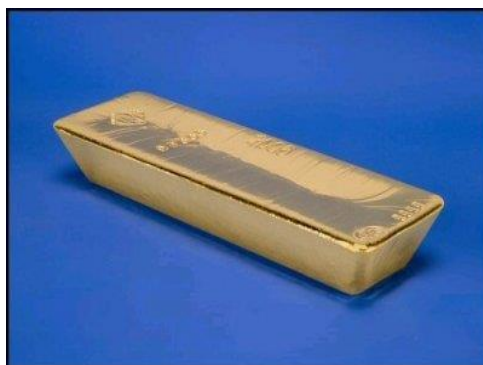
Εικόνα 6: Η περίφημη χρυσή μάσκα του Αγαμέμνονα. Βρέθηκε σε μυκηναϊκό τάφο (1600 π.Χ.) Από τα γνωστότερα εκθέματα του Αρχαιολογικού μουσείου της Αθήνας.

3.2.2 Φυσικές Ιδιότητες του Χρυσού

Το χημικό σύμβολο του χρυσού είναι Au, έχει σημείο τήξης 1337°C, και έχει ειδικό βάρος 19,3 είναι δηλαδή εξαιρετικά βαρύ υλικό. Στην κοσμηματοποιία συνήθως χρησιμοποιούνται κράματα χρυσού με άλλα μέταλλα, κυρίως για λόγους κόστους. Η περιεκτικότητα ενός κράματος σε χρυσό μετριέται με τα καράτια: 24 καράτια είναι 100% χρυσός, 18 καράτια είναι 75% χρυσός.

Ο καθαρός χρυσός στην διάλεκτο της κοσμηματοποιίας, λέγεται βενέτικο χρυσό, ονομασία που ξεκινάει από τα βενέτικα φλουριά, που αποτελούνταν από καθαρό χρυσό. Στην αρχαία Ελλάδα είχε την ονομασία ακήρατος χρυσός, δηλαδή ανόθευτος, και στον Ηρόδοτο υπάρχει η έκφραση «άπεφθος χρυσός», δηλαδή, καθαρός. Για τον χρυσό ενίοτε χρησιμοποιείται η λέξη μάλαμα (π.χ. μαλαματένιο δαχτυλίδι). Η λέξη προέρχεται από την αρχαία ελληνική λέξη μάλαγμα, που σημαίνει, κάτι που επεξεργάζεται (μαλάσσεται) εύκολα. Όσο για την λέξη "χρυσός" που χρησιμοποιούμε σήμερα, η χρήση της χάνεται στις απαρχές της Ελληνικής ιστορίας. Χρησιμοποιείται βεβαίως στα Ομηρικά έπη, αλλά πολλούς αιώνες πριν από τον Όμηρο στις πλάκες της γραμμικής γραφής Β την οποία έγραφαν και μιλούσαν οι Μινωίτες, ο χρυσός λεγόταν ku-ru-so. Η αφετηρία της λέξης αυτής που είναι περίπου η ίδια που χρησιμοποιούμε σήμερα 3.500 χρόνια αργότερα, ανάγεται στους Φοίνικες με τους οποίους οι Μινωίτες είχαν συναλλαγές.

Έχει υπολογιστεί, ότι ο συνολικός όγκος χρυσού που έχει παραχθεί και χρησιμοποιηθεί κατά την διάρκεια της ιστορίας, δεν υπερβαίνει τα 8.000 κυβικά μέτρα, δηλαδή περίπου 155.000 τόνοι. Σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Συμβουλίου Χρυσού (WGC), από αυτή την ποσότητα οι 55.000 τόνοι είχαν εξορυχθεί μέχρι το 1950, και οι υπόλοιποι 100.000 τόνοι, από το 1950 μέχρι σήμερα.



Εικόνα 7: Ράβδος χρυσού που χρησιμοποιείται σήμερα. Η αγοραπωλησία του χρυσού γίνεται σε ράβδους βάρους 400 ουγκιών, δηλαδή 12 κιλά και 441 γραμμάρια. Οι ράβδοι αυτές αφορούν κυρίως τα κρατικά και τραπεζικά θησαυροφυλάκια. Οι ιδιώτες αποταμιεύουν σε ράβδους μικρότερων βαρών όπως π.χ. μιας ουγκιάς (31.1 gr), ή σε ράβδους 100 gr.

Από την πλευρά της φυσικής θα επισημάνουμε ότι ο χρυσός έχει στον πυρήνα του μονό αριθμό πρωτονίων, έχει δηλαδή 79 πρωτόνια, πράγμα που συνεπάγεται την τρομερή σπανιότητα του υλικού αυτού στη φύση. Στη φάση της δημιουργίας των υλικών στο σύμπαν, ένα άτομο χρυσού αναλογεί σε ένα εκατομμύριο άτομα σιδήρου. Τέλος ένα ακόμη στοιχείο της μοναδικότητας του χρυσού είναι το χρώμα του. Είναι το μοναδικό μέταλλο με κίτρινο χρώμα στη φύση.

Ο Χρυσός έχει ευρεία κατανομή στον στερεό φλοιό της γης σε χαμηλές όμως περιεκτικότητες. Στον φλοιό της γης βρίσκεται σε αναλογία 1ppm κατά μέσο όρο, ως αυτοφυής (στοιχειακή μορφή), συνήθως όμως συνοδεύεται από άλλα μέταλλα, όπως σελήνιο ή τελλούριο. [26]

Έχει διατυπωθεί η άποψη ότι μεγάλα αποθέματα χρυσού βρίσκονται στον πυρήνα του πλανήτη, γιατί η μεγάλη πυκνότητά του, του επιτρέπει να καταβυθίζεται όταν βρεθεί στο υγρό μάγμα, ιδιαίτερα κατά τον σχηματισμό της Γης όταν μεγάλο μέρος της μάζας της ήταν ακόμα σε ρευστή κατάσταση.

Μέχρι το 1830 ένα μεγάλο ποσοστό των παγκοσμίων αποθεμάτων του χρυσού προερχόταν από αρχαίους πολιτισμούς της Νοτίου Αμερικής (η ανακύκλωση λοιπόν δεν είναι μια καινούρια ιδέα) και η ετήσια παραγωγή χρυσού δεν ξεπερνούσε τους 12 τόνους. Με την ανακάλυψη κοιτασμάτων χρυσού σε Σιβηρία, Αυστραλία, Καναδά και σε άλλα μέρη του κόσμου η παραγωγή αυτή σταδιακά αυξάνεται σε 150 τόνους ετησίως μέχρι το 1900, ενώ σήμερα η παγκόσμια παραγωγή ξεπερνά τους 2300 τόνους ετησίως. [25]

Ο χρυσός είναι ένα υλικό που αδιάκοπα ανακυκλώνεται ανά τους αιώνες. Ευτυχώς κάποιοι ανέκοψαν την αέναη ανακύκλωση χρυσών έργων τέχνης, όπως ο Μέγας Πέτρος τσάρος της Ρωσίας, ο οποίος είχε απαγορεύσει το λιώσιμο χρυσών αντικειμένων του παρελθόντος, και έτσι σώθηκαν αξιόλογα έργα τέχνης.

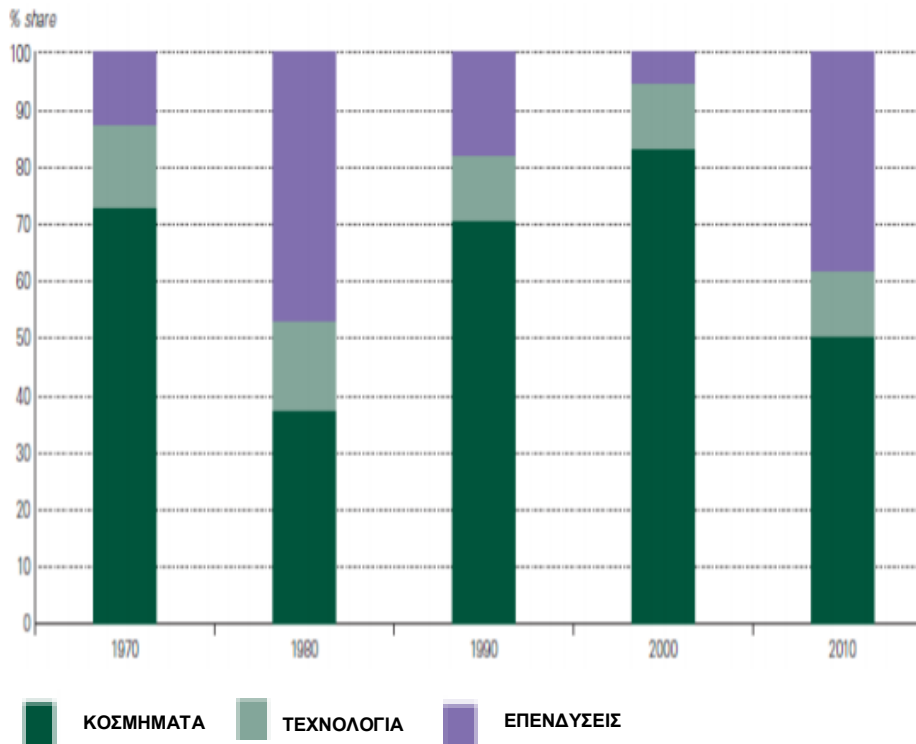
Για λόγους προσφοράς και ζήτησης, αλλά και λόγω των τεράστιων δυσκολιών στην εξόρυξη και την επεξεργασία του (που είναι οικολογικά επιβλαβής), είναι εξαιρετικά ακριβός.

Κάποιοι ευαίσθητοι καταναλωτές, αλλά και λίγοι συνειδητοποιημένοι επιχειρηματίες, θέτουν πρακτικά το θέμα της παραγωγής χρυσού με οικολογικό τρόπο, χωρίς την χρήση κυανιούχων και υδραργύρου, καθώς επίσης και τον ηθικά ορθό τρόπο παραγωγής, χωρίς την εκμετάλλευση της παιδικής εργασίας, και χωρίς την καταστροφή των κοινοτήτων των ιθαγενών στις περιοχές εξόρυξης.



Εικόνα 8: Αυτοφυή ψήγματα χρυσού, διαστάσεων 0,5 cm x 1 cm x 1,5 cm.. Προέρχονται από το ορυχείο Zapata, στην περιοχή Santa Elena de Uairen, της Βενεζουέλας.

Ο Χρυσός χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές στην οδοντιατρική, στη βιομηχανία ηλεκτρικών ειδών, στην αεροδιαστημική βιομηχανία κ.α. Μία όμως από τις κυριότερες χρήσεις του, από παλιά είναι η κατασκευή λατρευτικών αντικειμένων και κοσμημάτων που ξεχώριζαν για το ωραίο χρώμα και τη λάμψη τους η οποία παραμένει αναλλοίωτη με την πάροδο του χρόνου. Δεν είναι περίεργο λοιπόν που ο χρυσός, ο Βασιλιάς των μετάλλων, με τις μεταφυσικές του προεκτάσεις, της αγνότητας και της καθαρότητας, άρμοζε κατά το παρελθόν μόνο σε θεούς και βασιλιάδες. [27]



Σχήμα 2: Η παγκόσμια ζήτηση χρυσού ανά τομέα χρήσης
(στοιχεία της GFMS – Gold Fields Mining Services Ltd, London, 2011)

3.2.3 Αλχημεία

Η αλχημεία ήταν μια αποκρυφιστική, επιστημονική τεχνουργία και πρακτική που εφαρμόστηκε κυρίως κατά τους αρχαίους χρόνους και τον μεσαίωνα και για πολλούς αποτέλεσε μια ψευδοεπιστήμη με κυριότερους στόχους:

- Τη μετατροπή των ευτελών μετάλλων σε πολύτιμα μέταλλα (χρυσός , ασήμι) έχει σχέση με τη Χημεία
- Τη δημιουργία ενός ελιξίριου, ενός φίλτρου ή μετάλλου που να γιατρεύει όλες τις ασθένειες – έχει σχέση με την ιατρική.
- Την ανακάλυψη ενός ελιξίριου που να προσδίδει την αθανασία – έχει σχέση με το μεταφυσικό

Τη μαγική ουσία που θα έκανε όλα τα παραπάνω, την ονόμαζαν φιλοσοφική λίθο. Όλοι αυτοί οι παράδοξοι στόχοι συχνότατα συγγέονται μεταξύ τους, με αποτέλεσμα οι αλχημιστές πάντα να δίνουν και μία πνευματική διάσταση στις πειραματικές τους αναζητήσεις. Για παράδειγμα η μετατροπή του ευτελούς μολύβδου σε ευγενή χρυσό παραλληλιζόταν με την ψυχική ανύψωση και τον εξευγενισμό του πνεύματος.

Ο Εμπεδοκλής άσκησε σημαντική επιρροή στην Αλχημεία υποστηρίζοντας τη θεωρία που αφορούσε τα τέσσερα ριζώματα όλων των πραγμάτων από τα οποία προέκυψαν αργότερα τα τέσσερα στοιχεία (πυρ, γη ύδωρ και αήρ). Στη συνέχεια ο Αριστοτέλης ορίζει δυο ζευγάρια θεμελιωδών αντιθέτων: θερμό – ψυχρό και ξηρό υγρό και δίνει ιδιότητες στα τέσσερα στοιχεία του Εμπεδοκλή:

Πυρ: Θερμό και ξηρό

Ύδωρ: Ψυχρό και υγρό

Αήρ: Θερμός και υγρός

Γη: Ψυχρή και ξηρή

Επιπλέον ο Αριστοτέλης αναφέρεται στην πιθανότητα ένα στοιχείο να μετατραπεί σε άλλο με την «αλλοίωσιν» απ' όπου εμπνεύστηκαν οι Αλχημιστές για τη μεταστοιχείωση. Οι Αλχημιστές βασιζόμενοι στον Εμπεδοκλή και τον Αριστοτέλη υποστήριξαν πως κάθε στοιχείο έχει μια κοινή ιδιότητα με δύο άλλα στοιχεία. Έτσι για να περάσουμε από το ένα στο άλλο αρκεί να αλλάξει μία ιδιότητα

Τα εργαστήρια των αλχημιστών ήταν γεμάτα με όργανα απόσταξης, φούρνους, φιάλες με χημικές ουσίες, παράδοξα εκχυλίσματα, διαλύτες και οξέα και πολλά συγγράμματα Χημείας. [28]

Οι αλχημιστές συνήθιζαν να κρατούν ως επτασφράγιστα μυστικά τις λεπτομέρειες των τεχνικών τους και να κρατούν σημειώσεις με «κρυπτογραφικά» σύμβολα, με αποτέλεσμα να ταυτιστούν με μυστικιστικές ομάδες και συντεχνίες. Αυτό ίσως και να ήταν ο λόγος για τον οποίο υπέστησαν πολλούς διωγμούς ανά τους αιώνες και η εξάσκηση της αλχημιστικής τέχνης πολλές φορές απαγορεύτηκε από θεσμικά πρόσωπα. Ειδικά ο βασιλιάς της Πρωσίας Frederick I (1665 – 1713) είχε διατάξει την εκτέλεση αλχημιστών

πιστεύοντας πως αν οι αλχημιστές έβρισκαν μέθοδο να μετατρέψουν φθηνά μέταλλα σε χρυσό, τότε όλος ο χρυσός που φυλασσόταν στα βασιλικά θησαυροφυλάκια, αυτόματα θα έχανε την αξία του. [29]

Παρά την πίστη του σε δοξασίες και μύθους της εποχής, οι αλχημιστές άφησαν πίσω τους ένα πλούσιο απολογισμό επιτευγμάτων.

Η Αλχημεία δεν ήταν πάρεργο για ερασιτέχνες. Το κόστος των πειραματισμών ήταν αστρονομικό. Εκτός από τον κλίβανο, την καύσιμη ύλη και τα απαραίτητα συστατικά υπήρχαν μεγάλες δαπάνες για δοκιμαστικούς σωλήνες και αποστακτήρες. Εκείνες τις μέρες το γυαλί ήταν εύθραυστο. Πολύ παχύτερο από το σημερινό γυαλί και θρυμματιζόταν σε εφαρμογή πολύ υψηλής θερμοκρασίας. Ο χρόνος ήταν άλλο ένα έξοδο, αφού όλα τα πειράματα διαρκούσαν εβδομάδες, μήνες ακόμα και χρόνια. Στην πραγματικότητα η μελέτη των διαθέσιμων κειμένων μπορούσε να διαρκέσει για χρόνια. Οι αλχημιστές έπρεπε συχνά να διαβάσουν πολύ και σκληρά για να κατανοήσουν όσα παρουσιάζονται στα κείμενα, πόσο μάλλον για να ξεκινήσουν τους πειραματισμούς τους.

Μετά τις σημαντικές επιστημονικές ανακαλύψεις της χημείας από τον 18^ο αιώνα και μετά, η μεταστοιχείωση με καθαρά χημικά μέσα έχει αποκλεισθεί οριστικά, όπως και η ύπαρξη της φιλοσοφικής λίθου. Ωστόσο ακόμη και σήμερα γίνεται μερική χρήση αλχημιστικών θεωριών, σε θεραπευτικές πρακτικές όπως είναι η ομοιοπαθητική, η αρωματοθεραπεία και η κρυσταλλοθεραπεία.

Η Αλχημεία ποτέ δεν πραγματοποίησε τη φιλοδοξία της να μετατρέψει ένα στοιχείο σε άλλο, ωστόσο, οι σημερινοί πυρηνικοί φυσικοί βρήκαν μια δραματική παραλλαγή της άπιαστης φιλοσοφικής λίθου στο νετρόνιο. Με τα νετρόνια άρχισε η πρώτη αλυσιδωτή αντίδραση που προκάλεσε την έκρηξη της πρώτης ατομικής βόμβας και μετέτρεψε το ουράνιο σε τρεις περίπου δωδεκάδες διαφορετικά χημικά στοιχεία.

Όταν η χημεία του Χρυσού καθιερώθηκε τελικά κατά τη διάρκεια του 19^{ου} και 20^{ου} αιώνα (αφότου διαχωρίστηκε από την αλχημεία), έγινε φανερό πως ο χρυσός δεν ήταν απλά ένα στοιχείο ομόλογο των άλλων δύο μετάλλων- χαλκού και αργύρου – που χρησιμοποιούνταν επίσης στην κοσμηματοποιία. Ο «ιδρώτας» του ήλιου έδειξε εξ

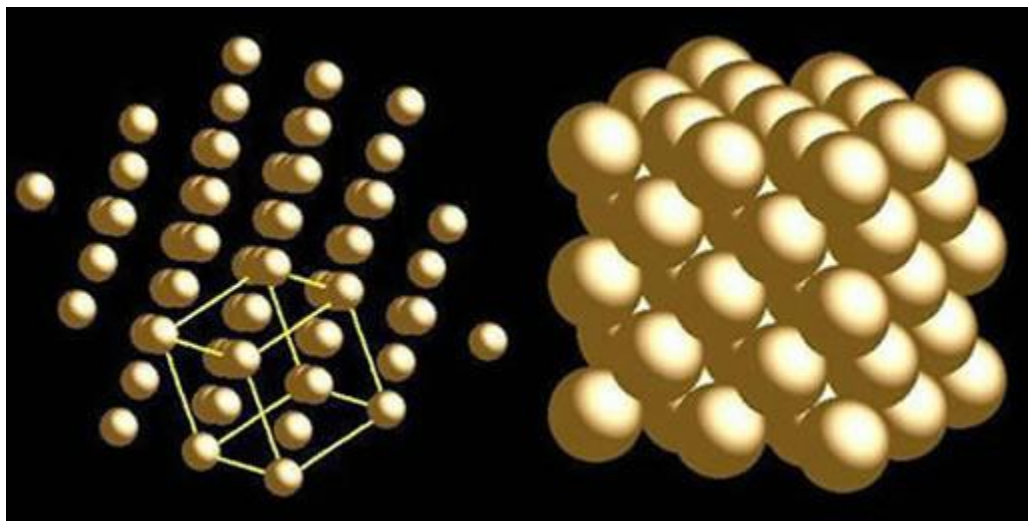
ολοκλήρου διαφορετικές οξειδωτικές καταστάσεις και διαφορετικά δυναμικά οξείδωσης.
[30]

3.2.4 Χημικές ιδιότητες Χρυσού

Η συμβολή φύλλων χρυσού στην εξέλιξη των φυσικών επιστημών υπήρξε καθοριστική, αφού χρησιμοποιήθηκαν από τον Rutherford (1911) στο κλασικό πείραμα του, όπου βομβαρδίζοντας λεπτά φύλλα χρυσού με σωματίδια άλφα, κατέληξε στη διατύπωση του πλανητοκεντρικού μοντέλου για τη δομή του ατόμου.

Το σχετικά χαμηλό σημείο τήξης του χρυσού αποτέλεσε αφορμή για την πρώτη και ίσως την πιο αποτελεσματική ανακύκλωση υλικού που συναντά κανείς από το παρελθόν. Δεν είναι απίθανο λοιπόν ένα σύγχρονο κόσμημα να περιέχει κάποιο ποσοστό χρυσού που είχαν αρχικά χρησιμοποιήσει και οι Αρχαίοι Έλληνες.

Ο χρυσός κρυσταλλώνεται στο ολοεδρικά κεντρωμένο κυβικό κρυσταλλικό σύστημα (face- centred cubic – fcc)



Εικόνα 9: Δομή κρυσταλλικού πλέγματος Au

Η άριστη θερμική και κυρίως ηλεκτρική αγωγιμότητα του χρυσού βρίσκει εφαρμογή στην βιομηχανία ηλεκτρονικών συσκευών, κατά κύριο λόγο υπολογιστών και κινητών

τηλεφώνων. Οι παλαιοί υπολογιστές και τα κινητά τηλέφωνα είναι πραγματικό χρυσορυχείο μίας και περιέχουν σημαντικές ποσότητες χρυσού που μπορούν να ανακτηθούν. Από έναν τόνο κινητών τηλεφώνων μπορεί να ανακτηθούν μέχρι και 280g χρυσού. Σύμφωνα με στοιχεία της Γεωλογικής Υπηρεσίας των ΗΠΑ (USGS), ένας τόνος ηλεκτρονικής «σαβούρας» από παλιούς υπολογιστές και κινητά τηλέφωνα, περιέχει περισσότερο χρυσό απ' ό,τι 17 τόνοι χρυσοφόρου μεταλλεύματος. Και όλα αυτά χωρίς την παραγωγή αποβλήτων της παραδοσιακής βιομηχανίας εξόρυξης και ραφινάρισματος του χρυσού. [31]

Ο χρυσός όπως όλα τα μέταλλα εμφανίζει χαρακτηριστική μεταλλική λάμψη που εξηγείται με βάση τη θεωρία ταινιών αφού διαθέτει μία συνεχόμενη ταινία (η ταινία σθένους εισχωρεί στην ταινία αγωγιμότητας), η οποία εκτείνεται και σε υψηλότερες ενέργειες.

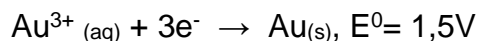
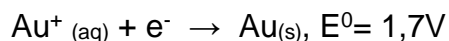
Μέσα στην ταινία αυτή σε κάθε ενεργειακό επίπεδο διευθετούνται συγκεκριμένος αριθμός ηλεκτρονίων τα οποία απορροφούν ενέργεια από το φως και διεγείρονται από τα χαμηλότερα επίπεδα ενέργειας μέσα στην ταινία σε υψηλότερα κενά ενεργειακά επίπεδα. Όμως η διαφορά του χρυσού από τα υπόλοιπα μέταλλα είναι στο έντονο μεταλλικό κίτρινο χρώμα που διαθέτει. Αυτό οφείλεται αφενός στην ηλεκτρονική του διαμόρφωση ($[X] 4f^{14}5d^{10}6s^1$) και αφετέρου στο γεγονός πως η διαφορά ενέργειας μεταξύ των $6s$ και $5d$ τροχιακών του είναι μικρή, ώστε να επιτρέπεται η μετάπτωση $s^1d^{10} \rightarrow s^2d^9$. Η ενέργεια αυτή είναι της τάξεως των 2,3 eV και έχει ως αποτέλεσμα την απορρόφηση φωτονίων με μικρά μήκη κύματος στην περιοχή ιώδους – κυανού του ορατού φάσματος. Ο χρυσός λοιπόν απορροφά στην περιοχή του κυανού, οπότε αντανάκλα την υπόλοιπη περιοχή του ορατού φάσματος, η οποία συνδυαζόμενη μας δίνει το χαρακτηριστικό του χρώμα. Το χρώμα που εμείς αντιλαμβανόμαστε είναι το κίτρινο καθώς φωτόνια με αντίστοιχα μήκη κύματος επανεκπέμπονται. [32], [33]

Ο Χρυσός είναι ένα ιδιαίτερα αδρανές στοιχείο. Στον ξηρό αέρα σε θερμοκρασία δωματίου παραμένει σταθερός και σε αντίθεση με τα υπόλοιπα μέταλλα της ομάδας του Περιοδικού Πίνακα στην οποία ανήκει, είναι το μοναδικό μέταλλο που δεν αντιδρά απ' ευθείας με το θείο και ούτε προσβάλλεται από ισχυρά οξέα ή βάσεις. Λόγω της παρόμοιας ηλεκτρονικής δομής του χρυσού με τα μέταλλα των αλκαλίων ($d^{10}s^1$ και p^6s^1 αντίστοιχα) θα περίμενε κανείς να συναντήσει και παρόμοιες χημικές ιδιότητες μεταξύ τους κάτι τέτοιο όμως δεν

υφίσταται κυρίως λόγω της ελλιπούς προστασίας που προσφέρουν τα εσωτερικά ηλεκτρόνια των d- τροχιακών στο εξωτερικό ηλεκτρόνιο του 6s τροχιακού σε αντίθεση με την ισχυρή προστασία που προσφέρουν τα ηλεκτρόνια των εσωτερικών p τροχιακών στο ηλεκτρόνιο σθένους του s τροχιακού στα αλκάλια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ενέργεια του 1^{ου} ιοντισμού του Au να είναι ιδιαίτερα αυξημένη, η ιοντική του ακτίνα αρκετά μικρότερη, η δραστηριότητά του μειωμένη, η διαλυτότητά του στην υγρή αμμωνία μικρή και οι ενώσεις του να έχουν μεγαλύτερο ποσοστό ομοιοπολικού χαρακτήρα, έναντι του αντίστοιχου αλκαλίου (Cs) που βρίσκεται στην ίδια περίοδο. Από την άλλη όμως, συμπληρωμένα d τροχιακά διαταράσσονται πιο εύκολα από τα συμπληρωμένα p τροχιακά, οπότε η 2^η και 3^η ενέργεια ιοντισμού του Χρυσού είναι αρκετά χαμηλές (1973,3 KJ/ mol και 2895 KJ/ mol αντίστοιχα) ώστε να μπορεί να υιοθετεί αριθμούς οξειδωσης υψηλότερους από +1 και να δημιουργεί σύμπλοκες ενώσεις. [26]

Εμφανίζει 6 οξειδωτικές βαθμίδες στις ενώσεις του, από -1 έως και +5. Η πιο συνηθισμένη οξειδωτική κατάσταση του Χρυσού είναι η +3, όμως μπορεί να σχηματίσει σταθερά ιόντα Au σε υγρή αμμωνία ($E^0 = -2,15V$). Επίσης δημιουργεί σε μικρότερο βαθμό σύμπλοκες ενώσεις με χλώριο όπου εμφανίζεται με αριθμό οξειδωσης +5, λόγω της σταθερής t^6_{2g} διαμόρφωσης στις ενώσεις αυτές. [34]

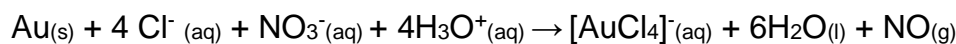
Ο χρυσός έχει το μικρότερο κανονικό δυναμικό οξειδοαναγωγής από όλα τα μέταλλα με αποτέλεσμα όλα τα κατιόντα του να έχουν την τάση να προσλαμβάνουν ηλεκτρόνια από σχεδόν οποιοδήποτε αναγωγικό σώμα προς σχηματισμό μεταλλικού χρυσού.



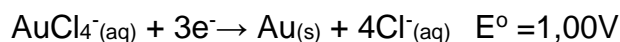
Οι μεγάλες τιμές των δυναμικών των αντιδράσεων αυτών δείχνουν τη δυσκολία με την οποία οξειδώνεται το μέταλλο. [35]

Διαλύεται στο βασιλικό ύδωρ, ένα διάλυμα ιδιαίτερα διαβρωτικό που πήρε την ονομασία του επειδή διαλύει το «Βασιλιά των Μετάλλων». Το βασιλικό ύδωρ δημιουργείται από την ανάμειξη πυκνού υδατικού διαλύματος HCl (12 M) και πυκνού υδατικού διαλύματος HNO₃ (16 M), με αναλογία 3:1. Η διάλυση του χρυσού στο βασιλικό ύδωρ οφείλεται στην

απελευθέρωση Cl^- που είναι ιδιαίτερα δραστικά τη στιγμή της παρασκευής τους και με τα οποία σχηματίζεται σύμπλοκο του χρυσού:



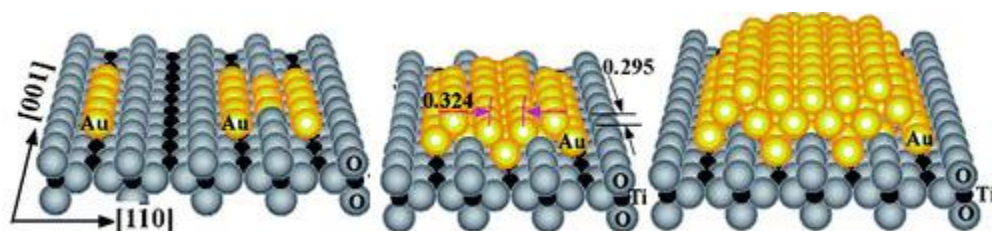
Η αντίδραση αυτή ευνοείται θερμοδυναμικά αν ληφθεί υπόψη το δυναμικό οξειδοαναγωγής της αντίδρασης:



Ο χρυσός διαλύεται επίσης σε αλκαλικά διαλύματα κυανιούχων (CN^-), ιδιότητα που χρησιμοποιείται ευρύτατα για την παραλαβή του καθαρού μετάλλου. Διάλυμα χλωρίου (Cl_2) σε ακετονιτρίλιο (CH_3CN) παρουσία του χλωριούχου τριμεθυλαμμωνίου NMe_3HCl διαλύει το χρυσό σε θερμοκρασία 30°C με μεγαλύτερη ταχύτητα από αυτή της διάλυσης σε βασιλικό ύδωρ. [36]

3.2.5 Ο χρυσός ως καταλύτης

Τα τελευταία χρόνια η κατάλυση με χρυσό παρουσιάζει ένα μεγάλο και συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον και ομογενείς και ετερογενείς καταλύτες χρυσού έχουν αναδειχθεί ως ενεργοί και εξαιρετικά εκλεκτικοί σε ένα ευρύ φάσμα αντιδράσεων. Στην ομογενή κατάλυση χρησιμοποιούνται ως καταλύτες άλατα μονοσθενούς και τρισθενούς χρυσού (Au(I) και Au(III)), ενώ στην ετερογενή κατάλυση χρησιμοποιούνται νανοσωματίδια χρυσού προσροφημένα σε στερεά πολυμερικά ή ανόργανα υποστρώματα όπως οξειδία (CeO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2).



Εικόνα 10: Μοντέλα στρωμάτων σωματιδίων χρυσού σε επιφάνεια TiO_2 .

Η διασπορά του χρυσού σε επίπεδο νανοσωματιδίων έδωσε μια τεράστια ώθηση στις εφαρμογές του χρυσού στην κατάλυση. Ακόμη και στις περιπτώσεις της ομογενούς

κατάλυσης θεωρείται πιθανόν, ότι τα αρχικά σύμπλοκα λειτουργούν ως προκαταλύτες και με διάσπαση τους δημιουργούνται στο διάλυμα της αντίδρασης νανοσωματίδια χρυσού σε κολλοειδή μορφή και ουσιαστικά φαίνεται να υπάρχει μια γέφυρα μεταξύ ομογενούς και ετερογενούς κατάλυσης. Έτσι σήμερα έχει μελετηθεί πληθώρα αντιδράσεων, για τις οποίες ο χρυσός είναι όχι απλώς ένας κατάλληλος καταλύτης, αλλά ο καλύτερος δυνατός. Οι αντιδράσεις αυτές μπορούν να υπαχθούν σε διάφορες γενικές κατηγορίες, όπως προσθήκης σε πολλαπλούς δεσμούς, ισομερειώσεις, οξειδώσεις, εκλεκτικές αναγωγές, ενεργοποιήσεις καρβονυλίων και αλκοολών.

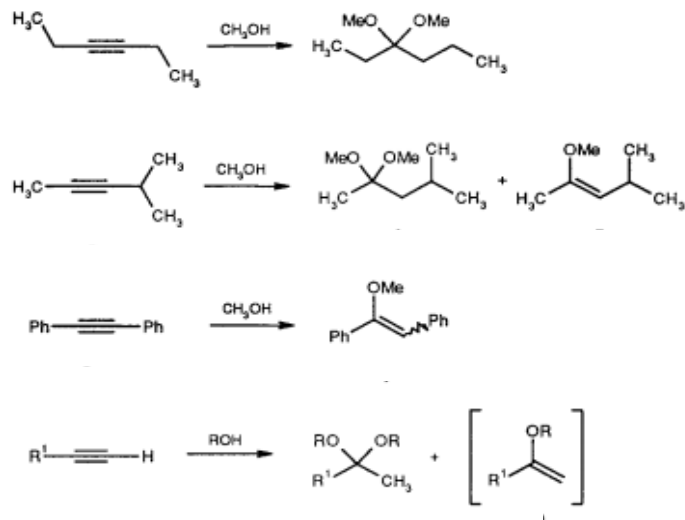
Οι καταλύτες χρυσού, λόγω των γνωστών μοναδικών ιδιοτήτων τους, είναι πλέον γενικά αποδεκτοί ως η βέλτιστη επιλογή για πολλούς χημικούς μετασχηματισμούς σε αμφότερες τις ετερογενείς και ομογενείς διεργασίες. Βρίσκονται, επίσης, στο επίκεντρο μιας σειράς νέων εξελίξεων στην «πράσινη» τεχνολογία, ενώ, ιδίως, η αποδοτική δραστηριότητα του χρυσού σε θερμοκρασία περιβάλλοντος έχει ανοίξει νέες ευκαιρίες για εφαρμογές στον έλεγχο της ρύπανσης. [36]

Αντιπροσωπευτικές αντιδράσεις καταλυόμενες από χρυσό

Πυρηνόφιλες προσθήκες σε πολλαπλούς δεσμούς Άνθρακα – Άνθρακα

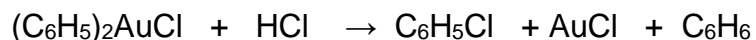
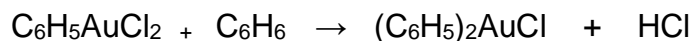
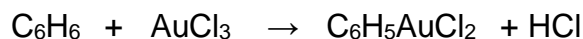
Αποτελούν την πλειονότητα των αντιδράσεων που καταλύονται από ενώσεις του χρυσού. Ο πολλαπλός δεσμός ενεργοποιείται από το χρυσό και στη συνέχεια προσβάλλεται από το πυρηνόφιλο. Τα υποστρώματα μπορεί να είναι αλκένια, αλκίνια ή και αλλένια και η προσβολή μπορεί να γίνει ενδομοριακά ή και διαμοριακά.

Σε πολλές μελέτες διαπιστώθηκε ότι κατιοντικές ενώσεις χρυσού Au(I), γενικού τύπου (L-Au⁺), όπου L: φωσφίνη, φωσφίτης, αρσίνη είναι εξαιρετικοί καταλύτες για αντιδράσεις προσθήκης αλκοολών σε αλκίνια σε ήπιες συνθήκες (θ=20-50 °C). Αυτοί οι καταλύτες αποδίδουν παραπάνω από 10⁵ moles προϊόντων ανά mole καταλύτη με TOF> 5400 h⁻¹. Δεν παρουσιάζουν ευαισθησία ούτε στο νερό ούτε στον αέρα και συνήθως αντιδρούν χωρίς διαλύτη. [37]



Η αντίδραση του άνυδρου τριχλωριούχου χρυσού με βενζόλιο

Όταν προστίθεται σιγά σιγά ξηρό βενζόλιο σε άνυδρο AuCl_3 τριχλωριούχο χρυσό, λαμβάνει χώρα μια βίαιη αντίδραση, από την οποία εκλύεται υδροχλώριο και απ' το μείγμα μπορούν να απομονωθούν 1,2,4,5-τετραχλωροβενζόλιο και χλωριούχος χρυσός(I) (AuCl). Επίσης, κατά την προσθήκη άνυδρος τριχλωριούχου χρυσού σε λεπτό διαμερισμό προστεθεί σε μεγάλη ποσότητα ξηρού βενζολίου, παράγεται άμεσα υδροχλώριο και το διάλυμα αποκτά κόκκινο χρώμα, το οποίο σε λίγα λεπτά μετατρέπεται σε καφέ. Αν παραμείνει για λίγα λεπτά ακόμη σχηματίζεται κίτρινο ίζημα AuCl και το διάλυμα περιέχει χλωροβενζόλιο $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$. [38]

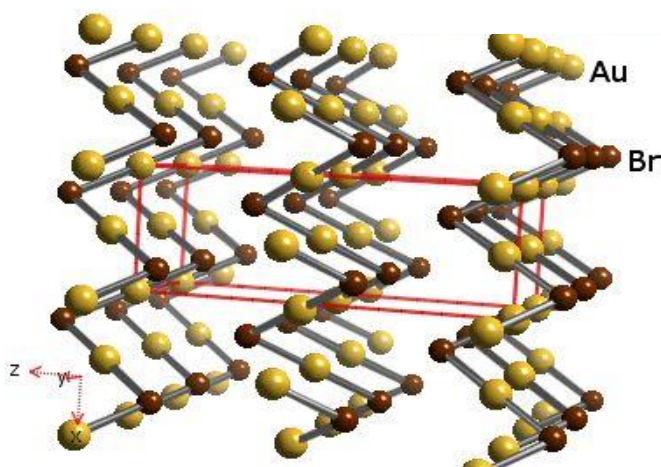


3.2.6 Ενώσεις του χρυσού

Το μοναδικό γνωστό οξειδίο του Au(III) είναι το Au_2O_3 το οποίο καταβυθίζεται από αλκαλικά υδατικά διαλύματα του $\text{Au}^{3+}_{(\text{aq})}$. Αποτέλεσμα είναι η παραγωγή ιζήματος $\text{Au}_2\text{O}_3(\text{H}_2\text{O})$, το οποίο κατά την αφυδάτωση του παρέχει καστανό Au_2O_3 , που διασπάται κατά την θέρμανσή του σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 160°C , δίνοντας Au , O_2 και H_2O .

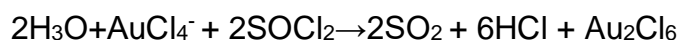
Τα σουλφίδια του χρυσού είναι όλα μαύρα με πιο σταθερό το Au_2S , το οποίο παράγεται με επίδραση H_2S σε υδατικά διαλύματα AuI . Κατά τη διαβίβαση H_2S σε ψυχρά διαλύματα AuCl_3 σε ξηρό αιθέρα παράγεται Au_2S_3 , το οποίο με προσθήκη νερού μετατρέπεται ταχύτατα σε Au_2S , ή ακόμα και μεταλλικό χρυσό.

Οι ενώσεις του Au(I) με αλογόνα, δηλαδή AuCl , AuBr και AuI , είναι όλες κρυσταλλικές με κίτρινο χρώμα και σχηματίζουν αλυσιδωτές δομές. [33]



Εικόνα 11: AuBr

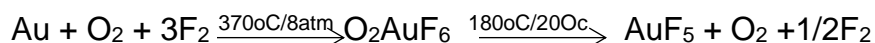
Δεν υπάρχουν γνωστά διαλογονίδια του Au(III) , ενώ οι πιο γνωστές και σταθερές είναι οι ενώσεις του με αλογόνα, όπως τα AuCl_3 και AuBr_3 , που είναι κόκκινες κρυσταλλικές ουσίες, διαλυτές στο νερό, οι οποίες παρασκευάζονται με απευθείας ένωση των στοιχείων τους, έχουν επίπεδη τριγωνική δομή και με θέρμανση προκύπτει τελικά μεταλλικός χρυσός. Είναι και οι δύο διμερείς ενώσεις τόσο στη στερεή τους κατάσταση, όσο και στους ατμούς τους. Πιο γνωστό είναι το διμερές του χλωρίου Au_2Cl_6 το οποίο που παρασκευάζεται σύμφωνα με την αντίδραση:



Το Au_2Cl_6 όταν διαλύεται σε υδροχλωρικό οξύ παρέχει το σταθερό σύμπλοκο ιόν $[\text{AuCl}_4]^-$ και από την φθορίωση του προκύπτει και το AuF_3 , μια πορτοκαλί κρυσταλλική ουσία, η οποία διαθέτει μία εντυπωσιακή στερεοχημική δομή αποτελούμενη από τετραγωνικές επίπεδες AuF_4 μονάδες, οι οποίες ανά δύο μοιράζονται άτομα F, με cis- διάταξη, ώστε τελικά να προκύπτει μία ελικοειδής αλυσίδα.

Οι ενώσεις του χρυσού με αλογόνα (κυρίως τα χλωρίδια και βρωμίδια) χρησιμοποιούνται ως καταλύτες για οργανικές κυρίως συνθέσεις

Ο Au(V) σχηματίζει την ασταθή ένωση AuF₅. Είναι μία στερεή, διαμαγνητική με κόκκινο χρώμα ουσία και παράγεται σύμφωνα με την αντίδραση:



Η σταθερότερη οξειδωτική κατάσταση για το χρυσό όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι η +3, στην οποία έχει ηλεκτρονική απεικόνιση d⁸ και συνήθως σχηματίζει επίπεδες τετραγωνικές σύμπλοκες ενώσεις με αριθμό συναρμογής 4. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος παρασκευής τέτοιων συμπλόκων του χρυσού είναι με απευθείας διάλυση του μετάλλου σε βασιλικό ύδωρ ή της ένωσης AuCl₆ σε πυκνό HCl, από την οποία παράγεται κίτρινο AuCl₄·4H₂O που αποτελεί μέσο για την παραγωγή συμπλόκων ενώσεων του χρυσού.[39]

3.2.7 Πλειάδες Χρυσού (Gold Clusters) – Κολλοειδή Χρυσού

Όπως συμβαίνει σε πολλά μέταλλα έτσι και ο χρυσός σχηματίζει ενώσεις που ονομάζονται πλειάδες, δηλαδή ενώσεις στις οποίες υπάρχει ένας κεντρικός μεταλλικός πυρήνας με συμμετρικά διατεταγμένα άτομα χρυσού και περιβάλλεται από άλλα μόρια. Τέτοιες πλειάδες ατόμων χρυσού έχουν μοναδικές οπτικές και μηχανικές ιδιότητες και υπόσχονται πολλά ως δομικά συστατικά σε ηλεκτρονικές συσκευές και αισθητήρες.

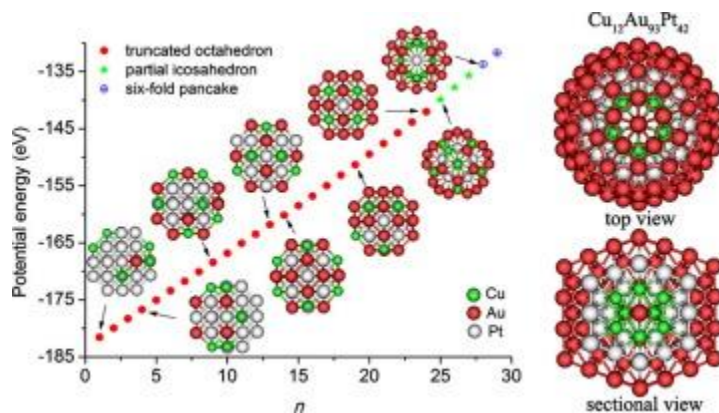
Ο όρος χρυσοφιλική έλξη (aurophilic attraction) επινοήθηκε αρχικά από τον Schmidbauer για να ερμηνεύσει την έλξη μεταξύ ατόμων χρυσού σε πλειάδες στις οποίες υπάρχει ένας κεντρικός πυρήνας ατόμων χρυσού με πολλαπλούς αριθμούς οξειδωσης.

Νεώτερα στοιχεία δείχνουν ότι η εξήγηση της χρυσοφιλικής έλξης και του τρόπου με τον οποίο προκύπτουν ιδιαίτερα σταθερές πλειάδες χρυσού, βρίσκεται στο γεγονός πως τα ηλεκτρόνια των εσωτερικών τροχιακών του χρυσού κινούνται εντός ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται από ένα υψηλό πυρηνικό φορτίο (79 πρωτονίων για το χρυσό) που οδηγεί σε ταχύτητες που πλησιάζουν την ταχύτητα του φωτός άρα πρέπει να μελετηθούν ως σχετικιστικά σωματίδια σύμφωνα με τη θεωρία της σχετικότητας του Einstein. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συστολή των 6s ατομικών τροχιακών και άρα και σταθεροποίηση

τους, με αποτέλεσμα την δυσκολία ιοντισμού του ατόμου (η ιδιότητα αυτή που έχουν και όλα τα βαρύτερα στοιχεία του p τομέα του Περιοδικού Πίνακα ονομάζεται φαινόμενο του αδρανούς ζεύγους ηλεκτρονίων) και την πιθανότητα να δεχθεί ηλεκτρόνια ώστε να προκύψουν ακόμα και ανιόντα. Ταυτόχρονα, η ενεργειακή διαφορά των 5d, 6s και 6p τροχιακών είναι μειωμένη, με αποτέλεσμα η 5d¹⁰ διαμόρφωση να μην είναι πλέον αδρανής ώστε να εξηγείται η αλληλεπίδραση μεταξύ δύο κέντρων Au(I) που διαθέτουν ίσο ηλεκτρικό φορτίο. [40]

Το πιο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό των μεταλλικών νανοπλειάδων είναι ότι οι χημικές και φυσικές τους ιδιότητες είναι αρκετά διαφορετικές από τις ιδιότητες της μεγάλης μεταλλικής μάζας και των μεταλλικών ατόμων. Αυτό το φαινόμενο αποκαλείται ως κβαντικό φαινόμενο μεγέθους («quantum size effect»).

Η σπουδαιότητα των ενώσεων αυτών ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών βρίσκεται στο γεγονός πως ενώ ο χρυσός ως μέταλλο είναι χημικά αδρανές σε μορφή συσσωμάτων είναι ιδιαίτερα δραστήσιος για την καταλυτική του δράση σε πλήθος αντιδράσεων όπως για παράδειγμα της καταλυτικής οξείδωσης του CO προς CO₂ ή ακόμα της προσθήκης υδροχλωρίου σε ακετυλένιο. Επίσης στην ετερογενή κατάλυση βρίσκουν εφαρμογή νανοσωματίδια χρυσού προσροφημένα σε στερεά πολυμερικά ή ανόργανα υποστρώματα όπως τα ακόλουθα οξείδια: CeO₂, FeO₃, TiO₂. [41]



Εικόνα 12: Κολλοειδή Χρυσού

Ο όρος κολλοειδές εισάγεται για πρώτη φορά από τον Graham το 1861 για να περιγράψει τα διαλύματα στα οποία τα σωματίδια της διεσπαρμένης φάσεως αποτελούνται από 103 έως 109 άτομα. Ανάλογα με τη φάση διασποράς τα κολλοειδή σωματίδια εμφανίζονται

υπό διάφορες μορφές, είτε ως μοριακά κolloειδή στα οποία τα άτομα που αποτελούν τα σωματίδια είναι δυνατόν να ανήκουν σε ένα μόνο είδος μορίου, είτε ως μικκύλια που είναι συσσωματώματα μικρών μορίων, τα οποία συγκρατούνται με δυνάμεις Wan der Walls.

Τα μεταλλικά κolloειδή (>10nm) είναι γνωστά από την εποχή του Faraday (1847), ο οποίος μάλιστα παρασκεύασε κolloειδές αιώρημα χρυσού με βάση την αντίδραση:



Το κolloειδές αυτό έχει έντονο κόκκινο χρώμα (ruby red) και χρησιμοποιείται ως χρωστική ουσία για γυαλιά και βερνικόχρωμα, γνωστό ως ιώδες του Cassious. Τα κolloειδή του χρυσού λόγω των μικρών διαστάσεων τους εμφανίζουν ενδιαφέρουσες οπτικές ιδιότητες. Το αν το χρώμα του κolloειδούς χρυσού θα είναι κόκκινο, μωβ ή μπλε εξαρτάται από το μέγεθος των σωματιδίων, το σχήμα και την συσσωμάτωση τους. [42]

Τέτοια κolloειδή διαλύματα χρυσού έχουν χρησιμοποιηθεί και για την βαφή των περίφημων βιτρό της Παναγίας των Παρισίων, όπου όταν εισέλθουν δέσμες ηλιακού φωτός μέσα από αυτά, το θέαμα για τον επισκέπτη είναι μοναδικό.



Εικόνα 13: vitro στην Παναγία των Παρισίων

3.2.8 Κράματα χρυσού

Η λέξη κράμα προέρχεται από το ουσιαστικό «κράσις» που σημαίνει ανάμειξη (ετυμολογικά συγγενές με το κρασί). Στην ιταλική γλώσσα το κράμα λέγεται «lega». Λέγα ονομάζουν οι χρυσοχόοι στην καθημερινή πρακτική τα κράματα.

Κράμα ονομάζεται κάθε μείγμα δύο ή περισσοτέρων στοιχείων από τα οποία τουλάχιστον το ένα είναι μέταλλο. Τα συστατικά ενός κράματος συμμετέχουν στην δημιουργία μίας κοινής κρυσταλλικής δομής, η οποία προκαλείται με σύμπηξη των συστατικών του κράματος και ακόλουθη στερεοποίηση. Η οπτική εμφάνιση ενός κράματος ή αλλιώς η μικροδομή του, αποτελείται από τις φάσεις και τους κόκκους. Το μέγεθος των κόκκων είναι καθοριστικό για τις μηχανικές ιδιότητες του κράματος. Έτσι ένα λεπτόκοκκο υλικό έχει μεγαλύτερη σκληρότητα και αντοχή σε εφελκυσμό σε σχέση με ένα χονδρόκοκκο. Φάση είναι μία ομοιογενής περιοχή του κράματος και κάθε κράμα μπορεί να έχει περισσότερες από μία φάσεις. [43]

Κατά τη δημιουργία ενός κράματος, άτομα του προστιθέμενου μετάλλου αντικαθιστούν άτομα του αρχικού μετάλλου στο κρυσταλλικό του πλέγμα. Μία από τις προϋποθέσεις για να δημιουργηθεί ένα κράμα με καλές μηχανικές ιδιότητες, είναι οι ατομικές ακτίνες των μετάλλων που αναμειγνύονται, να μην διαφέρουν περισσότερο από 15%. Στην αντίθετη περίπτωση θα υπάρξει παραμόρφωση του κρυσταλλικού πλέγματος.

Ο χρυσός λοιπόν, έχει την ικανότητα να σχηματίζει ένα εκτεταμένο εύρος κραμάτων με πολλά άλλα μέταλλα. Η δημιουργία κραμάτων χρυσού στην χρυσοχοΐα αρχικά εξυπηρετούσε την ανάγκη για μείωση του κόστους ενός κοσμήματος και την αύξηση της σκληρότητάς του, μιας και ο καθαρός χρυσός χαρακτηρίζεται από μεγάλη πλαστικότητα. Ενώ ο χρυσός έχει κίτρινο χρώμα τα κράματά του με άλλα μέταλλα έχουν συχνά διαφορετικά χρώματα ανάλογα με τα μέταλλα με τα οποία αναμειγνύεται, και την περιεκτικότητά τους στο κράμα.

Το καράτι χρησιμοποιείται για να εκφράσει την περιεκτικότητα σε χρυσό ενός αντικειμένου και παρόλο που αποτελεί μονάδα βάρους για τα διαμάντια στην περίπτωση του χρυσού εκφράζει την εκατοστιαία κατά βάρος περιεκτικότητα. Έτσι ο καθαρός χρυσός, δηλαδή περιεκτικότητα χρυσού μεγαλύτερη από 99,7% σε βάρος αντιστοιχεί σε 24Κ, ενώ στα

κράματα του τα καράτια μειώνονται. Σήμερα χρησιμοποιείται η κατά βάρος περιεκτικότητα σε βαθμούς επί τοις χιλίοις. Για παράδειγμα χρυσός 22K αντιστοιχεί σε 916 βαθμούς.

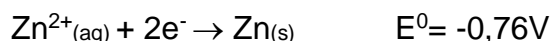
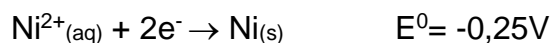
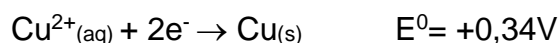
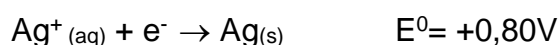
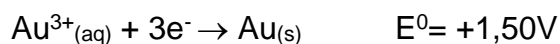
Η περιεκτικότητα ενός κοσμήματος σε χρυσό ήταν ανέκαθεν σημαντικό στοιχείο για την εκτίμηση της αξίας του. Αρχικά οι χρυσοχόοι είχαν αναπτύξει μια εμπειρική χημική μέθοδο για να εξακριβώσουν αν ένα κόσμημα είχε χρυσό, χρησιμοποιώντας τη «Λυδία λίθο» (σκληρό μαύρο ορυκτό) όπου πάνω της έτριβαν το υπό εξέταση αντικείμενο. Στην μεταλλική γραμμή που άφηνε πάνω στο ορυκτό το «χρυσό» αντικείμενο έριχναν νιτρικό οξύ και παρατηρούσαν κατά πόσο μεταβαλλόταν το πάχος και το χρώμα του ίχνους. Αφού ο χρυσός δεν αντιδρά με νιτρικό οξύ, η χαραγμένη γραμμή θα έπρεπε να παραμένει αναλλοίωτη. [25]

Παρόμοιοι έλεγχοι τόσο με νιτρικό οξύ όσο και με βασιλικό ύδωρ πραγματοποιούνται και σήμερα, παρόλο που το δεύτερο καταστρέφει την επιφάνεια του μετάλλου στην οποία δρα.

Η σήμανση ενός χρυσού αντικειμένου με καράτια δείχνει την ελάχιστη κατά βάρος περιεκτικότητα του χρυσού σε αυτό, όμως δεν δηλώνει τίποτα για τη σύσταση του ή την περιεκτικότητά του σε άλλα μέταλλα. Για παράδειγμα ένα κόσμημα 18K μπορεί να περιέχει από 0% έως 25% κ.β. χαλκό και περίπου ίδιες αναλογίες αντιστοιχούν και για κράματα που περιέχουν νικέλιο ή ψευδάργυρο. Νικέλιο, ψευδάργυρος και χαλκός είναι τα μέταλλα που μαζί με τον άργυρο χρησιμοποιούνται συνήθως για την κατασκευή κραμάτων χρήσιμων για την κοσμηματοποιία.

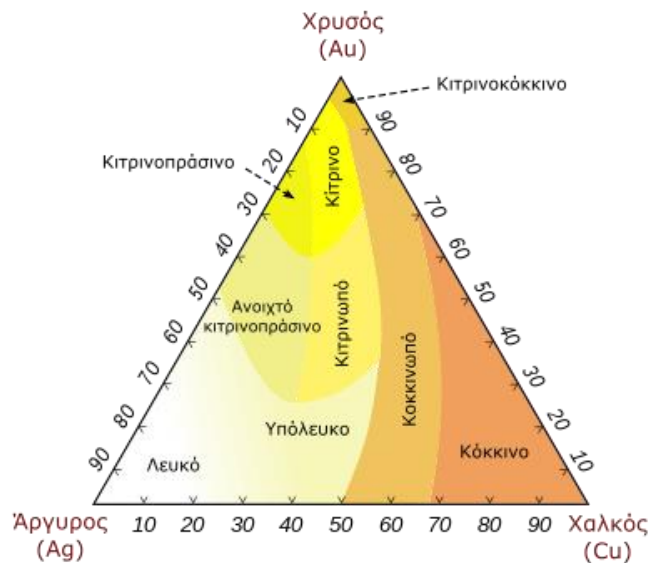
Πολλές φορές ένα χρυσό κόσμημα αφήνει ένα πράσινο αποτύπωμα (γραμμή) πάνω στο δέρμα του ατόμου που το φορά, γεγονός που κάνει το άτομο να αμφισβητεί για το αν το κόσμημα είναι κατασκευασμένο από χρυσό ή όχι. Το πιο πιθανό βέβαια είναι να αποτελείται από κάποιο κράμα χρυσού, με συγκεκριμένη περιεκτικότητα. Το πράσινο αποτύπωμα που αφήνει όμως στο δέρμα οφείλεται στην ικανότητα οξειδωσης των μετάλλων από τα οποία αποτελείται το κράμα, με τις ενώσεις που περιέχονται στα υγρά που φυσιολογικά απεκκρίνει το δέρμα και κατ' επέκταση από τη δυνατότητα δημιουργίας έγχρωμων αλάτων των μετάλλων αυτών.

Για τα βασικά μέταλλα των κραμάτων χρυσού (Au, Cu, Ni, Zn) τα κανονικά δυναμικά αναγωγής τους, στους 25°C μαζί με αυτό του Au είναι:



Ο χρυσός έχει το μεγαλύτερο δυναμικό από όλα τα μέταλλα γεγονός που επιβεβαιώνει το χαρακτηρισμό του ως ευγενές μέταλλο και κατά την επίδρασή υδατικού διαλύματος νιτρικού οξέος σε ένα κράμα του με βάση το κανονικό δυναμικό αναγωγής της προηγούμενης αντίδρασης παρατηρούμε ότι το νιτρικό οξύ θα οξειδώσει όλα τα μέταλλα του κράματος εκτός από τον χρυσό. [44]

Ο χρυσός έχει ένα ηλεκτροχημικό δυναμικό που είναι το χαμηλότερο από οποιοδήποτε μέταλλο κάτι που σημαίνει ότι σε οποιαδήποτε κατιοντική μορφή δέχεται ηλεκτρόνια από σχεδόν οποιοδήποτε παράγοντα για να σχηματίσει μεταλλικό χρυσό. Ακόμη, είναι το πιο ηλεκτραρνητικό από όλα τα μέταλλα, κάτι που για ακόμα μία φορά επιβεβαιώνεται τον ευγενή χαρακτήρα του. Επιπλέον ο χρυσός δεν οξειδώνεται από το οξυγόνο και δεν προσβάλλεται από οξέα και βάσεις.



Σχήμα 3: Το χρώμα των κραμάτων χρυσού εξαρτάται από τη σύστασή τους. Στο σχήμα δίνονται προσεγγιστικά τα χρώματα κραμάτων Ag–Au–Cu που χρησιμοποιούνται πολύ στην κοσμηματοποιία.

Έτσι λοιπόν έχουμε τον κίτρινο χρυσό, ο οποίος έχει και διαφορετική περιεκτικότητα σε καθαρό χρυσό και προσμίξεις με άργυρο, χαλκό και ψευδάργυρο. Τον κόκκινο χρυσό που είναι κράμα χρυσού με χαλκό, τον μπλε χρυσό που περιέχει χρυσό και σίδηρο, το μωβ χρυσό με χρυσό και αργίλιο και πολλά ακόμη. Ο άσπρος χρυσός αποτελεί την ονομασία ενός κράματος του χρυσού με άλλα αργυρόλευκα μέταλλα όπως άργυρος, παλλάδιο ή νικέλιο. Κράμα του χρυσού, χαλκού και αργύρου με διαφορά στις περιεκτικότητες των τριών αυτών μετάλλων έχει και διαφορετικό χρώμα το οποίο πλησιάζει το χρώμα του μετάλλου που υπερισχύει. [45]

3.2.9 Χρυσοχοΐα – Τεχνικές

Οι χρυσοχόοι χρησιμοποιούν μεγάλη ποικιλία τεχνικών για την κατεργασία του χρυσού, αν και οι γνώσεις για την τέχνη της χρυσοχοΐας από τα αρχαία χρόνια είναι περιορισμένες, επειδή τα χρυσά κοσμήματα συνήθως τα έλιωναν για να δημιουργήσουν νέα. Από αυτά που έχουν βρεθεί κυρίως σε διάφορες ανασκαφές αρχαίων τάφων, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι πρώτοι χρυσοχόοι χρησιμοποίησαν μηχανικές κυρίως διεργασίες για τη μορφοποίηση του χρυσού. Τα πρώτα κοσμήματα ήταν σφυρήλατα και όποτε ήταν δυνατόν, κατασκευασμένα μόνο από ένα φύλλο μετάλλου. Αρχικά εφαρμοζόταν η τεχνική της απλής σφυρηλάτησης και στη συνέχεια η σφυρηλάτηση σε εκμαγείο.

Με την κοκκίδωση, τοποθετούνταν πάνω στο σχέδιο μικρές κουκίδες χρυσού πολύ μικρής διαμέτρου (0,002 cm). Η συρματοτεχνική συνίσταται στην επικόλληση λεπτότατων νημάτων χρυσού πάνω στην επιφάνεια ενός αντικείμενου καθώς και για την κατασκευή αλυσίδων. Στα ελάσματα που έφτιαχναν μπορούσαν να αφαιρέσουν τον φόντο δημιουργώντας διάτρητες κατασκευές.



Εικόνα 14: Ένα εξαιρετικό κόσμημα του αρχαίου κρητικού πολιτισμού. Το χρυσό δαχτυλίδι με την εξαιρετικής ακρίβειας κοκκιδωτή διακόσμηση βρέθηκε στην Πραισό και φυλάσσεται στο μουσείο του Ηρακλείου, Χρονολογείται από το 1200 π.Χ.

Σήμερα τα περισσότερα χρυσά κοσμήματα κατασκευάζονται με τη μέθοδο της χύτευσης, όπου αρχικά το μέταλλο τήκεται και στη συνέχεια τοποθετείται σε ένα ειδικό καλούπι μέσα από το οποίο παίρνει την επιθυμητή μορφή και βελτιώνεται η αντοχή του. [46]

Μια άλλη ενδιαφέρουσα τεχνική που εφαρμόζεται τα τελευταία χρόνια είναι η επιχρύσωση όπου γίνεται απόθεση επιστρώματος χρυσού πάνω σε μία άλλη μεταλλική επιφάνεια (υπόστρωμα). Η επιχρύσωση γίνεται πλέον με ηλεκτρόλυση και χρησιμοποιούνται

κυρίως κυανιούχα σύμπλοκα $\text{Au}(\text{CN})_2^-$, χλωριούχα σύμπλοκα AuCl_4^- ή σιδηροκυανιούχες ενώσεις $\text{Au}[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ του χρυσού.

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται για την προστασία του περιβάλλοντος από τα απόβλητα των επιχρυσώσεων. Δυστυχώς στην χώρα μας λίγες μονάδες διαθέτουν εγκαταστάσεις με δεξαμενές εξουδετέρωσης, καθίζησης και οξειδωσης των κυανιούχων αποβλήτων με αποτέλεσμα τα απόβλητα να διατίθενται στο περιβάλλον χωρίς καμία κατεργασία. [45]

3.2.10 Άλλες χρήσεις του Χρυσού

Ο χρυσός στην Υπηρεσία της Υγείας

Ο χρυσός λόγω των ιδιοτήτων που έχει, δεν βρίσκει μόνο εφαρμογή στην κοσμηματοποιία αλλά και σε πολλούς άλλους τομείς. Στις επιστήμες Υγείας σύμπλοκες ενώσεις του χρυσού όπως το $\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ χρησιμοποιήθηκαν για την αντιμετώπιση της φυματίωσης στην αρχή του 20^{ου} αιώνα.

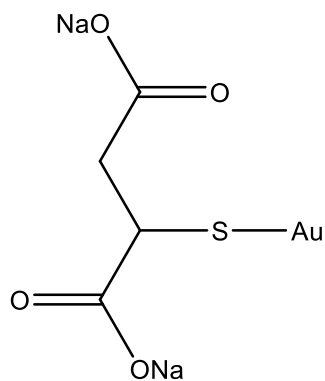
Ο μεταλλικός χρυσός είναι εξαιρετικά βιοσυμβατός, (ενώ ο χρυσός σε ιοντική μορφή είναι τοξικός) και δεν παρουσιάζει προβλήματα αλλεργικών αντιδράσεων, σε αντίθεση για παράδειγμα με το νικέλιο. Ακόμη είναι αδιαφανής έναντι των ακτίνων Χ. Έτσι, χρησιμοποιείται: στην λεγόμενη «χρυσοθεραπεία», όπου ο χρυσός και οι ενώσεις του αποτελούν συστατικά φαρμάκων για πολλές παθήσεις όπως η ρευματοειδής αρθρίτιδα, αλλά, και πρόσφατα, κάποιες μορφές καρκίνου, στα stents για την απόφραξη αρτηριών, κλπ., σε εμφυτευμένες ιατρικές συσκευές όπως βηματοδότες και αντλίες ινσουλίνης, στην «Βίο-βαλλιστική», δηλαδή την επακριβώς ελεγχόμενη έγχυση κλώνων DNA αναμεμιγμένων σε χρυσόσκονη επί συγκεκριμένων κυττάρων για διερεύνηση των σχετικών αντιδράσεων) καθώς και σε εφαρμογές όπου μικροσκοπικές δόσεις φαρμάκων τοποθετούνται εντός χρυσού περιβλήματος και εισάγονται στο σώμα του ασθενούς, εκλύοντας ηλεκτρονικά ελεγχόμενες, δόσεις του φαρμάκου.

Επιπλέον στην Οδοντιατρική χρησιμοποιείται ως οδοντιατρικό βίο-υλικό για την κατασκευή τεχνητών οδόντων / γεφυρών κλπ. (σήμερα με μορφή κράματος), σαν σύρμα

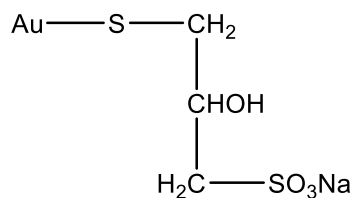
στην στερέωση τεχνητών οδόντων και σαν σφράγισμα, παρ' όλο που από την δεκαετία του 1970 σε κάποιο βαθμό αντικαταστάθηκε από συνθετικά υλικά λόγω του κόστους του.

Από το 1960 και μετά οι ενώσεις του χρυσού με το θείο όπως η μυοχρυσίνη, η χρυσοθειογλυκόζη και η αλλοχρυσίνη, τα οποία είναι πολυμερή γραμμικά σύμπλοκα του Au(I) με άτομα S χρησιμοποιούνται ως ενέσιμα αντιαρθρικά φάρμακα πρώτης γενιάς, για την καταπολέμηση της βαριάς ρευματοειδούς αρθρίτιδας. [47]

Η ρευματοειδής αρθρίτιδα είναι μία αυτοάνοση νόσος κατά την οποία δημιουργείται φλεγμονή στις αρθρώσεις, όπου τα λεμφοκύτταρα παράγουν ελεύθερες ρίζες που προκαλούν βλάβες στους αρθρικούς θύλακες. Τα φάρμακα του χρυσού ανήκουν στα αντιαρθρικά φάρμακα βραδείας δράσης (3- 6 μήνες) που δρουν τροποποιώντας το ανοσοποιητικό σύστημα και χορηγούνται ως δεύτερη θεραπεία (πρώτη θεραπεία: μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη)



Myocrisin



Allochrysin

Επιπλέον εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει, πως ορισμένα σύμπλοκα τόσο του Au(I) όσο και του Au(II) έχουν αντικαρκινική δράση, ενώ σύμπλοκα του Au(III) χρειάζονται περισσότερη μελέτη στον τομέα αυτό. Η κυτταροτοξικότητα των ενώσεων αυτών εξαρτάται άμεσα από το είδος των υποκαταστατών που έχουν και πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω ο μηχανισμός της δράσης τους.

Τα κολλοειδή χρυσού χρησιμοποιούνται επιπλέον ως ιχνηθέτες υψηλής ηλεκτρονικής πυκνότητας στην ιστοχημεία και την κυτταροχημεία, δηλαδή ως βιοαισθητήρες. Γενικά οι βιοαισθητήρες ανιχνεύουν ένα συγκεκριμένο βιομόριο, το οποίο έχει επιλεγεί για την

ικανότητα του να επιβεβαιώνει την παρουσία ενός ορισμένου τύπου ιού, βακτηρίου ή ενός γενετικού προβλήματος, που ευθύνεται για μια συγκεκριμένη ασθένεια.

Σε έναν χρυσό κολοειδή βιοαισθητήρα το γεγονός της ανίχνευσης στηρίζεται στην ιδιότητα της συσσωμάτωσης των νανοσωματιδίων του, που αποτελούν το κολοειδές και εφόσον το χρώμα εξαρτάται από το μέγεθος, αυτή η αλλαγή συσσωμάτωσης προκαλεί μία αλλαγή χρώματος του κολοειδούς. [48]

Πρόσφατα, επιστήμονες στην Αυστραλία ανακάλυψαν ένα νέο τεστ αίματος, το οποίο μπορεί να ανιχνεύσει καρκινικά κύτταρα στο αίμα, σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Το φθινό και απλό, καθολικό τεστ, έχει ποσοστό επιτυχίας περίπου 90%, ανιχνεύει τις διαφορές στο DNA των καρκινικών κυττάρων από εκείνο των υγιών, ώστε μελλοντικά και οι θεραπείες να είναι πιο αποτελεσματικές. Η μέθοδος βασίζεται στο ότι το DNA των καρκινικών κυττάρων προσκολλάται ισχυρά στα νανοσωματίδια χρυσού, γεγονός που αποτελεί σοβαρή ένδειξη για το αν υπάρχει καρκίνος σ' ένα άτομο ακόμα και αν η νόσος δεν έχει εκδηλώσει συμπτώματα. [49]

Εφαρμογές Ηλεκτρονικής

Ο χρυσός χρησιμοποιείται:

- στις επιχρυσωμένες επαφές και υποδοχές Η/Υ, κινητών τηλεφώνων, διαφόρων υβριδικών κυκλωμάτων, ακόμη και κάποιων DVDs και CD-Rs εγγραφής,
- σε εφαρμογές νανοκλίμακας στην πληροφορική και νανοσωματιδίων στα ηλεκτρικά πεδία,
- στην επιχρύσωση και στα σύρματα συγκόλλησης για τις «έξυπνες» κάρτες,
- για τα συστήματα ελέγχου ηλεκτρονικής ανάφλεξης, αντιολισθητικής πέδησης, ψεκασμού καυσίμου, αισθητήρων σύγκρουσης αερόσακων κλπ. της βιομηχανίας αυτοκινήτων. [50]

3.3. Άργυρος

3.3.1 «Άσημος άργυρος»

Στην καθημερινή γλώσσα συνήθως λέγεται ασήμι. Η λέξη ασήμι προέρχεται από την έκφραση «άσημος άργυρος», που σημαίνει άργυρος χωρίς σήμανση. Ως προς την ετυμολογία της λέξης άργυρος, αυτή προέρχεται από την λέξη "αργός" της αρχαίας ελληνικής γλώσσας. Το επίθετο "αργός" είχε την σημασία "λαμπερός". Από την λέξη άργυρος προήλθε η λατινική λέξη argentum, και από αυτήν οι αντίστοιχη λέξη σε πολλές ευρωπαϊκές γλώσσες.

Ο άργυρος είναι μέταλλο λευκό, το χημικό του σύμβολο είναι Ag, και είναι μεταξύ των μετάλλων ο καλύτερος αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτρισμού. Το ειδικό του βάρος είναι 10,49 gr/cm³. Ο άργυρος όταν γυαλιστεί, έχει έντονη μεταλλική λάμψη, καθώς επίσης εμφανίζει την μεγαλύτερη επιφανειακή αντανakλαστικότητα από όλα τα μέταλλα, γι' αυτό χρησιμοποιείται στην κατασκευή καθρεπτών. Δεν οξειδώνεται πολύ κατά την επαφή του με του αέρα και το νερό, παρά μόνον εμφανίζεται μία επιφανειακή οξείδωση, λόγω της δημιουργίας ενός λεπτού στρώματος θειούχου αργύρου, Ag₂S. Η οξείδωση αυτή δημιουργείται όταν ο άργυρος έρχεται σε επαφή με το θειάφι (π.χ. SO₂) που υπάρχει στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Σπάνια στη φύση βρίσκεται αυτοφυής (καθαρός) άργυρος, αλλά τις μεγαλύτερες ποσότητες τις παίρνουμε από κοιτάσματα, όπου υπάρχουν ενώσεις του αργύρου με άλλα χημικά στοιχεία.

Στην κλασική Ελλάδα ο άργυρος ήταν το μέταλλο από το οποίο γίνονταν τα νομίσματα αλλά και η βάση για όλους τους οικονομικούς υπολογισμούς και τις συναλλαγές, όπως ήταν για πολλά χρόνια στη σύγχρονη εποχή ο χρυσός. Οι Αθηναίοι της κλασικής περιόδου είχαν ορυχεία αργύρου διάσπαρτα σε όλο τον τότε γνωστό κόσμο, τα λεγόμενα αργυρεία, Τα μεγαλύτερα ήταν τα αργυρεία του Λαυρίου, που θεωρούνται και η βάση της οικονομικής ισχύος των Αθηνών. Νομίσματα από άργυρο κατασκεύαζαν επίσης οι κάτοικοι της Λυδίας στην Μικρά Ασία ήδη από το 700 π.Χ. αλλά και πολλοί ακόμα πολιτισμοί και έθνη στην διάρκεια της ιστορίας.

Είναι χαρακτηριστικό ότι σε 14 τουλάχιστον γλώσσες η λέξη «άργυρος» και η λέξη «χρήμα» συμπίπτουν. Και στην ελληνική γλώσσα αργύρια ονομάζονται τα χρήματα (τα 30 αργύρια του Ιούδα), και οι λέξεις φιλάργυρος, εξαργυρώνω κ.λπ. έχουν το ίδιο συνθετικό.

Σήμερα το 33% του παραγόμενου αργύρου, χρησιμοποιείται στην παραγωγή κοσμημάτων, και 3% για παραγωγή νομισμάτων και μεταλλίων, και το υπόλοιπο στη βιομηχανία, όπως π.χ. στις φωτογραφικές πλάκες. Η τιμή του αργύρου είναι η χαμηλότερη συγκρινόμενη με τα τέσσερα πολύτιμα μέταλλα.

Το μεγαλύτερο μέρος του αργύρου παράγεται στο Περού και στο Μεξικό. Για την παραγωγή κοσμημάτων δεν χρησιμοποιείται καθαρός άργυρος, αλλά κράματα που έχουν βελτιωμένες ιδιότητες. Το πιο συνηθισμένο είναι το κράμα sterling silver που περιέχει 925 μέρη καθαρού αργύρου, στα χίλια μέρη κράματος.

Ιστορικά ο άργυρος έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα στην παραγωγή φαρμάκων. Από την εποχή του Ιπποκράτη, μέχρι τα μέσα του προηγούμενου αιώνα και την ανακάλυψη των αντιβιοτικών, ένα σημαντικό μέρος των φαρμάκων που παρασκεύαζαν οι άνθρωποι είχε σαν βάση άλατα ή οξείδια αργύρου.

Στη μυστικιστική παράδοση των λαών ο άργυρος συνδέεται με την σελήνη, και εν συνεχεία με την «θηλυκή» πλευρά των πραγμάτων, την πιο συναισθηματική, πιο αινιγματική και πιο μαγική. Κοσμήματα από άργυρο, αλλά και χρηστικά και διακοσμητικά σκεύη κατασκευάζονταν σε όλες τις ιστορικές περιόδους. Ειδικά κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας και πιο πρόσφατα, στον Ελληνικό χώρο, τα κοσμήματα (που έχουν την ονομασία «Παραδοσιακά Ελληνικά Κοσμήματα») και τα εκκλησιαστικά είδη κατασκευάζονταν σχεδόν αποκλειστικά από άργυρο. [25]



Εικόνα 15: Αργυρή αρύταινα (κουτάλα) για το σερβίρισμα του κρασιού, και αργυρός ηθμός για το σερβίρισμα. Κάτω αργυροί κάλυκες που χρησίμευαν σαν ποτήρια του κρασιού σε συμπόσια. Από νεκροταφείο στη Σεβαστή Πιερίας, του 330 π. Χ. Φιλοξενούνται στο Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης

3.3.2 Κοσμήματα από άργυρο

Η πιο όμορφη χρήση του αργύρου όμως είναι στα κοσμήματα. Η εύκολη κατεργασία, η λαμπρότητα, η αντίσταση στη συσσώρευση βακτηριδίων αλλά και το κόστος του χρυσού, καθιστούν το ασήμι ανεκτίμητο μέταλλο για επιτραπέζια σκεύη, πιατέλες, θρησκευτικές εικόνες και άλλα παρόμοια είδη. Πέρα από αυτά τα χαρακτηριστικά, η σπανιότητα του μετάλλου οδηγεί στην θεώρηση ότι είναι πολύτιμο, γεγονός που συνεισφέρει στην διακοσμητική του αξία. Ήδη από τον 14ο αιώνα, το γνωστό κράμα αργύρου-χαλκού, το sterling silver, χρησιμοποιούνταν για ασημένια σκουλαρίκια, βραχιόλια και περιδέραια. Ο πράσινος χρυσός που χρησιμοποιείται σήμερα σε μερικά κοσμήματα είναι κράμα που περιέχει χρυσό, άργυρο, κάδμιο και ψευδάργυρο. Ο λευκός χρυσός περιέχει χρυσό, νικέλιο και ψευδάργυρο ενώ η προσθήκη αργύρου μεγαλώνει την αξία του και του δίνει μία κιτρινωπή απόχρωση. [20]



Πιρουνία από sterling silver



Ασημένια θήκη με κουταλάκι για μουστάρδα



Χειροποίητο ασημένιο μεταγιόν

Εικόνα 16: Αντικείμενα από Άργυρο

3.3.3 Αλχημεία

Στην Αλχημεία ο άργυρος κατείχε σημαντική θέση σε πολλές αλχημιστικές διαδικασίες. Από την αρχαιότητα, συνδέθηκε με το φεγγάρι και τις επιδράσεις του, καθώς και με την ευελιξία, την συναισθηματική νοημοσύνη, την δημιουργικότητα και την γυναικεία φύση. Συνιστά ένα από τα επτά αρχέτυπα στοιχεία.

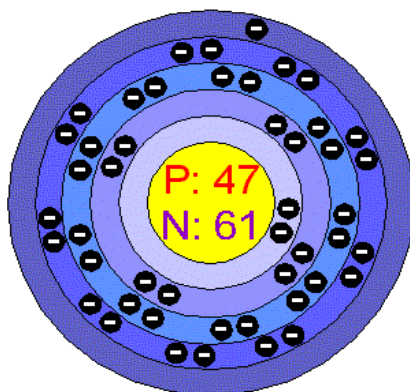
Επίσης ο άργυρος αναφέρεται και στο αρχαίο «σάκρα» σύστημα, ένα σύστημα επτά ιερών ενεργειακών κέντρων στο σώμα και πιο συγκεκριμένα συνδέεται με το έκτο «σάκρα», το λεγόμενο και «τρίτο μάτι». Με αυτή την έννοια, ο άργυρος αναπαριστά την αντίληψη της ανάκλασης, τόσο σωματικά όσο και ως εσωτερική άσκηση αυτοανάλυσης. Στην αλχημιστική παράδοση, στην Ευρώπη, συνιστά ένα από τα επτά ιερά μέταλλα μαζί

με το χρυσό, τον υδράργυρο, το σίδηρο, το χαλκό, τον κασσίτερο και τον μόλυβδο. Οι ενώσεις του χαρακτηρίζονταν «σεληνιακές» (lunar) και τον συνέδεαν με την ασημόχρωμη σελήνη (Luna για τους Λατίνους).

Στην κινέζικη αλχημεία ο αριθμός πέντε συνιστούσε ιερό αριθμό. Υποστηρίχθηκε ότι υπάρχουν πέντε στοιχεία τα οποία ήταν το ξύλο, η γη, η φωτιά, το μέταλλο και το νερό, τα οποία τα συνέδεαν με πέντε χρώματα. Τέλος είχαν πέντε κατευθύνσεις που τις συνέδεαν με πέντε μέταλλα: χρυσό, άργυρο, μόλυβδο, χαλκό και σίδηρο. [28]

3.3.4 Χημικές Ιδιότητες Αργύρου

Ο άργυρος (Ag), ανήκει στην 11^η ομάδα του Περιοδικού πίνακα (ή με την παλιά αρίθμηση στην 1B ομάδα) μαζί με τον χαλκό (Cu) και τον Χρυσό (Au). Η ηλεκτρονική του δομή είναι $[Kr]2d^{10}5s^1$, έχει δηλαδή ατομικό αριθμό 47 και σχετική ατομική μάζα 107,808 amu. Έχει σημείο τήξης 961,93°C και σημείο βρασμού 2212°C, ενώ η κρυσταλλική δομή του είναι κυβική.



Εικόνα 17

Ο Ag έχει δομή $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^1 4d^{10}$, οπότε κανονικά δε θα έπρεπε να ανήκει στα μεταβατικά στοιχεία αφού το τροχιακό 4d είναι συμπληρωμένο. Ταξινομείται όμως στα στοιχεία μετάπτωσης διότι μπορεί, αν και δύσκολα, να αποβάλλει ένα ηλεκτρόνιο από τα δέκα οπότε απομένει με ασυμπλήρωτο το 4d τροχιακό.

Παρόλο που ο άργυρος έχει ένα ηλεκτρόνιο στο εξωτερικό τροχιακό όπως και τα μέταλλα της 1ης ομάδας του περιοδικού πίνακα (αλκάλια δηλαδή το νάτριο, το κάλιο κ.ά.), δεν παρουσιάζει ομοιότητες μ' αυτά διότι στην προηγούμενη στιβάδα του περιέχει 18

ηλεκτρόνια ενώ τα αλκαλιμέταλλα έχουν 8 (εκτός του λιθίου). Αυτή η διαφορά στην ηλεκτρονιακή κατανομή αργύρου-αλκαλιμετάλλων έχει ως συνέπεια να απαιτείται πολύ μικρότερη ενέργεια (2071 KJ/mol) για την απομάκρυνση του ενός 4d ηλεκτρονίου του Ag από την απομάκρυνση του ενός 3p ηλεκτρονίου του καλίου (3067 KJ/mol) ή του ενός 2p ηλεκτρονίου του νατρίου (4561 KJ/mol), οπότε ο Ag εμφανίζεται σε μερικές ενώσεις του και με αριθμό οξείδωσης +2, πράγμα που δε συμβαίνει με τα αλκαλιμέταλλα.

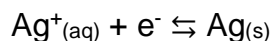
Το φάσμα εκπομπής του Ag είναι περίπλοκο επειδή διαθέτει πολλά τροχιακά παραπλήσιας ενέργειας και τα ηλεκτρόνια έχουν πολλές επιλογές όταν μεταβαίνουν από το ένα τροχιακό στο άλλο. Οι μεταβάσεις αυτές προϋποθέτουν απορρόφηση ενέργειας και στη συνέχεια επανεκπομπή της.

Ο άργυρος είναι ένα λευκό μέταλλο, ελατό, όλκιμο και αστραφερό. Έχει την υψηλότερη, γνωστή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα. Είναι πιο σκληρό μέταλλο από το χρυσό. Είναι χημικά λιγότερο δραστικό από τον χαλκό (ίδια ομάδα). Διαλύεται σε οξυγονούχα οξέα και σε κυανιούχα διαλύματα παρουσία οξυγόνου ή υπεροξειδίου του υδρογόνου. Στη φύση βρίσκεται ως μέταλλο ελεύθερο μαζί κυρίως με χρυσό, χαλκό και ψευδάργυρο. Βρίσκεται όμως και σε 50 περίπου ορυκτά, όπως σουλφίδια και χλωρίδια. [35]

Η συνηθέστερη κατάσταση οξείδωσης του αργύρου είναι η +1. Το ιόν Ag^{+2} είναι εξαιρετικά ασταθές και οξειδωτικό. [34]

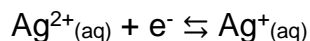
Σε υδατικό διάλυμα επικρατεί το σταθερό ιόν Ag^+ το οποίο είναι απλοποιημένη γραφή του εφυδατωμένου $Ag(H_2O)_4^+$.

Το κανονικό δυναμικό αναγωγής της ημιαντίδρασης σε υδατικό διάλυμα:



είναι θετικό ($E^0 = +0,799 \text{ V}$) και επομένως ο άργυρος είναι λιγότερο αναγωγικός και δεν αντικαθιστά το υδρογόνο στις ενώσεις του (π.χ. οξέα) και γι' αυτό χημικώς θεωρείται ευγενές μέταλλο. Το E^0 της ίδιας ημιαντίδρασης στην υγρή αμμωνία είναι +0,83 V.

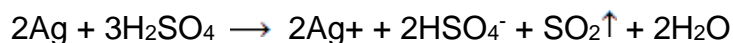
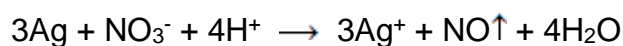
Το κανονικό δυναμικό αναγωγής της αντίδρασης:



είναι ακόμα θετικότερο ($E^0 = +1,980 \text{ V}$) πράγμα που σημαίνει ότι το ιόν Ag^{2+} είναι ισχυρό οξειδωτικό και είναι αρκετά σταθερό μόνο μέσα σε ισχυρά οξέα.

Η μόνη σταθερή οξειδωτική κατάσταση του Ag σε υδατικά διαλύματα είναι η Ag(I). Ενώσεις Ag(II), όπως π.χ. οι ενώσεις AgF_2 και AgO παρασκευάζονται με ηλεκτρολυτική οξείδωση ή με χρήση ισχυρών οξειδωτικών μέσων (π.χ. $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$), αλλά είναι εξαιρετικά βραχύβιες παρουσία ύδατος, το οποίο οξειδώνουν προς O_2 .

Ο Ag διαλυτοποιείται μόνο με την επίδραση οξειδωτικών οξέων (HNO_3 , πυκνό-θερμό H_2SO_4), π.χ.



- Ο Ag δεν προσβάλλεται από διαλύματα ισχυρών βάσεων [26]

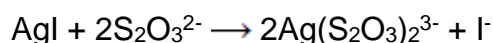
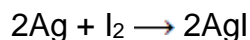
Σταθερότητα των διαλυμάτων του

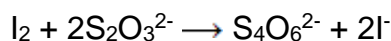
Τα ιόντα Ag^+ δεν υδρολύονται εύκολα και δεν απαιτείται οξίνιση των διαλυμάτων τους. Ο AgNO_3 αποτελεί το πιο συνηθισμένος και ευρύτερα χρησιμοποιούμενο διαλυτό άλας του Ag.

- Τα άλατα του Ag^+ και τα διαλύματά τους είναι φωτοευαίσθητα και πρέπει να φυλάσσονται σε σκοτεινόχρωμες φιάλες, ειδάλλως μαυρίζουν λόγω σχηματισμού μεταλλικού Ag που συνήθως επικάθεται στην υάλινη επιφάνεια της φιάλης.

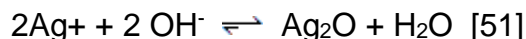
- Ανάλογη διάσπαση παρατηρείται παρουσία ιχνών οργανικών ή γενικά αναγωγικών ουσιών (ιδιαίτερα παρουσία φωτός). Ο σχηματισμός μεταλλικού Ag φαίνεται σαν να δρα καταλυτικά και επιταχύνει τη διάσπαση των διαλυμάτων του Ag.

- Πρέπει να αποφεύγεται η επαφή των διαλυμάτων Ag^+ με το δέρμα, ρούχα κ.λπ., διότι λόγω της διάσπασής τους αφήνουν ανεξίτηλες μαύρες κηλίδες μεταλλικού Ag. Αυτές μπορούν να απομακρυνθούν σε ικανοποιητικό βαθμό με έκπλυση με διάλυμα I_2 (σε αλκοόλη ή διάλυμα KI) και στη συνέχεια με έκπλυση με σχετικά πυκνό διάλυμα $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$:





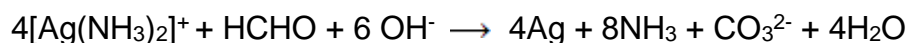
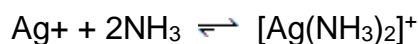
- Σε αλκαλικά διαλύματα και απουσία συμπλεκτικών αντιδραστηρίων σχηματίζεται καστανόχρωμο Ag_2O :



3.3.5 Ειδικά χαρακτηριστικά - Τυπικές αντιδράσεις Ag^+

Κύριο χαρακτηριστικό του $\text{Ag}(\text{I})$ είναι ο σχηματισμός δυσδιάλυτων αλάτων με τα αλογονοϊόντα Cl^- , Br^- , I^- (σημειώνεται ότι ο AgF είναι εξαιρετικά ευδιάλυτος). Η δράση της αμμωνίας πάνω στη διαλυτοποίηση των AgCl , AgBr και AgI αποτελεί κλασικό παράδειγμα συσχέτισης του γινομένου διαλυτότητας με τη δυνατότητα διαλυτοποίησης ιζήματος λόγω σχηματισμού συμπλόκου. Έτσι, ενώ ο πιο ευδιάλυτος AgCl ($K_{\text{sp}} = 1,8 \times 10^{-10}$) διαλύεται σε αραιή αμμωνία, ο πιο δυσδιάλυτος AgBr ($K_{\text{sp}} = 5 \times 10^{-13}$) για να διαλυθεί απαιτεί πυκνή αμμωνία, ενώ ο εξαιρετικά δυσδιάλυτος AgI ($K_{\text{sp}} = 8,5 \times 10^{-17}$) δεν διαλύεται σε αμμωνία οποιασδήποτε συγκέντρωσης.

Τα άλατα του $\text{Ag}(\text{I})$ ανάγονται εύκολα από αναγωγικές ουσίες προς μεταλλικό άργυρο ο οποίος καθιζάνει σαν μαύρο ίζημα. Εάν η αναγωγή αυτή γίνει με αργό ρυθμό, τότε ο Ag επικολλάται στα υάλινα τοιχώματα του δοκιμαστικού σωλήνα σχηματίζοντας κατοπτρική επικάλυψη. Η αναγωγή αυτή πραγματοποιείται με προσθήκη αραιού διαλύματος φορμαλδεΐδης σε αμμωνιακό διάλυμα Ag^+ και με ήπια θέρμανση. Όσο βραδύτερα γίνει η αναγωγή των ιόντων Ag^+ και η απόθεση του παραγόμενου μεταλλικού Ag (αραιότερα διαλύματα αντιδραστηρίων), τόσο επιτυχέστερη είναι παρασκευή της κατοπτρικής επιφάνειας:



Το αντιδραστήριο Tollens περιέχει $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ και χρησιμοποιείται για την ανίχνευση αλδεΐδομάδας.

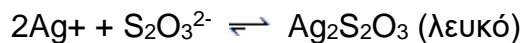


Εικόνα 18: Αριστερά θετικό (καθρέπτης Ag) και δεξιά αρνητικό τεστ Tollens.

Ιδιαίτερα χαρακτηριστική και εντυπωσιακή είναι η αντίδραση των ιόντων Ag^+ με θειοθειικά ιόντα ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$), υπό την προϋπόθεση ότι τα τελευταία δεν βρίσκονται σε περίσσεια (οπότε θα σχηματιζόταν το σταθερό θειοθειικό σύμπλοκο: $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$). Αρχικά σχηματίζεται λευκό ίζημα $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3$ το οποίο αυτοδιασπάται αργά, αλλάζοντας συνεχώς το χρώμα του (λευκό \rightarrow κίτρινο \rightarrow πορτοκαλόχρωμο \rightarrow καστανόχρωμο) καταλήγοντας σε μαύρο ίζημα (Ag_2S).



Εικόνα 19: Αργυρίτης (Ag_2S)



[51]

3.3.6 Ενώσεις του αργύρου

Ανόργανες ενώσεις

Ο άργυρος σχηματίζει πολλές ενώσεις όπου εμφανίζεται με το σταθερότερο αριθμό οξειδωσής του, +1 όπως νιτρικός άργυρος (AgNO_3), χλωριούχος άργυρος (AgCl), οξείδιο του αργύρου (Ag_2O), πυροφωσφορικός άργυρος ($\text{Ag}_4\text{P}_2\text{O}_7$), νιτρώδης άργυρος (AgNO_2), υπερμαγγανικός άργυρος (AgMnO_4) κ.ά. Έχουν μελετηθεί όμως και ενώσεις στις οποίες ο Ag έχει άλλους αριθμούς οξειδωσης: +2 όπως πχ. AgMF_6 όπου M = μέταλλο με αριθμό οξειδωσης +4 όπως Pt, Pd, Ti, Rh, Sn, Pb δηλαδή AgPtF_6 , AgTiF_6 κ.ά. +3 όπως πχ. στο μόνο γνωστό αλογονίδιο του Ag(III), το καστανοκόκκινο AgF_3 που είναι εξαιρετικά ισχυρό οξειδωτικό και πιθανόν με υπεραγωγίμες ιδιότητες και στο οξείδιο Ag_2O_3 που είναι σταθερό για μεγάλη χρονική περίοδο στους $-20\text{ }^\circ\text{C}$ και μπορεί να παραχθεί με ανοδική οξείδωση υδατικών διαλυμάτων AgClO_4 , AgBF_4 ή AgPF_6 . +4, όπως στο $\text{K}_2[\text{AgF}_6]$.

Μικρότερο από +1, όπως Ag_2F , Ag_3O . Αυτές οι ενώσεις είναι ελάχιστες. Παρόλο που το ανιόν Ag^- δεν έχει παρατηρηθεί σε κάποια χημική ένωση, φασματοσκοπικά και ηλεκτροχημικά δεδομένα αποδεικνύουν το σχηματισμό του μέσα σε υγρή αμμωνία.

Πολλές στερεές ετεροπολικές ενώσεις του Ag(I) είναι γνωστά αντιδραστήρια και χρησιμοποιούνται ευρύτατα τόσο στην ανόργανη όσο και στην οργανική χημεία:



Εικόνα 20: Κρύσταλλοι AgNO_3

Οξείδιο του αργύρου, Ag_2O

Είναι καστανόμαυρο, αδιάλυτο στο νερό και είναι το συνηθέστερο οξείδιο του μετάλλου. Αποσυντίθεται πάνω από τους $150\text{ }^\circ\text{C}$ στα στοιχεία του. Υδατικό του εναιώρημα έχει βασικές ιδιότητες, προσομοιάζει με το AgOH του οποίου η ύπαρξη δεν έχει

διαπιστωθεί, ενώ μπορεί να απορροφήσει και διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα.

Θειούχος άργυρος, Ag₂S

Είναι η πλέον δυσδιάλυτη ένωση του αργύρου στο νερό και υπεύθυνη για το «μαύρισμα» των ασημένιων αντικειμένων από τον αέρα.

Οργανικές ενώσεις

Είναι γνωστές μόνο οργανομεταλλικές ενώσεις του Ag(I) και είναι ευαίσθητες στο φως, στην υγρασία και στον αέρα. Η σταθερότητα των ενώσεων αυτών αυξάνεται όταν ο άργυρος ενώνεται με αλκένια, αλκίνια και άλλους ακόρεστους υδρογονάνθρακες. Έχουν μελετηθεί μεταξύ άλλων ενώσεις όπως πχ το στιρενικό παράγωγο Ag(CH=CH-Ph) που είναι σταθερό για μερικές μέρες σε θερμοκρασία δωματίου, το άχρωμο στερεό αρυλικό παράγωγο AgPh κ.ά. Τα περισσότερα ακετυλενίδια του αργύρου όπως πχ. το Ag-C≡C-Ag, εκτός του ότι είναι εκρηκτικά, είναι και αδιάλυτα στους συνηθισμένους οργανικούς διαλύτες επειδή σχηματίζονται πολυμερή συναρμογής πράγμα που δημιουργεί δυσκολίες στη μελέτη τους.

Τα ιόντα αργύρου συμμετέχουν στους μηχανισμούς πολλών οργανικών αντιδράσεων όπως για παράδειγμα της σιγματροπικής μετάθεσης Wolff κατά την οποία οι α-διαζοκετόνες μετατρέπονται σε καρβοξυλικά οξέα ή της κυκλικής μετάθεσης των N-χλωροαμινών προς ενώσεις με γέφυρα αζώτου και διεύρυνση δακτυλίου. [51]

3.3.7 Ορυκτά Αργύρου

Ο αυτοφυής άργυρος παράλο που υπάρχει στη φύση είναι πολύ σπάνιος. Πιθανόν σχηματίστηκε στη Γη από την αντίδραση θειούχων ορυκτών με νερό:



Βρίσκεται συχνά μαζί με χρυσό και εναποτίθεται στα τοιχώματα των ρωγμών μέσα σε μεταμορφωμένους ασβεστίτες, φθορίτες και χαλαζίες ενώ μπορεί να εντοπιστεί και σε αρσενίδια του νικελίου ή του κοβαλτίου.

Ο άργυρος εμφανίζεται μέσα σε μεγάλο αριθμό ορυκτών, πολλά από τα οποία όμως δεν τον έχουν ως κύριο συστατικό. Ορισμένα χαρακτηριστικά ορυκτά του αργύρου είναι:

Ο αργεντίτης και ο ακανθίτης έχουν τον ίδιο χημικό τύπο, Ag_2S αλλά οι κρύσταλλοι του πρώτου σχηματίζονται σε θερμοκρασία πάνω από $173\text{ }^{\circ}C$ ενώ του δεύτερου σε θερμοκρασία μέχρι $173\text{ }^{\circ}C$. Ο αργεντίτης κρυσταλλώνεται στο κυβικό και ο ακανθίτης στο μονοκλινές ψευδο-ορθορομβικό κρυσταλλικό σύστημα. Είναι μαλακά ορυκτά και έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε άργυρο, 87 %. Ο ακανθίτης δεν είναι πολύ κοινό ορυκτό του αργύρου αλλά οι εμφανίσεις του έχουν αξία λόγω της περιεκτικότητάς του σε Ag.

Ο πυραργυρίτης με τύπο Ag_3SbS_3 και ο προυσιτίτης με τύπο Ag_3AsS_3 κρυσταλλώνονται στο ρομβοεδρικό και είναι σχετικά σπάνια ορυκτά. Ο πυραργυρίτης είναι λιγότερο σπάνιος και σε αρκετές περιοχές είναι σημαντικό ορυκτό του αργύρου, όπως στη Βολιβία και σε ένα από τα μεγαλύτερα ορυχεία αργύρου του κόσμου, το Σακατέκας στο Μεξικό.

Ο χλωραργυρίτης ή κεραργυρίτης ή κέρας αργύρου με τύπο $AgCl$ είναι πολύ μαλακό ορυκτό με σκληρότητα 2 - 3 στην κλίμακα Mohs και κόβεται με μαχαίρι. Σε ορισμένες περιοχές είναι σημαντικό ορυκτό του αργύρου. Στους κρυστάλλους του ο Σουηδός χημικός Καρλ Βίλελμ Σέελε παρατήρησε για πρώτη φορά την επίδραση του φωτός στα αλογονίδια του αργύρου. Ο βρωμαργυρίτης ($AgBr$) έχει την ίδια σκληρότητα. Αντίθετα ο ιωδαργυρίτης (AgI) είναι πιο μαλακός, 1,5 στην κλίμακα Mohs.

Ο τετραεδρίτης περιέχει στη δομή του πολλά χημικά στοιχεία και βρίσκεται στη φύση με πολλές ποικιλίες κάθε μια από τις οποίες έχει δικό της όνομα. Ο γενικός τύπος είναι $(Cu,Fe,Ag,Zn)_{12}(Sb,As)_4S_{13}$. Αν το αρσενικό (As) πάρει τη θέση όλου του αντιμονίου (Sb), το ορυκτό ονομάζεται τενναντίτης, ενώ η ποικιλία με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άργυρο λέγεται φραϊμπεργκίτης.



Ακανθίτης



Πυραργυρίτης



Προυσίτης

Εικόνα 21

Τα κυριότερα ορυκτά με άργυρο είναι σουλφίδια και παρόλο που ορισμένα απ' αυτά περιέχουν άργυρο ως το πολυτιμότερο συστατικό τους, κανένα δεν τον έχει ως κύριο συστατικό. Στα σουλφίδια αυτά ο μόλυβδος βρίσκεται ως γαληνίτης (PbS), ο χαλκός ως χαλκοπυρίτης ($CuFeS_2$) και ο ψευδάργυρος ως σφαλερίτης (ZnS). Επιπρόσθετα η μεταλλοφορία συνήθως περιέχει σημαντικές ποσότητες πυρίτη (FeS_2) και αρσενοπυρίτη ($FeAsS$). [52]

3.3.8 Κράματα αργύρου - Καθαρότητα Αργύρου

Τα πιο σημαντικά μέταλλα με τα οποία δημιουργεί κράματα το ασήμι είναι το κάδμιο, ο χαλκός, ο χρυσός, το ίνδιο, ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, το παλλάδιο, ο λευκόχρυσος, ο κασσίτερος, ο ψευδάργυρος και το μαγγάνιο. Επίσης αναφέρονται και κράματα του αργύρου με αλκαλιμέταλλα όπως το νάτριο και το κάλιο ή και με μέταλλα αλκαλικών γαιών όπως το μαγνήσιο. Μικρότερης εμπορικής σημασίας κράματα του αργύρου είναι με αργίλιο, με γερμάνιο, με νικέλιο και με πυρίτιο.

Τα σημαντικότερα δυαδικά κράματα είναι μεταξύ αργύρου και χαλκού, τα οποία έχουν πολύ μεγάλη εμπορική αξία και παρασκευάζονται με πάρα πολλούς συνδυασμούς όσον αφορά τις περιεκτικότητες των δύο μετάλλων στο κράμα. Για παράδειγμα, ενδιαφέρον παρουσιάζει το κράμα αντικατάστασης sterling silver, που περιέχει 92,5 % Ag και 7,5 % Cu και είναι το παλιότερο πιστοποιημένο κράμα αργύρου. Χρησιμοποιείται για μαχαιροπήρουνα και κοσμήματα. Επίσης το κράμα ασημένιων νομισμάτων περιέχει 90 % άργυρο και 10 % χαλκό.

Πρακτική αξία έχουν όμως και τριαδικά ή κράματα με πιο πολλά συστατικά τα οποία παρασκευάζονται με προσθήκη μετάλλων στα δυαδικά συστήματα αργύρου-χρυσού, αργύρου-χαλκού, αργύρου-παλλαδίου, αργύρου-καδμίου κ.ά.

Η καθαρότητα του αργύρου, όπως και του χρυσού, συχνά εκφράζεται σε «βαθμούς °» ή μέρη στα εκατό. Για παράδειγμα ασήμι 950° σημαίνει περιεκτικότητα 95 % w/w σε άργυρο, ασήμι 925 σημαίνει περιεκτικότητα 92,5 % w/w σε άργυρο κλπ.



Εικόνα 22: Ράβδος 500 g ευγενούς αργύρου 999° της εταιρείας Johnson Matthey

Οι διάφοροι εγχάρακτοι τίτλοι με τους οποίους διατίθεται ο άργυρος σε επενδυτές ή συλλέκτες είναι:

- Ο Ευγενής Άργυρος (Fine Silver) που έχει καθαρότητα 999° και αποτελεί την πλέον καθαρή μορφή του μετάλλου που κυκλοφορεί στο εμπόριο. Λέγεται και «καθαρός άργυρος» (pure silver). Επειδή, τεχνολογικά, οι προσμίξεις είναι αναπόφευκτες, δεν υπάρχει ασήμι 1000°.
- Ο Βρετανικός Άργυρος (Britannia Silver) με καθαρότητα 958°.
- Ο Μεξικανικός Άργυρος (Mexican Silver) με καθαρότητα 950°.
- Ο Γαλλικός Άργυρος (French Silver) με καθαρότητα 950°.
- Ο Ρωσικός Άργυρος (Russian Silver) με διάφορες καθαρότητες.
- Το κράμα Sterling Silver καθαρότητας 925°.
- Ο Νομισματικός Άργυρος (Coin Silver) με διάφορες καθαρότητες.
- Οι Λογαριασμοί Αργύρου (Silver Accounts) που αποτελούν μια σχετικά νέα μορφή με την οποία μπορεί να αγοραστεί ο άργυρος. Με silver accounts μπορεί κάποιος

να αγοράσει οποιαδήποτε ποσότητα του μετάλλου από μόλις ένα ή δύο γραμμάρια μέχρι μεγάλες ράβδους, χωρίς στην πραγματικότητα να παραλάβει το μέταλλο. Το αληθινό ασήμι είναι αποθηκευμένο σε θησαυροφυλάκια τραπεζών και ελέγχεται τακτικά από ανεξάρτητο ελεγκτή, είναι ασφαλισμένο και θεωρείται ότι είναι 999°.

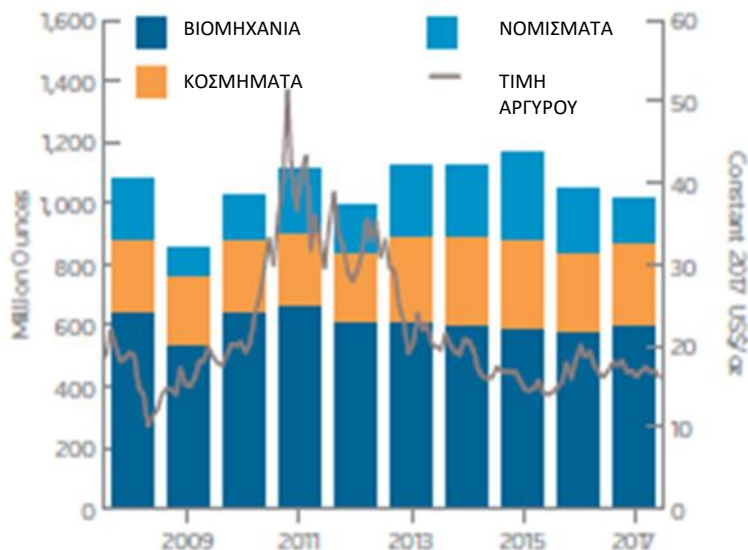
[53]

3.3.9 Χρήσεις - Εφαρμογές

Ο μεταλλικός άργυρος, όπως και ο χρυσός, χρησιμοποιείται σε τρία βασικά πεδία: ως προϊόν αποταμίευσης και χρηματιστηριακών συναλλαγών, ως υλικό κατασκευής κοσμημάτων και νομισμάτων και ως υλικό βιομηχανικών-επιστημονικών εφαρμογών. Έτσι, οι ράβδοι αργύρου είναι μέσο αποταμίευσης ενώ το μέταλλο αποτελεί αντικείμενο συναλλαγών στις διεθνείς χρηματαγορές. Από ασήμι κατασκευάζονται σήμερα αναμνηστικά μετάλλια και τρόπαια, ενώ μέχρι τη δεκαετία του 1970 κατασκευάζονταν και νομίσματα. Στη βιομηχανία, όπου κατευθύνεται σχεδόν η μισή παγκόσμια παραγωγή αργύρου, χρησιμοποιείται στην κατασκευή καταλυτών, μπαταριών ως κράμα με ψευδάργυρο και κάδμιο, ηλεκτρικών επαφών, ηλεκτροσυγκολλήσεων, αγωγών και ολοκληρωμένων κυκλωμάτων εξαιτίας της μεγαλύτερης ηλεκτρικής αγωγιμότητας που παρουσιάζει μεταξύ όλων των μετάλλων. Λόγω της εξαιρετικής ανακλαστικότητάς του στο ορατό φάσμα που είναι η μεγαλύτερη μεταξύ όλων των μετάλλων, ο άργυρος χρησιμοποιείται στην επίστρωση κατόπτρων με τις μεθόδους της ηλεκτροαπόθεσης, της χημικής απόθεσης ή της απόθεσης με εξάτμιση. Επίσης τα νανοσωματίδια και τα νανοσύρματα αργύρου χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο σε πληθώρα ιατρικών και βιομηχανικών εφαρμογών. Πολλές χρήσεις έχουν οι ενώσεις και τα κράματα του αργύρου. Έτσι, ο νιτρικός άργυρος χρησιμοποιείται ευρύτατα στην ιατρική, ενώ το κράμα sterling silver χρησιμοποιείται σε κοσμήματα, ασημικά κλπ. όπου η εμφάνιση έχει πρωτεύουσα σημασία, ενώ αμαλγάματα με άργυρο χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οδοντιατρικών υλικών. Ο ιωδιούχος άργυρος χρησιμοποιείται στη δημιουργία νεφών που παράγουν τεχνητή βροχή, ο νιτρικός άργυρος στα φωτογραφικά υλικά, ο χλωριούχος άργυρος ως πρόσθετο στην υαλουργία, ενώ άλλες

ενώσεις του αργύρου χρησιμοποιούνται στην ιατρική ως αντιβακτηριδιακά και αντισηπτικά υλικά.

Ο εξευγενισμένος (ραφινάρισμένος) άργυρος σήμερα παράγεται και χρησιμοποιείται με διάφορες μορφές και μεγέθη όπως κόκκοι, σύρματα, σκόνη, φύλλα, ράβδοι, ταινίες, ελάσματα, σωλήνες κλπ. [54]



Σχήμα 4: Η παγκόσμια ζήτηση αργύρου ανά τομέα χρήσης (στοιχεία της GFMS – London, 2017)

Ο Άργυρος στην Υπηρεσία της Υγείας

Ο άργυρος είναι γνωστός από την αρχαιότητα ως αντισηπτική ουσία ενώ ασημένια χειρουργικά εργαλεία χρησιμοποιούνταν στην Ευρώπη ήδη από το Μεσαίωνα. Τα παρασκευάσματα του αργύρου έχουν αντιβακτηριακή, συνδετική και καυστική επίδραση πράγμα που οφείλεται στην ικανότητά του ιόντος αργύρου να αντικαθιστά τους δεσμούς υδρογόνου στη διπλή έλικα του DNA, κυρίως στις περιοχές με υψηλή περιεκτικότητα σε γουανίνη-κυτοσίνη. Έτσι, η διπλή έλικα αποκτά μεγαλύτερη διάμετρο, σταθεροποιείται η πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα και η υδρόλυσή της γίνεται δυσκολότερη. Σήμερα είναι γνωστό ότι το ιόν αργύρου είναι τοξικό για τα βακτήρια και τους ιούς, επηρεάζοντας αρκετές από τις λειτουργίες τους, όπως η αναπνοή. Στην καθημερινή

ιατρική πράξη πιο συχνά χρησιμοποιείται διάλυμα νιτρικού αργύρου κυρίως ως σταγόνες για τα μάτια, που είναι και το πρώτο αποτελεσματικό αντιβιοτικό που χρησιμοποιήθηκε στην ιστορία της Ιατρικής, τα προϊόντα κολλοειδούς αργύρου που βασίζονται στη διασπορά και εναιώρηση πάρα πολύ μικρών σωματιδίων αργύρου ή άλατός του στο νερό ή σε υδατικό διάλυμα πρωτεΐνης και το πρωτεϊνικό παρασκεύασμα protargol. Σε περιπτώσεις μικρών πληγών, αμυχών και εγκαυμάτων ο άργυρος προστίθεται σε επιδέσμους και γάζες.

Επίσης χρησιμοποιείται σε καθετήρες και άλλα ιατρικά εργαλεία ενώ κράμα με χαλκό χρησιμοποιείται σε φίλτρα νερού σε πολλά νοσοκομεία για έλεγχο και αποτροπή λοιμώξεων. Σημαντική είναι και η χρήση ενώσεων του αργύρου στις απεικονιστικές πλάκες των ακτίνων-Χ και σε υψηλής ανάλυσης φακούς συσκευών που χρησιμοποιούνται στην ιατρική για διαγνωστικούς σκοπούς. [55]



Εικόνα 23: Το οδοντιατρικό αμάλαμα περιέχει σημαντική ποσότητα αργύρου

Ο άργυρος χρησιμοποιείται και στην οδοντιατρική. Τα συμβατικά οδοντιατρικά αμαλλάματα που χρησιμοποιούνται στα σφραγίσματα των δοντιών περιέχουν, εκτός από υδράργυρο, σημαντικά ποσοστά αργύρου που μπορεί να φθάνουν και πάνω από το 30 %. Πρόσφατα μάλιστα παρασκευάστηκε και το πρώτο βακτηριδιοκτόνο οδοντιατρικό σφράγισμα στο οποίο χρησιμοποιούνται νανοσωματίδια αργύρου και έχει διπλή δράση, σκοτώνει τα βακτηρίδια στην κοιλότητα του δοντιού και ταυτόχρονα αποκαθιστά το σμάλτο των δοντιών που καταστράφηκε από την τερηδόνα. Οι ερευνητές που το παρασκεύασαν σχεδιάζουν να το δοκιμάσουν σε δόντια ζώων αλλά και ανθρώπων. Ο άργυρος χρησιμοποιείται και στις οδοντόβουρτσες εξαιτίας των αντιβακτηριδιακών του ιδιοτήτων. [56]

Νανοτεχνολογία

Νανοσωματίδια (nanoparticles) αργύρου, δηλαδή σωματίδια από 1 έως 100 nm (δισεκατομμυριοστά του μέτρου) χρησιμοποιούνται ευρέως σε χρωστικές ουσίες, στις συσκευασίες τροφίμων, σε ιατρικές εφαρμογές και σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Πλυντήρια, ψυγεία, κλιματιστικά, συστήματα καθαρισμού του αέρα και ηλεκτρικές σκούπες στηρίζονται σε νανοσωματίδια αργύρου για την αποστείρωση και προστασία από τουλάχιστον 650 είδη βακτηρίων. Πρόσφατο παράδειγμα το οδοντιατρικό σφράγισμα με νανοσωματίδια αργύρου που έχει διπλή δράση. Νανοσωματίδια αργύρου χρησιμοποιούνται και σε φορητά συστήματα καθαρισμού πόσιμου νερού μεγέθους ποτηριού τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πάρκα, κτήρια υπηρεσιών, πανεπιστήμια διότι είναι επαναχρησιμοποιήσιμα. Τα συστήματα αυτά εξαλείφουν σχεδόν το 99,99 % περισσοτέρων από 600 βακτήρια, συμπεριλαμβανομένου του E-coli. Το σύστημα χρησιμοποιεί μια μεμβράνη νανοσωματιδίων αργύρου, ενεργοποιημένο άνθρακα και ρητίνες ιοντοανταλλαγής για φιλτράρισμα και καθαρό νερό.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η διαπίστωση ότι η φύση μπορεί να παράγει τα δικά της σταθερά νανοσωματίδια αργύρου, εφόσον είναι διαθέσιμη στο περιβάλλον μια πηγή ιόντων αργύρου και φυσικό «χουμικό οξύ». Έτσι εξηγείται το γεγονός ότι νανοσωματίδια αργύρου έχουν βρεθεί σε παλιές μεταλλευτικές τοποθεσίες στις οποίες είναι απίθανο να είχαν λάβει χώρα νανοτεχνολογικές δραστηριότητες, αλλά περιείχαν σημαντικές συγκεντρώσεις ιόντων αργύρου. Ο ρόλος του χουμικού οξέος φαίνεται να είναι σταθεροποιητικός ενώ διαπιστώθηκε ότι καλύπτει τα νανοσωματίδια αποτρέποντας τη συσσωμάτωσή τους. [56]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΟΛΥΤΙΜΟΙ - ΗΜΙΠΟΛΥΤΙΜΟΙ ΛΙΘΟΙ - ΟΡΥΚΤΑ

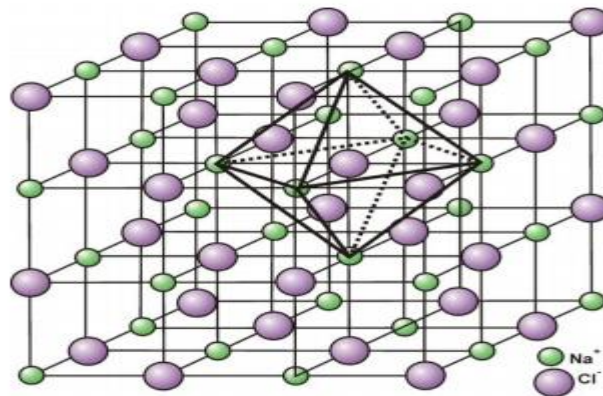
4.1 Εισαγωγή

4.1.1 Η έννοια της δομής των κρυσταλλικών πλεγμάτων

Οι κρύσταλλοι σχηματίζονται από ιόντα, μόρια ή άτομα. Ανάλογα με το είδος των δομικών λίθων και τις δυνάμεις οι οποίες τους συγκρατούν όπως επίσης και το είδος των χημικών δεσμών οι κρύσταλλοι κατατάσσονται σε τέσσερις τύπους: α) τους ιοντικούς, β) τους ατομικούς, γ) τους μοριακούς και δ) τους μεταλλικούς.

Ιοντικός Δεσμός

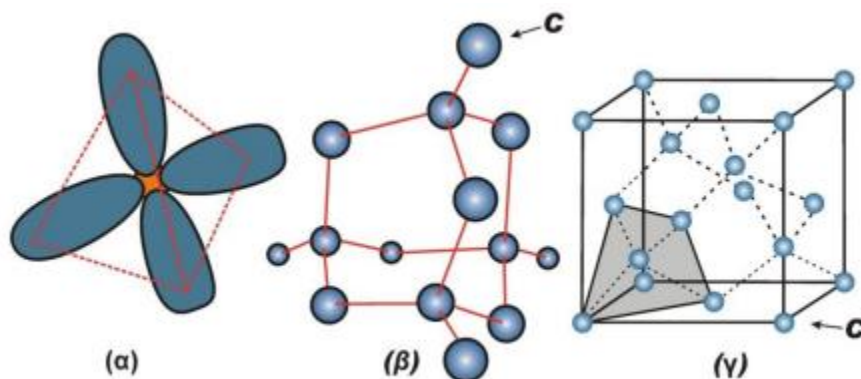
Όταν τα στοιχεία βρίσκονται σε μορφή ιόντων με αντίθετο φορτίο, δημιουργείται ηλεκτροστατική έλξη μεταξύ των ιόντων, η οποία τα συγκρατεί σε έναν κρύσταλλο και σχηματίζεται σταθερή ένωση. Τα στοιχεία που σχηματίζουν μεταξύ τους ιοντικούς δεσμούς πρέπει να διαφέρουν πολύ ως προς τον αριθμό των ηλεκτρονίων σθένους τους. Δηλαδή, ως προς την ηλεκτροαρνητικότητά τους. Ο ιοντικός δεσμός βρίσκεται σε όλα τα ορυκτά (παραδείγματα: Καλσίτης CaCO_3 , Φθορίτης CaF_2 , Αλίτης NaCl).



Εικόνα 24: Δομή του ορυκτού αλίτης (NaCl). Κάθε ιόν περιβάλλεται από 6 γειτονικά ιόντα αντίθετου φορτίου σχηματίζοντας οκταεδρικά πολύεδρα.

Ομοιοπολικός Δεσμός

Κατά τον ομοιοπολικό δεσμό η τάση των ατόμων να συμπληρώσουν τους φλοιούς τους ικανοποιείται με την ένωση των εξωτερικών ηλεκτρονιακών στοιβάδων δύο ή περισσότερων ατόμων με ένα κοινό νέφος ηλεκτρονίων που ανήκει σε όλα τα άτομα που συμμετέχουν στον δεσμό. Ομοιοπολικοί δεσμοί είναι συνήθεις στις οργανικές ενώσεις και σπάνιοι στα ορυκτά, το καλύτερο παράδειγμα είναι το διαμάντι. Στο διαμάντι κάθε άτομο του άνθρακα που βρίσκεται στο κέντρο του τετραέδρου μοιράζεται κάθε ένα ηλεκτρόνιο της εξωτερικής του στοιβάδας με 4 άλλα άτομα άνθρακα που βρίσκονται στις κορυφές του (sp^3 υβριδισμός).

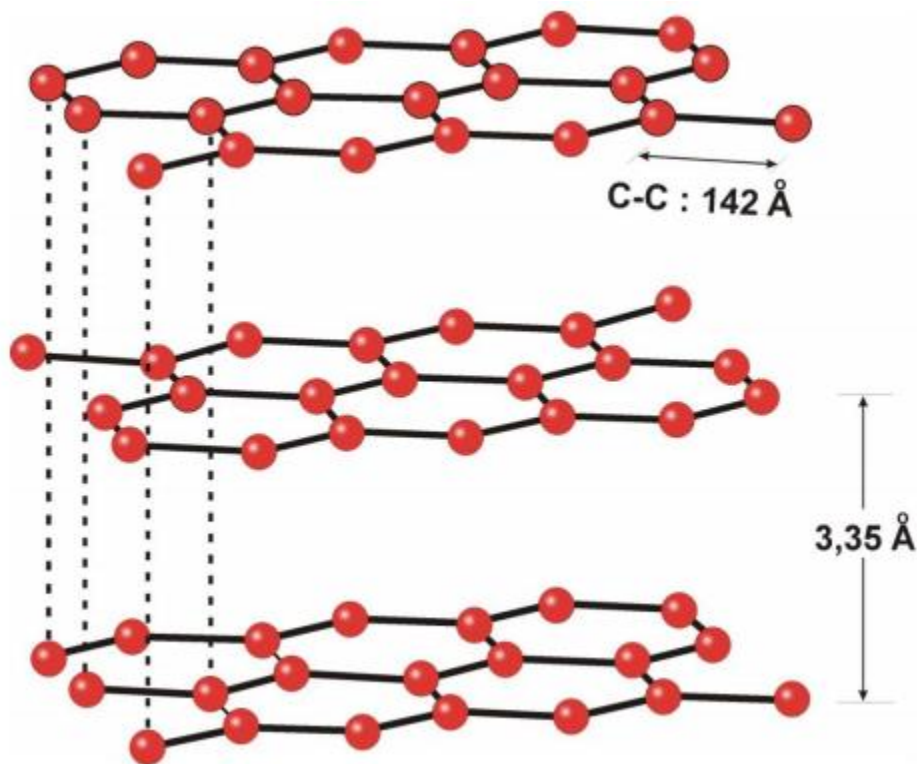


Εικόνα 25: Δομή Διαμαντιού : (α) Διάταξη ατομικών τροχιακών στο άτομο του άνθρακα, (β) διάταξη ατόμων άνθρακα στο διαμάντι, (γ) κρυσταλλική δομή του διαμαντιού (κυβική).

Δεσμός Van Der Waals

Αρχικά σε ένα ουδέτερο άτομο αυξάνει κάποια στιγμή η συγκέντρωση των ηλεκτρονίων προς τη μία πλευρά, δημιουργώντας ένα δίπολο. Την ίδια στιγμή ένα γειτονικό άτομο γίνεται κατά παρόμοιο τρόπο δίπολο, με αποτέλεσμα την ασθενή διπολική έλξη μεταξύ των δύο ατόμων. Ο δεσμός Van Der Waals αναπτύσσεται μεταξύ ουδετέρων μορίων, τα οποία επιφανειακά και στιγμιαία παρουσιάζουν μικρά υπολειμματικά φορτία δημιουργώντας έτσι δίπολα. Ο συγκεκριμένος δεσμός είναι ο ασθενέστερος από όλους τους δεσμούς, δεν συναντάται συχνά στα ορυκτά, όταν υπάρχει σε αυτά, ορίζει μία επιφάνεια εύκολου σχισμού, χαμηλής σκληρότητας και χαμηλού σημείου τήξης.

Παράδειγμα είναι ο Γραφίτης που παρουσιάζει ομοιοπολικό δεσμό μεταξύ ατόμων Άνθρακα στο ίδιο επίπεδο και δεσμό Van Der Waals μεταξύ δύο διαδοχικών επιπέδων.



Εικόνα 26: Σχηματική αναπαράσταση δομής γραφίτη με ομοιοπολικούς δεσμούς των ατόμων άνθρακα στα επίπεδα στρώματα και με δεσμούς Van Der Waals μεταξύ διαδοχικών στρωμάτων. (Ανισοτροπία γραφίτη)

Δεσμός Υδρογόνου

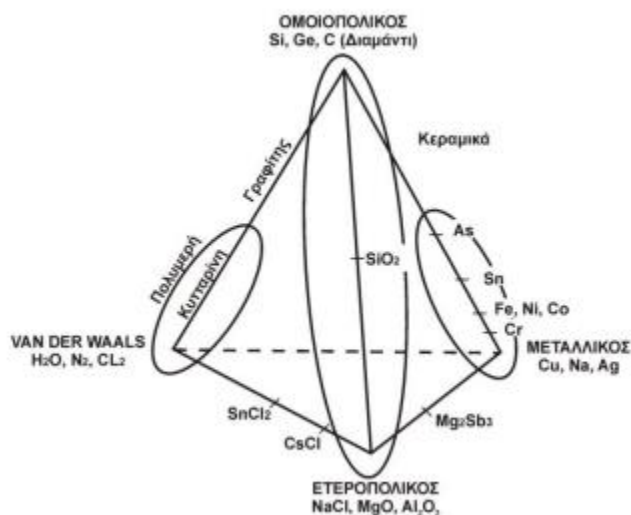
Ο δεσμός Υδρογόνου είναι ένας ασθενής δεσμός ηλεκτροστατικής φύσης μεταξύ H και ενός δευτέρου ατόμου μεγάλης ηλεκτραρνητικότητας (π.χ. F, O, N). Είναι δεσμός διπόλου – διπόλου της αυτής σύστασης. Οι δεσμοί υδρογόνου, αποτελούν χαρακτηριστικό του νερού, τόσο σε υγρή, όσο και σε κρυσταλλική κατάσταση (πάγος). Στον πάγο, κάθε υδρογόνο του διπόλου H_2O συνδέεται με 4 οξυγόνα γειτονικών μορίων νερού. Κάθε μόριο νερού είναι τετραεδρικά συνδεδεμένο με 4 άλλα μόρια, οι δεσμοί Υδρογόνου είναι μεταξύ των μορίων. Κατά την τήξη του πάγου η απόσταση των μορίων του νερού μικραίνει με αποτέλεσμα το νερό να έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από τον πάγο. Έχει διαπιστωθεί δεσμός υδρογόνου στα υδροξείδια και στα αργιλικά υλικά.

Μεταλλικός Δεσμός

Στον μεταλλικό δεσμό, ένα, δύο ή τρία ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας του ατόμου κινούνται ελεύθερα από άτομο σε άτομο με αποτέλεσμα τη δημιουργία νέφους ηλεκτρονίων. Για τον λόγο αυτό, τα υλικά με μεταλλικό δεσμό είναι ελατά, όλκιμα και έχουν μεγάλη θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα. Ο μεταλλικός δεσμός απαντάται στα αυτοφυή μέταλλα και στα σουλφίδια. Οι δυνάμεις των χημικών δεσμών μεταξύ ατόμων και μορίων είναι ηλεκτρικής φύσης και η κατανομή των ηλεκτρικών φορτίων είναι καθοριστική στο είδος του δεσμού.

Επίδραση της φύσης των χημικών δεσμών στις ιδιότητες των υλικών

Οι φυσικομηχανικές ιδιότητες των υλικών εξαρτώνται από το είδος του χημικού δεσμού. Επειδή δεν υπάρχουν καθαροί δεσμοί αλλά ποσοστά μεταξύ δύο δεσμών υπάρχει αλληλεξάρτηση αυτών.



Εικόνα 27: Παρουσίαση του μικτού χαρακτήρα των χημικών δεσμών.

Πολλά υλικά παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον για τη χημική τεχνολογία και συνδυάζουν διαφορετικούς τύπους δεσμών. Για παράδειγμα το SiO_2 έχει 50% ομοιοπολικό δεσμό και 50% ετεροπολικό δεσμό. Λόγω αυτών των δεσμών έχει υψηλή θερμοκρασία τήξης μεγαλύτερη από $1600\text{ }^\circ\text{C}$ και έχει μεγάλη σκληρότητα, άρα είναι αδύνατη η πλαστική του

παραμόρφωση. Ο γραφίτης έχει ομοιοπολικούς και Van Der Waals δεσμούς και παρουσιάζει μικρή σκληρότητα. Τα μέταλλα λόγω των ηλεκτρονίων σθένους που δεν είναι εντοπισμένα έχουν μεγάλη θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα έναντι υλικών όπως τα κεραμικά που έχουν ομοιοπολικούς και μεταλλικούς δεσμούς. Επιπλέον των δεσμών, σημαντική επίδραση στις μηχανικές, θερμικές, ηλεκτρικές, οπτικές, μαγνητικές ιδιότητες έχει η κρυσταλλική δομή και η συσχέτιση των ιδιοτήτων με την κρυσταλλική και ηλεκτρονική δομή. [57], [58]

Χημικοί δεσμοί στα στερεά

Στη στερεά κατάσταση τα σωματίδια δεν είναι τελείως ακίνητα, τουλάχιστον σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες του απόλυτου μηδενός. Αντίθετα, ταλαντώνονται γύρω από θέσεις ισορροπίας. Έτσι, η συμμετρική διευθέτηση των σωματιδίων ή κρυσταλλική δομή, όπως αποκαλείται, είναι μία κατάσταση σταθερή σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, όπου τα δομικά σωματίδια της ύλης στερούνται το μεγαλύτερο μέρος της κινητικότητάς τους. Υπό ορισμένες συνθήκες, το «πάγωμα» ενός υγρού ενδέχεται να συμβεί χωρίς να αποκατασταθεί μία περιοδική, τακτική διάταξη σωματιδίων, και σχηματίζεται ένα υλικό με μακροσκοπικές ιδιότητες στερεού, που δεν παρουσιάζει όμως κρυσταλλική συμμετρία. [59]

Η σπουδαιότητα των κρυσταλλικών στερεών δεν οφείλεται μόνο στο ότι η κρυσταλλική κατάσταση είναι η πλέον συνηθής, αλλά και στο ότι η τάξη, στα στερεά, συνδέεται με - ή ακριβέστερα «παράγει» - μία σειρά από φαινόμενα, η μελέτη των οποίων επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση της φύσης των δυνάμεων αλληλεπίδρασης και των δομών που απορρέουν από αυτές. Για παράδειγμα, η μελέτη του φαινομένου της περίθλασης στους κρυστάλλους προώθησε εξαιρετικά τη γνώση της δομής των στερεών. Είναι πολύ σημαντικό πως στην περίπτωση των κρυσταλλικών στερεών έχουν προβλεφθεί θεωρητικά, ποικίλα φαινόμενα –που δεν συνδέονται κατ' ανάγκη με την ύπαρξη τάξης μα απλά με ισχυρές αλληλεπιδράσεις σωματιδίων, όπως αυτές που υφίστανται τόσο στα στερεά όσο και στα υγρά - καθώς η τάξη, με τις συμμετρίες που περιλαμβάνει, επιτρέπει σε ορισμένες περιπτώσεις την διατύπωση θεωριών, οι οποίες είναι αδύνατον να αναπτυχθούν εκ θεμελίων (από πρώτες αρχές), για μη τακτικές καταστάσεις. Για παράδειγμα, είναι γνωστό πως η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός στερεού οφείλεται λιγότερο

στην τάξη και περισσότερο στον τύπο της επικρατούσας αλληλεπίδρασης των δομικών σωματιδίων. Είτε στη στερεά, είτε στην υγρή κατάσταση ένα μέταλλο είναι καλός αγωγός ενώ το βενζόλιο είναι μονωτής και στις δύο περιπτώσεις. Εν τούτοις, είναι πολύ πιο εύκολο να συναχθούν με θεωρητική ανάλυση οι ηλεκτρικές ιδιότητες ενός μετάλλου στη στερεά, τακτική, κατάσταση, παρά στην υγρή. Πολλές χημικές ουσίες, μάλιστα, απαντούν μόνο στη στερεά κατάσταση. Τα στερεά είναι εξαιρετικά σημαντικά στην καθημερινή ζωή και την τεχνολογία λόγω των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων τους. Οι σημαντικότερες από αυτές, καθώς και παραδείγματα στερεών υλικών που τις διαθέτουν είναι:

- Εμφάνιση : πολύτιμοι και ημιπολύτιμοι λίθοι.
- Μηχανικές ιδιότητες: μέταλλα/κράματα (τιτάνιο για αεροσκάφη), τσιμέντο/σκυρόδεμα (Ca_3SiO_5), κεραμικά (άργιλος, BN, SiC), λιπαντικά (γραφίτης, MoS_2), λειαντικά (διαμάντι, χαλαζίας).
- Ηλεκτρικές ιδιότητες: μεταλλικοί αγωγοί (Cu, Ag), ημιαγωγοί (Si, GaAs), υπεραγωγοί (Nb_3Sn , $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$), στερεοί ηλεκτρολύτες (LiI), πιεζοηλεκτρικά υλικά (α-χαλαζίας).
- Μαγνητικές ιδιότητες: μαγνητικά υλικά (CrO_2 και Fe_3O_4 στην τεχνολογία μαγνητοσκοπήσεων / εγγραφών).
- Οπτικές ιδιότητες: χρωστικές (TiO_2 σε βαφές), φθορίζοντα και φωσφορίζοντα υλικά, φωτοβολταϊκά, λέιζερ, οπτοηλεκτρονικά.
- Επιφανειακές ιδιότητες: καταλύτες (μέταλλα, ζεόλιθοι). [60]

4.1.2 Χημική Ταξινόμηση Στερεών

Οι επιστήμες της στερεάς κατάστασης χρησιμοποιούν συχνά ως σημείο εκκίνησης την παραδοσιακή ηλεκτρονική θεωρία του σθένους, έτσι ώστε να είναι δυνατή καταρχήν μία γενική εποπτεία και περιγραφή διακεκριμένων τάξεων απλών συστημάτων, με βάση ηλεκτροστατικές δυνάμεις που σχετίζονται με ηλεκτρόνια σθένους. Το ενδιαφέρον της φυσικοχημείας στερεάς κατάστασης περιορίζεται, έτσι, καταρχήν στη σπουδή απλών κατηγοριών «χημικά» διαφορετικών στερεών, τα οποία είναι κρυσταλλικά. Συνεπώς, σε μία πρώτη ταξινόμηση, υλικά όπως οι ύαλοι (άμορφα στερεά), το ξύλο, τα πλαστικά, το

χαρτί, διάφορα κεραμικά (που χαρακτηρίζονται από πολύπλοκη σύνθεση) αλλά και τα οργανικά στερεά (παρόλο που συχνά εμφανίζονται με κρυσταλλική μορφή), παραλείπονται.

Ένας αδρός «χημικός» διαχωρισμός των στερεών με βάση τα ηλεκτρόνια σθένους και συνακόλουθα τον τύπο και την ισχύ των ελκτικών και απωστικών δυνάμεων μεταξύ των δομικών μονάδων είναι σε μεταλλικά και αμέταλλα στερεά (εννοείται τόσο χημικά στοιχεία όσο και χημικές ενώσεις). Τα μέταλλα έχουν «ελεύθερα» ηλεκτρόνια ενώ τα αμέταλλα όχι, κάτι που έχει σημαντικό αντίκτυπο στις ιδιότητές τους. Τα αμέταλλα στοιχεία και οι «αμέταλλες» ενώσεις, ανάλογα με τη συμπεριφορά των ηλεκτρονίων σθένους των ατόμων $1 = 23 \text{ kcal mol}^{-1} = 96.5 \text{ kJ mol}^{-1}$ τους στη στερεά κατάσταση, διαχωρίζονται άμεσα σε άλλες τρεις κατηγορίες, που καθορίζονται βασικά από την παρουσία μοριακών ή ιοντικών ή ομοιοπολικών χημικών δεσμών.

Οι κύριες τάξεις λοιπόν των απλών στερεών είναι: α) τα μοριακά στερεά, όπως αυτά που σχηματίζονται από τα ευγενή στοιχεία της 18ης ομάδας του περιοδικού πίνακα (Ne, Xe, κλπ., εκτός από το ήλιο, He) και τα ελαφρά στοιχεία της 1ης και 2ης περιόδου (H_2 , N_2 , O_2 , F_2), καθώς και διάφορες ανόργανες και οργανικές ενώσεις (π.χ. H_2O , CO_2 , CO , C_6H_6 , HgCl_2), β) τα ιοντικά στερεά, που σχηματίζονται από ιοντικές χημικές ενώσεις, δηλαδή άλατα και οξείδια (π.χ. NaCl , MgO , CaF_2 , FeSO_4), γ) τα ομοιοπολικά στερεά, που σχηματίζονται από ημιμέταλλα ή αμέταλλα χημικά στοιχεία, καθώς και χημικές ενώσεις στις οποίες συμμετέχουν αυτά (π.χ. C , P , SiO_2 , GaAs), και δ) τα μεταλλικά στερεά, τα οποία σχηματίζονται από τα στοιχεία των αλκαλίων, των αλκαλικών γαιών και των στοιχείων μετάπτωσης (π.χ. Na , Sr , Ti , Fe , Cu) και από κράματα αυτών. [60]

«Ομοιοπολικά» στερεά

Τα ομοιοπολικά στερεά συντίθενται από όμοια άτομα ή άτομα με μικρές διαφορές στην ηλεκτραρνητικότητα, που συγκρατούνται σε πλεγματικές διατάξεις με ομοιοπολικούς δεσμούς παρόμοιους βασικά με τους δεσμούς που οικοδομούν τα πεπερασμένης ατομικότητας μόρια. Αυτό σημαίνει πως τα ηλεκτρόνια σθένους (s και p) «διαμοιράζονται» σε γειτονικά άτομα αντισταθμίζοντας την απώση των πυρήνων. Κάθε άτομο μπορεί να σχηματίσει ομοιοπολικούς δεσμούς με περιορισμένο αριθμό γειτονικών του ατόμων, που εξαρτάται από τη διαφορά του αριθμού των ηλεκτρονίων σθένους του σε σχέση με μία

διαμόρφωση κλειστής στιβάδας. Επίσης, ο ομοιοπολικός δεσμός σχηματίζεται στη διεύθυνση μέγιστης πυκνότητας των ηλεκτρονικών νεφών που αντιστοιχούν στα ηλεκτρόνια σθένους, καθώς έτσι επιτυγχάνεται η μέγιστη επικάλυψη των τροχιακών. Κατά συνέπεια, ο ομοιοπολικός δεσμός, σε αντίθεση με τον ιοντικό και τον μεταλλικό, είναι προσανατολισμένος. Τα ομοιοπολικά στερεά είναι κατά κάποιον τρόπο «γιγαντιαία μόρια» όπως και τα ιοντικά στερεά αλλά, σε αντίθεση με τα τελευταία, η κατανομή του φορτίου των ηλεκτρονίων σθένους στη μάζα των ομοιοπολικών στερεών είναι εντοπισμένη κυρίως κατά μήκος των ευθύγραμμων τμημάτων που ενώνουν τα δέσμια άτομα. Λόγω αυτού του προσανατολισμού των δυνάμεων, οι ομοιοπολικοί κρύσταλλοι εμφανίζουν σχετικά ανοικτές δομές τετραεδρικού συχνά (αλλά όχι μόνο) χαρακτήρα. Οι αποστάσεις μεταξύ γειτονικών ατόμων είναι της τάξης των 2-3Å (π.χ. στο πυρίτιο είναι 2.35 Å ενώ στο διαμάντι, 1.54 Å), ενώ οι ενέργειες συνοχής είναι πολύ υψηλές, (4.63 eV/άτομο στο πυρίτιο και 7.37 eV/άτομο στο διαμάντι).

Τα ομοιοπολικά στερεά είναι δύστηκτα και χαρακτηρίζονται από μεγάλη σκληρότητα, λόγω της σταθερότητας των ομοιοπολικών δεσμών, καθώς και μικρή δυνατότητα σχισμού, λόγω της υψηλής και εντοπισμένης πυκνότητας φορτίου μεταξύ των ατόμων, η οποία αντιτίθεται στις μηχανικές παραμορφώσεις. Επίσης, λόγω του εντοπισμένου χαρακτήρα των ηλεκτρονίων σθένους στους δεσμούς, τα ομοιοπολικά στερεά δεν είναι γενικά αγωγιμα, ηλεκτρικά ή θερμικά. Όμως, αν και οι δυνάμεις μεταξύ των ατόμων που συνδέονται με ομοιοπολικούς δεσμούς είναι εξίσου ισχυρές με αυτές στους ιοντικούς δεσμούς, τα ηλεκτρόνια σθένους είναι πιο χαλαρά δεσμευμένα, καθώς είναι σχετικά απομακρυσμένα από τους πυρήνες, σε σύγκριση με τα ηλεκτρόνια σθένους στις κλειστές, συμπληρωμένες στιβάδες ιόντων. Συνεπώς, τα ηλεκτρόνια στους ομοιοπολικούς κρυστάλλους διεγείρονται με μικρότερη ενέργεια ακτινοβολίας, ή ακόμα και με θερμική ενέργεια, με αποτέλεσμα οι κρύσταλλοι αυτοί να είναι αδιαφανείς σε σχετικά μεγάλα μήκη κύματος ακτινοβολίας (μικρές ενέργειες). [59]

4.1.3 Κρυσταλλικό Σύστημα

Η συμμετρία όμως των κρυστάλλων δεν είναι αυθαίρετη, αλλά συγκεκριμένη. Δηλαδή όλα τα ορυκτά κρυσταλλώνονται σε επτά κρυσταλλικές ομάδες. Η κάθε ομάδα από αυτές έχει καθορισμένη συμμετρία, την οποία ακολουθούν όσοι κρύσταλλοι κρυσταλλώνονται σε αυτή την ομάδα. Για παράδειγμα, ένα από αυτά είναι το τριγωνικό σύστημα, στο οποίο κρυσταλλώνονται ο χαλαζίας (αμέθυστος, καπνίας, ροζ χαλαζίας), τα κορούνδια (ρουμπίνια, ζαφείρια) κ.ά. Ένα άλλο κρυσταλλογραφικό σύστημα είναι το εξαγωνικό, του οποίου τη συμμετρία ακολουθεί ο βήρυλλος (σμαράγδι, ακουαμαρίνα). Επίσης υπάρχει το ρομβικό σύστημα, στο οποίο ανήκει το τοπάζι.

Τα επτά κρυσταλλογραφικά συστήματα (crystal systems) είναι:

- Εξαγωνικό κρυσταλλικό σύστημα: Δύο ίσες ακμές σχηματίζουν γωνία 120° ενώ η τρίτη άνιση ακμή είναι κάθετη στις δύο άλλες, δίνει την εικόνα ενός εξαγωνικού ορθογώνιου πολυέδρου (απατίτης).
- Κυβικό κρυσταλλικό σύστημα: Όλες οι ακμές είναι ίσες και τέμνονται κάθετα, δίνει την εικόνα κύβου (γρανάτες).
- Μονοκλινές κρυσταλλικό σύστημα: Ακμές άνισες σε δύο γωνίες ορθές, δίνει την εικόνα πλάγιου παραλληλεπίπεδου (φεγγαρόπετρα).
- Ορθορομβικό κρυσταλλικό σύστημα: Ακμές άνισες αλλά όλες οι γωνίες ορθές, δίνει την εικόνα ορθογώνιου παραλληλεπιπέδου (περίδοτο).
- Ρομβοεδρικό (αναφέρεται και ως "τριγωνικό") κρυσταλλικό σύστημα: Ακμές ίσες αλλά οι γωνίες δεν είναι ορθές, δίνει την εικόνα ρομβοειδούς παραλληλεπιπέδου (τουρμαλίνης)
- Τετραγωνικό κρυσταλλικό σύστημα: Δύο ακμές ίσες και όλες οι γωνίες ορθές, δίνει την εικόνα ορθογωνίου Παραλληλεπιπέδου (ζιρκόνιο) και
- Τρικλινές κρυσταλλικό σύστημα: Ακμές άνισες και γωνίες όχι ορθές, δίνει την εικόνα πιεσμένου πλάγια σπιρτόκουτου (τιρκουάζ).

Στην κατηγορία των ορυκτών εντάσσονται και ενώσεις οι οποίες βρίσκονται σε άμορφη κατάσταση, δηλαδή δεν χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένη κρυσταλλική δομή αλλά η

διάταξη των ατόμων στο χώρο είναι τυχαία (π.χ. άμορφο SiO₂ με τη μορφή αχάτη, οπάλιου κλπ., απολιθωμένη φυσική ρητίνη με τη μορφή κεχριμπαριού).

Καθένα από τα παραπάνω κρυσταλλικά συστήματα έχει διαφορετική συμμετρία από τα υπόλοιπα. Επειδή τα δομικά συστατικά των κρυστάλλων είναι άτομα, ιόντα, μόρια των χημικών στοιχείων κατέχουν συγκεκριμένες θέσεις και ακολουθούν αυστηρή συμμετρία. Όλα αυτά επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις στις φυσικές ιδιότητές τους. Για παράδειγμα, το φως δεν συμπεριφέρεται το ίδιο στο τρικλινές σύστημα, σε σχέση με τη συμπεριφορά που έχει στο τριγωνικό κρυσταλλικό σύστημα.

Το διαμάντι κρυσταλλώνεται στο ισότροπο κυβικό σύστημα. Το κυβικό κρυσταλλικό σύστημα δομεί τον χώρο με απόλυτη συμμετρία και ισότητα. Και αυτό γιατί η δόμηση ακολουθεί τρεις ισοδύναμους άξονες συμμετρίας προς τις τρεις διαστάσεις του χώρου, κάτι που δεν συμβαίνει στα υπόλοιπα κρυσταλλογραφικά συστήματα, τα οποία έχουν έναν εξέχοντα άξονα συμμετρίας. Ο λίθος αυτός διαθέτει εκ φύσεως πληρότητα και σταθερότητα. Δηλαδή η φύση τον κατατάσσει σε ομάδα συμμετρίας που του δίνει ισοτροπία και ταυτόχρονα απόλυτη συμμετρία γύρω από το κέντρο του κρυστάλλου του.

[61]



Εικόνα 28: Αχάτης

4.2 Χρώμα πολύτιμων – ημιπολύτιμων λίθων

Το χρώμα που εκπέμπει ένα ορυκτό, αλλά και οποιοδήποτε υλικό στη φύση, παράγεται ως εξής: Το φυσικό φως πέφτει πάνω στο ορυκτό. Όπως είναι γνωστό, το φυσικό φως περιέχει όλα τα χρώματα. Το ορυκτό θα απορροφήσει όλα τα χρώματα του λευκού φωτός, εκτός από ένα. Αυτό το ένα χρώμα που δεν απορροφά το ορυκτό, αντανακλάται. Αυτό είναι και το χρώμα που βλέπει το μάτι μας.

Κάποια ορυκτά έχουν ένα συγκεκριμένο χρώμα, το οποίο υπάρχει στην ατομική δομή τους, όπως είναι το μπλε του αζουρίτη, και το πράσινο του μαλαχίτη, το πράσινο του περίδοτου και το κόκκινο του ροδοχρωσίτη. Τα ορυκτά αυτά ονομάζονται ιδιοχρωματικά (idiochromatic). Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως, το χρώμα δεν υπάρχει μέσα στη δομή του ορυκτού, αλλά δημιουργείται από τις προσμίξεις που υπάρχουν στη μάζα του. Στην περίπτωση αυτή μιλάμε για αλλοχρωματικά υλικά (allochromatic). [62]

Οι προσμίξεις αυτές συνήθως δεν υπερβαίνουν το 1% της μάζας. Οι προσμίξεις που είναι υπεύθυνες για το χρώμα (άτομα ή ιόντα) έχουν την ονομασία χρωμοφόρα (chromophores). Αναλόγως με την ποσότητα της πρόσμιξης, το χρώμα του ορυκτού, είναι περισσότερο ή λιγότερο έντονο. Ο βήρυλλος, είναι ένα ορυκτό, άχρωμο χωρίς προσμίξεις. Όταν όμως στη μάζα του υπάρχει σαν πρόσμιξη σίδηρος Fe^{3+} , παίρνει κίτρινο χρώμα και ονομάζεται ηλιοδώρο. Όταν σαν πρόσμιξη υπάρχει σίδηρος Fe^{2+} , τότε ο βήρυλλος έχει γαλάζια απόχρωση και ονομάζεται ακουαμαρίνα. Αν υπάρχει συγχρόνως Fe^{3+} και Fe^{2+} , το χρώμα γίνεται πράσινο. Αν η πρόσμιξη στο βήρυλλο είναι μαγνήσιο Mn^{2+} , έχει ροζ χρώμα και λέγεται μοργκανίτης. Αν περιέχει μαγνήσιο Mn^{3+} το χρώμα γίνεται κόκκινο και λέγεται βιξβυίτης. Τέλος αν περιέχει χρώμιο Cr^{3+} , ο βήρυλλος παίρνει ένα χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα και λέγεται σμαράγδι. Ένα άλλο σημείο που πρέπει να σημειώσουμε είναι πως η ίδια πρόσμιξη δίνει διαφορετικό χρώμα σε διαφορετικά υλικά. Παράδειγμα το χρώμιο Cr^{3+} αν μπει σαν πρόσθετο στο κορούνδιο (Al_2O_3), δίνει κόκκινο χρώμα που είναι το ρουμπίνι (ruby red). Αν υπάρχει σαν πρόσθετο στον βήρυλλο ($Be_3Al_2(SiO_3)_6$) δίνει πράσινο χρώμα που είναι το σμαράγδι. Η ίδια πρόσμιξη Cr^{3+} δίνει στον άχρωμο χρυσοβήρυλλο το μοβ χρώμα που είναι ο αλεξανδρίτης.

Για την πλήρη περιγραφή του χρώματος απαιτούνται τρία μεγέθη.

1) Απόχρωση (Hue).

Το μάτι του ανθρώπου, μπορεί να δει μόνο ένα κομμάτι του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που ονομάζεται ορατό φάσμα. Το ορατό φάσμα χωρίζεται χοντρικά σε τέσσερις περιοχές
α) Πράσινο 490nm-550nm β) Κίτρινο 550nm-590nm γ) Πορτοκαλί 590 nm-630nm δ) Κόκκινο 630nm-700nm. Στα όρια αυτών των τεσσάρων περιοχών υπάρχουν και τα υπόλοιπα χρώματα, μοβ, μπλε, κ.λπ. Το GIA (Gemological Institute of America) για ακριβέστερο προσδιορισμό της απόχρωσης, έχει χωρίσει το ορατό φάσμα σε 31

επιμέρους αποχρώσεις. Έτσι μπορούμε να προσδιορίζουμε με μεγάλη ακρίβεια την απόχρωση του κάθε πολύτιμου λίθου.

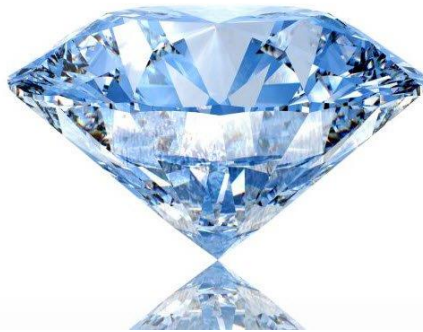
2) Φωτεινότητα (Tone).

Η φωτεινότητα είναι το μέγεθος που δείχνει πόσο ανοιχτόχρωμη ή σκουρόχρωμη είναι η συγκεκριμένη απόχρωση. Το GIA πρότεινε μία δεκάβαθμη κλίμακα της φωτεινότητας, όπου το νούμερο 1 είναι το εντελώς ανοιχτόχρωμο (ξεθωριασμένο), και 10 είναι το πολύ σκούρο, σχεδόν μαύρο.

3) Καθαρότητα.(Saturation).

Η ανάμιξη πολλών χρωμάτων στην παλέτα του ζωγράφου δίνει σαν αποτέλεσμα ένα μουντό καφέ ή γκρι χρώμα. Μεγάλη καθαρότητα χρώματος σημαίνει πως το χρώμα που έχει ο πολύτιμος λίθος περιέχει μία μόνο απόχρωση. Μικρή καθαρότητα σημαίνει ανάμιξη πολλών αποχρώσεων στο χρώμα. Το GIA έχει καθορίσει ένα εξάβαθμο πρότυπο καθαρότητας του χρώματος των πολύτιμων λίθων, όπου ο βαθμός 1 είναι το πολύ αναμιγμένο, και ο βαθμός 6 είναι το απολύτως καθαρό.

Στα ορυκτά και ειδικά σε αυτά που είναι διάφανα, γίνονται διάφορα ενδιαφέροντα «παιχνίδια» με το φως και το χρώμα, όπως είναι ο διχρωσμός, το φαινόμενο του αλεξανδρίτη, κ.α. [61]



Εικόνα 29: Διαμάντι

4.3 Διαμάντι (Diamond)



Εικόνα 30: Διαμάντι

Το πιο σκληρό υλικό στη φύση, και συγχρόνως το πιο ακριβό και το πιο δημοφιλές.

Το όνομα διαμάντι (diamond) προέρχεται από την Ελληνική λέξη «αδάμας» δηλαδή αδάμαστος, γιατί λόγω της σκληρότητάς του δεν μπορούσε να υποστεί καμία κατεργασία.

4.3.2 Ιστορία

Πρώτος χρησιμοποιεί την λέξη «αδάμας» ο Ησίοδος, αναφερόμενος σε «μέταλλον ισχυρόν αδάμαστον». Κατά τους ποιητές οι θεοί γνώριζαν το μυστικό της κατασκευής του αδάμαντος και κατασκεύαζαν με αυτόν, αντικείμενα με υπερφυσική αντοχή, όπως την «άλυσσον του Προμηθέως» ή το «κράνος του Ηρακλέους». Στον «λίθον αδάμαντα» πρώτος αναφέρεται ο Θεόφραστος. Πάντως μέχρι και την εποχή που ο Ρωμαίος φυσιοδίφης Πλίνιος ο πρεσβύτερος έγραφε την «Φυσική Ιστορία» η λέξη αδάμας, περιλάμβανε εκτός από τα διαμάντια το κορούνδιο και γενικώς όλους τους λίθους με μεγάλη σκληρότητα, δηλαδή όσους ήταν δύσκολη η επεξεργασία τους. Οι Ινδοί επίσης γνώριζαν τα διαμάντια τουλάχιστον το 300 π.Χ. Στα Βουδιστικά κείμενα Αγκιτάρα Νικάγυα, και στα Σανσκριτικά κείμενα Αρθασάτρα του 300 π.Χ. αναφέρονται τα διαμάντια με θαυμασμό για τις ιδιότητές τους, τη σκληρότητα και τη λάμψη τους. Τα μέλη της κάθε κάστας των Ινδών, δικαιούνταν να κατέχουν ένα μόνον χρώμα διαμαντιού. [63]

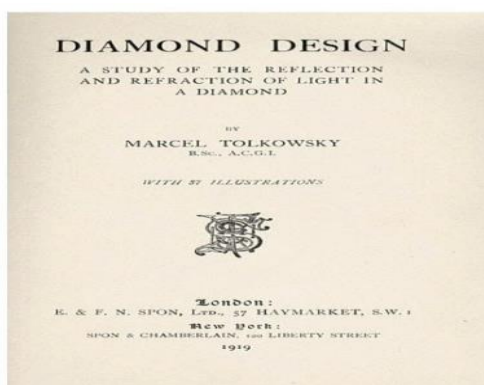
Οι βασιλείς μόνον είχαν δικαίωμα κατοχής διαμαντιών από όλα τα χρώματα. Ο βασιλιάς Λουδοβίκος ο ΙΧ τον 13ο αιώνα στη Γαλλία, ψήφισε νόμο ότι μόνον ο βασιλιάς, (δηλαδή

ο εαυτός του), μπορούσε να κατέχει διαμάντια. Μετά τους Ρωμαίους και για 1000 περίπου χρόνια, τα διαμάντια εξαφανίστηκαν από την Ευρώπη. Αυτό συνέβη γιατί οι πρώτοι Χριστιανοί αντιμετώπιζαν τα διαμάντια με καχυποψία, γιατί ήδη τα χρησιμοποιούσαν οι ειδωλολάτρες σαν φυλαχτά. Τον μεσαίωνα αναζωπυρώθηκε το ενδιαφέρον για τα διαμάντια. [63]

Πρέπει να σημειώσουμε ότι τις παλαιότερες εποχές, ήταν πολύ μικρό το ενδιαφέρον των ανθρώπων για τα διαμάντια, γιατί πριν την επινόηση της κοπής μπριγιάν, κανείς δεν είχε αντιληφθεί την λαμπρότητα που μπορεί να εκπέμψει αυτή η πέτρα. Η σύγχρονη ιστορία του διαμαντιού αρχίζει το 1456, όταν ο Louis Berquen ανακαλύπτει ότι μπορούμε να επεξεργαστούμε το διαμάντι, χρησιμοποιώντας την ίδια του την σκόνη, και να μετασχηματίσουμε τα ακανόνιστα κρύσταλλα σε κανονικά ακτινοβόλα πολύεδρα. Οι μαθητές του Berquen εξαπλώθηκαν στις Ευρωπαϊκές πόλεις και κυρίως στο Άμστερνταμ και την Αμβέρσα και τις κατέστησαν το κέντρο της μετέπειτα ανθούσας βιομηχανίας της επεξεργασίας των διαμαντιών. Η πιο πετυχημένη διαχρονικά κοπή είναι η κοπή μπριγιάν που πρότεινε το 1919 ο Marcel Tolkowski. Τα μπριγιάν (στιλβαδάμαντες ή αμφιέδροι αδάμαντες) είναι έκτοτε ο κυρίαρχος τύπος κοπής των διαμαντιών. Η έκρηξη στη ζήτηση του διαμαντιού συνέβη στο τέλος του 19ου αιώνα και μετά, όπου βελτιώθηκε πολύ η ικανότητα των τεχνιτών για περίτεχνες κοπές με εντυπωσιακά αποτελέσματα, αλλά και τις μεγάλες διαφημιστικές καμπάνιες των εταιριών εξόρυξης και κοπής.

Η παραγωγή του διαμαντιού είναι μία διαδικασία εξαιρετικά επίπονη, καθότι για ένα μόλις καράτι διαμαντιού καλής ποιότητας, πρέπει να μετακινηθούν κατά μέσο όρο 22 τόνοι χώματος. Όσον αφορά την διακίνηση, η πόλη κλειδί είναι η Αμβέρσα, η αδιαμφισβήτητη πρωτεύουσα των διαμαντιών, απ' όπου κλείνονται συμβόλαια για το 70% των παγκοσμίως διακινουμένων διαμαντιών.

Σε κάποιες περιπτώσεις στην Αφρική τα ορυχεία ελέγχονται από ένοπλες ομάδες που χρησιμοποιούν τα έσοδα για να χρηματοδοτούν τις δραστηριότητές τους ή για άλλους σκοπούς. Οι εργάτες συχνά εργάζονται κάτω από καθεστώς καταναγκαστικής εργασίας, ή και σκλαβιάς. Τα διαμάντια αυτά έχουν πάρει την ονομασία "Blood Diamonds" Γίνεται τελευταία μία προσπάθεια να απαγορεύεται η διακίνηση διαμαντιών με τέτοια προέλευση. [65]



Εικόνα 31: Το εξώφυλλο της περίφημης μελέτης του Tolkowsky, που καθόρισε τον τρόπο που πρέπει να γίνεται η κοπή και επεξεργασία των διαμαντιών.

4.3.3 Ορυκτολογία

Η σύσταση του διαμαντιού είναι από καθαρό άνθρακα, όπως π.χ. και του κοινότατου γραφίτη στα μολύβια μας. Κατά το στάδιο της δημιουργίας όμως των διαμαντιών, πριν από περίπου 2,5 δισεκατομμύρια χρόνια συνυπήρξαν οι σπάνιες συνθήκες της πολύ υψηλής πίεσης με τις πολύ μεγάλες θερμοκρασίες ώστε ο άνθρακας να μετατραπεί σε διαμάντι. Η σκληρότητα του είναι 10 στην κλίμακα Mohs , η μεγαλύτερη που υπάρχει στη φύση. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει κανένα υλικό να χαράζει το διαμάντι, οπότε το διαμάντι παραμένει αναλλοίωτο (Μία ακόμα σημασία της φράσης : Diamonds are forever). Παρά την σκληρότητα του είναι εύθραυστο, σπάζει εύκολα δηλαδή αν πέσει ή αν χτυπηθεί, ειδικά υπό κάποιες διευθύνσεις. Λόγω της μεγάλης διαφάνειας, της ισχυρής διάθλασης και του έντονου διασκεδασμού του φωτός, παρουσιάζει μία εντελώς εξαιρετική ιδιάζουσα λάμψη την αδαμαντοειδή λάμψη. Τα χρώματα που το συναντάμε στη φύση είναι άχρωμο, κιτρινωπό ανοιχτό καφέ ή γκρι. Έχει πολύ ψηλό σημείο τήξης, λειώνει δηλαδή στους 3547°C, το ειδικό του βάρος είναι 3,25 και κρυσταλλώνεται στο κυβικό κρυσταλλογραφικό σύστημα. [64]

4.3.4 Γεμολογία

Για να περιγράψει πλήρως ένα διαμάντι ο ειδικός γεμολόγος, αρκούν 4 χαρακτηριστικά του, που το προσδιορίζουν και καθορίζουν την αξία του. Λόγω του τεράστιου ενδιαφέροντος του κοινού για τα διαμάντια, και προφανώς λόγω των πολλών αμφισβητήσεων στην αποτίμησή τους, καθιερώθηκε το πρότυπο αξιολόγησης, τα 4C. Τα 4C είναι 4 παράμετροι που περιγράφουν με αρκετή ακρίβεια ένα διαμάντι, βάρος, καθαρότητα, χρώμα και κοπή. Για τα πρότυπα αυτά συμφώνησαν οι πλέον αναγνωρισμένοι Οργανισμοί παγκοσμίως, που είναι το GIA(Gemological Institute of America), AGS (American Gem Society) ,και το HRD (Diamond High Council) που εδρεύει στην Αμβέρσα.

1ο C) Βάρος–Carat: Το βάρος της πέτρας σε καράτια. Όσο μεγαλύτερη είναι η πέτρα ανεβαίνει και η τιμή ανά καράτι, λόγω της σπανιότητας των μεγάλων πετρών. Εκδίδεται εβδομαδιαίος τιμοκατάλογος το Raparport Diamond Report για την τιμή καρατιού και για τις διάφορες ποιότητες διαμαντιών. Όταν λέμε «συνολικό βάρος σε καράτια» για ένα κόσμημα, εννοούμε το βάρος συνολικά όλων των διαμαντιών που υπάρχουν στο κόσμημα.

2ο C) Καθαρότητα-Clarity : Με τον όρο αυτό περιγράφουμε την ποιότητα του εσωτερικού της πέτρας. Συγκεκριμένα, ο εκτιμητής χρησιμοποιώντας φακό μεγέθυνσης x10 βαθμολογεί το διαμάντι, για εγκλείσεις, ρωγμές, στίγματα, συννεφάκια, και οποιαδήποτε ατέλεια μπορεί να υποβαθμίσει την ποιότητα της πέτρας.

3ο C) Χρώμα-Color. Το πιο δημοφιλές και πιο ακριβό είναι το απολύτως άχρωμο διαμάντι. Όσο πιο πολύ σκούρο είναι ένα διαμάντι τόσο θεωρείται κατώτερης ποιότητας. Το GIA έχει καταρτίσει ένα κατάλογο για την κατάταξη των διαμαντιών με βάση το χρώμα.

D-E: Απολύτως άχρωμα.

F-I : Είναι άχρωμα για τον μη ειδικό.

J-L: Μικρά ίχνη χρώματος εμφανίζονται.

M-Z: Συνολικά βγάζει μία κιτρινωπή απόχρωση.

Τα διαμάντια που έχουν άλλα χρώματα, μπλε, ροζ, κ.λπ. δεν υπάγονται σε αυτή την κατάταξη. Ονομάζονται Fancy (φανταχτερά), και αν το χρώμα τους είναι φυσικό, είναι

σπανιότατα και πολύ ακριβά. Συνήθως όμως τα Fancy είναι κάποια διαμάντια με μέτρια απόχρωση, που γίνεται τεχνητός χρωματισμός με laser για να αυξηθεί η εμπορικότητά τους.

4ο C) Κοπή-Cut: Από τα 4 χαρακτηριστικά του διαμαντιού, η κοπή, έχει την μεγαλύτερη δυσκολία για να βαθμολογηθεί, από τον εκτιμητή. Πρέπει δηλαδή να προσδιορίσει ο ειδικός, κατά πόσον ακολουθήθηκαν οι αυστηρές μαθηματικές προδιαγραφές που χαρακτηρίζουν μία κοπή σαν «ιδανική» ή «εξαιρετική» κλπ. Οι γωνίες που θα σχηματίζουν οι έδρες μεταξύ τους, ο αριθμός των εδρών, το ύψος του στέμματος, το ύψος του κώνου, και πολλές άλλες αναλογίες μεταξύ των διαστάσεων προσδιορίζουν τον χαρακτηρισμό της κοπής. Οι αναλογίες αυτές περιγράφηκαν από τον Tolkowskί, και αν ακολουθηθούν επακριβώς δίνουν την μέγιστη αντανάκλαση του φωτός μέσα από το διαμάντι, και την μέγιστη λαμπρότητα του.

Επειδή η αγορά δίνει μεγάλη σημασία στα καράτια, και δεδομένου ότι με την κοπή μπριγιάν υπάρχει μεγάλη σπατάλη υλικού, πολλές φορές τα διαμάντια δεν κόβονται στις καθορισμένες αναλογίες ώστε να υπάρχει όφελος στο βάρος έχοντας με αυτό τον τρόπο απώλεια στη λάμψη. Συχνά μπερδεύουμε τον όρο «κοπή», με το «σχήμα» της πέτρας. Σαν σάνταρ σχήμα θεωρείται το στρογγυλό σχήμα με κοπή μπριγιάν. Τα υπόλοιπα σχήματα λέγονται Fancy (φανταχτερά), και είναι η μπαγκέτα (baguette) καρδιά (heart), σταγόνα (pear), briolette, princess, marquise κ.α. [65]

4.3.5 Διάσημα Διαμάντια

1) Cullinan . Το μεγαλύτερο διαμάντι που έχει βρεθεί ποτέ. Ακατέργαστο ζύγιζε 3.106 καράτια. Βρέθηκε το 1905 στη νότια Αφρική, και πήρε το όνομα του από τον ιδιοκτήτη του ορυχείου όπου βρέθηκε. Το δώρισαν στον βασιλιά της Αγγλίας Εδουάρδο τον VII, για τα γενέθλιά του το 1907. Κόπηκε σε πολλά μεγάλα και εντυπωσιακά μπριγιάν, το Cullinan I, 530 καράτια, το μεγαλύτερο επεξεργασμένο διαμάντι που υπάρχει και στολίζει την κορυφή του Αγγλικού στέμματος, το Cullinan II, 317 καράτια, και πολλά ακόμη.

2) Excelsior. Βρέθηκε από έναν εργάτη το 1893, στα ορυχεία της De Beers στη νότια Αφρική. Κόπηκε το 1904 στο Άμστερνταμ σε 21 μπριγιάν.

3) Ορλώφ . Ζύγιζε 193 καράτια και βρισκόταν στο σκήπτρο του τσάρου της Ρωσίας.

4) Το Darya-i-Nur το οποίο βρισκόταν στο στέμμα του σάχη της Περσίας. [64]

4.3.6 Διαμάντι – Γραφίτης (Ομοιότητες – Διαφορές)



Εικόνα 32: Διαμάντι

Στη φύση υπάρχουν δύο αλλοτροπικές μορφές άνθρακα – το διαμάντι και ο γραφίτης.

Το διαμάντι είναι η μόνη φυσική κρυσταλλική μορφή του άνθρακα. Υπάρχει κι άλλο ένα ορυκτό που συνίσταται κι αυτό αποκλειστικά και μόνο από άνθρακα, ο γραφίτης. Στην ορυκτολογία υπάρχουν οι όροι πολυμορφισμός και πολύμορφα ορυκτά. Ο πολυμορφισμός είναι η ικανότητα μιας χημικής ένωσης να κρυσταλλώνεται με διαφορετική συμμετρία, ανάλογα με τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας (P/T). Μπορεί δηλαδή, ανάλογα με την ενέργεια που διαθέτει, να σχηματίζει διαφορετικά κρυσταλλικά πλέγματα.

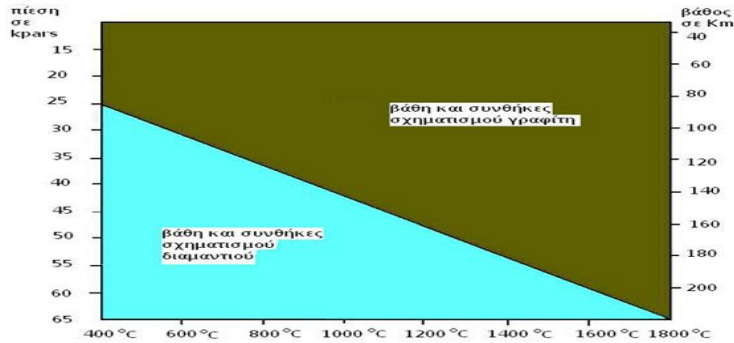
Στον κόσμο των κρυστάλλων υπάρχουν πάρα πολλά τέτοια παραδείγματα. Τα πολύμορφα ορυκτά μπορεί να έχουν ελάχιστες διαφορές μεταξύ τους σε ότι αφορά την εξωτερική εμφάνιση και τις φυσικές τους ιδιότητες. Υπάρχει όμως κι άλλη περίπτωση, τα δύο πολύμορφα να μην έχουν καμία σχέση μεταξύ τους, ούτε στην εμφάνιση αλλά ούτε

και στις τιμές των φυσικών τους ιδιοτήτων. Ο άνθρακας C, κρυστάλλωνεται στο κυβικό κρυσταλλογραφικό σύστημα ως διαμάντι ή στο εξαγωνικό κρυσταλλογραφικό σύστημα ως γραφίτης. Το ένα έχει τις υψηλότερες τιμές σε όλες τις φυσικές ιδιότητες με πλήρη διαφάνεια, ενώ το άλλο έχει τις χαμηλότερες τιμές και είναι αδιαφανές και μεταλλικό.

Το διαμάντι έχει τη μέγιστη σκληρότητα 10, ο γραφίτης τις ελάχιστες τιμές 1 με 2. Το διαμάντι έχει ειδικό βάρος (ε. β.) 3,52 ενώ ο γραφίτης 2,23. Το διαμάντι εμφανίζεται στη φύση με καλοσχηματισμένους διάφανους και λαμπερούς κρυστάλλους, ενώ ο γραφίτης είναι αδιαφανής με σκούρο φαιό χρώμα.

Στον γραφίτη τα άτομα του άνθρακα συνδέονται με ομοιοπολικό δεσμό σχηματίζοντας επίπεδα φύλλα κι όχι τρισδιάστατο πλέγμα, όπως συμβαίνει με τα τετράεδρα του διαμαντιού. Στον γραφίτη κάθε άτομο άνθρακα συνδέεται με ομοιοπολικούς δεσμούς με άλλα τρία άτομα που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, ενώ στο διαμάντι, κάθε άτομο άνθρακα συνδέεται με ομοιοπολικό δεσμό με τέσσερα άλλα άτομα άνθρακα. Τα διαφορετικά επίπεδα του γραφίτη συνδέονται μεταξύ τους με έναν πολύ ασθενή χημικό δεσμό, τον δεσμό Van der Waals, που έχει ως συνέπεια τη χαμηλή σκληρότητα του γραφίτη.

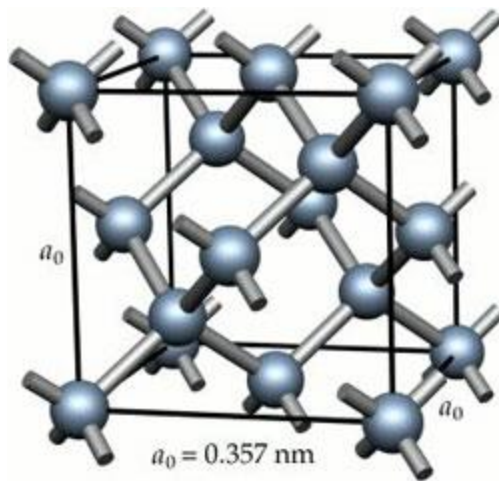
Η μετατροπή από το ένα πολύμορφο στο άλλο γίνεται με τρεις τρόπους: με ανακατασκευή της κρυσταλλικής δομής, με μετατόπιση των κρυσταλλογραφικών κόμβων και με αναδιάταξη της κρυσταλλικής δομής. Ο πρώτος τρόπος, της ανακατασκευής της κρυσταλλοδομής, γίνεται με διάλυση της υπάρχουσας δομής και επανακρυστάλλωσης με εντελώς διαφορετική συμμετρία. Σπάνε δηλαδή οι δεσμοί της στοιχειώδους κυψελίδας και δημιουργούνται νέες δυνάμεις, με επαναδιάταξη των ατόμων ή των ιόντων στο χώρο. Όπως καταλαβαίνουμε, αυτό δεν είναι απλή διαδικασία, χρειάζονται μεγάλα ποσά ενέργειας και χρόνου. Αντίθετα στους άλλους δύο τρόπους δεν χρειάζεται μεγάλη αύξηση της ενέργειας και δεν συμβαίνει σπάσιμο των χημικών δεσμών, ούτε και διάλυση της κρυσταλλικής δομής. [66]



Σχήμα 5: Συνθήκες κρυστάλλωσης των δύο πολύμορφων του άνθρακα, καθώς και το βάθος σχηματισμού τους

Η ύπαρξη ελεύθερου άνθρακα στη λιθόσφαιρα οδηγεί σε κρυστάλλωση γραφίτη, ενώ η παρουσία ελεύθερου άνθρακα στον μανδύα οδηγεί σε κρυστάλλωση διαμαντιού. Διότι το μικρότερο βάθος εντός της γης που δύναται να κρυσταλλωθεί το διαμάντι είναι τα 100 χιλιόμετρα βάθος, από εκεί και πάνω η μόνη μορφή του κρυσταλλικού άνθρακα είναι ο γραφίτης. Το διαμάντι παραμένει διαμάντι καθώς ανεβαίνει στην επιφάνεια, παρά το γεγονός ότι σε χαμηλές πιέσεις και θερμοκρασίες μικρότερες από 400°C, η σταθερή κρυσταλλική μορφή του άνθρακα είναι ο γραφίτης. Εφόσον φτάνει στην επιφάνεια ως διαμάντι και όχι ως γραφίτης, μετά χρειάζεται ανακατασκευή του κρυσταλλικού πλέγματος και σπάσιμο των ομοιοπολικών δεσμών του άνθρακα. Ο ομοιοπολικός δεσμός είναι πολύ ισχυρός χημικός δεσμός και για να «σπάσει», απαιτείται μεγάλη ενέργεια. Η ενέργεια αυτή είναι 3kJ. Ουσιαστικά δηλαδή τα διαμάντια είναι σταθερά στις συνθήκες επιφανείας, και δεν γίνεται να μετασχηματιστούν σε γραφίτη με φυσικά αίτια.

Αυτό κάνει τα διαμάντια ακόμα πιο αξιοθαύμαστα, διότι παρά το ότι προέρχονται από υψηλότερες πιέσεις και θερμοκρασίες, μένουν ανεπηρέαστα σε σχεδόν οποιοσδήποτε συνθήκες, εφόσον για το μετασχηματισμό τους απαιτείται μεγάλο ποσό ενέργειας. Δηλαδή η φύση δημιουργεί έναν μοναδικό κρύσταλλο, μέσω ακραίων συνθηκών, που μπορεί όμως και μένει απαθής εκτός του φυσικού του περιβάλλοντος. [64]



Εικόνα 33: Κρυσταλλοχημική δομή του διαμαντιού

Πριν από λίγο καιρό, οι επιστήμονες προσπάθησαν να δημιουργήσουν διαμάντια από γραφίτη. Πιστεύουν ότι εάν η φόρμα διαμαντιού και γραφίτη είναι η ίδια, μπορούν να δημιουργήσουν ένα διαμάντι, επειδή η πέτρα είναι πολύ ακριβή και σπάνια. Τώρα γνωρίζουμε ότι ένα ορυκτό διαμάντι εμφανίζεται στη φύση υπό υψηλή πίεση και στιγμιαία ψύξη. Ως εκ τούτου, οι επιστήμονες αποφάσισαν να ανατινάξουν το γραφίτη, δημιουργώντας έτσι τις απαραίτητες συνθήκες για το σχηματισμό διαμαντιών. Μετά την έκρηξη σε γραφίτη σχηματίστηκαν πολύ μικρά κρύσταλλα διαμαντιού.

4.4 Ρουμπίνι (Ruby)

Ρουμπίνι ονομάζεται το κορούνδιο που έχει κόκκινο χρώμα. Τα κορούνδια με άλλο χρώμα εκτός του κόκκινου, λέγονται ζαφείρια. Σε αρχαία κείμενα συναντάμε για το ρουμπίνι την ονομασία «σάπφειρος πορφυρίτης» ή «σάπφειρος πορφυρίζων». Το κόκκινο χρώμα προκαλείται από προσμίξεις χρωμίου. Υπάρχουν όμως και ρουμπίνια σε ροζ χρώμα, σκούρο κόκκινο και καφέ.

Το όνομα του προέρχεται από την λατινική λέξη *rubber*, που θα πει κόκκινο. Το ρουμπίνι σαν κορούνδιο, έχει χημικό τύπο Al_2O_3 και σκληρότητα 9. Παράγεται στη Σρι Λάνκα, Τανζανία, Κένυα, Μαδαγασκάρη και Καμπότζη. Τα πιο διάσημα ρουμπίνια έχουν βρεθεί στην κοιλάδα Μογκούλ, στην Μυανμάρ (πρώην Βιρμανία). Το μοναδικό κόκκινο χρώμα των ρουμπινιών Μογκούλ περιγράφεται παραστατικά, σαν «αίμα τρυγωνιού». Όλο και λιγότερα ρουμπίνια βρίσκονται πλέον στην περιοχή Μογκούλ, ενώ στο ήδη εξορύσσονται ρουμπίνια και άλλες περιοχές της Μυανμάρ, όπως η Μονκ Χσου, και η Ναμ Για.

Τα ρουμπίνια συχνά έχουν εγκλείσεις και ατέλειες, τα οποία όμως αποτελούν στοιχεία της ταυτότητας τους, και διευκολύνουν το δύσκολο έργο της διάκρισης τους από τα συνθετικά. Μία συνηθισμένη εγκλείση, είναι τα χρυσαφί βελονάκια του ρουτιλίου, τα οποία όμως, αν υπάρχουν σε μεγάλη ποσότητα, τα απομακρύνουν τεχνητά, γιατί μειώνουν την διαφάνεια του ρουμπινιού. Σήμερα όλα σχεδόν τα ρουμπίνια έχουν υποστεί κάποια επεξεργασία για την ανάδειξη της ποιότητας τους. Κάποιες από αυτές τις επεξεργασίες θεωρούνται «αποδέκτες», όπως η χρωματική ενίσχυση που γίνεται με θέρμανση της ανεπεξέργαστης πέτρας στους $1800^{\circ}C$. Τα τελευταία χρόνια υπάρχουν και άλλες δραστικές επεξεργασίες, όπως η λεγόμενη “lead glass” που μεταμορφώνει ρουμπίνια γεμάτα ατέλειες, σε κατάλληλα για κοσμήματα. [63]

Τα ρουμπίνια ενίοτε κόβονται με κοπή καμπουσόν, ιδίως όταν εμφανίζουν το φαινόμενο του αστερισμού το οποίο αναδεικνύεται σε καμπουσόν πέτρες. Ένα τέτοιο καμπουσόν ρουμπίνι βάρους 38 καρατίων, πουλήθηκε το 2006 σε δημοπρασία στο απίστευτο πόσο των 5.860.000 δολαρίων. Αυτά βέβαια αφορούν την διάφανη ποιότητα ρουμπινιού, γιατί η αδιάφανη έχει πολύ μικρή αξία. Το μεγαλύτερο επεξεργασμένο ρουμπίνι έχει το όνομα Ραβιράτνα, είναι 3600 καράτια, και ανήκει σε ένα μανιώδη συλλέκτη ρουμπινιών, τον δικηγόρο Vidyaaraj από το Μπανγκαλόρ της Ινδίας. Η συνήθης επεξεργασία των

ρουμπινιών όπως και όλων των ακριβών διάφανων πετρών είναι το ταγιάρισμα με το οποίο αναδεικνύεται το χρώμα και η ποιότητα της πέτρας και προσδίδεται σε αυτήν υπεραξία.

Από το 1837 ήδη έχουν κατασκευαστεί συνθετικά ρουμπίνια. Όμως εδώ και χρόνια η ποιότητα των συνθετικών είναι τόσο τέλεια, που μόνον εξειδικευμένα γεμολογικά εργαστήρια μπορούν να τα διακρίνουν. Μεγάλη οπτική ομοιότητα με τα ρουμπίνια, έχουν κάποιες ποιότητες κόκκινου σπινελίου, κόκκινης τουρμαλίνης (ρουμπελίτη), και πυρωπού γρανάτη. [68]



Εικόνα 34: Το ρουμπίνι της Carmen Lúcia ανήκει στο μουσείο φυσικής ιστορίας Smithsonian στην Ουάσιγκτον. Είναι 23,1 ct. Έχει εξορυχτεί το 1930, από την περιοχή Μογκούλ της πρώην Βιρμανίας. Είναι δεμένο σε δαχτυλίδι με πλατίνα και διαμάντια. Εξαιρετικά σπάνιο λόγω του μεγέθους, του χρώματος της διαφάνειας, και της κοπής του. Παραγγέλθηκε από τον επιχειρηματία Peter Buck εις μνήμην της γυναίκας του Carmen Lúcia.

4.5 Ζιρκόνιο (Zircon)

4.5.1 Γενικά για το Ζιρκόνιο (ορυκτό)

Είναι ένα λαμπερό ορυκτό που εμφανίζεται σε αποχρώσεις κίτρινο- χρυσαφί, κόκκινο, καφέ, πράσινο και συχνά διάφανο. Το όνομα πιθανά προέρχεται από την περσική λέξη zargun που θα πει χρυσαφί. Χημικά είναι $ZrSiO_4$, έχει σκληρότητα 7.5 και ειδικό βάρος 4,3, και κρυσταλλώνεται στο τετραγωνικό κρυσταλλογραφικό σύστημα. Το ζιρκόνιο επιδέχεται θερμική επεξεργασία για την αλλαγή του χρώματός του. Μία ποικιλία ζιρκονίου είναι ο υάκινθος. Εξορύσσεται στα Ουράλια όρη, στην Ιταλία, Νορβηγία Σρι Λάνκα, Ινδία

κ.λπ. Αυτό που στην Ελληνική αγορά ονομάζεται ζιρκόν, δεν έχει χημικά απολύτως καμιά σχέση με το ζιρκόνιο. Πρόκειται για ένα άλλο υλικό, το συνθετικό Cubic Zirconia, κυβική ζιρκονία.

Στα ορυχεία όπου εξορύσσεται, συναντάμε το ορυκτό ευδιαλύτη (euclialite), το οποίο χρησιμοποιείται στην παραγωγή του. Εσχάτως, κόκκινα-ροζ κομμάτια ευδιαλύτη, κόβονται σε κοπή καμπουσόν και χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κοσμημάτων.



Εικόνα 35: «Ζιρκόνιο» από την Καμπότζη κομμένο σε σχήμα τρίλιον, και δεξιά ευδιαλύτης από την Ρωσία κομμένος καμπουσόν.

Το ζιρκόνιο ($ZrSiO_4$) δεν είναι μόνο ένας πολύτιμος λίθος. Υπάρχει σχεδόν σε όλα τα πετρώματα, συνήθως σε πολύ χαμηλές περιεκτικότητες και σε μεγέθη συχνά μικρότερα από μερικά χιλιοστά. Είναι εξαιρετικά χρήσιμο ορυκτό για τη μελέτη της γεωλογικής εξέλιξης της Γης. Αυτό οφείλεται κυρίως στην υψηλή αντοχή του σε φυσικές και χημικές μεταβολές καθώς και στην ελάχιστη - αλλά σημαντική σε επιστημονικό επίπεδο - περιεκτικότητά του σε Ουράνιο. Χάρη στην παρουσία Ουρανίου, το οποίο είναι ραδιενεργό στοιχείο που διασπάται σε μόλυβδο με γνωστή περίοδο ημιζωής, το ζιρκόνιο χρησιμοποιείται σαν «γεωχρονόμετρο». Αυτό σημαίνει ότι με τη μέτρηση της αναλογίας ισotόπων Ουρανίου και Μολύβδου με ειδική τεχνική μπορεί να προσδιορίσει κανείς την απόλυτη ηλικία του ζιρκονίου και επομένως και των πετρωμάτων τα οποία το περιέχουν και, σε συνδυασμό με άλλα χαρακτηριστικά, να βγάλει συμπεράσματα για τη γεωλογική εξέλιξη των πετρωμάτων (τη μετακίνηση των τεκτονικών πλακών, τη δημιουργία

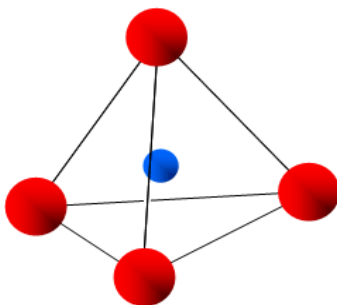
οροσειρών, την ηφαιστειακή δραστηριότητα, κλπ.). Έτσι, σήμερα γνωρίζουμε ότι το πιο αρχέγονο ορυκτό που έχει βρεθεί μέχρι τώρα στη Γή είναι ζιρκόνιο σε μεταϊζήματα της περιοχής JackHills της ΒΔ Αυστραλίας, με ηλικία 4.4 δισ. έτη, μόλις δηλαδή 0.16 δισ. έτη νεότερο από την αρχική δημιουργία της Γης (4.56 δισ. έτη). [67]

4.5.2 Χημεία του Ζιρκονίου ($ZrSiO_4$)

Το ζιρκόνιο σαν ορυκτό, ανήκει στην ομάδα των Νησοπυριτικών ορυκτών. Η χημική ονομασία του είναι πυριτικό ζιρκόνιο και ο αντίστοιχος χημικός τύπος της είναι $ZrSiO_4$. Κρυσταλλώνεται σε τετραγωνικό κρυσταλλικό σύστημα. Εμφανίζεται σε πολλά χρώματα όπως: άχρωμο, κίτρινο-χρυσασφί, κόκκινο, καφέ, μπλε και πράσινο, αναλόγως τις προσμίξεις. Είναι ένα δημοφιλές υποκατάστατο για το διαμάντι και είναι επίσης γνωστό ως "Matura διαμάντι".

Πυριτικά ορυκτά: Ορθοπυριτικά / νησοπυριτικά

Τα τετράεδρα του πυριτίου (SiO_4)⁴⁻ απαντούν μεμονωμένα και με μέταλλα σχηματίζουν τα ορυκτά.



Εικόνα 36: Δομή πυριτικών ορυκτών

Τα πιο γνωστά ορυκτά της ομάδας αυτής που συνιστούν πολύτιμους - ημιπολύτιμους λίθους είναι:

- Το ζιρκόνιο $ZrSiO_4$, υλικό μεγάλης σκληρότητας, που είναι πολύτιμος λίθος.
- Το τοπάζιο $Al_2(SiO_4)(OH,F)_4$ που είναι πολύτιμος λίθος.
- Ο τιτανίτης ή σφήνα $Ca Ti (SiO_4)(O, OH, F)$ που είναι ημιπολύτιμος λίθος. [61]

4.5.3 Συνθετική Ζιρκονία (Synthetic cubic zirconia)

Κυβική Ζιρκονία, Cubic Zirconia (CZ), ονομάζεται ένα ορυκτό που δεν έχει σχέση χημικά με το φυσικό ορυκτό ζιρκόνιο. Το CZ έχει χημικό τύπο ZrO_2 και είναι πολύ σπάνιο στη φύση. Κατασκευάστηκε όμως το 1976 συνθετικό CZ το οποίο από την αρχή που παρήχθη, χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα στην κοσμηματοποιία και χρησιμοποιείται συνεχώς από τότε, σαν υποκατάστατο του διαμαντιού.

Το συνθετικό CZ, είναι αυτό που ονομάζουμε (καταχρηστικά) στην αγορά, «ζιρκόν». Το υλικό αυτό είναι συνεκτικό και έχει μεγάλη σκληρότητα περίπου 8.5. Έχει παρόμοιες οπτικές ιδιότητες με το διαμάντι, μπορεί να κοπεί με όλους τους τρόπους που κόβεται το διαμάντι, βάφεται με πολλούς χρωματισμούς, και είναι φθηνό στην παραγωγή του. Γι' αυτό έχει χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή συνήθως ασημένιων κοσμημάτων αλλά και χρυσών, όπου ο απλός καταναλωτής είναι αδύνατο να το ξεχωρίσει από το διαμάντι. [69]

4.6 Ημιπολύτιμοι Λίθοι (Semi-Precious Stones)

Οι πέτρες (λίθοι) που χρησιμοποιούνταν στην κοσμηματοποιία, παραδοσιακά χωρίζονταν σε πολύτιμους και ημιπολύτιμους. Στους πολύτιμους συγκαταλέγονταν το διαμάντι, το ρουμπίνι, το ζαφείρι το σμαράγδι αλλά και ο αμέθυστος. Όλοι οι υπόλοιποι ήταν οι ημιπολύτιμοι λίθοι. Όταν όμως ανακαλύφθηκαν μεγάλα κοιτάσματα αμέθυστου και η αξία του υποχώρησε πολύ, τότε συμπεριλήφθηκε και αυτός στους ημιπολύτιμους.

Οι περισσότεροι ημιπολύτιμοι λίθοι είναι ορυκτά, λίγοι μόνο είναι οργανικοί, δηλαδή προέρχονται από ζωικούς ή φυτικούς οργανισμούς, όπως το κεχριμπάρι, το κοράλλι, το ελεφαντόδοντο και το μαργαριτάρι. Η διάκριση πάντως σε πολύτιμους και ημιπολύτιμους, τείνει να εκλείψει, γιατί υπάρχουν ποιότητες ημιπολύτιμων λίθων, πολύ ακριβότερες από τους πολύτιμους, και αντιστρόφως.



Εικόνα 37: Ημιπολύτιμοι Λίθοι

Η συνήθης κατεργασία των ημιπολύτιμων πετρών είναι το γυάλισμα με tumbler. Αυτό σημαίνει ότι πολλές πέτρες μαζί παρόμοιου μεγέθους περιστρέφονται σε ένα τύμπανο (μπουράτο στην τεχνική ορολογία) επί πολλές ώρες. Η κατεργασία αυτή γίνεται μέσα σε ένα διάλυμα οξειδίων του αργιλίου σε νερό. [63]



Εικόνα 38: Μενταγιόν που βρέθηκε στον τάφο της πριγκίπισσας Senusret II, της δεύτερης δυναστείας (1897- 1878). Το χρυσό μενταγιόν έχει 4,9 εκ. ύψος, και βρίσκεται στο μουσείο του Καΐρου. Στην κατασκευή του έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι ημιπολύτιμοι λίθοι, λάπις λάζουλι, τirkουάζ, κορνεόλη και πράσινος άστριος.

4.6.2 Λάπης Λάζουλι

Το λάπης λάζουλι μπορεί να αναφέρεται απλώς σαν λάπης, ή παλαιότερα λαζούρι.

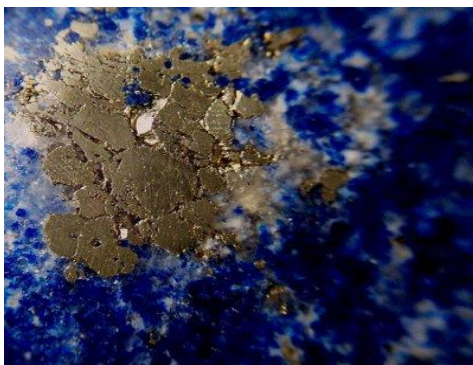
Είναι ένα αδιάφανο πέτρωμα, με εντυπωσιακό μπλε χρώμα που το οφείλει στην παρουσία ανιόντος S_3^{2-} . Είναι πέτρωμα και όχι ορυκτό, καθότι εμπεριέχει τα εξής ορυκτά: Λαζουρίτη $((Na,Ca)_8(AlSiO_4)_6(S,SO_4,Cl)_{1-20})$, σοδαλίτη, καλσίτη και σιδηροπυρίτη. Ο σιδηροπυρίτης συχνά εμφανίζεται σαν χρυσαφί λαμπυρίζοντα στίγματα στην επιφάνεια της πέτρας, και είναι ένα από τα στοιχεία ομορφιάς και μοναδικότητας του πολύτιμου λίθου. [70]

Ο λάπης έχει σκληρότητα 5.5 και ειδικό βάρος 2,6. Γνωρίζουμε ότι γινόταν εξόρυξη λάπης στο Μπαντακστάν, μια επαρχία του Αφγανιστάν ήδη από το 6500 π.Χ. Οι Αιγύπτιοι χάραζαν σε λάπης σκαραβαίους και φυλαχτά, ήδη από το 3300π.Χ., οι Ασσύριοι και οι Βαβυλώνιοι κατασκεύαζαν σφραγιδολίθους, και Ακκάδιοι και Σουμέριοι ποιητές τον εξυμνούσαν σαν τον λίθο που προσδίδει βασιλική λαμπρότητα. Στους αρχαίους Έλληνες, στους Ρωμαίους και στη Βίβλο, ο λάπης λέγεται σάπφειρος. Ο Θεόφραστος και ο Πλίνιος περιγράφουν τον σάπφειρο σαν λίθο που περιέχει σκόνη ή στίγματα χρυσού. Η περιγραφή αυτή αντιστοιχεί στο λάπης με τα χρυσαφί στίγματα του σιδηροπυρίτη. Μία άλλη ονομασία που μάλλον αναφερόταν στον λάπης είναι κυανός. [60]

Ετυμολογικά, lapis θα πει λίθος στα Λατινικά. Η δεύτερη λέξη προέρχεται από την περσική λέξη Λαζουάρ, που θα πει πάλι λίθος στα Περσικά. Τελικά το λάζουλι, έγινε η ρίζα των λέξεων, azure,, azzurro, azul, που στις διάφορες Ευρωπαϊκές γλώσσες, θα πει γαλάζιο. Λαπίς Λάζουλι λοιπόν, είναι ο γαλάζιος λίθος.

Στα ορυχεία του Sar-e-Sang, στο βορειοανατολικό Αφγανιστάν, σήμερα όπως και πριν 8000 χρόνια εξορύσσεται η καλύτερη παγκοσμίως ποιότητα λάπης. Εκτός από αυτά τα αποθέματα, το πέτρωμα υπάρχει και στην βόρεια Χιλή, στις Άνδεις σε μία πιο φθηνή ποιότητα που λέγεται denim lapis λόγω της ανοιχτόχρωμης απόχρωσης που έχει. [63]

Σε όλα τα μουσεία του κόσμου και ασφαλώς στα μουσεία της Ελλάδας υπάρχει μέγα πλήθος αντικειμένων από λάπης λάζουλι, τα οποία χρονολογούνται ήδη από τα προϊστορικά χρόνια.



Εικόνα 39: Λεπτομέρεια πυριτίου από λάπτις του Αφγανιστάν.

4.7.1 Συνθετικές Πέτρες

Ένας πολύτιμος λίθος ονομάζεται "Συνθετικός" όταν έχει την ίδια χημική σύσταση και τις ίδιες ιδιότητες με τον φυσικό πολύτιμο λίθο, με την διαφορά πως ο συνθετικός κατασκευάστηκε σε κάποιο εργαστήριο. Με άλλα λόγια οι φυσικοί λίθοι δημιουργήθηκαν στη φύση πριν από πολλές χιλιάδες χρόνια, ενώ οι συνθετικοί φτιάχτηκαν με τα ίδια υλικά από τους ανθρώπους.

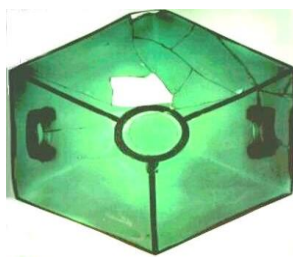
Οι φυσικές και οι συνθετικές πέτρες έχουν τις ίδιες ιδιότητες, φυσικές, χημικές, οπτικές, γι' αυτό είναι εντελώς αδύνατο να τις ξεχωρίσει ιδιώτης αλλά και οι ειδικοί συναντούν δυσκολίες. Η επιστήμη που ασχολείται με την κατάταξη ενός λίθου στην κατηγορία των φυσικών ή των συνθετικών είναι η γεμολογία. Τα περισσότερα γεμολογικά όργανα, διαθλασίμετρο, φασματοσκόπιο, κ.λπ. δεν βοηθούν καθόλου στη διάκριση μίας φυσικής από μία συνθετική πέτρα. Και αυτό διότι οι ιδιότητές τους είναι οι ίδιες. Το όργανο που χρησιμοποιείται σε αυτή την περίπτωση είναι το μικροσκόπιο στα χέρια ενός έμπειρου γεμολόγου, ο οποίος θα εντοπίσει τις μικροεγκλίσεις που δημιουργούνται κατά την μακρόχρονη φυσική διαδικασία οι οποίες δεν μπορούν εύκολα να δημιουργηθούν στο εργαστήριο.

Σε αυτές τις περιπτώσεις βέβαια ποτέ δεν μπορείς να είσαι βέβαιος για το τι θα συμβεί αύριο, ή τι έχει ήδη συμβεί χωρίς να το γνωρίζεις. Τα τελευταία χρόνια στην παραγωγή συνθετικών πετρών χρησιμοποιείται η λεγόμενη υδροθερμική κατεργασία, η οποία είναι

ακριβότερη και αργή, αλλά παράγει συνθετικές πέτρες που δύσκολα ξεχωρίζουν από τις φυσικές.

Όσον αφορά τον καταναλωτή, ο μόνος τρόπος να προστατευτεί είναι να υπάρχει μία «αλυσίδα εμπιστοσύνης» ανάμεσα στον χονδρέμπορο πολύτιμων πετρών, στο εργαστήριο κατασκευής κοσμημάτων, στο κατάστημα πώλησης, και στον πελάτη λιανικής, ώστε με την διαδοχική εμπιστοσύνη, να μην υπάρχει απάτη. Η διαφορά στην εμπορική αξία ανάμεσα στους φυσικούς και τους συνθετικούς λίθους είναι πολύ μεγάλη, οπότε οι απατεώνες έχουν πολύ ισχυρό κίνητρο. Για παράδειγμα ο συνθετικός σπινέλιος αξίζει μόλις το 3% της αξίας του αντίστοιχου φυσικού. Το θέμα της προστασίας του καταναλωτή σε κάποιες χώρες αντιμετωπίζεται πιο θεσμικά. Στις Η.Π.Α. υπάρχει γι' αυτό τον σκοπό ο οργανισμός AGTA (American Gem Trade Association) και άλλες οργανώσεις προστασίας και ενημέρωσης του κοινού.

Η FTC (Federal Trade Commission) στις Η.Π.Α. δεν επιτρέπει την χρήση του όρου πολύτιμος λίθος (Gem ή gemstone) για τις συνθετικές πέτρες. Ο όρος «πολύτιμος λίθος» πρέπει να χρησιμοποιείται αποκλειστικά για πέτρες που δημιούργησε η μητέρα φύση. . Να επισημάνουμε εδώ μία συνηθισμένη παρανόηση. Είναι η σύγχυση που δημιουργείται ανάμεσα στους όρους «συνθετική πέτρα» και «απομίμηση» (imitation – stimulant). Στην περίπτωση της απομίμησης, έχουμε ένα υλικό που μοιάζει οπτικά με το αληθινό, αλλά έχει διαφορετική χημική σύσταση, γι' αυτό και ανιχνεύεται πολύ ευκολότερα. Π.χ. για το διαμάντι απομίμηση είναι το ζirkόν, ο μοϊσσανίτης και το στρας. [71]



Εικόνα 40: Το sacro catino, θεωρείτο επί αιώνες από πολλούς, ότι είναι το περιζήτητο Άγιο Δισκοπότηρο. Ο θρύλος έλεγε ότι το σμαράγδινο αυτό πιάτο, το είχε χαρίσει η βασίλισσα του Σαβά στον Σολομώντα, και πως σε αυτό έφαγε ο Χριστός, το αρνί του Πάσχα. Το αντικείμενο αυτό που βρισκόταν και βρίσκεται στο σκευοφυλάκιο του καθεδρικού ναού της Γενεύης, διαπιστώθηκε πως δεν είναι σμαράγδι, αλλά είναι απλώς βαμμένο πράσινο γυαλί.

4.7.2 Συνθετικά Διαμάντια – Απομιμήσεις – Ανάδειξη Ποιότητας

Τα συνθετικά είναι διαμάντια όμοια με τα φυσικά ως προς την σύστασή τους, που όμως δεν παράγονται στη φύση αλλά στο εργαστήριο. Είναι πολύ δύσκολο ακόμα και στους ειδικούς να τα διακρίνουν από τα φυσικά. Οι ποσότητες των συνθετικών διαμαντιών που παράγονται για την κοσμηματοποιία, είναι πολύ μικρές. Κυρίως συνθετικά είναι τα διαμάντια άνω του 1,5 καρατίου γιατί τα φυσικά σπανίζουν σε αυτά τα μεγέθη. Οι απομιμήσεις (υποκατάστατα), είναι άλλα υλικά (που δεν είναι διαμάντια ως προς την σύστασή τους) που η εμφάνισή τους μοιάζει με το διαμάντι, και χρησιμοποιούνται λόγω χαμηλότερου κόστους για να υποκαθιστούν τα διαμάντια.

Τα πιο διαδεδομένα υποκατάστατα στην αγορά είναι το συνθετικό ζιρκόν, και τελευταία ο συνθετικός μοϊσσανίτης. Ακόμη χρησιμοποιούνται σαν υποκατάστατα το διάφανο ζαφείρι, το διάφανο τοπάζι, ο γκοσενίτης (βήρυλλος), ο γροσουάριος (γρανάτης), η ορεία κρύσταλλος και το στρας. Εννοείται ότι οι πωλητές κοσμημάτων πρέπει να πληροφορούν τους πελάτες τους, ποια ακριβώς πέτρα έχει χρησιμοποιηθεί στο κόσμημα που πουλάνε. Για την ανάδειξη (βελτίωση) της εμφάνισης των διαμαντιών χρησιμοποιούνται πολλές τεχνικές: ακτινοβολήση με laser για την εξάλειψη ατελειών και αλλαγή του χρώματος, εφαρμογή σφραγιστικών υλικών για να κλείνουν οι ρωγμές, θερμική επεξεργασία για βελτίωση χρώματος κ.α. Πάντως οι εκτιμητές μπορούν να εντοπίσουν αν έχουν γίνει επεμβάσεις σε μία πέτρα ή όχι. [72]

4.7.3 Ανάδειξη Πέτρας (Enhance)

Ονομάζεται έτσι, το σύνολο των τεχνικών που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση των ιδιοτήτων μιας πέτρας, όπως το χρώμα, την καθαρότητα, την λάμψη, την συνεκτικότητα κ.λπ. Για να πετύχουμε αυτές τις βελτιώσεις, χρησιμοποιούμε διάφορες τεχνικές. Για παράδειγμα, με παρατεταμένη θέρμανση σε κάποιες περιπτώσεις έχουμε διαύγαση και χρωματική ενίσχυση της πέτρας. Σε άλλες περιπτώσεις, εφαρμόζουμε εφαρμογή ρητινών και θέρμανση για προστασία από ξεφλουδίσματα. Χρωματική ενίσχυση σε κάποιες πέτρες πετυχαίνουμε με εμβάπτιση σε χρώμα και ρητίνη.

Οι επεμβάσεις που γίνονται στις πέτρες, σε πολλές περιπτώσεις δίνουν τελικά μία τελείως διαφορετική όψη στην πέτρα. Για παράδειγμα, είναι συνηθισμένο φαινόμενο ή βαφή άχρωμων πετρών. Π.χ. ο άχρωμος χαλαζίας βάφεται σε κίτρινο χρώμα και διατίθεται σαν σιτρίν. Βάφεται όμως και σε άλλα χρώματα, πράσινο, ροζ, κ.λπ.. Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να ενημερώνεται ο πελάτης, ότι πρόκειται για χαλαζία τεχνητά χρωματισμένο. Αντί γι' αυτό, πολλοί επιλέγουν να τα προωθούν με παραπλανητικές ονομασίες όπως πράσινος αμέθυστος (Green amethyst), ή ροζ αμέθυστος, για να δημιουργήσουν σύγχυση στον καταναλωτή. Επειδή η γνώση γύρω από τους πολύτιμους λίθους είναι προνόμιο λίγων, παρατηρείται συχνά το φαινόμενο της ελλιπούς πληροφόρησης των καταναλωτών.

Στις Η.Π.Α. όπου η προστασία του καταναλωτή αντιμετωπίζεται με μεγαλύτερη σοβαρότητα, έχει συσταθεί η Ένωση των Εμπόρων Πολυτίμων Λίθων AGTA. Τα μέλη της AGTA επιλέγονται με πολύ αυστηρά κριτήρια ως προς την τήρηση των κανόνων για την λεπτομερή πληροφόρηση των πελατών τους. Και βέβαια τα μέλη της AGTA απολαμβάνουν το κύρος ενός πολύ αξιόπιστου εμπόρου, και αντίστοιχα της εμπιστοσύνης των καταναλωτών. Για την πληρέστερη ενημέρωση των καταναλωτών, η AGTA προέβη στον καθορισμό των προτύπων, για να πληροφορείται ο καταναλωτής επακριβώς για το είδος της επεξεργασίας που έχει υποστεί μία πέτρα. Λόγω του κύρους που απολαμβάνει η ένωση αυτή διεθνώς, τα πρότυπα αυτά έχουν υιοθετηθεί από όλους όσους ασχολούνται με τους πολύτιμους λίθους.

Εξετάζοντας το θέμα της ανάδειξης ξεχωριστά για κάθε πολύτιμη πέτρα, υπάρχουν κάποιες κατεργασίες που θεωρούνται αποδεκτές, και κάποιες άλλες που η βιομηχανία του κοσμήματος θεωρεί ότι αλλοιώνουν δραστικά την ποιότητα της συγκεκριμένης πέτρας και συνεπώς θεωρούνται μη αποδεκτές

Τα τελευταία χρόνια μία μικρή αλλά αυξανόμενη μερίδα ενημερωμένων καταναλωτών κοσμημάτων και συλλεκτών, δείχνει μεγαλύτερη προτίμηση στις πέτρες με την ένδειξη N (Natural), ακόμη και αν το χρώμα ή άλλα χαρακτηριστικά τους υστερούν από επεξεργασμένες πέτρες αντίστοιχης αξίας. [72]



Εικόνα 41: Ένα κομμάτι αχάτη, κόβεται συχνά σε φέτες πάχους 3mm. Στη συνέχεια εμβαπτίζονται τις φέτες σε ειδική χρωστική (οξειδία) για πολλές ώρες. Το χρώμα εισχωρεί σιγά –σιγά στο υλικό, αλλά τα διάφορα στρώματα βάφονται ανομοιόμορφα. Το αποτέλεσμα είναι τα νερά που ήδη υπήρχαν να τονίζονται και να αναδεικνύονται με την βαφή. Η βαφή στις φέτες του αχάτη είναι πολύ σταθερή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ – ΤΟ «ΣΥΓΧΡΟΝΟ» ΚΟΣΜΗΜΑ

5.1 Εισαγωγή - Πολυμερή και πλαστικά

Η μεγαλύτερη ομάδα συνθετικών προϊόντων που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή, είναι τα πολυμερή όπως π.χ. τα πλαστικά και το ελαστικό (ή καουτσούκ).

Με τον όρο πολυμερές χαρακτηρίζουμε ένα πολύ μεγάλο μόριο (μακρομόριο) που σχηματίζεται από επαναλαμβανόμενες συνενώσεις πολλών μικρών μορίων, που καλούνται μονομερή. Τα μονομερή μπορεί να είναι ίδια, οπότε προκύπτουν πολυμερή του τύπου -A-A-A-A-A-, ή διαφορετικά, οπότε προκύπτουν πολυμερή της μορφής -A-B-A-B-A-. Η χημική αυτή αντίδραση καλείται πολυμερισμός.

Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των πολυμερών οφείλονται στην χημική και φυσική δομή του επαναλαμβανόμενου τμήματος των αλυσίδων. Η λέξη πλαστικά συνήθως αναφέρεται σε υλικά τα οποία χαρακτηρίζονται από μικρή αντοχή και ακαμψία, παρουσιάζουν θερμοκρασιακά όρια επεξεργασίας και υπό την επίδραση εξασκούμενης δύναμης, παραμορφώνονται συνεχώς. Τα ανωτέρω χαρακτηριστικά αποτελούν σαφώς μειονεκτήματα σε σύγκριση με πιο παραδοσιακά υλικά όπως για παράδειγμα τα μέταλλα, το ξύλο ή τα κεραμικά .

Αξίζει να σημειωθεί ότι το 1981 η κατ' όγκο κατανάλωση πλαστικών υπερέβη κατά πολύ την κατανάλωση χάλυβα και η διαφορά αυτή συνεχώς αυξάνει. Η αυξημένη αυτή κατανάλωση δικαιολογείται από ορισμένα πλεονεκτήματα που εμφανίζουν τα πολυμερή σε σχέση με άλλα υλικά.

Ιστορία

Η ανθρωπότητα έχει χρησιμοποιήσει τα πολυμερή από την αρχή της έγγραφης ιστορίας της (π.χ. το δέρμα, το ξύλο , το μαλλί, το βαμβάκι, κλπ., είναι όλες πολυμερικές ουσίες. Σημαντικές εργασίες με το καουτσούκ, το οποίο είναι ένα φυσικό πολυμερές προϊόν που προέρχεται ακατέργαστο από διάφορα τροπικά τα καουτσουκόδενδρα, φέρεται πως έγιναν από τις αρχές του 19ου αιώνα .

Το καουτσούκ είναι ακόρεστος υδρογονάνθρακας με μοριακό βάρος πάνω από 100.000 φυτά. Το ακατέργαστο καουτσούκ είναι στερεό και περιέχει υδρογονάνθρακα σε ποσοστό 75%.). Το πρώτο καουτσούκ που κατασκευάστηκε συνθετικά, μαλάκωνε με θέρμανση και σκλήραινε με ψύξη. Το 1839 ο Αμερικανός εφευρέτης Charles Goodyear επινόησε τη διεργασία του βουλκανισμού (επιθείωση , δηλ. θερμική επεξεργασία, επονομαζόμενη curing, μίγματος καουτσούκ και θείου), η οποία οδήγησε σε προϊόντα σημαντικής αντοχής. Το 1869 ο John Wesley Hyatt βρήκε το πρώτο συνθετικό πολυμερικό υλικό, το οποίο θεωρείται και το πρώτο θερμοπλαστικό.

Το 1909 εμφανίστηκε ο "βακελίτης" που επονομάστηκε έτσι από τον εφευρέτη του , Leo Bakeland. Είναι τεχνητή ρητίνη και παίρνεται από τη συμπύκνωση μιας φαινόλης με φορμαλδεΐδη. Όταν θερμαίνουμε μία φαινόλη ή μία κρεζόλη με φορμαλδεΐδη και με τη βοήθεια καταλύτη , παίρνουμε ένα υγρό παχύρρευστο. Αυτό ονομάζεται βακελίτης Α και είναι διαλυτός στην αλκοόλη, στην ακετόνη και στα αλκάλια. Όταν θερμάνουμε το υγρό αυτό στους 100°C παίρνουμε το βακελίτη Β. Αυτός είναι σκληρός, όταν είναι ψυχρός και εύπλαστος, όταν είναι θερμός, δε διαλύεται στα διάφορα διαλυτικά μέσα, αλλά μόνο διογκώνεται. Με παρατεταμένη θέρμανση παίρνουμε το βακελίτη Γ. Αυτός είναι ανθεκτικός στις υψηλές θερμοκρασίες. Πολλά αντικείμενα καλύπτονται επιφανειακά με το υγρό βακελίτη Α (επάλειψη με πινέλο) . Κατόπιν με κατάλληλη κατεργασία η επένδυση αυτή παίρνει τη σκληρότητα και την αντοχή που πρέπει. Ο βακελίτης χρησιμοποιείται ως μονωτικό στις θερμικές και ηλεκτρικές μονώσεις, για την παρασκευή βερνικιών, για την κατασκευή οικιακών ειδών αλλά και στην κατασκευή κοσμημάτων. [73]

5.1.2. Ταξινόμηση Πολυμερών

Εξετάζοντας ένα πολυμερές ανάλογα με την αρχιτεκτονική της αλυσίδας του , στην απλούστερη περίπτωση αποτελείται από μια απλή επαναλαμβανόμενη μονάδα, που ονομάζεται μονομερές. Τον πιο σπουδαίο τύπο γραμμικών πολυμερών αποτελούν τα βινυλικά πολυμερή.

Γενικά, πολυμερή ανάλογα με την οργάνωση της δομής της κύριας αλυσίδας διακρίνονται σε ομοπολυμερή, με την ίδια επαναλαμβανόμενη μονάδα (mer) (homopolymers) και σε

συμπολυμερή (copolymers) αν περιέχουν πάνω από μια επαναλαμβανόμενη μονάδα (mer). Οι πολυμερικές αλυσίδες διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες, τις γραμμικές, τις διακλαδωμένες (οι διακλαδώσεις μπορεί να είναι είτε βραχείς ή μακρές, και μπορεί να έχουν και οι ίδιες άλλες διακλαδώσεις) και τις δικτυωτές (έτσι ώστε να σχηματίζουν τρισδιάστατο δίκτυο δομής, π.χ. όπως το βουλκανισμένο καουτσούκ) και αυτές σε μορφή πλέγματος.

Τύποι Πολυμερών

Τα πολυμερή ανάλογα με τις μηχανοθερμικές τους ιδιότητες, διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες. Από αυτές οι πλέον σημαντικές αναφέρονται στα:

- **Θερμοπλαστικά:** Είναι τα πολυμερή τα οποία μπορούν να τήκονται με θέρμανση, να στερεοποιούνται με ψύξη, και να επανατήκονται επαναληπτικά (PS, PE, PVC, κα.)
- **Θερμοσκληρυνόμενα:** Αποτελούνται από μη γραμμικά και σχετικά μικρά μακρομόρια. Με θέρμανση ή υπό πίεση αρχικά μαλακώνουν και μορφοποιούνται, αλλά με περαιτέρω κατεργασία αποκτούν πυκνή δικτυωτή δομή και μετατρέπονται σε σκληρά στερεά κατά τρόπο μη αντιστρεπτό. Τα θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά είναι άμορφα σκληρά στερεά, άτηκτα και δεν επιδέχονται περαιτέρω κατεργασία, παράγονται δε με πολυμερισμό συμπύκνωσης. (π.χ. φαινολικά πολυμερή, εποξειδία και οι περισσότερες πολυουραιθάνες, κα.).
- **Ελαστομερή:** Τα υλικά αυτά αποτελούνται από διασταυρούμενες δομές δικτύου με μεγάλη δυνατότητα παραμόρφωσης και βασικά πλήρη επανάκαμψη, λόγω του μεγάλου βαθμού ευελιξίας των αλυσίδων (π.χ. το φυσικό και συνθετικό καουτσούκ, σιλικόνες κ.α)

Τα θερμοπλαστικά και τα θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή γενικά αναφέρονται ως πλαστικά. Καθαρά πολυμερή σπάνια χρησιμοποιούνται από μόνα τους. Τις περισσότερες φορές αναμιγνύονται, δηλαδή συνδυάζονται με άλλα υλικά, συνήθως με μηχανική ανάμειξη ή με ανάμειξη σε κατάσταση διαλύματος, για να δώσουν ουσίες (compounds) έτοιμες για χρήση από τον επεξεργαστή σε διάφορες φόρμες, όπως σβώλοι, κόκκοι, πούδρες, σκόνες , ή ακόμα και σε υγρή μορφή. [73]

5.2 Ψευδοκοσμήματα (Faux Bijoux)

Συχνά στην καθομιλουμένη χρησιμοποιούμε τον γαλλικό όρο «φω μπιζού». Για την κατασκευή τους δεν χρησιμοποιούνται πολύτιμα μέταλλα, ή πολύτιμες πέτρες, αλλά υλικά που θεωρούνται ευτελή. Συνήθως τα μέταλλα είναι μπρούτζος, ζάμακ ή αλπακάς, και για πέτρες χρησιμοποιούνται χρωματιστά γυαλιά, στρας, ή ακρυλικά. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα μέταλλα επιχρυσώνονται ή επαργυρώνονται.

Στα «φω μπιζού» ο καλλιτέχνης έχει πολύ μεγαλύτερη ευχέρεια να πειραματιστεί και να χρησιμοποιήσει υλικά, χωρίς το μεγάλο εμπόδιο του ακριβού κοστολογίου των πολύτιμων υλικών. Κατά την διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών δημιουργήθηκαν ενδιαφέρουσες σειρές φω μπιζού, από αξιόλογους σχεδιαστές και με την υπογραφή των επώνυμων οίκων μόδας. Τα φω μπιζού αυτά, είναι σήμερα αντικείμενο διαπραγμάτευσης, μεταξύ συλλεκτών.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι σήμερα οι συνδυασμοί των υλικών δεν είναι προκαθορισμένοι και απόλυτοι όπως παλιά. Υπάρχουν καλλιτέχνες που πειραματίζονται με καινοφανείς και ευφάνταστους συνδυασμούς, όπως ακρυλικό με διαμάντια, ή ασάλι με πολύτιμες πέτρες, και συχνά το αποτέλεσμα έχει μεγάλο αισθητικό ενδιαφέρον. Στην αγγλική γλώσσα υπάρχουν και οι εκφράσεις imitation jewelry (απομίμηση), και junk jewelry (σκουπιδοκοσμήματα) για αντίστοιχες κατηγορίες κοσμημάτων. [20]



Εικόνα 42: Ένα πολύ εντυπωσιακό παραδείσιο πουλί. Σχεδιασμένο από τον Alfred Phillips το 1941, για λογαριασμό του αξιόλογου Αμερικανικού οίκου ψευδοκοσμημάτων Trifari. Το σώμα είναι χυτό μπρούτζινο, έχουν χρησιμοποιηθεί strass και σμάλτο

5.2.2 Κοσμήματα από Πολυμεριζόμενο Πηλό

Ο πολυμεριζόμενος πηλός (polymer clay) είναι ένα υλικό που χρησιμοποιούν καλλιτέχνες, χομπίστες και παιδιά για χειροτεχνικές, διακοσμητικές κατασκευές.

Στην πραγματικότητα δεν είναι καν πηλός αλλά ένα συνθετικό υλικό, ένα είδος PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο). Η ονομασία πηλός προφανώς προήλθε γιατί πλάθεται και κατεργάζεται σαν πηλός ή σαν πλαστελίνη. Στην μάζα του το υλικό αυτό επιδέχεται σαν πρόσμιξη καολίνη, μίκα, αλλά και ρινίσματα μετάλλων, χρώμα κ.λπ. Χρησιμοποιείται πολύ στην κατασκευή χαντρών και κοσμημάτων κυρίως από αυτούς που κατασκευάζουν κοσμήματα σαν χόμπι, γιατί δεν απαιτεί ειδικό εξοπλισμό.

Όπως όλα τα υλικά όμως, αν κάποιος ασχοληθεί σοβαρά με τον πολυμεριζόμενο πηλό και αφιερώσει χρόνο και προσπάθεια μπορεί να πετύχει εξαιρετικά αποτελέσματα. Να σημειώσουμε ακόμη πως ένα είδος πρώιμου πολυμεριζόμενου πηλού που είχε χρησιμοποιηθεί κατά κόρον στην εποχή του είναι ο βακελίτης. Ένα άλλο υλικό που χρησιμοποιείται από χομπίστες για την κατασκευή κοσμημάτων είναι ο μεταλλικός πηλός (PMC). [75]

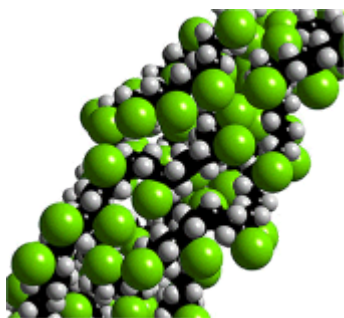


Εικόνα 43: Δαχτυλίδια από πολυμεριζόμενο πηλό.

5.2.3 PVC - Πολυβινυλοχλωρίδιο

Γενικά για το πολυβινυλοχλωρίδιο

Το πολυβινυλοχλωρίδιο (polyvinyl chloride, PVC) είναι ένα θερμοπλαστικό πολυμερές, δηλ. μπορεί να μορφοποιηθεί ως τήγμα σε καλούπια. Μπορεί να δώσει προϊόντα με μεγάλη ποικιλία μηχανικών ιδιοτήτων (από εύκαμπτα έως και σκληρά), διαθέτει χημική αντοχή και αναφλέγεται δύσκολα.



Εικόνα 44: PVC

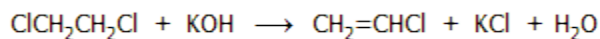
Το PVC συχνά αναφέρεται και ως βινύλιο (π.χ. δίσκοι βινυλίου πικάπ), υπενθυμίζεται όμως ότι ως βινύλιο στην οργανική χημεία αναφέρεται η οργανική ομάδα $-CH=CH_2$.

Το PVC είναι το πλέον χρησιμοποιούμενο πολυμερές μετά το πολυαιθυλένιο και πολυπροπυλένιο. Οι μεγαλύτερες ποσότητες PVC χρησιμοποιούνται στην οικοδομή (υδραυλικές εγκαταστάσεις, δάπεδα, παράθυρα, πόρτες κ.λπ.). Η παγκόσμια παραγωγή του εκτιμάται σήμερα στα περίπου 35 εκατομμύρια τόνους και πιστεύεται ότι το 2016 θα ξεπεράσει τα 40 εκατομμύρια τόνους.

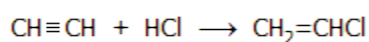
5.2.4 Ιστορικό της σύνθεσης του PVC

Το πολυβινυλοχλωρίδιο ανακαλύφθηκε τουλάχιστον δύο φορές τον 19 αιώνα. Την πρώτη φορά το 1835 από τον Henri Victor Regnault και τη δεύτερη το 1872 από τον Eugen Baumann. Και στις δύο περιπτώσεις, το πολυμερές εμφανίσθηκε σαν ένα λευκό στερεό μέσα σε υάλινες φιάλες που περιείχαν αέριο βινυλοχλωρίδιο ($CH_2=CHCl$) και είχαν εκτεθεί στην επίδραση του ηλιακού φωτός. Η έκθεση αυτή δημιούργησε "ελεύθερες ρίζες" που ξεκίνησαν την αλυσωτή αντίδραση πολυμερισμού του βινυλοχλωριδίου.

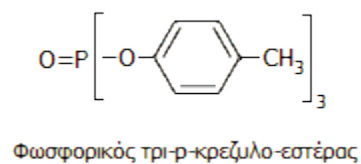
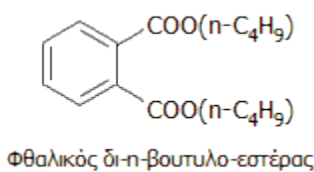
Το (μονομερές) βινυλοχλωρίδιο (vinyl chloride monomer, VCM) είναι ένα τοξικό αέριο με σ.ζ. -13 °C με κάπως δυσάρεστη γλυκερή οσμή. Παρασκευάστηκε για πρώτη φορά το 1835 από τον Justus von Liebig με επίδραση αλκοολικού διαλύματος KOH σε 1,2-διχλωροαιθάνιο, σύμφωνα με την αντίδραση:



Το 1912, στη Γερμανική χημική εταιρεία Chemische Fabrik Griesheim-Electron (CFGE), ο χημικός Fritz Klante ανέπτυξε εμπορική μέθοδο σύνθεσης του βινυλοχλωριδίου που βασιζόταν στην αντίδραση προσθήκης ακετυλενίου και υδροχλωρίου:



Το 1915, ο Klante διεπίστωσε ότι ο πολυμερισμός του βινυλοχλωριδίου μπορούσε να ξεκινήσει με τη βοήθεια οργανικών υπεροξειδίων. Σε



συνεργασία με τον χημικό Ivan Ostromislevsky προσπάθησε να χρησιμοποιήσει το PVC σε εμπορικά προϊόντα, ωστόσο συνάντησε προβλήματα λόγω της ακαμψίας και της ευθραυστότητας του πολυμερούς, το οποίο χρησιμοποιούσε στην καθαρή του μορφή.



Εικόνα 45

Το 1926, ο Waldo Semon, χημικός της αμερικανικής εταιρείας B.F. Goodrich, αντιμετώπισε το πρόβλημα των μηχανικών ιδιοτήτων του PVC χρησιμοποιώντας για πρώτη φορά πλαστικοποιητές (plasticizers). Το πολυμερές αναμιγνύεται με πρόσθετα (ελαιώδη υλικά υψηλού σημείου ζέσεως) που του προσδίδουν ευκαμψία έως και πλήρη πλαστικότητα, όπως επίσης και την ικανότητα μορφοποίησης σε καλούπια. Οι

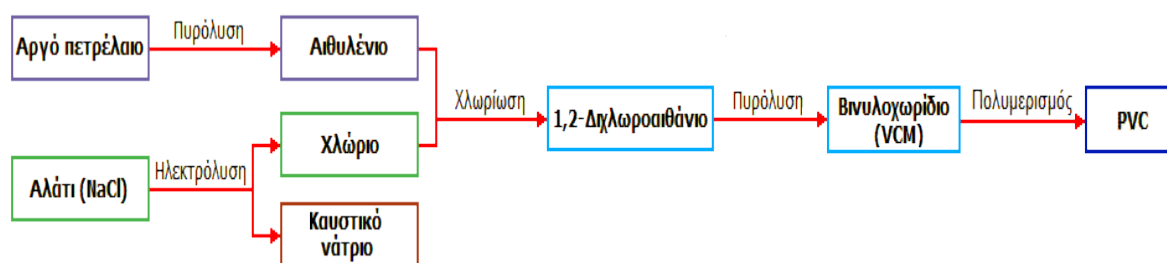
πλαστικοποιητές που χρησιμοποίησε ο Semon ήταν ο φθαλικός διβουτυλεστέρας και ο φωσφορικός τρι-ρ-κρεζυλεστέρας.

Ωστόσο, ακόμη και το τροποποιημένο PVC ουσιαστικά δεν χρησιμοποιήθηκε ουσιαστικά καθόλου μέχρι το 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο. Τότε μόνο άρχισε να γίνεται περιζήτητο μαζί με αρκετά άλλα συνθετικά πολυμερή υλικά. Με τη στροφή προς τα νέα αυτά υλικά καλύφθηκε η έλλειψη του φυσικού καουτσούκ, η οποία οφειλόταν στην κατοχή των παραγωγών χωρών (χώρες της Ινδοκίνας) από τους Ιάπωνες.

Η πρώτη εφαρμογή του PVC ήταν ως μονωτικό υλικό καλωδίων στα πολεμικά πλοία. Καλώδια με μόνωση από PVC αντικατέστησαν τα παλιά καλώδια, τα οποία ως μόνωση είχαν καουτσούκ επενδυμένα με υφασμάτινο περίβλημα. Τα παλιά καλώδια αναφλέγονταν εύκολα σε περίπτωση υπερθέρμανσης, ενώ το καουτσούκ με τον καιρό γινόταν εύθρυπτο, γεγονός που καθιστούσε απαραίτητη την αντικατάσταση των καλωδίων κάθε λίγα χρόνια. [79]

Σύγχρονη σύνθεση του PVC

Σήμερα το PVC είναι ένα από τα βασικότερα πετροχημικά προϊόντα και παράγεται με πρώτες ύλες το αιθυλένιο και το χλώριο. Το αιθυλένιο είναι προϊόν πυρόλυσης του αργού πετρελαίου και το χλώριο προϊόν ηλεκτρόλυσης του χλωριούχου νατρίου. Εκτιμάται ότι περίπου το 38% του παγκοσμίως παραγόμενου χλωρίου χρησιμοποιείται στην παραγωγή 1,2-διχλωροαιθανίου και βινυλοχλωριδίου, τα οποία σχεδόν στο σύνολό τους κατευθύνονται στη βιομηχανία του PVC. Το γενικό σχήμα σύνθεσης του PVC συνοψίζεται παρακάτω:



Σχήμα 6: σύνθεση PVC

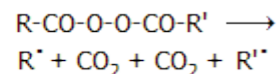
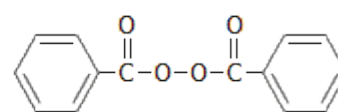
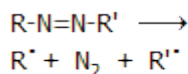
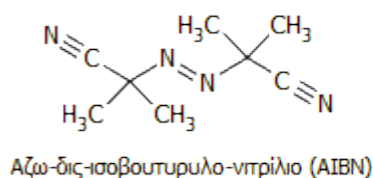
Πολυμερισμός του VCM προς PVC

Ο πολυμερισμός του VCM προς PVC πραγματοποιείται μέσω του μηχανισμού ελευθέρων ριζών, που είναι γνωστός και ως ριζικός πολυμερισμός (free-radical polymerization).

Περίπου το 80% του PVC παράγεται με την τεχνική του πολυμερισμού αιωρήματος (suspension polymerization) και το υπόλοιπο με την τεχνική του πολυμερισμού γαλακτώματος (emulsion polymerization). Ο πολυμερισμός γίνεται κατά παρτίδες σε μεγάλους χημικούς αντιδραστήρες.

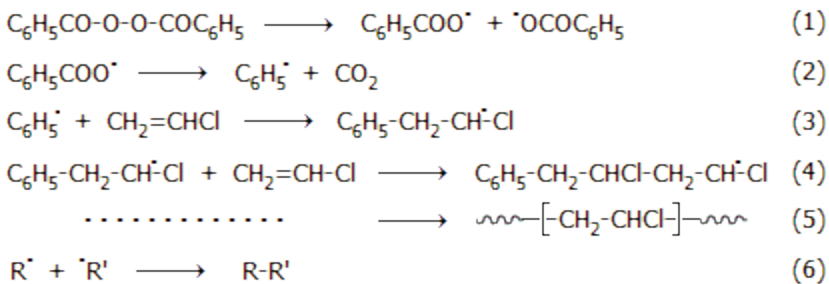
Εικόνα 46: Τα δύο

αντιπροσωπευτικότερα παραδείγματα
εκκινητών (αζω-εκκινητές και οργανικά)
και γενικές αντιδράσεις διάσπασής τους
προς σχηματισμό ελευθέρων ριζών



Ο πολυμερισμός αιωρήματος πραγματοποιείται με εισαγωγή του μονομερούς (εδώ του VCM) και ύδατος στον αντιδραστήρα υπό έντονη ανάδευση. Στη συνέχεια προστίθεται ο εκκινητής ή απαρχητής (initiator) πολυμερισμού, ο οποίος θα ξεκινήσει την αντίδραση πολυμερισμού. Κατά τον πολυμερισμό γαλακτώματος προστίθεται στο μίγμα και ένας γαλακτωματοποιητής (μια επιφανειοδραστική ουσία, όπως το δωδεκυλοσουλφονικό νάτριο).

Τυπικοί εκκινητές πολυμερισμού μέσω μηχανισμού ελευθέρων ριζών είναι διάφορα οργανικά υπεροξειδία (οξέων, κετονών) και οι ονομαζόμενοι αζω-εκκινητές (azo-initiators), τυπικός εκπρόσωπος των οποίων είναι το αζω-δισ-ισοβουτυρυλο-νιτρίλιο (AIBN)



Εικόνα 47: Η τυπική αλληλουχία αντιδράσεων στην οποία συνοψίζεται ο μηχανισμός πολυμερισμού του VCM μέσω ελευθέρων ριζών ("ριζικός πολυμερισμός") με εκκινήτη το διβενζοϋλουπεροξειδο, δείχνεται αριστερά.

Η όλη διαδικασία ξεκινά με σχηματισμό ριζών φαινυλίου (αντιδράσεις 1-2), τα οποία είναι ασταθή χημικά σωματίδια ($C_6H_5^{\cdot}$) που περιέχουν μονήρες (ασύζευκτο) ηλεκτρόνιο.

Το ασύζευκτο ηλεκτρόνιο της ελεύθερης ρίζας συζεύγνυται με ηλεκτρόνιο του διπλού δεσμού του VCM και σχηματίζει έτσι σταθερό ζεύγος ηλεκτρονίου δημιουργώντας ένα σταθερό ομοιοπολικό δεσμό C-C (αντίδραση 3: "έναρξη").

Το ηλεκτρόνιο που δεν συμμετέχει πλέον στον διπλό δεσμό μετατοπίζεται στο επόμενο άτομο άνθρακα και το όλο συγκρότημα αποτελεί πλέον μια νέα ελεύθερη ρίζα. Η νέα ρίζα αντιδρά με ένα άλλο μόριο VCM (αντίδραση 4) και η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται (αντιδράσεις 4, 5: "διάδοση").

Οι ελεύθερες ρίζες έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής. Αναπόφευκτα θα εξουδετερωθούν, συνήθως με αντίδραση μιας ρίζας με μια άλλη. Όταν με τον τρόπο αυτό οι ελεύθερες ρίζες "αλληλοεξουδετερωθούν", ο ριζικός πολυμερισμός τερματίζεται (αντίδραση 6: "τερματισμός"). [79]

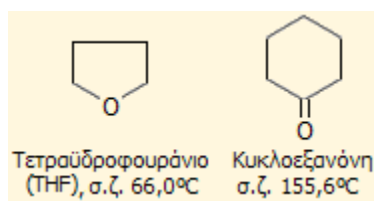
5.2.5 Χαρακτηριστικές ιδιότητες του PVC και των προϊόντων του

Το PVC είναι πρακτικά αδιάλυτο στο νερό και εμφανίζει εξαιρετική αντοχή στα αραιά και πυκνά διαλύματα οξέων και βάσεων, στις αλκοόλες, τους αλειφατικούς υδρογονάνθρακες και στα ορυκτέλαια. Προσβάλλεται σε μικρό βαθμό από φυτικά έλαια και οξειδωτικά μέσα. Η αντοχή του είναι περιορισμένη ως προς τις αλδεΐδες, ενώ παρουσιάζει περιορισμένη αντοχή του έναντι των εστέρων, των αρωματικών και των αλογονωμένων

υδρογονανθράκων και των κετονών. Η επαφή του με πυκνά διαλύματα οξειδωτικών οξέων πρέπει να αποφεύγεται, ενώ αναφλέγεται σε ατμόσφαιρα φθορίου.

Καταλληλότερος διαλύτης για το PVC είναι το τετραϋδροφουράνιο και η κυκλοεξανόνη, όπως (σε μικρότερο κάπως βαθμό) η μεθυλοαιθυλοκετόνη. Διαλύματα PVC σε μίγματα αυτών των διαλυτών διατίθενται στο εμπόριο ως τσιμέντα ή κόλλες PVC (PVC cements/glues). Αυτά τα εμπορικά σκευάσματα χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την αποτελεσματική σύνδεση και στεγανοποίηση των υδραυλικών σωληνώσεων από PVC.

Το PVC παρουσιάζει ικανοποιητική σταθερότητα ως προς την υπεριώδη ακτινοβολία, ενώ δεν ενδείκνυται η χρησιμοποίησή του σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από τους 70 °C, όπως και σε μικρότερες από τους -25°C. [79]



Εικόνα 48: Δύο τυπικοί διαλύτες του PVC

5.2.6 Εφαρμογές του PVC

Το PVC συνδυάζει χαρακτηριστικά τα οποία δεν συναντιούνται σε άλλα πολυμερή υλικά χαμηλού κόστους. Ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής και τροποποίησής του μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα εύκαμπτο υλικό (π.χ. για μεμβράνες, φουσκωτά παιχνίδια,

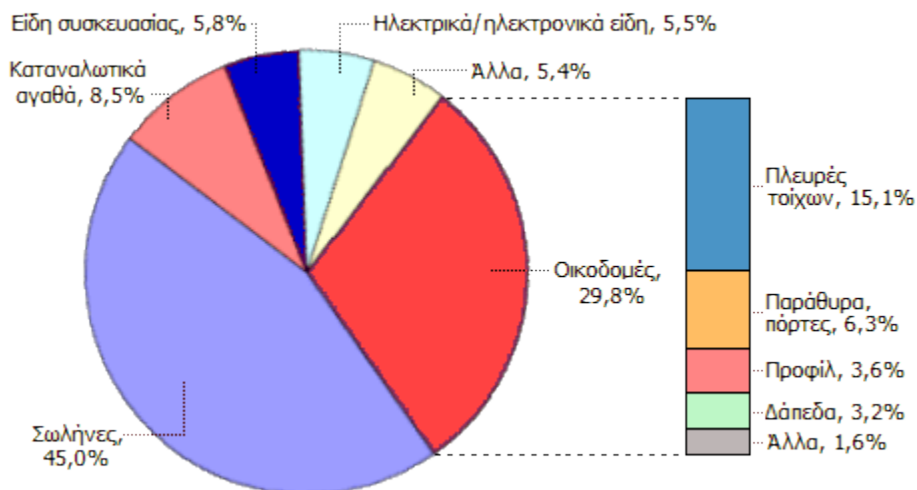
εύκαμπτοι σωλήνες), ως υλικό μέσης σκληρότητας (π.χ. για πλακάκια δαπέδου, σωληνώσεις, στεγανοποιητικά ελαστικά στα αυτοκίνητα) και ως σκληρό και σχεδόν άκαμπτο υλικό (π.χ. οικοδομικά υλικά, πλαίσια παραθύρων, προφίλ διαφόρων τύπων).

Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα του PVC, σε σχέση με τα άλλα πολυμερή υλικά ευρείας χρήσης, είναι η περιορισμένη ευφλεκτότητά του, η οποία οφείλεται στη μεγάλη περιεκτικότητά του σε χλώριο (56,8% για το καθαρό PVC), που σε αντίθεση με τον άνθρακα και το υδρογόνο δεν υπόκειται σε καύση. Επιπλέον, το HCl που παράγεται κατά τη θερμική διάσπαση του PVC δεσμεύει τις ρίζες υδρογόνου και υδροξυλίου, μειώνοντας αποτελεσματικά την ταχύτητα διάδοσης της φλόγας.

Το PVC, με παγκόσμια ετήσια παραγωγή που σύντομα θα ξεπεράσει τα 40 εκατομμύρια τόνων, βρίσκει πλήθος εφαρμογών και συναντάται σε προϊόντα καθημερινής χρήσης όπως:

- Είδη ένδυσης: Τα ενδύματα από PVC ή με φυτικές ίνες επικαλυμμένες με PVC είναι αδιάβροχα. Ακόμη τα ίδια υλικά χρησιμοποιούνται σε ποδιές, τζάκετ, αδιάβροχα και άνορακ, γαλότσες, τσάντες και σακίδια.
- Ηλεκτρικά καλώδια: Η εξαιρετικές μονωτικές ιδιότητες του PVC σε συνδυασμό με τη δύσκολη ανάφλεξή του, το καθιστούν εξαιρετικό υλικό για τη μόνωση ηλεκτρικών καλωδίων. Μειονέκτημά του αποτελούν οι τοξικοί ατμοί που εκλύει σε περιπτώσεις υπερθέρμανσης.
- Σωλήνες: Το PVC είναι εξαιρετικά ανθεκτικό σε βάσεις και οξέα και χρησιμοποιείται σε υδραυλικές σωληνώσεις και σωλήνες αποχέτευσης. Εύκαμπτοι σωλήνες PVC χρησιμοποιούνται σε ποτιστικά συστήματα, όπως και στα χημικά εργαστήρια.
- Ηλεκτρονικές συσκευές: Το PVC χρησιμοποιείται ως υλικό του περιβλήματος πολλών ηλεκτρονικών συσκευών και εξαρτημάτων.
- Ιατρική: Ιατρικά πλαστικά δοχεία, σωληνίσκοι, γάντια, σακούλες αίματος κατασκευάζονται από διαφανές PVC.

- Συγκοινωνίες - αυτοκίνητα: Σήματα τροχαίας, κώνοι ρύθμισης κυκλοφορίας, στεγανωτικά ελαστικά πλαίσια των παραθύρων και ηλεκτρικές καλωδιώσεις αυτοκινήτων. [79]



Σχήμα 7: Εφαρμογές PVC

Ανησυχίες ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η καύση σκουπιδιών που περιέχουν πλαστικά υλικά (ιδιαίτερα τα νοσοκομειακά απόβλητα) και η εκπομπή τοξικών και καρκινογόνων ουσιών είναι φυσικό να ανησυχούν τους κατοίκους περιοχών που βρίσκονται κοντά σε εγκαταστάσεις καύσης απορριμμάτων. Η τεχνολογία της καύσης έχει βελτιωθεί και οι έρευνες μέχρι τώρα δεν έδειξαν ανησυχητικά αποτελέσματα ή αύξηση ασθενειών ή αυξημένο κίνδυνο (π.χ. για τερατογενέσεις σε έμβρυα) και μακροχρόνιες επιπτώσεις.

Σύμφωνα με υπολογισμούς στην Ελλάδα κάθε χρόνο παράγονται 4,5 εκατομμύρια αστικά απορρίμματα (2006) από τα οποία το 50-55% στην ευρύτερη περιοχή Αθήνας-Πειραιά. Επιλεκτικές μετρήσεις σε ορισμένες πόλεις δείχνουν ότι το 18-20% των απορριμμάτων είναι πλαστικά υλικά, χωρίς στο ποσοστό αυτό να υπολογίζονται τα πλαστικά τμήματα και τα ελαστικά αυτοκινήτων, τα πλαστικά ηλεκτρικών συσκευών, των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των σχετικών συσκευών.

Στο Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών μελετήθηκε η ανοικτή καύση των κυριότερων πολυμερών που χρησιμοποιούνται σήμερα, όπως πολυστυρένιο, πολυπροπυλένιο, χαμηλής και υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο, πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC, polyvinyl chloride) και πολυαιθυλενοτερεφθαλικός εστέρας (PET). Η καύση σε υψηλές θερμοκρασίες (600-750°C) έδειξε ότι σχηματίζονται τοξικά αέρια και μαύρος καπνός που περιέχει πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ), βαρέα μέταλλα και άλλες τοξικές ουσίες. Στο υπόλειμμα της καύσης και στα σωματίδια του καπνού δημιουργήθηκαν τοξικές σταθερές ανθρακούχες ρίζες, οι οποίες είναι γνωστές για την καρκινογόνο δράση τους. Επομένως η ανεξέλεγκτη καύση των σκουπιδιών με πλαστικά αναμένεται πως θα επιδεινώσει την ατμοσφαιρική ρύπανση, γι' αυτό καλό θα ήταν να αποφεύγεται η άσκοπη χρήση τους. [79]

5.2.7 Καρκινογόνες ιδιότητες του μονομερούς

Το μονομερές του PVC, το βινυλοχλωρίδιο (VCM), για πολλά χρόνια δεν θεωρούνταν επικίνδυνο για την υγεία των εργαζομένων στις βιομηχανίες PVC. Εισπνεόμενο, όπως και πολλά άλλα χλωροπαράγωγα υδρογονανθράκων, μπορεί να προκαλέσει αναισθησία και μάλιστα κατά τη δεκαετία του 1950, πριν ακόμη διαπιστωθεί η καρκινογόνος δράση του, είχε δοκιμασθεί ως αναισθητικό αέριο. Μετά από μια εκτενή επιδημιολογική έρευνα σε εργαζόμενους της εταιρείας BF Goodrich στην πόλη Louisville της Πολιτείας του Kentucky, αποδείχθηκε ότι προκαλούσε ένα σπάνιο είδος καρκίνου, το αγγειοσάρκωμα (angiosarcoma) του ήπατος, στους εργαζόμενους του συγκροτήματος παραγωγής VCM. Από τότε πραγματοποιήθηκαν πολλές επαγγελματικές επιδημιολογικές έρευνες και επιβεβαιώθηκε ο αυξημένος κίνδυνος καρκίνου στους εργαζόμενους με το μονομερές. Τελικά το VCM αναγνωρίστηκε ως καρκινογόνο στον άνθρωπο και βρίσκεται στην ομάδα 1 της IARC(καρκινογόνο στους ανθρώπους). [79]

5.3 Ρητίνες (Resin)

Είναι οργανικές ενώσεις που αποτελούνται γενικά από άνθρακα, οξυγόνο και υδρογόνο. Οι φυσικές ρητίνες εκκρίνονται από δένδρα όπως η ρητίνη του πεύκου (ρετσίνι), η μαστίχα, το καουτσούκ κ.α. Οι συνθετικές ρητίνες είναι αντίστοιχες ενώσεις που δημιουργούνται στο εργαστήριο. Μία ομάδα συνθετικών ρητινών, είναι οι πολυεστέρες. Οι ενώσεις αυτές, έχουν σαν βάση απλούστερα συστατικά, τους μονοεστέρες. Όταν στην βάση αυτή προσθέσουμε έναν ειδικό καταλύτη, δημιουργείται ο πολυεστέρας, ένα σκληρό, και ανθεκτικό υλικό, το οποίο μπορεί να βαφτεί, και να χυτευτεί. Τα πολυεστερικά υλικά έχουν ευρύτατες εφαρμογές. Στην κατασκευή κοσμημάτων χρησιμοποιούνται σαν υποκατάστατα του σμάλτου, αλλά και στην τεχνική της ένθεσης (inlay). Οι πολυεστέρες επίσης έχουν την ιδιότητα να χυτεύονται σε καλούπια, οπότε παίρνουν το σχήμα που θέλουμε να τους δώσουμε. [75], [78]



Εικόνα 49: Το βραχιόλι αυτό είναι φτιαγμένο από διάφανο πολυεστέρα που χυτεύτηκε σε καλούπι με το ίδιο σχήμα. Ο καλλιτέχνης κατά την χύτεση της ρητίνης έχει ενθέσει στη μάζα του φιλμ με σχέδια του Βασίλι Καντίνσκι, πρωτοεργάτη της αφηρημένης ζωγραφικής.

Μηχανικές Πέρλες

Η Luis Vuitton είναι μία εταιρία που ιδρύθηκε το 1854 στο Παρίσι, για την παραγωγή και πώληση δερμάτινων ειδών και ειδών ταξιδιού. Μεταξύ των άλλων προϊόντων που παράγονται κάτω από το brand Luis Vuitton είναι κοσμήματα και ρολόγια. Η νέα σειρά κοσμημάτων που κυκλοφόρησε, έχει την ονομασία Mechanic Pearls collection. Στη σειρά αυτή οι πέρλες που είναι ένα κατ' εξοχήν θηλυκό υλικό, συνδέονται με μηχανουργικά εξαρτήματα αλυσίδας που παραπέμπει σε ανδρική αισθητική.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην Mechanic Pearls collection δεν είναι καλλιεργημένα μαργαριτάρια όπως θα περίμενε κανείς, αλλά γυάλινες πέρλες της Swarovski, και μαύρα στοιχεία από ρεζίν (ρητίνη). Στο κούμπωμα είναι φυσικά χαραγμένο και το λογότυπο της εταιρίας. Τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται είναι ασάλι για τα μέταλλα λευκού χρώματος και golden brass για τα μέταλλα κίτρινου χρώματος. Πρόκειται για μία «εμπορική παράκαμψη» του όρου gold plated brass (επίχρυσος ορείχαλκος).



Εικόνα 50: Μηχανικές Πέρλες της Louis Vuitton

5.3.2 Πολυεστερικές Ρητίνες - Πολυεστέρες

Συνηθίζεται να αναφερόμαστε στην ακόρεστη πολυεστερική ρητίνη ως πολυεστερική ρητίνη ή απλώς ως πολυεστέρα. Οι ακόρεστοι πολυεστέρες χρησιμοποιούνται ευρέως στη σύνθετη βιομηχανία. Μπορούν να παρέχουν εξαιρετικές μηχανικές και χημικές ιδιότητες, καλή χημική αντοχή, αντοχή στις καιρικές συνθήκες και χαμηλό κόστος. Περαιτέρω πλεονεκτήματα της ακόρεστης πολυεστερικής ρητίνης έναντι άλλων θερμοσκληρυνόμενων ρητινών είναι ότι είναι εύκολη στο χειρισμό, μπορεί να χρωματιστεί, και μπορεί να συνδυαστεί εύκολα και να ενισχυθεί με ίνες, σε υγρή μορφή. Η αντίδραση διασύνδεσης μεταξύ ρητινών ακόρεστου πολυεστέρα και βινυλικών μονομερών, δηλαδή στυρολίου, επιτρέπει σε μία πολυμερική αλυσίδα να διασυνδεθεί με άλλες αλυσίδες πολυμερούς, και με τον τρόπο αυτό να δημιουργηθεί ένα τρισδιάστατο δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα το αρχικό ιξώδες υγρό μετατρέπεται σε ένα σκληρό, θερμοσκληρυνόμενο στερεό.

Από τις πολυεστερικές ρητίνες σε συνδυασμό με τα Fiber Glass (υαλοπιλήματα) ή άλλες ενισχυτικές ίνες κατασκευάζονται προϊόντα πολύ ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες και στο χρόνο, ελαφριά, αδιάβροχα άριστα φινιρισμένα και οικονομικά με εξαιρετικές ιδιότητες στις πιο αντίξοες συνθήκες χρήσης που είναι αδύνατον να παραχθούν με άλλο τρόπο. Η εφαρμογή της πολυεστερικής ρητίνης (πολυεστέρας) γίνεται κυρίως σε καλούπι (π.χ. παραγωγή σκάφους) ή επάνω σε διάφορες άλλες επιφάνειες (πλαστικοποιήσεις ξύλινων σκαφών, ενισχύσεις, επισκευές κ.τ.λ.).

Συγκριτικά με άλλα υλικά όπως το ξύλο, το σίδηρο, το αλουμίνιο, το τσιμέντο κ.α. οι κατασκευές από πολυεστερική ρητίνη έχουν πολλά πλεονεκτήματα:

- Αντοχή στις χημικές και περιβαλλοντικές προσβολές.
- Πολύ υψηλές μηχανικές αντοχές
- Ελάχιστη συντήρηση.
- Μεγάλη αντοχή σε σχέση με μικρό βάρος.
- Εξαιρετική αντοχή στην διάβρωση.
- Ανθεκτικότητα στην παρατεταμένη υγρασία.

Επίσης, η εύκολη και γρήγορη διαδικασία χρήσης του υλικού καθώς και η μεταφορά και αποθήκευση του, το καθιστούν προτιμητέο έναντι πάρα πολλών άλλων πρώτων υλών. Με τις πολυεστερικές ρητίνες κατασκευάζουμε, ενισχύουμε και διαμορφώνουμε προϊόντα χωρίς να χρειαζόμαστε πολύπλοκα εργαλεία, ειδικούς χώρους ή εξειδικευμένο προσωπικό. Η εκμάθηση της χρήσης τους είναι απλή και ευχάριστη. Υπάρχουν πολυεστερικές ρητίνες για κάθε κατασκευή, ανάλογα με τις απαιτήσεις και ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζεται το τελικό προϊόν. Έτσι λοιπόν οι ρητίνες επιλέγονται με βάση την μέθοδο παραγωγής, τις μηχανικές ή χημικές τους ιδιότητες, την αντοχή τους στις διαφορές κλιματολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες κ.λπ. Έχουν γενικά χαρακτηριστικά ως προς την χημική τους σύνθεση αλλά και ορισμένα ιδιαίτερα γνωρίσματα. [78]

5.3.3 Πολυμερισμός Ρητίνης

Είναι η διαδικασία μετάβασης της ρητίνης από την αρχική υγρή μορφή της σε μια στερεοποιημένη μορφή. Η πολυεστερική ρητίνη από την υγρή μορφή της πολυμερίζεται, πήζει και στερεοποιείται χωρίς να υπάρχει δυνατότητα να επανέλθει στην αρχική της υγρή μορφή. Ο πολυμερισμός (σκλήρυνση) γίνεται από την αντίδραση του επιταχυντή με τον καταλύτη που προστίθεται μέσα στον πολυεστέρα ξεχωριστά (πρώτα ο επιταχυντής και μετά ο καταλύτης) σε συγκεκριμένες αναλογίες προκαλώντας χημική αντίδραση η οποία με τη σειρά της παράγει θερμότητα. Είναι αντίδραση εξώθερμη, μονόδρομη, αρχίζει αμέσως με την προσθήκη αντιδρώντων (καταλύτη, επιταχυντή) και δεν μπορεί να διακοπεί. Αυτό που καθορίζει το σωστό αποτέλεσμα του πολυμερισμού είναι η σχέση (αναλογία) καταλύτη-επιταχυντή μέσα στην ρητίνη. Από αυτήν την σχέση εξαρτάται η σωστή σκλήρυνση της ρητίνης, η καλή μηχανική και χημική της αντοχή, η στεγανότητα της. Η σχέση καταλύτη επιταχυντή μπορεί να αυξομειωθεί ώστε να έχουμε χρόνους χρήσης και σκλήρυνσης σύμφωνα με την απαίτηση του χρήστη. Συνήθως όμως ο επιταχυντής εμπεριέχεται ήδη από τον κατασκευαστή της ρητίνης. [77]

5.3.4 Είδη Ρητινών

Προεπιταχυνόμενες Ρητίνες

Είναι οι ρητίνες που περιέχουν επιταχυντή από την παραγωγή τους. Οι επιταχυντές στην πλειοψηφία τους είναι διαλύματα κοβαλτίου συνήθως 6%. Στις προεπιταχυνόμενες πολυεστερικές ρητίνες ο χρήστης πρέπει να προσθέτει μόνο καταλύτη συγκεκριμένης δραστηριότητας στην αναλογία που προτείνει ο κατασκευαστής της ρητίνης. Συνήθως αυτή η αναλογία είναι 1%-2% κατά βάρος. Οι προεπιταχυνόμενες ρητίνες αποτελούν την πλειοψηφία των πολυεστερικών ρητινών.

Μη Προεπιταχυνόμενες Ρητίνες

Είναι αυτές που δεν περιέχουν επιταχυντή στην σύνθεσή τους, αλλά αυτός προστίθεται από τον χρήστη. Οι πολυεστερικές αυτές ρητίνες είναι περιορισμένης έκτασης και αφορούν ειδικούς τομείς παραγωγής, κυρίως όταν αυτή γίνεται με χύτευση. Σε αυτές τις

περιπτώσεις των ρητινών, οι αναλογίες των καταλυτών και επιταχυντών καθώς και η δραστικότητα τους, πρέπει αυστηρά να καθορίζονται από τον κατασκευαστή των ρητινών όπως επισημαίνουμε και παραπάνω. Ειδικά αν μέσα στην ρητίνη προστίθενται και αδρανή (fillers) τα οποία δυσχεραίνουν την σκλήρυνση του προϊόντος.

Μηχανισμός Αντίδρασης Πολυμερισμού

Ο επιταχυντής δραστηριοποιεί τον καταλύτη, ο οποίος ενεργοποιεί την αντίδραση και βοηθά να συνδεθούν τα μόρια της ρητίνης δημιουργώντας δεσμούς ανάμεσα στα μονομερή, ή σχηματίζοντας γέφυρες ανάμεσα στις αλυσίδες μακρομορίων. Το μήκος και η μορφή των αλυσίδων καθορίζουν μηχανικά το υλικό. Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος των αλυσίδων και όσο περισσότερες οι διακλαδώσεις, τόσο καλύτερη είναι γενικά η πολυεστερική ρητίνη.

Χρόνος Ζελατινοποίησης (Gel Time)

Είναι ο διαθέσιμος χρόνος που υπάρχει μετά την προσθήκη του καταλύτη για να χρησιμοποιηθεί η ρητίνη. Ο χρόνος αυτός κυμαίνεται από 10-20 λεπτά και διαφοροποιείται ανάλογα με την σχέση καταλύτη - επιταχυντή καθώς και την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Σκλήρυνση (Cure Time)

Είναι η αρχική σκλήρυνση της ρητίνης, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι έχει πολυμεριστεί πλήρως, όπως αναφέραμε προηγουμένως. Ο χρόνος αυτός κυμαίνεται ανάμεσα στις 3 - 4 ώρες, υπό την προϋπόθεση ότι οι συνθήκες είναι κανονικές, δηλαδή 18°C έως 20°C θερμοκρασία και κάτω από 70% υγρασία.

Η αντίδραση της σκλήρυνσης (curing) είναι η πιο κρίσιμη διαδικασία στην παραγωγή ενισχυμένων πλαστικών προϊόντων. Ο πολυμερισμός αυτός συνοδεύεται από την απελευθέρωση θερμότητας (εξώθερμη αντίδραση) η οποία επιταχύνει την αντίδραση. Σε σύγκριση με άλλες ρητίνες (όπως η εποξειδική), κατά τη σκλήρυνση των πολυεστέρων γενικά παράγεται περισσότερη θερμότητα και έτσι αποκτάται γρηγορότερα η τελική μορφή του υλικού. Η αντίδραση είναι μη αναστρέψιμη (μονόδρομη) και από τη στιγμή που

ολοκληρώνεται το υλικό είναι πρακτικά άτηκτο, αδύνατο να καταστραφεί ή να παραμορφωθεί. Η σκλήρυνση σε υψηλές θερμοκρασίες εκτός από τους μικρότερους χρόνους αντίδρασης, προσφέρει το πλεονέκτημα ότι αυξάνει τις τελικές μηχανικές ιδιότητες του υλικού. Απαιτείται όμως προσοχή γιατί υπερβολικά υψηλή θερμοκρασία θα προκαλέσει πλήρη αποσύνθεση της ρητίνης.

Ο λόγος της προσθήκης του καταλύτη είναι η παραγωγή ελευθέρων ριζών. Οι ελεύθερες ρίζες αντιδρούν με τα μόρια μονομερών και πολυμερών και επιταχύνουν την εξώθερμη αντίδραση στερεοποίησης της ρητίνης, μέχρι την ολοκλήρωσή της. Η δοσολογία του καταλύτη κυμαίνεται από 0,2% έως 2,0% κατά βάρος πολυεστέρα. Υψηλότερα ποσοστά καταλύτη δίνουν ταχύτερους χρόνους αντίδρασης αλλά κάνουν την αντίδραση ακαριαία και συνεπώς μη πρακτική.

Η θιξοτροπία είναι η ιδιότητα της πολυεστερικής ρητίνης να μην στραγγίζει (σουρώνει) από τα ενισχυτικά υαλοϋφάσματα έτσι ώστε να είναι εύχρηστη. Πρακτικά αυτή η ιδιότητα είναι σπουδαία γιατί είναι η μοναδική που μας δίνει την δυνατότητα χρήσης της πολυεστερικής ρητίνης με την χειροποίητη μέθοδο παραγωγής (hand- lay-up). [77]

5.3.5 Κατηγορίες Πολυεστερικών Ρητίνων που χρησιμοποιούνται στην Κατασκευή Κοσμήματος

Καλουπιών

Για κατασκευές καλουπιών ανθεκτικών στις καταπονήσεις, στις συστολές και διαστολές, στα πετσεικάρια και στην υψηλή θερμοκρασία. Με τον χαμηλότερο συντελεστή συρρίκνωσης.

Διαφανείς: Υγρό γυαλί

Είναι μη θιξοτροπικές ρητίνες. Η ιδιότητα αυτή τις κάνει να έχουν πολύ καλύτερη ροή από τις άλλες ρητίνες και για αυτό ακριβώς χρησιμοποιούνται για χύτευση σε καλούπια κυρίως σιλικόνης. Έχουν σαν τελικό αποτέλεσμα απόλυτη διαφάνεια σε απομίμηση γυαλιού.

Κατάλληλες για κατασκευές ειδών δώρων, μπιμπελό κ.λπ. Μοναδικές για εγκλωβισμούς αντικειμένων όταν απαιτείται απόλυτη διαφάνεια.

Νερού

Ρητίνες χύτευσης οι οποίες δέχονται και προσθήκη νερού έως 60% για κατασκευές οικονομικές, ελαφρύτερες αλλά και ανθεκτικές στο σπάσιμο. Κορνίζες, τεχνητές πέτρες κ.τ.λ.

Αγαμάτων

Μη θιξοτροπικές ρητίνες με χαμηλό εξώθερμο. Αναμειγνύονται με διάφορα αδρανή υλικά (αλάβαστρο, μαρμαρόσκονη, πριονίδι κ.τ.λ.) και χυτεύονται σε καλούπια σιλικόνης ή πολυεστερικά. Χρωματίζονται με τις κατάλληλες πολυεστερικές πάστες. [74]

6. Συντμήσεις – Αρκτικόλεξα – Ακρωνύμια

FTC: Federal Trade Commission

GFMS: Gold Fields Mining Services

GIA: Gemological Institute of America

AGTA: American Gem Trade Association

FTC: Federal Trade Commission

PVC: Polyvinyl chloride

VCM: Vinyl chloride

Παράρτημα Ι

ΜΕΤΑΛΛΑ - ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

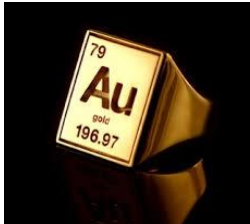
	1A		2A																7A	8A				
1	H																		H	He				
2	Li	Be																	B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg																	Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr						
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe						
6	Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn						
7	Fr	Ra		Uuq	Unp	Unh	Uns	Uno	Une															
6	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu									
7	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr									

Metals
Nonmetals and Noble gases

ΧΡΥΣΟΣ - ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ



«ΕΥΓΕΝΗ ΜΕΤΑΛΛΑ»



Ο ΧΡΥΣΟΣ ΩΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ

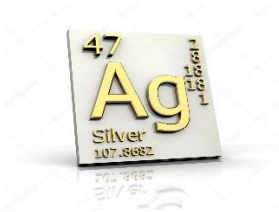


ΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

ΑΡΓΥΡΟΣ - ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ



ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ Au – Ag



ΚΡΑΜΑΤΑ



ΣΧΕΔΙΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

«Κοσμήματα – Τα πρώτα υλικά: Μέταλλα (Χρυσός, Άργυρος)»



➤ ΣΚΟΠΟΣ – ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Σκοπός: Οι μαθητές να κατανοήσουν μερικές ιδιότητες και χρήσεις των μετάλλων

Στόχοι: Οι μαθητές μετά το τέλος της διδασκαλίας πρέπει να είναι σε θέση:

- Να επισημαίνουν τη θέση των μετάλλων στον περιοδικό πίνακα.
- Να αναφέρουν τις βασικές φυσικές ιδιότητες των μετάλλων.
- Να αναγνωρίζουν το λόγο που ο χρυσός χαρακτηρίζεται ως «αδρανές» μέταλλο.
- Να αναγνωρίζουν την εφαρμογή του χρυσού στην κατάλυση.
- Να αναφέρουν γιατί ο χρυσός και ο άργυρος θεωρούνται «ευγενή» μέταλλα.
- Να συσχετίζουν τη χρήση των μετάλλων και των κραμάτων τους με τις ιδιότητές τους.
- Να αναφέρουν τις πιο γνωστές χρήσεις του χρυσού και του αργύρου πέρα απ' την κοσμηματοποιία.

➤ ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ & ΥΛΙΚΑ

- ✓ Πείραμα 1
- ✓ Πείραμα 2
- ✓ Φύλλο Εργασίας

➤ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Άμεση και καθοδηγούμενη διερεύνηση με τους μαθητές χωρισμένους σε ομάδες των 4 ατόμων.

➤ **ΠΟΡΕΙΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ**

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΔΑΣΚΑΛΟΥ	ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ
<p>A₁) Γίνεται αναφορά στα πρώτα υλικά με τα οποία κατασκευάστηκαν τα πρώτα κοσμήματα, γίνεται μία ιστορική αναδρομή και ζητούμε μία εκτίμηση για τον λόγο που μπορεί να συνέβη αυτό.</p>	<p>Οι μαθητές απαντούν και κάνουν εκτιμήσεις σχετικά με τι οδήγησε τον άνθρωπο να χρησιμοποιήσει τα μέταλλα σαν πρώτα υλικά κατασκευής κοσμημάτων.</p>
<p>A₂) Γίνεται διέγερση του ενδιαφέροντος των μαθητών καθώς πραγματοποιούμε το 1^ο πείραμα και αφού τους έχουμε κάνει μία εισαγωγή για τους Αλχημιστές και πώς αυτοί προσπαθούσαν να μετατρέψουν υλικά χωρίς αξία σε άργυρο και χρυσό.</p> <p>Επίσης εξηγούμε ότι θα ήταν αδύνατον να πειραματιστούμε πάνω σε κοσμήματα κατασκευασμένα από άργυρο και χρυσό λόγω του μεγάλου κόστους</p>	<p>Οι μαθητές χωρισμένοι σε ομάδες των τεσσάρων ατόμων, διαβάζουν τις οδηγίες του πειράματος ώστε να μπορούν να παρακολουθήσουν την πορεία καθώς και τις παρατηρήσεις και γίνεται συζήτηση.</p>
<p>A₃) Γίνεται ενημέρωση των μαθητών για τους στόχους του μαθήματος.</p>	

B. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΔΑΣΚΑΛΟΥ	ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ
<p>B₁) Μοιράζεται το Φύλλο Εργασίας, γίνεται εισαγωγή στα "Μέταλλα" και ανάκληση των προαπαιτούμενων γνώσεων που είναι απαραίτητες για να οικοδομηθεί η νέα γνώση. Δίνονται σχετικά παραδείγματα χρησιμοποιώντας φυσικά και αξεσουάρ – κοσμήματα που μπορεί να φορούν οι μαθητές.</p>	<p>Οι μαθητές καλούνται να «ανακαλύψουν» τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κοσμημάτων. Να μάθουν χρήσιμες πληροφορίες για αυτά τις οποίες να μπορούν να γενικεύσουν και για τα υπόλοιπα μέταλλα με τα οποία ενδεχομένως έρχονται σε επαφή στην καθημερινότητά τους</p>
<p>B₂) Διατυπώνουμε την ερώτηση: Γιατί όλα αυτά τα διαφορετικά στοιχεία, χρυσός, άργυρος, χαλκός κτλ. εντάσσονται στην ίδια ομάδα; Παροτρύνονται οι μαθητές να βρουν τις κοινές τους ιδιότητες. Αναφέρουμε τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των μετάλλων γενικά καθώς και αναφερόμαστε εκτενώς στις ιδιότητες του χρυσού και του αργύρου.</p>	<p>Οι μαθητές προσπαθούν να δώσουν μία εκτίμηση γιατί αυτά τα διαφορετικά στοιχεία εντάσσονται στην ίδια ομάδα καθώς και να παρατηρήσουν κάποιες κοινές τους ιδιότητες. Εδώ αντιλαμβάνονται το λόγο που χρησιμοποιήθηκαν τα μέταλλα για την κατασκευή των πρώτων κοσμημάτων καθώς και το λόγο που χρησιμοποιήθηκε περισσότερο ο χρυσός και ο άργυρος.</p>
<p>B₃) Αναφερόμαστε στον λόγο που ο χρυσός συνιστά «αδρανές» μέταλλο καθώς και γιατί μαζί με τον άργυρο θεωρούνται «ευγενή» μέταλλα</p>	<p>Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και καλούνται να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας.</p>

<p>B₄) Γίνεται διέγερση του ενδιαφέροντος των μαθητών καθώς πραγματοποιούμε το 2^ο πείραμα και αφού τους έχουμε κάνει μία εισαγωγή για τον άργυρο και τις ιδιότητές του.</p>	<p>Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και καλούνται να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας</p>
<p>B₅) Καλούμε τους μαθητές να παρατηρήσουν και να εκτιμήσουν το λόγο για τον οποίο αρχικά είχε μαυρίσει το ασημένιο κόσμημα καθώς και γιατί αργότερα με την προσθήκη της μαγειρικής σόδας και του αλουμινόχαρτου καθάρισε.</p>	<p>Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και καλούνται να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας</p>
<p>B₆) Αναφερόμαστε στο γεγονός ότι ο χρυσός θεωρείται πολύ καλός καταλύτης.</p>	<p>Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και καλούνται να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας</p>
<p>B₇) Ζητάμε από τους μαθητές να μας πουν τι γνωρίζουν για τα κράματα και αναφερόμαστε στην παρουσία κράματος στο Πείραμα 1. Στη συνέχεια αναφέρουμε τα κράματα που σχηματίζει ο χρυσός και ο άργυρος.</p>	<p>Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και καλούνται να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας</p>

B₈) Ζητάμε από τους μαθητές να αναφέρουν αν γνωρίζουν άλλες χρήσεις του χρυσού και του αργύρου και αναλύουμε τις πιο σημαντικές.

Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και καλούνται να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας

Γ. ΚΛΕΙΣΙΜΟ

1. Γίνεται ανακεφαλαίωση – επισήμανση των κυριότερων σημείων του μαθήματος.
2. Ζητείται από τους μαθητές να επεξεργαστούν και να συμπληρώσουν το Φύλλο Εργασίας καθώς και να μελετήσουν το σχετικό κεφάλαιο από το Σχολικό Βιβλίο

Δ. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ

1. Δίνεται φύλλο Αξιολόγησης και ζητείται από τους μαθητές να συμπληρωθεί ανωνύμως.

❖ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μαυρόπουλος Α. (2016). *Σχεδιασμός μαθήματος*. (2^η έκδοση).
- Υπουργείο Παιδείας δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων - «Χημεία – Βιβλίο Καθηγητή Α Λυκείου». (2012)
- Κλούρας, Εβδομάδα Χημείας, 2011, Πανεπιστήμιο Πατρών

ΠΕΙΡΑΜΑ 1: «Χρυσός και Άργυρος με λίγη Αλημεία.. κ τα λεπτά έχουν αξία»

- ❖ Νομίσματα του ενός, των δύο ή των πέντε λεπτών μετατρέπονται σε ασημένια και κατόπιν σε χρυσά

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

- Νομίσματα του ενός, των δύο ή των πέντε λεπτών
- Κάψα εξατμίσεως μικρού μεγέθους
- Λύχνος ή γκαζάκι

- Πλέγμα θέρμανσης
- Ποτήρι ζέσεως
- Λαβίδα, σπάτουλα, κουτάλι
- Λεπτό σύρμα κουζίνας

Αντιδραστήρια

- Ψευδάργυρος (Zn) σε σκόνη – 1g
- NaOH (υδατικό διάλυμα 6M) – 15ml

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ:

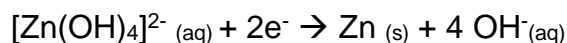
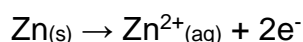
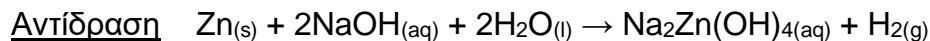
Ασημένια νομίσματα

- ✓ Τοποθετούμε τη σκόνη ψευδαργύρου και το διάλυμα NaOH στην κάψα
- ✓ Τοποθετούμε την κάψα πάνω στο πλέγμα και θερμαίνουμε το μίγμα στον λύχνο
- ✓ Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης τρίβουμε με το σύρμα κουζίνας τα νομίσματα για να απομακρύνουμε κηλίδες και μικροσκοπιές που ενδεχομένως υπάρχουν
- ✓ Λίγο πριν αρχίσει το διάλυμα να βράζει, τοποθετούμε τα νομίσματα στο διάλυμα με προσοχή με τη βοήθεια της λαβίδας
- ✓ Όταν τα νομίσματα πάρουν το ασημί χρώμα, τα αφαιρούμε από το διάλυμα με τη λαβίδα, τα ρίχνουμε στο ποτήρι με το νερό να κρυώσουν και στη συνέχεια τα ξεπλένουμε κάτω από τη βρύση και τα στεγνώνουμε με μία πετσέτα

Χρυσά νομίσματα

- ✓ Θερμαίνουμε τα ασημένια νομίσματα στη φλόγα κρατώντας τα με τη λαβίδα με προσοχή και σε απόσταση περίπου 5cm από τη φλόγα.
- ✓ Το χρυσαφί χρώμα εμφανίζεται μέσα σε 20 – 30 s
- ✓ Όταν τα νομίσματα αποκτήσουν το χρυσαφί χρώμα τα αφήνουμε στην άκρη να κρυώσουν

ΕΞΗΓΗΣΗ – ΕΡΜΗΝΕΙΑ:



- Τα νομίσματα του ενός, των δύο και των πέντε λεπτών είναι κατασκευασμένα από χάλυβα καλυμμένο με χαλκό (copper – covered steel). Η σκόνη ψευδαργύρου αντιδρά με το NaOH σχηματίζοντας ιόντα $[Zn(OH)_4]^{2-}$, τα οποία ανάγονται στην επιφάνεια του νομίσματος προς μεταλλικό ψευδάργυρο και αυτό αποκτά το ασημί χρώμα (δηλαδή το χρώμα του ψευδαργύρου)
- Το χρυσαφί χρώμα που βλέπουμε στη συνέχεια με τη θέρμανση του «ασημένιου» νομίσματος, οφείλεται στη δημιουργία κράματος ορείχαλκου (κράμα χαλκού-ψευδαργύρου) ο οποίος έχει χρυσαφί έως καφέ χρώμα ανάλογα με την περιεκτικότητα του κράματος σε ψευδάργυρο.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

- Αν τα νομίσματα είναι ολοκαίνουρια δεν χρειάζονται τρίψιμο με το σύρμα κουζίνας
- Χρησιμοποιούμε πλέγμα θέρμανσης γιατί θέλουμε ήπια θέρμανση, σε άλλη περίπτωση μαυρίζουν
- Το χρώμα του ορείχαλκου αλλάζει ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε ψευδάργυρο. Όταν αυτή είναι χαμηλή, ο ορείχαλκος έχει ένα καστανέρυθρο χρώμα που πλησιάζει το κεραμιδί χρώμα του χαλκού ενώ για περιεκτικότητα σε Zn 30% m/m, έχει το χρώμα του χρυσού, για ακόμα πιο υψηλή γίνεται και πάλι καστανέρυθρο.



(οι εικόνες είναι από δοκιμή του πειράματος στο εργαστήριο)

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (Πείραμα 1^ο)

«Χρυσός και Άργυρος με λίγη Αλχημεία.. κ τα λεπτά έχουν αξία»

Να γράψετε τις αντιδράσεις που συμβαίνουν κατά το Πείραμα 1:

.....
.....
.....
.....

Στις αντιδράσεις να αναγνωρίσετε το αναγωγικό και το οξειδωτικό μέσο, εάν και εφόσον υπάρχουν

.....
.....
.....
.....
.....

Να εξηγήσετε σύντομα που οφείλεται το «ασημί» χρώμα στα νομίσματα

.....
.....
.....
.....

Να εξηγήσετε σύντομα που οφείλεται το «χρυσό» χρώμα στα νομίσματα μετά τη θέρμανση των «ασημένιων» νομισμάτων

.....
.....
.....
.....

ΠΕΙΡΑΜΑ 2: «Καθαρίζοντας ασημένια κοσμήματα»

- ❖ Ασημένιο κόσμημα που έχει μαυρίσει, το οποίο στη συνέχεια αποκτά πάλι την αρχική του λάμψη.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

- Μεγάλο δοχείο
- Πηγή θερμότητας
- Ασημένιο αντικείμενο που έχει μαυρίσει

Αντιδραστήρια

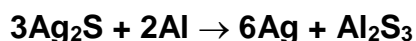
- Αλουμινόχαρτο
- Σόδα φαγητού

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ:

- ✓ Πλένουμε με νερό το ασημένιο αντικείμενο.
- ✓ Προσθέτουμε 7-8 κουταλιές σόδα φαγητού σε 1-2 λίτρα νερού και ζεσταίνουμε το διάλυμα σε μεγάλο δοχείο, χωρίς να φτάσει μέχρι βρασμό.
- ✓ Στον πυθμένα του δοχείου βάζουμε το αλουμινόχαρτο και τοποθετούμε μέσα το ασημένιο κόσμημα.
- ✓ Θερμαίνουμε το δοχείο σχεδόν μέχρι να βράσει το νερό και μετά από λίγα λεπτά απομακρύνουμε το ασημένιο κόσμημα και το ξεπλένουμε με νερό.
- ✓ Το κόσμημα αποκτά ξανά τη μεταλλική του λάμψη.

ΕΞΗΓΗΣΗ – ΕΡΜΗΝΕΙΑ:

- Το μαύρισμα των ασημένιων αντικειμένων οφείλεται στην αντίδραση του αργύρου με το υδρόθειο (Το H_2S υπάρχει στην ατμόσφαιρα ως προϊόν φυσικής αποικοδομήσεως οργανικών ουσιών του εδάφους). Ο καθαρισμός του ασημένιου κοσμήματος οφείλεται σε οξειδοαναγωγική αντίδραση που συμμετέχει ο Ag και το Al. Το Αργίλιο (Al) αντιδρά με τον Ag_2S με αποτέλεσμα την αποδέσμευση του Ag από αυτό και την αναγέννησή του σε μεταλλική μορφή στην επιφάνεια του κοσμήματος.



- Ο ρόλος της σόδας φαγητού είναι, αφενός να κάνει το διάλυμα αγώγιμο και αφετέρου να απομακρύνει το οξείδιο του αργίλιου από την επιφάνεια του αλουμινόχαρτου, έτσι ώστε να μπορέσει το αργίλιο να αντιδράσει.



(οι εικόνες είναι από δοκιμή του πειράματος στο εργαστήριο)

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (Πείραμα 2^ο)

«Καθαρίζοντας ασημένια κοσμήματα»

Να γράψετε τις αντιδράσεις που συμβαίνουν κατά το Πείραμα 2:

.....
.....
.....
.....

Στις αντιδράσεις να αναγνωρίσετε το αναγωγικό και το οξειδωτικό μέσο, εάν και εφόσον υπάρχουν

.....
.....
.....
.....
.....

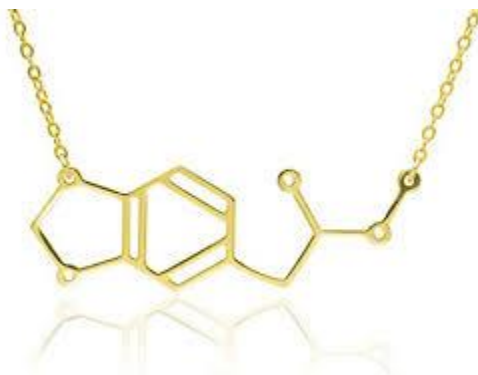
Να εξηγήσετε σύντομα που οφείλεται το «μαύρο» χρώμα στο ασημένιο κόσμημα

.....
.....
.....
.....

Να εξηγήσετε σύντομα γιατί χρησιμοποιείται στο πείραμα μαγειρική σόδα.

.....
.....
.....
.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: «Μέταλλα – Χρυσός – Άργυρος»



1. Αναφέρατε τις κυριότερες ιδιότητες των μετάλλων

.....

.....

.....

2. Ποια ήταν τα πρώτα υλικά κατασκευής κοσμημάτων; Με βάση τις ιδιότητες των μετάλλων προσπαθήστε να δώσετε μία σύντομη εκτίμηση γιατί;

.....

.....

.....

3. Αντιστοιχήστε τα αντικείμενα με τις ιδιότητες που βλέπετε ή πιστεύετε ότι έχουν στον παρακάτω πίνακα:

Αντικείμενα	Ιδιότητες
1. ορείχαλκος	A. Είναι ελαφρύ μέταλλο με ασημί χρώμα, δεν οξειδώνεται και έχει πάρα πολλές εφαρμογές
2. αλπακάς(αρζαντό)	B. Έχει χρώμα ασημί, αλλά με κατάλληλη κατεργασία (θέρμανση ή ανοδίωση) δίνει ποικιλία χρωμάτων. Είναι πολύ ανθεκτικό και ελαφρύ

3. χαλκός	Γ. Κατασκευάζεται από ανοξειδωτο χάλυβα, κράμα δηλαδή σιδήρου άνθρακα και χρωμίου. Εκτός από το χρώμιο οι ανοξειδωτοι χάλυβες μπορεί να περιέχουν και στοιχεία όπως νικέλιο, μολυβδαίνιο, μαγγάνιο, κ.α. Έχει υψηλή αντοχή στη διάβρωση και μεγάλη μηχανική αντοχή
4. αλουμίνιο	Δ. Έχει μεταλλική λάμψη, κιτρινωπό χρώμα και είναι κράμα χαλκού και ψευδαργύρου
5. τιτάνιο	Ε. Έχει χρώμα χαλκόχρωμο και η σύσταση του είναι επιχαλκωμένος χάλυβας
6. καλái σύρμα	Ζ. Σύρμα κοκκινωπού χρώματος, τυλιγμένο γύρω από έναν πλαστικό κύλινδρο και χρησιμοποιείται κυρίως λόγω της μεγάλης αγωγιμότητας αυτού του μετάλλου
7. κέρμα 1 λεπτού	Η. Έχει αργυρόλευκο χρώμα και όταν γυαλιστεί έχει πολύ μεγάλη αντανakλαστική ικανότητα. Οξειδώνεται ελάχιστα
8. κέρμα 10 λεπτών	Θ. Συγκολλητικό κράμα από κασσίτερο και άλλα μαλακά μέταλλα όπως χαλκός, ψευδάργυρος, άργυρος και αντιμόνιο. Χρησιμοποιείται κυρίως στη σύνδεση των καλωδίων και των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων στις πλακέτες
9. σύρμα περιέλιξης (πηνίο ή σωληνοειδές)	Ι. Μέταλλο με χαρακτηριστικό κοκκινωπό χρώμα
10. άργυρος (ασήμι)	Κ. Έχει χρώμα κιτρινωπό και είναι Σκανδιναβικός χρυσός, δηλαδή κράμα χαλκού, αλουμινίου, ψευδαργύρου και κασσιτέρου

11.κουτάλι	Λ. Έχει μεταλλική λάμψη, ασημί χρώμα και είναι κράμα κυρίως από χαλκό, νικέλιο και ψευδάργυρο
------------	---

4. Με βάση τις πληροφορίες του παραπάνω πίνακα πιστεύετε ότι υπάρχει διάκριση ανάμεσα στα μέταλλα και τα κράματα;

Ναι Όχι

5. Περιέγραψε με δικά σου λόγια τι είναι μέταλλο και τι είναι κράμα:

α) Μέταλλο:

β) Κράμα:

6. Με βάση τις πληροφορίες του παραπάνω πίνακα και τις γνώσεις που ήδη έχεις συμπληρώστε τις παρακάτω προτάσεις:

α) Τα μέταλλα έχουν συνήθωςπυκνότητες

β) Συνήθως σε θερμοκρασία δωματίου είναι εκτός από τον υδράργυρο που είναι

γ) Για την τήξη τους απαιτείται θερμοκρασία .

δ) Έχουν θερμική αγωγιμότητα

ε) Τα μέταλλα, και κυρίως ο χαλκός, χρησιμοποιούνται ευρέως σε κυκλώματα, άρα είναι αγωγοί του

ζ) Παρατηρήστε το κοινό των αντικείμενων 1,2,3,4,5. Συμπεραίνετε ότι είναι σε μορφή, μπορούν να δώσουν ελάσματα για αυτό και λέγονται ελατά.

η) Παρατηρήστε το κοινό των αντικείμενων 6 και 9. Συμπεραίνετε ότι είναι σε μορφή, για αυτό και λέγονται όλκιμα.

7. Που οφείλονται κατά τη γνώμη σας οι ιδιότητες των μετάλλων; (δώστε μία σύντομη απάντηση)

.....

.....

.....

.....

8. Γιατί κατά τη γνώμη σας, τα μέταλλα ήταν τα πρώτα υλικά κατασκευής κοσμημάτων; (δώστε μία σύντομη εκτίμηση).

.....

.....

.....

9. Γιατί ο χρυσός θεωρείται «αδρανές» μέταλλο;

.....

.....

.....

10. Αναφέρατε τις κυριότερες ιδιότητες του χρυσού.

.....

.....

.....

11. Αναφέρατε τις κυριότερες ιδιότητες του αργύρου, καθώς και γιατί μαζί με τον χρυσό θεωρούνται «ευγενή» μέταλλα.

.....

.....

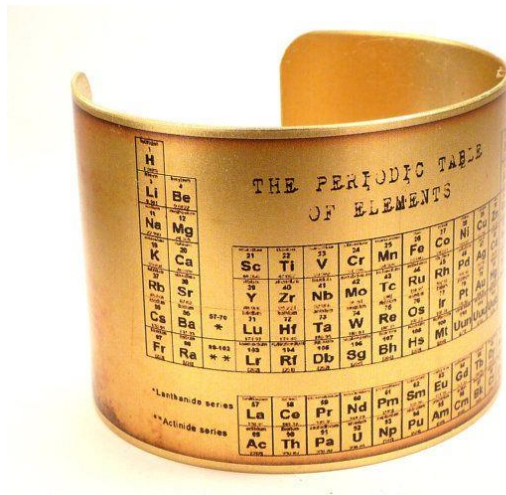
.....

12. Αναφέρατε σύντομα τις κυριότερες χρήσεις του χρυσού και του αργύρου εκτός της κοσμηματοποιίας.

.....
.....
.....

13. Αναζητήστε αντίστοιχες πληροφορίες για άλλα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στην κοσμηματοποιία όπως ο Λευκόχρυσος (Πλατίνα), το Παλλάδιο και το Ρόδιο και παρουσιάστε τις στην τάξη.

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ (Συμπληρώνεται ανώνυμα)



1) Τα καθαρά μέταλλα :

- α) τα παίρνουμε από τα ορυκτά χωρίς επεξεργασία
- β) τα παίρνουμε από τα ορυκτά με επεξεργασία
- γ) δεν δημιουργούν ομογενή μείγματα
- δ) δεν δημιουργούν ετερογενή μείγματα

(κυκλώστε τις σωστές απαντήσεις)

2) Τα κράματα:

- α) είναι ετερογενή μείγματα μετάλλων με άλλα στοιχεία ή μέταλλα
- β) είναι καθαρές ουσίες
- γ) είναι ομογενή μείγματα μετάλλων με άλλα στοιχεία ή μέταλλα
- δ) δεν έχουν μεταλλικές ιδιότητες

(κυκλώστε τις σωστές απαντήσεις)

3) Τα μέταλλα είναι σώματα, με εξαίρεση τον υδράργυρο που είναι Έχουν αργυρόλευκο χρώμα εκτός από τον χρυσό που είναικαι

το χαλκό που έχει απόχρωση. Έχουν λάμψη και είναι καλοί/ κακοί αγωγοί της θερμότητας.

Παρουσιάζουν στις περισσότερες περιπτώσεις ένα σύνολο κοινών χαρακτηριστικών ιδιοτήτων που είναι οι εξής:

1. έχουν μεγάλες/ μικρές πυκνότητες
2. έχουν υψηλά/ χαμηλά σημεία τήξης
3. έχουν υψηλά/ χαμηλά σημεία βρασμού
4. είναι καλοί/ κακοί αγωγοί της θερμότητας
5. είναι καλοί/ κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού
6. είναι, μπορούν να δώσουν ελάσματα
7. είναι, μπορούν να δώσουν σύρματα

(Συμπληρώστε το κείμενο και κυκλώστε τη σωστή απάντηση όπου είναι απαραίτητο)

4) Γιατί ο χρυσός θεωρείται «αδρανές μέταλλο»;

.....
.....
.....
.....

5) Αναφέρατε (α) τις κυριότερες ιδιότητες του μεταλλικού χρυσού και (β) εφαρμογές των χημικών του ενώσεων.

.....
.....
.....

6) Αναφέρατε τις κυριότερες ιδιότητες του αργύρου. Γιατί μαζί με τον χρυσό θεωρούνται «ευγενή» μέταλλα;

.....

.....

.....



ΠΟΛΥΤΙΜΟΙ – ΗΜΙΠΟΛΥΤΙΜΟΙ ΛΙΘΟΙ

ΔΙΑΜΑΝΤΙ

ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΔΟΜΗ

ΓΡΑΦΙΤΗΣ

C
Άνθρακας

ΡΟΥΜΠΙΝΙ

ΖΙΡΚΟΝΙΟ

Αχάτης, Αχάτης Moss Agate), Αχάτης Turitella, Αζουρίτης, Μάτι του Βούβαλου, Οπάλιος

Κορνεόλη, Ιασπίς, Σιτρίν, Κοράλλι, Ιωλίτης, Ρουμπίνι με Χαλαζία

Ηλιοτρόπιο, Χρυσόλιθος, Μάτι της Τίγρης, Ιασπίς, Λαβραδορίτης, Χαουλίτης

Φεγγαρό-πετρα, Φεγγαρό-πετρα, Νεφρίτης, Οψιδιανός, Οψιδιανός Mahogany Snowflake

Οπάλιος Ροζ, Περίδοτο, Ροζ Χαλαζίας, Σοδαλίτης, Καλσίτης, Ηλιόλιθος

Ροδονίτης, Χαλαζίας, Χαλαζίας Τουρμαλίνη, Τοπάζι, Χαουλίτης (βαμμένος), Ουνακίτης

ΗΜΙΠΟΛΥΤΙΜΟΙ ΛΙΘΟΙ



ΛΑΠΙΣ ΛΑΖΟΥΛΙ

ΣΧΕΔΙΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

«Κόσμηματα από Πολύτιμους - Ημιπολύτιμους Λίθους – Ορυκτά»



➤ ΣΚΟΠΟΣ – ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Σκοπός: Οι μαθητές να κατανοήσουν την έννοια της Δομής Κρυσταλλικών Πλεγμάτων καθώς και το πώς σχηματίζονται οι κρύσταλλοι (κρυσταλλικές δομές)

Στόχοι: Οι μαθητές μετά το τέλος της διδασκαλίας πρέπει να είναι σε θέση:

- Να αναφέρουν πληροφορίες για το χρώμα των πολύτιμων λίθων και να ερμηνεύουν τις χαρακτηριστικές τους ιδιότητες.
- Να αναφέρουν πληροφορίες για το διαμάντι καθώς και να ερμηνεύουν τις διαφορές μεταξύ διαμαντιού και γραφίτη και το λόγο για τον οποίο υπάρχουν.
- Να αναφέρουν πληροφορίες για το ζirkόνιο και να γράφουν σωστά τον χημικό του τύπο, καθώς και πώς αυτό συνδέεται με το πυριτικό ανιόν.
- Να αναφέρουν πληροφορίες για το ρουμπίνι και το λάπις λάζουλι και να ερμηνεύουν που αυτά οφείλουν το χρώμα τους.
- Να αναφέρουν πληροφορίες για τους ημιπολύτιμους λίθους.

➤ ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ & ΥΛΙΚΑ

- ✓ Πείραμα 1
- ✓ Φύλλο Εργασίας.

➤ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Άμεση και καθοδηγούμενη διερεύνηση με τους μαθητές χωρισμένους σε ομάδες των 4 ατόμων.

➤ ΠΟΡΕΙΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Α. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΔΑΣΚΑΛΟΥ	ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ
A₁) Κάνουμε μία εισαγωγή σχετικά με τους πολύτιμους, ημιπολύτιμους λίθους και τα ορυκτά και θέτουμε την ερώτηση στους μαθητές αν και κατά πόσο γνωρίζουν σχετικά παραδείγματα λίθων που χρησιμοποιούνται στην κοσμηματοποιία.	Οι μαθητές απαντούν σχετικά δίνοντας παραδείγματα
A₂) Γίνεται διέγερση του ενδιαφέροντος των μαθητών καθώς περιγράφουμε το πείραμα 1 και δείχνουμε σε όλους τις εικόνες με τον σταδιακό σχηματισμό του κρυστάλλου καθώς και το τελικό αποτέλεσμα και το παρομοιάζουμε με το διαμάντι.	Οι μαθητές παρατηρούν τις διαφορετικές φάσεις ανάπτυξης του κρυστάλλου.
A₃) Γίνεται ενημέρωση των μαθητών για τους στόχους του μαθήματος.	

Β. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΔΑΣΚΑΛΟΥ	ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ
B₁) Μοιράζεται το Φύλλο Εργασίας, γίνεται ανάκληση των προαπαιτούμενων γνώσεων που είναι απαραίτητες για να οικοδομηθεί η νέα γνώση.	Οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας
B₂) Αναφερόμαστε στο κρυσταλλικό σύστημα καθώς δείχνουμε και φωτογραφίες από τους διάφορους κρυστάλλους	Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και καλούνται να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας
B₃) Αναφερόμαστε στο χρώμα των πολύτιμων - ημιπολύτιμων λίθων καθώς και στα οπτικά φαινόμενα καθώς αναφερόμαστε και στις χαρακτηριστικές ιδιότητες των στερεών και προσπαθούμε να γενικεύσουμε με σχετικά παραδείγματα.	Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και καλούνται να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας
B₄) Αναφερόμαστε στο διαμάντι. Αναλύουμε τις ιδιότητες του.	Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και συμπληρώνουν και το φύλλο εργασίας.

<p>B₅) Ζητάμε από τους μαθητές να δώσουν μία εκτίμηση σχετικά με τους λόγους για τους οποίους εντοπίζονται διαφορές στο διαμάντι και τον γραφίτη παρά την κοινή τους βασική χημική σύσταση.</p>	<p>Οι μαθητές προσπαθούν να δώσουν μία εκτίμηση σχετικά με το γιατί παρά την κοινή τους βασική χημική σύσταση, το διαμάντι και ο γραφίτης παρουσιάζουν διαφορές στις ιδιότητές τους.</p>
<p>B₆) Αναφερόμαστε στο ζιρκόνιο και στις χημικές πληροφορίες που έχουμε γι' αυτό. Ζητάμε από τους μαθητές να κάνουν μία εκτίμηση γιατί το ζιρκόνιο συχνά παρομοιάζεται με διαμάντι.</p>	<p>Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και συμπληρώνουν και το φύλλο εργασίας και γίνεται συζήτηση.</p>
<p>B₇) Αναφερόμαστε στο ρουμπίνι και τις σχετικές χημικές πληροφορίες</p>	<p>Οι μαθητές συμπληρώνουν και το φύλλο εργασίας.</p>
<p>B₈) Αναφερόμαστε στους ημιπολύτιμους λίθους και συγκεκριμένα στο λάτις λάζουλι και τις σχετικές χημικές πληροφορίες</p>	<p>Οι μαθητές συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας.</p>

Γ. ΚΛΕΙΣΙΜΟ

1. Γίνεται ανακεφαλαίωση – επισήμανση των κυριότερων σημείων του μαθήματος.
2. Ζητείται από τους μαθητές να επεξεργαστούν τις ερωτήσεις που δεν έχουν συμπληρωθεί από το Φύλλο Εργασίας καθώς και να μελετήσουν το σχετικό κεφάλαιο από το Σχολικό Βιβλίο.

Δ. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ

1. Δίνεται φύλλο Αξιολόγησης και ζητείται από τους μαθητές να συμπληρωθεί ανωνύμως.

❖ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μαυρόπουλος Α. (2016). *Σχεδιασμός μαθήματος*. (2^η έκδοση).
- Υπουργείο Παιδείας δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων - «*Χημεία – Βιβλίο Καθηγητή Α Λυκείου*». (2012)
- Κλούρας, Εβδομάδα Χημείας, 2011, Πανεπιστήμιο Πατρών

Πείραμα 1: «Δημιουργήστε τον δικό σας κρύσταλλο που θα μοιάζει με διαμάντι!»

- ❖ Δημιουργία κρυστάλλου σαν διαμάντι

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

- 1 σακουλάκι πετραδάκια 10 γρ.
- 1 πλαστικός αναδευτήρας
- 1 διαφανές πλαστικό δοχείο με καπάκι

Αντιδραστήρια

- 1 σακουλάκι δισόξινο (μονοβασικό) φωσφορικό αμμώνιο ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) 40 γρ.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ:

- ✓ Ζεσταίνουμε λίγο νερό και γεμίζουμε το πλαστικό δοχείο μέχρι τη μέση.
- ✓ Προσθέτουμε το $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ στο νερό και ανακατεύουμε καλά μέχρι να διαλυθεί τελείως.
- ✓ Ρίχνουμε μέσα τα πετραδάκια πάνω στα οποία θα δημιουργηθούν με την ψύξη οι κρύσταλλοι και αφήνουμε το πλαστικό δοχείο σε ακινησία για κάποιες μέρες (τουλάχιστον 2 εβδομάδες).
- ✓ Παρακολουθούμε τον κρύσταλλο που θα αναπτύσσεται σταδιακά μέσα στο δοχείο.

ΕΞΗΓΗΣΗ – ΕΡΜΗΝΕΙΑ:

- Το πείραμα βοηθάει στην παρατήρηση της σταδιακής ανάπτυξης κρυστάλλου πάνω στα πετραδάκια με την ψύξη.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

- ✓ Το δισόξινο φωσφορικό αμμώνιο είναι μια κρυσταλλική ένωση, λευκού χρώματος, άοσμη. Χρησιμοποιείται κυρίως ως λίπασμα, εφοδιάζοντας το έδαφος με στοιχεία όπως το άζωτο και ο φώσφορος σε μια μορφή που μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά. Επίσης, χρησιμοποιείται ως συστατικό

πυροσβεστήρων ξηράς κόνεως και στην παραγωγή απορρυπαντικών και καθαριστικών.

✓ Χημικός Τύπος: $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$



(οι εικόνες είναι από δοκιμή του πειράματος στο εργαστήριο)

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (Πείραμα)

«Δημιουργία κρυστάλλου που θα μοιάζει με διαμάντι!»

Να γράψετε την αντίδραση που συμβαίνει κατά το Πείραμα:

.....
.....
.....
.....

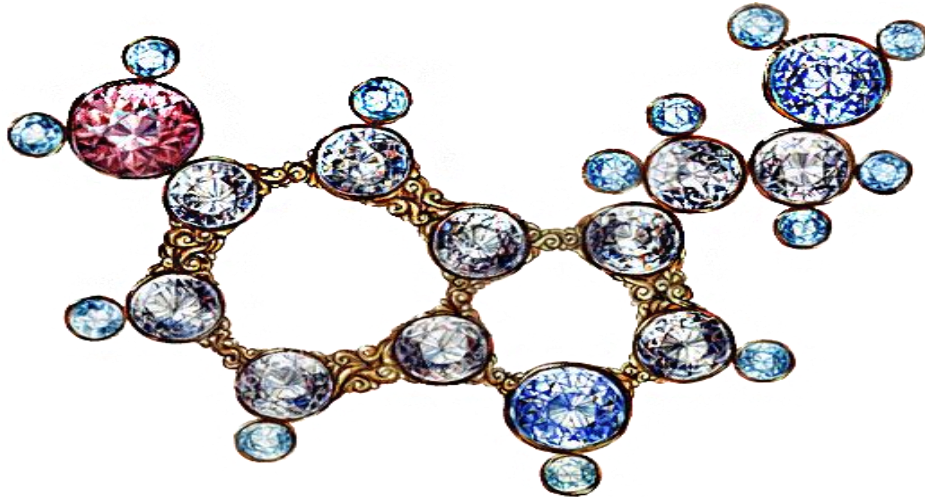
Τι γνωρίζετε για το δισόξινο φωσφορικό αμμώνιο

.....
.....
.....
.....
.....

Να αναφέρετε τον χημικό τύπο του δισόξινου φωσφορικού αμμωνίου

.....
.....
.....
.....

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: «Πολύτιμοι – Ημιπολύτιμοι Λίθοι - Ορυκτά»



1. Περιγράψτε τη χημική σύσταση των παρακάτω:



Διαμάντι



Ζιρκόνιο



Ρουμπίνι

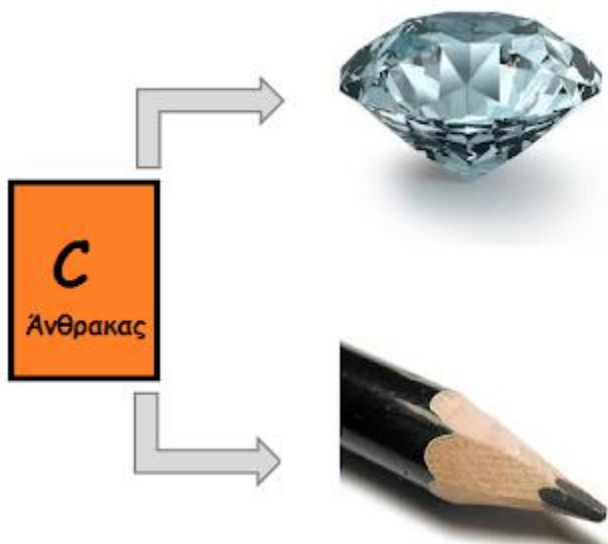
2. Που πιστεύετε ότι οφείλεται το χρώμα στους πολύτιμους – ημιπολύτιμους λίθους. Δώστε μία σύντομη εξήγηση.

.....

.....

.....

5. Αναφέρατε τις δύο μορφές του Άνθρακα που αναλύθηκαν και πείτε τι γνωρίζετε για τη δομή του στις μορφές αυτές;



6. Γιατί παρατηρείται διαφορά στις ιδιότητες των μορφών αυτών παρά το γεγονός ότι η βάση της χημικής τους σύστασης είναι κοινή; Δώστε μία σύντομη εκτίμηση.

.....

.....

.....

.....

.....

7. Επιλέξτε «σωστό ή λάθος» στις παρακάτω προτάσεις:

A) Στο διαμάντι η δομή του Άνθρακα εκτείνεται ομοιόμορφα σε όλο το χώρο

Σωστό Λάθος

B) Στον γραφίτη τα άτομα του Άνθρακα σχηματίζουν εξαγωνικούς δακτυλίους

Σωστό Λάθος

8. Τι γνωρίζετε για τη χημεία του Λάπις Λάζουλι; (χημικό τύπο, χρώμα)

.....
.....

9. Αναζητείστε πληροφορίες σχετικά με άλλους πολύτιμους – ημιπολύτιμους λίθους και παρουσιάστε τις στην τάξη (π.χ. αχάτης, ζαφείρι, σμαράγδι, τοπάζι κτλ.)

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ (Συμπληρώνεται ανώνυμα)



1) Επειδή τα δομικά συστατικά των κρυστάλλων είναι τα ιόντα/ μόρια/ άτομα των χημικών στοιχείων και κατέχουν συγκεκριμένες θέσεις και ακολουθούν αυστηρή συμμετρία, όλα αυτά επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις στις φυσικές/ χημικές ιδιότητές τους.

(Κυκλώστε τη σωστή απάντηση όπου είναι απαραίτητο)

2) Ποιες οι διαφορές που παρουσιάζονται στο διαμάντι και στον γραφίτη; Που οφείλονται;

.....
.....
.....
.....
.....

4) Το ζirkόνιο ανήκει στην ομάδα των ορυκτών. Η χημική ονομασία του είναικαι ο αντίστοιχος χημικός τύπος της είναι..... Η κρυσταλλική δομή του ζirkονίου είναι τετραγωνικό/ τριγωνικό/ ρομβοεδρικό κρυσταλλικό σύστημα. Το φυσικό χρώμα του κυμαίνεται από Είναι ένα δημοφιλές υποκατάστατο για το.....

(Συμπληρώστε το κείμενο και κυκλώστε τη σωστή απάντηση όπου είναι απαραίτητο)

5)..... ονομάζεται το κορούνδιο που έχει κόκκινο χρώμα. Τα κορούνδια με άλλο χρώμα εκτός του κόκκινου, λέγονται ζαφείρια. Το κόκκινο χρώμα προκαλείται από προσμίξεις.....Τοσαν κορούνδιο, έχει χημικό τύπο Al_2O_3 και σκληρότητα.....

(Συμπληρώστε το κείμενο)

6) Το λάπης λάζουλι είναι ένα αδιάφανο πέτρωμα, με εντυπωσιακόχρώμα, που οφείλεται

Είναικαι όχι ορυκτό, καθότι εμπεριέχει τα εξής ορυκτά:.....

Οσυχνά εμφανίζεται σανλαμπυρίζοντα στίγματα στην επιφάνεια της πέτρας, και είναι ένα από τα στοιχεία ομορφιάς και μοναδικότητας του πολύτιμου λίθου.



«Το Σύγχρονο Κόσμημα - Νέα Υλικά»



(οι εικόνες είναι από τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουν οι μαθητές και τα καλούπια καθώς και τα στοιχεία που θα κληθούν να κατασκευάσουν)

Πείραμα 1: «Το ασυνήθιστο μπαλόνι»

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

- ένα μπαλόνι
- μια λεπτή βελόνα πλεξίματος
- βαζελίνη

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ:

- ✓ Φούσκωσε το μπαλόνι κατά τα $\frac{3}{4}$ περίπου και δέσε το στόμιό του.
- ✓ Βάλε λίγη βαζελίνη στη μυτερή άκρια της βελόνας.
- ✓ Βρες ένα σημείο κοντά στον κόμπο του μπαλονιού, όπου το μπαλόνι είναι πιο χοντρό και πιο σκούρο. Στο σημείο αυτό σπρώξε προσεκτικά τη μύτη της βελόνας, στριφογυρίζοντάς την.
- ✓ Όταν το μπαλόνι τρυπήσει τη μια πλευρά, σπρώξε το να περάσει και από την απέναντι πλευρά.

ΕΞΗΓΗΣΗ – ΕΡΜΗΝΕΙΑ:

- Το μπαλόνι είναι φτιαγμένο από πολυμερή, μόρια με μακριές αλυσίδες. Οι αλυσίδες αυτές είναι ελαστικές γι' αυτό και το μπαλόνι μπορεί να φουσκώνει.
- Σε σημεία όμως που το μπαλόνι δεν είναι εντελώς φουσκωμένο, οι αλυσίδες δεν είναι πολύ τεντωμένες και τρυπώντας στο σημείο αυτό, οι αλυσίδες του πολυμερούς μπορούν και τεντώνονται γύρω από τη βελόνα.



ΣΧΕΔΙΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

«Το σύγχρονο κόσμημα- Τα νέα υλικά»



➤ ΣΚΟΠΟΣ – ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Σκοπός: Οι μαθητές να επεξεργαστούν και να κατανοήσουν τα πολυμερή και τα πλαστικά σαν υλικά εφόσον αποτελούν υλικά που χρησιμοποιούν στην καθημερινότητά τους.

Στόχοι: Οι μαθητές μετά το τέλος της διδασκαλίας πρέπει να είναι σε θέση:

- Ν' αναφέρουν πετροχημικά προϊόντα που βρίσκονται στο περιβάλλον τους.
- Να αποδίδουν τον πολυμερισμό με χημικές εξισώσεις
- Να αναγνωρίζουν τα πολυμερή που καλούνται να χρησιμοποιήσουν και να κατασκευάσουν κοσμήματα καθώς και κάποιες από τις χημικές τους ιδιότητες.
- Να ορίζουν και να διακρίνουν τα πολυμερή ανάλογα με την σύστασή τους και τις ιδιότητές τους κυρίως απέναντι στην θερμότητα.
- Να κατατάσσουν τα υλικά με τα οποία έρχονται σε επαφή κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας ανάλογα με τη σύστασή τους και τις ιδιότητές τους.

➤ ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ & ΥΛΙΚΑ

- ✓ Πολυμερικός Πηλός σε διάφορα χρώματα, βάσεις μεταλλικές και καλούπια για κατασκευή χαντρών και στοιχείων για κοσμήματα
- ✓ Κοσμήματα κατασκευασμένα από ρητίνη (για επίδειξη)
- ✓ Φύλλο Εργασίας.

➤ **ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ**

Άμεση και καθοδηγούμενη διερεύνηση με τους μαθητές χωρισμένους σε ομάδες των 4 ατόμων.

➤ **ΠΟΡΕΙΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ**

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΔΑΣΚΑΛΟΥ	ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ
<p>A₁) Γίνεται αναφορά στα νέα υλικά με τα οποία κατασκευάζονται τα σύγχρονα κοσμήματα δίνουμε τον ορισμό των πολυμερών και ζητάμε την εκτίμηση των μαθητών για το που αυτά μπορεί να χρησιμοποιούνται στην καθημερινή μας ζωή.</p>	<p>Οι μαθητές απαντούν σχετικά με το που χρησιμοποιούνται τα πολυμερή στην καθημερινότητά μας και ανακαλύπτουν ότι τα περισσότερα «σύγχρονα» κοσμήματα κατασκευάζονται από αυτά λόγω κόστους και ευκολίας της επεξεργασίας τους. Επιπλέον αναγνωρίζουν τα πολυμερή και σε άλλα αντικείμενα της καθημερινής μας χρήσης.</p>
<p>A₂) Γίνεται διέγερση του ενδιαφέροντος των μαθητών καθώς τους μοιράζονται οι συσκευασίες με τον πολυμερικό πηλό (pvc), οι βάσεις και τα καλούπια για την κατασκευή κοσμημάτων, καθώς και τα ήδη έτοιμα κοσμήματα από ρητίνη.</p>	<p>Οι μαθητές χωρισμένοι σε ομάδες των τεσσάρων ατόμων, έρχονται σε επαφή με το υλικό του πολυμερικού πηλού (pvc), το επεξεργάζονται ανακαλύπτοντας τις ιδιότητες του και κατασκευάζουν στοιχεία που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή κοσμημάτων, με τη βοήθεια των καλουπιών.</p>

A₃) Γίνεται ενημέρωση των μαθητών για τους στόχους του μαθήματος.

B. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΔΑΣΚΑΛΟΥ	ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ
B₁) Μοιράζεται το Φύλλο Εργασίας, γίνεται εισαγωγή στα "πολυμερή" και τα πλαστικά και ανάκληση των προαπαιτούμενων γνώσεων που είναι απαραίτητες για να οικοδομηθεί η νέα γνώση. Δίνονται σχετικά παραδείγματα πετροχημικών προϊόντων καθώς εκτελούμε και το πείραμα 1	Οι μαθητές καλούνται να «ανακαλύψουν» το υλικό που χρησιμοποιούν για την κατασκευή κοσμημάτων. Να μάθουν χρήσιμες πληροφορίες για αυτό τις οποίες να μπορούν να γενικεύσουν και για τα υπόλοιπα πολυμερή με τα οποία ενδεχομένως έρχονται σε επαφή στην καθημερινότητά τους
B₂) Παραθέτουμε τις δύο βασικές αντιδράσεις παραγωγής των πολυμερών τη σύνθεση ή προσθήκη και τη συμπύκνωση. Δίνουμε από ένα παράδειγμα για κάθε περίπτωση π.χ. για τα πολυμερή προσθήκης αναφέρουμε το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC).	Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και καλούνται να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας καθώς και να αντλήσουν χρήσιμες πληροφορίες για το υλικό που χρησιμοποίησαν
B₃) Στην συνέχεια ταξινομούμε τα πολυμερή ανάλογα με την προέλευσή (βιοπολυμερή, συνθετικά και τεχνητά πολυμερή), τη δομή τους και τη συμπεριφορά τους απέναντι στην θέρμανση	Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και προσπαθούν να εκτιμήσουν και να κατατάξουν τα υλικά στις κατηγορίες των υλικών που προαναφέρθηκαν, γίνεται συζήτηση

<p>(θερμοστατικά και θερμοπλαστικά) και τις ιδιότητές τους γενικά. Γίνεται αναφορά στα υλικά κατασκευής τα οποία έχουν μπροστά τους οι μαθητές, πολυμερικό πηλό και ρητίνη.</p>	<p>και συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας.</p>
<p>B₄) Εξηγούμε ποια είναι τα πολυμερή προσθήκης δίνοντας την αντίδραση παρασκευής του πολυβινυλοχλωριδίου. Με την ίδια λογική γράφουμε τις χημικές εξισώσεις παρασκευής του πολυαιθυλενίου, του πολυπροπυλενίου, του πολυακρυλονιτριλίου και του πολυτετραφθοροαιθυλενίου</p>	<p>Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και καλούνται να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας</p>
<p>B₅) Τονίζουμε τις ιδιότητες, τις εμπορικές ονομασίες και τις σημαντικότερες εφαρμογές για καθένα από τα πολυμερή που αναφέραμε. Με βάση το πολυαιθυλένιο τονίζουμε το ρόλο της στερεοχημικής δομής πάνω στις ιδιότητες των πολυμερών και το ρόλο του καταλύτη πάνω στη δομή και τις ιδιότητές τους.</p>	<p>Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και καλούνται να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας</p>

<p>B₆) Συνεχίζουμε με την αναφορά στους πολυεστέρες π.χ. πολυεστερικές ρητίνες, τις πολυουρεθάνες και τα πολυμερή φορμαλδεΰδης - φαινόλης π.χ. ο βακελίτης.</p>	<p>Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και καλούνται να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας</p>
<p>B₇) Στην συνέχεια ταξινομούμε τα πολυμερή ανάλογα με την προέλευσή (βιοπολυμερή, συνθετικά και τεχνητά πολυμερή), τη δομή τους και τη συμπεριφορά τους απέναντι στην θέρμανση (θερμοστατικά και θερμοπλαστικά) και τις ιδιότητές τους γενικά. Γίνεται αναφορά στα υλικά κατασκευής τα οποία έχουν μπροστά τους οι μαθητές, πολυμερικό πηλό και ρητίνη.</p>	<p>Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και καλούνται να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας</p>
<p>B₈) Ζητάμε από τους μαθητές να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας καθώς και να αναφέρουν αν γνωρίζουν κάποια άλλα πολυμερή που να χρησιμοποιούνται στη κατασκευή κοσμήματος. Αν δεν τα καταφέρουν τους κατευθύνουμε ν' ασχοληθούν και να βρουν πληροφορίες για υλικά όπως ο βακελίτης, το καουτσούκ ή το πλέξιγκλας που χρησιμοποιούνται σήμερα στην κατασκευή κοσμήματος</p>	<p>Οι μαθητές συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας</p>

Γ. ΚΛΕΙΣΙΜΟ

1. Γίνεται ανακεφαλαίωση – επισήμανση των κυριότερων σημείων του μαθήματος.
2. Ζητείται από τους μαθητές να επεξεργαστούν τις ερωτήσεις που δεν έχουν συμπληρωθεί από το Φύλλο Εργασίας καθώς και να μελετήσουν το σχετικό κεφάλαιο από το Σχολικό Βιβλίο.

Δ. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ

1. Δίνεται φύλλο Αξιολόγησης και ζητείται από τους μαθητές να συμπληρωθεί ανωνύμως.

❖ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μαυρόπουλος Α. (2016). *Σχεδιασμός μαθήματος*. (2^η έκδοση).
- Υπουργείο Παιδείας δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων - «Χημεία – Βιβλίο Καθηγητή *Α Λυκείου*». (2012)
- Κλούρας, Εβδομάδα Χημείας, 2011, Πανεπιστήμιο Πατρών

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: «Το σύγχρονο κόσμημα – Νέα υλικά»



1. Αναφέρατε νέα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κοσμημάτων εάν και εφόσον γνωρίζετε.

.....
.....
.....

2. **Δραστηριότητα:** Μοιραστείτε τις συσκευασίες με τον πολυμερικό πηλό καθώς και τα καλούπια και χωρισμένοι σε ομάδες κατασκευάστε στοιχεία της επιλογής σας.

3. Τι παρατηρείτε σε σχέση με αυτό το υλικό; Ποιες ιδιότητες φαίνεται να έχει;

.....
.....
.....

4. Παρατηρήστε τα έτοιμα κοσμήματα και δώστε μία εκτίμηση για τις ιδιότητες των υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί;

.....
.....
.....

5. Συγκρίνετε σύντομα τις ιδιότητες των υλικών αυτών με άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κοσμημάτων όπως μέταλλα, πολύτιμοι – ημιπολύτιμοι λίθοι;

.....
.....
.....
.....

6. Τι είναι πολυμερή; δώστε έναν σύντομο ορισμό.

.....
.....
.....
.....
.....

7. Ποια από τα παρακάτω υλικά είναι πετροχημικά προϊόντα (κυκλώστε τις σωστές απαντήσεις):

Πλαστική σακούλα, κοινό γυαλί, τσιμέντο, νάιλον καλσόν, αλάτι, διακοσμητικό κρύσταλλο

8. Περιγράψτε εν συντομία τη διαδικασία πολυμερισμού.

.....
.....
.....

9. Βάλτε X όπου είναι απαραίτητο στον πίνακα, προκειμένου να διακρίνετε τα φυσικά από τα τεχνητά πολυμερή

Πολυμερές	PVC	Τεφλόν	Ρητίνες	Νάιλον
Φυσικό				
Τεχνητό				

10. Τι είναι το PVC; Με βάση την αντίδραση παραγωγής του που κατατάσσεται στα πολυμερή προσθήκης ή συμπύκνωσης; (Γράψτε την αντίδραση)

.....
.....
.....
.....
.....

11. Με την ίδια λογική γράψτε τις χημικές εξισώσεις παρασκευής του πολυαιθυλενίου, του πολυπροπυλενίου, του πολυακρυλονιτριλίου και του πολυτετραφθοροαιθυλενίου

.....
.....
.....
.....
.....

12. Τι γνωρίζετε για τις πολυεστερικές ρητίνες; Αναφέρετε συνοπτικά.

.....
.....
.....
.....

13. Αναζητείστε πληροφορίες σχετικά με άλλα πολυμερή που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κοσμημάτων και παρουσιάστε τις στην τάξη (π.χ. βακελίτης, πλεξιγκλας, καουτσούκ κτλ.)

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ (Συμπληρώνεται ανωνύμως)



1) Συμπληρώστε το κείμενο και κυκλώστε το σωστό, όπου αυτό είναι απαραίτητο

Με τον όρο χαρακτηρίζουμε ένα πολύ μεγάλο/ μικρό μόριο που σχηματίζεται από πολλών μικρών μορίων, που καλούνται Τα μπορεί να είναι ίδια/ διαφορετικά, οπότε προκύπτουν πολυμερή του τύπου, ή ίδια/ διαφορετικά, οπότε προκύπτουν πολυμερή της μορφής Η χημική αυτή αντίδραση καλείται

2) Τι είναι το PVC; Με βάση την αντίδραση παραγωγής του που κατατάσσεται στα πολυμερή προσθήκης ή συμπύκνωσης; (Γράψτε την αντίδραση)

.....
.....
.....
.....
.....

3) Τι γνωρίζετε για τις πολυεστερικές ρητίνες; Αναφέρετε συνοπτικά.

.....
.....
.....
.....

.....
.....
4) Αναφέρατε τι γνωρίζετε για τα πολυμερη συμπύκνωσεως.

.....
.....
.....
.....
5) Αναφέρατε σχετικά παραδείγματα και αντιδράσεις για τις εξής κατηγορίες πολυμερών:

Πολυαμίδια:

Πολυεστέρες:

Πολυμερή φορμαλδεύδης - φαινόλης



ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. G. Bodner, M. Klobuchar, The many forms of constuctivism, *J. Chem. Ed.*, 2001, Vol. 78, pp. 1107.
2. E. von Glasersfeld, Radical constructivism: a way of knowing and learning studies in Mathematics Education series, 1995, Falmer Press, Taylor & Francis Inc
3. R. Driver, H. Aasoko, J. Leach, E. Mortimer, P. Scott, Constructing scientific knowledge in the classroom, *Educational Researcher*, 1994, Vol. 23(7), pp. 5-12.
4. Π. Β. Κόκκοτας, Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, 1999, εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
5. Η. Ματσαγγούρας, Η διαθεματικότητα στη Σχολική γνώση, Εννοιοκεντρική αναπλαισίωση και σχέδια εργασίας, 2002, Αθήνα, εκδόσεις Γρηγόρη.
6. Η.Γ. Ματσαγγούρας, Διεπιστημονικότητα, διαθεματικότητα και ενιαιοποίηση στα νέα Προγράμματα Σπουδών: Τρόποι οργάνωσης της σχολικής γνώσης. Στο: *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων, Ειδικό αφιέρωμα στη Διαθεματικότητα*, 2002, Τεύχος 1, σελ. 24., Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.
7. R. Breslow, *Chemistry today and tomorrow: the central, useful, and creative science*, 1997, Jones & Bartlett Learning.
8. S. Vosniadou, W. Brewer, Mental Models of the Earth. A study of conceptual change in childhood, *Cognitive Psychology*, 1992, Vol. 24, pp. 535-585.
9. Κ. Σάλτα, Χ. Τζουγκράκη, Οι στάσεις των μαθητών της Β΄ τάξης του Ενιαίου Λυκείου απέναντι στο μάθημα της Χημείας, *3ο Πανελλήνιο Συνέδριο. Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στη Εκπαίδευση*, 2002 Πρακτικά σελ. 111, Ρέθυμνο.
10. J. Osborne, J. Dillon, Science education in Europe: Critical reflections, 2008, Vol. 13, London: The Nuffield Foundation.
11. B. Campbell, J. Lazonby, R. Millar, P. Nicolson, J. Ramsden, D. Waddington, Science: The Salters' approach—a case study of the process of large scale development, *Science Education*, 1994, Vol. 78(5), pp. 415–447.
12. T. Bottomore, T. H. Matshall, Citizens and Social class, 1992, pp. 86-100, Pluto Press.

13. R. Millar, J. Osborne, *Beyond 2000: Science education for the future*, 2000 London, UK: School of Education, King's College London.
14. N. Βαλανίδης, Α. Νικολαΐδου, Εναλλακτικές Αντιλήψεις Μαθητών Λυκείου για τις Αντιδράσεις Οξειδωσης/Καύσης, *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 2008, Τόμος 1, Τεύχος 1, Σελ. 33-57, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
15. J. D. Novak, Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or appropriate propositional hierarchies (liphs) leading to empowerment of learners. *Science Education*, 2002, Vol. 86(4), pp. 548-571.
16. J. K. Gilbert, On the Nature of "Context" in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 2006, Vol. 28(9), pp. 957–976.
17. J. Bennett, F. Lubben, Context based chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, 2006, Vol. 28(9), pp. 999-1015.
18. A. M. Bulte, H. B. Westbroek, O., de Jong, A. Pilot, A research approach to designing chemistry education using authentic practices as contexts. *International Journal of Science Education*, 2006, Vol. 28(9), pp. 1063-1086.
19. O. De Jong, Context-based chemical education: How to improve it. *Chemical Education International*, 2008, Vol. 8(1), pp. 1-7.
20. Φ. Σιδερά, Συμβολή στη μελέτη του σύγχρονου κοσμήματος, Διδακτορική διατριβή, *Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, 2006
21. Η. Aihweiler, Χρυσό Βυζαντινό νόμισμα: δολάριο του Μεσαίωνα, *Αρχαιολογία*, 1981, Τόμος 1, Σελ. 37-40.
22. Α. Δεληβορριάς, Το μεταβυζαντινό και νεοελληνικό κόσμημα. Ελληνικά κοσμήματα: από τις συλλογές του Μουσείου Μπενάκη, 1999, Σελ. 359-366, Αθήνα, εκδόσεις Αδάμ.
23. Γ. Πνευματικάκης, Χ. Μητσοπούλου, Κ. Μεθενιτης, Βασικές Αρχές Ανόργανης Χημείας, 2006, εκδόσεις Σταμούλη Α. Ε.
24. Γ. Μανουσάκης, Γενική και Ανόργανη χημεία, 1983, Τόμος δεύτερος, Θεσσαλονίκη, εκδοτικός οίκος: Αφοί Κυριακίδη.
25. Α. Βάρβογλης, Πορτρέτα των Χημικών Στοιχείων, 2001, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
26. N. N. Greenwood, E. Earnshaw, *Chemistry of the Elements*, 1997, Elsevier.

27. GFMS, Gold Survey 201, Gold Fields Mining Services Ltd, Thomson Reuters, London.
28. O. Lafont, Από την Αλχημεία στη Χημεία, 2005, εκδόσεις: Αλεξάνδρεια.
29. Θ. Βαλαβανίδης, Κ. Ευσταθίου, Σύντομη ιστορία της Χημείας. Μερικοί από τους κυριότερους σταθμούς της εξέλιξης της επιστήμης της Χημείας, ανακτήθηκε Μάρτιος, 2013, από http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_history.htm#10.1.
30. G. B. Kauffman, The role of gold in Alchemy. Part I, Part II, Gold Bulletin, 1985, pp 31- 78
31. D. Bleinas, T. Kelly, Obsolete Computers, “Gold Mine”, or High-Tech Trash? Resource Recovery from Recycling, *U.S. Geological Survey*, 1, ανακτήθηκε Μάρτιος, 2013, από <http://pubs.usgs.gov/fs/fs060-01>
32. A. H. Guerrero, H. J. Fasoli, J. L. Costa, Why gold and copper are colored but silver is not, *J. Chem. Ed.*, 1999, Vol. 76(2), p. 200.
33. K. Saeger, J. Rodies, The color of Gold and its Alloys, Gold Bulletin, 1977, Vol. 10, pp. 10-15.
34. F. A. Cotton, G. Wilkinson, C. A. Murillo, M. Bochmann, *Advanced inorganic Chemistry* (6th ed), 1999, New York: John Wiley & Sons, Inc.
35. Δ. Κατάκης, Κ. Μεθενίτης, Χ. Μητσοπούλου, *Ανόργανη Χημεία, Τα στοιχεία*, 2002, εκδόσεις Παπαζήση.
36. H. H. Harris, it is real gold, *J. Chem. Ed.*, 1999, Vol. 76, p. 198.
37. J. Henrique Teles, S. Brode, M. Chabanas, Cationic Gold (I) Complexes: Highly Efficient Catalyst for the Addition of Alcohols to Alkynes, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 1998, Vol. 37, pp. 1415-1418.
38. M. S. Kharasch, Horace S. Isbell, The chemistry of Organic Gold Compounds. III. Direct Introduction of Gold into the Aromatic Nucleus, *J. Am. Chem. Soc.* 1931, Vol. 53, pp. 3053-3059
39. M. Bardaji, A. Laguna, Gold chemistry: the Auophilic Attraction, *J. Chem. Ed.*, 1999, Vol. 76(2), pp. 201-203.
40. M.S. Chen, D.W. Goodman, Catalytically active gold on ordered titania supports *Chem. Soc. Rev.*, 2008, Vol. 37, pp. 1860-1870.

41. S. Mohamed, M. B. El Sayed, Simulation of the optical Absorption Spectra of Gold Nanorods as a function of their aspect ratio and the effect of the medium dielectric constant, *J. Phys. Chem.*, 1993, Vol. 103, pp. 3073-3077.
42. Α. Αντωνιάδης, Μηχανουργική τεχνολογία: κατεργασίες διαμόρφωσης, 2012, εκδόσεις Τζιόλα
43. H.H. Harris, it is real gold, *J. Chem. Ed.*, 1999, Vol. 76(2), p. 198.
44. W. Carpenter, Metals suitable for enameling, 1986, www.glass-on-metal.com
45. Ε. Κωνσταντινίδη-Συβρίδη, Η τεχνική της χύτευσης, στο: Οι Αμέτρητες Όψεις του Ωραίου στην Αρχαία Τέχνη, επιμέλεια Μ. Λαγογιάννη-Γεωργακαράκου, 2018, σελ. 245-254, έκδοση του Ταμείου Αρχαιολογικών Πόρων και Απαλλοτριώσεων.
46. Ν. Σπυρέλης, Τεχνολογία επιμεταλλώσεων, 1997, έκδοση ΕΜΠ.
47. L. Messori, G. Marcon, Gold Complexes in the treatment of Rheumatoid Arthritis, In Sigel, Astrid. Metal ions and their complexes in medication, *Met. Ions Biol. Syst.*, 2004, Ωολ. 41, pp. 279-304.
48. O. M. Ni Dhubhghaill, P. J. Sadler, Gold complexes in cancer chemotherapy, In: Metal Complexes in Cancer Chemotherapy (ed. Keppler B. K.), 1993, pp. 21-248, New York: VCH Publishers.
49. Chang-Hao Tsao, J. Wang, Y. Wang, A. Behren, J. Cebon, M. Trau, Characterising the phenotypic evolution of circulating tumour cells during treatment, *Nature Communications*, 2018, Vol. 9, pp. 1-10.
50. G. J. Hutchings, M. Brust, H. Schmidbaur, Gold – an Introductory prespective, *Chem. Soc. Rev.* 2008, Vol. 37, pp. 1759-1765.
51. Κ. Ευσταθίου – Χημικά χαρακτηριστικά και αντιδράσεις ανίχνευσης κατιόντων, Άργυρος, 2001
52. C. S. Hurlbut, W. Edwin Sharp *Dana's Minerals and How to Study Them (After Edward Salisbury Dana)* (4, εικονογραφημένη έκδοση), 1998, John Wiley and Sons.
53. GFMS, Silver Survey 2018, Gold Fields Mining Services Ltd, Thomson Reuters, 2018, London
54. J. Maillard, P. Hartemann, Silver as an antimicrobial: Facts and gaps in knowledge, *Crit. Rev. Microbiol*, 2012, Vol. 39(4), pp. 373-383.

55. R. J. Mitchell, T. Okabe, Setting reactions in dental amalgam. Part 2. The kinetics of amalgamation, *Crit. Rev. Oral Biol. Med.*, 1996, Vol. 7(1), pp. 23–25.
56. W.E. Brooks, 2010 Minerals Yearbook. SILVER (ADVANCE RELEASE). U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey, February 2012, Ανακτήθηκε στις 8/8/2012
57. Γ. Χρυσουλάκης, Δ. Παντελής, Επιστήμη και Τεχνολογία Μεταλλικών Υλικών, 1998, Αθήνα: Παπασωτηρίου
58. Μ. Μπουρουσιάν, Χημικοί δεσμοί στα απλά κρυσταλλικά στερεά, ΕΜΠ.
59. Α. Ορφανουδάκη-Μανουσάκη, Ορυκτολογία, 2001, ΕΜΠ.
60. Μ. Μπεάζη-Κατσιώτη, Ειδικά Κεφάλαια Ανόργανης Χημείας, 2015, ΕΜΠ.
61. Α. Κατερινόπουλος, Ο κόσμος των ορυκτών, Αθήνα 2007, Εκδόσεις Συμμετρία.
62. G. R. Rossman, Color in Gems: The new Technologies, *Gems & Gemology*, 1981, Vol. 17, No 2, pp. 60-71.
63. Madame De Barrera, Gems and Jewels-their History, Geography, Chemistry and Ana, 1860, London, Richard Bentley, New Burlington Street.
64. Smithson Tennant, On the nature of the diamond, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1797, Vol. 87, pp. 123-127.
65. S. B. Shirey, J. E. Shigley, Recent Advances in Understanding the Geology of Diamonds, *Gems & Gemology*, 2013, Vol. 49(4), pp. 188-222.
66. C. Lee, X. Wei, J. W. Kysar, J. Hone, Measurement of the Elastic Properties and Intrinsic Strength of Monolayer Graphene, *Science*, 2008, Vol. 321, pp. 385–388.
67. A. J. Cavosie, J. W. Valley, S. A. Wilde, The Oldest Terrestrial Mineral Record: Thirty Years of Research on Hadean Zircon From Jack Hills, Western Australia. In: Earth's Oldest Rocks, Edited by Martin J. Van Kranendonk, R. Hugh Smithies and Vickie C. Bennett, *Developments in Precambrian Geology*, (K. C. Condie, Series Editor), 2018, Vol. 15, pp. 91-111.
68. S. Mulhmeister, E. Fritsch, J. E. Shigley, B. Devouard and B. M. Laurs, Natural and Synthetic Rubies on the Basis of Trace – Element Chemistry, *Gems & Gemology*, 1998, Vol. 34, pp. 80-101.

69. E. E. Lomonova, V. V. Osiko, Growth of Zirconia Crystals by Skull-Melting Technique, In: *Crystal Growth Technology*, 2004, Ch. 21, Book Editor(s): Hans J. Scheel, Tsuguo Fukuda, pp. 461–484, Wiley.
70. E. Boros, M. J. Earle, M. A. Gilea, Metlen, A. Mudring, F. Rieger, A. J. Robertson, K. R. Seddon, A. A. Tomaszowska, L. Trusov, J. S. Vyle, On the dissolution of non-metallic solid elements (sulfur, selenium, tellurium and phosphorus) in ionic liquids, *Chem. Comm.*, 2010, Vol. 46, pp. 716–718.
71. J. Koivula, M. Tannous and K. Schmetzer, Synthetic Gem Materials and simulants in th 1990s, *Gems & Gemology*, 2000, Vol. 36, pp. 360-379.
72. S. F. McClure and C. P. Smith, Gemstone Enhancements and Detection in the 1990s, *Gems & Gemology*, 2000, Vol.36, pp. 336-359.
73. J. F. Lutz, M. Ouchi, D. Liu, M. Sawamoto, Sequence-Controlled Polymers, *Science*, 2013, Vol. 341, pp. 1238149-1 to 1238149-8.
74. L. Tai-an Lai, Blue Chalcedony Partially filled with Epoxy Resin, *Gems & Gemology*, 2015, vol. 51, pp. 205-206.
75. L. Tai-an Lai, Jadeite Bangle with the appearance of Polymer Treatment, *Gems & Gemology*, 2014, Vol. 51, pp. 158-159.
76. G. Collin, et al., Resins, Synthetic, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2005, Wiley-VCH.
77. Xia Cao, L. James Lee, Control of shrinkage and residual styrene of unsaturated polyester resins Cured at low temperatures: I. Effect of curing agents, *Polymer*, 2003, Vol. 44, pp. 1893-1902.
78. “Composites”, ASM Handbook extractions, Polyester Resins, Prof. H. Hansmann Hochschule Wismar FB MVU, Werkstofftechnologien / Kunststofftechnik , Oct. 2003.
79. Θ. Βαλαβανίδης, Κ. Ευσταθίου, Πολυβινυλοχλωρίδιο PVC, Η ένωση του μήνα, Ιούλιος 2010, http://195.134.76.37/chemicals/chem_PVC.htm.

80. Α. Μαυρόπουλος, Σχεδιασμός μαθήματος, (2^η έκδοση), 2016.

81. Υπουργείο Παιδείας δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων - «Χημεία – Βιβλίο Καθηγητή Α' Λυκείου», 2012.