

ΠΟΔΙΤΙΚΟ ΕΘΝΙΚΟ ΠΑΙΔΙΑΤΡΙΚΟ ΚΕΦΑΛΟΓΥΜΑΤΟΝ - ΠΑΙΔΙΩΝ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Ανόργανη ΧΗΜΕΙΑ



ΤΕΧΝΙΚΑ

ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ

Ανόργανη ΧΗΜΕΙΑ

Β. ΤΑΞΗ Του ΚΥΚΛΟΥ

Εδικοτάτα: Χρυσών Εργαστηρίων
και Ποιοτικού Ελέγχου

Τιμή κατ. 1.060
ΒΙΒΛΙΟρυθμός 954



K.A.20-0036



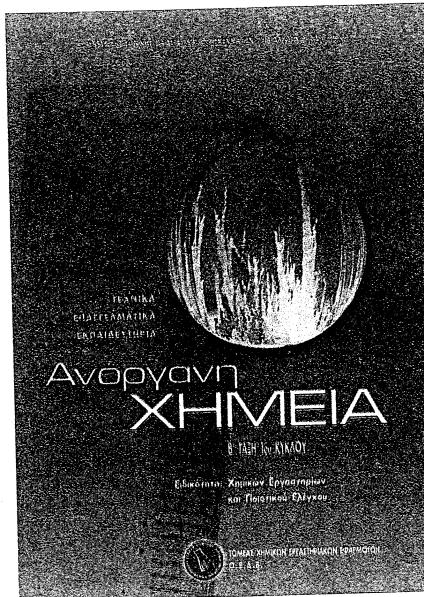
ISBN: 960-06-0813-9



ΤΟΜΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΡΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
Φ. Ε. Δ. Β.

1060
970036

Ανόργανη Χημεία



Δενδρίτες αλάτων που δημιουργούνται σταν προσθέσουμε διαλύματα αλάτων σε υδρίαλο (πυριτικό νάτριο)

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Δ. Βάττης

Α. Γαρούφης

Σ. Κασσελούρη

Ανόργανη Χημεία

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ

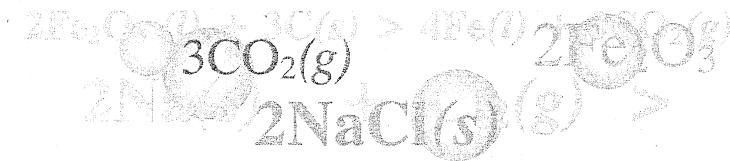
Β' Τάξη 1^ο Κύκλου

Ειδικότητα Χημικών Εργαστηρίων και Ποιοτικού Ελέγχου



ΤΟΜΕΑΣ
ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ
ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ



Περιεχόμενα

1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Οξειδοαναγωγή

1.1	Εισαγωγή	13
1.2	Ορισμός οξειδωσης και αναγωγής	14
1.2.1	Αρχικός ορισμός	14
1.2.2	Ορισμός με βάση την ηλεκτρονική θεωρία	15
1.2.3	Σύγχρονος ορισμός της οξειδωσης και αναγωγής.....	17
1.3	Ημιαντιδράσεις οξειδωσης και αναγωγής.....	24
1.3.1	Τα κυριότερα οξειδωτικά και αναγωγικά μέσα	24
1.3.2	Γραφή ημιαντιδράσεων οξειδωσης και αναγωγής	26
1.4	Αντιδράσεις οξειδοαναγωγής	30
1.4.1	Ταξινόμηση των αντιδράσεων οξειδοαναγωγής	30
1.4.2	Επίδραση των οξέων σε μέταλλα και αμέταλλα	40
1.5	Εφαρμογές της οξειδοαναγωγής	43
1.5.1	Βολταϊκά στοιχεία (μπαταρίες)	43
1.5.2	Ηλεκτρόλυση	45
1.5.3	Φωτογραφία	46
	ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	47
	ΑΣΚΗΣΕΙΣ & ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	48

2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Μέταλλα και Κράματα

2.1	Μέταλλα	53
2.1.1	Εισαγωγή	53
2.1.2	Μεταλλικός χαρακτήρας	54
2.1.3	Μεταλλικός δεσμός	56
2.1.4	Κρυσταλλική δομή των μετάλλων	58

2.1.5 Φυσικές ιδιότητες των μετάλλων	61
2.1.6 Χημικές ιδιότητες των μετάλλων	65
2.1.7 Διάβρωση των μετάλλων.....	68
2.1.8 Προστασία των μετάλλων από τη διάβρωση	72
2.1.9 Ενώσεις των μετάλλων στη φύση	77
2.1.10 Μεταλλουργία	79
2.1.11 Βιομεταλλουργία	86
2.1.12 Ανακύλωση των μετάλλων.....	89
2.1.13 Μέταλλα Ιχνοστοιχεία	92
2.2 Κράματα.....	95
2.2.1 Εισαγωγή	95
2.2.2 Είδη κραμάτων.....	96
2.2.3 Μέθοδοι εξέτασης κραμάτων	98
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	101
ΑΣΚΗΣΕΙΣ & ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ.....	103

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ Μέταλλα Πρακτικού Ενδιαφέροντος

3.1 Χαλκός	109
3.1.1 Εισαγωγή	109
3.1.2 Προέλευση.....	110
3.1.3 Μεταλλουργία.....	110
3.1.4 Φυσικές ιδιότητες	113
3.1.5 Χημικές ιδιότητες	113
3.1.6 Εφαρμογές - Κράματα	114
3.2 Σίδηρος	116
3.2.1 Εισαγωγή	116
3.2.2 Προέλευση.....	117
3.2.3 Μεταλλουργία	117
3.2.4 Είδη σιδήρου	120
3.2.5 Φυσικές ιδιότητες	125
3.2.6 Χημικές ιδιότητες	126
3.3 Αργύριο.....	127
3.3.1 Εισαγωγή	127
3.3.2 Προέλευση.....	128
3.3.3 Μεταλλουργία.....	129
3.3.4 Φυσικές ιδιότητες	132
3.3.5 Χημικές ιδιότητες	132
3.3.6 Εφαρμογές - Κράματα	134

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	137
ΑΣΚΗΣΕΙΣ & ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	138

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Αμέταλλα Πρακτικού Ενδιαφέροντος

4.1 Υδρογόνο (H_2)	143
4.1.1 Προέλευση	143
4.1.2 Παρασκευές	144
4.1.3 Φυσικές ιδιότητες	146
4.1.4 Χημικές ιδιότητες	146
4.1.5 Εφαρμογές	148
4.2 Οξυγόνο (O_2)	150
4.2.1 Προέλευση	150
4.2.2 Παρασκευές	150
4.2.3 Φυσικές ιδιότητες	152
4.2.4 Χημικές ιδιότητες	154
4.2.5 Βιολογική ομηροσία	155
4.2.6 Εφαρμογές	157
4.3 Άζωτο (N_2).....	157
4.3.1 Προέλευση	157
4.3.2 Παρασκευές	159
4.3.3 Φυσικές ιδιότητες	159
4.3.4 Χρήσεις	159
4.4 Αλογόνα	160
4.4.1 Προέλευση	161
4.4.2 Παρασκευές	161
4.4.3 Φυσικές και χημικές ιδιότητες	163
4.4.4 Εφαρμογές	166
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	168
ΑΣΚΗΣΕΙΣ & ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	170

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Χημικές Ενώσεις Πρακτικού Ενδιαφέροντος

5.1 Υδροχλωρικό οξύ (HCl)	175
5.1.1 Βιομηχανική Παρασκευή	175
5.1.2 Φυσικές και Χημικές ιδιότητες	176

5.1.3 Εφαρμογές.....	178
5.2 Θειικό οξύ (H_2SO_4).....	179
5.2.1 Βιομηχανική Παρασκευή.....	179
5.2.2 Φυσικές και Χημικές ιδιότητες	180
5.2.3 Εφαρμογές.....	183
5.3 Νιτρικό οξύ (HNO_3).....	184
5.3.1 Βιομηχανική Παρασκευή.....	184
5.3.2 Φυσικές και Χημικές ιδιότητες	185
5.3.3 Εφαρμογές.....	186
5.4 Ύδροξείδιο του νατρίου ($NaOH$)	187
5.4.1 Βιομηχανική Παρασκευή.....	187
5.4.2 Φυσικές και χημικές ιδιότητες	189
5.4.3 Εφαρμογές.....	190
5.5 Αμμωνία (NH_3)	190
5.5.1 Βιομηχανική Παρασκευή.....	192
5.5.2 Φυσικές και χημικές ιδιότητες	192
5.5.3 Εφαρμογές.....	194
5.6 Νερό (H_2O)	195
5.6.1 Προέλευση.....	195
5.6.2 Συληρότητα του νερού	197
5.6.3 Χρήσεις του νερού.....	199
5.6.4 Βιομηχανική χρήση του νερού	201
5.6.5 Αποσκλήρυνση του νερού.....	202
5.7 Όξινο ανθρακικό νάτριο ($NaHCO_3$) και ανθρακικό νάτριο (Na_2CO_3)	205
5.7.1 Βιομηχανική Παρασκευή του $NaHCO_3$ και Na_2CO_3	205
5.7.2 Εφαρμογές.....	206
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	208
ΑΣΚΗΣΕΙΣ & ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	209
ΓΛΩΣΣΑΡΙ	213
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	223

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Περιοδικός Πίνακας	226
Πίνακας Ατομικών Βαρών	227

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

Οξειδοαναγωγή

1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Οξειδοαναγωγή

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αρχετά από τα χημικά φαινόμενα που συμβαίνουν στον έμβιο και τον ανόργανο κόσμο, είναι αποτέλεσμα ενός τύπου χημικών αντιδράσεων που ονομάζονται αντιδράσεις οξειδοαναγωγής.

Αυτού του τύπου οι αντιδράσεις εδημηνεύουν ένα ευρύ φάσμα από χημικά φαινόμενα, όπως το σκούριασμα των μετάλλων κατά την έκθεσή τους στο οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα, την μετατροπή του κρασιού σε ξίδι, τις καύσεις του άνθρακα, του πετρελαίου, του φυσικού αερίου, κ.λ.π.



Σχήμα 1.1. Η οξείδωση του άνθρακα από το οξυγόνο, σε διοξείδιο του άνθρακα.

Στους ζωντανούς οργανισμούς η ενέργεια που δαπανάται κατά τις βιοχημικές διεργασίες

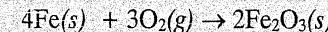
που συμβαίνουν στα κύπταρα, προέρχεται κυρίως από οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, όπως είναι η οξείδωση οργανικών μορίων τα οποία παράγουν διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Οι αντιδράσεις αυτές πραγματοποιούνται στη σταθερή θερμοκρασία του σώματος και παράγουν χημική ενέργεια και θερμότητα.

Η οξείδωση των οργανικών μορίων πραγματοποιείται στα κύπταρα από το οξυγόνο της ατμόσφαιρας που μεταφέρεται σ' αυτά με την διαδικασία της αναπνοής.

1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΩΓΗΣ

1.2.1 Αρχικός ορισμός

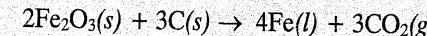
Η έννοια της **οξείδωσης**, αρχικά, ήταν ταυτίσμένη με την αντίδραση ενός σώματος με το **οξυγόνο**. Ένα παράδειγμα που αποδίδει με τον καλλίτερο τρόπο την αρχική αυτή αντίληψη, αποτελεί η οξείδωση του σιδήρου. Όλοι έχουμε δει ένα σιδερένιο καρφί να σκουριάζει, παρουσία υγρασίας, εξ αιτίας της αντίδρασής του με το οξυγόνο του αέρα. Κατά την αντίδραση αυτή ο σιδηρός μετατρέπεται σε οξείδιο του σιδήρου σύμφωνα με την πιο κάτω αντίδραση:



Άλλα παραδείγματα οξείδωσης είναι οι **καύσεις** των ξύλών, του πετρελαίου και των παραγώγων του, του φυσικού αερίου κ.λ.π. κατά τις οποίες το οξυγόνο του αέρα ενώνεται με στοιχεία που περιέχουν τα πιο πάνω σώματα όπως είναι ο άνθρακας (C) και το υδρογόνο (H₂) παράγοντας οξείδια του άνθρακα (CO₂, CO) και νερό (H₂O).

Ανάλογα ο όρος **αναγωγή**, αναφερόταν σε χημικές αντιδράσεις στις οποίες οι ενώσεις έχα-

ναν οξυγόνο που περιείχαν στο μόριό τους, όπως για παράδειγμα η αναγωγή του οξειδίου του Fe³⁺ σε μεταλλικό σίδηρο σε υψηλή θερμοκρασία.

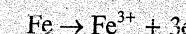


Σήμερα, οι όροι οξείδωση και αναγωγή έχουν ευρύτερη σημασία, αναφερόμενοι σε μία μεγάλη κατηγορία χημικών αντιδράσεων, οι οποίες παρουσιάζουν ομοιότητες στα χαρακτηριστικά τους σε σχέση με τις αντιδράσεις που περιγράψαμε.

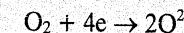
1.2.2 Ορισμός με βάση την ηλεκτρονική θεωρία

Μια σημαντική κατηγορία χημικών αντιδράσεων στις οποίες δεν συμμετείχε το οξυγόνο, εντάχθηκαν στις αντιδράσεις οξείδωσης και αναγωγής με την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής θεωρίας. Σύμφωνα με την θεωρία αυτή:

Οξείδωση είναι η αποβολή ηλεκτρονίων από ένα στοιχείο:

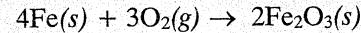


Αναγωγή είναι η πρόσληψη ηλεκτρονίων από ένα στοιχείο:



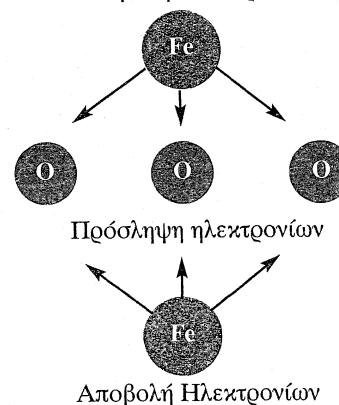
Καθώς δεν είναι δυνατόν να υπάρξουν ανεξάρτητα αντιδράσεις οξείδωσης ή αντιδράσεις αναγωγής, μιλάμε πάντα για αντιδράσεις **οξειδοαναγωγής**, δηλαδή για αντιδράσεις μετακίνησης ηλεκτρονίων από το άτομο του στοιχείου που οξειδώνεται στο άτομο του στοιχείου που ανάγεται.

Στην αντίδραση



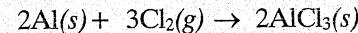
ο σίδηρος (Fe) αποβάλλει ηλεκτρόνια και οξειδώνεται, ενώ το οξυγόνο (O₂) προσλαμβάνει ηλεκτρόνια και ανάγεται (σχήμα 1.2). Τα ιόντα Fe³⁺ και O²⁻ που παράγονται σχηματίζουν την ένωση οξείδιο του σιδήρου (Fe₂O₃).

Αποβολή Ηλεκτρονίων



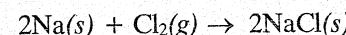
Σχήμα 1.2. Δύο άτομα σιδήρου αποβάλλουν $2 \cdot 3 = 6$ ηλεκτρόνια που προσλαμβάνουν τρία άτομα οξυγόνου (από δύο το κάθε ένα).

Στην αντίδραση



το αργίλιο (Al) αποβάλλει ηλεκτρόνια και οξειδώνεται, ενώ το χλώριο (Cl₂) προσλαμβάνει ηλεκτρόνια και ανάγεται. Τα ιόντα Al³⁺ και Cl⁻ που παράγονται σχηματίζουν την ένωση χλωριούχο αργίλιο (AlCl₃).

Στην αντίδραση



το νάτριο (Na) αποβάλλει ηλεκτρόνια και οξειδώνεται, ενώ το χλώριο (Cl₂) προσλαμβάνει ηλεκτρόνια και ανάγεται. Τα ιόντα Na⁺ και Cl⁻ που παράγονται σχηματίζουν την ένωση χλωριούχο νάτριο (NaCl).

Συνεπώς, σε κάθε αντίδραση οξειδοαναγωγής υπάρχει ένα άτομο στοιχείου που αποβάλλει ηλεκτρόνια και οξειδώνεται και ένα άλλο που τα προσλαμβάνει και ανάγεται. Τα άτομα αυτά μπορούν να είναι ουδέτερα (ελεύθερα στοιχεία), φορτισμένα (ιόντα) ή να ανήκουν σε χημικές ενώσεις.

Το άτομο που αποβάλλει ηλεκτρόνια προκαλεί την αναγωγή του άλλου και γι' αυτό ονομάζεται **αναγωγικό**.

Αναγωγικά μέσα ή **σώματα** ονομάζονται τα στοιχεία, οι χημικές ενώσεις ή τα ιόντα που περιέχουν ένα ή περισσότερα αναγωγικά άτομα.

Το άτομο που προσλαμβάνει τα ηλεκτρόνια προκαλεί την οξείδωση του άλλου και γι' αυτό ονομάζεται **οξειδωτικό**.

Οξειδωτικά μέσα ή **σώματα** ονομάζονται τα στοιχεία, οι χημικές ενώσεις ή τα ιόντα που περιέχουν ένα ή περισσότερα οξειδωτικά άτομα.

1.2.3 Σύγχρονος οφισμός της οξείδωσης και αναγωγής

Η περιγραφή των αντιδράσεων οξειδοαναγωγής γίνεται απλούστερη με την εισαγωγή του όρου **αριθμός οξείδωσης** ατόμου ή (α.ο.). Η εισαγωγή του όρου κρίθηκε απαραίτητη καθώς η ηλεκτρονική θεωρία δεν ερμήνευε τις περιπτώσεις των ομοιοπολικών ενώσεων, οι οποίες δημιουργούνται με συνεισφορά ηλεκτρονίων από τα άτομα των στοιχείων που συμμετέχουν στον δεσμό, και όχι με αποβολή ή πρόσληψη ηλεκτρονίων. Έτσι οξείδωση ονομάζεται η αύξηση της αλγεβρικής τιμής του α.ο. ενός ατόμου που συμμετέχει στην αντίδραση, ενώ αναγωγή η μείωση του α.ο. του.

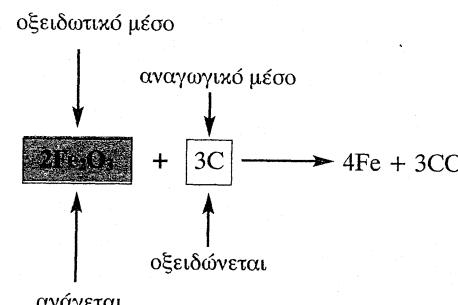
Ο α.ο. είναι το φορτίο, θετικό ή αρνητικό, που φαίνεται να έχει το άτομο ενός στοιχείου. Λέμε φαίνεται να έχει, γιατί υπάρχουν περιπτώσεις

Οι αριθμοί οξείδωσης μερικών μετάλλων και αμετάλλων στοιχείων.

Li^{+1} , Na^{+1} , K^{+1} ,
 $\text{H}^{+1/-1}$, $\text{Cu}^{+1/+2}$, Ag^{+1} ,
 $\text{Au}^{+1/+3}$, Ca^{+2} , Ba^{+2} ,
 Mg^{+2} , Zn^{+2} , $\text{Fe}^{+2/+3}$,
 $\text{Pt}^{+2/+4}$, Hg^{+2} ,
 $\text{Sn}^{+2/+4}$, $\text{Mn}^{+2/+4/+7}$,
 Al^{+3} .
 $\text{C}^{+4/-4}$, $\text{P}^{+3/+5/+7}$, F^{-1} ,
 $\text{X}^{-1/+1/+3/+5/+7}$
(X = Cl, Br, I),
 $\text{N}^{-3/+2/+3/+4/+5}$,
 $\text{S}^{+2/+2/+4/+6}$, $\text{O}^{-2/-1}$.

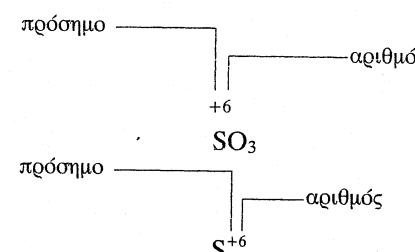
όπου ταυτίζεται με το πραγματικό φορτίο του ιόντος (π.χ. Na^+ α.ο. = +1) και περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει ένδειξη πραγματικού ηλεκτρικού φορτίου στο άτομο που αποδίδεται (π.χ. CO_2 α.ο. C = +4)

Στην αντίδραση που φαίνεται στο σχήμα 1.3 ο άνθρακας (C) οξειδώνεται προς διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) ενώ το ιόν Fe^{3+} που βρίσκεται στην ένωση Fe_2O_3 ανάγεται προς ουδέτερα άτομα σιδήρου (Fe).



Σχήμα 1.3. Η αντίδραση αναγωγής του Fe_2O_3 από C όπου σημειώνεται το αναγωγικό και οξειδιωτικό σώμα.

Ο α.ο. του στοιχείου που συμμετέχει σε μία χημική ένωση γράφεται είτε ακριβώς πάνω από το σύμβολο του στοιχείου με πρώτο το πρόσημο και μετά τον αριθμό ή σαν εκθέτης πάνω και δεξιά του συμβόλου του στοιχείου με το πρόσημο να προηγείται του αριθμού.



Σχήμα 1.4. Ο αριθμός οξείδωσης μπορεί να συμβολιστεί με τους δύο πιο πάνω τρόπους.

Ο υπολογισμός του α.ο. γίνεται σύμφωνα με τους παρακάτω συμβατικούς κανόνες:

1. Ο αριθμός οξείδωσης του ατόμου ενός στοιχείου στην ελεύθερη κατάσταση είναι μηδέν.

- Το άτομο του Fe στην ελεύθερη μορφή του.
- Το άτομο του N στο μόριο N_2 .
- Το άτομο του S στο μόριο S_8 .

2. Ο αριθμός οξείδωσης ενός μονατομικού ιόντος είναι ισοδύναμος με το φορτίο του.

- NaCl το ιόν Na^+ έχει α.ο. = +1
- CaCl_2 το ιόν Ca^{2+} έχει α.ο. = +2
- NaCl το ιόν Cl^- έχει α.ο. = -1

3. Στις περισσότερες ενώσεις ο αριθμός οξείδωσης του H είναι +1. Εξαίρεση αποτελούν τα υδρίδια των μετάλλων της 1ης και 2ης ομάδας του περιοδικού πίνακα, στα οποία ο αριθμός οξείδωσης του H είναι -1.

- Θειικό οξύ (H_2SO_4) το H έχει α.ο. = +1
- Νερό (H_2O) το H έχει α.ο. = +1
- Υδρίδιο του καλίου (KH) το H έχει α.ο. = -1

Πρόσεξε ότι...

Το φορτίο ενός μονοατομικού ή πολυατομικού ιόντος συμβολίζεται με τον αριθμό προηγείται του προσήμου, ενώ ο α.ο. με το πρόσημο να προηγείται του αριθμού.

Για παράδειγμα, το ιόν του ασβεστίου έχει φορτίο 2+ και αριθμό οξείδωσης +2.

πρώτη ομάδα

	δεύτερη ομάδα
H	
Li Be	
Na Mg	
K Ca	
Rb Sr	
Cs Ba	
Fr Ra	

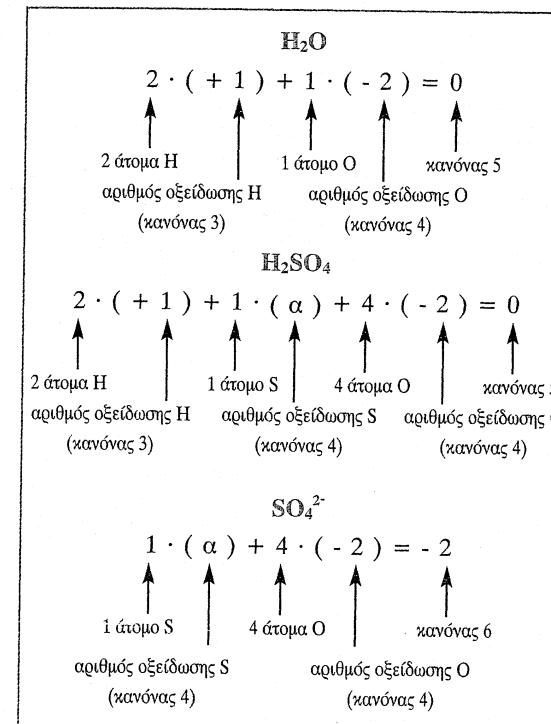
Σχήμα 1.5. Η 1^η και 2^η ομάδα του περιοδικού πίνακα.

4. Στις περισσότερες ενώσεις ο αριθμός οξείδωσης του οξυγόνου είναι -2. Εξαίρεση αποτελούν τα υπεροξειδία όπου είναι -1 και η ένωση OF_2 που είναι +2.

- Νερό (H_2O) το O έχει α.ο. = -2
- Θειικό οξύ (H_2SO_4) το O έχει α.ο. = -2

- Υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) το οποίο έχει α.ο. = -1

5. Το άθροισμα των αριθμών οξείδωσης για όλα τα άτομα σε ένα ουδέτερο μόριο ή σε μία χρηματική ένωση είναι μηδέν, ενώ σε ένα πολυάριθμο ιστό είναι ίσο με το φορτίο του ιόντος.



Σχήμα 1.6. Αναλυτικός τρόπος προσδιορισμού των αριθμούν οξείδωσης για τα συνέτερα μόρια H_2O , H_2SO_4 και των ιώντος SO_4^{2-} .

6. Σε ενώσεις του τύπου A_xB_y που δεν περιέχουν μεταλλικό στοιχείο το περισσότερο η λειτραφρηνητικό στοιχείο σημειεύνεται με το αονητικό αριθμό οξειδωσης.

- Τοιχλωδοτυπόχος φωσφόρος (PCl_3). Ο φώσφορος (P) έχει α.ο. = +3 ενώ το χλώριο (Cl) = -1

- Τετραχλωράνθρακας (CCl_4). Ο άνθρακας (C) έχει α.ο. = +4 ενώ το Cl = -1.

Η εισαγωγή λοιπόν του αριθμού οξείδωσης μας έδωσε την δυνατότητα να περιγράψουμε το άτομο που οξειδώνεται, σαν εκείνο το οποίο αυξάνει τον α.ο. του, ενώ το άτομο που ανάγεται σαν εκείνο που μειώνει τον α.ο. του. Συνεπώς στην αντίδραση:



ο σιδηρος (Fe) με α.ο. = 0, (σύμφωνα με τους κανόνα -1-) αυξάνοντάς του σε +3 οξειδώνεται (βλέπε υποδειγματικό πρόβλημα 1), ενώ το O_2 με α.ο. = 0 (κανόνας -1-) μειώνοντάς του σε -2 (κανόνας -4-), ανάγεται.

Όλα τα στοιχεία του περιοδικού πίνακα δεν έχουν την ίδια τάση για αύξηση ή ελάττωση του α.ο. τους. Έτσι τα μέταλλα έχουν την τάση να αποβάλλουν ηλεκτρόνια, σχηματίζοντας σταθερή ηλεκτρονική δομή, ενώ τα αμέταλλα έχουν την τάση να προσλαμβάνουν ηλεκτρόνια.

Συνεπώς τα μέταλλα έχουν την τάση να προκαλούν αναγωγές και γ' αυτό ονομάζονται αναγωγικά μέσα, ενώ τα αμέταλλα έχουν την τάση να προκαλούν θεξιδώσεις και γ' αυτό ονομάζονται οξειδωτικά μέσα.

Η αναγωγική ισχύς των μετάλλων αυξάνεται από δεξιά προς τα αριστερά στην παρακάτω σειρά μετάλλων. Η αναγωγική ισχύς συχνά ονομάζεται και **σειριά ηλεκτροθετικότητας**.

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Pb, H, Cu, Ag, Hg, Pt, Au

Αύξηση αναγωγικής ισχύος Αύξηση ηλεκτροθετικότητας

Αντίστοιχα η οξειδωτική ισχύς των αμετάλλων αυξάνεται από δεξιά προς τα αριστερά στην παρακάτω σειρά αμετάλλων. Η οξειδωτική ισχύς συχνά ονομάζεται και **σειρά ηλεκτραρνητικότητας**.

F, Cl, Br, I, O, S, ...

←
Αύξηση οξειδωτικής ισχύος
Αύξηση ηλεκτροαρνητικότητας

Στη σειρά αυτή δεν εμφανίζονται τα υπόλοιπα αμέταλλα (P, N, C κ.λ.π.) τα οποία θεωρούνται ότι έχουν μικρότερη οξειδωτική ισχύ από το S.

Γνωρίζεις ότι....

Η λεκτροαρνητικότητα κατά Pauling είναι μέτρο της ικανότητας ενός στόμου σε ένα μόριο να έλκει ηλεκτρόνια προς το μέρος του.

Η ικανότητα αυτή αυξάνεται από αριστερά προς τα δεξιά και από κάτω προς τα επάνω στον περιοδικό πίνακα όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί:

Ηλεκτροαρνητικότητα																	
ευγενή αέρα																	
H	Li	Be															He
Na	Mg																
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Xe
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Kr
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Ha													
μέταλλα 1 ^η και 2 ^η ομάδας						μέταλλα μετάπτωσης						επαμφοτερίζοντα μέταλλα					

Σχήμα 1.7. Μεταβολή της ηλεκτροαρνητικότητας κατά Pauling στον περιοδικό πίνακα των στοιχείων.

Σημειώνεται ότι η ηλεκτροαρνητικότητα κατά Pauling δεν πρέπει να συγχέεται με τη σειρά ηλεκτροαρνητικότητας. Η τελευταία δείχνει την τάση που έχουν τα στοιχεία να αναχθούν και να οξειδώσουν άλλα στοιχεία. Για το λόγο αυτό είναι σωστότερο η σειρά ηλεκτροαρνητικότητας να αναφέρεται ως σειρά οξειδωτικής ισχύος.

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ 1

Χρησιμοποιώντας τους συμβατικούς κανόνες υπολογισμού του α.ο. να αποδοθούν οι αριθμοί οξειδωσης των στοιχείων των ενώσεων NaCl, Fe₂O₃ και του πολυατομικού ιόντος HCO₃⁻.

ΛΥΣΗ

• NaCl

Η ένωση NaCl αποτελείται από το ιόν Na⁺ και το ιόν Cl⁻. Με βάση τον κανόνα (2) ο α.ο. ισούται με το φορτίο του ιόντος και συνεπώς οι α.ο. για το μεν Na⁺ είναι = +1 για το δε Cl⁻ είναι = -1.

• Fe₂O₃

Με βάση τον κανόνα (4) το οξυγόνο έχει α.ο.= -2

Με βάση τον κανόνα (5) το άθροισμα όλων των α.ο. σε μία χημική ένωση είναι μηδέν.

Έτσι:

$$\text{Τρία άτομα οξυγόνου } 3 \cdot (-2) = -6$$

$$\text{Δύο άτομα σιδήρου } 2 \cdot (\alpha) = \frac{2\alpha}{-6 + 2\alpha} = 0$$

οπότε $\alpha = +3$

Άρα ο α.ο. του σιδήρου είναι +3.

• HCO₃⁻

Με βάση τον κανόνα (3) το υδρογόνο έχει α.ο. = +1

Με βάση τον κανόνα (4) το οξυγόνο έχει α.ο. = -2

Με βάση τον κανόνα (5) το άθροισμα όλων των α.ο. σε ένα πολυατομικό ιόν είναι ίσο με το φορτίο του. Δηλαδή στη περύπτωση του HCO₃⁻ = -1

Έτσι:

$$\text{Ένα άτομο υδρογόνου } 1 \cdot (+1) = +1$$

$$\text{Τρία άτομα οξυγόνου } 3 \cdot (-2) = -6$$

$$\text{Ένα άτομο άνθρακα } \frac{1 \cdot (\alpha)}{+1-6+\alpha} = -1$$

οπότε $\alpha = +4$

Άρα ο α.ο. του άνθρακα είναι +4.

1.3 ΗΜΙΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΩΓΗΣ

1.3.1 Τα κυριότερα οξειδωτικά και αναγωγικά μέσα

Όπως έχουμε ήδη πει, σε κάθε αντίδραση οξειδοαναγωγής συμμετέχουν ένα οξειδωτικό και ένα αναγωγικό μέσο. Στους πίνακες που ακολουθούν σημειώνονται τα κυριότερα από αυτά.

ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟ ΜΕΣΟ

- Περιέχει άτομο στοιχείου που ανάγεται.
- Περιέχει άτομο στοιχείου, που προσλαμβάνει ηλεκτρόνια και ελαττώνει έτσι τον α.ο. του.
- Προκαλεί οξείδωση.

ΑΝΑΓΩΓΙΚΟ ΜΕΣΟ

- Περιέχει άτομο στοιχείου που οξειδώνεται.
- Περιέχει άτομο στοιχείου, που αποβάλλει ηλεκτρόνια και αυξάνει έτσι τον α.ο. του.
- Προκαλεί αναγωγή.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 1.1 οξειδωτικά μέσα είναι, τα μεταλλοϊόντα στα οποία το μεταλλικό βρίσκεται σε υψηλή οξειδωτική κατάσταση, τα ελεύθερα αμέταλλα και ενώσεις του οξυγόνου (οξείδια, οξέα, άλατα).

Πίνακας 1.1: Τα κυριότερα οξειδωτικά σώματα.

ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ		
Μεταλλοϊόντα		$\Delta_{\text{Ox}} > \Delta_{\text{Red}}$
$+3 \quad +2$ $\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}$ $+4 \quad +2$ $\text{Sn} \longrightarrow \text{Sn}$ $+2 \quad +1$ $\text{Cu} \longrightarrow \text{Cu}$		$0 \quad -1$ $\text{X}_2 \longrightarrow \text{X}$ $(\text{X} = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I})$ $0 \quad -2$ $\text{O}_2 \longrightarrow \text{O}$
Οξείδια	Οξέα	Άλατα
$+2 \quad 0$ $\text{CuO} \longrightarrow \text{Cu}$	$+5 \quad +4$ $\text{HNO}_3\pi. \longrightarrow \text{NO}_2$	$+7 \quad +2$ $\text{KMnO}_4 \xrightarrow{\text{H}^+} \text{Mn}$
$+1 \quad 0$ $\text{Ag}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ag}$	$+5 \quad +2$ $\text{HNO}_3\alpha. \longrightarrow \text{NO}$	$+6 \quad +3$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \xrightarrow{\text{H}^+} \text{Cr}$
$+4 \quad +2$ $\text{MnO}_2 \longrightarrow \text{Mn}$	$+6 \quad +4$ $\text{H}_2\text{SO}_4\pi.\theta. \longrightarrow \text{SO}_2$	$+5 \quad -1$ $\text{KClO}_3 \xrightarrow{\text{H}^+} \text{KCl}$
$+4 \quad 0$ $\text{SO}_2 \longrightarrow \text{S}$	$\pi=\text{πυκνό}, \alpha=\text{αφαίο}$ $\pi.\theta.=\text{πυκνό και θερμό}$	

Πίνακας 1.2: Τα κυριότερα αναγωγικά σώματα.

ΑΝΑΓΩΓΙΚΑ		
Μεταλλοϊόντα		Μετάλλα
$+2 \quad +3$ $\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}$ $+1 \quad +2$ $\text{Cu} \longrightarrow \text{Cu}$		$0 \quad +3$ $\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}$ $0 \quad +3$ $\text{Al} \longrightarrow \text{Al}$ $0 \quad +1$ $\text{H}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$
Οξείδια	Οξέα	Βραζιλία
$+2 \quad +3$ $\text{FeO} \longrightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$	$-1 \quad 0$ $\text{HX} \longrightarrow \text{X}_2$ $X=\text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$	$-3 \quad 0$ $\text{NH}_3 \longrightarrow \text{N}_2$
$+1 \quad +2$ $\text{Cu}_2\text{O} \longrightarrow \text{CuO}$	$-2 \quad 0$ $\text{H}_2\text{S} \longrightarrow \text{S}$	$-1 \quad 0$ $\text{KX} \longrightarrow \text{X}_2$ $X=\text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ $-2 \quad 0$ $\text{CuS} \longrightarrow \text{S}$ $+4 \quad +6$ $\text{Na}_2\text{SO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$

Αναγωγικά μέσα όπως προκύπτει και από τον πίνακα 1.2 είναι τα μεταλλοϊόντα στα οποία το μέταλλο βρίσκεται σε χαμηλή οξειδωτική κατάσταση, στοιχεία και ενώσεις που περιέχουν άτομο στοιχείου σε χαμηλή οξειδωτική κατάσταση.

Πίνακας 1.3: Οι ημιαντιδράσεις οξειδωσης των κυριοτέρων μέταλλων

Μέταλλο	Ημιαντιδραση
Λίθιο	$\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + e$
Κάλιο	$\text{K} \rightarrow \text{K}^+ + e$
Βάριο	$\text{Ba} \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2e$
Ασβέστιο	$\text{Ca} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2e$
Νάτριο	$\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + e$
Μαγνήσιο	$\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e$
Αργιλίο	$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3e$
Μαγγάνιο	$\text{Mn} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2e$
Ψευδάργυρος	$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e$
Σιδηρος	$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3e$
Μόλυβδος	$\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2e$
Υδρογόνο	$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2e$
Χαλκός	$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e$
Άργυρος	$\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + e$
Ύδραργυρος	$\text{Hg} \rightarrow \text{Hg}^+ + e$
Λευκόχρυσος	$\text{Pt} \rightarrow \text{Pt}^{2+} + 2e$
Χρυσός	$\text{Au} \rightarrow \text{Au}^{3+} + 3e$

1.3.2 Γραφή ημιαντιδράσεων οξειδωσης και αναγωγής

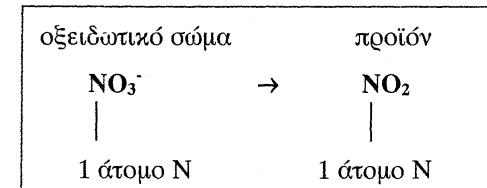
Όλες οι αντιδράσεις οξειδωσης αποδούν να αναλυθούν σε δύο **ημιαντιδράσεις**, οι οποίες πραγματοποιούνται ταυτόχρονα. Η μία αφορά στην οξείδωση και η άλλη στην αναγωγή δείχνοντας ευκρινώς τον αριθμό των ηλεκτρονίων που αποβάλλονται και προσλαμβάνονται α-

πό τα άτομα των στοιχείων που συμμετέχουν σ' αυτές. Επίσης, το χημικό περιβάλλον στο οποίο πραγματοποιείται η συνολική αντίδραση οξειδωσης αναγωγής συμπεριλαμβάνεται κατά την γραφή των ημιαντιδράσεων αυτών.

Γενικά, για τη συμπλήρωση μιας ημιαντιδρασης οξειδωσης ή αναγωγής ακολουθούμε τα πιο κάτω βήματα:

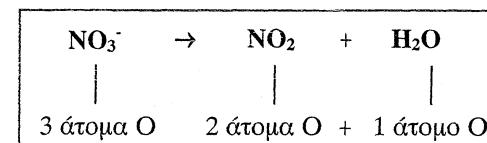
BHMA 1

Γράφουμε το οξειδωτικό ή αναγωγικό σώμα και το προϊόν που δίνει, προσέχοντας τον αριθμό ατόμων του στοιχείου όπου μεταβάλλει τον αριθμό οξειδωσης του, να είναι ο ίδιος και στα δύο μέλη της ημιαντιδρασης.



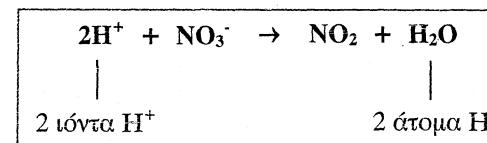
BHMA 2

Προσθέτουμε τόσα μόρια νερού σε εκείνο το μέλος της αντίδρασης όπου απαιτούνται, έτσι ώστε να έχουμε τον ίδιο αριθμό ατόμων οξυγόνου και στα δύο μέλη της ημιαντιδρασης.



BHMA 3

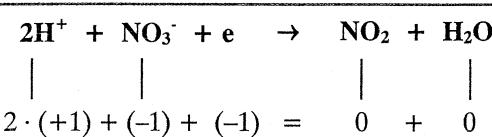
Προσθέτουμε τόσα ιόντα H^+ σε εκείνο το μέλος της αντίδρασης όπου απαιτούνται, έτσι ώστε να έχουμε τον ίδιο αριθμό ατόμων υδρογόνου και στα δύο μέλη της ημιαντιδρασης.



Ισοστάθμιση λέγεται η «τακτοποίηση» της μάζας, του φορτίου ή άλλου μεγέθους σε μια χημική εξίσωση, ώστε αυτά να είναι ίσα στα δύο μέλη της.

BHMA 4

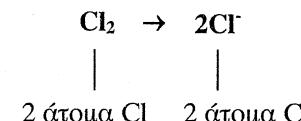
Ισοσταθμίζουμε το φορτίο προσθέτοντας ηλεκτρόνια (αρνητικά φορτία) σε εκείνο το μέλος της ημιαντίδρασης που χρειάζονται.

**ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ 2**

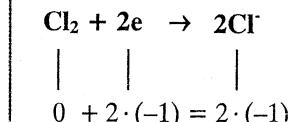
Να γραφούν οι ημιαντιδράσεις των πιο κάτω οξειδωτικών σωμάτων: Cl_2 , MnO_2 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

ΛΥΣΗ• Cl_2

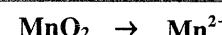
Βήμα 1: Γράφουμε το οξειδωτικό σώμα και το προϊόν του.



Βήμα 4: Ισοσταθμίζουμε το φορτίο.

• MnO_2

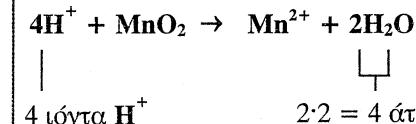
Βήμα 1: Γράφουμε το οξειδωτικό σώμα και το προϊόν του.



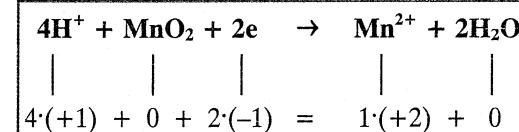
Βήμα 2: Όσα átoma O έχουμε στο πρώτο μέλος της αντίδρασης, τόσα μόρια νερού προσθέτουμε στο δεύτερο μέλος.



Βήμα 3: Όσα átoma H έχουμε στο δεύτερο μέλος της αντίδρασης, τόσα ιόντα H^+ προσθέτουμε στο πρώτο μέλος.

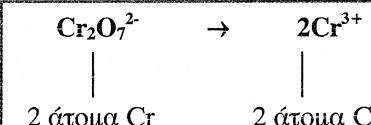


Βήμα 4: Ισοσταθμίζουμε το φορτίο.

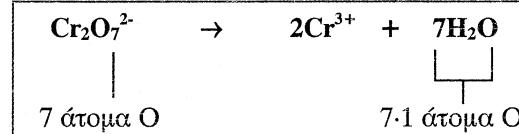
• $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Το διχρωμικό κάλιο βρίσκεται σε διάλυμα σε μορφή ιόντων διότι είναι ισχυρός ηλεκτρολύτης (δηλαδή 2K^+ και $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Για να γράψουμε την ημιαντίδραση οξείδωσης χρησιμοποιούμε το ιόν $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$.

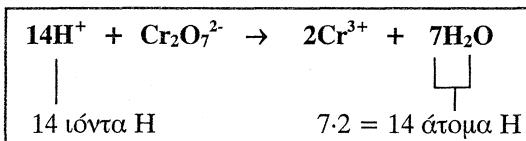
Βήμα 1: Γράφουμε το οξειδωτικό σώμα και το προϊόν του.



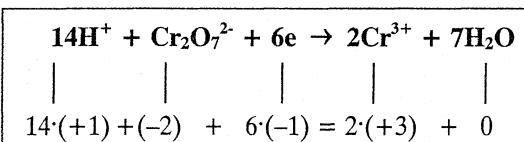
Βήμα 2: Όσα átoma O έχουμε στο πρώτο μέλος της αντίδρασης, τόσα μόρια νερού προσθέτουμε στο δεύτερο μέλος.



Βήμα 3: Όσα άτομα H έχουμε στο δεύτερο μέλος της αντίδρασης, τόσα ιόντα H^+ προσθέτουμε στο πρώτο μέλος.



Βήμα 4: Ισοσταθμίζουμε το φορτίο.



1.4 ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΗΣ

1.4.1 Ταξινόμηση των αντιδράσεων οξειδοαναγωγής

Οι αντιδράσεις οξειδοαναγωγής μπορούν να χωριστούν στις εξής κατηγορίες:

- Αντιδράσεις σύνθεσης.
- Αντιδράσεις αποσύνθεσης.
- Αντιδράσεις απλής αντικατάστασης.
- Αντιδράσεις πολύπλοκης μορφής.

1. Αντιδράσεις σύνθεσης.

Θυμάμαι ότι...
το οξειδωτικό σώμα περιέχει άτομο στοιχείου που ανάγεται και το αναγωγικό σώμα περιέχει άτομο στοιχείου που οξειδώνεται.

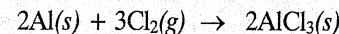
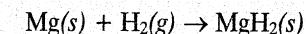
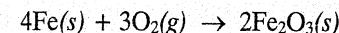
Οι αντιδράσεις αυτές μπορούν να διακριθούν σε δύο περιπτώσεις, σε εκείνες που ένα μέταλλο και ένα αμέταλλο αντιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας μια ιονική ένωση και σε εκείνες όπου δύο αμέταλλα αντιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας ομοιοπολικές ενώσεις.

Στην πρώτη περίπτωση το μέταλλο οξειδώνεται, δηλαδή ως αναγωγικό σώμα, ενώ το αμέταλλο ανάγεται δρώντας ως οξειδωτικό σώμα. Τα κυριότερα οξειδωτικά αμέταλλα είναι το οξυγόνο, που σχηματίζει οξείδια, το υδρογόνο

ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΗ

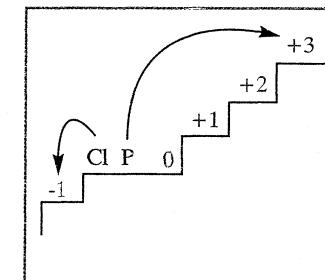
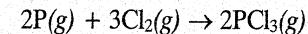
που σχηματίζει υδρίδια, και τα αλογόνα που σχηματίζουν αλογονούχα άλατα (αλογονίδια).

Π.χ.



Στη δεύτερη περίπτωση το αμέταλλο εκείνο που προηγείται στη σειρά ηλεκτροαρνητικότητας αποκτά αργητικό α.ο. και συνεπώς ανάγεται, ενώ εκείνο που ακολουθεί στη σειρά αυτή αποκτά θετικό α.ο. και συνεπώς οξειδώνεται.

Π.χ.



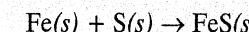
Σχήμα 1.8. Το Cl είναι περισσότερο οξειδωτικό από το P. Έτσι το Cl μειώνει τον α.ο. του από 0 σε -1, ενώ ο P αυξάνει τον α.ο. του από 0 σε +3.

Τα οξείδια των αμετάλλων σχηματίζονται από αντιδράσεις του οξυγόνου με αμέταλλα στοιχεία που είναι λιγότερο οξειδωτικά από αυτό. Έτσι το οξυγόνο δεν μπορεί να οξειδώσει τα αμέταλλα που προηγούνται στη σειρά ηλεκτροαρνητικότητας, δηλαδή το F, Cl, Br και I.

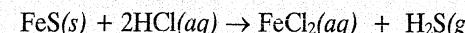
ΠΕΙΡΑΜΑ 1.1

Γνωρίζεις ότι...

Το ατομικό βάρος του Fe είναι 56 οπότε τα 5,6 γραμμάρια είναι 0,1mol. Το ίδιο ισχύει για το S (A.B. = 32) άρα τα 3,2 γραμμάρια είναι 0,1mol. Παρατηρούμε ότι η αναλογία των ποσοτήτων που χρησιμοποιείται εκφρασμένη σε mol ταυτίζεται με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης.



Η νέα ένωση θειούχος σίδηρος που έχει σχηματιστεί έχει τις δικές της ιδιότητες που διαφέρουν από τις ιδιότητες των αντιδρώντων. Έτσι δεν έλκεται από μαγνήτη (όπως η σκόνη του σίδηρου), ενώ αν προσθέσουμε **μία σταγόνα αραιού** υδροχλωρικού οξεός παράγεται υδρόθειο (H_2S) με χαρακτηριστική δυσάρεστη οσμή, συμφωνα με την αντίδραση διπλής αντικατάστασης:

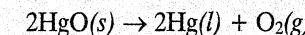


2. Αντιδράσεις αποσύνθεσης.

! ΠΡΟΣΟΧΗ
Το υδρόθειο είναι τοξικό αέριο και δεν πρέπει να εισπνέεται. Για το λόγο αυτό η αντίδραση πρέπει να γίνεται σε απαγωγό αερίων.

Η κατηγορία αυτών των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων περιλαμβάνει αντιδράσεις όπου μία ένωση διασπάται δίνοντας στα προϊόντα της, ένα τουλάχιστον στοιχείο στην ελεύθερη του μορφή, ή χημικές ενώσεις όπου ένα τουλάχιστον στοιχείο τους εμφανίζεται με διαφορετικό a.o. στα αντιδρώντα και στα προϊόντα.

Π.χ.

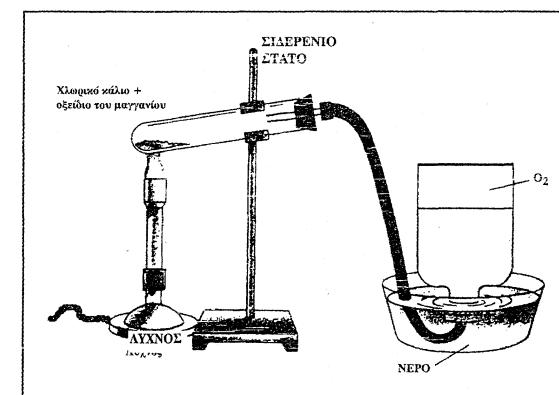


ΠΕΙΡΑΜΑ 1.2

Σκοπός του πειράματος είναι να διασπάσουμε με θέρμανση το χλωρικό κάλιο (KClO_3).

Μέθοδος:

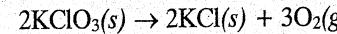
Σε έναν πυρίμαχο δοκιμαστικό σωλήνα, που βρίσκεται υπό γωνία προσαρμοσμένος σε μια σιδερένια βάση, βάζουμε περίπου 2g KClO_3 και μια μικρή ποσότητα MnO_2 ως καταλύτη, ενώ στο στόμιο του προσαρμόζουμε ένα διάτρητο ελαστικό πώμα, το οποίο με γυάλινο σωλήνα συνδέεται με λάστιχο για να παροχετεύονται τα αέρια που θα δημιουργηθούν στο εσωτερικό του. Η άλλη άκρη του λάστιχου οδηγεί στο στόμιο ενός ανεστραμμένου δοχείου που βρίσκεται σε μια διπλανή λεκάνη με νερό, όπως δείχνει το πιο κάτω σχήμα.



Σχήμα 1.9. Πειραματική διάταξη θερμικής αποσύνθεσης KClO_3 .

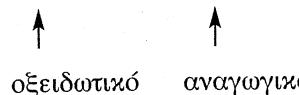
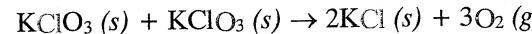
Θερμαίνουμε προσεκτικά τον δοκιμαστικό σωλήνα με έναν λύχνο υγραερίου οπότε το KClO_3 διασπάται παράγοντας KCl και O_2 σύμφωνα με την αντίδραση:

! ΠΡΟΣΟΧΗ
Η αντίδραση μπορεί να γίνει βίαια γι' αυτό το πείραμα δεν πρέπει να πραγματοποιείται χωρίς να έχουν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα ασφαλειας.

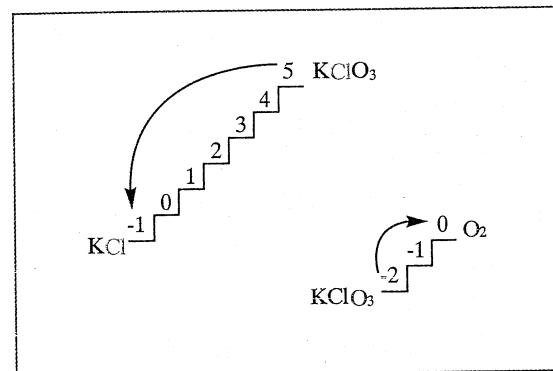


Το οξυγόνο που παράγεται από την αντίδραση παροχετεύεται στο ανεστραμμένο δοχείο εκπομπώντας το νερό από αυτό.

Στην αντίδραση αυτή τα άτομα που ανάγονται και οξειδώνονται βρίσκονται στην ίδια ένωση. Έτσι ένα από τα δύο μόρια του KClO_3 είναι το οξειδωτικό σώμα και το άλλο το αναγωγικό σώμα:



Η μεταβολή των α.ο. του Cl και του O φαίνεται στο σχήμα 1.10.



Σχήμα 1.10. Το Cl έχει μεταβολή του α.ο. του κατά 6 (από 5 σε -1) ενώ το O κατά 2 (από -2 σε 0).

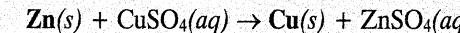
3. Αντιδράσεις απλής αντικατάστασης.

Στις αντιδράσεις αυτού του τύπου ένα στοιχείο στην ελεύθερη μορφή του, αντικαθιστά ένα άλλο σε μια ένωση του. Έτσι, όταν πρόκειται για μέταλλα, το ελεύθερο μέταλλο οξειδώνεται, ενώ εκείνο που αντικαθίσταται ανάγεται. Είναι προφανές ότι η αντικατάσταση είναι πραγματοπιθήσιμη όταν το ελεύθερο μέταλλο προηγείται

στη σειρά ηλεκτροθετικότητας από εκείνο της ένωσης.

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Pb, H, Cu, Ag, Hg, Pt, Au.

Π.χ.

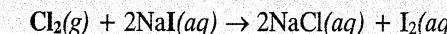


Στην αντίδραση αυτή ο ψευδάργυρος (Zn) οξειδώνεται ενώ ο χαλκός (Cu) ανάγεται.

Στην περίπτωση όπου ένα αμέταλλο αντικαθιστά ένα άλλο, που έπειτα στη σειρά ηλεκτροαρνητικότητας, σε μία ένωση του, το ελεύθερο αμέταλλο ανάγεται, δηλαδή δρα ως οξειδωτικό, ενώ το αμέταλλο που αντικαθίσταται, οξειδώνεται. Το ελεύθερο αμέταλλο πρέπει να προηγείται στη σειρά ηλεκτροαρνητικότητας από αυτό που αντικαθιστά σύμφωνα με τη σειρά:

F, Cl, Br, I, O, S....

Π.χ.



ΠΕΙΡΑΜΑ 1.3

Σκοπός του πειράματος είναι να δούμε την αντικατάσταση ενός μετάλλου από ένα άλλο που προηγείται στη σειρά ηλεκτροθετικότητας.

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Pb, H, Cu, Ag, Hg, Pt, Au.

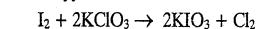
Μέθοδος:

Σε έναν ποτήρι βρασμού που περιέχει υδατικό διάλυμα CuSO_4 σε συγκέντρωση περίπου 30% α.ο., βυθίζουμε ένα σιδερένιο καρφί. Υστερα από λίγο παρατηρούμε απόθεση μεταλλικού χαλκού (χαλκοκόκκινο χρώμα) επάνω στο σιδερένιο καρφί σύμφωνα με την αντίδραση:

Γνωρίζεις ότι...

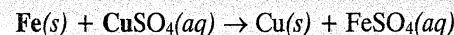
Στην περίπτωση όπου το αμέταλλο έχει θετικό α.ο. σε μια χημική ένωση, αντικαθίσταται μόνο από επόμενό του στοιχείο στη σειρά ηλεκτροαρνητικότητας. Έτσι το ελεύθερο στοιχείο αυξάνει τον α.ο. από μηδέν σε θετική τιμή δηλαδή οξειδώνεται.

Π.χ.



Γνωρίζεις ότι...

30% α.ο. σημαίνει 30g θειυκού χαλκού σε 100mL διαλύματος.



4. Αντιδράσεις πολύπλοκης μορφής.

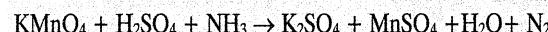
Όταν οι αντιδράσεις οξειδοαναγωγής είναι πολύπλοκες και συμμετέχουν σ' αυτές περισσότερα από δύο αντιδρώντα, δεν είναι δυνατόν να γράψουμε τη χημική εξίσωση αν δεν γνωρίζουμε τα προϊόντα της αντίδρασης, και δεν υπολογίσουμε τους στοιχειομετρικούς συντελεστές.

Τα προϊόντα προκύπτουν από τους πίνακες 1.1 και 1.2 των κυριότερων οξειδωτικών και αναγωγικών σωμάτων, ενώ για την εύρεση των συντελεστών ακολουθούμε την πιο κάτω μεθοδολογία:

BHMA 1

Γράφουμε τα αντιδρώντα και τα προϊόντα τους όπως δίνονται από τους πίνακες 1.1 και 1.2.

Π.χ.

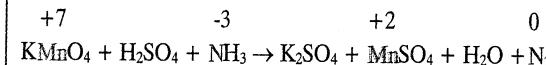


Έτοι, τα προϊόντα για το οξειδωτικό μέσο ($\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$) είναι K_2SO_4 και MnSO_4 , ενώ για την αφμωνία που είναι αναγωγική ουσία και οξειδώνεται, είναι το N_2 .

BHMA 2

Σημειώνουμε τους α.ο. των στοιχείων που ανάγονται και οξειδώνονται και υπολογίζουμε την συνολική μεταβολή τους από το πρώτο στο δεύτερο μέλος της αντίδρασης. Αν η μεταβολή προέρχεται ή αποδίδεται σε περισσότερα από ένα ατόμα, τότε πολλαπλασιάζουμε τη μεταβολή επί των αριθμών των ατόμων.

μείωση κατά 5: (7-2=5)



αύξηση κατά 3: [0-(-3)]·2 = 6

BHMA 3

Τοποθετούμε ως συντελεστές, στο δεύτερο μέλος της αντίδρασης, σε αυτό που έχει αναχθεί την μεταβολή του αριθμού οξειδωσης του οξειδωτικού, σε αυτό που έχει οξειδωθεί τη μεταβολή του α.ο. του αναγωγικού.



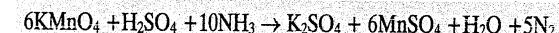
BHMA 4

Ισοσταθμίζουμε τη μάζα στην εξίσωση.

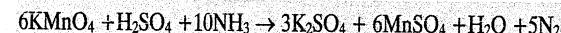
- 6 άτομα Mn στο δεύτερο μέλος, άρα 6 KMnO_4 στο πρώτο.



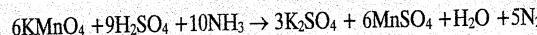
- $5 \cdot 2 = 10$ άτομα N στο δεύτερο μέλος, άρα 10 NH_3 στο πρώτο.



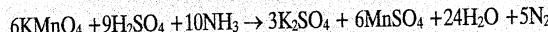
- 6 άτομα K στο πρώτο μέλος, άρα 3 K_2SO_4 στο δεύτερο.



- 9SO_4^{2-} (3+6) στο δεύτερο μέλος, άρα $9\text{H}_2\text{SO}_4$ στο πρώτο.



- $2 \cdot 9 + 10 \cdot 3 = 48$ άτομα H στο πρώτο μέλος, άρα $24\text{H}_2\text{O}$ στο δεύτερο.



BHMA 5

Ελέγχουμε την ισοστάθμιση της μάζας μετρώντας τον συνολικό αριθμό ατόμων οξυγόνου και στα δύο μέλη της τελικής εξίσωσης.

$$6 \cdot 4 + 9 \cdot 4 = 60 \text{ στο πρώτο μέλος.}$$

$$3 \cdot 4 + 6 \cdot 4 + 24 = 60 \text{ στο δεύτερο μέλος.}$$

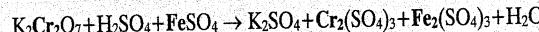
ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ 3

Να γραφεί η αντίδραση του $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ οξινισμένου με H_2SO_4 , με FeSO_4 .

ΛΥΣΗ

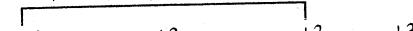


1. Γράφουμε τα αντιδρώντα και τα προϊόντα τους όπως δίνονται από τους πίνακες 1.1 και 1.2.



2. Σημειώνουμε τους α.ο. των στοιχείων που ανάγονται και οξειδώνονται και υπολογίζουμε την συνολική μεταβολή τους από το πρώτο στο δεύτερο μέλος της αντίδρασης.

μείωση κατά 3: $(6-3) \cdot 2 = 6$



αύξηση κατά 1: $(2-3) \cdot 2 = 2$

Παρατηρούμε ότι οι δύο τιμές των μεταβολών μπορούν να απλοποιηθούν μεταξύ τους δηλαδή $6/2 = 3/1$.

3. Τοποθετούμε ως συντελεστές, στο δεύτερο μέλος της αντίδρασης, στο $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ το 3 και στο $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ το 1.



4. Ισοσταθμίζουμε τη μάζα στην εξίσωση.

- 2 άτομα Cr στο δεύτερο μέλος, άρα 1 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ στο πρώτο.



- $3 \cdot 2 = 6$ άτομα Fe στο δεύτερο μέλος, άρα 6 FeSO_4 στο πρώτο.



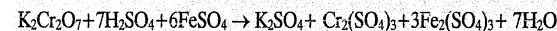
- 2 άτομα K στο πρώτο μέλος, άρα 1 K_2SO_4 στο δεύτερο.



- 13SO_4^{2-} (1+3+9) στο δεύτερο μέλος, άρα 7 H_2SO_4 στο πρώτο (υπάρχουν ήδη 6 SO_4^{2-} από το FeSO_4 έτσι ώστε $7+6=13$).



- $2 \cdot 7 = 14$ άτομα H στο πρώτο μέλος, άρα 7 H_2O στο δεύτερο.



5. Ελέγχουμε την ισοστάθμιση της μάζας μετρώντας τον συνολικό αριθμό ατόμων οξυγόνου και στα δύο μέλη της τελικής εξίσωσης.
 $7 + 7 \cdot 4 + 6 \cdot 4 = 59$ στο πρώτο μέλος.

$$4 + 3 \cdot 4 + 3 \cdot 4 \cdot 3 + 7 = 59 \text{ στο δεύτερο μέλος.}$$

Γνωρίζεις ότι...

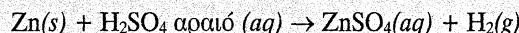
Τα μέταλλα τα οποία βρίσκονται στη σειρά ηλεκτροθετικότητας μετά το H, δηλαδή Cu, Hg, Ag, Pt, Au, δεν αντιδρούν με τα μη οξειδωτικά οξέα.

1.4.2 Επίδραση των οξέων σε μέταλλα και αμέταλλα

Τα οξέα αντιδρούν με τα μέταλλα με δύο τρόπους.

Τα **μη οξειδωτικά οξέα** αντικαθιστούν τα οξείνα υδρογόνα τους με τα ιόντα των μετάλλων εκείνων που είναι πριν το H στην σειρά ηλεκτροθετικότητας των μετάλλων, στη **χαμηλότερη οξειδωτική τους κατάσταση** (π.χ. Fe^{2+} και όχι Fe^{3+}) και παράγουν αέριο υδρογόνο.

Π.χ.

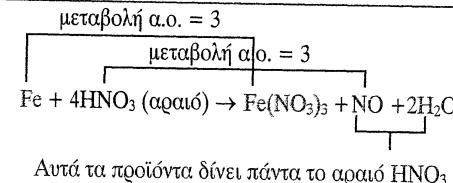


Τα **οξειδωτικά οξέα** (αραιό ή πυκνό HNO_3 και πυκνό-θερμό H_2SO_4) αντιδρούν με τα μέταλλα δίνοντας τα αντίστοιχα άλατα τους με το μέταλλο στην υψηλότερη οξειδωτική του κατάσταση (π.χ. Fe^{3+} και όχι Fe^{2+}), εκτός από τις περιπτώσεις που τα μέταλλα σχηματίζουν προστατευτικό στρώμα οξειδίου στην επιφάνειά τους (παθητική κατάσταση).

• Μέταλλο + HNO_3 (αραιό)

Το αραιό νιτρικό οξύ οξειδώνει όλα τα μέταλλα δίνοντας νιτρικά άλατα εκτός από το χρυσό (Au) και το λευκόχρυσο (Pt), ενώ το χρώμιο (Cr) μεταπίπτει σε παθητική κατάσταση. Τα μέταλλα οξειδώνονται στην υψηλότερη δυνατή οξειδωτική τους κατάσταση εκτός του υδροαργύρου (Hg) και του μαγγανίου (Mn) που οξειδώνονται σε χαμηλότερες οξειδωτικές βαθμίδες.

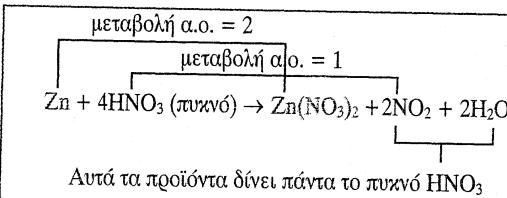
Π.χ.



• Μέταλλο + HNO_3 (πυκνό)

Το πυκνό νιτρικό οξύ οξειδώνει όλα τα μέταλλα δίνοντας νιτρικά άλατα εκτός από το χρυσό (Au) και το λευκόχρυσο (Pt), ενώ το χρώμιο (Cr), ο σδήρος (Fe), το κοβάλτιο (Co), το νικέλιο (Ni) και το αργιλίο (Al) μεταπίπτουν σε παθητική κατάσταση. Τα μέταλλα οξειδώνονται στην υψηλότερη δυνατή οξειδωτική τους κατάσταση εκτός του μολύβδου (Pb), και του μαγγανίου (Mn) που οξειδώνονται σε χαμηλότερες οξειδωτικές βαθμίδες.

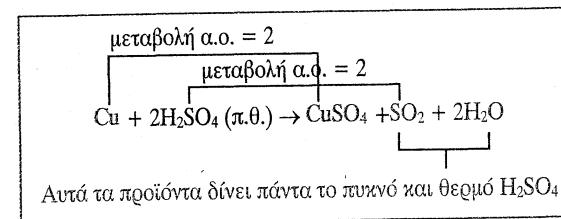
Π.χ.



• Μέταλλο + H_2SO_4 (πυκνό και θερμό)

Το πυκνό και θερμό θειικό οξύ οξειδώνει όλα τα μέταλλα δίνοντας θειικά άλατα, εκτός από το χρυσό (Au) και το λευκόχρυσο (Pt), ενώ ο μόλυβδος (Pb) μεταπίπτει σε παθητική κατάσταση. Τα μέταλλα οξειδώνονται στην υψηλότερη δυνατή οξειδωτική τους κατάσταση, εκτός του μαγγανίου (Mn) που οξειδώνεται σε χαμηλότερη οξειδωτική βαθμίδα.

Π.χ.

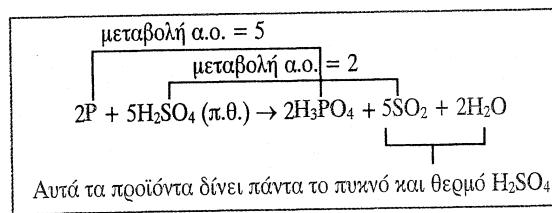


Τα οξειδωτικά οξέα οξειδώνουν επίσης διάφορα αμέταλλα όπως φαίνεται και στον πιο κάτω πίνακα 1.4

Πίνακας 1.4: Η οξειδωτική δράση των οξειδωτικών οξέων σε μερικά αμέταλλα.

OΞΥ	S	P	C	I
α. HNO_3	H_2SO_4	H_3PO_4	-	-
π. HNO_3	H_2SO_4	H_3PO_4	CO_2	HIO_3
π.θ. H_2SO_4	SO_2	H_3PO_4	CO_2	-

Π.χ.



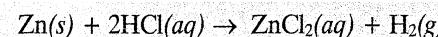
ΠΕΙΡΑΜΑ 1.4

Σκοπός τού πειράματος είναι να δούμε την αντικατάσταση του οξείνου υδρογόνου ενός οξείου από ένα μέταλλο που προηγείται του H στη σειρά ηλεκτροθετικότητας.

Μέθοδος:

Σε έναν δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετούμε ρινίσματα ψευδαργύρου (Zn) και με ένα σταγο-

νόμετρο ρίχνουμε πάνω σε αυτά μερικές σταγόνες διαλύματος HCl , οπότε παρατηρούμε να παράγονται φυσαλίδες υδρογόνου σύμφωνα με την αντίδραση:



1.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΗΣ

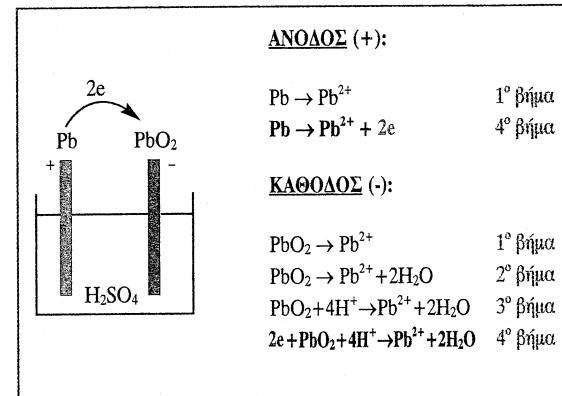
1.5.1 Βολταϊκά στοιχεία (μπαταρίες)

Τα βολταϊκά στοιχεία παράγουν ηλεκτρικό ορεύμα ως αποτέλεσμα των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό τους. Με τις αντιδράσεις αυτές η χημική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Παρά την μεγάλη τους απόδοση χρησιμοποιούνται σε ειδικές μόνο περιπτώσεις, λόγω του μεγάλου κόστους των υλικών που απαιτούνται για την κατασκευή τους.

Τα πιο κοινά από αυτά είναι τα ακόλουθα:

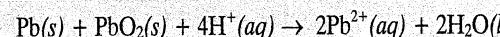
1. Μπαταρίες αυτοκινήτων.

Οι μπαταρίες αυτού του τύπου αποτελούνται από 6 βολταϊκά στοιχεία μολύβδου των 2V περίπου το κάθε ένα, συνδεδεμένα σε σειρά, έτσι ώστε η συνολική ηλεκτρογερτική δύναμη τους να είναι 12V. Αποτελούνται από δύο ηλεκτρόδια μολύβδου εκ των οποίων η άνοδος (+) είναι επικαλυμμένη με σπογγώδη μεταλλικό μόλυβδο (Pb), ενώ η κάθοδος (-) με οξείδιο του μολύβδου (PbO_2). Τα δύο ηλεκτρόδια βρίσκονται βυθισμένα μέσα σε διάλυμα H_2SO_4 , όπως δείχνει το πιο κάτω σχήμα 1.11.



Σχήμα 1.11. Σχηματική παράσταση βολταϊκού στοιχείου Μολύβδου.

Έτσι, στην άνοδο ο μόλυβδος οξειδώνεται αποβάλλοντας δύο ηλεκτρόνια, ενώ στην κάθοδο το οξείδιο του μολύβδου ανάγεται προσλαμβάνοντας τα δύο ηλεκτρόνια. Η συνολική αντίδραση που προκύπτει από τις ημιαντιδράσεις που γίνονται στην άνοδο και την κάθοδο είναι η ακόλουθη:



Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της τα ιόντα του Pb^{2+} που παράγονται αντιδρούν με τα ιόντα SO_4^{2-} προς στερεό PbSO_4 που επικάθεται στην κάθοδο. Συνεπώς το H_2SO_4 καταναλώνεται και η πυκνότητα των «υγρών» της μπαταρίας μειώνεται από 1,3 g/mL σε λιγότερο από 1,2 g/mL. Τότε η μπαταρία χρειάζεται επαναφόρτιση.

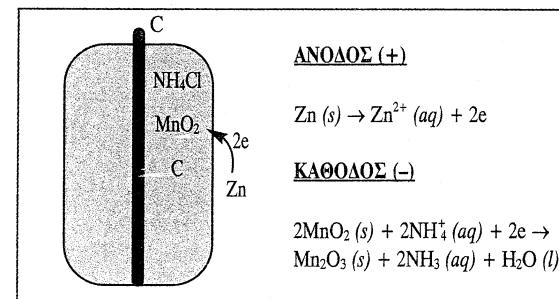
2. Εηρές μπαταρίες (στοιχείο Leclanche).

Οι κοινές μπαταρίες αυτού του τύπου έχουν ευρύτατες εφαρμογές στην καθημερινή ζωή. Αποτελούνται από δύο ηλεκτρόδια εκ των οποίων το ένα είναι μεταλλικός ψευδάργυρος (Zn) και αποτελεί την άνοδο (+), ενώ το άλλο είναι ράβδος γραφίτη (C) βυθισμένη σε μια «υγρή πάστα» NH_4Cl , MnO_2 και C που αποτελεί την κάθοδο (-), όπως φαίνεται στο σχήμα 1.12.

Οι αντιδράσεις που συμβαίνουν στα ηλεκτρόδια

είναι αρκετά πολύπλοκες και σχετίζονται με την ταχύτητα αποφόρτισης του στοιχείου. Γενικά όμως μπορούμε να πούμε ότι ο Zn οξειδώνεται σε Zn^{2+} αποβάλλοντας ηλεκτρόνια τα οποία προσλαμβάνονται από το MnO_2 που ανάγεται προς χαμηλότερες οξειδωτικές καταστάσεις του μαγγανίου.

Στις αλκαλικές μπαταρίες αντί για NH_4Cl χρησιμοποιείται KOH μειώνοντας έτσι τη διάρρεωση της ανδόνι από το οξείδιο NH_4Cl και παρατείνοντας με αυτόν τον τρόπο τη διάρκεια λειτουργίας τους.

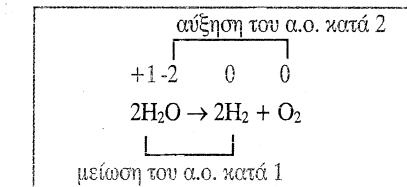


Σχήμα 1.12. Σχηματική παράσταση έργου στοιχείου.

1.5.2 Ηλεκτρόλυση

Κατά την ηλεκτρόλυση χρησιμοποιείται ηλεκτρικό ρεύμα για την πραγματοποίηση οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων με σκοπό την παραγωγή κάποιων προϊόντων. Στην περίπτωση αυτή έχουμε μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε χημική.

Για παράδειγμα, κατά την ηλεκτρόλυση του νερού παράγεται H_2 και O_2 , σύμφωνα με την αντίδραση:



Οι εφαρμογές της ηλεκτρόλυσης σήμερα εκτείνονται σε ένα ευρύ φάσμα της παραγωγής. Αν και είναι ιδιαίτερα ακριβή μέθοδος, χρησι-

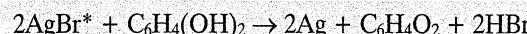
μποιείται στη βιομηχανία για τη παραγωγή καθαρών μετάλλων από τήγματα αλάτων τους (Al, Na, κ.λ.π.), πρώτων υλών (NaOH, NaHCO₃, κ.λ.π.), σε επιμεταλλωτήρια κ.λ.π.

1.5.3 Φωτογραφία

Μια εφαρμογή των αντιδράσεων οξειδοαναγωγής συναντούμε στην ασπρόμαυρη φωτογραφία. Τα films περιέχουν μια φωτοευαίσθητη επιφάνεια αποτελούμενη κυρίως από AgBr και άλλα αλογονίδια του αργύρου (AgCl, AgI).

Όταν σε μια περιοχή του film πέσει φωτεινή ακτινοβολία, ο βρωμιούχος άργυρος που εκτίθεται με αυτό τον τρόπο στο φως ενεργοποιείται (AgBr*) μέσω ενός μηχανισμού που μέχρι σήμερα δεν είναι πλήρως κατανοητός, ενώ εκείνος που δεν έχει εκτεθεί παραμένει ως AgBr.

Στη συνέχεια το film τοποθετείται σε διάλυμα που περιέχει την αναγωγική ουσία υδροκινόνη [C₆H₄(OH)₂] η οποία αντιδρά μόνο με τον ενεργοποιημένο AgBr* ανάγοντάς τον σε μεταλλικό άργυρο. Η ίδια οξειδώνεται και δίνει κινόνη [C₆H₄O₂]. Η συνολική αντίδραση είναι:



Κατόπιν αφαιρείται με τη διαδικασία της «στερέωσης» ο AgBr που δεν είχε εκτεθεί στο φως, αφήνοντας να φανεί η διαφανής ζελατίνη επάνω στην οποία είναι επιστρωμένη η φωτοευαίσθητη επιφάνεια. Έτσι εμφανίζεται μαύρο (ο μεταλλικός άργυρος σε λεπτό διαμερισμό έχει χρώμα μαύρο) εκεί όπου έχει γίνει έκθεση στο φως και άχρωμο εκείνο το σημείο του film που δεν έχει φωτιστεί. Με τον τρόπο αυτό παράγονται τα αρνητικά.

Η προβολή ενός αρνητικού, σε χαρτί με ανάλογη φωτοευαίσθητη επιφάνεια, επιτρέπει στο φως να περνά μέσα από τα διαφανή σημεία του film, που όταν εμφανιστεί με την ίδια διαδικασία δημιουργεί ένα αρνητικό του αρνητικού δηλαδή μια θετική φωτογραφία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Η αύξηση του αριθμού οξειδωσης ενός ατόμου ονομάζεται οξείδωση, ενώ αναγωγή ονομάζεται η ελάττωση του.
- Ο αριθμός οξειδωσης ενός ατόμου προσδιορίζεται με την χρήση συμβατικών κανόνων (§1.2.3.).
- Μια ημιαντίδραση οξειδωσης συνυπάρχει με μια ημιαντίδραση αναγωγής, ώστε συνολικά να συμβαίνει μια οξειδοαναγωγική αντίδραση.
- Τα μέταλλα είναι ηλεκτροθετικά και αναγωγικά, ενώ τα αιμέταλλα ηλεκτροφρονητικά και οξειδωτικά.
- Οι αντιδράσεις οξειδοαναγωγής χωρίζονται σε 4 κατηγορίες: σύνθεσης, αποσύνθεσης, απλής αντικατάστασης και πολύπλοκης μορφής.
- Οι μπαταρίες, η ηλεκτρούλυση, η φωτογραφία κ.λ.π. είναι μερικές εφαρμογές των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. A. Σε τι διαφέρει η ορισμός της οξείδωσης σύμφωνα με την ηλεκτρονική θεωρία από τον αρχικό ορισμό;
 B. Οι πιο κάτω προτάσεις είναι σωστές ή λάθος;
 - I) Οξειδωτική ένωση είναι εκείνη που περιέχει άτομο ενός στοιχείου που ανάγεται και αποβάλλει ηλεκτρόνια.
 - II) Αναγωγική ένωση είναι εκείνη που περιέχει άτομο ενός στοιχείου που ανάγεται και αποβάλλει ηλεκτρόνια.
 - III) Οξειδωτική ένωση είναι εκείνη που περιέχει άτομο ενός στοιχείου που οξειδώνεται και αποβάλλει ηλεκτρόνια.
 - IV) Οξειδωτική ένωση είναι εκείνη που περιέχει άτομο ενός στοιχείου που ανάγεται και αυξάνει τον α.ο. του.
 - V) Αναγωγική ένωση είναι εκείνη που περιέχει άτομο ενός στοιχείου που οξειδώνεται, αποβάλλει ηλεκτρόνια και αυξάνει τον α.ο. του.
- G. Να υπολογιστεί ο αριθμός οξείδωσης στις πιο κάτω ενώσεις και πολυατομικά ιόντα:

HNO_3	KMnO_4	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
H_3PO_4	MgH_2	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
NO_2	Cl_2	PO_4^{3-}
H_2S	H_2SO_3	MnO_4^-

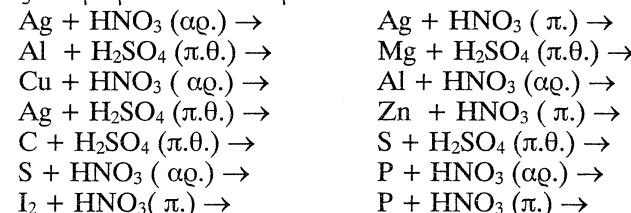
- Δ. Πώς αυξάνεται η ηλεκτραρνητικότητα κατά Pauling των στοιχείων στον περιοδικό πίνακα;
 E. Κατατάξτε τα πιο κάτω στοιχεία σε σειρά αυξανόμενης ηλεκτροθετικότητας.
 H, Li, Fe, Cu, Ca, Au.

2. Να συμπληρωθούν οι πιο κάτω ημιαντιδράσεις οξείδωσης ή αναγωγής:

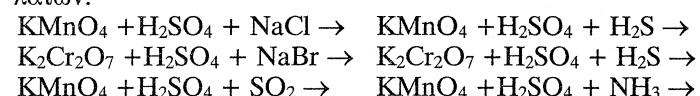
$\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{SO}_2 \rightarrow \text{S}$	$\text{CuO} \rightarrow \text{Cu}_2\text{O}$
$\text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{Ag}$	$\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2$	$\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$
$\text{ClO}_3^- \rightarrow \text{Cl}^-$	$\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2$	$\text{Sn}^{4+} \rightarrow \text{Sn}^{2+}$
3. A. Να συμπληρωθούν οι πιο κάτω αντιδράσεις απλής αντικατάστασης:

$\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (αραιό) \rightarrow	$\text{Mg} + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow$
$\text{Cu} + \text{HCl} \rightarrow$	$\text{Hg} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (αραιό) \rightarrow
$\text{Br}_2 + \text{KCl} \rightarrow$	$\text{Br}_2 + \text{KI} \rightarrow$
$\text{Ag} + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow$	$\text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (αραιό) \rightarrow
$\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow$	$\text{I}_2 + \text{KCl} \rightarrow$

B. Να συμπληρωθούν οι πιο κάτω αντιδράσεις οξειδωτικών οξέων με μέταλλα και αμέταλλα:



G. Να συμπληρωθούν οι πιο κάτω αντιδράσεις οξειδωτικών αλάτων:



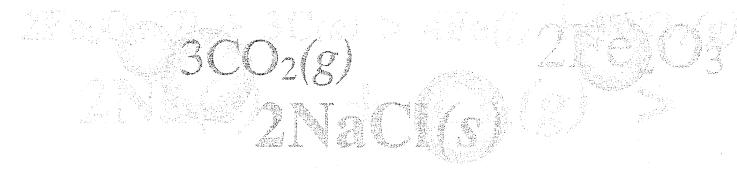
D. Πυκνό και θερμό H_2SO_4 αντιδρά με 30g σκόνης άνθρακα. Να βρεθεί ο όγκος των αερίων που παράγονται σε Κ.Σ.

E. Ποσότητα κράματος Fe-Cu αντιδρά με αραιό HNO_3 οπότε παράγονται 6,72L αερίου (NO) μετρημένα σε Κ.Σ. Ίση ποσότητα από το ίδιο κράμα κατεργάζεται με διάλυμα HCl οπότε εκλύνονται 2,24L αερίου (H_2) μετρημένα σε Κ.Σ. Να βρεθεί η % αναλογία των συστατικών του κράματος.

ΣΤ. Μια ποσότητα FeS αντιδρά με περίσσεια HCl και το δύσοσμο αέριο που εκλύεται διαβιβάζεται σε διάλυμα KMnO_4 οξινισμένου με H_2SO_4 . Μετά το τέλος της αντιδρασης σχηματίζονται 16g κάτρινης σκόνης (στοιχειακό θείο S). Να βρεθεί η αρχική ποσότητα του FeS .

4. A. Ποιες αντιδράσεις γίνονται σε ένα βολταϊκό στοιχείο μολύβδου.

B. Περιγράψτε τη αρχή στην οποία βασίζεται η εμφάνιση απορόμαυρης φωτογραφίας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2

Μέταλλα και Κράματα

2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Μέταλλα και Κράματα

2.1 ΜΕΤΑΛΛΑ

2.1.1 Εισαγωγή

Η χρησιμοποίηση των μετάλλων συνδέεται στενά με την εξελικτική πορεία του ανθρώπινου πολιτισμού. Ο άνθρωπος χρησιμοποίησε τα μέταλλα για να καλύψει τις ανάγκες του κατασκευάζοντας με αυτά εργαλεία και όπλα.

Ιδιαίτερα τραβήξαν την προσοχή του στην αρχή τα πολύτιμα μέταλλα χρυσός και άργυρος τα οποία βρίσκονται ελεύθερα στη φύση και μπορούσε να τα χρησιμοποιήσει αμέσως, δίχως άλλη κατεργασία. Ο χρυσός είναι μάλλον το πρώτο μέταλλο που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος γύρω στο 4500 π.Χ., ενώ αμέσως μετά, γύρω στο 4000 π.Χ. τοποθετείται η ανακάλυψη του χαλκού.

Με την πάροδο των ετών ανακάλυψε ότι μπορούσε να κατασκευάσει μίγματα μετάλλων, τα κράματα, τα οποία παρουσίαζαν καλύτερες μηχανικές ιδιότητες από τα συστατικά τους.

Σήμερα, τα μέταλλα και τα κράματα τους

χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην κατασκευή κτηρίων, αυτοκινήτων, πλοίων, τρένων και αεροπλάνων. Χρησιμοποιούνται επίσης ως αγωγοί του οεύματος και της θερμότητας.

Μερικά από αυτά έχουν σημαντική βιολογική δράση. Τα μέταλλα Na, K, Ca και Mg βρίσκονται σε σημαντικές ποσότητες στους έμβιους οργανισμούς. Πολλά άλλα, αν και βρίσκονται σε τιχη, είναι απαραίτητα για την καλή λειτουργία των οργανισμών.

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με την προέλευση των μετάλλων, θα γνωρίσουμε τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες και θα εξετάσουμε τις διεργασίες για την απόκτησή τους σε καθαρή μορφή.

Θα ασχοληθούμε ακόμη με την διάβρωσή τους και με τους τρόπους με τους οποίους μπορούμε να τα προστατεύσουμε από αυτή.

2.1.2 Μεταλλικός χαρακτήρας

Τα περισσότερα (περίπου το 80%) από τα 110 γνωστά στοιχεία του περιοδικού πίνακα είναι μέταλλα. Αυτά καταλαμβάνουν την κίτρινη περιοχή του περιοδικού πίνακα που φαίνεται στο σχήμα 2.1.

	VIIIB													
1	Ia												2	
2	II				IVB								3	
3	Li	Be	B	C	Mg	Al	Ti	V	Cr	Fe	Co	Ni	Zn	Hg
4	6.94	9.028	12	13	12	13	12	13	12	13	12	13	12	13
5	Na	Mg	Si	P	Si	P	Si	P	Si	P	Si	P	Si	P
6	23.9857	24.305	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
7	K	Ca	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr
8	33.9893	49.08	44.3525	47.30	50.345	51.95	54.3380	55.047	55.3325	56.71	58.246	59.39	64.725	70.59
9	Fe	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr
10	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
11	68.5467	67.82	68.959	69.52	70.364	70.51	71.07	72.055	72.64	73.953	74.41	74.82	76.63	77.50
12	73	72	73	72	73	72	73	74	75	76	77	78	79	80
13	73.0755	73.33	73.0955	73.49	73.347	73.5	74	75	76	77	78	79	80	81
14	Fr	Fr	La	Hf	Ta	V	Re	Os	Ir	Pt	Aw	Hg	Tl	Pb
15	89	89	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
16	236.0254	(227)	(261)	(272)	(282)	(283)	(281)	(285)	(286)	(287)	(288)	(289)	(290)	(291)
17	Lanthanide Series	68	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
18	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Tl
19	10.12	40.3077	144.24	150.4	151.95	167.23	158.3254	162.50	164.3204	167.26	169.3434	173.04	174.30	
20	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
21	Tb	Pa	U	Ng	Am	Cm	Bk	Cf	Ec	Fm	Gd	Hf	Ia	Lu
22	232.0391	231.0259	232.028	237.0482	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(254)	(257)	(259)	(260)	(260)
23	Actinide Series	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71

Σχήμα 2.1. Τα μέταλλα στον περιοδικό πίνακα.

Τα μέταλλα παρουσιάζουν χαρακτηριστικές διαφορές από όλα τα άλλα στοιχεία, οι οποίες οφείλονται στο τρόπο κατασκευής των ατόμων τους.

Το θετικό φορτίο του πυρήνα στα άτομα των μετάλλων έλκει με ασθενείς δυνάμεις τα ηλεκτρόνια των εξωτερικών στοιβάδων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα:

- τα άτομα να χάνουν εύκολα ηλεκτρόνια (μικρή τιμή ενέργειας ιονισμού) και να μετατρέπονται σε θετικά ιόντα.
 - ο πυρήνας των μετάλλων να μην μπορεί να συγχρατήσει επιπλέον ηλεκτρόνια (μικρή τιμή ηλεκτροφραγνητικότητας), με αποτέλεσμα τα μετάλλα να μη δημιουργούν εύκολα αρνητικά ιόντα.
 - τα άτομα των μετάλλων να έχουν σχετικά μεγάλο μέγεθος.
 - τα θετικά ιόντα που παράγονται από την απομάκρυνση των ηλεκτρονίων να έχουν μέγεθος μικρότερο από τα αντίστοιχα άτομα.

Τα άτομα των μετάλλων έχουν στην εξωτερική τους στοιβάδα μικρό αριθμό ηλεκτρονίων. Τα μέταλλα της πρώτης και της δεύτερης ομάδας του περιοδικού πίνακα έχουν ένα και δύο ηλεκτρόνια αντίστοιχα, ενώ στα μέταλλα των υπόλοιπων ομάδων ο αριθμός των ηλεκτρονίων είναι κατά κανόνα από 1 έως 3. Έτσι τα άτομα των μετάλλων είναι αδύνατον να σχηματίσουν ομοιοπολικούς δεσμούς μεταξύ τους, όπως συμβαίνει συνήθως στα αμέταλλα.

Στην στερεή φάση σχηματίζουν κρυσταλλικά πλέγματα στα οποία οι δομικές μονάδες συγκρατούνται με ιδιαίτερο τύπο δεσμού, το μεταλλικό δεσμό, με την βοήθεια του οποίου, όπως θα δούμε στις επόμενες παραγγράφους, εξηγούνται όλες οι ψυστικές τους ιδιότητες.

Οι χαρακτηριστικές διαφορές που παρουσιάζουν οι φυσικές και χημικές ιδιότητες των μετάλλων από τα αμέταλλα αποτελούν τον μεταλλικό χαρακτήρα.

Πίνακας 2.1.: Χημικές ιδιότητες μετάλλων και αμετάλλων

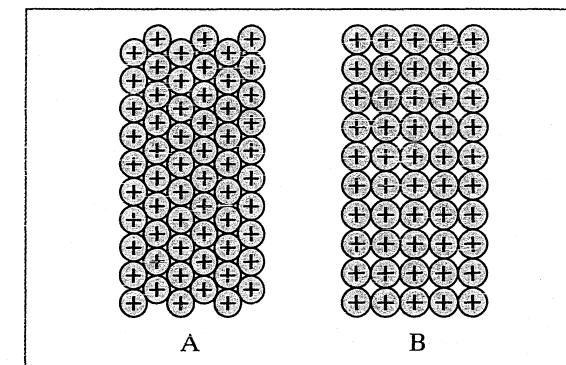
Μετάλλα	Αμετάλλα
Η εξωτερική στοιβάδα τους περιέχει συνήθως τρία ή λιγότερα ηλεκτρόνια.	Η εξωτερική στοιβάδα τους περιέχει συνήθως περισσότερα από τέσσερα ηλεκτρόνια.
Τα ηλεκτρόνια των εξωτερικών στοιβάδων συγκρατούνται χαλαρά από τον πυρήνα.	Τα ηλεκτρόνια των εξωτερικών στοιβάδων συγκρατούνται ισχυρά από τον πυρήνα.
Έχουν μικρότερες ενέργειες ιονισμού.	Έχουν μεγαλύτερες ενέργειες ιονισμού.
Έχουν μικρότερες ατομικές ακτίνες.	Έχουν μεγαλύτερες ατομικές ακτίνες.
Σχηματίζουν θετικά φορτισμένα ιόντα (καπιόντα) χάνοντας ηλεκτρόνια.	Σχηματίζουν αρνητικά φορτισμένα ιόντα (ανιόντα) προσλαμβάνοντας ηλεκτρόνια.
Είναι λιγότερο ηλεκτραρνητικά.	Είναι περισσότερο ηλεκτραρνητικά.
Σχηματίζουν ιοντικές ενώσεις με αμετάλλα.	Σχηματίζουν ιοντικές ενώσεις με μετάλλα και μοριακές (ομοιοπολικές) με αμετάλλα.
Στη στερεά φάση τα άτομα συνδέονται με μεταλλικό δεσμό.	Στη στερεή, υγρή ή αέρια φάση τα άτομα συνδέονται με ομοιοπολικό δεσμό.

2.1.3 Μεταλλικός δεσμός

Όπως αναφέραμε στα προηγούμενα, τα άτομα των μετάλλων σχηματίζουν στο χώρο κρυσταλλικό πλέγμα. Τα άτομα συγκρατούνται σε αυτό με ένα ιδιαίτερο είδος δεσμού που ονομά-

ζεται μεταλλικός. Ο σχηματισμός του μεταλλικού δεσμού μπορεί να περιγραφεί ως εξής:

1. Τα ηλεκτρόνια των εξωτερικών στοιβάδων των ατόμων των μεταλλικών στοιχείων (**ηλεκτρόνια σθένους**), όπως ήδη αναφέραμε, δεν συγκρατούνται ισχυρά από τον πυρήνα. Έτσι μπορούμε να τα χαρακτηρίσουμε ως **ευκίνητα ηλεκτρόνια**.
2. Κατά τον σχηματισμό του δεσμού τα ευκίνητα ηλεκτρόνια εγκαταλείπουν τα άτομα και σχηματίζουν νέφος. Τα ηλεκτρόνια του νέφους δεν ανήκουν πλέον σε συγκεκριμένα άτομα. Κινούνται ελεύθερα δια μέσου του συνόλου των ατόμων του κρυσταλλικού πλέγματος. Το αρνητικό φορτίο του **νέφους των ελευθέρων ηλεκτρονίων** κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλο τον κρύσταλλο.
3. Οι πυρήνες των ατόμων που απομένουν μετά από την απομάκρυνση των ηλεκτρονίων έχουν θετικό φορτίο και μέγεθος κατά κανόνα μικρότερο από τα αντίστοιχα άτομα. Θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν σαν θετικά φορτισμένα ιόντα, αν και αυτό δεν είναι απόλυτα σωστό, αφού δεν υπάρχουν αντίστοιχα αρνητικά φορτισμένα ιόντα. Διατάσσονται στο χώρο σε πυκνούς σχηματισμούς όπως αυτούς που μπορούμε να δούμε στο επόμενο σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.2. Πυκνές δομές ιόντων στα μετάλλα.

Γνωρίζεις ότι....

Το μήγα με το οποίο οι οδοντίατροι σφραγίζουν τα δόντια αποτελείται από 3 μέρη αργύρου και 1 μέρος κασιτέρου ενώ περιέχει και μικρά ποσά χαλκού και ψευδαργύρου. Λίγο πριν από την τοποθέτησή του στο δόντι αναμιγνύεται με ίση ποσότητα υδραργύρου. Οι μεταλλικοί δεσμοί που δημιουργούνται μεταξύ των ιόντων των μετάλλων προκαλούν την στερεοποίηση του μήγματος.

Οι σχηματισμοί αυτοί των θετικών ιόντων συγκρατούνται ισχυρά από το αρνητικά φορτισμένο νέφος των ελεύθερων ηλεκτρονίων.

Η ισχύς του μεταλλικού δεσμού αυξάνει:

- με την αύξηση του αριθμού των ευκίνητων ηλεκτρονίων των ατόμων.
- με την ελάττωση του μεγέθους των θετικών ιόντων που σχηματίζουν το κρυσταλλικό πλέγμα.

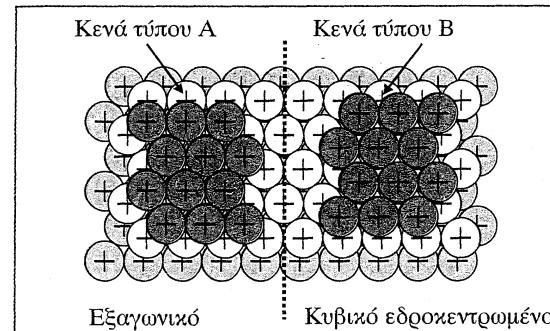
Τα μέταλλα της πρώτης ομάδας του περιοδικού πίνακα, όπως είναι το λίθιο (Li), το νάτριο (Na) και το κάλιο (K), διαθέτουν ένα μόνο ευκίνητο ηλεκτρόνιο και σχηματίζουν σχετικά μεγάλα θετικά ιόντα. Έτσι ο μεταλλικός δεσμός που δημιουργείται είναι ασθενής. Για το λόγο αυτό τα μέταλλα αυτά είναι μαλακά και έχουν χαμηλό σημείο τήξης.

Σε αντίθεση με αυτά, τα μέταλλα των άλλων ομάδων του περιοδικού πίνακα, όπως είναι το μαγγάνιο (Mn), το κοβάλτιο (Co) και ο σίδηρος (Fe) σχηματίζουν μικρά θετικά ιόντα και διαθέτουν περισσότερα από δύο ευκίνητα ηλεκτρόνια. Δημιουργούν ισχυρούς μεταλλικούς δεσμούς που οδηγούν σε μεγάλη σκληρότητα και υψηλά σημεία τήξης.

2.1.4 Κρυσταλλική δομή των μετάλλων

Οι θετικά φορτισμένοι πυρήνες των ατόμων που αποτελούν τις δομικές μονάδες του κρυσταλλικού πλέγματος των μετάλλων, μπορούν να θεωρηθούν σαν ομοιόμορφα σφαιρίδια. Όνταν τα σφαιρίδια αυτά τοποθετηθούν όσο το δυνατόν περισσότερο το ένα ποντά στο άλλο, δημιουργούνται οι δύο διατάξεις που φαίνονται στο σχήμα 2.2 Α και Β.

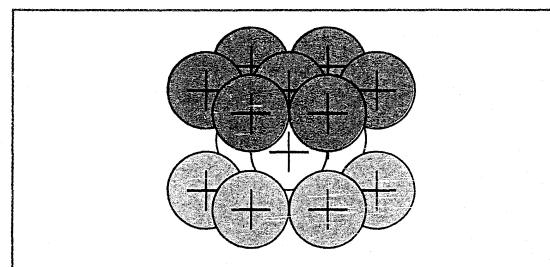
Αρχίζοντας από τη διάταξη Α, η οποία είναι η περισσότερο πυκνή και τοποθετώντας σφαιρίδια στα κενά που υπάρχουν από την πρώτη στοιβάδα δημιουργείται μια δεύτερη στοιβάδα (Σχήμα 2.3). Μια τρίτη στοιβάδα σφαιριδίων μπορεί να σχηματισθεί τώρα με δύο τρόπους:



Σχήμα 2.3. Σχηματισμός του εξαγωνικού και του εδροκεντρωμένου κυβικού κρυσταλλικού πλέγματος.

- i. Τοποθετώντας σφαιρίδια στα κενά τύπου Α της δεύτερης στοιβάδας.

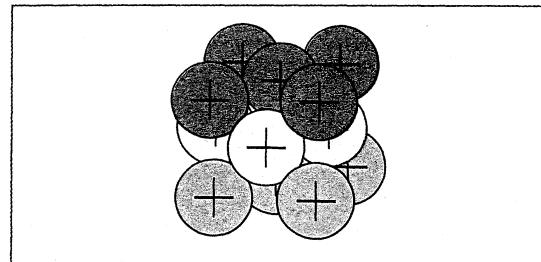
Με τον τρόπο αυτό η τρίτη στοιβάδα σφαιριδίων που δημιουργείται είναι πανομοιότυπη με την πρώτη. Το κρυσταλλικό πλέγμα που δημιουργείται ονομάζεται **εξαγωνικό** (σχήμα 2.4). Αυτού του είδους κρυστάλλους δημιουργούν τα μέταλλα βηρύλλιο (Be), μαγνήσιο (Mg), ψευδάργυρος (Zn), κάδμιο (Cd), κ.λ.π.



Σχήμα 2.4. Εξαγωνικό πλέγμα.

- ii. Τοποθετώντας σφαιρίδια στα κενά τύπου Β της δεύτερης στοιβάδας.

Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μια τρίτη στοιβάδα, η οποία διαφέρει και από τις δύο προηγούμενες. Το κρυσταλλικό πλέγμα που δημιουργείται ονομάζεται **εδροκεντρωμένο κυβικό** (σχήμα 2.5). Αυτού του είδους κρυστάλλους συναντούμε στα μέταλλα χαλκός (Cu), σίδηρος (Fe), άργυρος (Ag), χρυσός (Au), ασβέστιο (Ca), μόλυβδος (Pb), αργίλιο (Al), κ.λ.π.

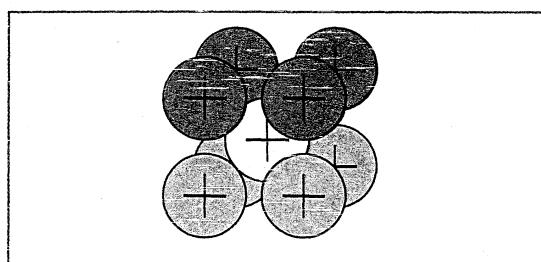


Σχήμα 2.5. Εδροκεντρωμένο κυβικό πλέγμα.

Συντελεστής ατομικής συσσώρευσης είναι το πηλίκο του όγκου των ατόμων που συνιστούν ένα μονοκύρισταλλο προς τον όγκο του μονοκυριστάλλου.

Σημειώνεται ότι και οι δυο αυτές κρυσταλλικές δομές είναι ιδιαίτερα πυκνές. Τα θετικά ιόντα του πλέγματος καταλαμβάνουν το 74% του διαθέσιμου χώρου ενώ το υπόλοιπο 26% είναι κενός χώρος. Δηλαδή τα μέταλλα αυτά έχουν **συντελεστή ατομικής συσσώρευσης** 0,74. Τα περισσότερα μέταλλα υχηματίζουν κρυσταλλους που ανήκουν στα δύο αυτά κρυσταλλικά πλέγματα.

Αρχίζοντας από τη διάταξη B των σφαιριδίων του σχήματος 2.2 και τοποθετώντας σφαιριδία, διαδοχικά στα κενά κάθε νέας στοιβάδας, δημιουργείται ένα τρίτο είδος κρυσταλλικού πλέγματος που ονομάζεται **χωροκεντρωμένο κυβικό** (σχήμα 2.6). Αυτή η διάταξη των ατόμων έχει συντελεστή ατομικής συσσώρευσης 0,68 (το 68% του διαθέσιμου χώρου καταλαμβάνεται από τα ιόντα του πλέγματος και το 32% είναι κενός χώρος).



Σχήμα 2.6. Χωροκεντρωμένο κυβικό πλέγμα.

Αυτού του είδους κρυσταλλους συναντούμε στο 30% περίπου του συνόλου των μετάλλων. Μεταξύ αυτών είναι τα μέταλλα της πρώτης ομάδας του περιοδικού πίνακα, όπως είναι το νάτριο (Na), και το κάλιο (K) αλλά και τα μέταλλα

βανάδιο (V), μολυβδαίνιο (Mo), βιλφράμιο (W), που ανήκουν σε άλλες ομάδες του περιοδικού πίνακα.

2.1.5 Φυσικές ιδιότητες των μετάλλων.

Τα μέταλλα παρουσιάζουν χαρακτηριστικές φυσικές ιδιότητες που τα κάνουν να ξεχωρίζουν από τα υπόλοιπα στοιχεία του περιοδικού πίνακα, τα αμέταλλα. Στον πίνακα 2.2 που ακολουθεί δίνονται συνοπτικά οι κυριότερες φυσικές ιδιότητες των μετάλλων και των αμετάλλων.

Αναλυτικά τα μέταλλα έχουν τις ακόλουθες φυσικές ιδιότητες:

Πίνακας 2.2: Φυσικές ιδιότητες μετάλλων και αμετάλλων

Μέταλλα	Αμέταλλα
Όλα, εκτός από τον υδρογόνο (H ₂), είναι στερεά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος εκτός από το βρώμιο (Br), που είναι υγρό.	Είναι αέρια ή στερεά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος εκτός από το βρώμιο (Br), που είναι υγρό.
Στην αέρια φάση είναι μονατομικά.	Στην αέρια φάση είναι διατομικά (εκτός από τα ευγενή αέρια).
Έχουν χαρακτηριστική μεταλλική λάμψη.	Δεν έχουν μεταλλική λάμψη.
Είναι ελατά (μπορούν να γίνουν ελάσματα) και όλκιμα (μπορούν να γίνουν σύρματα).	Δεν είναι ελατά και όλκιμα αλλά εύθραυστα στην στρεγή κατάσταση.
Είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού.	Είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού (εκτός από τον γραφίτη).
Είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας.	Είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας (εκτός από το διαμάντι).

Γνωρίζεις στι....

Η σκληρότητα των υλικών μετριέται σύμφωνα με την ακόλουθη δεκάβαθμη εμπειρική **κλίμακα του Mohs**.

Τάλκης	1
Γύψος	2
Ασβεστίτης	3
Φθορίτης	4
Απατίτης	5
Άστριος	6
Χαλαζίας	7
Τοπάζι	8
Κορούνδιο	9
Διαμάντι	10

• Είναι στερεά.

Όλα τα μέταλλα είναι στερεά στη θερμοκρασία περιβάλλοντος (25°C) εκτός από τον υδρόγορο (Hg) που είναι υγρό.

Το σημείο τήξης, η πυκνότητα και η σκληρότητα διαφέρει από μέταλλο σε μέταλλο. Ο υδρόγορος τήκεται στους -39°C και είναι το πιο **εύτηκτο** μέταλλο, ενώ το βιολφράμιο είναι το πιο **δύστηκτο** μέταλλο με σημείο τήξης τους 3410°C .

Ανάλογα με την πυκνότητά τους διακρίνονται σε **ελαφρά μέταλλα** με πυκνότητα $\rho < 5\text{ g/cm}^3$ και σε **βαρέα μέταλλα** με πυκνότητα $\rho \geq 5\text{ g/cm}^3$.

Κάποια μέταλλα, όπως το νάτριο, είναι τόσο μαλακά που κόβονται με το μαχαίρι, ενώ κάποια άλλα, τόσο σκληρά που χαράσσονται μόνο από το διαμάντι.

Η σκληρότητα και το σημείο τήξης των μετάλλων εξαρτώνται από την ισχύ του μεταλλικού δεσμού, ενώ η πυκνότητα εξαρτάται από το μέγεθος, το βάρος και την διάταξη των ιόντων του κρυσταλλικού τους πλέγματος.

• Είναι μονατομικά στην αέρια φάση.

Όταν η θερμοκρασία του μετάλλου αυξηθεί σημαντικά η κίνηση των ιόντων του κρυσταλλικού πλέγματος γίνεται έντονη και το μέταλλο τήκεται. Αν η θερμοκρασία του μετάλλου αυξηθεί ακόμη περισσότερο, η κίνηση των ιόντων γίνεται εντονότερη και ο μεταλλικός δεσμός δεν μπορεί πλέον να συγκρατήσει τα ιόντα στη θέση τους. Τότε τα ιόντα αποκτούν και πάλι τα ηλεκτρόνια τους, μετατρέπονται σε ουδέτερα άτομα και εγκαταλείπουν την υγρή φάση πηγαίνοντας στην αέρια. Στην αέρια φάση λουτόν, το μέταλλο αποτελείται από μεμονωμένα ουδέτερα άτομα που κινούνται το ένα ανεξάρτητα από το άλλο. Συμπεριφέρεται δηλαδή σαν μονατομικό αέριο.

Πίνακας 2.3 : Φυσικές ιδιότητες μετάλλων

Μέταλλα	Πυκνότητα (g/cm^3)	Σημείο Τήξης ($^{\circ}\text{C}$)	Σκληρότητα (Κλίμακα Mohs)
Al	2,70	660,37	2 - 2,9
Ag	10,50	961,93	2,5 - 7
Au	19,32	1064,43	2,5 - 3
Ca	1,55	839 ± 2	1,5
Cr	7,19	1857 ± 20	9,0
Cu	8,96	1083,40	2,5 - 3
Fe	7,87	1535,00	4 - 5
K	0,86	63,65	0,5
Na	0,97	97,81	0,4
Pb	11,35	327,50	1,5
Pt	21,45	1772,00	4,3
Sn	5,75	231,97	1,5 - 1,8
Zn	7,13	419,58	2,5

• Έχουν μεταλλική λάμψη.

Όταν η επιφάνεια των μετάλλων είναι καθαρή και καλά γυαλισμένη ανακλά σε μεγάλο βαθμό όλα τα μήκη κύματος του φωτός. Η ανάκλαση αυτή δίδει στα μέταλλα χρακτηριστική λάμψη, τη **μεταλλική λάμψη**.

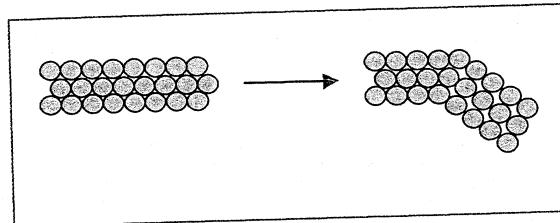
Τα περισσότερα μέταλλα εμφανίζονται σαν αργυρόλευκα. Εξαίρεση αποτελούν ο χαλκός (Cu), ο οποίος είναι ερυθρός και ο χρυσός (Au), ο οποίος είναι κίτρινος.

• Είναι ελατά και όλκιμα.

Τα μέταλλα έχουν γενικά πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες οι οποίες οφείλονται στο μεταλλικό δεσμό.

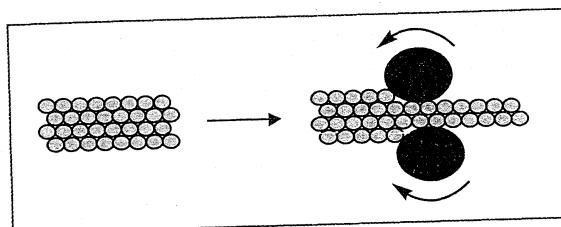
Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που περιβάλλονται τον μεταλλικό κρύσταλλο εξασφαλίζουν συνοχή και κινητικότητα στα ιόντα.

Έτοιμα μέταλλα μπορούν να υποστούν κάμψη και να σφυρηλατηθούν προκειμένου να πάρουν το επιθυμητό σχήμα.



Σχήμα 2.7. Κάμψη των μετάλλων.

Είναι ελατά, δηλαδή μπορούν να συμπιεσθούν στο έλαστρο και να μετατραπούν σε λεπτά ελάσματα.



Σχήμα 2.8. Έλαση των μετάλλων.

Είναι επίσης όλκιμα, δηλαδή μπορούν να μετατραπούν σε σύρματα διαφόρων διαμέτρων με ελξη μέσα από οπές αντίστοιχων διαμέτρων.

Όπως φαίνεται από τα σχήματα κατά τη διάρκεια αυτών των κατεργασιών τα ιόντα του μεταλλικού πλέγματος απλώς αναδιατάσσονται χωρίς να χάνουν τη συνοχή τους.

• Είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των μετάλλων οφείλεται στην ύπαρξη του νέφους των ελεύθερων ηλεκτρονίων. Όταν εφαρμοσθεί μια διαφορά δυναμικού κατά μήκος του μετάλλου τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται προς τον θετικό πόλο, ενώ νέα ηλεκτρόνια εισέρχονται στο μέταλλο από τον αρνητικό πόλο. Έτσι τα ηλεκτρόνια κινούνται διαμέσου του μετάλλου μεταφέροντας το ηλεκτρικό ρεύμα.

Ο συνολικός αριθμός των ηλεκτρονίων στο μέταλλο παραμένει σταθερός, ενώ οι θετικά φορητισμένοι πυρήνες που αποτελούν το κυ-

σταλλικό πλέγμα είναι ακίνητοι, αφού συγκρατούνται σταθερά στη θέση τους από το μεταλλικό δεσμό.

• Είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας.

Στο νέφος των ελεύθερων ηλεκτρονίων οφείλεται και η καλή θερμική αγωγιμότητα των μετάλλων.

Αν το ένα άκρο μετάλλου θερμανθεί, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια αποκτούν κινητική ενέργεια και αρχίζουν να κινούνται ταχύτερα προς δύλες τις κατευθύνσεις εντός του μετάλλου. Έτσι μεταφέρονται την ενέργειά τους στα γειτονικά ηλεκτρόνια με αποτέλεσμα να μεταδίδεται η θερμότητα σε όλο το μέταλλο.

2.1.6 Χημικές ιδιότητες των μετάλλων

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει τα μετάλλα έχουν την τάση να χάνουν από 1 έως 3 ηλεκτρόνια και να μετατρέπονται σε θετικά ιόντα. Άρα είναι αναγωγικά σώματα.

Ο αριθμός των ηλεκτρονίων που χάνουν, δηλαδή ο **α.ο.** τους, εξαρτάται από τη θέση τους στον περιοδικό πίνακα.

Τα μετάλλα της πρώτης και της δεύτερης ομάδας του περιοδικού πίνακα έχουν ένα μόνο α.ο. που είναι +1 και +2 αντίστοιχα. Τα μετάλλα των υπόλοιπων ομάδων του περιοδικού πίνακα έχουν κατά κανόνα περισσότερα από ένα α.ο..

Οι κυριότερες αντιδράσεις των μετάλλων είναι οι ακόλουθες:

1. Αντιδρούν με στοιχεία που έχουν την τάση να προσλαμβάνουν ηλεκτρόνια, με τα οποία δημιουργούν ιοντικές ενώσεις. Τα στοιχεία αυτά είναι τα αμέταλλα που είναι **οξειδωτικά σώματα**.

Θυμάματα ότι...
Αναγωγικά λέγονται τα σώματα που έχουν την τάση να αποβάλλουν ηλεκτρόνια. Τα σώματα αυτά αποβάλλονται ηλεκτρόνια οξειδώνονται.

Οξειδωτικά λέγονται τα σώματα που έχουν την τάση να προσλαμβάνουν ηλεκτρόνια. Τα σώματα αυτά προσλαμβάνονται ηλεκτρόνια ανάγονται.

Θυμάμαι στι...

στις χημικές αντιδράσεις συμβολίζονται με:

(s): τα στερεά (solid)
 (l): τα υγρά (liquid)
 (g): τα αέρια (gas)
 (aq): οι ουσίες που βρίσκονται σε υδατικό διάλυμα (aqueous solution)

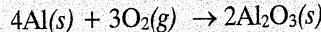
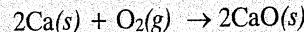
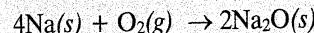
Τα κυριότερα αμέταλλα με τα οποία αντιδρούν είναι:

• Το οξυγόνο, O₂.

Τα μέταλλα αντιδρούν με το O₂ σύμφωνα με το γενικό σχήμα:



π.χ.



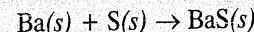
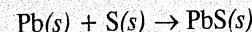
Μερικά μέταλλα, όπως τα Au, Pt, Ag, δεν αντιδρούν με το οξυγόνο και γι' αυτό ονομάζονται **ευγενή**.

• Το θείο, S.

Με το θείο τα περισσότερα μέταλλα παρέχουν **θειούχα άλατα (σουλφίδια)** σύμφωνα με το γενικό σχήμα:

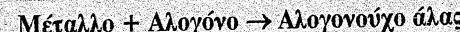


π.χ.

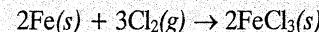
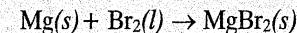
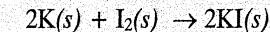
**• Τα αλογόνα.**

Από τα αλογόνα τα F₂ και Cl₂ αντιδρούν με όλα τα μέταλλα, ενώ τα Br₂ και I₂ με αρκετά από αυτά παρέχοντας **αλογονούχα άλατα (αλογονίδια)**.

Το γενικό σχήμα της αντίδρασης είναι:



π.χ.



2. Όλα τα μέταλλα που βρίσκονται πριν από το H στην σειρά ηλεκτροθετικότητας αντιδρούν με το H₂O και με τα **μη οξειδωτικά οξέα** και εκλύουν υδρογόνο.

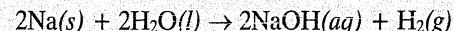
Οι κυριότερες αντιδράσεις που δίνουν είναι οι ακόλουθες:

• Με το H₂O

Τα πολύ δραστικά μέταλλα αντιδρούν ζωηρά με το νερό και παράγουν H₂ και υδροξείδιο του μετάλλου. Σε μερικές περιπτώσεις, όπως με το Na, η αντίδραση είναι τόσο έντονα εξώθερμη που το παραγόμενο H₂ αναφλέγεται. Το γενικό σχήμα της αντίδρασης είναι:



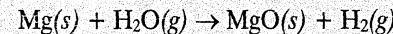
π.χ.



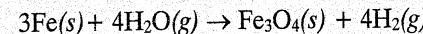
Τα λιγότερο δραστικά μέταλλα αντιδρούν με το νερό σε υψηλή θερμοκρασία (υδρατμούς) σύμφωνα με το σχήμα:



π.χ.

**Γνωρίζεις στι....**

τα δραστικά μέταλλα όπως το Na, το K ή το Ca φυλάσσονται σε ερμητικά κλειστά δοχεία βυθισμένα σε πετρέλαιο ή άλλο αδρανή διαλύτη; Γιατί;

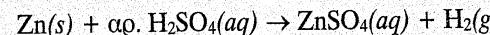
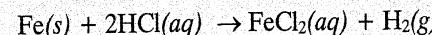


• **Με τα οξέα**

Συνήθως χρησιμοποιούνται τα μη οξειδωτικά οξέα αραιό H_2SO_4 και HCl . Στα άλατα που παράγονται, τα μέταλλα έχουν το μικρότερο α.ο. τους. Το γενικό σχήμα της αντίδρασης είναι:



π.χ.



2.1.7 Διάβρωση των μετάλλων

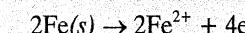
Διάβρωση είναι ο επιστημονικός όρος που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροχημική καταστροφή των μετάλλων. Τα αποτελέσματα της διάβρωσης των μετάλλων μπορούμε εύκολα να τα παρατηρήσουμε στην καθημερινή μας ζωή. Η σκουριά του σιδήρου, το μαύρισμα των αισθημάτων και η πράσινη πατίνα του χάλκου και του μπρούντζου είναι μερικά από τα πιο συνηθισμένα παραδείγματα.

Η διάβρωση προκαλεί μεγάλες καταστροφές στη βιομηχανία, στα κτήρια, στα πλοία και στα αυτοκίνητα. Προκαλεί επίσης καταστροφές στις μεταλλικές κατασκευές όπως είναι οι γέφυρες, οι πυλώνες μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος, οι σωληνώσεις μεταφοράς του νερού και τα μεταλλικά έργα τέχνης.

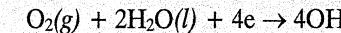
Το κόστος από την διάβρωση των μετάλλων σε μια ανεπτυγμένη χώρα εκτιμάται σε αρκετά δισεκατομμύρια δολάρια το χρόνο. Έτσι το πρόβλημα της διάβρωσης των μετάλλων εκτός από το καθαρά επιστημονικό ενδιαφέρον έχει ταυτόχρονα και τεράστιο οικονομικό ενδιαφέρον.

Διάβρωση του σιδήρου

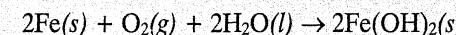
Η περισσότερο συνηθισμένη μορφή διάβρωσης στη φύση είναι η διάβρωση του σιδήρου. Τα άτομα του σιδήρου με την παρουσία του οξυγόνου και της υγρασίας οξειδώνονται χάνοντας ηλεκτρόνια και μετατρέπονται σε ιόντα δισθενούς σιδήρου σύμφωνα με την αντίδραση:



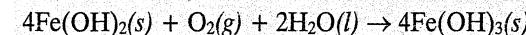
Τα ηλεκτρόνια που παράγονται από την αντίδραση ανάγουν το οξυγόνο σύμφωνα με την αντίδραση:



Αθροίζοντας τις δυο ημιαντιδράσεις παίρνουμε την ολική αντίδραση της διάβρωσης του σιδήρου:



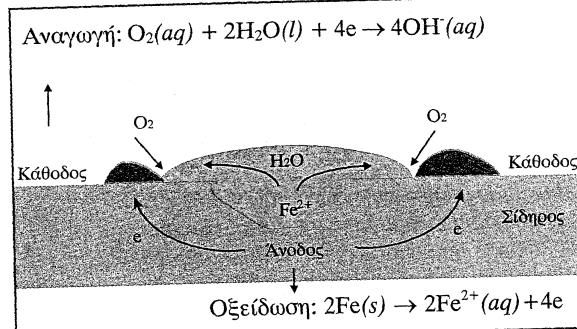
Η ένωση Fe(OH)_2 που σχηματίζεται αντιδρά και πάλι με το οξυγόνο σύμφωνα με την αντίδραση:



Στη συνέχεια η ένωση Fe(OH)_3 που είναι αδιάλυτη στο νερό διασπάται προς το κεραμέρυθρο οξείδιο του σιδήρου $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ και κάθεται στην επιφάνεια του μετάλλου με τη μορφή σκουριάς. Το οξείδιο αυτό είναι εύθραυστο και πορώδες, με αποτέλεσμα να μην προστατεύει την επιφάνεια του σιδήρου από την παραπέρα διάβρωση.

Γνωρίζεις ότι....

Η διάβρωση του σιδήρου, αλλά και σλων των μετάλλων, ξεκινά από τα σημεία όπου υπάρχουν μηχανικές τάσεις. Έτσι ένα μεταλλικό καρφί θα σκουριάσει πρώτα στο κεφάλι και στο μυτερό άκρο, ενώ αν είναι λυγισμένο θα σκουριάσει και στο σημείο της κάμψης.



Σχήμα 2.9. Διάβρωση του σιδήρου.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.9, η ροή των ηλεκτρονίων κατά την διάρκεια της διάβρωσης γίνεται δια μέσου του μετάλλου, ενώ η κίνηση των ιόντων γίνεται δια μέσου της στοιβάδας του νερού.

Αν το νερό περιέχει ουσίες που δίνουν δξινά διαλύματα, όπως το SO_4^{2-} και το CO_3^{2-} η ταχύτητα της διάβρωσης αυξάνει. Επίσης, η παρουσία ιόντων χλωρίου (Cl^-) στο νερό διευκολύνει την μετακίνηση των ιόντων του σιδήρου. Για το λόγο αυτό η διάβρωση του σιδήρου γίνεται ταχύτερα σε διαλύματα που περιέχουν χλωριούχο νάτριο ($NaCl$).

Στα ψυχρά μέρη της γης, το άλατι που χρησιμοποιούν για να λιώσουν τον πάγο που σχηματίζεται στους δρόμους το χειμώνα, προκαλεί αυξημένα προβλήματα διάβρωσης στα αυτοκίνητα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2.1

Πάρε τρεις δοκιμαστικούς σωλήνες (ή ποτήρια αν δεν είσαι στο εργαστήριο) και βάλε στον ένα απιονισμένο νερό (αυτό που χρησιμοποιούμε για το ηλεκτρικό σίδερο) στον δεύτερο απιονισμένο νερό στο οποίο έχεις διαλύσει λίγο αλάτι ($NaCl$) και στον τρίτο νερό από τη βρύση. Ρίξε σε κάθε ένα από τους σωλήνες ένα σιδερένιο καρφί.

Προσοχή!! Τα καρφιά δεν πρέπει να είναι σκουριασμένα και πρέπει να είναι βυθισμένα τελείως στο υγρό.

Μετά από μια μέρα παρατήρησε τι έχει συμβεί και προσπάθησε να απαντήσεις στις παρακάτω ερωτήσεις:

- Τι έχει συμβεί στο καρφί σε κάθε ένα δοκιμαστικό σωλήνα;
- Γιατί στο δεύτερο σωλήνα το καρφί σκούριασε περισσότερο;
- Γράψε τις χημικές αντιδράσεις οξείδωσης που γίνονται σε κάθε σωλήνα.
- Γράψε τις χημικές αντιδράσεις αναγωγής που γίνονται σε κάθε σωλήνα.
- Γράψε τη συνολική αντιδραση που περιγράφει το φαινόμενο σε κάθε σωλήνα.

Διάβρωση των αργιλίων

Το αργιλίο (Al), είναι μέταλλο πιο δραστικό αλλά και πιο ελαφρύ από το σιδήρο.

Μόλις εκτεθεί στον αέρα αντιδρά ταχύτατα με το οξυγόνο, κατά παρόμοιο τρόπο με το σιδήρο, σχηματίζοντας στην επιφάνειά του οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3). Το οξείδιο αυτό, σε αντίθεση με εκείνο του σιδήρου, είναι στληρό και δεν είναι πορώδες. Έτσι, μόλις σχηματισθεί ένα λεπτό στρώμα Al_2O_3 στην επιφάνεια του μετάλλου η παραπέδα διάβρωση σταματά. Το λεπτό στρώμα του οξειδίου προστατεύει την επιφάνεια.

Η φυσική αυτή προστασία του αργιλίου πολλές φορές δεν αρκεί για να σταματήσει την διάβρωση. Αυτό συμβαίνει όταν στο περιβάλλον του μετάλλου υπάρχουν παράγοντες που διαλύουν το οξείδιο ή δεν επιτρέπουν τον σχηματισμό του. Η παρουσία αλάτων όπως το $NaCl$, βάσεων όπως ο ασβέστης ($Ca(OH)_2$) ή οξέων, προκαλεί τέτοια φαινόμενα και είναι πολύ επικίνδυνη για τη διάβρωση των κατασκευών από αργιλίο. Αυτός άλλωστε είναι ο λόγος που το αργιλίο διαβρώνεται εύκολα από το θαλασσινό νερό.

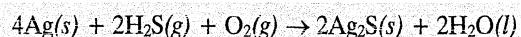
Παρόμοια συμπεριφορά ως προς τη διάβρωση με το αργιλίο έχουν και τα μέταλλα χρώμιο (Cr), νικέλιο (Ni), ψευδάργυρος (Zn) και καστερός (Sn). Σχηματίζουν και αυτά στην επιφάνεια τους προστατευτικό οξείδιο με αποτέλεσμα να μη διαβρώνονται. Τα μέταλλα αυτά χρησιμο-

ποιούνται όπως θα δούμε για την προστασία του σιδήρου από τη διάβοωση.

Διάβοωση ἄλλων μετάλλων

Μετά από τον σίδηρο, ο χαλκός (Cu), είναι ένα από τα χρησιμότερα μέταλλα. Σε συνήθη θερμοκρασία δεν προσβάλλεται από το οξυγόνο. Όταν όμως εκτεθεί σε υγρό ατμοσφαιρικό περιβάλλον σκεπάζεται βραδύτατα από πράσινο στρώμα βασικού ανθρακικού χαλκού $[Cu(OH)_2 \cdot CuCO_3]$ που ονομάζεται **πατίνα**. Το στρώμα αυτό είναι συμπαγές και προστατεύει το μέταλλο από την παραπέρα διάβρωση. Παρόμοια συμπεριφορά παρουσιάζουν και τα διάφορα κράματα του χαλκού, όπως είναι ο μπρούντζος και ο ορείγαλκος.

Ο αργυρός είναι ένα ακόμη μέταλλο που χρησιμοποιείται για την κατασκευή νομισμάτων, κοσμημάτων και σκευών πολυτελείας. Δεν προσβάλλεται από το οξυγόνο και για τον λόγο αυτό έχει την μεγαλύτερη λάμψη από όλα τα μέταλλα. Όταν εκτεθεί στον αέρα προσβάλλεται εύκολα από τις θειούχες ενώσεις που υπάρχουν σε αυτόν και κυρίως από το υδροθείο (H_2S). Τότε καλύπτεται από λεπτότατο στρώμα μαύρου θειούχου αργύρου (Ag_2S), σύμφωνα με την αντιδραση:



Το μαύρισμα των ασημικών στα σημεία που τα αγγίζουμε με το χέρι και των ασημένιων σκευών που χρησιμοποιούνται στο τραπέζι οφείλεται στην αντίδραση του αργύρου με τις πρωτεΐνες που περιέχουν θείο (S).

2.1.8 Προστασία των μετάλλων από την διάβοση

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για την προστασία των μετάλλων από τη διάβρωση. Οι κυριότερες από αυτές είναι οι παρακάτω:

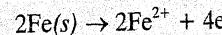
1. Επικάλυψη της επιφάνειας του μετάλλου με υλικό που να το προστατεύει από την επιδράση του οξυγόνου, του νερού ή άλλων διαβρωτικών παραγόντων. Ως υλικό επικάλυψης μπορεί να χρησιμοποιηθεί λάδι, γράσο, βερνίκι, χρώμα, σμάλτο κ.λ.π. Η πιο απλή και αποτελεσματική προστασία του σιδήρου είναι η βαφή του με **μίνιο**, που είναι αιώρημα οξειδίου του μολύβδου (Pb_3O_4) σε ορητίνη.

2. Επιμετάλλωση με λιγότερο δραστικό μέταλλο. Ο σίδηρος π.χ. μπορεί να επικαλυφθεί ηλεκτρολυτικά με λεπτό στρώμα χαλκού ή με κασσίτερο αν βυθισθεί σε τήγμα από το μέταλλο αυτό. Και στις δύο περιπτώσεις ο σίδηρος προστατεύεται αποτελεσματικά μόνο αν το στρώμα της επιμετάλλωσης δεν παρουσιάζει ασυνέχειες ή ρωγμές. Σε αντίθετη περίπτωση η διάβρωση του σιδήρου γίνεται με μεγαλύτερη ταχύτητα από τον απροστάτευτο σίδηρο. Αυτό συμβαίνει γιατί δημιουργείται ηλεκτροχημικό στοιχείο που έχει ως θετικό πόλο τον χαλκό ή τον κασσίτερο και αρνητικό τον σίδηρο (σήμα 2.10).

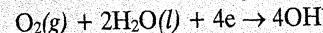
The diagram illustrates the cathodic reaction at the steel/H₂O interface. On the left, a dark grey rectangular block represents the steel substrate. A curved arrow originates from the top surface of the steel and points down towards the interface, labeled "4e". At the interface, a vertical double-headed arrow indicates electron transfer between the steel and the solution. Above the interface, the reaction $O_2 + 2H_2O \rightarrow 4HO^-$ is shown, with four arrows pointing upwards from the interface to the products. Below the interface, the reaction $O_2 + 2H_2O \rightarrow 4HO^-$ is shown again, with four arrows pointing downwards from the products to the interface. The label "(-)" is placed below the interface, indicating the negative electrode potential.

Σχήμα 2.10. Διάβρωση του σιδήρου από ωργή σε επικαστέρωμα

Στον αρνητικό πόλο (άνοδο) του στοιχείου γίνεται η οξείδωση του σιδήρου:



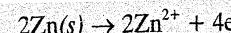
και στον θετικό πόλο (κάθοδο) η αναγωγή του οξυγόνου:



3. Επιμετάλλωση με περισσότερο δραστικό μέταλλο. Ο σίδηρος π.χ. μπορεί να επικαλυψθεί ηλεκτρολυτικά με λεπτό στρώμα χρωμίου ή ψευδάργυρου, αν βυθισθεί σε τίγμα από το μέταλλο αυτό (γαλβάνισμα του σιδήρου).

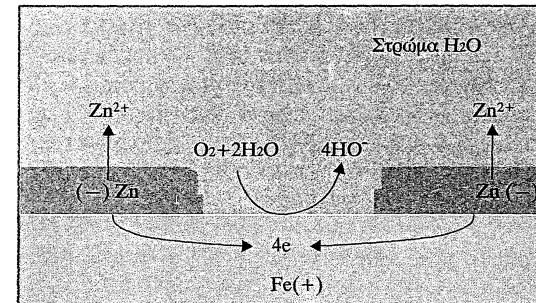
Στην περίπτωση αυτή ο ψευδάργυρος είναι μέταλλο δραστικότερο από τον σίδηρο. Έτσι προστατεύει τον σίδηρο ακόμη και αν υπάρχει ρωγμή του προστατευτικού στρώματος.

Στο ηλεκτροχημικό στοιχείο που δημιουργείται (σχήμα 2.11), αρνητικός πόλος (άνοδος) είναι ο ψευδάργυρος, ο οποίος οξειδώνεται σύμφωνα με την αντίδραση:



Θετικός πόλος (κάθοδος) είναι ο σίδηρος όπου γίνεται η αναγωγή του οξυγόνου, όπως και προηγουμένως. Ετοι ο σίδηρος προστατεύεται.

Το προϊόν της αντίδρασης είναι το οξείδιο του ψευδαργύρου που προστατεύει τον ψευδάργυρο από την παραπέδρα διάβρωση.



Σχήμα 2.11. Διάβρωση σε γαλβανισμένο σίδηρο.

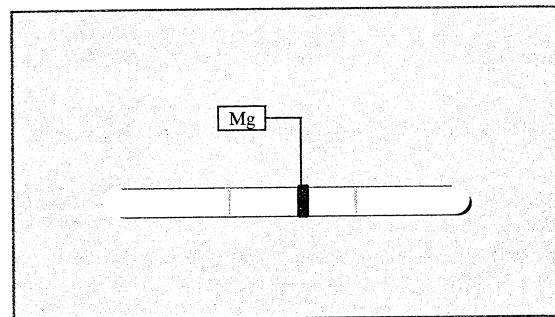
4. Δημιουργία επιφανειακού προστατευτικού στρώματος οξειδίου ή άλλων ενώσεων του μετάλλου. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στην προστασία των κατασκευών από αργίλιο. Το φυσικό στρώμα οξειδίου που δημιουργείται στην επιφάνεια του μετάλλου ενισχύεται σε πάχος με ηλεκτρολυτική ανοδίωση. Το παραγόμενο ανοδιωμένο αργίλιο καλύπτεται από παχύτερο στρώμα οξειδίου το οποίο εκτός από καλύτερη προστασία προσφέρει και δυνατότητα βαφής. Τα μόρια του χρώματος προσφορούνται στο στρώμα του οξειδίου του αργιλίου δίδοντας χρώμα στην επιφάνεια.

Ανάλογη μέθοδος χρησιμοποιείται και σε εσωτερικές επιφάνειες από σίδηρο που δύναται να βαφούν ή να επιμεταλλωθούν π.χ. συστήματα κυκλοφορίας υγρών σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Στις περιπτώσεις αυτές προστίθενται στο νερό φωσφορικά ή χρωμικά άλατα που σχηματίζουν προστατευτικό φίλμ στην επιφάνεια του σιδήρου και έτσι παρεμποδίζουν την διάβρωση.

5. Σύνδεση του μετάλλου με άλλο δραστικότερο μέταλλο. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την προστασία μεγάλων σιδηροκατασκευών π.χ. δίκτυα σωλήνων, γέφυρες, πλοία κ.λ.π.

Στην περίπτωση αυτή το υπό προστασία μετάλλο συνδέεται με τεμάχιο από πιο δραστικό μέταλλο όπως π.χ. μαγνήσιο ή ψευδάργυρο. Το

δραστικότερο μέταλλο γίνεται έτσι ο αρνητικός πόλος του στοιχείου που δημιουργείται και οξειδώνεται κατά προτίμηση προστατεύοντας την υπόλοιπη σιδερένια κατασκευή που αποτελεί τον θετικό πόλο του στοιχείου. Το δραστικό μέταλλο που καταστρέφεται σιγά - σιγά ονομάζεται **θυσιαζόμενη άνοδος** (σχήμα 2.12).



Σχήμα 2.12. Καθοδική προστασία με θυσιαζόμενη άνοδο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2.2

Πάρε δύο δοκιμαστικούς σωλήνες (ή ποτήρια αν δεν είσαι στο εργαστήριο) και βάλε απιονισμένο νερό στο οποίο έχεις διαλύσει λίγο αλάτι (NaCl). Ρίξε στον πρώτο σωλήνα ένα καρφί και στον άλλο ένα σιδερένιο καρφί στο οποίο έχεις συνδέσει ένα έλασμα ή σύρμα από φυευδάργυρο.

Προσοχή!! Τα καρφιά δεν πρέπει να είναι σκουριασμένα και πρέπει να είναι βυθισμένα τελείως στο υγρό.

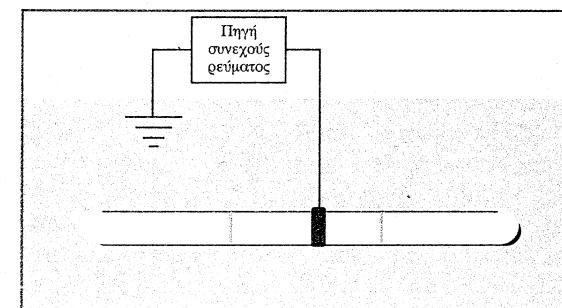
Μετά από μία μέρα παρατήσης τι έχει συμβεί και προσπάθησε να απαντήσεις στις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Περιγράψε τι έχει συμβεί στο καρφί σε κάθε ένα δοκιμαστικό σωλήνα;
2. Γιατί στο δεύτερο σωλήνα το καρφί δεν σκουριασε;
3. Γράψε τις χημικές αντιδράσεις οξειδωσης που γίνονται σε κάθε σωλήνα.

4. Γράψε τις χημικές αντιδράσεις αναγωγής που γίνονται σε κάθε σωλήνα.
5. Γράψε τη συνολική αντίδραση που περιγράφει το φαινόμενο σε κάθε σωλήνα.

6. Ένας άλλος τρόπος προστασίας είναι η σύνδεση μικρής πηγής συνεχούς ρεύματος με το μέταλλο που θέλουμε να προστατέψουμε, ώστε να μετατραπεί σε κάθοδο.

Ο αρνητικός πόλος της πηγής συνδέεται με το αντικείμενο που θέλουμε να προστατέψουμε (π.χ. υπόγειες δεξαμενές, σωληνώσεις) και το θετικό με ένα αδρανές ηλεκτρόδιο, όπως γραφίτης ή ανοξειδωτος χάλυβας, το οποίο βυθίζεται σε κατάλληλη απόσταση και θέση στη γη. Οι αγωγοί σύνδεσης πρέπει να είναι καλά μονωμένοι για να μην έχουμε ηλεκτρικές διαρροές (Σχ. 2.13)



Σχήμα 2.13. Καθοδική προστασία με πηγή συνεχούς ρεύματος.

Θα πρέπει πάντως, να τονισθεί ότι ο απλούστερος κανόνας για τον περιορισμό της διάβρωσης είναι να αποφεύγεται η επαφή διαφορετικών μετάλλων στις κατασκευές, όπως π.χ. χαλκός και σίδηρος στις σωλήνες ύδρευσης. Αν δεν μπορούμε να το αποφύγουμε θα πρέπει η επαφή των δύο μετάλλων να μονώνεται ηλεκτρικά.

2.1.9 Ενώσεις των μετάλλων στη φύση

Οι χημικές ιδιότητες των μετάλλων και ιδιαίτε-

ρα η δραστικότητά τους επιδρούν στο είδος των ενώσεων με τις οποίες τα βρίσκουμε στη φύση.

Τα δραστικά μέταλλα, δηλαδή όσα είναι πριν από το Η στη σειρά ηλεκτροθετικότητας, βρίσκονται στη φύση ως οξειδία ή ως θειούχα, ανθρακικά, πυριτικά και άλλου είδους άλατα.

Τα λιγότερο δραστικά μέταλλα, δηλαδή όσα είναι μετά από το υδρογόνο στη σειρά ηλεκτροθετικότητας, βρίσκονται στη φύση συνήθως ως αυτοφυή.

Παραδειγμα αυτοφυών μετάλλων αποτελούν τα Cu, Ag, Au καθώς και τα πιο σπάνια Pt, Ir και Pd. Από αυτά τα Cu, Ag, και Au βρίσκονται στη φύση και με τη μορφή ενώσεων.

Από τις ενώσεις των μετάλλων, κυρίως οι χλωριούχες και οι θειικές, είναι ευδιάλυτες στο νερό, ενώ όλες οι υπόλοιπες είναι αδιάλυτες.

Οι περισσότερες από τις αδιάλυτες στο νερό ενώσεις βρίσκονται στο στερεό φλοιό της γης με τη μορφή των πετρωμάτων.

Σύμφωνα με τους γεωλόγους, πέτρωμα είναι ένα φυσικό στερεό ύλικό που αποτελείται από ένα ή περισσότερα ορυκτά.

Αν ένα στοιχείο μπορεί να παραχθεί με οικονομικά συμφέροντα τρόπο από τα ορυκτά αυτά τότε το πέτρωμα ονομάζεται μετάλλευμα. Το Al για παράδειγμα βρίσκεται σε διάφορα πετρώματα, όπως ο γρανίτης, με τη μορφή αργιλοπυριτικών αλάτων. Η εξαγωγή δύμως του αργιλίου από τα πετρώματα αυτά είναι οικονομικά ασύμφορη και για το λόγο αυτό τα αργιλοπυριτικά άλατα δεν θεωρούνται μετάλλευμα του Al.

Αντίθετα ο βαξέτης θεωρείται μετάλλευμα του Al διότι χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την εξαγωγή του μετάλλου.

Τα μετάλλευματα αποτελούνται από τα ορυκτά και από τις προσμίξεις. Τα ορυκτά είναι σχετικά καθαρές, κρυσταλλικές ενώσεις των μετάλλων ενώ οι προσμίξεις αποτελούνται από χώμα, άμμο, πέτρες και άλλα αδρανή ύλικα.

Οι ευδιάλυτες ενώσεις των μετάλλων βρίσκονται κυρίως στη θάλασσα καθώς και σε περιοχές που υπήρχε κάποτε θάλασσα και για κάποιους λόγους, φυσικούς ή τεχνητούς, εξατμίστηκαν μεγάλες ποσότητες νερού. Οι περιοχές αυτές

μπορεί να είναι υπόγειες και ονομάζονται αλατωρυχεία ή να βρίσκονται στην επιφάνεια της γης όπως οι αλυκές που χρησιμοποιούνται για την παραλαβή του NaCl.

Πρόσφατα έχουν ανακαλυφθεί στους βυθούς των ωκεανών τεράστια κοιτάσματα που περιέχουν πετρώματα πλούσια σε μαγγάνιο (~25%) και σίδηρο (~15%).

Τα μεταλλεύματα ονομάζονται συνήθως με εμπειρικές ονομασίες και κατατάσσονται ανάλογα με το είδος των ανιόντων με το οποίο είναι ενωμένα τα μέταλλα στα ορυκτά τους. Στον πίνακα 2.4 δίδονται τα κυριότερα είδη μεταλλευμάτων.

2.1.10 Μεταλλουργία

Με τον όρο μεταλλουργία ονομάζουμε το σύνολο των διεργασιών που γίνονται για την εξαγωγή των μετάλλων από τα μεταλλεύματά τους και την παραλαβή τους σε καθαρή κατάσταση.

Συνήθως περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

1. Καθαρισμός και εμπλουτισμός μεταλλεύματος.
2. Αναγωγή του μεταλλεύματος προς μέταλλο.
3. Καθαρισμός του μετάλλου.

Τα στάδια αυτά έχουν αναλυτικά ως εξής:

1. Καθαρισμός και εμπλουτισμός μεταλλεύματος.

Στο στάδιο αυτό επιδιώκεται ο καθαρισμός του μεταλλεύματος από τις γαιώδεις προσμίξεις από τις οποίες σχεδόν πάντα συνοδεύεται και η αυξήση της περιεκτικότητας σε μέταλλο.

Το μετάλλευμα θρυμματίζεται και υποβάλλεται σε διάφορες κατεργασίες ανάλογα με τις ιδιότητες των ορυκτών και των προσμίξεων που περιέχει. Διακρίνουμε δύο ειδών κατεργασίες:

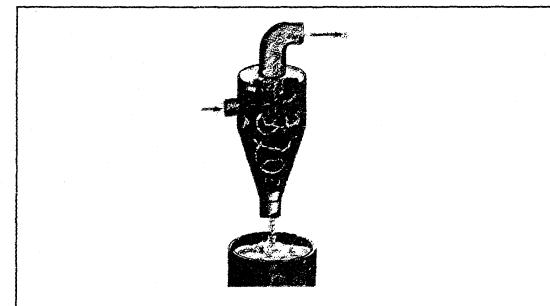
a. - Τις φυσικές κατεργασίες κατά τις οποίες η χημική σύσταση των συστατικών δεν μεταβάλλεται. Οι κυριότερες από αυτές περιγράφονται παρακάτω.

Έκπλυση με νερό. Το μετάλλευμα υποβάλλεται σε έκπλυση με τρεχούμενο νερό που απομακρύνει τις γαιώδεις προσμίξεις επειδή έχουν μικρότερο ειδικό βάρος.

Πίνακας 2.4: Τα κυριότερα είδη μεταλλεύμάτων

Διάνοια	Μεταλλεύματα	Χημικός τόπος οφυστού
Οξειδία	Αιματίτης Μαγνητίτης Βωξίτης Σιδηρονικέλιο Πυρολουσίτης Καστερόπιτης Πισουργανίτης	Fe_2O_3 Fe_3O_4 $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ $Fe_2O_3 \cdot NiO$ MnO_2 SnO_2 U_2O_8
Σουλφίδια	Χαλκοπυρίτης Χαλκοσίνης Σφαλερίτης Γοληνίτης Σιδηροπυρίτης Κιννάβαιο	$CuFeS_2$ Cu_2S ZnS PbS FeS_2 HgS
Αλογονίδια	Φθορίτης Κρυστάλλιος Καρναλίτης Συλβίτης	CaF_2 Na_3AlF_6 $KCl \cdot MgCl_2$ KCl
Ανθρακικά	Ασβεστόλιθος Μαγνησίτης Δολομίτης	$CaCO_3$ $MgCO_3$ $MgCO_3 \cdot CaCO_3$
Θειικά	Γύψος Βαρίτης	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ $BaSO_4$
Πυριτικά	Καολίνης Βήρυλλος Ορθόκλαστο	$Al_2(Si_2O_8)(OH)_4$ $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ $KAlSi_3O_8$
Φωσφορικά	Φωσφορίτης	$Ca_3(PO_4)_2$

Κυκλώνας. Το θρυμματισμένο μετάλλευμα εμφυσάται με μεγάλη ταχύτητα σε κυλινδρικό - κωνικό δοχείο όπου υποβάλλεται σε στροβιλισμό (σχήμα 2.14).



Σχήμα 2.14. Διαχωρισμός στερεών με κυκλώνα.

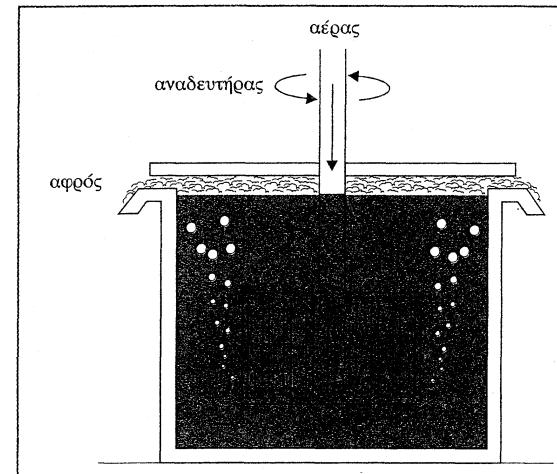
Τα βαρύτερα σωματίδια που έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε μέταλλο παρασύρονται από την φυγόκεντρο προς τα τοιχώματα και συλλέγονται στο κάτω μέρος του δοχείου.

Τα ελαφρύτερα σωματίδια παρασύρονται από τον αέρα και φεύγουν από το άνοιγμα στο άνω μέρος του δοχείου.

Επίπλευση. Η μέθοδος στηρίζεται στη διαφορά διαβροχής των κόκων των μεταλλεύματος από τις γαιώδεις προσμίξεις. Το μετάλλευμα αναμιγνύεται με νερό και χημικές ουσίες που λέγονται διαβρετικοί παράγοντες. Οι ουσίες αυτές επικαλύπτουν κατά προτίμηση τα σωματίδια των ορυκτών έτσι ώστε να διαβρέχονται λιγότερο εύκολα από τις προσμίξεις.

Στη συνέχεια το μίγμα υποβάλλεται σε κατεργασία με αέρα με τέτοιο τρόπο, ώστε να δημιουργείται αφρός (Σχήμα 2.15). Ο αφρός παρασύρει στην επιφάνεια τα ορυκτά που δεν διαβρέχονται ενώ οι προσμίξεις, που διαβρέχονται, από το νερό, κάθονται στο πυθμένα του δοχείου.

Η μέθοδος χρησιμοποιείται για τον εμπλουτισμό των θειούχων μεταλλεύμάτων του χαλκού, του μολύβδου και του ψευδαργύρου.



Σχήμα 2.15. Διαχωρισμός στερεών με επίπλευση.

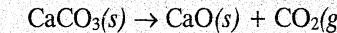
Μαγνητικός διαχωριστής. Ο διαχωρισμός των ορυκτών με μαγνητικές ιδιότητες, όπως ο Fe_3O_4 και τα ορυκτά του κοβαλτίου, από άλλα ορυκτά ή προσιμήεις γίνεται με τη βοήθεια ισχυρού μαγνητικού πεδίου.

Σχηματισμός αμαλγαμάτων. Ο υδράργυρος σχηματίζει αμαλγάματα με πολλά μέταλλα. Μπορεί λοιπόν να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή μετάλλων τα οποία βρίσκονται αυτοφυή στη φύση ή αλλά είναι διεσπαρμένα σε μικρή περιεκτικότητα σε μεταλλεύματα άλλων μετάλλων. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη μέθοδος για την εξαγωγή των ευγενών μετάλλων άργυρου και χρυσού από τα μεταλλεύματα του χαλκού. Η μέθοδος έχει αντικατασταθεί σήμερα από τη μέθοδο των κυανιούχων γιατί ο υδράργυρος είναι τοξικός και μολύνει το περιβάλλον.

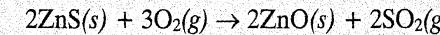
β. - Τις χημικές κατεργασίες κατά τις οποίες τα ορυκτά υφίστανται χημικές μεταβολές με σκοπό τον εμπλουτισμό τους σε μέταλλο ή/και τη μετατροπή τους σε ενώσεις που ανάγονται ευκολότερα.

Οι χημικές κατεργασίες ποικίλουν ανάλογα με το είδος των ορυκτών.

Τα ανθρακικά ορυκτά μετατρέπονται με θέρμανση σε οξείδια, σύμφωνα με την αντίδραση:

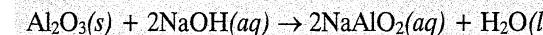


Τα θειούχα ορυκτά μετατρέπονται σε οξείδια με φρύξη, δηλαδή θέρμανση παρουσία οξυγόνου. Κατά τη φρύξη το θείο μετατρέπεται σε SO_2 , σύμφωνα με την αντίδραση:

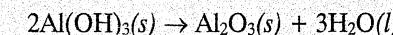


Το διοξείδιο του θείου (SO_2) που παράγεται από τη φρύξη των πυριτών μολύνει το περιβάλλον γιατί μετατρέπεται σε δύσινη βροχή.

Για τον καθαρισμό του Al_2O_3 που περιέχεται στο βωξίτη από τις προσιμήεις χρησιμοποιούνται πυκνά διαλύματα βάσης. Το Al_2O_3 διαλύεται, σύμφωνα με την αντίδραση:



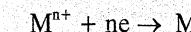
Το NaAlO_2 είναι ευδιάλυτο και αποχωρίζεται εύκολα από τις προσιμήεις. Εν συνεχείᾳ το διάλυμα εξουδετερώνεται με οξύ και το $\text{Al}(\text{OH})_3$ που καταβυθίζεται μετατρέπεται με θέρμανση και πάλι σε καθαρό Al_2O_3 , σύμφωνα με την αντίδραση:



2. Αναγωγή του μεταλλεύματος προς μέταλλο.

Τα περισσότερα μέταλλα βρίσκονται στα μεταλλεύματα με τη μορφή ενώσεων στις οποίες έχουν θετικό α.ο..

Η αναγωγή αντιστοιχεί στη πρόσληψη ηλεκτρονίων από το θετικά φορτισμένο ίόν του μετάλλου, σύμφωνα με την γενική αντίδραση:

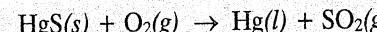


Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την αναγωγή του μεταλλεύματος εξαρτάται από τη χημι-

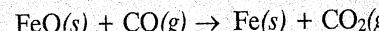
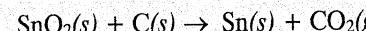
κή δραστικότητα του μετάλλου. Όσο μεγαλύτερη είναι η δραστικότητα τόσο περισσότερο δύσκολη και δαπανηρή είναι η μέθοδος της αναγωγής.

Τα ευγενή μέταλλα βρίσκονται ελεύθερα στη φύση και για το λόγο αυτό δεν χρειάζονται αναγωγή.

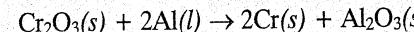
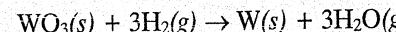
Κάποια μέταλλα με μικρή δραστικότητα, όπως ο υδράργυρος (Hg), δεν χρειάζονται επίσης αναγωγή αφού παράγονται απευθείας από τα θειούχα ορυκτά τους με φρύξη:



Τα οξείδια των σχετικά δραστικών μετάλλων ανάγονται από τον άνθρακα (C) ή το μονοξείδιο του άνθρακα (CO):



Το υδρογόνο και τα δραστικά μέταλλα νάτριο, μαγνήσιο και αργίλιο χρησιμοποιούνται ως αναγωγικά σώματα αν για κάποιους λόγους ο άνθρακας είναι ακατάλληλος:



Τα πολύ δραστικά μέταλλα, όπως το αργίλιο και το νάτριο, το λίθιο, το μαγνήσιο και άλλα, ανάγονται ηλεκτρολυτικά από τήγματα των αλάτων τους.

3. Καθαρισμός των μετάλλου.

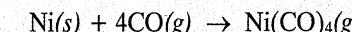
Συχνά, το μέταλλο που λαμβάνεται μετά από το στάδιο της αναγωγής, περιέχει ακαθαρσίες. Ο ψευδάργυρος, για παράδειγμα, περιέχει μόλυβδο, κάδμιο και σίδηρο ως ακαθαρσίες.

Ο παραπέρα καθαρισμός του μετάλλου μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους που εξαρτώ-

νται από τις ιδιότητες του μετάλλου και των ακαθαρσιών που πρέπει να απομακρυνθούν.

Τα μέταλλα που έχουν χαμηλό σημείο τήξης, όπως ο υδράργυρος, το μαγνήσιο και ο ψευδάργυρος, και είναι περισσότερο πτητικά από τις ακαθαρσίες τους μπορούν να καθαρισθούν με κλασματική απόσταξη.

Άλλα μέταλλα μετατρέπονται σε πτητικές ενώσεις και με τον τρόπο αυτό απαλλάσσονται από τις ακαθαρσίες τους. Ο καθαρισμός του νικελίου με τη μέθοδο Mond γίνεται με αντίδραση του μετάλλου με μονοξείδιο του άνθρακα στους 70°C, σύμφωνα με την αντίδραση:



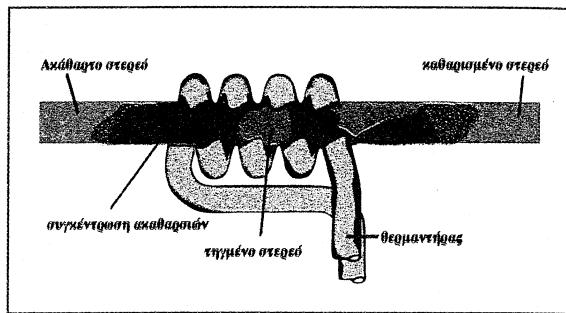
Η ένωση τετρακαρβόνυλονικέλιο $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ έχει σημείο ζέσης 43°C και είναι πολύ τοξική. Μετά την απόσταξη γίνεται ανάκτηση του νικελίου με διάσπαση της ένωσης στους 200°C.

Ο χάλκος, ο άργυρος και ο χρυσός καθαρίζονται με ηλεκτρολυτική διαλυμάτων των αλάτων τους. Το ακάθαρτο μέταλλο αποτελεί την άνοδο και το καθαρό μέταλλο την κάθοδο. Οι ακαθαρσίες, που αποτελούνται συνήθως από πιο δραστικά μέταλλα, παραμένουν στο διάλυμα χωρίς να ανάγονται στη κάθοδο. Τα λιγότερο δραστικά μέταλλα χρυσός και άργυρος δεν οξειδώνονται στην άνοδο και πέφτουν ως ζέημα στον πυθμένα του δοχείου ηλεκτρολυτής.

Μια ακόμη μέθοδος που χρησιμοποιείται συχνά, ιδιαίτερα για την παραγωγή υπερκαθαρών μετάλλων, είναι ο καθαρισμός με ανακρυστάλλωση κατά ζώνες (zone refining). Η μέθοδος στηρίζεται στην αρχή ότι όταν οι κρύσταλλοι ενός υλικού καταστρέφονται και ξανασχηματίζονται (ανακρυστάλλωση) απαλλάσσονται ταυτόχρονα από τις ακαθαρσίες.

Το μέταλλο με τη μορφή ράβδου διέρχεται αργά διαμέσου θερμαντικού πηνίου (Σχήμα 2.16). Καθώς η ράβδος προχωρά οι ακαθαρσίες διαλύνονται στο τηγμένο μέρος του μετάλλου, ενώ το μέταλλο που εξέρχεται ψύχεται οπότε οι κρύσταλλοι του ξανασχηματίζονται.

Με τον τρόπο αυτό οι ακαθαρσίες συγκεντρώνονται στην μία άκρη του μετάλλου που απορρίπτεται.



Σχήμα 2.16. Καθαρισμός μετάλλου με ανακρυστάλλωση κατά ζώνες.

Μετά τον καθαρισμό, πολλά μέταλλα αναμιγνύονται με άλλα στοιχεία για τον σχηματισμό κραμάτων τα οποία έχουν βελτιωμένες φυσικές και χημικές ιδιότητες. Σε άλλες περιπτώσεις κατά τη διάρκεια του καθαρισμού δεν αφαιρείται, σκόπιμα, ολόκληρη η ποσότητα των προσμιξεων. Για παράδειγμα, κατά τον καθαρισμό του σιδήρου, μικρή ποσότητα άνθρακα που θα παραμείνει στο μέταλλο βελτιώνει σημαντικά την σκληρότητά του.

2.1.11 Βιομεταλλουργία

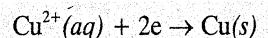
Βιομεταλλουργία ονομάζεται η διαδικασία εξαγωγής μετάλλων από τα ορυκτά τους με τη βοήθεια βακτηρίων. Ανακαλύφθηκε τυχαία, στην Ισπανία το 1752, κατά τη διάρκεια των εργασιών επαναλειτουργίας ενός παλαιού ορυχείου χαλκού.

Δύο αιώνες μετά, το 1947, Αμερικανοί επιστήμονες ανακάλυψαν ότι υπεύθυνη για αυτή τη δράση ήταν μια ομάδα βακτηρίων με το όνομα *Thiobacillus ferrooxidans*. Τα βακτήρια αυτά παίρνουν ενέργεια οξειδώνοντας τα ιόντα θείου (S^{2-}) των θειούχων ορυκτών προς θεικά ιόντα (SO_4^{2-}) ενώ ταυτόχρονα απελευθερώνουν τα ιόντα των αντίστοιχων μετάλλων.

Η μετατροπή περιλαμβάνει μια σειρά από πολύπλοκες χημικές και βιοχημικές αντιδράσεις που καταλύνονται από τα βακτήρια σε δξιο περιβάλλον, στις οποίες συμμετέχουν και τα ιόντα Fe^{3+} που ανάγονται ταυτόχρονα σε ιόντα Fe^{2+} .

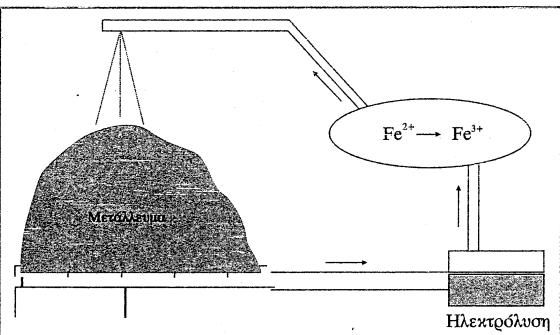
Η εφαρμογή της μεθόδου στην πράξη είναι σχετικά απλή για το χαλκό. Το φτωχό σε χαλκό μετάλλευμα τοποθετείται σε σωρούς επάνω σε στεγανές επιφάνειες που έχουν συστήματα αποχέτευσης υγρών. Ακολούθως ψεκάζεται με δξιο διάλυμα που περιέχει τα βακτηρίδια *Thiobacillus ferrooxidans* και ιόντα Fe^{3+} . Τα υγρά που συλλέγονται από το κάτω μέρος περιέχουν ιόντα Cu^{2+} και Fe^{2+} και οδηγούνται για ηλεκτρόλυση.

Κατά την ηλεκτρόλυση τα ιόντα του Fe^{2+} παραμένουν στο διάλυμα διότι δεν ανάγονται προς Fe , ενώ τα ιόντα του χαλκού ανάγονται στην κάθοδο προς μεταλλικό χαλκό, σύμφωνα με την αντίδραση:



Μετά από την ηλεκτρόλυση το διάλυμα οδηγείται σε ανοικτά δοχεία όπου με τη βοήθεια των ίδιων βακτηριδίων τα ιόντα του Fe^{2+} που περιέχει μετατρέπονται και πάλι σε ιόντα Fe^{3+} . Το διάλυμα αυτό είναι εν συνεχείᾳ έτοιμο για να ξαναχρησιμοποιηθεί.

Το απλοποιημένο διάγραμμα ροής της διεργασίας φαίνεται στο σχήμα 2.17.



Σχήμα 2.17. Διάγραμμα ροής βιομεταλλουργίας.

Η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα ότι δεν μολύνει το περιβάλλον και ότι δεν χρειάζεται πολύ πλοκες βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Μοναδικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι οι βιολογικές αντιδράσεις αργούν να ολοκληρωθούν με αποτέλεσμα η παραγωγή του χαλκού να καθυστερεί σημαντικά.

Από τα μέσα του 1980 το κόστος παραγωγής του χαλκού με την κλασική μέθοδο ανέβηκε απότομα, γιατί οι βιομηχανίες έπρεπε να εξοπλιστούν με συστήματα για τον έλεγχο των εκπομπών του SO₂ που παράγεται από τη φρύνη των θειούχων ορυκτών του χαλκού. Τότε η μέθοδος της βιομεταλλουργίας αποτέλεσε μια καλή εναλλακτική λύση και υιοθετήθηκε για την εξαγωγή του χαλκού. Σήμερα το 30% του χαλκού που παράγεται στις Η.Π.Α. εξάγεται με αυτή τη μέθοδο.

Η βιομεταλλουργία εφαρμόζεται για την παραγωγή και άλλων μετάλλων, όπως Fe, Ni, Co, Mn, Zn, που βρίσκονται στη φύση με τη μορφή θειούχων ορυκτών.

Χρησιμοποιείται επίσης και για τον εμπλουτισμό των μεταλλευμάτων σε πολύτιμα μέταλλα, όπως Au, Pt και άλλα, που είναι πολλές φορές εγκλωβισμένα μέσα σε θειούχα ορυκτά. Πρόσφατες εφαρμογές έδειξαν ότι η παραλαβή του χρυσού από τέτοιου είδους μεταλλεύματα, ύστερα από βιολογική οξείδωση, αυξάνει κατά περίπου 100%.

Οι επιστήμονες προσπαθούν σήμερα να βελτιώσουν την ταχύτητα της μεθόδου και να επεκτείνουν την εφαρμογή της. Στην προσπάθειά τους αντή ανακάλυψαν πρόσφατα μια ποικιλία βακτηρίων που τρέφονται με υδρογονάνθρακες και χρησιμοποιούν το μαγγάνιο ως οξειδωτικό μέσο αντί για το σίδηρο.

Προσπαθούν επίσης να ανακαλύψουν μεθόδους βιολογικής αναγωγής των μετάλλων που θα αντικαταστήσουν την ηλεκτρόλυση και τις άλλες τεχνικές.

Ελπίζουν έτσι με τη βοήθεια της βιοτεχνολογίας να κάνουν την διαδικασία εξαγωγής των μετάλλων περισσότερο φιλική στο περιβάλλον.

2.1.12 Ανακύλωση των μετάλλων

Η δομή των σύγχρονων βιομηχανικών κοινωνιών στηρίζεται κατά ένα μεγάλο μέρος στην αλογιστή κατανάλωση αγαθών. Ο συνεχώς αυξανόμενος πληθυσμός επιτείνει το πρόβλημα, οδηγεί σε ταχύτατη εξάντληση των αποθεμάτων των πρώτων υλών του πλανήτη μας και στην κατανάλωση μεγάλων ποσών ενέργειας που συμβάλλουν στη δημιουργία του φαινόμενου του θερμοκηπίου.

Παράλληλα άμως δημιουργείται και ένα άλλο, εξίσου μεγάλο, πρόβλημα. Εκείνο των απορριμμάτων.

Τεράστιοι σωροί από χρησιμοποιημένα υλικά σχηματίζονται γύρω μας μολύνοντας το περιβάλλον και υποβαθμίζοντας την ποιότητα της ζωής. Πολλά από αυτά, κατασκευασμένα με την τελευταία λέξη της τεχνολογίας, δεν αποσυνίθενται γρήγορα με τους φυσικούς νόμους της φύσης με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται.

Η ανακύλωση των χρήσιμων υλικών από τα απορρίμματα είναι μια αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης του προβλήματος, που εφαρμόζεται διεθνώς σε δύο και μεγαλύτερη κλίμακα, συμβάλλοντας σημαντικά τόσο στη μείωση του όγκου των απορριμμάτων όσο και στην εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας.

Σημαντικό μέρος των απορριμμάτων μας αποτελούν τα μέταλλα. Η συμμετοχή τους στα οικιακά απορρίμματα είναι της τάξης του 8% και αποτελείται κυρίως από υλικά συσκευασίας. Στα βιομηχανικά απόβλητα και στα αυτοκίνητα το ποσοτό αυτό είναι αρκετά υψηλότερο.

Η ανακύλωση κάποιων από αυτά είναι σήμερα δυνατή. Το αργιλιο (αλουμίνιο) είναι ένα από τα μέταλλα που η ανακύλωσή του καθιερώθηκε διεθνώς σχετικά γρήγορα. Οι λόγοι για τους οποίους έγινε αυτό είναι πολλοί. Όπως είδαμε το αργιλιο αντέχει σημαντικά στη φυσική διάρρωση ενώ για την εξαγωγή του από τον βωξίτη απαιτούνται σημαντικά ποσά ενέργειας. Το χρησιμοποιημένο μέταλλο ανακυκλώνεται σχετικά εύκολα και η ενέργεια που χρειάζεται είναι μόνο το 1/25 περίπου της ενέργειας για την εξαγωγή του από το μετάλλευμα.

Η ευρύτατη χρήση του μετάλλου ως υλικού συσκευασίας μπύρας και αναψυκτικών ήταν ένας ακόμη λόγος για την ανακύλωση. "Άν δεν είχε επινοηθεί η ανακύλωση των κουτιών αλουμινίου, σύντομα οι μεγάλες πόλεις των Η.Π.Α. θα κείτονταν κάτω από ένα ποικιλό σε πάχος στρώμα κουτιών αλουμινίου" είχε γράψει κάποιες ένας δημοσιογράφος ενώ για την εξοικονόμηση της ενέργειας από την ανακύλωση έλεγε ότι "αν το 1986 μαζευτούν τα αλουμινόκουτα που θα καταναλωθούν στην περιοχή Θεσσαλονίκης θα μπορεί μια κωμόπολη 2500 κατοίκων να ηλεκτροδοτηθεί δωρεάν όλο το χρόνο".

Για όλους αυτούς τους λόγους η ανακύλωση του αργιλίου είναι η περισσότερο διαδεδομένη σήμερα.

Η ανακύλωση εφαρμόζεται με επιτυχία και στη περίπτωση του μολύβδου από τους συσσωρευτές των αυτοκινήτων. Αντίθετα, η ανακύλωση του χαλκού δεν είναι τόσο διαδεδομένη, αν και είναι το μόνο μέταλλο που οι φυσικές πηγές του έχουν μειωθεί ανησυχητικά. Ο διαχωρισμός του από τα υπόλοιπα μέταλλα στις περιελξεις των ηλεκτρικών μηχανών και η παραλαβή του από τα καλώδια όπου βρίσκεται στο εσωτερικό μεγάλης μάζας πλαστικών υλικών κάνουν την ανάκτηση του μετάλλου αντιοκονομική παρά τη μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρει (~85%).

Η ανακύλωση του σιδήρου παρουσιάζει επίσης σημαντικά προβλήματα αν και ενεργειακά είναι χρήσιμη αφού παρέχει εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 50%. Ο κύριος όγκος του ανακυλούμενου υλικού προέρχεται από τη διάλυση παλαιών πλοίων. Η παραλαβή του όμως από τα σιδερένια κουτιά συσκευασίας και από τα μεταχειρισμένα αυτοκίνητα είναι προβληματική.

Η ποιότητα των μεταχειρισμένου σιδήρου (SCRAP) για να χρησιμοποιηθεί από τη χαλύβουργία πρέπει να ικανοποιεί κάποιες προδιαγραφές. Πρέπει να έχει περιεκτικότητα σε σίδηρο μεγαλύτερη από 90% και οι μεταλλικές προσμίξεις (χαλκός, χρώμιο, κασσίτερος κ.λ.π.) να είναι σε επίπεδα του 0,1%.

Έτσι, για να χρησιμοποιηθούν τα κουτιά συσκευασίας πρέπει να υποστούν αποκασσιτέρωση, η οποία απαιτεί σημαντική κατανάλωση ενέργειας, ενώ στα μεταχειρισμένα αυτοκίνητα πρέπει να γίνει σημαντικός διαχωρισμός υλικών. Απυχώς η ποικιλία των μετάλλων και γενικά των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους, κάνει την ανακύλωσή τους για την παρασκευή σιδήρου οικονομικά αισιύμφορη.

Η ανακύλωση των πολύτιμων μετάλλων και ιδιαίτερα του αργύρου από τα φωτογραφικά λουτρά, γίνεται εδώ και αρκετά χρόνια με επιτυχία. Εκτός από το οικονομικό όφελος που είναι ένα κίνητρο, υπάρχει και η αυστηρή νομοθεσία σε αρκετά κράτη που επιβάλλει την ανακύλωση, επειδή ο άργυρος θεωρείται ως ένα από τα πιο τοξικά βαριά μέταλλα.

Μια άλλη κατηγορία ευγενών μετάλλων που μπήκαν στη ζωή μας την τελευταία δεκαετία με τους καταλύτες των αυτοκινήτων, παρουσιάζει σημαντικό οικολογικό ενδιαφέρον. Υπολογίζεται ότι κάθε καταλύτης περιέχει περίπου 2g ευγενών μετάλλων το κυριότερο από τα οποία είναι ο λευκόχρυσος (Pt). Επειδή και αυτά τα μέταλλα είναι ιδιαίτερα τοξικά η απόρριψή τους στο περιβάλλον θα προκαλέσει μια ακόμη εστία μόλυνσης. Σε πολλά κράτη ψηφίζονται νόμοι και δημιουργούνται φρεγίς που θα ασχοληθούν με την ανακύλωση του επικινδυνού αυτού υλικού.

Από τα παραδείγματα που αναφέρθηκαν προκύπτει άμεσα ως συμπέρασμα ότι η ανακύλωση των μετάλλων προσφέρει:

- Εξοικονόμηση ενέργειας
- Εξοικονόμηση φυσικών πόρων
- Ελάττωση της μόλυνσης του περιβάλλοντος
- Καλλίτερη ποιότητα ζωής

Η ανακύλωση στη χώρα μας έχει αρχίσει να κάνει τα πρώτα δειλά της βήματα μέσα από τα προγράμματα του Υπουργείου Περιβάλλοντος με ορισμένους Δήμους της Αττικής. Είναι στο χέρι μας να την προωθήσουμε και να την επεκτείνουμε σε όλα τα υπόλοιπα χρήσιμα υλικά.

2.1.13 Μέταλλα ιχνοστοιχεία

Με τον όρο ιχνοστοιχεία ονομάζονται εκείνα τα ανόργανα στοιχεία που σε απειροελάχιστες ποσότητες είναι απαραίτητα για την καλή λειτουργία των ζώντων οργανισμών.

Ο ρόλος των ιχνοστοιχείων στην καλή λειτουργία του οργανισμού ήταν γνωστός πολύ πριν από την ανακάλυψη των βιταμινών που έγινε στις αρχές του αιώνα μας. Ο ρόλος τους αρχικά επισκιάστηκε από τις βιταμίνες αλλά αργότερα οι επιστήμονες άρχισαν να αντιλαμβάνονται ότι η σημασία κάποιων ανόργανων στοιχείων για τον ανθρώπινο οργανισμό ήταν ισάξια, αν όχι και μεγαλύτερη από αυτή των βιταμινών. Και αυτό γιατί αποδείχθηκε ότι ο οργανισμός δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει τις βιταμίνες αν του λείπουν τα απαραίτητα ιχνοστοιχεία.

Η ανακάλυψη της βιολογικής δράσης των ιχνοστοιχείων είναι μια συναρπαστική και αμφιλεγόμενη περιοχή της έρευνας για την διατροφή του ανθρώπου. Η επιβεβαίωση της σπουδαιότητας ενός ιχνοστοιχείου για τον οργανισμό έχει πολλές δυσκολίες. Τα περισσότερα από αυτά είναι εξαιρετικά τοξικά σε μεγάλες ποσότητες και γι' αυτό είναι δύσκολο να πεισθούν οι επιστήμονες πως είναι δυνατόν ένα τοξικό μέταλλο να είναι διατροφικά απαραίτητο σε μικρές ποσότητες.

Επίσης, λίγα εργαστήρια διαθέτουν τον απαραίτητο εξοπλισμό για τον προσδιορισμό τους με την απαιτούμενη ακρίβεια, αφού τα περισσότερα από αυτά βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες στους ιστούς και στα τρόφιμα.

Η εξέλιξη αναλυτικών τεχνικών που επιτρέπουν τον προσδιορισμό τους με ακρίβεια μερικών **ppm** βοήθησε σημαντικά στην ανακάλυψη της δράσης πολλών ιχνοστοιχείων.

Σήμερα οι επιστήμονες πιστεύουν ότι περίπου είκοσι ιχνοστοιχεία είναι απαραίτητα για τον ανθρώπινο οργανισμό. Τα ιχνοστοιχεία αυτά ταξινομούνται από διεθνείς οργανισμούς σε τρεις κατηγορίες, όπως φαίνεται στον πίνακα 2.5.

ppm = μέρη στο εκατομμύριο

ppb = μέρη στο δισεκατομμύριο

ppt = μέρη στο τρισεκατομμύριο

Πίνακας 2.5: Τα ιχνοστοιχεία και η δράση τους.

Κατόταξη	Ιχνοστοιχεία	Δράση
Έχει αποδειχθεί ότι είναι απαραίτητα.	Σιδηρος Ιαδίο Ψευδάργυρος Χαλκός Σελήνιο Χρώμιο Μαγγάνιο Μολυβδανίο Κοβάλτιο Φθόριο	Σχηματισμός αιμογλοβίνης και ερυθρών αιμοσφαιρίων. Σχηματισμός ορμονών του θυρεοειδούς αδένα. Συστατικό ενζύμων, σύνθεση πρωτεΐνών, διαίρεση κυττάρου. Σχηματισμός αιμογλοβίνης και οστών, λειτουργία νευρικού και αγγειακού συστήματος. Συστατικό ενζύμων, αντιοξειδωτική δράση, προστασία κυττάρων. Ενισχύει τη δράση της ινσουλίνης. Συστατικό ενζύμων, σχηματισμός οστών. Συστατικό ενζύμων, μεταβολισμός θείου. Συστατικό της βιταμίνης B12. Σχηματισμός δοντιών και οστών.
Υπάρχουν σημαντικές αποδείξεις ότι είναι απαραίτητα.	Αρσενικό Βόριο Νικέλιο Πυρίτιο	Μεταβολισμός αμινοξέων. Μεταβολισμός ασβεσίου, μαγνησίου, σύνθεση ορμονών. Πιθανό συστατικό ενζύμων. Σχηματισμός οστών και συνδετικού ιστού.
Υπάρχουν ενδείξεις ότι είναι απαραίτητα.	Βρώμιο Κάδμιο Μόλυβδος Λίθιο Κασσίτερος Βανάδιο	Άγνωστη Άγνωστη Άγνωστη Άγνωστη Άγνωστη

Τα δέκα πρώτα από αυτά χαρακτηρίζονται ως απαραίτητα γιατί είναι συστατικά μεταλλοενόμυμων και ορμονών ή επειδή προάγουν την υγεία ορισμένων ιστών. Ο οργανισμός χρειάζεται σίδηρο, ψευδάργυρο, χαλκό, μαγγάνιο και φθόριο σε ποσότητες μερικών χιλιοστών του γραμμαρίου(mg), ενώ σε ποσότητες μικρογραμμαρίων(mg) είναι απαραίτητα τα στοιχεία ιώδιο, σελήνιο, χρώμιο, μολυβδάνιο και κοβάλτιο.

Για τα στοιχεία αρσενικό, νικέλιο, πυρίτιο και βρύο δεν υπάρχουν διατροφικές οδηγίες αν και το πιθανότερο είναι ότι χρειάζονται σε ποσότητες μικρογραμμαρίων. Υπάρχουν, τέλος, ασθενείς μόνο ενδεικτικές ότι τα στοιχεία κάδμιο, μόλυβδος, λίθιο, κασσίτερος, βανάδιο και βρώμιο είναι απαραίτητα για τον οργανισμό του ανθρώπου. Οι προσπάθειες για την ανακάλυψη και άλλων ιχνοστοιχείων έχουν ενταθεί τα τελευταία χρόνια.

Η κατανόηση της βιολογικής δράσης των ιχνοστοιχείων έχει αλλάξει τον τρόπο σκέψης των επιστημόνων για την διατροφή και την υγεία. Για παράδειγμα, η προσθήκη μαγγανίου, χαλκού και ψευδάργυρου στο ασβέστιο έδειξε ότι έχει καλλίτερα αποτελέσματα στην υγεία των οστών από ότι το ασβέστιο μόνο του. Υπάρχει, επίσης, υποψία ότι η έλειψη σεληνίου και χαλκού αυξάνει τον κίνδυνο του καρκίνου ή των καρδιακών παθήσεων, ενώ υπάρχουν φόβοι ότι μπορεί η νόσος του Alzheimer να οφείλεται στη πρόσληψη αργιλίου από τις τροφές. Τέλος, είναι πολύ πιθανό οι μελλοντικές θεραπείες για τον διαβήτη να περιλαμβάνουν τα ιχνοστοιχεία χρώμιο, χαλκό και ψευδάργυρο που επιδρούν στον μεταβολισμό της γλυκοζης.

2.2 ΚΡΑΜΑΤΑ

2.2.1 Εισαγωγή

Με τον όρο **κράμα** ονομάζεται κάθε μεταλλικό σώμα που αποτελείται από δύο ή περισσότερα στοιχεία όπου το ένα τουλάχιστον είναι μεταλλο, ενώ πολλές φορές προστίθενται και μικρές ποσότητες αμετάλλων (π.χ. C, Si, B). Εξαίρεση αποτελούν τα κράματα του υδραργύρου που ονομάζονται **αμαλγάματα**.

Τα κράματα έχουν σαφή μεταλλικά χαρακτηριστικά και διαφορετικές ιδιότητες από τα μεταλλα που τα αποτελούν. Είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας και του ηλεκτρισμού και έχουν κατά κανόνα χαμηλότερο σημείο τήξης και αγωγιμότητα από τα συστατικά τους. Με κατάλληλη ρύθμιση των συστατικών τους μπορούν να αποκτήσουν μεγαλύτερη σκληρότητα και αντοχή στην προσβολή από οξέα, νερό και οξυγόνο.

Ο άνθρωπος άρχισε να χρησιμοποιεί τα κράματα κάπου στο 3000 π.Χ. όταν αναμιγνύοντας χαλκό και κασσίτερο σε υγρή κατάσταση μπόρεσε να παρασκευάσει ένα "καινούριο" μεταλλο με καλλίτερες μηχανικές ιδιότητες από το χαλκό. Το καινούριο μεταλλο ονομάστηκε **μιτρούντζος** ή **κρατέρωμα** και έδωσε το όνομά του σε μια ολόκληρη εποχή του ανθρώπινου πολιτισμού από το 3000 π.Χ. μέχρι το 800 π.Χ..

Ο λόγος λοιπόν που ο άνθρωπος παρασκεύασε και χρησιμοποίησε τα κράματα είναι γιατί παρατήρησε ότι τα σώματα αυτά έχουν αισθητά βελτιωμένες φυσικές και χημικές ιδιότητες σε σύγκριση με τα συστατικά τους.

Από το 190 αιώνα και μετά, η πρόοδος στους τομείς της χημείας, της φυσικής και της τεχνολογίας προκάλεσαν ραγδαία αύξηση του αριθμού των κραμάτων. Η χρήση τους έπαιξε μεγάλο ρόλο στην ανάπτυξη της βιομηχανίας. Σήμερα ελάχιστα μεταλλα χρησιμοποιούνται καθαρά. Τα περισσότερα βρίσκονται με την μορφή κραμάτων τους.

Τα κράματα ανάλογα με τον αριθμό των στοιχείων που τα αποτελούν διαιρένονται σε **διμερή** (δύο στοιχεία), **τριμερή** (τρία στοιχεία) κ.λ.π.. Παρασκευάζονται συνήθως με ανάμιξη των συστατικών τους σε θερμοκρασία τήξης μέσα σε ηλεκτρικές κάμινους όπου υπάρχει η δυνατότητα να ρυθμίζεται με ακρίβεια η θερμοκρασία τόσο κατά την θέρμανση όσο και κατά την ψύξη. Υπάρχουν όμως και κράματα που παράγονται με άλλο τρόπο, όπως στην περίπτωση της κονιο-μεταλλουργίας.

Στη συνέχεια, για τη βελτίωση των ιδιοτήτων των κραμάτων γίνεται η κατάλληλη θερμική κατεργασία. Αυτή περιλαμβάνει σειρά από θερμάνσεις και ψύξεις με σκοπό τη μεταβολή των μικροκρυσταλλικών χαρακτηριστικών τους. Έτσι επιτυγχάνεται έλεγχος της σκληρότητας του υλικού, ρύθμιση των μηχανικών ιδιοτήτων, απαλοιφή ή ελάττωση των εσωτερικών τάσεων, κατάλληλη διαμόρφωση της κρυσταλλικής δομής και άλλα.

Μερικά από τα πιο γνωστά κράματα είναι τα κράματα του σιδήρου (χυτοσίδηροι και χάλυβες), τα κράματα του χαλκού (ορείχαλκος, μπρούντζος), τα κράματα του αργιλίου, του μολύβδου, του μαγνητίου και των πολύτιμων μετάλλων.

2.2.2 Είδη κραμάτων

Κατά την παρασκευή ενός κράματος τα συστατικά του διαιρύνονται συνήθως πλήρως το ένα στο άλλο στην υγρή φάση. Δημιουργείται δηλαδή ομογενές υλικό. Κατά την ψύξη όμως του τηγμένου κράματος υπάρχει η δυνατότητα να σχηματισθούν:

1. Ετερογενή μίγματα όταν τα συστατικά του κράματος δεν διαιρύνονται πλήρως μεταξύ τους στη στερεή κατάσταση. Δηλαδή το κράμα είναι ετερογενές μίγμα των κρυστάλλων των συστατικών του. Παραδειγμα το κράμα Pb - Sn (κοινώς καλάϊ)

2. Στερεά διαλύματα όταν τα συστατικά του κράματος διαιρύνονται πλήρως το ένα στο άλλο και στην στερεή κατάσταση. Δηλαδή έχει δημιουργηθεί στερεό διάλυμα. Μικροσκοπική εξέταση του κράματος αποδεικνύει την ύπαρξη ενός μόνο είδους κρυστάλλων.

Υπάρχουν δύο είδη στερεών διαλυμάτων.

A. Το στερεό διάλυμα αντικατάστασης.

Δημιουργείται όταν τα συστατικά του κράματος έχουν περίπου ίσες ατομικές ακτίνες οπότε τα άτομα του ενός συστατικού μπορούν να αντικαταστήσουν τα άτομα του άλλου συστατικού στο κρυσταλλικό πλέγμα του. Παραδείγματα τέτοιων κραμάτων είναι τα Cu - Ni, Cu - Au, Ag - Au κ.λ.π.

B. Το στερεό διάλυμα παρεμβολής. Δημιουργείται όταν οι ατομικές ακτίνες των συστατικών του κράματος διαφέρουν σημαντικά, οπότε τα άτομα του συστατικού με την μικρότερη ακτίνα παρεμβάλλονται ανάμεσα στα άτομα του άλλου συστατικού, στο κρυσταλλικό πλέγμα. Παραδειγμα το κράμα Fe - C στους χάλυβες.

3. Διαμεταλλικές ενώσεις όταν τα συστατικά του κράματος σχηματίζουν ενώσεις. Στις ενώσεις αυτές τα άτομα συγκρατούνται με μεταλλικούς δεσμούς και η αναλογία των ατόμων δεν είναι αυτή που προβλέπεται από τους γνωστούς αριθμούς οξείδωσης. Παραδείγματα τέτοιων ενώσεων είναι οι Cu₃Al, Fe₃C, Cu₅Zn₆ κ.λ.π.

Σημειώνεται ότι τα κράματα αποτελούνται βασικά από στερεά διαλύματα και διαμεταλλικές ενώσεις. Τα δύο αυτά συστατικά έχουν τελείως διαφορετικές ιδιότητες.

Το στερεό διάλυμα είναι όλκιμο, δύσθραυστο και έχει μεγάλη μηχανική αντοχή. Αντίθετα η διαμεταλλική ένωση είναι πολύ σκληρή και εύθραυστη και έχει μικρή μηχανική αντοχή. Γι' αυτό η ύπαρξη διαμεταλλικών ενώσεων σε μεγάλη αναλογία στα κράματα είναι ανεπιθύμητη.

2.2.3 Μέθοδοι εξέτασης κραμάτων

Από όλα όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα, είναι φανερό ότι οι καλές ιδιότητες ενός κράματος προκύπτουν ως συνδυασμός της χημικής του σύστασης και της μικροσκοπικής δομής του. Οι καλές αυτές ιδιότητες εμφανίζονται μακροσκοπικά με την μορφή της μηχανικής αντοχής, της σκληρότητας, της αντοχής σε διάβρωση, κ.λ.π. Η επιτυχής συσχέτιση της σύστασης και της δομής ενός υλικού με τις ιδιότητές του μας δίνει τη δυνατότητα να σχεδιάζουμε νέα υλικά με βελτιωμένες ιδιότητες ή υλικά που να ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένες συνθήκες εργασίας.

Με την μελέτη της δομής και των ιδιοτήτων των μετάλλων και των κραμάτων τους ασχολείται η επιστήμη της **Μεταλλογνωσίας**.

Σύμφωνα με τις γενικές αρχές της επιστήμης, η μελέτη ενός υλικού θεωρείται ότι είναι πλήρης όταν έχουν προσδιοριστεί τα ακόλουθα χαρακτηριστικά του:

- Η χημική του σύσταση.
- Ο αριθμός και οι σχετικές ποσότητες των φάσεων που υπάρχουν.
- Το μέγεθος, το σχήμα και η κατανομή αυτών των φάσεων.
- Οι μηχανικές του ιδιότητες.

A. Προσδιορισμός χημικής σύστασης.

Η χημική σύσταση των κραμάτων προσδιορίζεται με τις μεθόδους που χρησιμοποιεί η αναλυτική χημεία. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται κάθε φορά από το είδος των στοιχείου και την περιεκτικότητά του στο κράμα.

Οι κλασικές **σταθμικές** μέθοδοι ανάλυσης ελάχιστα χρησιμοποιούνται σήμερα, διότι είναι χρονοβόρες, απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό και δεν έχουν την απαιτούμενη ακρίβεια, ιδιαίτερα για τον προσδιορισμό στοιχείων σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις.

Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί μεγάλος αριθμός τεχνικών **ενδργανης ανάλυσης** οι οποίες είναι ταχύτερες, έχουν την δυνατότητα α-

ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ ΚΡΑΜΑΤΑ

νάλυσης μεγάλου αριθμού δειγμάτων, παρέχουν αξιόπιστα αποτελέσματα, ενώ μερικές από αυτές μπορούν να μετρήσουν στοιχεία σε συγκεντρώσεις της τάξεως των ppb. Οι κυριότερες από αυτές είναι:

- οι τεχνικές απορρόφησης και εκπομπής φωτεινής ακτινοβολίας όπως η φλογοφωτομετρία, η φασματοφωτομετρία απορρόφησης ορατού και υπεριώδους φωτός, η φασματοσκοπία ατομικής εκπομπής και απορρόφησης και η πιο σύγχρονη από όλες τεχνική εκπομπής σε επαγγελματικό πλάσμα (I.C.P.).
- οι τεχνικές με ακτίνες X, όπως η φασματοσκοπία ακτίνων X και η φασματοφθορισμού ακτίνων X.
- οι ηλεκτροχημικές τεχνικές, όπως η ποτενσιομετρία, η πολαρογραφία, η βολταμετρία και η κουλομετρία.

B. Μεταλλογραφικός έλεγχος.

Ο μεταλλογραφικός έλεγχος έχει ως σκοπό την εύρεση της κρυσταλλικής δομής των κραμάτων και των ελαττωμάτων της. Μας πληροφορεί ακόμη για το είδος και το μέγεθος των κρυστάλλων την ομοιογένεια του υλικού, τον σχηματισμό διαμεταλλικών ενώσεων και άλλα.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό είναι:

- Οπτική μικροσκοπία ανακλωμένου φωτός.
- Ηλεκτρονική μικροσκοπία διερχόμενης δέσμης (Τ.Ε.Μ.).
- Ηλεκτρονική μικροσκοπία ανακλώμενης δέσμης (S.Ε.Μ.).
- Μεταλλογραφία ακτίνων X.

C. Έλεγχος μηχανικών ιδιοτήτων.

Όταν μιλάμε για μηχανικές ιδιότητες των μετάλλων, εννοούμε συνήθως την αντοχή τους σε μηχανική καταπόνηση. Στις διάφορες όμως εφαρμογές που χρησιμοποιούνται μεταλλα, υπάρχει ποικιλία μηχανικών ιδιοτήτων που χρειάζονται ανάλογα με την περιπτωση. Οι δοκιμές που γίνονται, διακρίνονται γενικά σε δύο κατηγορίες:

- α. Τις **καταστροφικές** δοκιμές, που γίνονται σε τυποποιημένο δοκύμιο μετάλλου και έχουν ως σκοπό τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων και
- β. Τις **μη καταστροφικές** δοκιμές, που γίνονται σε έτοιμα μεταλλικά αντικείμενα και έχουν ως σκοπό τη διαπίστωση της καταλληλότητάς τους για χρήση.

Οι καταστροφικές δοκιμές έχουν συνήθως το όνομα της αντίστοιχης μηχανικής ιδιότητας που ελέγχεται. Οι κυριότερες από αυτές είναι:

- δοκιμή **αντοχής σε θραύση** με την οποία ταυτόχρονα ελέγχεται η **πλαστικότητα** και η **ελαστικότητα**.
- δοκιμή **αντοχής σε θλίψη**.
- δοκιμή **σκληρότητας κατά Brinell** ή **κατά Rockwell** ή **κατά Vickers**.
- δοκιμή **δυνθραυστότητας** ή **συνεκτικότητας**.
- δοκιμή **αντοχής σε εργασμό**.
- δοκιμή **κυκλικής κόπωσης**.
- δοκιμή **ικανότητας απόσβεσης ταλαντώσεων**.

Οι κυριότερες από τις μη καταστροφικές δοκιμές είναι:

- **Μαγνητικές** δοκιμές για τον έλεγχο ρωγμών σε μαγνητικά ύλικα, όπως ο χάλυβας.
- Δοκιμές με **υπέρρηχους** για τον εντοπισμό εσωτερικών ελαττωμάτων σε χυτά αντικείμενα.
- Δοκιμές με **ακτίνες X** ή **ραδιοϊστόπα** για τον έλεγχο συγκολλήσεων.
- Δοκιμή **διείσδυσης υγρών** που φθορίζουν για τον έλεγχο επιφανειακών ρωγμών κυρίως σε μη μαγνητικά ύλικα.
- **Υδροστατικές** δοκιμές για τον έλεγχο λεβήτων σε υδροστατική πίεση.

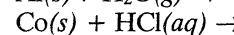
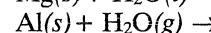
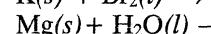
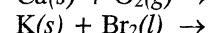
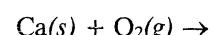
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Τα μέταλλα παρουσιάζουν χαρακτηριστικές φυσικές και χημικές ιδιότητες που αποτελούν τον μεταλλικό τους χαρακτήρα.
- Τα άτομα των μετάλλων συγκρατούνται με δυνάμεις που οφείλονται στο μεταλλικό δεσμό. Οι δυνάμεις αυτές δημιουργούνται από το νέφος των ελευθέρων ηλεκτρονίων που περιβάλλει την πυκνή δομή των ιόντων.
- Τα περισσότερα μέταλλα σχηματίζουν κρυστάλλους που ανήκουν στο εξαγωνικό ή στο εδροκεντρωμένο κυβικό σύστημα, ενώ οι κρύσταλλοι των υπόλοιπων μετάλλων ανήκουν στο χωροκεντρωμένο κυβικό σύστημα.
- Τα μέταλλα είναι ελατά και άλκιμα, είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και της θερμότητας, έχουν μεταλλική λάμψη και είναι μονοστομικά στην αέρια φάση. Τις ιδιότητες αυτές τις οφείλουν στο μεταλλικό δεσμό.
- Τα μέταλλα είναι αναγωγικά σώματα. Αντιδρούν με το O₂, το S και τα αλογόνα. Όσα είναι δραστικότερα από το H αντιδρούν με τα μη οξειδωτικά οξέα και με το H₂O.
- Η διάρρωση των μετάλλων οφείλεται σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις. Πολλά μέταλλα σχηματίζουν προστατευτικό στρώμα από τα προϊόντα της διάρρωσης.
- Τα μέταλλα προστατεύονται από τη διάρρωση με την βαφή, με την επιμετάλλωση με λιγότερο ή και περισσότερο δραστικό μέταλλο, και με καθοδική προστασία αφού συνδεθούν ως κάθοδος με θυσιαζόμενη άνοδο ή με ηλεκτρική πηγή συνεχούς ρεύματος.
- Τα δραστικά μέταλλα απαντούν στη φύση με τη μορφή ενώσεων που ονομάζονται ορυκτά. Τα ορυκτά μαζί με προσμίξεις από αδρανή ύλικα αποτελούν τα μεταλλεύματα και τα πετρώματα. Τα ευγενή μέταλλα βρίσκονται αυτοφυή.
- Η διαδικασία εξαγωγής των μετάλλων ονομάζεται μεταλλουργία και περιλαμβάνει τα στάδια του εμπλουτισμού και της αναγωγής του μεταλλεύματος καθώς και τον καθαρισμό του μετάλλου.
- Μερικά μέταλλα εξάγονται από τα θειούχα ορυκτά τους με τη βοήθεια βακτηρίων που καταλύνουν τις αντιδράσεις οξειδώσης από ιόντα Fe³⁺. Η μέθοδος ονομάζεται βιομεταλλουργία, είναι απλή και δεν μολύνει το περιβάλλον.
- Η ανακύλωση των μετάλλων μας βοηθά στην εξοικονόμηση ενέργειας και φυσικών πόρων ενώ ταυτόχρονα ελαττώνει τη μόλυνση του περιβάλλοντος και μας εξασφαλίζει καλλίτερη ποιότητα ζωής.
- Πολλά από τα μέταλλα σε απειροελάχιστες ποσότητες είναι απαραίτητα για την καλή λειτουργία των οργανισμών των έμβιων

- όντων. Στον κατάλογο περιλαμβάνονται και στοιχεία που θεωρούνται τοξικά αλλά ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν για την θεραπεία ασθενειών.
- Τα κράματα είναι μίγματα δύο ή περισσοτέρων μετάλλων. Έχουν κατά κανόνα καλλίτερες φυσικές και χημικές ιδιότητες από τα συστατικά τους και γι' αυτό χρησιμοποιούνται ευρύτατα. Μερικά από τα πιο γνωστά είναι ο μπρούντζος, ο ορείχαλκος και ο χάλυβας.
 - Τα κράματα αποτελούνται από ετερογενή μίγματα, στερεά διαλύματα αντικατάστασης και παρεμβολής και από διαμεταλλικές ενώσεις. Οι τελευταίες είναι ανεπιθύμητες σε μεγάλη αναλογία γιατί δεν έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή.
 - Για τη μελέτη και κατανόηση της σχέσης ανάμεσα στις ιδιότητες και τη δομή των κραμάτων είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τη χημική τους σύσταση, την κρυσταλλική δομή τους και τις μηχανικές τους ιδιότητες.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

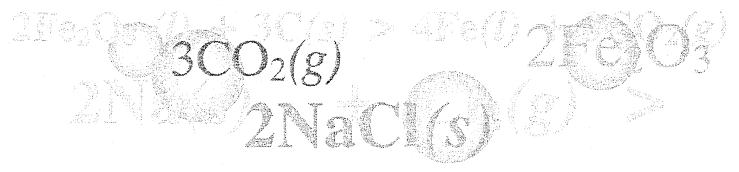
1. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις για την σύγκριση των ιδιότητών των αμετάλλων στοιχείων με εκείνες των μετάλλων είναι σωστή;
 - A. έχουν μικρότερη ηλεκτροφορητικότητα και μικρότερες ατομικές ακτίνες.
 - B. έχουν μεγαλύτερες ενέργειες ιονισμού και μεγαλύτερες ατομικές ακτίνες.
 - C. είναι περισσότερο ηλεκτροφορητικά και έχουν μικρότερες ατομικές ακτίνες.
 - D. έχουν μεγαλύτερες ατομικές ακτίνες και είναι περισσότερο ηλεκτροφορητικά.
 - E. έχουν μικρότερες ατομικές ακτίνες και μικρότερες ενέργειες ιονισμού.
2. Ποιες ιδιότητες των μετάλλων είναι τυπικές του μεταλλικού χαρακτήρα;
3. Ποιες από τις παρακάτω ιδιότητες οφείλονται στο μεταλλικό δεσμό και γιατί;
 Μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα
 Χημική αδράνεια
 Μεταλλική λάμψη
 Μικρός ειδικός βάρος
 Δυνατότητα μετατροπής σε έλασμα
4. Συγκρίνετε το σημείο τήξης και τη σκληρότητα των αλκαλίων με τις αντίστοιχες ιδιότητες των περισσότερων μετάλλων. Δικαιολογήστε την απάντησή σας.
5. Πόσα ηλεκτρόνια σθένους έχουν τα μέταλλα των αλκαλίων και των αλκαλικών γαιών.
6. Γιατί δεν χρησιμοποιείται ο σίδηρος αντί του αργύρου στην κατασκευή νομισμάτων.
7. Συμπληρώστε τις παρακάτω χημικές εξισώσεις:



8. Γράψτε τις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων που γίνονται στην άνοδο και στην κάθοδο κατά τη διάβρωση του σιδήρου σε υγρό αέρα.
9. Τι είναι γαλβανισμός και τι επικαστιτέρωση; Ποια από τις δύο μεθόδους προστατεύει καλλίτερα το σίδηρο.
10. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις περιγράφουν σωστά τα φαινόμενα που θα συμβούν όταν υδατικό διαλύμα έρθει σε επαφή με το σημείο όπου έχει καταστραφεί η επικαστιτέρωση αντικειμένου από σίδηρο:
 - α. Ο σίδηρος προστατεύεται καλλίτερα.
 - β. Ο κασσίτερος γίνεται ο θετικός πόλος του στοιχείου που δημιουργείται.
 - γ. Στην κάθοδο του στοιχείου οξειδώνεται ο σίδηρος.
 - δ. Στην κάθοδο του στοιχείου γίνεται η αναγωγή του οξυγόνου.
11. Περιγράψτε την καθοδική προστασία με θυσιαζόμενη άνοδο.
12. Γράψτε τη χημική εξίσωση μιας αντίδρασης:
 - α. μετάλλου που αντιδρά με H_2O .
 - β. μετάλλου που δεν αντιδρά με το νερό αλλά αντιδρά με HCl .
 - γ. μετάλλου που δεν αντιδρά ούτε με H_2O , ούτε με HCl αλλά αντιδρά με αραιό HNO_3 .
13. Γιατί το αργιλιο διαβρώνεται από το θαλασσινό νερό, αλλά όχι από το γλυκό;
14. Τι διαφέρει το μετάλλευμα από το ορυκτό;
15. Ποιο από τα παρακάτω ορυκτά έχει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε αργιλιο:
 - α. $NaAlSi_3O_8$,
 - β. $KAlSi_2O_6$,
 - γ. $CaAl_2Si_2O_8$
16. Τι εννοούμε με τον όρο μεταλλουργία και ποιά είναι τα κυριότερα στάδια της;
17. Ποια μέθοδο θα χρησιμοποιήσουμε για τον εμπλουτισμό μεταλλεύματος του Cu_2S και ποια για το μετάλλευμα του Fe_3O_4 ;
18. Το H_2 χρησιμοποιείται ως αναγωγικό μέσο για την παραλαβή του χάλκου από το CuO . Μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε για να παραλάβουμε το Al από το Al_2O_3 ;

19. Κατά την ηλεκτρόλυση διαλύματος $CuCl_2$ ποιές από τις ακόλουθες αντιδράσεις είναι πιθανόν να γίνουν στην άνοδο;
 - A. $2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$
 - B. $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$
 - Γ. $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$
 - Δ. $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$
 - Ε. Καμία από αυτές.
20. Ποια μέθοδο αναγωγής θα χρησιμοποιήσουμε σε κάθε μία από τις ακόλουθες περιπτώσεις:

α. Παραγωγή Mg από $MgCl_2$	β. Παραγωγή Hg από HgS
γ. Παραγωγή Sn από SnO_2	δ. Παραγωγή W από WO_3
21. Ποια πλεονεκτήματα και ποια μειονεκτήματα έχει η Βιομεταλλουργία;
22. Γιατί η οξείδωση του Fe^{2+} προς Fe^{3+} μετά την ηλεκτρόλυση γίνεται σε ανοικτά δοχεία;
23. Αναφέρατε τους λόγους για τους οποίους η ανακύκλωση του αργιλίου είναι η περισσότερο διαδεδομένη σήμερα.
24. Γιατί τα παλαιά αυτοκίνητα δεν μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν για την ανακύκλωση του σιδήρου;
25. Ποια άλλα υλικά μπορούμε να ανακυκλώσουμε κατά τη γνώμη σας από τα αυτοκίνητα; Χρησιμοποιήστε τη βιβλιοθήκη του σχολείου σας και όποιες άλλες πηγές θέλετε για να γράψετε μια εργασία με αυτό το θέμα.
26. Τι είναι τα κράματα και σε τι διαφέρουν από τα αμαλγάματα;
27. Όπως είναι γνωστό, όταν ο C διαλύεται στο σίδηρο σχηματίζει την διαμεταλλική ένωση Fe_3C . Πόσα γραμμάρια της ένωσης αυτής υπάρχουν σε 1 τόνο χυτοσιδήρου περιεκτικότητας 5%κ.β. σε C αν υποθέσουμε ότι ολόκληρη η ποσότητα του C βρίσκεται με τη μορφή της διαμεταλλικής ένωσης;
28. Πόσα και ποια είδη στερεών διαλυμάτων έχουμε και σε τι διαφέρουν μεταξύ τους;
29. Ποιες είναι οι κατηγορίες των δοκιμών που γίνονται για τον έλεγχο των μηχανικών ιδιοτήτων;
Αναφέρατε μερικές δοκιμές από κάθε κατηγορία.



3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Μέταλλα πρακτικού ενδιαφέροντος

3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Μέταλλα πρακτικού ενδιαφέροντος

3.1 ΧΑΛΚΟΣ

3.1.1 Εισαγωγή

Ο χαλκός είναι ένα σπάνιο στοιχείο αφού αποτελεί μόνο το $6.8 \cdot 10^{-3}\%$ του στερεού φλοιού της γης. Το σύμβολό του (Cu) προέρχεται από την λατινική ονομασία cuprum που την πήρε από την Κύπρο, η οποία είχε φημισμένα ορυχεία χαλκού. Οι αρχαίοι κάτοικοι της Μεσογείου ονόμαζαν το χαλκό **κύπριο μέταλλο**.

Ο αυτοφυής χαλκός, που αρχικά βρισκόταν σε μεγάλες ποσότητες πάνω στη γη προσήλκυσε την προσοχή του ανθρώπου. Αμέσως μετά την νεολιθική εποχή, οι πρωτόγονοι ανθρώποι χρησιμοποιούσαν τον χαλκό σε μεγάλη έκταση για την κατασκευή όπλων και εργαλείων. Η εποχή αυτή από το 5000 π.Χ. μέχρι το 3000 π.Χ. ονομάσθηκε **εποχή του χαλκού**.

3.1.2 Προέλευση

Ο χαλκός απαντά σήμερα στη φύση κυρίως με τη μορφή ορυκτών, αν και σε μικρά ποσά απαντά και ως αυτοφυής. Τα περισσότερα κοιτάσματα του μετάλλου έχουν περιεκτικότητα μικρότερη από 1% σε χαλκό, ενώ σε μερικά πιο πλούσια η περιεκτικότητά του φτάνει το 4%.

Τα κυριότερα ορυκτά του είναι τριών ειδών. Το οξείδιο κυπρίτης (Cu_2O), τα θειούχα χαλκοπυρίτης ($CuFeS_2$), χαλκοσίνης (Cu_2S) και τα βασικά-ανθρακικά αζουρίτης [$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$] που έχει χρώμα κυανό και μαλαχίτης [$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$] που έχει χρώμα πράσινο.

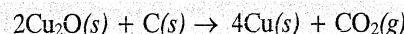
Τα μεταλλεύματα του χαλκού περιέχουν σε μικρά ποσά τα στοιχεία Σελήνιο (Se) και Τελλούριο (Te) καθώς και τα ευγενή μέταλλα Χρυσό (Au) και Άργυρο (Ag), τα οποία αποτελούν σημαντικά παραποριόντα της μεταλλουργίας του χαλκού.

Ο χαλκός απαντά επίσης ως ιχνοστοιχείο στο αίμα μερικών θαλάσσιων ζώων, των μαλακίων.

3.1.3 Μεταλλουργία

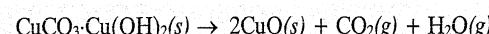
Η μέθοδος που εφαρμόζεται για την εξαγωγή του χαλκού εξαρτάται από το είδος του μεταλλεύματος.

1. Από τα οξείδια παράγεται με αναγωγή εν θερμώ από άνθρακα σύμφωνα με την αντίδραση:



2. Από τα ανθρακικά ορυκτά παράγεται σε δύο στάδια.

Αρχικά τα ανθρακικά μετατρέπονται με πύρωση σε οξείδια,



τα οποία στη συνέχεια ανάγονται όπως και στα προηγούμενα.

3. Από τα θειούχα ορυκτά παράγεται με αρκετά πολύπλοκη κατεργασία η οποία έχει ως σκοπό την απομάκρυνση των προσμέζεων κυρίως από Fe, Sb και As. Αν το ορυκτό είναι πλούσιο σε χαλκό εφαρμόζεται η ξηρά μέθοδος ενώ αν είναι φτωχό εφαρμόζεται η υγρά μέθοδος.

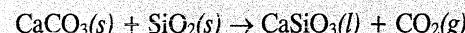
A. Ξηρά μέθοδος

Το μετάλλευμα εμπλουτίζεται αρχικά με τη μέθοδο της επίπλευσης και στη συνέχεια υφίσταται μερική φρύξη η οποία έχει ως σκοπό τη μετατροπή μόνο του θειούχου σιδήρου σε οξείδιο σύμφωνα με την αντίδραση:



Κατά τη φρύξη απομακρύνονται τα οξείδια του As και του Sb επειδή είναι πτητικά.

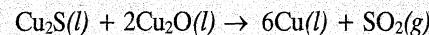
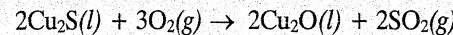
Το μίγμα, μετά τη φρύξη, αναμιγνύεται με άμμο (SiO_2) και ασβεστόλιθο ($CaCO_3$) και θερμαίνεται σε περιστρεφόμενο φούρνο στους $1100^{\circ}C$. Στη θερμοκρασία αυτή ο ασβεστόλιθος με την άμμο σχηματίζουν τήγμα πυριτικού ασβεστίου.



Το οξείδιο του σιδήρου διαλύνεται στο τήγμα των πυριτικού ασβεστίου και σχηματίζει σκωρία, η οποία επιπλέει στον τηγμένο Cu_2S .

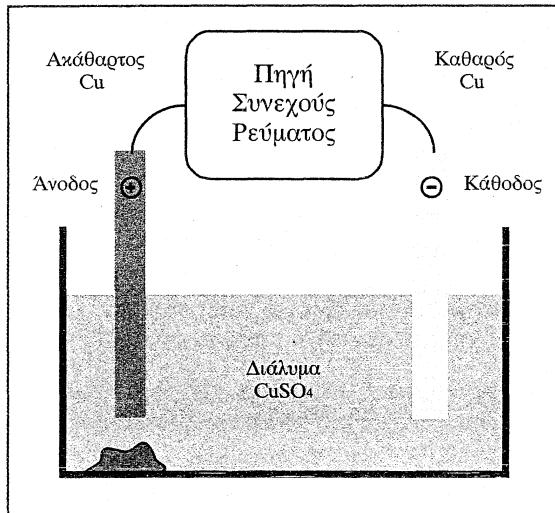


Στη συνέχεια ο τηγμένος Cu_2S υποβάλλεται εκ νέου σε φρύξη οπότε πραγματοποιούνται οι ακόλουθες αντιδράσεις:



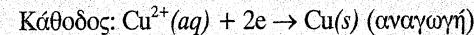
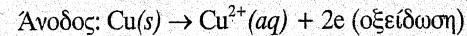
Ο χαλκός που λαμβάνεται έχει καθαρότητα 90 - 95% και καθαρίζεται παραπέδα με ηλεκτρόλυση.

Κατά την ηλεκτρόλυση ο ακάθαρτος χαλκός χρησιμοποιείται ως άνοδος ενώ ως κάθοδος τοποθετείται τεμάχιο καθαρού χαλκού. Ως ηλεκτρόλυτης χρησιμοποιείται σίξινο διάλυμα CuSO_4 (σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1. Ηλεκτρόλυτικός καθαρισμός χαλκού

Όταν εφαρμοσθεί στα ηλεκτρόδια μικρή διαφορά δυναμικού ο μεταλλικός χαλκός της ανόδου οξειδώνεται και μεταβαίνει στο διάλυμα με τη μορφή ιόντων Cu^{2+} . Τα ιόντα χαλκού κινούνται διαμέσου του διαλύματος και μεταβαίνουν στην κάθοδο όπου ανάγονται προς μεταλλικό χαλκό. Οι αντιδράσεις που γίνονται στα ηλεκτρόδια έχουν ως εξής:



Γνωρίζεις ότι....

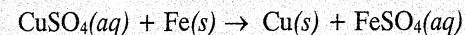
Το 25% των αργύρου και το 12,5% του χρυσού που παράγεται στις Η.Π.Α. προέρχεται από την επεξεργασία της λάσπης που δημιουργείται κατά τον ηλεκτρόλυτικό καθαρισμό του χαλκού.

Ο παραγόμενος χαλκός έχει καθαρότητα 99,99% και η ποιότητά του αυτή στο εμπόριο είναι γνωστή ως **ηλεκτρόλυτικός χαλκός**.

Όλες οι ακαθαρσίες και οι προσμίξεις συσσωρεύονται με τη μορφή λάσπης στον πυθμένα του διοχείου της ηλεκτρόλυσης ή παραμένουν στο διάλυμα.

B. Υγρά μέθοδος βιολογικής οξείδωσης.

Το θειούχο ορυκτό εκπίθεται σε υγρό αέρα οπότε με τη βοήθεια των βακτηρίων *Thiobacillus ferrooxidans* γίνεται οξείδωση του Cu_2S προς CuSO_4 ο οποίος είναι ευδιάλυτος. Ακολούθως με ηλεκτρόλυση ή με την προσθήκη σιδήρου παραλαμβάνεται ο καθαρός χαλκός:



3.1.4 Φυσικές Ιδιότητες

Ο χαλκός είναι ένα ερυθρωπό, μαλακό, ελατό και όλικμο μέταλλο με ισχυρή μεταλλική λάμψη. Είναι βαρύ ($\rho = 8,96 \text{ g/cm}^3$), έχει υψηλό σημείο τήξης ($1083,4^\circ\text{C}$), είναι καλός αγωγός της θερμότητας και μετά από τον αργυρό, διαθέτει την καλλίτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα.

3.1.5 Χημικές Ιδιότητες

Είναι σχετικά αδρανές μέταλλο. Στις ενώσεις του εμφανίζεται με α.ο. +1 και +2, αλλά το πιο συνηθισμένο είναι το +2.

Σε συνήθη θερμοκρασία δεν προσβάλλεται από το O_2 και τον ξηρό αέρα. Όταν θερμανθεί μετατρέπεται αρχικά σε ερυθρό οξείδιο του

χαλκού (I) (Cu_2O) και στη συνέχεια σε μαύρο οξείδιο του χαλκού (II) (CuO).

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει στο κεφάλαιο της διάβρωσης, όταν εκτεθεί σε υγρό ατμοσφαιρικό περιβάλλον σκεπάζεται βραδύτατα από πράσινο στρώμα βασικού ανθρακικού χαλκού, $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ που ονομάζεται **πατίνα**. Το επιφανειακό αυτό στρώμα είναι συμπαγές και προστατεύει το μέταλλο από την παραπέρα διάβρωση.

Επειδή στη σειρά ηλεκτροθετικότητας βρίσκεται μετά από το H, δεν προσβάλλεται από τα μη οξειδωτικά οξέα HCl και αραιό H_2SO_4 .

Προσβάλλεται από τα οργανικά οξέα και χημικά δηλητηριώδεις ενώσεις. Επειδή τα οργανικά οξέα είναι συστατικό των τροφών, απαγορεύεται η παρασκευή και διατήρηση των τροφίμων σε χάλκινα σκεύη εάν αυτά δεν είναι επικαστιτερωμένα.

Προσβάλλεται από τα οξειδωτικά οξέα και παρέχει ευδιάλυτες ενώσεις ως εξής:

• Αραιό νιτρικό οξύ:



• Πυκνό νιτρικό οξύ:



• Πυκνό και θερμό θειικό οξύ:



Προσβάλλεται επίσης απ' ευθείας από το χλώριο (Cl) και το θείο (S).

3.1.6 Εφαρμογές - Κράματα

Ο χαλκός έχει σημαντικά πλεονεκτήματα και γι' αυτό χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές.

Η χρήση του είναι τόσο ευδεία, ώστε τα παγκόσμια αποθέματά του έχουν αρχίσει να ελαττώνονται επικίνδυνα. Ειδικοί προβλέπουν ότι με τους σημερινούς ρυθμούς παραγωγής τα αποθέματα θα εξαντληθούν στα μέσα του επόμενου αιώνα. Οι κυριότερες από τις χρήσεις του είναι:

- Στη βιομηχανία του ηλεκτρισμού λόγω της μεγάλης του ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Σημειώνεται ότι η παρουσία ακαθαρσιών και ιδιαίτερα του φωσφόρου ελαττώνει σημαντικότατα την ηλεκτρική αγωγιμότητα του μετάλλου. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά ηλεκτρολυτικός χαλκός.
- Στην χημική βιομηχανία για την κατασκευή μηχανημάτων, σωλήνων, αμβύκων, εναλλακτών θερμότητας και άλλα. Η αντοχή του στη διάβρωση, η σχετικά καλή μηχανική του αντοχή και η ευκολία με την οποία διαμορφώνεται, συγκολλάται και επιμεταλλώνεται τον κάνουν ιδανικό μέταλλο για αυτές τις εφαρμογές.
- Για την κατασκευή χραμάτων. Είναι η σπουδαιότερη από τις εφαρμογές του χαλκού για την οποία διατίθεται το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής του.

Τα κράματα του χαλκού που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι:

- Οι **ορείχαλκοι**, κράματα χαλκού-ψευδαργύρου με περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο μέχρι 68%. Τα κράματα αυτά διατηρούν τις καλές ιδιότητες του χαλκού με μικρότερο κόστος.

Υπάρχουν περίπου 300 είδη ορείχαλκων. Η βέλτιστη περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο είναι περίπου 40% προκειμένου το κράμα να έχει καλή μηχανική αντοχή και πλαστικότητα.

Προσθήκη μικρών ποσοτήτων από τα μέταλλα Sn, Ni, Fe, Mn, Al και Pb βελτιώνει τις μηχανικές ιδιότητες και την αντοχή στη διάβρωση των ορείχαλκων.

- Οι **μπρούντζοι**, κράματα χαλκού-κασσιτέρου με περιεκτικότητα σε κασσίτερο μέχρι 20%. Έχουν καλή μηχανική αντοχή και αντοχή στη διάβρωση.

Με προσθήκη φωσφόρου μέχρι 1% παρασκευάζονται οι **φωσφορούχοι μπρούντζοι**, που παρουσιάζουν αυξημένη μηχανική αντοχή και αντοχή στη διάβρωση.

- Τα κράματα:

Χαλκού-Αργιλίου
Χαλκού-Νικελίου
κράμα Monel (CuNiFe)
κράμα δέλτα (CuZnFe)
γερμανικός άργυρος (CuZnNi)
βρετανικό μέταλλο (CuSnPbSb)

- Κράματα του χαλκού με Ag και Au χρησιμοποιούνται επίσης για την κατασκευή κοσμημάτων και νομισμάτων.

3.2 ΣΙΔΗΡΟΣ

3.2.1 Εισαγωγή

Τέταρτο κατά σειρά αφθονίας στοιχείο, ο σίδηρος αποτελεί το 6,2 % κ.β. του στερεού φλοιού της γης. Το σύμβολό του (Fe) προέρχεται από την λατινική ονομασία *ferrum*, ενώ η αγγλική ονομασία του "Iron" από την αγγλοσαξωνική λέξη "iren".

Η ανακάλυψη του σιδήρου τοποθετείται περίπου στο 800 π.Χ. και σηματοδότησε την έναρξη της **εποχής του σιδήρου**, η οποία διαρκεί μέχρι σήμερα.

Η παραγωγή και η χρήση του σιδήρου από τον άνθρωπο καθυστέρησε αρκετά επειδή συνάντησε δυσκολίες που είχαν ως αιτία το υψηλό σημείο τηξης του μετάλλου (1535°C). Οι μέθοδοι τηξης του σιδήρου προήλθαν από την Ανατολή. Οι Ρωμαίοι μετέφεραν τη βιομηχανία σιδήρου στην Ισπανία. Οι κάμινοι με εμφύσηση αέρα χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στη Γερμανία κατά τα μέσα του 14ου αιώνα και στη Μεγάλη Βρετανία περίπου το 1500.

Σήμερα η παραγωγή σιδήρου ξεπερνά τα 700 εκατομμύρια τόνους το χρόνο.

3.2.2 Προέλευση

Ο σίδηρος απαντά στη φύση αυτοφυής μόνο στους μετεωρίτες. Από εκεί συνάγεται ότι και ο πυρήνας της γης αποτελείται κυρίως από σίδηρο.

Τα κυριότερα ορυκτά του είναι τριών ειδών. Τα οξείδια αιματίτης (Fe_2O_3), μαγνητίτης (Fe_3O_4), το θειούχο σιδηροπυρίτης (FeS_2) και το ανθρακικό σιδηρίτης (FeCO_3).

Ο σίδηρος απαντά επίσης ως συστατικό της χρωστικής του αύματος, της αιμοσφαιρίνης. Στο σώμα του μέσου ενήλικα υπάρχουν 4 γραμμάρια σιδήρου κατά μέσο όρο. Ως ιχνοστοιχείο είναι απαραίτητο για την σύνθεση της χλωροφύλλης των φυτών.

3.2.3 Μεταλλουργία

Η παραγωγή του σιδήρου συνίσταται στην αναγωγή των οξειδίων του που αποτελούν και το κύριο είδος των ορυκτών του.

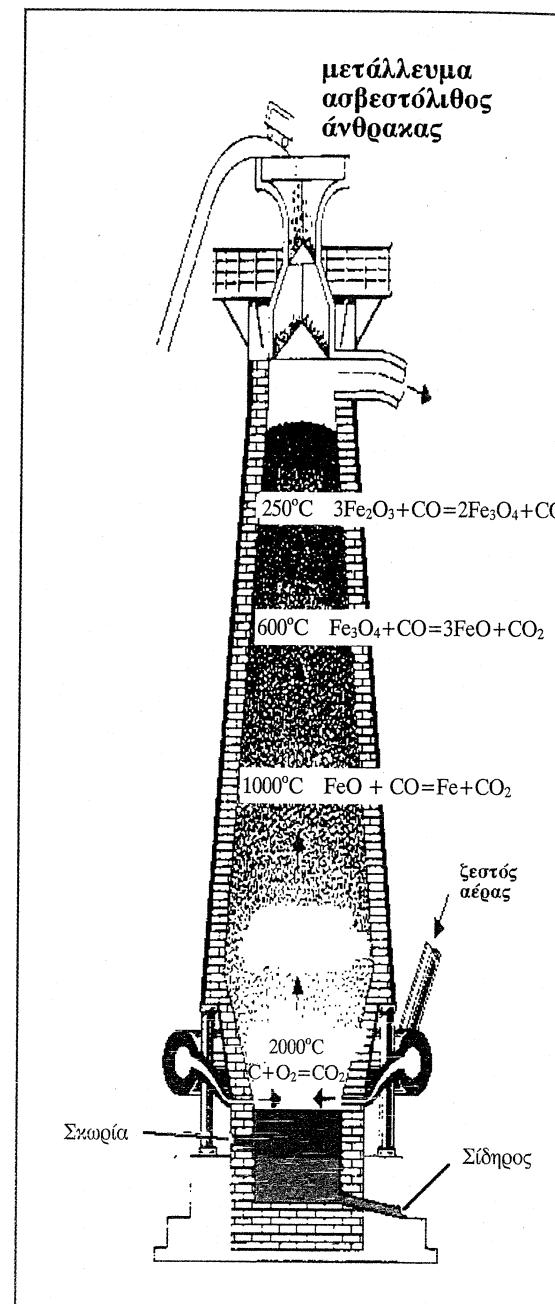
Τα θειούχα και τα ανθρακικά μεταλλεύματα του σιδήρου μετατρέπονται σε οξείδια με φρύξη ή θέρμανση αντίστοιχα.

Τα ορυκτά μετά από την διαδικασία εμπλουτισμού τους οδηγούνται στην **υψηλάμινο** (σχήμα 3.2) όπου υφίστανται αναγωγή από άνθρακα που προστίθεται με τη μορφή του **κωκ**.

Η υψηλάμινος έχει το σχήμα μεγάλου πύργου με ύψος 25 μέτρα και διάμετρο 8 μέτρα. Εσωτερικά έχει επένδυση από πυρίμαχα τούβλα, ενώ εξωτερικά καλύπτεται από σιδερένια θωράκιση.

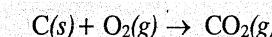
Από το επάνω μέρος της προστίθενται σε εναλλαξιανά μετάλλευμα, κωκ και ασβεστόλιθος (CaCO_3) που ονομάζεται **συλλίπασμα**. Από το κάτω μέρος της διοχετεύεται θερμός αέρας θερμοκρασίας περίπου 900°C .

Η αναγωγή του σιδήρου περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων οι οπίσες μπορούν να χωρισθούν σε τρία στάδια.



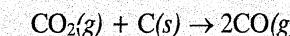
Σχήμα 3.2. Σχηματική παράσταση της υψικαμίνου

- Η πρώτη αντίδραση είναι η καύση κάποιας ποσότητας του κακού (C) προς διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) σύμφωνα με την αντίδραση:



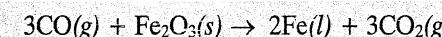
Η αντίδραση είναι έντονα εξώθερμη και ανυψώνει τη θερμοκρασία στη βάση της υψικαμίνου περίπου στις 2000°C .

- Ανεβαίνοντας προς το μέσον της υψικαμίνου, το CO_2 αντιδρά με νέες ποσότητες θερμού κακού και ανάγεται σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO) σύμφωνα με την αντίδραση:



Η αντίδραση αυτή είναι ενδόθερμη και απορροφά θερμότητα με αποτέλεσμα η θερμοκρασία στο σημείο αυτό να πέσει στους 1200°C .

- Το CO ανάγει τα οξείδια του σιδήρου προς μεταλλικό σίδηρο σε μια σειρά από αντιδράσεις, οι οποίες μπορούν να συνοψισθούν στην αντίδραση:

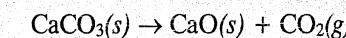


Η αναγωγή γίνεται στα μεσαία και ανώτερα στρώματα της υψικαμίνου. Ο σιδήρος που παράγεται τήκεται στη θερμοκρασία που επικρατεί και ζέει προς τη βάση της υψικαμίνου. Καθώς ζέει, διέρχεται μέσα από στρώματα άνθρακα από τα οποία διαλύει μια μικρή ποσότητα (2,5-5%).

Ο ρόλος του συλλιπάσματος είναι να απομακρύνει τις πυριτικές προσμίξεις που υπάρχουν στο μετάλλευμα.

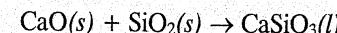
Η διεργασία περιλαμβάνει δύο στάδια:

- Το CaCO_3 όταν θερμανθεί δίδει ασβεστό (CaO) σύμφωνα με την αντίδραση:



Η αντίδραση γίνεται στα μεσαία στρώματα της υψηλαμάνου.

2. Το CaO αντιδρά στη συνέχεια με τις πυριτικές προσμιξεις (SiO_2) σύμφωνα με την αντίδραση:



Το πυριτικό ασβέστιο (CaSiO_3) που παράγεται ονομάζεται **σκωρία**, η οποία στη θερμοκρασία αυτή είναι υγρή και ωρεί προς τη βάση της υψηλαμάνου.

Η τηγμένη σκωρία έχει μικρότερο ειδικό βάρος από τον τηγμένο σίδηρο και επιπλέει επάνω σε αυτόν. Με τον τρόπο αυτό διαχωρίζεται εύκολα, ενώ ταυτόχρονα προστατεύει τον σίδηρο από οξείδωση.

Από το κάτω μέρος της υψηλαμάνου παραλαμβάνεται κατά διαστήματα ο τηγμένος σίδηρος και η σκωρία, ενώ από το άνω μέρος της, νέα στρώματα μεταλλεύματος, κακ και συλλιπάσματος προστίθενται συνεχώς.

Η λειτουργία της υψηλαμάνου είναι συνεχής. Σταματά μόνο όταν πάθει βλάβη.

3.2.4 Είδη σιδήρου

Τα είδη του σιδήρου καθορίζονται από την περιεκτικότητά τους σε άνθρακα. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

Χυτοσίδηρος

Ο σίδηρος που λαμβάνεται από την υψηλαμάνυ δεν είναι καθαρός και ονομάζεται **χυτοσίδηρος** (μιαντέμι). Περιέχει προσμιξεις σε συνολικό ποσοστό περίπου 10%, από τις οποίες 2,5 - 5% είναι άνθρακας και το υπόλοιπο πυρίτιο, φωσφόρος, μαγγάνιο και θείο. Έχει σημείο τήξης 1050 - 1200°C, είναι σκληρός, δεν είναι ελαστός και όλκιμος, δεν συγκολλάται και δεν σχηματίζει κράματα. Διακρίνεται σε δύο τύπους: τον **φαιό** και τον **λευκό**.

Μαλακός σίδηρος

Ονομάζεται και σφυρήλατος σίδηρος. Είναι σχετικά καθαρός, περιέχει λιγότερο από 0,1% άνθρακα και λιγότερο από 0,5% συνολικές προσμιξεις. Είναι μαλακός, ευκατέργαστος και έχει σημείο τήξης 1500°C. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή διαφόρων αντικειμένων όπως αλυσίδων, συριμάτων κ.λ.π.

Λαμβάνεται από τον χυτοσίδηρο, αφού απομαρτυνθούν με οξείδωση οι ξένες ουσίες που περιέχει. Η κατεργασία γίνεται σε κάμινους παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του χάλυβα, όπου σε θερμοκρασία 1300 - 1400°C καίγεται η περίσσεια του άνθρακα.

Χάλυβας ή ατσάλι

Αποτελείται από σίδηρο με περιεκτικότητα 0,15 - 1,5% σε άνθρακα. Είναι σκληρότερος και ανθεκτικότερος από το μαλακό σίδηρο και έχει σημείο τήξης μεταξύ 1300 - 1500°C.

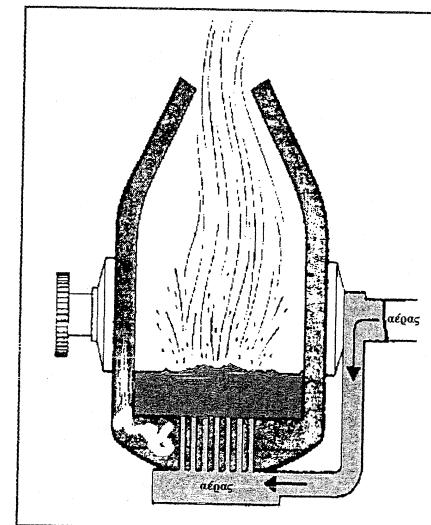
Οι ιδιότητές του εξαρτώνται από την περιεκτικότητά σε άνθρακα και από το είδος της θερμικής κατεργασίας που έχει υποστεί. Όσο αυξάνεται η περιεκτικότητά του σε άνθρακα, τόσο αυξάνεται και η σκληρότητά του, ενώ ταυτόχρονα ελαττώνεται το σημείο τήξης και η ελαστικότητά του.

Η πιο χαρακτηριστική ιδιότητα του χάλυβα είναι η ικανότητα του να υφίσταται **βαφή**. Η βαφή δημιουργείται όταν ερυθροπυρωμένος χάλυβας ψυχθεί απότομα με εμβάπτιση σε νερό ή λάδι. Τότε αποκτά μεγάλη σκληρότητα αλλά ταυτόχρονα γίνεται εύθραυστος. Η κατεργασία αυτή είναι αντιστρεπτή. Έτσι, αν ο σκληρυμένος χάλυβας θερμανθεί και αφεθεί να ψυχθεί σιγά-σιγά, γίνεται και πάλι μαλακός και ελαστικός. Η κατεργασία αυτή ονομάζεται **ανόπτηση**.

Παράγεται από το χυτοσίδηρο σε ειδικές κάμινους απομαρκύνοντας τον άνθρακα και τις προσμιξεις με οξείδωση σύμφωνα με τις ακόλουθες τέσσερις μεθόδους:

1. Μέθοδος Bessemer

Κατά τη μέθοδο αυτή ο χυτοσίδηρος μεταφέρεται σε ζευστή κατάσταση από την υψηλάμινο και τοποθετείται σε κάμινο σχήματος απίου (αχλαδιού) που ονομάζεται **άπιο του Bessemer** (σχήμα 3.3). Η κάμινος αυτή έχει διπλό πυθμένα που επιτρέπει την διοχέτευση θερμού αέρα στο εσωτερικό της και μπορεί να περιστρέφεται γύρω από οριζόντιο άξονα έτσι ώστε να μπορεί να αδειάζει με ευκολία. Κατά τη διέλευση του αέρα μέσα από τη μάξα του χυτοσιδήρου οξειδώνεται όλη η επιπλέον ποσότητα άνθρακα και οι προσμίξεις. Η οξειδώση του άνθρακα παράγει θερμότητα που διατηρεί τον σίδηρο τηγμένο. Στο τέλος προστίθεται στο τήγμα νέα υπολογισμένη ποσότητα άνθρακα και άλλων μετάλλων, ώστε να παραχθεί η επιθυμητή ποιότητα χάλυβα.



Σχήμα 3.3. Το απίο του Bessemer.

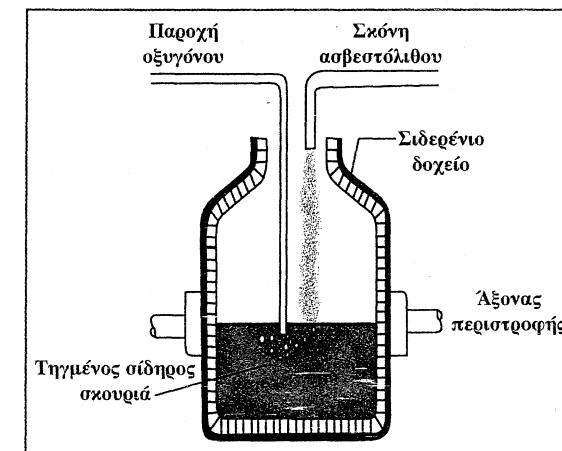
Η εσωτερική επένδυση της καμίνου είναι κατάλληλα επιλεγμένη, ώστε να απορροφά τις οξειδωμένες προσμίξεις του χυτοσιδήρου.

Η μέθοδος έχει το μειονέκτημα ότι πρέπει να λειτουργεί κοντά σε υψηλάμινο και το πλεονέκτημα ότι δεν καταναλώνει καύσιμα.

2. Βασική μέθοδος με οξυγόνο

Είναι παραλλαγή της μεθόδου Bessemer την οποία έχει σχεδόν τελείως αντικαταστήσει. Χρησιμοποιεί καθαρό οξυγόνο, αντί για αέρα, το οποίο διαβιβάζεται υπό πίεση με σωλήνα απ' ευθείας στη μάξα του τηγμένου χυτοσιδήρου ενώ στο μήγμα προστίθεται και κονιοποιημένο CaCO_3 για την απομάκρυνση των οξειδωμένων ακαθαρσιών (σχήμα 3.4).

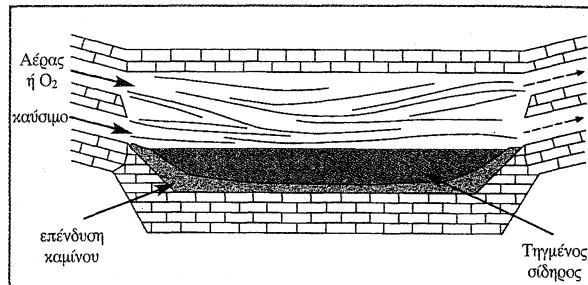
Η όλη διαδικασία είναι ταχύτατη και παράγει υψηλής ποιότητας χάλυβα αλλά έχει, και αυτή, το μειονέκτημα ότι πρέπει να λειτουργεί κοντά σε υψηλάμινο.



Σχήμα 3.4. Κάμινος για τη βασική μέθοδο με οξυγόνο.

3. Μέθοδος Siemens - Martin

Κατά τη μέθοδο αυτή, μήγμα που αποτελείται από χυτοσίδηρο, οξειδωμένα απορρίμματα σιδήρου ή χάλυβα (SCRAP) και αιματίτη, θερμαίνεται μέσα σε αβαθείς φλογοβόλους καμίνους στους 1500°C με πετρέλαιο ή άλλο καύσιμο υλικό (σχήμα 3.5).



Σχήμα 3.5. Κάμινος για τη μέθοδο Siemens Martin.

Στη θερμοκρασία αυτή, ο άνθρακας του χυτοσιδήρου οξειδώνεται από το οξυγόνο που περιέχει ο αιματίτης (Fe_2O_3) και τα οξειδωμένα απορρίμματα σιδήρου.

Η μέθοδος παράγει καλλίτερης ποιότητας χάλυβα από την προηγούμενη και έχει το πλεονέκτημα ότι ανακυκλώνει τον μεταχειρισμένο σίδηρο.

Χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά στην Ελλάδα για την παραγωγή χάλυβα.

4. Μέθοδος ηλεκτρικής καμίνου

Κατά την μέθοδο αυτή η θέρμανση του χυτοσιδήρου γίνεται με ηλεκτρικό τόξο. Οι χάλυβες που παράγονται είναι εξαιρετικής ποιότητας διότι η θερμοκρασία στο εσωτερικό της καμίνου ελέγχεται εύκολα.

Η μέθοδος χρησιμοποιείται για τη βελτίωση των χαλύβων που παράγονται με τις άλλες μεθόδους αλλά και για την παραγωγή χάλυβα από μεταχειρισμένο σίδηρο. Είναι κατάλληλη επίσης για την παρασκευή ειδικών χαλύβων.

Ειδικοί χάλυβες

Με την πρόσθήκη στο χάλυβα μικρών ποσοτήτων άλλων στοιχείων παράγονται χάλυβες με εξαιρετικές μηχανικές και φυσικές ιδιότητες που ονομάζονται **ειδικοί χάλυβες**. Τα πιο συνηθισμένα στοιχεία είναι τα πυρίτιο (Si), μαγγάνιο (Mn), χρώμιο (Cr), νικέλιο (Ni), που ονομάζονται **κύριες προσθήκες** και τα κοβάλτιο (Co), βιολφράμιο (W), μολυβδανίο (Mo), βανάδιο (V)

και αργύριο (Al) που ονομάζονται **δευτερεύουσες προσθήκες**. Έτσι παράγονται ειδικοί χάλυβες που ονομάζονται **χρωμοχάλυβες, μαγγανοχάλυβες, νικελιοχάλυβες κ.λ.π.**

Ανάλογα με τη βιομηχανική τους χρήση οι ειδικοί χάλυβες χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **χάλυβες κατασκευών**
- **χάλυβες εργαλείων**
- **ανοξείδωτοι χάλυβες**
- **πυρόμαχοι χάλυβες**
- **χάλυβες ηλεκτρομαγνητικών κατασκευών**

Ο ανοξείδωτος χάλυβας που χρησιμοποιείται για την κατασκευή σκευών μαγειρικής και φαγητού, γνωστός ως ανοξείδωτο 18/8, έχει σύσταση 18%Cr, 8%Ni.

Χάλυβας με σύσταση 0,15%C, 46%Ni έχει τον ίδιο συντελεστή θερμικής διαστολής με το γυαλί και χρησιμοποιείται σε κατασκευές μετάλλου-γυαλιού όπως οι λαμπτήρες πυρακτώσεως.

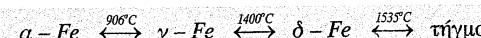
Το **κράμα Invar**, με σύσταση 0,5%C, 36%Ni, 0,5%Mn έχει σχεδόν μηδενικό συντελεστή θερμικής διαστολής και χρησιμοποιείται για την κατασκευή οργάνων μετρήσεων ακριβείας.

3.2.5 Φυσικές Ιδιότητες

Ο σίδηρος είναι ένα αργυρόδευκο, σκληρό, ελατό και όλκιμο μετάλλο. Είναι βαρύ ($\rho = 7,87 \text{ g/cm}^3$), έχει υψηλό σημείο τήξης (1535°C) και έντονες μαγνητικές ιδιότητες τις οποίες χάνει όταν θερμανθεί σε θερμοκρασία άνω των 768°C (σημείο Curie).

Ανάλογα με τη θερμοκρασία εμφανίζεται με τρεις αλλοτροπικές μορφές, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το είδος του κρυσταλλικού πλέγματος.

Τα σημεία μετατροπής της μιας αλλοτροπικής μορφής στην άλλη είναι:



Γνωρίζεις ότι....

όταν γράφουμε τις συστάσεις των χαλύβων δεν γράφουμε ποτέ την περιεκτικότητα σε σίδηρο. Εννοείται πάντα ότι ο σίδηρος αποτελεί το υπόλοιπο ποσοστό μέχρι το 100%.

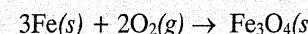
Γνωρίζεις ότι....

ορισμένα στοιχεία έχουν την ιδιότητα να εμφανίζονται, ανάλογα με τις συνθήκες, με διάφορες κρυσταλλικές μορφές. Οι μορφές αυτές ονομάζονται **αλλοτροπικές**.

3.2.6 Χημικές Ιδιότητες

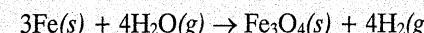
Είναι σχετικά δραστικό μέταλλο. Στις ενώσεις του εμφανίζεται με α.ο. +2 και +3.

Σε συνήθη θερμοκρασία δεν προσβάλλεται από το O₂ και τον ξηρό αέρα. Όταν θερμανθεί σε αρκετά υψηλή θερμοκρασία καίγεται σχηματίζοντας το μαγνητικό οξείδιο του σιδήρου (Fe₃O₄), σύμφωνα με την αντίδραση:

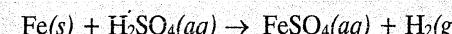
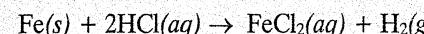


Όπως ήδη έχουμε αναφέρει στο κεφάλαιο της διάβρωσης, όταν εκτεθεί σε υγρό ατμοσφαιρικό περιβάλλον σχηματίζεται το κεραμέουθρο οξείδιο του σιδήρου Fe₂O₃·xH₂O που κάθεται στην επιφάνεια του μετάλλου με τη μορφή της σκουριάς. Το οξείδιο αυτό είναι εύθραυστο και πορώδες με αποτέλεσμα να μην προστατεύει την επιφάνεια του σιδήρου από την παραπέρα διάβρωση.

Επειδή στη σειρά ηλεκτροθετικότητας βρίσκεται πριν από το H, αντιδρά με το H₂O στους 600°C παράγοντας H₂:

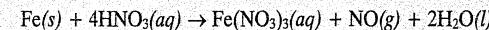


Για τον ίδιο λόγο προσβάλλεται από τα μη οξειδωτικά οξέα (HCl και αραιό H₂SO₄) και σχηματίζει άλατα με α.ο. +2:



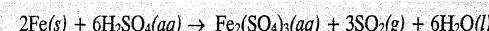
Προσβάλλεται από τα οξειδωτικά οξέα και παρέχει ευδιάλυτες ενώσεις ως εξής:

- Αραιό νιτρικό οξύ:
Σχηματίζει άλατα με α.ο. +3:



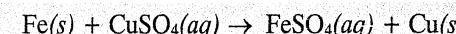
- Πυκνό νιτρικό οξύ:
Σχηματίζεται επιφανειακό στρώμα του οξειδίου Fe₃O₄, το οποίο εμποδίζει την παραπέρα προσβολή του μετάλλου:

- Πυκνό και θερμό θειικό οξύ:



Σημειώνεται ότι το πυκνό και ψυχρό θειικό οξύ δεν επιδρά στο σίδηρο.

Αντικαθιστά επίσης τα μέταλλα που βρίσκονται μετά από αυτόν στην σειρά ηλεκτροθετικότητας.



3.3 ΑΡΓΙΛΙΟ

3.3.1 Εισαγωγή

Τούτο κατά σειρά αφθονίας στοιχείο, το αργίλιο, που αποκαλείται διεθνώς αλουμίνιο, αποτελεί το 7,5 % κ.β. του στερεού φλοιού της γης. Το σύμβολό του (Al) προέρχεται από την λατινική ονομασία *alumen*. Οι αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν στην ιατρική μια συσίδια η οποία είχε στυπτικές ιδιότητες και την ονόμαζαν *alum*. Δεν επρόκειτο βέβαια για το μέταλλο αργίλιο, αλλά για ένα άλας του από αυτά που είναι σήμερα γνωστά ως στυπτηρίες [π.χ. K₂SO₄·Al₂(SO₄)₃].

Η ανακάλυψη του αργιλίου έγινε από τον Hans Christian Oersted στη Δανία το 1825. Το 1827 ο Friedrich Woehler πέτυχε να το απομονώσει με τη μορφή λεπτής σκόνης.

Η παραγωγή και η ευρεία χρήση του αργιλίου από τον άνθρωπο καθυστέρησε αρκετά, επειδή συνάντησε δυσκολίες που είχαν ως αιτία το υψηλό κόστος παραγωγής του μετάλλου. Το 1886 ο Martin Hall τελειοποίησε στην Αμερική, ταυτόχρονα με το Paul Héroult στη Γαλλία, τη μέθοδο της ηλεκτρολυτικής παρασκευής του μετάλλου.

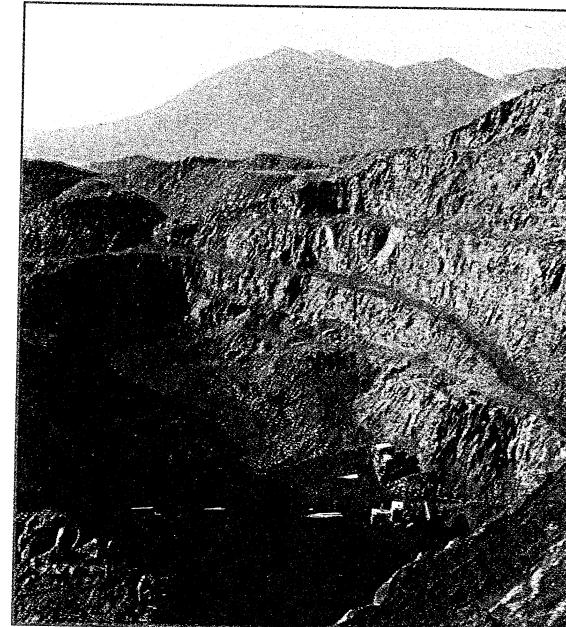
3.3.2 Προέλευση

Το αργιλίο δεν απαντά ελεύθερο στη φύση. Υπό μορφή ενώσεων απαντά ως συστατικό των περισσοτέρων πυριτικών πετρωμάτων.

Τα κυριότερα ορυκτά του είναι τριών ειδών. Τα οξείδια βωξίτης ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$) το οποίο αποτελεί το κύριο μετάλλευμα του αργιλίου, κορούνδιο (Al_2O_3), τα πυριτικά άργιλος η καθαρή μορφή της οποίας αποτελεί τον καολίνη ενώ η ακάθαρτος τον κοινό πηλό και το φθοριούχο κρυστάλλιθος ($AlF_3 \cdot 3NaF$).

Αποτελεί επίσης κύριο συστατικό της σμύριδας ορυχεία της οποίας υπάρχουν στη Νάξο και των πολύτιμων λίθων ρουμπίνι και σάπφειρος.

Στην Ελλάδα σημαντικά κοιτάσματα βωξίτη υπάρχουν στον Παρνασσό, στην Ελευσίνα και στην Εύβοια.

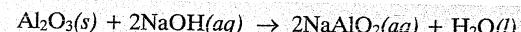


3.6. Ορυχείο Βωξίτη στον Παρνασσό.

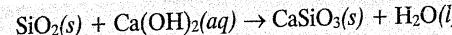
3.3.3 Μεταλλουργία

Το αργιλίο εξάγεται από τον βωξίτη ο οποίος συχνά περιέχει προσμέξεις διοξειδίου του πυριτίου (SiO_2), οξειδίου του τιτανίου (TiO_2) και οξειδίων του σιδήρου.

Η παραγωγή του αργιλίου γίνεται σε δύο στάδια. Το πρώτο περιλαμβάνει τον καθαρισμό του Al_2O_3 που περιέχεται στο βωξίτη από τις προσμέξεις. Χρησιμοποιούνται πυκνά διαλύματα βάσης $NaOH$, στα οποία το Al_2O_3 διαλύεται, σύμφωνα με την αντίδραση:



Ταυτόχρονα προστίθεται στο διάλυμα μικρή ποσότητα από άσβεστο ($Ca(OH)_2$) με την οποία το SiO_2 μετατρέπεται σε αδιάλυτα πυριτικά άλατα, σύμφωνα με την αντίδραση:

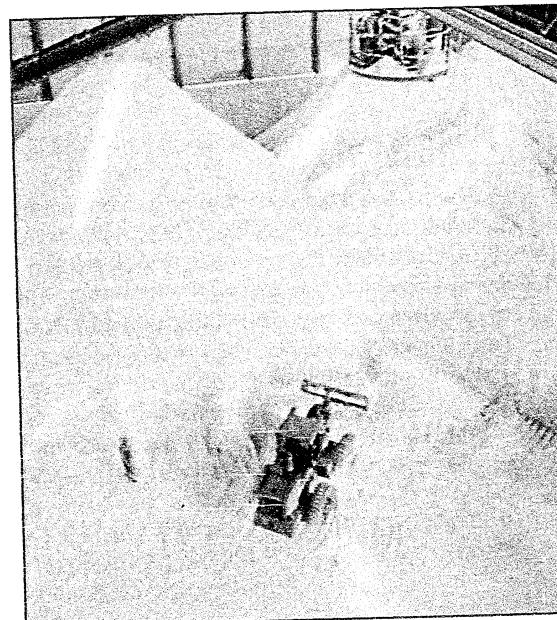


Τα οξείδια του σιδήρου και του τιτανίου δεν διαλυτοποιούνται. Έτσι μετά από τη διήθηση το διάλυμα περιέχει μόνο το ευδιάλυτο άλας του αργιλίου NaAlO_2 .

Στη συνέχεια το διάλυμα εξουδετερώνεται με οξύ και το Al(OH)_3 που καταβυθίζεται μετατρέπεται με θέρμανση και πάλι σε καθαρό Al_2O_3 που ονομάζεται **αλουμίνια**, σύμφωνα με την αντίδραση:



Το δεύτερο στάδιο της παραγωγής περιλαμβάνει την αναγωγή της αλουμίνιας προς καθαρό αργιλίο με ηλεκτρόλυση τήγματος αλουμίνιας.



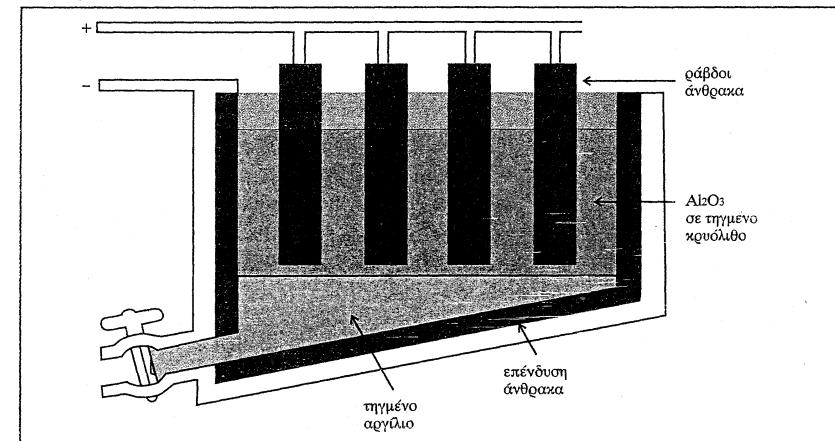
Σχήμα 3.7. Παραγωγή Αλουμίνιας στο εργοστάσιο της "Αλουμίνιον της Ελλάδας" στην Παραλία Δυντόμουν.

Το σημείο τήξης της αλουμίνιας είναι περίπου 2000°C . Στη θερμοκρασία αυτή είναι αδύνατο να γίνει ηλεκτρόλυση διότι το μεταλλικό αργιλίο, που έχει σημείο τήξης 660°C , βρίσκεται σε μορφή ατμών.

Σύμφωνα με τη μέθοδο των Hall - Heroult, για να μειωθεί το σημείο τήξης, η αλουμίνια προστίθεται σε τηγμένο κρυσταλλικό (Na_3AlF_6) σε ανalogία περίπου 10%, οπότε το σημείο τήξης του μίγματος μειώνεται στους 880°C περίπου.

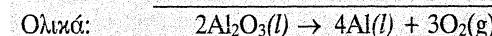
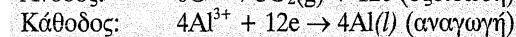
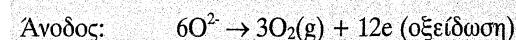
Στη θερμοκρασία αυτή το αργιλίο βρίσκεται στην υγρή φάση και επειδή έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το τηγμένο μίγμα αλουμίνιας-κρυσταλλικού, συλλέγεται στον πυθμένα του δοχείου ηλεκτρόλυσης.

Το δοχείο ηλεκτρόλυσης είναι εσωτερικά επενδυμένο με γραφίτη και παίζει το ρόλο καθόδου (σχήμα 3.8).



Σχήμα 3.8. Δοχείο ηλεκτρολυτικής παραγωγής αργιλίου.

Ως άνοδος χρησιμοποιούνται ράβδοι γραφίτη οι οποίες βυθίζονται στο τήγμα της αλουμίνιας-κρυσταλλικού. Οι αντιδράσεις που γίνονται στα ηλεκτρόδια έχουν ως εξής:



Γνωρίζεις ότι....

Η ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται για την παραγωγή ενός τόνου αργιλίου ισοδύναμη με την ενέργεια που καταναλώνουν 20 οικογένειες επί ένα μήνα. Η παραγωγή αργιλίου με ανακύκλωση χρειάζεται μόνο το 7% αυτής της ενέργειας.

Κατά την ηλεκτρόλυση καταναλίσκεται μόνο αλουμίνια η οποία προστίθεται συνεχώς ενώ η ποσότητα του κρυστάλλου παραμένει αμετάβλητη. Το O₂ που παράγεται στην άνοδο καιίει τα ηλεκτρόδια του γραφίτη που γι' αυτό χρειάζονται συγχρά αυτικατάσταση. Η θερμούτητα που παράγεται από την καύση των ηλεκτροδίων συμβάλλει στην διατήρηση της θερμοκρασίας του τηγανατού.

Το παραγόμενο αργιλίο έχει καθαρότητα 99% και μπορεί να καθαριστεί με νέα ηλεκτρόλυση, ώστε η καθαρότητά του να φθάσει το 99,99%.

3.3.4 Φυσικές Ιδιότητες

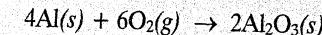
Το αργιλίο είναι ένα αργυρόσλευκο, μαλακό, ελατό και σλικιμό μέταλλο με ισχυρή μεταλλική λάμψη. Είναι ελαφρύ (ρ= 2,7 g/cm³), έχει σημείο τήξης 660°C και είναι καλός αγωγός της θερμούτητας και του ηλεκτρισμού (~65% της αγωγούμοτητας του χαλκού).

3.3.5 Χημικές Ιδιότητες

Είναι σχετικά δραστικό μέταλλο. Σχηματίζει ιοντικές ενώσεις όπου εμφανίζεται με a.o. +3.

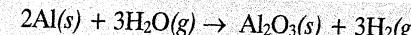
Όπως ήδη έχουμε αναφέρει στο κεφάλαιο της διάβρωσης, το αργιλίο μόλις εκτεθεί στον αέρα αντιδρά ταχύτατα με το οξυγόνο, κατά παρόμοιο τρόπο με το σίδηρο, σχηματίζοντας στην επιφάνειά του οξειδίο του αλουμινίου (Al₂O₃). Το οξειδίο αυτό, σε αντίθεση με εκείνο του σιδήρου είναι σκληρό και δεν είναι πορώδες. Έτσι, μόλις σχηματισθεί ένα λεπτό στρώμα Al₂O₃ στην επιφάνεια του μετάλλου, η παραπέδωση διάβρωση σταματά. Το λεπτό στρώμα του οξειδίου προστατεύει την επιφάνεια.

Όταν βρίσκεται σε λεπτό διαμερισμό και θερμανθεί στον αέρα, καίγεται με έκλιυση μεγάλου ποσού θερμότητας, σχηματίζοντας οξειδίο του αργιλίου (Al₂O₃), σύμφωνα με την αντίδραση:



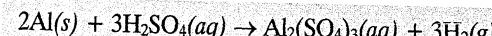
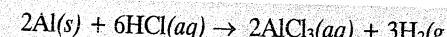
Η ιδιότητα αυτή κάνει το αργιλίο ιδανικό για χρήση ως στερεό καύσιμο στην προώθηση των πυραύλων.

Επειδή στη σειρά ηλεκτροθετικότητας βρίσκεται πριν από το H, αντιδρά με τους υδρατομίους παράγοντας H₂:



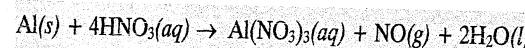
Από το νερό προσβάλλεται μόνο επιφανειακά επειδή σχηματίζεται το λεπτό στρώμα του προστατευτικού οξειδίου, Al₂O₃. Οπως ήδη έχουμε αναφέρει, το προστατευτικό στρώμα απομακρύνεται από οξειδία ή βασικά διαλύματα και από διαλύματα αλάτων. Γ' αυτό το αργιλίο προσβάλλεται εύκολα από το θαλασσινό νερό.

Αντιδρά με το HCl και αρκετά δύσκολα με το αραιό H₂SO₄, σύμφωνα με τις αντιδράσεις:



Προσβάλλεται από τα οξειδωτικά οξέα και παρέχει ευδιάλυτες ενώσεις ως εξής:

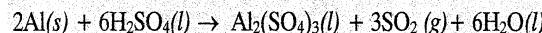
• Αραιό νιτρικό οξύ:



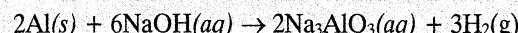
• Πυκνό νιτρικό οξύ:

Σχηματίζεται επιφανειακό στρώμα του οξειδίου Al₂O₃, το οποίο εμποδίζει την παραπέδωση προσβολή του μετάλλου.

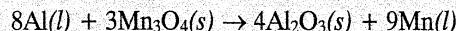
- Πυκνό και θερμό θεικό οξύ:



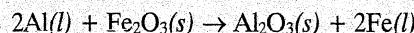
Διαλύεται σε διαλύματα ισχυρών βάσεων σύμφωνα με την αντίδραση:



Αντικαθιστά επίσης τα μέταλλα που βρίσκονται μετά από αυτό στην σειρά δραστικότητας. Για το λόγο αυτό δρα ως ισχυρό αναγωγικό μέσο σε υψηλές θερμοκρασίες, ανάγοντας τα οξείδια λιγότερο δραστικών μετάλλων με τη σύγχρονη παραγωγή μεγάλων ποσών θερμότητας. Αυτή η μέθοδος αναγωγής ονομάζεται **αργιλιοθερμίκη**:



Ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης και η αντίδραση αντιγωγής του οξειδίου του σιδήρου:



Κατά τη διάρκεια της αντίδρασης η θερμοκρασία ανυψώνεται σε 3000°C . Τα προϊόντα της αντίδρασης είναι υγρά στη θερμοκρασία αυτή. Το μίγμα Al και Fe_2O_3 χρησιμοποιείται για την συγκόλληση αντικειμένων από σίδηρο και ονομάζεται **θερμίτης**.

3.3.6 Εφαρμογές - Κράματα

Το αργιλιού έχει σημαντικά πλεονεκτήματα και γι' αυτό χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές εκποίζοντας δόλο και περισσότερο το σίδηρο και το χαλκό. Οι κυριότερες από τις χοήσεις του είναι:

- Στη βιομηχανία του ηλεκτρισμού λόγω της

πολύ καλής του ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Σημειώνεται ότι η παρουσία ακαθαρσιών ελαττώνει σημαντικότατα την ηλεκτρική αγωγιμότητα του μετάλλου. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή αγωγών μεταφοράς ηλεκτρισμού οι οποίοι άσκος ενισχύονται με ένα χαλύβδινο αγωγό για να αποκτήσουν ικανοποιητική αντοχή.

- Στην αεροπορική βιομηχανία και τη βιομηχανία αυτοκινήτων λόγω του μικρού του ειδικού βάρους και της αντοχής του στη διάβρωση. Η μικρή μηχανική αντοχή του μπορεί να βελτιωθεί με θερμική κατεργασία και τη χρήση κραμάτων.
- Στην οικοδομική και διακοσμητική βιομηχανία για την κατασκευή στεγών, πλαισίων για πόρτες και παραθύρα και άλλων διακοσμητικών υλικών.
- Στην πολεμική βιομηχανία για την κατασκευή βομβών, καυσίμων για προώθηση πυραύλων αλλά και συστημάτων παραπλάνησης.
- Στη βιομηχανία τροφίμων και την οικιακή χρήση επειδή δεν είναι τοξικό και μπορεί να διαμορφωθεί σε πολύ λεπτά φύλλα.
- Στην μεταλλουργική βιομηχανία για την παρασκευή (αργιλιοθερμική μέθοδος) και την συγκόλληση μετάλλων (θερμίτης).
- Για την κατασκευή κραμάτων. Με την προσθήκη ξένων στοιχείων στο αργιλιού βελτιώνονται σημαντικά οι μηχανικές του ιδιότητες. Τα κυριότερα μέταλλα που προστίθενται κατά σειρά σπουδαιότητας είναι ο χαλκός (Cu), το πυρίτιο (Si), το μαγνήσιο (Mg), ο ψευδάργυρος (Zn), το μαγγάνιο (Mn), το νικέλιο (Ni), και το χρώμιο (Cr).

Τα κράματα του αργιλιού διαιρούνται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- ♦ Τα μαλακτά κράματα.
 - ♦ Τα χυτευτικά κράματα.
- Κάθε μία από αυτές χωρίζονται με τη σειρά τους σε δύο επιμέρους κατηγορίες:
- ♦ Τα κράματα που μπορούν να υποστούν θερμική κατεργασία.
 - ♦ Τα κράματα που δεν μπορούν να υποστούν θερμική κατεργασία.

Μερικά από τα πιο γνωστά κράματα του αργιλίου είναι:

Μαγνάλιο (70-90% Al, 10-30% Mg)

Ντουραλουμίνιο (95% Al, 4% Cu, 0,5% Mg, 5% Mn)

Μπρούντζος αργιλίου (5-10% Al, 90-95% Cu).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

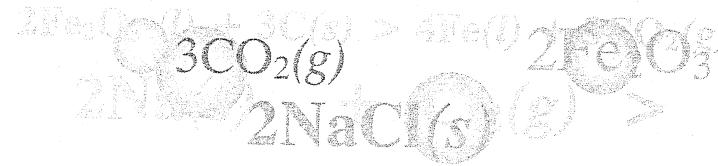
- Ο χαλκός είναι μέταλλο μαλακό, ελατό και όλκιμο και ο καλλιτερος αγωγός θερμότητας και ηλεκτροισμού μετά τον άργυρο. Απαντά στη φύση με τη μορφή των οξειδίων, των ανθρακικών και των θειούχων ορυκτών. Από τα οξειδία και τα ανθρακικά παραγεται με αναγωγή από άνθρακα. Από τα θειούχα παράγεται με δύο μεθόδους την ξηρά και την υγρά (μέθοδο βιολογικής οξείδωσης). Είναι αδρανές μέταλλο, έχει μεγάλη αντοχή στη διάβρωση και προσβάλλεται μόνο από τα οξειδωτικά οξέα, το χλώριο, το θείο και τα οργανικά οξέα, με τα οποία σχηματίζει δηλητηριώδεις ενώσεις. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή ηλεκτρικών αγωγών και κραμάτων τα σπουδαιότερα από τα οποία είναι ο μπρούντζος και ο ορείχαλκος.
- Ο σίδηρος είναι μέταλλο σκληρό, ελατό και όλκιμο με έντονες μαγνητικές ιδιότητες. Απαντά στη φύση κυρίως με τη μορφή οξειδίων, το κυριότερο από τα οποία είναι ο αιματίτης. Παράγεται με αναγωγή από άνθρακα στην υψηλάμινο από την οποία παραλαμβάνεται με τη μορφή του χυτοσίδηρου ο οποίος περιέχει 5% περίπου άνθρακα. Ο χυτοσίδηρος υφίσταται κατεργασία με αέρα ή O₂ για να ελαττωθεί η περιεκτικότητα σε άνθρακα οπότε λαμβάνονται οι χάλυβες και ο μαλακός σίδηρος. Ο χάλυβας είναι κράμα του σιδήρου με άνθρακα ενώ περιέχει και μικρές ποσότητες από άλλα μέταλλα. Κύριο χαρακτηριστικό του χάλυβα είναι η ικανότητά του να υφίσταται βαφή. Ο σίδηρος είναι σχετικά δραστικό μέταλλο που διαβρώνεται έντονα όταν εκτεθεί σε υγρό αέρα. Αντικαθιστά το υδρογόνο από το νερό και τα μη οξειδωτικά οξέα ενώ προσβάλλεται από τα οξειδωτικά οξέα.
- Το αργιλίο, τρίτο κατά σειρά αφθονίας στοιχείο στη γη, είναι μαλακό, ελατό, όλκιμο και εύτηκτο μέταλλο, καλός αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτροισμού. Το σπουδαιότερο από τα ορυκτά του είναι ο βωξίτης, από το οποίο παράγεται σε δύο στάδια: Στο πρώτο έχουμε τη μετατροπή του βωξίτη σε αλουμίνια ενώ στο δεύτερο έχουμε την ηλεκτρολυτική αναγωγή της αλουμίνιας προς αργιλίο. Η ηλεκτροδύνηση γίνεται σύμφωνα με τη μέθοδο Hall-Heroult σε τήγμα μίγματος αλουμίνιας με κρυσταλλικό. Είναι δραστικό μέταλλο που αντιδρά με το οξυγόνο σχηματίζοντας επιφανειακό στρώμα οξειδίου που σταματά την παραπέδρα προσβολή. Αντικαθιστά το υδρογόνο στους υδρατμούς και στα μη οξειδωτικά οξέα. Δεν διαβρώνεται από το νερό αρκεί αυτό να μην περιέχει άλατα, οξέα ή βάσεις που εμποδίζουν το σχηματισμό του προστατευτικού στρώματος. Προσβάλλεται από τα οξειδωτικά οξέα, διαλύεται στις ισχυρές βάσεις και ανάγει τα λι-

γότερο από αυτό, δραστικά μέταλλα (αργιλιοθερμική μέθοδος). Χρησιμοποιείται στην αεροπορική βιομηχανία, στις κατασκευές, στη βιομηχανία τροφίμων και για την κατασκευή χραμάτων. Τα κυριότερα χράματά του είναι το μαγνάλιο, το ντουραλουμίνιο και ο μπρούντζος αργιλίου.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Περιγράψτε τον καθαρισμό του χαλκού.
2. Γιατί ο χαλκός δεν προσβάλλεται από το HCl και το αραιό θειικό οξύ;
3. Ρίχνετε ένα σιδερένιο αντικείμενο σε διάλυμα θειικού χαλκού. Μετά από λίγη ώρα παρατηρείτε ότι καλύπτεται από μία ερυθρωπή ουσία. Ποια είναι η ουσία αυτή και ποια είναι η αντίδραση που γίνεται;
4. Τι είδους αντιδράσεις γίνονται στην άνοδο και στην κάθοδο κατά τη διάρκεια της ηλεκτρόλυσης διαλύματος $CuSO_4$;
5. Ποιο από τα παρακάτω μεταλλεύματα θα δώσει μεγαλύτερη ποσότητα χαλκού: α) ένα μετάλλευμα που περιέχει 3,30% κ.β. $Cu(OH)_2 \cdot 2Cu(CO_3)_2$ ή β) ένα μετάλλευμα που περιέχει 4,95% κ.β. $CuFeS_2$.
6. Υπολογίστε το βάρος του SO_2 που θα παραχθεί κατά την πλήρη φρύξη ενός τόνου μεταλλεύματος που περιέχει 10,3% κ.β. Cu_2S .
7. Πόσα γραμμάρια άνθρακα (C) θα χρειασθούν για την αναγωγή 53g του ορυκτού CuO και πόσα λίτρα αερίου υπό Κ.Σ. θα παραχθούν από την αντίδραση;
8. Ποιες είναι οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στην υψηλάμινο για την εξαγωγή του σιδήρου;
9. Τι είναι συλλίπασμα και τι σκωρία;
10. Τι είναι χάλυβας;
11. Τι ονομάζουμε βαφή και τι ανόπτηση του χάλυβα;
12. Πόσος καθαρός σίδηρος μπορεί να παραχθεί σε μία υψηλάμινο από 100 κιλά μεταλλεύματος που περιέχει 27% κ.β. Fe_2O_3 ;
13. Πόσα γραμμάρια O_2 θα χρειασθούν για την μετατροπή 1000kg χυτοσιδήρου που περιέχει C σε ποσοστό 5% κ.β., σε χάλυβα με περιεκτικότητα 1% κ.β. σε C;

14. Να υπολογίσετε τον όγκο του αερίου σε Κ.Σ. που θα εκλυθεί από τη διάλυση 1,4g Fe σε πυκνό HCl.
15. Περιγράψτε τη μέθοδο Hall-Heroult για την ηλεκτρολυτική παραγωγή του αργιλίου.
16. Γιατί κατά την ηλεκτρόλυση του αργιλίου πρέπει να ανανεώνουμε συνεχώς το ηλεκτρόδιο της ανόδου;
17. Αναφέρετε μερικές χρήσεις του αργιλίου και των κραμάτων του.
18. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της χρήσης του αργιλίου στην αεροπορική βιομηχανία;
19. Γιατί το αργιλίο δεν διαβρώνεται από το οξυγόνο;
20. Πόσα γραμμάρια αργιλίου μπορούμε να πάρουμε από 1000kg βωξίτη, αν γνωρίζουμε ότι περιέχει 52% κ.β. Al₂O₃;
21. Πόσα γραμμάρια Cr θα παραχθούν από την επίδραση 13,5g αργιλίου σε Cr₂O₃;
22. Κάντε μία βιβλιογραφική εργασία για την ανακύλωση του αλουμινίου. Δώστε έμφαση στον τρόπο ανακύλωσης, στην ποσότητα του μετάλλου που μπορούμε να πάρουμε από ένα κουτί αναψυκτικού και στο ποσοστό της παραγωγής που προέρχεται από ανακύλωση.



Αμέταλλα πρακτικού ενδιαφέροντος

4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Αμέταλλα πρακτικού ενδιαφέροντος

4.1 ΥΔΡΟΓΟΝΟ (H_2)

4.1.1 Προέλευση

Το υδρογόνο είναι το πιο διαδεδομένο στοιχείο του σύμπαντος. Εκτιμάται, ότι ενώ καταλαμβάνει το 75% της συνολικής μάζας του, στο πλανήτη μας βρίσκεται μόνο σε ποσοστό 0,14% στο στερεό φλοιό του. Η χαμηλή παρουσία του αέριου H_2 και στην ατμόσφαιρα της γης, οφείλεται στην μεγάλη σχετικά ταχύτητα διαφυγής του προς το διάστημα, εξ αιτίας της μικρής του μάζας.

Ως συστατικό του νερού των θαλασσών, των ποταμών, των λιμνών, των πάγων και της ατμόσφαιρας υπολογίζεται ότι αποτελεί το 0,9% της μάζας του πλανήτη μας. Επίσης καθώς υπεισέρχεται στην σύσταση των οργανικών ενώσεων, συναντάται σε όλους τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς, καθώς και στο πετρέλαιο. Είναι δε πιθανόν οι ενώσεις του να είναι περισσότερες και από τις ενώσεις του άνθρακα.

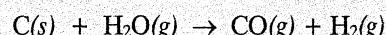
*Γνωρίζεις ότι....
το μοριακό υδρογόνο μεταβολίζεται από ορισμένα βακτήρια.*

4.1.2 Βιομηχανική παρασκευή

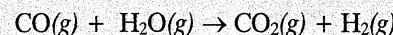
Το H_2 μπορεί να παρασκευασθεί εύκολα, αλλά από λίγες σχετικά ενώσεις του, όπως το H_2O και τα παραποριϊόντα της διύλισης του πετρελαίου.

Έτσι το H_2O σε κατάσταση ατμών μπορεί να αποδώσει H_2 αντιδρώντας με:

1. Διάπυρο άνθρακα (C)

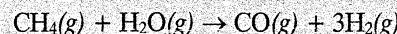


2. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)



Η αντίδραση πραγματοποιείται στους $400^{\circ}C$ παρουσία μίγματος σιδήρου/χαλκού (Fe/Cu) ως καταλύτη. Το CO_2 που συμπαράγεται, απομακρύνεται με την διαβίβασή του σε διαλύματα βάσεων με τα οποία και αντιδρά.

3. Μεθάνιο (CH_4)



Η αντίδραση πραγματοποιείται στους $800^{\circ}C$ παρουσία νικελίου (Ni) ως καταλύτη.

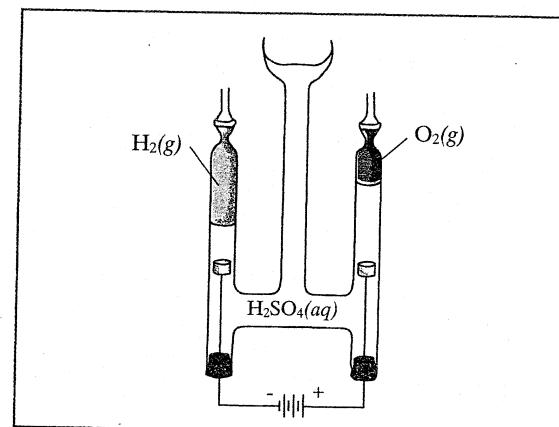
Άλλη μέθοδος παρασκευής είναι η πυρόλυση των υδρογονανθράκων - παραποριϊόντων της διύλισης του πετρελαίου:



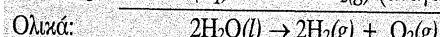
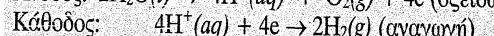
Το H_2 είναι δυνατόν να παραχθεί και με ηλεκτρόλυση του νερού, όπως φαίνεται στην συνέχεια:

Το νερό μπορεί να διασπασθεί στα συστατικά του χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια. Η διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται μέσα από μια ειδική ηλεκτρολυτική συσκευή που ονο-

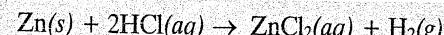
μάζεται συσκευή HOFFMAN (σχήμα 4.1). Αυτή περιέχει νερό οξινισμένο με H_2SO_4 , για να γίνει ηλεκτρικά αγώγιμο, μέσα στο οποίο είναι εμβαπτισμένα τα δύο ηλεκτρόδια της ανόδου και της καθόδου. Με την εφαρμογή συνεχούς ρεύματος στα ηλεκτρόδια, τα ιόντα υδρογόνου (H^+) κινούνται προς το αρνητικό ηλεκτρόδιο, την κάθοδο, όπου και ανάγονται σχηματίζοντας H_2 . Η οξείδωση συμβαίνει στο θετικό ηλεκτρόδιο, την άνοδο, όπου ελευθερώνεται O_2 :



Σχήμα 4.1. Η συσκευή της ηλεκτρόλυσης.



Στο εργαστήριο είναι δυνατόν να παρασκευασθεί από την αντίδραση μετάλλων που βρίσκονται πριν το H στη σειρά ηλεκτροθετικότητας, με υδατικά διαλύματα μη οξειδωτικών οξέων:



4.1.3 Φυσικές ιδιότητες

Γνωρίζεις ότι....
το Βαρύ νερό είναι το νερό στο οποίο αντί για δύο άτομα υδρογόνου (H) υπάρχουν δύο άτομα δευτερίου (D), D₂O.

Γνωρίζεις ότι....
το τρίτιο (T) έχει χρόνο ημιζωής 12,3 χρόνια, βρίσκεται σε ελάχιστα ποσοστά στην φύση, αλλά είναι πολύ επικίνδυνο, γιατί μπορεί να αντικαταστήσει το υδρογόνο στα βιολογικά μόρια, προκαλώντας, λόγω της ακτινοβολίας του, γεννητικές μεταλλάξεις.

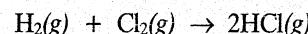
Το υδρογόνο είναι αέριο άχρωμο, άοσμο και άγευστο. Απαντά στην φύση με την μορφή τριών ισοτόπων: του υδρογόνου ή πρώτου (¹H) (ο πυρήνας αποτελείται από ένα πρωτόνιο), του δευτέριου (²D), (ο πυρήνας του αποτελείται από ένα πρωτόνιο και ένα νετρόνιο) και του τρίτου (³T) (ο πυρήνας του αποτελείται από ένα πρωτόνιο και δύο νετρόνια). Το δευτέριο βρίσκεται στην φύση σε ποσοστό περίπου 0,02%, ενώ το τρίτο, το οποίο είναι φαδιενεργό και σχηματίζεται κατά την επίδραση νετρονίων της κοσμικής ακτινοβολίας στο ατμοσφαιρικό άζωτο, σε ποσοστό 10⁻¹⁶ - 10⁻¹⁵%. Τα δύο ισότοπα D και T έχουν περίπου διπλάσια και τριπλάσια μάζα, αντίστοιχα, από το υδρογόνο.

Το μοριακό υδρογόνο χαρακτηρίζεται από χαμηλά σημεία βρασμού και τήξης (20K και 14K αντίστοιχα), πράγμα που αποδίδεται στις πολύ ασθενείς ελκτικές δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των μορίων του. Το υγρό υδρογόνο έχει πολύ χαμηλή πυκνότητα (0,09 g/cm³), περίπου το 1/10 της πυκνότητας του νερού. Πολύ μικρή πυκνότητα έχει και το αέριο H₂ (0,09g/L σε Κ.Σ.) σε σχέση με τον αέρα (1,3g/L σε Κ.Σ.), πράγμα που βοηθά στη συλλογή του, σε ανεστραμμένη φιλτρή όπου καταλαμβάνει τη θέση του ατμοσφαιρικού αέρα.

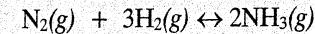
4.1.4 Χημικές ιδιότητες

Το H₂ σχηματίζει υδρίδια όταν αντιδρά με αμέταλλα, με μέταλλα της 1^{ης} και 2^{ης} ομάδας του περιοδικού πίνακα (ιοντικά υδρίδια), αλλά και με στοιχεία μετάπτωσης (μεταλλικά υδρίδια). Οι αντιδράσεις σχηματίσμου των υδριδίων αυτών φαίνονται στην συνέχεια:

• Αντίδραση με χλώριο (Cl₂):

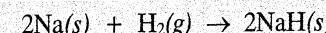


• Αντίδραση με άζωτο (N₂):

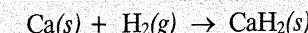


Η αντίδραση παραγωγής της αμμωνίας, αν και εξώθερμη, για να είναι η ταχύτητά της ικανοποιητική, απαιτεί υψηλή θερμοκρασία (~500°C), παρουσία καταλύτη που περιέχει Fe και υψηλές πιέσεις (150-200 atm ή και υψηλότερες).

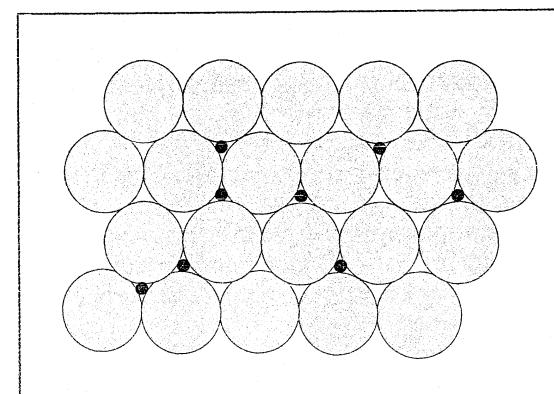
• Αντίδραση με νάτριο (Na):



• Αντίδραση με ασβέστιο (Ca):



• Με τα μέταλλα μετάπτωσης σχηματίζει υδρίδια, ηλεκτρικά αγώγιμα, ποικιλής σύστασης, καθώς τα άτομα του υδρογόνου καταλαμβάνουν τα κενά που σχηματίζονται μεταξύ των ογκοδέστερων ατόμων των μετάλλων.



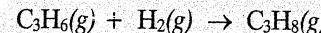
Σχήμα 4.2. Σχηματική παράσταση της κατάληψης των κενών μεταξύ των ατόμων των μετάλλων από το υδρογόνο.

- Ανάγει τα οξείδια των μετάλλων που βρίσκονται μετά τον σίδηρο στην σειρά ηλεκτροθετικότητας, οπότε παράγεται συνήθως ελεύθερο μετάλλο και H_2O :

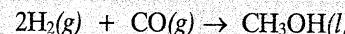


Οι αντιδράσεις αυτές πραγματοποιούνται σε υψηλές θερμοκρασίες και χρησιμοποιούνται κυρίως στην μεταλλουργία.

- Στην οργανική Χημεία δίνει αντιδράσεις προσθήκης στον διπλό και τον τριπλό δεσμό (υδρογόνωση) παρουσία καταλυτών, κυρίως νικελίου (Ni), σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση:



- Αντιδρά επίσης με CO στους 300°C και πίεση 250 atm, παρουσία οξειδίων του Zn, Cr, Mn και Al ως καταλυτών προς σχηματισμό μεθανόλης (CH_3OH), σύμφωνα με την αντίδραση:

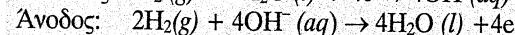


4.1.5 Εφαρμογές

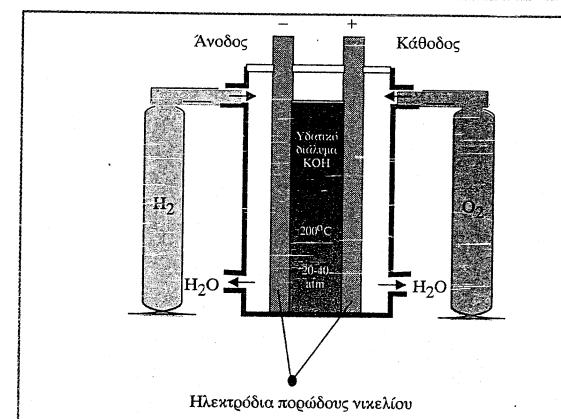
Το υδρογόνο είναι ένα αέριο που χρησιμοποιείται ευρύτατα. Οι κυριότερες εφαρμογές του είναι:

- Στην παραγωγή της NH_3 με την μέθοδο Haber (§5.5). Ως συνέπεια της χοήσης του αυτής, εμπλέκεται στην παραγωγή HNO_3 , λιπασμάτων και εκρηκτικών.
- Στην παραγωγή της μεθανόλης, η οποία αποτελεί πρώτη ύλη για τη σύνθεση πλήθους άλλων οργανικών ενώσεων και στην παραγωγή των υδροαλογόνων.
- Στη βιομηχανία τροφίμων για την καταλυτική υδρογόνωση οργανικών ενώσεων ακόρεστων φυτικών και ζωικών λιπών για την παραγωγή μαργαρίνης και άλλων εδώδιμων λιπών.
- Στην μεταλλουργία για την αναγωγή οξειδίων των μετάλλων, όπως σιδήρου, κοβαλτίου, νικε-

- λίου, χαλκού, βολφραμίου, μολυβδανίου κ.λ.π.
- Ως προωθητικό καύσιμο στους πυραύλους αναμειγμένο με κάποιο οξειδωτικό όπως το O_2 .
- Στην παραγωγή συνθετικής βενζίνης με τη μέθοδο Bergius ή με τη μέθοδο Fisher-Trops.
- Για την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών με καύση του με το O_2 (οξυδορική φλόγα).
- Σε στοιχεία καύσης όπου αντιδρά με το O_2 για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σχηματίζοντας H_2O . Τα στοιχεία αυτά είναι συνέχοντας λειτουργίας. Το H_2 διαβιβάζεται στο τμήμα της ανόδου όπου και οξειδώνεται ενώ το O_2 διαβιβάζεται στο τμήμα της καθόδου όπου και ανάγεται. Η άνοδος αποτελείται από πορώδες νικέλιο ή γραφίτη με καταλύτη Pt, Ag και CoO, ενώ η κάθοδος από πορώδες νικέλιο ή γραφίτη με καταλύτη Pt ή Pd. Και τα δύο ηλεκτρόδια έρχονται σε επαφή με θερμό υδατικό διάλυμα KOH. Οι αντιδράσεις που συμβαίνουν στα δύο ηλεκτρόδια φαίνονται στην συνέχεια:



Το άθροισμα των δύο ημιαντιδράσεων δίνει:



Σχήμα 4.3. Παράσταση ενός στοιχείου καύσης υδρογόνου-οξυγόνου.

4.2 ΟΞΥΓΟΝΟ (O_2)

4.2.1 Προέλευση

Το οξυγόνο (O_2) αποτελεί το 20,9% κ.ο. της ατμόσφαιρας, το 23% της μάζας της και το 48% περίπου της μάζας του στερεού φλοιού της γης υπό μορφή οξειδίων και άλλων ενώσεων του, καθώς σχηματίζει ενώσεις με όλα σχεδόν τα στοιχεία του περιοδικού πίνακα, εκτός των ευγενών αερίων. Αποτελεί τα οκτώ ένατα του βάρους του νερού και είναι συστατικό στοιχείο των πυριτικών και ανθρακικών αλάτων που απαντώνται σε υψηλά ποσοστά στον φλοιό της γης. Βρίσκεται σε πολλές οργανικές ενώσεις και το συναντάμε σ' όλους τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς.

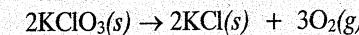
4.2.2 Παρασκευές

Σε βιομηχανική κλίμακα το O_2 απομονώνεται κατά την κλασματική απόσταξη του υγροποιημένου αέρα, ταυτόχρονα με την παραγωγή του N_2 . Ο αέρας αρχικά απαλλάσσεται από την σκόνη, την υγρασία και το CO_2 και υγροποιείται. Στην συνέχεια διηθείται για την απομάκρυνση του στερεού CO_2 που τυχόν απέμεινε, των υδρογονανθράκων που περιέχει και αποστάζεται.

Το N_2 λαμβάνεται ως αέριο πρώτο καθώς είναι το πλέον πτητικό (έχει το χαμηλότερο σημείο βρασμού) στους $-195,8^{\circ}C$. Στην συνέχεια περνά στην αέρια φάση το αργό (Ar) (σημείο βρασμού $-185,5^{\circ}C$), περίπου στο μέσο της αποστακτικής στήλης και απομακρύνεται. Το υγρό O_2 είναι το συστατικό με την μικρότερη πτητικότητα και συλλέγεται στον πυθμένα της αποστακτικής στήλης (σημείο βρασμού $-182,95^{\circ}C$).

Μία άλλη μέθοδος παρασκευής του O_2 είναι με ηλεκτρόλυση νερού σε οξιωτισμένο διάλυμα με H_2SO_4 , όπου ελευθερώνεται στην κάθιδο υδρογόνο και στην άνοδο οξυγόνο. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε στην § 4.1.2 εκτενέστατα.

Στο εργαστήριο μπορεί να παρασκευασθεί με καταλυτική διάσπαση του χλωρικού καλίου ($KClO_3$). Ως καταλύτης χρησιμοποιείται το διοξείδιο του μαγγανίου MnO_2 , και η αντίδραση απαιτεί θέρμανση:



ΠΕΙΡΑΜΑ 4.1

Σκοπός του πειράματος είναι να παρασκευάσουμε στο εργαστήριο οξυγόνο με ηλεκτρόλυση του νερού.

Μέθοδος

Η ειδική συσκευή ηλεκτρόλυσης HOFFMAN (σχήμα 4.1) γεμίζεται με διάλυμα αραιού H_2SO_4 ~30% κ.β. από το άνοιγμα του μεσαίου σωλήνα και τα ηλεκτρόδια της ανόδου και της καθόδου συνδέονται με πηγή συνεχούς ηλεκτρικής τάσης ~12V μέσω κατάλληλου ροοστάτη. Αμέσως στα ηλεκτρόδια της ανόδου και καθόδου εμφανίζονται φυσαλίδες, που σε χρόνο περίπου 10 λεπτών γεμίζουν με αρκετό αέριο τα δύο σκέλη της συσκευής.

Παρατηρούμε τότε ότι ο όγκος του αερίου που σχηματίζεται στην άνοδο (+) είναι ο μισός περίπου από εκείνον της καθόδου (-).

Μετά την πάροδο μερικών λεπτών και αφού ακόμη το ύψος του υγρού στο μεσαίο σκέλος είναι πιο ψηλά από το ύψος των δύο στροφίγγων, διακόπτουμε την ηλεκτρόλυση και πλησιάζουμε στη στροφίγγα της ανόδου (εκείνη με τον μικρότερο όγκο αερίου) ένα μισοσβητημένο σπίρτο. Με το άνοιγμα της στροφίγγας, η φωτιά στο σπίρτο αναζωπυρώνεται δείχνοντας ότι το αέριο είναι οξυγόνο.

Γνωρίζεις ότι....
ο διπλάσιος όγκος του H_2 από τον όγκο του O_2 που παράγεται κατά την ηλεκτρόλυση του νερού είναι αποτέλεσμα της αναλογίας των ατόμων υδρογόνου ως προς τα άτομα του οξυγόνου (2:1) στο μόριο του H_2O .

4.2.3 Φυσικές ιδιότητες

Το οξυγόνο είναι αέριο άχρωμο και άσημο ενώ υγροποιείται δύσκολα. Έχει σημείο τήξης -218°C και σημείο βρασμού -182,95 °C σε πίεση 1atm. Διαλύεται ελάχιστα στο νερό και όταν υγροποιείται έχει ένα ελαφρά μπλε χρωματισμό. Η πυκνότητά του στους 0°C είναι $1,43 \cdot 10^{-3}$ g/cm³.

Γνωρίζεις ότι....

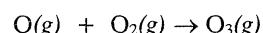
Το οξυγόνο (O_3) είναι μία αλλοτροπική μορφή του O_2 . Συναντάται στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Είναι μπλε αέριο το οποίο έχει σημείο τήξης -192°C και σημείο βρασμού -111°C. Η πυκνότητά του στους 0°C είναι $2,14 \cdot 10^{-3}$ g/cm³. Όταν συμπυκνώνεται δίνει ένα μπλε υγρό. Έχει χαρακτηριστική οσμή και είναι υπεύθυνο για την "φρεσκάδα" του αέρα μετά από καταγίδα. Στο εργαστήριο παρασκευάζεται με επίδραση ηλεκτρικών εγκενώσεων σε ατμόσφαιρα οξυγόνου. Είναι άριστο οξειδωτικό μέσο και χρησιμοποιείται για απολυμάνσεις.

Στην ατμόσφαιρα βρίσκεται κυρίως στην στρατόσφαιρα και ο ρόλος του στρώματος του οξυγόνου είναι να προστατεύει την ζωή στην γη. Ελάττωση του στρώματός του μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των κρουσμάτων καρκίνου του δέρματος και αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης, με πιθανόν ανεξέλεγκτα αποτελέσματα.

Στην στρατόσφαιρα σχηματίζεται σε δύο στάδια. Οι αντιδράσεις από τον υψηλή θερμοκρασία και ενέργεια (ηλιακή ακτινοβολία). Αρχικά διασπάται το O_2 με απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV), πολύ επικινδυνής για την ζωή στον πλανήτη μας:

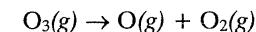


Τα άτομα οξυγόνου που προκύπτουν αντιδρούν με μοριακό O_2 και σχηματίζουν το O_3 :



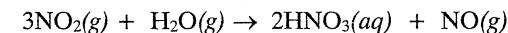
Η αντίδραση αυτή είναι εξώθερμη, απελευθερώνει δηλαδή ενέργεια, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η

θερμοκρασία της στρατόσφαιρας. Το O_3 επίσης διασπάται απορροφώντας υπεριώδη ακτινοβολία:



Οι αντιδράσεις αυτές προστατεύουν την επιφάνεια της γης από την υπεριώδη ακτινοβολία που είναι καταστροφική.

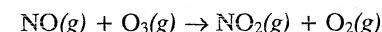
Το οξυγόνο υπάρχει και στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας, στην τροπόσφαιρα, που δημιουργείται κυρίως από ηλεκτρικές καταιγίδες. Το στρώμα αυτό του οξυγόνου καταστρέφεται αντιδρώντας με οξείδια του αξώτου, όπως NO , NO_2 , N_2O , και με χλώριο που υπάρχει σε χλωροφθοροοργανικές ενώσεις (Freons κ.λ.π.), που διασπώνται από την υπεριώδη ακτινοβολία και αποδίδουν άτομα χλωρίου. Τα οξείδια του αξώτου παράγονται από τις μηχανές καύσης των αυτοκίνητων και των αεροπλάνων και το φως, ενώ τα χλωροπαράγωγα χρησιμοποιούνται κυρίως στα aerosol και στα ψυγεία. Οι αντιδράσεις που περιγράφουν την καταστροφή του οξυγόνου φαίνονται στην συνέχεια:



Η αντίδραση αυτή συμβαίνει στα χαμηλότερα στρώματα της τροπόσφαιρας. Στα υψηλότερα στρώματα της τροπόσφαιρας και στη στρατόσφαιρα το NO_2 διασπάται από τις υπεριώδεις ακτινοβολίες:



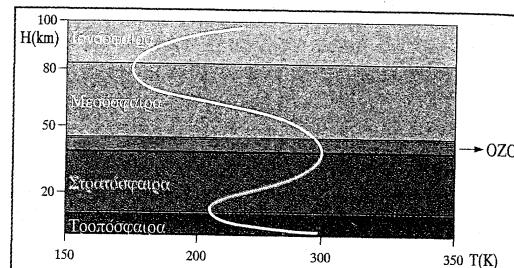
Το NO που παράγεται από τις δύο αυτές αντιδράσεις αντιδρά με το οξυγόνο με την αντίδραση:



ενώ το O αντιδρά με το NO_2 αποδίδοντας ξανά NO :

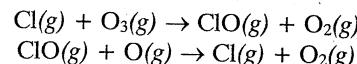


Μετά το σημείο αυτό, οι αντιδράσεις ανακυκλώνται.



Σχήμα 4.4. Τα στρώματα της ατμόσφαιρας.

Η δράση των ατόμων του χλωρίου φαίνεται στις ακόλουθες αντιδράσεις:

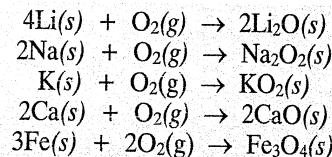


Τα άτομα χλωρίου επιβιώνουν στην στρατόσφαιρα για 4 -10 χρόνια και στο διάστημα αυτό μπορούν να καταστρέψουν μεγάλες ποσότητες οξειδίων.

4.2.4 Χημικές ιδιότητες

Το O_2 είναι ένα πολύ δραστικό στοιχείο και αντιδρά με μέταλλα (εκτός του χρυσού (Au) και του λευκοχρυσού (Pt)) και αμέταλλα (εκτός των αλογόνων, και του αζώτου) σχηματίζοντας οξείδια. Με τα αλογόνα και το άζωτο, χωρίς να αντιδρά απευθείας, σχηματίζει οξείδια σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. το NO σχηματίζεται στους 3000°C). Στις ενώσεις αυτές το οξυγόνο βρίσκεται στην οξειδωτική κατάσταση -2, εκτός των περιπτώσεων των υπεροξειδίων (α.ο. -1) και της ένωσης OF_2 (α.ο. +2).

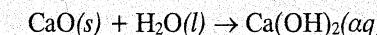
• Αναλυτικά δύον αφορά τα μέταλλα, αυτά σχηματίζουν οξείδια με εξαίρεση το Na και το K που δίνουν υπεροξειδίο και υπερυπεροξειδίο (α.ο. του οξυγόνου -1/2) αντίστοιχα:



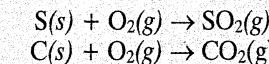
Γνωρίζεις στι....

τα δύο άτομα οξυγόνου σχηματίζουν διπλό δεσμό, $\text{O}=\text{O}$. Η ενέργεια του δεσμού αυτού είναι 493,6 kJ/mol.

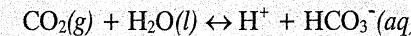
Τα περισσότερα οξείδια των μετάλλων είναι βασικά. Αντιδρώντας με νερό δίνουν την αντίστοιχη βάση:



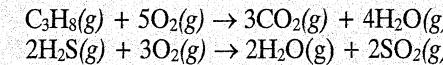
- Με τα αμέταλλα αντιδρά και δίνει οξείδια τα περισσότερα των οποίων είναι δξινα:



Αντιδραση των οξειδίων αυτών με H_2O δίνει δξινο διάλυμα:



- Αντιδρά με ενώσεις που περιέχουν στοιχεία που καίγονται δίνοντας τα προϊόντα καύσης των στοιχείων αυτών:



4.2.5 Βιολογική σημασία

Η βιολογική σημασία του οξυγόνου είναι πολύ μεγάλη για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Αυτό που το καθιστά τέσσο σημαντικό, είναι η συμμετοχή του στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στα κύτταρα των οργανισμών, εξασφαλίζοντας έτσι σ' αυτούς την απαραίτητη ενέργεια για την εκδήλωση και την διατήρηση της ζωής.

Το απαιτούμενο O_2 , βρίσκεται κυρίως στην ατμόσφαιρα ενώ είναι διαλυμένο σε σημαντικές ποσότητες και στο νερό. Οι βιολογικές οξειδώσεις είναι αρκετά πολύπλοκες και καταλύονται από ένζυμα. Συμβαίνουν τόσο στους ζωικούς, όσο και στους φυτικούς οργανισμούς. Προϊόν των

Θυμήσου ότι...
τα περισσότερα οξείδια μετάλλων είναι ανυδρίτες βάσεων.

Γνωρίζεις στι....
το O_2 σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί σπασμούς, ενώ τα υπεροξειδία του, οι υδροξυλικές ωμές πάως και το O_3 είναι πολύ τοξικά.

οξειδώσεων αυτών είναι συνήθως οργανικές ενώσεις, νερό και CO_2 που τελικά αποβάλλεται.

Στον άνθρωπο και στους ανάτερους ζωϊκούς οργανισμούς το O_2 λαμβάνεται με την αναπνοή και ενώνεται στους πνεύμονες με την αιμοσφαιρίνη, δημιουργώντας μία ασταθή ένωση, την οξυαιμοσφαιρίνη. Αυτή μεταφέρει και αποδίδει το O_2 στους ιστούς όπου συμβαίνουν οι αγιτιδράσεις οξειδώσης των βιολογικών μορίων. Στη συνέχεια παραλαμβάνει το CO_2 και το μεταφέρει στους πνεύμονες, από όπου εκπνέεται. Η διαδικασία αυτή είναι συνεχής.

Το CO_2 που παράγεται, δεσμεύεται στην συνέχεια από τα χερσαία και θαλάσσια φυτά (και μερικά βακτήρια) κατά την λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Η φωτοσύνθεση είναι οξειδωσαναγωγική διαδικασία, κατά την οποία, με τη βοήθεια της φωτεινής ενέργειας, δεσμεύεται το CO_2 και παράγονται υδατάνθρακες απαραίτητοι για την ανάπτυξη του φυτού και οξυγόνο, σύμφωνα με την αντίδραση:



Το O_2 αποβάλλεται και επιστρέφει στον κύκλο της αναπνοής. Σε αντίθεση με την αναπνοή, η φωτοσύνθεση δεν είναι συνεχής λειτουργία και συμβαίνει μόνο παρουσία φωτός.

Η ταχύτητα παραγωγής O_2 με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα κατανάλωσής του από τα φυτά με την διαδικασία της αναπνοής. Έτσι, τελικά, τα φυτά παράγουν περισσότερο οξυγόνο από όσο καταναλώνουν. Με τον τρόπο αυτό εφοδιάζουν συνεχώς την ατμόσφαιρα με οξυγόνο, ενώ ταυτόχρονα την καθαρίζουν από το CO_2 .

Παρά την σημαντική ελάττωση της αυτοφυούς βλάστησης, το ποσοστό του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα φαίνεται να παραμένει σε σταθερά επίπεδα. Αυτό οφείλεται στην αύξηση του πλήθους των φυτών που καλλιεργούνται σε παγκόσμια κλίμακα, με σύγχρονες μεθόδους καλλιέργειας.

4.2.6 Εφαρμογές

Το οξυγόνο είναι ένα αέριο που χρησιμοποιείται ευρύτατα. Οι κυριότερες εφαρμογές του είναι:

- Στην βιομηχανία σιδήρου και χάλυβα. Ο σίδηρος μετά την υψηλάμινο περιέχει κάποια ποσότητα C (2,5%). Για να μετατραπεί σε χάλυβα το ποσοστό του C πρέπει να ελαττωθεί. Διαβιβάζεται λοιπόν O_2 οπότε ο C καιέται και απομακρύνεται ως CO_2 .
- Για την επίτευξη υψηλών θερμοκρασιών με καύση του σε ειδικές συσκευές με υδρογόρο ή ακετυλένιο. Η φλόγα που παράγεται από την καύση έχει θερμοκρασία 2500 έως 3000°C και χρησιμοποιείται στην κοπή και την συγκόλληση μετάλλων, όπως επίσης και για την τήξη του λευκόχρυσου, του χαλαζία και άλλων δύστηκτων σωμάτων.
- Στην χημική βιομηχανία και ειδικότερα στην παρασκευή χημικών προϊόντων από το πετρέλαιο.
- Ως οξειδωτικό στα καύσιμα των πυραύλων.
- Στην ιατρική σε μίγμα με CO_2 για υποστήριξη της αναπνοής σε περιπτώσεις σοκ, δηλητηριάσεων, ασφυξίας ή αναπνευστικής ανεπάρκειας.

4.3 AZΩΤΟ (N_2)

4.3.1 Προελευση

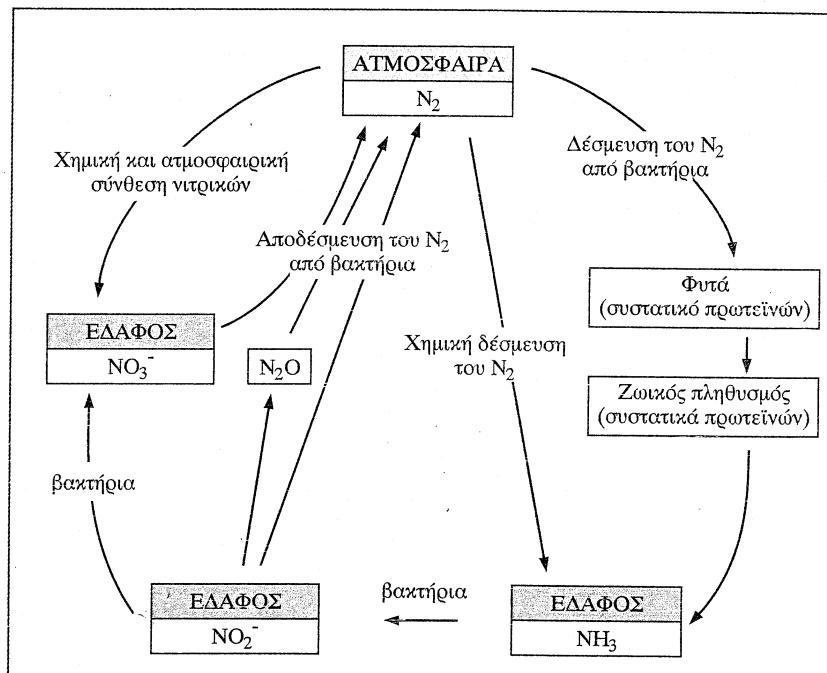
Το άζωτο N_2 αποτελεί το 78,1% κ.ο. της ατμόσφαιρας της γης. Ελεύθερο μπορεί να βρεθεί, επίσης, σε αέρια ηφαιστείων, σε μεταλλεία, στις πηγές του νερού, σε αστεροειδείς, στον ήλιο κ.λ.π. Η ατμόσφαιρα περιέχει επίσης ενώσεις του, όπως η αμμωνία και πολλά οξείδια του, τα οποία είναι προϊόντα κυρίως μηχανών εσωτερικής καύσης ή ηλεκτρικών εκκενώσεων που συμβαίνουν σ' αυτήν. Ακόμη υπό μορφή ενώσεών

Γνωρίζεις ότι ...

ο τριπλός δεσμός που συνδέει τα δύο άτομα του αζώτου $N≡N$, είναι πολύ σταθερός (ενέργεια δεσμού 946 kJ/mol), με αποτέλεσμα το άζωτο να είναι ελάχιστα ενεργό στην χημική του συμπεριφορά.

του βρίσκεται στα ορυκτά, νιτρικό κάλιο (νίτρο, KNO_3), νιτρικό νάτριο (νίτρο της Χιλής, $NaNO_3$), στο έδαφος και τις υδάτινες λεκάνες υπό μορφή αμμωνιακών, νιτρικών και νιτρωδών αλάτων, στις πρωτεΐνες του ζωικού και φυτικού πληθυσμού κ.λ.π.

Ως συστατικό των πρωτεΐνων και των νουκλεονικών οξεών, είναι απαραίτητο για την ζωή καθώς αυτά λαμβάνουν μέρος σ'όλες τις βιοχημικές διεργασίες. Το αέριο N_2 χρησιμοποιείται για τις βιοσυνθετικές ανάγκες μόνο από ορισμένα βακτήρια, τα οποία το μετατρέπουν σε αμμωνιακές και νιτρικές ενώσεις, τις οποίες στην συνέχεια τις φυτά τις χρησιμοποιούν στην βιοσύνθεση των αμινοξέων και των πρωτεΐνων. Η αλυσίδα συνεχίζεται με τα ζώα που τρέφονται από τα φυτά αυτά και στην συνέχεια αποτελούν τροφή για άλλα ζώα. Άλλα βακτήρια μετατρέπουν τις ενώσεις του αζώτου ξανά σε N_2 και έτσι ολοκληρώνεται ο κύκλος του N_2 στην φύση.



Σχήμα 4.5. Κύκλος του αζώτου.

4.3.2 Παρασκευές

Το N_2 παρασκευάζεται βιομηχανικά κατά την κλασματική απόσταξη του υγροποιημένου αέρα, κατά την οποία εκτός από το N_2 παράγεται και O_2 . Λαμβάνεται πρώτο, αφού είναι το περισσότερο πητυκό (έχει δηλαδή το χαμηλότερο σημείο βρασμού) στους -195,8°C. Η μέθοδος περιγράφεται αναλυτικά στην § 4.2.2.

4.3.3 Φυσικές ιδιότητες

Το N_2 είναι αέριο άχρωμο, άσμο, άγευστο, ελάχιστα διαλυτό στο νερό. Έχει σημείο τήξης - 209,86°C και σημείο βρασμού -195,8°C. Το υγρό άζωτο είναι επίσης άχρωμο και όταν ψυχθεί απότομα, σχηματίζει στερεό που μοιάζει με τον πάγο.

4.3.4 Χρήσεις

Οι κυριότερες χρήσεις του αζώτου είναι:

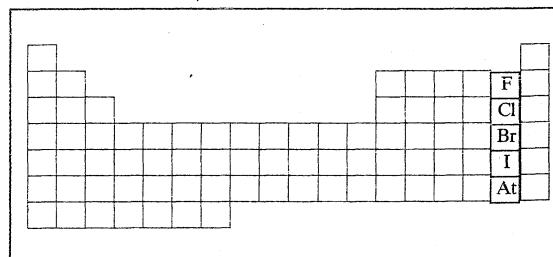
- Στην παραγωγή της NH_3 με την μέθοδο Haber, και στην συνέχεια την παραγωγή HNO_3 , νιτρικών αλάτων, αζωτούχων λιπασμάτων, εκρηκτικών υλών κ.λ.π., χρήσεις που αναπτύσσονται εκτενέστερα στα αντίστοιχα κεφάλαια και συγκεκριμένα στις παραγράφους §5.3.3 και §5.5.3.
- Για τη δημιουργία αδρανούς ατμόσφαιρας σε ορισμένες αντιδράσεις, για την προστασία υλικών από οξειδώσεις, στην φαρμακοβιομηχανία για την πλήρωση φιαλιδών ή αμπουλών που περιέχουν ευπαθή φάρμακα, στους λαμπτήρες, σε ηλεκτρικούς κλιβάνους σε διάφορες τεχνικές στα εργαστήρια συνθετικής και αναλυτικής χημείας κ.λ.π.
- Ως υγρό άζωτο αποτελεί ψυκτικό μέσο στην βιομηχανία τροφίμων για την ψύξη τροφών, στην ιατρική για την ψύξη βιολογικών υλών, υγρών, ιστών κ.λ.π..

Γνωρίζεις ότι..

Το φωτοχημικό νέφος, συνήθως αποκαλούμενο α-πλά νέφος, οφείλεται στα υψηλά επίπεδα των οξειδίων του αζώτου και του δύοντος. Το καστανέου-θρό χρώμα του οφείλεται στο NO_2 . Τα υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης των αερίων αυτών οφείλονται κυρίως στην αύξηση των αυτοκινήτων. Η σύσταση τους ποικίλει κατά την διάρκεια της ημέρας. Αρχικά παράγεται το NO , το οποίο οξειδώνεται σε NO_2 . Αυτό διασπάται από την φωτεινή ακτινοβολία σε NO και ατομικό O , το οποίο αντιδρά με το O_2 της ατμόσφαιρας παράγοντας O_3 , ένα πολύ οξειδωτικό αέριο, ιδιαίτερα τοξικό για τα φυτά μια και αντιδρά με την χλωροφύλλη. Το O_3 αντιδρά με το υπάρχον NO αποδίδοντας ξανά NO_2 και O_2 . Το φωτοχημικό νέφος παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές στις συγκεντρώσεις των αερίων αυτών τις πρωινές ώρες και συγκεκριμένα για το NO περίπου 6-7 το πρωί για το NO_2 9-10 και για το O_3 10-11 π.μ.

4.4 АЛОГОНА

Με τον όρο αλογόνα εννοούμε τα στοιχεία της έβδομης ομάδας των περιοδικού πίνακα, τα οποία είναι το φθόριο (F_2), το χλωρίο (Cl_2), το βρώμιο (Br_2), το ιώδιο (I_2), και το άστατο (At). Τα αλογόνα εμφανίζουν σημαντικές ομοιότητες στην χημική τους συμπεριφορά ως ελεύθερα στοιχεία, αλλά και στις χημικές τους ενώσεις. Μάλιστα, υπάρχει μια προοδευτική μεταβολή στις ιδιότητες αυτές κατά μήκος της 7^{ης} ομάδας από το πιο δραστικό, φθόριο (F) προς το άστατο (At).



Σύμπα 4.6. Η θέση των αλογόνων στον περιοδικό πίνακα

4.4.1 Προέλευση

Τα αλογόνα δεν βρίσκονται κατά κανόνα ελεύθερα στη γη, λόγω της μεγάλης δραστικότητάς τους, αλλά ενωμένα με ένα πλήθος μετάλλων και αμετάλλων στοιχείων.

Έτσι το φθόριο απαντάται στο στερεό φλοιό της γης σε ποσοστό 0,65 %, κυρίως με τη μορφή του ορυκτού φθορίτης (αργυραδάμας), ως λεπτοί άχρωμοι διαφανείς κυρώταλλοι, φθοριούχου ασβεστίου (CaF_2). Σημαντικά ακόμη ορυκτά του φθορίου είναι ο κρυστάλλιθος (Na_3AlF_6) και το φωσφορικό ορυκτό του, ο φθοριοαπατίτης $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$.

Το χλωρίο με τη μορφή ενώσεων του αποτελεί το 0,13% του στερεού φλοιού της γης, δύο βρίσκεται κυρίως ως χλωριούχο νάτριο NaCl (κοινό αλάτι) ή στο θαλασσινό νερό, σε μια αναλογία ~3%, ή ως ορυκτό αλάτι (αλίτης). Ο αλίτης μαζί με τον συλβίτη (KCl), τον βισοφίτη ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) και τον καρναλίτη ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2$) αποτελούν τα σημαντικότερα ορυκτά του γλωσσού.

Το βρόμιο απαντάται σε πολύ μικρότερο ποσοστό από το χλώριο και το φθόριο στη φύση, πάντα με τη μορφή ενώσεών του. Το θαλασσινό νερό περιέχει μικρές ποσότητες βρωμιούχων αλάτων σε αναλογία περίπου $70\text{mg Br}^- / \text{L}$ και αποτελεί και την κύρια πηγή εξαγωγής του στην ελεύθερη μορφή. Υπάρχουν όμως και ορυκτά του βρωμίου όπως ο βρωμιούτης (AgBr), καθώς επίσης και αξιοποιήσιμες ποσότητες σε ενώσεις του που βρίσκονται στο ορυκτό *αλίτης*.

Το ιαδίο βρίσκεται στο θαλασσινό νερό με μιօρφή ιαδιούχων αλάτων, ενώ το άστατο δεν υπάρχει στη φύση παρά μόνον με τη μιօρφή οραδει- νεργών ισοτόπων, που έχουν πολύ μικρή διάρ- κεια ζωής και μεταστοιχειώνονται σε σταθερά ισότοπα άλλων στοιχείων.

4.4.2 Παρασκευές

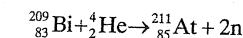
Εξ αυτίας της υψηλής του οξειδωτικής ικανότητας (είναι πρώτο στη σειρά ηλεκτροφραγνητικότητας), το φθόριο δεν είναι δυνάτον να παρα-

Γνωρίζεις ότι ..

όταν το ορυκτό φθορίτης φωτιστεί με έντονη ορατή ακτινοβολία, τότε οι κρύσταλλοι του εμφανίζουν έναν ασθενή μπλε χρωματισμό. Το φαινόμενο αυτό ονομάστηκε φθορισμός εξ αιτίας του ορυκτού φθορίτης.

Γνωσίζεις ότι ..

το άστατο παρα-
σκευάστηκε τεχνητά
για πρώτη φορά το
1940 στο Πανε-
πιστήμιο της Καλι-
φόρνιας σύμφωνα
με την πιο κάτω πυ-
ρηνική αντίδραση:



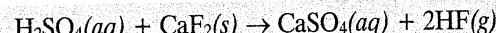
Γνωρίζεις ότι ...

στην πραγματικότητα το μάγμα HF /KF παράγει την ιοντική ένωση KHF_2 που περιέχει το διφθοριούχο ιόν $[\text{F}-\text{H}-\text{F}]^-$ με αντισταθμιστικό φορτίο το φορτίο του ιόντος καλίου.

σκευαστεί με αντικατάσταση στις ενώσεις του, από ένα άλλο στοιχείο που θα προηγείται στη σειρά ηλεκτροχαρητικότητας. Έτσι, παρασκευάζεται αποκλειστικά με ηλεκτρολυτική μέθοδο, καθώς μόνο η άνοδος (+) μιας ηλεκτρολυτικής συσκευής μπορεί να οξειδώσει το F^- σε F_2 .

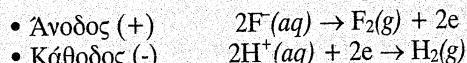
Παρασκευάζεται λοιπόν με ηλεκτρόλυση μίγματος HF και KF σε αναλογία 1:3 έως 1:5. Η μέθοδος αυτή, που ανακαλύφθηκε το 1886 από τον Moissan (βραβείο Nobel στη Χημεία το 1906) παραμένει μέχρι σήμερα εύχορηστη για την βιομηχανική παρασκευή του φθορίου.

Το HF, που παρασκευάζεται από την επίδραση θειικού οξέος στο ορυκτό φθορίτη σύμφωνα με την πιο κάτω αντίδραση,



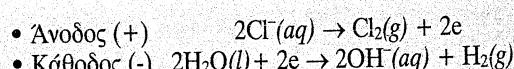
διαβιβάζεται σε τηγμένο μάγμα HF/KF θερμοκρασίας $\sim 80^\circ\text{C}$.

Η ηλεκτρόλυση του τήγματος παράγει στην άνοδο αέριο F_2 και στην κάθοδο H_2 σύμφωνα με τις αντιδράσεις:



Το αέριο φθόριο που παράγεται κατ' αυτόν τον τρόπο είναι τόσο δραστικό, ώστε φυλάσσεται σε δοχεία από ειδικό ανοξείδωτο χάλυβα.

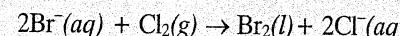
Το **χλώριο** παρασκευάζεται στη βιομηχανία με ηλεκτρόλυση πυκνών διαλυμάτων χλωριούχου νατρίου (NaCl), οπότε στην άνοδο παράγεται αέριο χλώριο (Cl_2), ενώ στην κάθοδο αέριο υδρογόνο (H_2). Οι αντιδράσεις που συμβαίνουν στην ηλεκτρολυτική κυψελίδα είναι οι πιο κάτω:



Όπως θα δούμε αναλυτικά στη § 5.4, κατά την

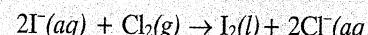
ηλεκτρόλυση του διαλύματος του NaCl λαμβάνεται επίσης ως παραπροϊόν πυκνό διάλυμα NaOH .

Το **βρώμιο** παρασκευάζεται με οξείδωση των ιόντων Br^- που βρίσκονται στα βρωμιούχα άλατα (KBr και MgBr_2), σε Br_2 . Η οξείδωση αυτή πραγματοποιείται από αέριο χλώριο (Cl_2) σε συμπυκνωμένα διαλύματα βρωμιούχων αλάτων που προέρχονται κυρίως από το θαλασσινό νερό, σύμφωνα με την αντίδραση:



Η αντίδραση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί, γιατί το Cl προηγείται στη σειρά ηλεκτροχαρητικότητας του Br και συνεπώς μπορεί να το οξειδώσει.

Τέλος, το **ιώδιο** παρασκευάζεται με οξείδωση ιωδιούχων αλάτων όπως είναι το NaI από Cl_2 , σύμφωνα με την αντίδραση:



4.4.3 Φυσικές και Χημικές Ιδιότητες

Τα αλογόνα παρουσιάζουν μια "προοδευτικότητα" στις φυσικές τους ιδιότητες από το φθόριο προς το άστατο εξ αιτίας της αύξησης της ατομικής τους ακτίνας. Στον πιο κάτω πίνακα 4.1 φαίνονται μερικές από αυτές.

Τα αλογόνα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος βρίσκονται σε μορφή διατομικών μορίων (X_2), όπου τα άτομα συγκρατούνται με έναν ομοιοπολικό δεσμό. Το φθόριο και το χλώριο είναι αέρια με διαπεραστική οσμή τοξικά κατά την εισπνοή τους ακόμα και σε ιδιαίτερα μικρές συγκεντρώσεις. Συγκέντρωση χλωρίου $2,5 \text{ mg/L}$ στον αέρα είναι δυνατόν να επιφέρει τον θάνατο μέσα σε λίγα λεπτά στον άνθρωπο. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ως τοξικό αέριο στον Α' παγκόσμιο πόλεμο.

Γνωρίζεις ότι ...

η παραγωγή βρωμίου (Br_2) με οξείδωση από ενώσεις όπου το βρώμιο εμφανίζεται με θετικό αριθμό οξείδωσης είναι αδύνατη. π.χ. στο KBrO_3 το βρώμιο έχει a.o. +5 ενώ στο Br_2 έχει a.o. 0. Έτσι η παραγωγή βρωμίου στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να γίνει μόνο με αναγωγή.

Πίνακας 4.1: Οι σπουδαιότερες φυσικές ιδιότητες των αλογόνων.

ΙΑΙΟΤΗΤΑ	ΦΟΟΡΙΟ	ΧΛΩΡΙΟ	ΒΡΟΜΙΟ	ΙΟΛΙΟ	ΔΕΣΤΑΤΟ
Ατομικός αριθμός	9	17	35	53	85
Ατομική ακτίνα (Å)	0,71	0,99	1,14	1,33	~1.4
Χρώμα	Ανοικτό κίτρινο- πράσινο	Κίτρινο πράσινο	Καστανό	Σκούρο μωβ	-
Σημείο τηξης (°C)	-219,62	-100,98	-7,25	113,5	~300
Σημείο βρασμού (°C)	-188,14	-34,05	58,8	184,4	~370
Ιοντική ακτίνα (Å)	1,33	1,81	1,96	2,20	~2,27
Ενέργεια του δεσμού X-X	37,7	58,0	46,1	36,1	-
Φυσική κατάσταση στους 20°C	αέριο	αέριο	υγρό	στερεό	στερεό
Ηλεκτρονιακή δομή	[He] 2s ² 2p ⁵	[Ne] 3s ² 3p ⁵	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵

Το βρώμιο είναι και αυτό ιδιαίτερα τοξικό προκαλώντας εγκαύματα στο δέρμα, ενώ κατά την εισπνοή ατμών του είναι δυνατόν να προκαλέσει τον θάνατο ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Τέλος, το ιώδιο είναι κρυσταλλικό στερεό σε συνήθη θερμοκρασία και οι ατμοί του, που έχουν μωβ χρώμα, δεν πρέπει να εισπνέονται.

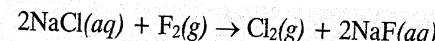
Τα ατομικά βάρη των αλογόνων προέρχονται από τα ατομικά βάρη των ισοτόπων τους πολλαπλασιασμένα με το ποσοστό του καθενός από αυτά στη φύση. Έτσι, το φθόριο υπάρχει κατά ~100% ως ¹⁹F, το χλώριο κατά 75,53% ³⁵Cl και 24,47% ³⁷Cl, το βρώμιο κατά 50,54% ⁷⁹Br και 49,46% ⁸¹Br, ενώ το ιώδιο κατά ~100% ¹²⁷I.

Η ομοιότητα στις χημικές ιδιότητες των αλογόνων μπορεί να εξηγηθεί από την ηλεκτρονική απεικόνιση της εξωτερικής στοιβάδας τους η οποία έχει σε όλα τα αλογόνα 7 ηλεκτρόνια.

Επειδή το φθόριο είναι το περισσότερο ηλεκτρονητικό στοιχείο, απαντάται μόνον με αριθμό οξειδώσης -1, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα αλογόνα που μπορούν να βρεθούν με αριθμούς οξειδώσης -1, +1, +3, +5, +7. Το γεγονός αυτό

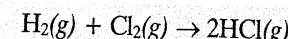
κάνει το φθόριο να διαφέρει στις χημικές του ιδιότητες από εκείνες των υπόλοιπων αλογόνων.

- Το φθόριο αντιδρά, οξειδώνοντας σχεδόν όλα τα στοιχεία του περιοδικού πίνακα στη συνήθη θερμοκρασία. Αντικαθιστά τα υπόλοιπα αλογόνα στις ενώσεις που εμφανίζουν α.ο. -1 οξειδώνοντάς τα σε ελεύθερα στοιχεία:

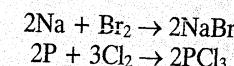


Επίσης, το φθόριο αντιδρά βίαια με οποιαδήποτε σχεδόν οργανική ένωση, έτσι ώστε να μην είναι δυνατή η ελεγχόμενη φθορίωσή της.

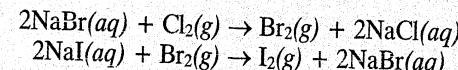
- Τα υπόλοιπα αλογόνα αντιδρούν με το υδρογόνο δίνοντας υδραλογόνα, όπως για παράδειγμα το χλώριο που αντιδρά βίαια με αυτό παράγοντας HCl (βλέπε κεφάλαιο 5 §1):



- Τα μέταλλα της πρώτης ομάδας του περιοδικού πίνακα, καθώς επίσης, ο φώσφορος (P), το αντιμόνιο (Sb) κ.λ.π. αντιδρούν με τα αλογόνα δίνοντας αλογονούχα άλατα:



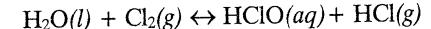
- Μπορούν να αντικαταστήσουν το λιγότερο ηλεκτρονητικό αλογόνο στις αλογονούχες ενώσεις τους:



- Το χλώριο και το βρώμιο αντιδρούν με το νερό δίνοντας υδραλογόνα:

Γνωρίζεις ότι ...

τα ιόντα του βρωμίου (Br^-) που περιέχονται σε πάρα πολύ μικρές ποσότητες στο πόσιμο νερό, είναι δυνατόν κατά την απολύμανση του νερού με οξύ (O₃), να οξειδωθούν όχι μόνο σε στοιχειακό βρώμιο (Br_2) αλλά και σε βρωμικά ιόντα (BrO_3^-) που είναι πολύ τοξικά για κάθε ζωντανό οργανισμό.



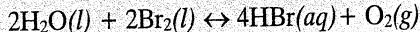
μείωση του α.ο κατά 1

0	+1	-1
---	----	----

αύξηση του α.ο κατά 1

Στην πιο πάνω αντίδραση το Cl₂ ανάγεται σε Cl⁻, ενώ ταυτόχρονα οξειδώνεται σε Cl⁺, δίνοντας έτσι μια αντίδραση **αυτοοξειδοαναγωγής**. Η αντίδραση σημειώνεται ως αμφίδρομη, καθώς μόνο περίπου το 1/3 του χλωρίου που διαλύεται στο νερό δίνει την πιο πάνω αντίδραση, ενώ τα 2/3 παραμένουν ως Cl₂.

Αντίθετα το Br₂ αντιδρά με το H₂O παράγοντας HBr και οξυγόνο σύμφωνα με την αντίδραση:



- Τέλος, τα αλογόνα αντιδρούν με οργανικές ενώσεις αντικαθιστώντας άτομα υδρογόνου στο μόριο τους ή δίνοντας προϊόντα προσθήκης. Παράγονται έτσι αλογονωμένες οργανικές ενώσεις, που βρίσκουν ευρύτατη εφαρμογή σε πολλούς τεχνολογικούς τομείς.

4.4.4 Εφαρμογές

Τα αλογόνα σε ελεύθερη μορφή βρίσκουν λίγες εφαρμογές λόγω της υψηλής τους δραστικότητας. Έτσι, το φθόριο και το βρώμιο δεν χρησιμοποιούνται σχεδόν πουθενά ως ελεύθερα στοιχεία, παρά μόνο για την παρασκευή των ενώσεών τους.

Το αέριο χλώριο (Cl₂) χρησιμοποιείται σε λίγες περιπτώσεις, όπως για την απολύμανση του νερού, την λεύκανση του χαρτιού και των υφάσματων ινών, όπως επίσης και για οξειδώσεις στη χημική βιομηχανία.

Το ιώδιο βρίσκεται εφαρμογή στη χημική ανάλυση (ιωδιομετρία), ενώ χρησιμοποιείται ευρύ-

τατα ως αντισηπτικό φάρμακο με τη μορφή διαλύματος σε αιθανόλη.

Αντίθετα, σπουδαίες εφαρμογές βρίσκουν τα παράγωγα των αλογόνων.

Ενώσεις του φθορίου, όπως το εξαφθοριούχο ουρανίο που χρησιμοποιείται για τον εμπλουτισμό σε ²³⁵U του φυσικού ουρανίου ²³⁸U, το BF₃ ως καταλύτης αλκυλίωσης, το φθοριούχο νάτριο ως μέσον πρόδηψης της τερηδόνας με την εισαγωγή του στις οδοντόπαστες κ.λ.π.

Παράγωγα αντιδράσεων του χλωρίου με οργανικές ενώσεις, όπως το βινυλοχλωρίδιο που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία πλαστικών για την παραγωγή του πολυβινυλοχλωριδίου, γνωστού και ως PVC, χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην κατασκευή αντικειμένων από πλαστικό.

Το προϊόν της αντίδρασης του χλωρίου με μονοξείδιο του άνθρακα, το φωσγένιο (COCl), χρησιμοποιείται στην μεταλλουργία ως αλογονωτικό μέσο μεταλλοξειδίων.

Ενώσεις του, όπως είναι το υποχλωριώδες οξύ (HClO) χρησιμοποιούνται ευρύτατα για λεύκανση στη χρωτοβιομηχανία και στην υφαντουργία, ενώ το χλωρικό κάλιο (KClO₃) χρησιμοποιείται για την κατασκευή εκρηκτικών υλών, πυροτεχνημάτων και σπίρτων.

Τέλος, το χλωριούχο νάτριο ως ηλεκτρολύτης αποτελεί συστατικό του φυσιολογικού ορού για την υποκατάσταση του πλάσματος του αίματος, ενώ χλωριούχα άλατα, όπως ο χλωριούχος ψευδάργυρος, έχουν αντισηπτική δράση.

Η κυριότερη χρήση των ενώσεων του βρωμίου αφορά στην παρασκευή των βρωμιούχων αλάτων του αργύρου που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή φωτογραφικών υλικών, ενώ η παλαιότερη χρήση τους στην φαρμακοβιομηχανία ως κατευναστικών φαρμάκων έχει σήμερα σχεδόν πλήρως υποκατασταθεί από τα βιοβιτουργικά.

Τέλος, οι ενώσεις του ιωδίου έχουν εκτεταμένη χρήση στην φωτογραφία και στην οργανική συνθετική χημεία.

ΠΕΡΙΑΝΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Το H_2 είναι το πιο διαδεδομένο στοιχείο του σύμπαντος. Είναι αμέταλλο και παρασκευάζεται κάτω από ειδικές συνθήκες από αντιδράσεις του H_2O με C , CO , CH_4 , από ηλεκτρόλυση του H_2O αλλά και από την πυρόλυση υδρογονανθράκων, οι οποίοι είναι παραποτάντα της διύλισης του πετρελαίου. Είναι πολύ δραστικό στοιχείο και αντιδρά τόσο με μέταλλα, όσο και με αμέταλλα. Είναι αναγωγικό μέσο και δίνει αντιδράσεις προσθήκης με ακόρεστες οργανικές ενώσεις. Χρησιμοποιείται κυρίως στην παραγωγή NH_3 , στην χημική βιομηχανία, στην βιομηχανία τροφίμων αλλά και ως καύσιμο στους πυραύλους.
- Το O_2 είναι το πιο διαδεδομένο στοιχείο του στερεού φλοιού της γης. Υπάρχει ελεύθερο στην ατμόσφαιρα σε δύο αλλοτροπικές μορφές, το O_2 και το O_3 . Σε βιομηχανική κλίμακα απομονώνεται κατά την κλασματική απόσταξη του υγροποιημένου αέρα και παρασκευάζεται με ηλεκτρόλυση του $KClO_3$. Είναι πολύ δραστικό και αντιδρά με μέταλλα (εκτός του Au και του Pt) και με αμέταλλα (εκτός των αλογόνων και των αζώτου), σχηματίζοντας οξείδια. Είναι οξειδωτικό μέσο και αντιδρά με ανόργανες και οργανικές ενώσεις (καύσεις). Η βιολογική του σημασία είναι μεγάλη για τους ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς. Χρησιμοποιείται κυρίως στην παραγωγή του χάλυβα, αλλά και σε βιομηχανίες παραγωγής και επεξεργασίας άλλων μετάλλων, ως οξειδωτικό στα καύσιμα των πυραύλων, στην ιατρική κ.λ.π.
- Το N_2 είναι το επικρατέστερο αέριο στη σύσταση της ατμόσφαιρας. Απομονώνεται σε βιομηχανική κλίμακα κατά την διάρκεια της κλασματικής απόσταξης του υγροποιημένου αέρα. Είναι αμέταλλο, σχετικά αδρανές στην χημική του συμπεριφορά, εξ αιτίας της μεγάλης σταθερότητας του τριτλού δεσμού που συνδέει τα δύο άτομα αζώτου. Χρησιμοποιείται κυρίως στην βιομηχανική παραγωγή της NH_3 με την μέθοδο Haber, η οποία στην συνέχεια αποτελεί πρώτη ύλη στην παραγωγή του HNO_3 με την μέθοδο Ostwald. Και τα δύο παραπάνω προϊόντα, NH_3 και HNO_3 , χρησιμοποιούνται περαιτέρω στις βιομηχανίες παραγωγής λιπασμάτων, εκρηκτικών και άλλων προϊόντων.
- Τα αλογόνα είναι η πιο δραστική ομάδα των περιοδικού πίνακα απόλα τα αμέταλλα. Στη φύση δεν συναντώνται ελεύθερα, αλλά ενωμένα σε χημικές ενώσεις. Παρασκευάζονται, τα πιο δραστικά (F_2 , Cl_2) με ηλεκτρόλυση των αλάτων τους, και τα λιγότερο δραστικά (Br_2 , I_2) με οξειδώση των αλογονούχων ενώσεων τους. Παρουσιάζουν ομοιότητες στις χημικές τους ιδιότητες, με

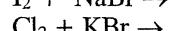
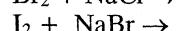
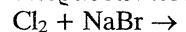
πλέον δραστικό το F_2 , και ακολουθούν κατά σειρά τα Cl_2 , Br_2 , I_2 . Είναι ισχυρά οξειδωτικά και αντιδρούν με μέταλλα, αμέταλλα αλλά και με ανόργανες και οργανικές ενώσεις. Στην ελεύθερη μορφή χρησιμοποιούνται σε χλωριώσεις (Cl_2) και ως αντισηπτικά (I_2), ενώ οι εγώσεις τους βρίσκονται σε χρήση στην βιομηχανία πλαστικών, στην μεταλλουργία, στην φωτογραφία και στην ιατρική.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Τι γνωρίζετε για την προέλευση του υδρογόνου;
2. Με ποιες μεθόδους παρασκευάζεται το H_2 χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη το H_2O ; Να γραφούν οι χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων.
3. Πώς παρασκευάζεται το H_2 στο εργαστήριο;
4. Ποια είναι τα ισότοπα του υδρογόνου και τι γνωρίζετε γία αυτά;
5. Πώς δρα το H_2 στις αντιδράσεις με αμέταλλα και με μέταλλα της 1^{ης} και 2^{ης} ομάδας;
6. Πώς αντιδρά το H_2 με μέταλλα μετάπτωσης;
7. Ποιες από τις παρακάτω αντιδράσεις οδηγούν στην παραγωγή αερίου υδρογόνου; Να συμπληρωθούν οι χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων που πραγματοποιούνται.
 $Fe + HCl \rightarrow$
 $Zn + HCl \rightarrow$
 $Mg + HCl \rightarrow$
 $Cu + HCl \rightarrow$
 $Ag + HCl \rightarrow$
8. Τι αντιδράσεις δίνει το H_2 με οργανικές ενώσεις και με CO ;
9. Πού χρησιμοποιείται το H_2 ;
10. Τι γνωρίζετε για το στοιχείο καύσης $H_2 - O_2$;
11. Τι γνωρίζετε για την προέλευση του O_2 ;
12. Πώς απομονώνεται το O_2 κατά την κλασματική απόσταξη του υγροποιημένου αέρα;
13. Πώς παράγεται το O_2 με την ηλεκτρόλυση του H_2O ;
14. Πώς αντιδρά το O_2 με τα αμέταλλα και πώς με τα μέταλλα;
15. Πόσα g $KClO_3$ απαιτούνται για την παραγωγή οξυγόνου που χρειάζεται για την καύση του υδρογόνου που παράγεται από

- την αντίδραση διαλύματος HCl με 6,5g Zn ;
16. Ποια είναι η βιολογική σημασία του O_2 ;
17. Πού χρησιμοποιείται το O_2 ;
18. Τι γνωρίζετε για την προέλευση του N_2 ;
19. Τι ρόλο παίζει το N_2 στη ζωή και τι γνωρίζετε για τον χύκλο του N_2 στην φύση;
20. Πώς ερμηνεύεται το γεγονός ότι το N_2 συναντάται στην ατμόσφαιρα κυρίως ως ελεύθερο αέριο;
21. Πού χρησιμοποιείται το N_2 ;
22. Γιατί χρησιμοποιείται το άζωτο στις συσκευασίες τροφίμων και φαρμάκων;
23. Τι γνωρίζετε για την προέλευση του φθορίου;
24. Τι γνωρίζετε για την προέλευση του χλωρίου;
25. Τι γνωρίζετε για την προέλευση του βρωμίου, του ιωδίου και του άστατου;
26. Το χλώριο απαντάται στη φύση με τη μορφή δύο ισοτόπων: ^{35}Cl και ^{37}Cl . Αν η αναλογία των δύο αυτών ισοτόπων είναι 75,53% και 24,47% αντίστοιχα να βρεθεί το ατομικό βάρος του χλωρίου.
27. Πώς παρασκευάζεται το F_2 ; Γιατί δεν μπορεί να παραχθεί με τις μεθόδους που παρασκευάζονται τα υπόλοιπα αλογόνα;
28. Πώς παρασκευάζεται το Cl_2 ;
29. Πώς παρασκευάζονται το Br_2 και το I_2 ;
30. Πώς αντιδρά το F_2 με τα αλογονούχα άλατα $NaCl$, $NaBr$ και NaI ;
31. Ποιες από τις παρακάτω αντιδράσεις μπορούν να πραγματοπιθεύονται; Να σημειωθούν τα αναγωγικά και οξειδωτικά μέσα

και να συμπληρωθούν οι αντίστοιχες χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων που πραγματοποιούνται.

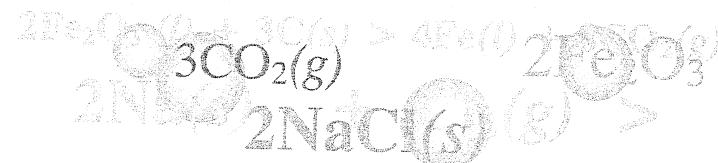


32. Πώς αντιδρούν τα αλογόνα Cl_2 και Br_2 με H_2O ;

33. 7,1g αερίου χλωρίου διαβιβάζονται σε υδατικό διάλυμα NaBr . Πόσα mol Br_2 και πόσα g NaCl παράγονται;

34. Πώς χρησιμοποιούνται τα αλογόνα σε ελεύθερη μορφή;

35. Πού χρησιμοποιούνται οι ενώσεις των αλογόνων;



5

Χημικές ενώσεις πρακτικού ενδιαφέροντος

5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Χημικές ενώσεις πρακτικού ενδιαφέροντος

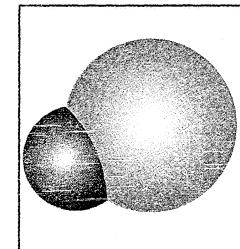
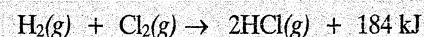
5.1 ΥΔΡΟΧΛΩΡΙΚΟ ΟΞΥ (HCl)

5.1.1 Βιομηχανική παρασκευή

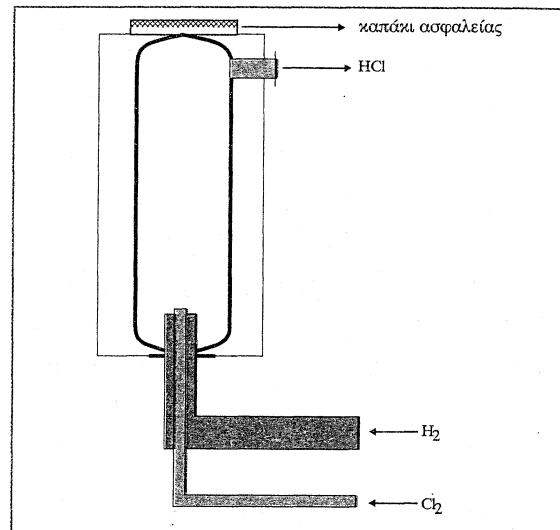
Το υδροχλωρικό οξύ είναι το υδατικό διάλυμα του αερίου υδροχλωρίου. Το υδροχλώριο είναι δυνατόν να παρασκευασθεί με δύο τρόπους:

- Απένθειας σύνθεσή του από H_2 και Cl_2 .

Η παραγωγή με τον τρόπο αυτό γίνεται είτε με αντίδραση των συστατικών του παρουσία καταλύτη, π.χ. ενεργού άνθρακα, είτε σε ειδικές κάμινους, όπου αντιδρά το χλώριο με περίσσεια υδρογόνου και εκλύονται μεγάλα ποσά θερμότητας. Στην περίπτωση αυτή, μιλάμε για "καύση" του υδρογόνου. Η κάμινος είναι με τέτοιο τρόπο κατασκευασμένη, ώστε να εκτινάσσεται το καπάκι σε περιπτώσεις έκρηξης και να προφυλάσσεται έτσι η ίδια:



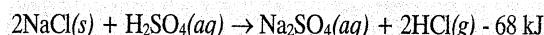
Σχήμα 5.1.
Το μόριο του HCl .



Σχήμα 5.2. Σχηματική παράσταση της καμίνου καύσης H_2 σε ατμόσφαιρα Cl_2 .

- Επίδραση πυκνού διαλύματος H_2SO_4 σε στερεό $NaCl$.

Είναι από τις παλαιότερες μεθόδους παραγενής του υδροχλωρικού οξέος. Η αντίδραση είναι ενδόθερμη και πραγματοποιείται στους $500-550^\circ C$. Η συνολική αντίδραση έχει ως εξής:



Το παραγόμενο υδροχλώριο και στις δύο περιπτώσεις διαβιβάζεται σε νερό και λαμβάνουμε έτσι το πυκνό διάλυμα υδροχλωρικού οξέος.

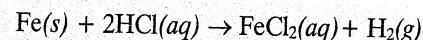
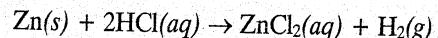
5.1.2 Φυσικές και Χημικές ιδιότητες

Το υδροχλώριο είναι διαβρωτικό αέριο, άχρωμο και με αποτνικτική οσμή. Διαλύεται εύκολα στο νερό με έκλυση θερμότητας. Το εμπορικά διαθέσιμο υδροχλωρικό οξύ ατμίζει όταν έλθει σε επαφή με τον ατμόσφαιρικό αέρα. Οι ατμοί οι οποίοι διαφεύγουν από το διάλυμα συ-

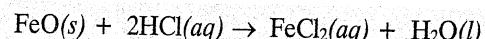
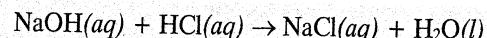
μπυκνώνονται με τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας σε μικρές σταγόνες οξέος, που διαβρώνουν τις επιφάνειες στις οποίες επικάθονται.

Το υδατικό του διάλυμα είναι ισχυρό οξύ και αντιδρά:

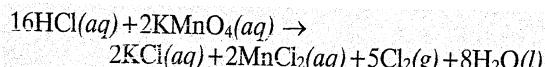
- με μεταλλα λιγότερο ηλεκτροθετικά από το υδρογόνο:



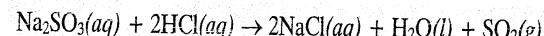
- με βάσεις και οξείδια μετάλλων:



- με ισχυρά οξειδωτικά ελευθερώνοντας χλώριο:



- διασπά άλατα ασθενών οξέων (π.χ. ανθρακιά, θειώδη κ.λ.π.), ελευθερώνοντας το αντίστοιχο οξύ ή το οξείδιό του (π.χ. διοξείδιο του άνθρακα και του θείου αντίστοιχα):



ΠΕΙΡΑΜΑ 5.1

Σκοπός του πειράματος είναι να δείξουμε την οξειδωτική δράση του $KMnO_4$ στο HCl με την παραγωγή Cl_2 και τον αποχρωματισμό του διαλύματος.

! ΠΡΟΣΟΧΗ

Κατά την αντίδραση παράγεται αέριο Cl_2 το οποίο είναι ιδιαίτερα τοξικό και δεν θα πρέπει να εισπνέεται.

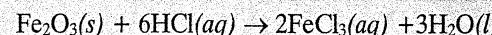
Μέθοδος:

Σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετούμε περίπου 1mL διαλύματος KMnO_4 0,01M και 1mL διαλύματος HCl 0,1 M. Ανακινούμε καλά το περιεχόμενο του δοκιμαστικού σωλήνα και όταν ηρεμήσει παρατηρούμε ότι εξαφανίζεται το έντονο μωβ χρώμα του KMnO_4 . Αυτό συμβαίνει, γιατί τα ιόντα του MnO_4^- ανάγονται από το HCl προς τα σχεδόν άχρωμα ιόντα του Mn^{2+} .

5.1.3 Εφαρμογές

Το υδροχλωρικό οξύ έχει ευρεία εφαρμογή τύπου στη βιομηχανία και το εργαστήριο, δύο και για οικιακή χρήση.

- Στην βιομηχανία χρησιμοποιείται για την παρασκευή χρωμάτων, χημικών αντιδραστηρίων και φαρμακευτικών προϊόντων, καθαρισμό μετάλλων, στις βιομηχανίες ζάχαρης, γλυκόζης και συνθετικού καουτσούκ, στην υφαντουργία κ.λ.π.
- Μεγάλο μέρος από την παγκόσμια παραγωγή του υδροχλωρικού οξέος χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του χάλυβα. Ο καθαρισμός αυτός πραγματοποιείται με την εμβάπτιση του χάλυβα σε διάλυμα του οξεός για την απομάκρυνση της σκουριάς από την επιφάνειά του, πριν από την διαδικασία του φινιρίσματος, σύμφωνα με την αντίδραση:



Στην παραπάνω διεργασία είναι προφανές ότι το οξύ αντιδρά επίσης και με τον σίδηρο, αλλά η αντίδραση αυτή είναι εξαιρετικά αργή. Είτε η διαδικασία απομάκρυνσης της σκουριάς πραγματοποιείται χωρίς να χάνονται σημαντικές ποσότητες μετάλλου.

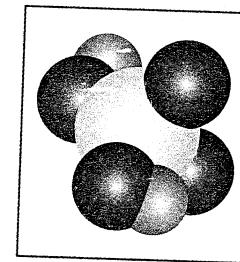
- Στην βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιείται για την παραγωγή αμύλοσιροπίου από την υδρόλυση του αμύλου του καλαμποκιού, και ζαχαροπλαστικής ζελατίνης από τα κόκκαλα.
- Στο εργαστήριο χρησιμοποιείται για τον

προσδιορισμό της περιεκτικότητας διαλυμάτων βάσεων, για την παραγωγή διαφόρων αερίων (CO_2 , SO_2 κ.λ.π.), ως μέσο χλωρίωσης ανδργανων και οργανικών ενώσεων κ.λ.π.

- Στις οικιακές χρήσεις βρίσκεται κυρίως εφαρμογή στον καθαρισμό επιφανειών.
- Το υδροχλωρικό οξύ είναι το βασικό συστατικό του γαστρικού υγρού του στομάχου, όπου βοηθά στην πέψη και την αποικοδόμηση των τροφών, συμπεριλαμβανομένων και των μετατροπών του αιμάτου σε σάκχαρα. Το στομάχι προφυλάσσεται από το υδροχλωρικό οξύ, με μία λεπτή μεμβράνη, η καταστροφή της οποίας προκαλεί το στομαχικό έλκος.

5.2 ΘΕΙΚΟ ΟΞΥ (H₂SO₄)

Το θειικό οξύ παλαιά ήταν γνωστό με το όνομα βιτριόλι, καθώς οι πρώτοι χημικοί το παρασκεύαζαν με θέρμανση του "πράσινου του βιτριολίου", που είναι ο $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Με την θέρμανση το ένυδρο άλας διασπάται και το θειικό οξύ αποστάζει από το μίγμα. Το όνομα βιτριόλι, προέρχεται από την λατινική λέξη *vitreolum* που σημαίνει υαλώδης, όρος που χρησιμοποιούνταν επίσης από τους χημικούς για τον θειικό σίδηρο.

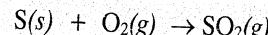


Σχήμα 5.3.
Το μόριο του H_2SO_4

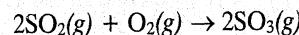
5.2.1 Βιομηχανική παρασκευή

Το θειικό οξύ παρασκευάζεται κυρίως με την μέθοδο επαφής. Αυτή περιλαμβάνει τρία στάδια:

1^o στάδιο: Παραγωγή SO_2 από την καύση του S με O_2 :



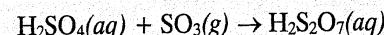
2^ο στάδιο: Οξείδωση του SO₂ σε SO₃ παρουσία καταλύτη πεντοξειδίου του βαναδίου (V₂O₅):



3^ο στάδιο: Δέσμευση του παραγόμενου SO₃ για την παραγωγή H₂SO₄:

Το παραγόμενο SO₃ δεν απορροφάται απ' ευθίας από το νερό, γιατί η αντίδραση αυτή είναι ισχυρά εξώθερμη με αποτέλεσμα το παραγόμενο H₂SO₄, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας να βρίσκεται υπό μορφή νέφους και να είναι αδύνατο να συμπυκνωθεί. Έτσι, η διαδικασία που ακολουθείται είναι:

Απορρόφηση του SO₃ από διάλυμα H₂SO₄:



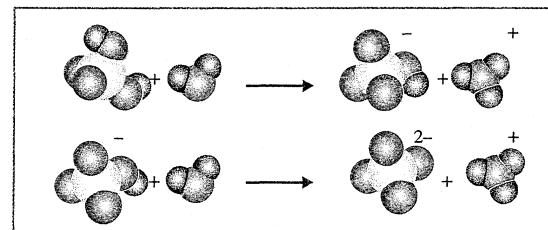
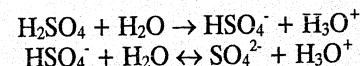
Το πυροθειακό οξύ (H₂S₂O₇) που σχηματίζεται, προστίθεται σε νερό και αποδίδει τελικά πυκνό υδατικό διάλυμα θειικού οξείου:



5.2.2 Φυσικές και Χημικές Ιδιότητες

Το θειικό οξύ είναι άχρωμο ελαιώδες υγρό, με σημείο τήξης τους 10°C και σημείο βρασμού τους 290°C. Το πυκνό διάλυμα που υπάρχει στο εργαστήριο είναι συγκέντρωσης 97% κ.β. ή 18M (mol/L) σε H₂SO₄.

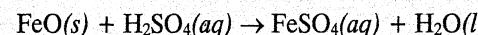
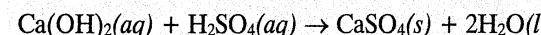
Είναι ισχυρό οξύ και διίσταται σε δύο στάδια:



Σχήμα 5.4. Η διάσταση του H₂SO₄ στο νερό.

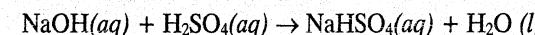
Οι χημικές του ιδιότητες αφορούν κυρίως στην δράση του ως **ισχυρό οξύ**, ως **αφυδατικό μέσο** και στα πυκνά και θερμά διαλύματά του ως **οξειδωτικό**. Επίσης, αντιδρά με οργανικές ενώσεις δίνοντας αντιδράσεις **σούλφωσης**.

Όξινη δράση: Αντιδρά με βάσεις και βασικά οξείδια:

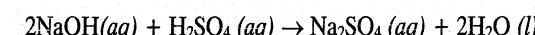


Το H₂SO₄ είναι δυνατόν να δώσει προϊόντα μερικής και πλήρους εξουδετέρωσης, καθώς διαθέτει δύο οξεινα υδρογόνα, ανάλογα με την ποσότητα της βάσης που αντιδρά. Η διάστασή του σε υδατικό διάλυμα, όπως ήδη αναφέρθηκε, γίνεται σε δύο στάδια. Έτσι, αντιδρώντας με NaOH, ανάλογα με την ποσότητα των αντιδρώντων μπορεί να συμβούν οι αντιδράσεις:

• μερική εξουδετέρωση.

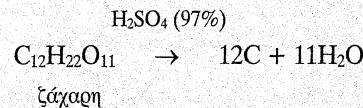


• πλήρης εξουδετέρωση.



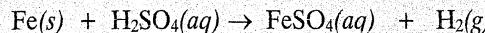
Στην πρώτη περίπτωση λέμε ότι έχουμε περίσσεια οξείου και σχηματισμό οξεινου άλατος, ενώ στην δεύτερη περίπτωση έχουμε στοιχειομετρική αναλογία αντιδρώντων ή περίσσεια βάσης και σχηματισμό ουδέτερου άλατος.

Γνωρίζεις ότι....
επειδή το πυκνό H_2SO_4 έχει μεγάλη τάση να προσλαμβάνει νερό. Έτσι, μπορεί να απανθρακώσει οργανικές ενώσεις όπως γλυκόξη, ζάχαρη, κυπταρίνη, άμυλο, αφαιρώντας με τη μορφή νερού όλα τα υδρογόνα και οξυγόνα που βρίσκονται στο μόριο:



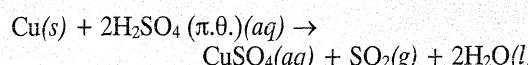
Μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί σαν αφυδατικό μέσο αερίων τα οποία διαβιβάζονται μέσα από αυτό με την προϋπόθεση ότι δεν αντιδρούν μαζί του.

Οξειδωτική δράση: Το αραιό υδατικό διάλυμα του H_2SO_4 δίνει αντιδράσεις απλής αντικατάστασης με μέταλλα που βρίσκονται πριν το H στην σειρά ηλεκτροθετικότητας των μετάλλων, ελευθερώνοντας H_2 . Το μέτολο οξειδώνεται και αν διαθέτει περισσότερες από μία οξειδωτικές βαθμίδες, δίνει κατιόν με το μικρότερο αριθμό οξειδωσης (βλέπε § 1.4).



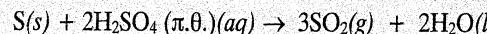
Το πυκνό και θερμό θειακό οξύ είναι ισχυρά οξειδωτικό. Οξειδώνει λοιπόν μέταλλα (εκτός από τον χρυσό, (Au), και τον λευκόχρυσο, (Pt)), πολλά αμέταλλα και αρκετές ενώσεις, ενώ το ίδιο ανάγεται συνήθως σε διοξείδιο του θείου (βλέπε § 1.4).

• Οξειδωση Cu:

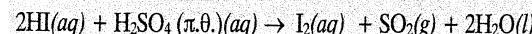


Το μέταλλο οξειδώνεται σε κατιόν με το μεγαλύτερο αριθμό οξειδωσης (π.χ. ο α.ο. Cu στον θειακό χαλκό είναι +2).

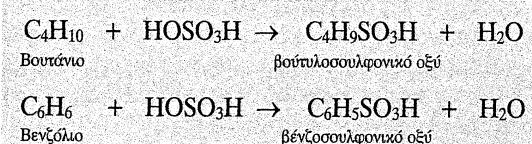
• Οξειδωση S:



• Οξειδωση HI:



Σούλφωση οργανικών ενώσεων: Τα θειακό οξύ αντιδρά με οργανικές ενώσεις, όπως αλειφατικούς και αρωματικούς υδρογονάνθρακες δίνοντας προϊόντα αντικατάστασης:



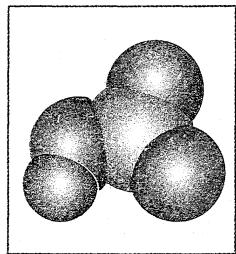
5.2.3 Εφαρμογές

Το θειακό οξύ είναι από τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα χημικά προϊόντα τόσο στο εργαστήριο, όσο και στη βιομηχανία. Οι κυριότερες χρήσεις του είναι:

- στις πετροχημικές βιομηχανίες (ως οξειδωτικό και αφυδατικό).
- στη διώλιση του πετρελαίου.
- στην παρασκευή HCl , HNO_3 , H_3PO_4 , HF , και άλλων οξέων.
- στις μπαταρίες μολύβδου (σαν ηλεκτρολύτης).
- στις βιομηχανίες παραγωγής λιπασμάτων, απορρυπαντικών, χρωμάτων, εκρηκτικών, χάρτων, κ.λ.π.

Γενικά, ελάχιστες είναι οι βιομηχανίες που δεν χρησιμοποιούν θειακό οξύ.

5.3 NITRIKO ΟΞΥ (HNO₃)



Σχήμα 5.5.
Το μόριο του HNO₃.

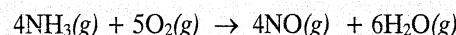
Το γεγονός ότι το HNO₃ αντιδρά με τα περισσότερα μέταλλα συμπεριλαμβανομένων του χαλκού και του αργύρου, τα οποία δεν αντιδρούν με άλλα αραιά διαλύματα οξέων, ήταν η αφορμή να ονομασθεί aqua fortis (λατινικά), που σημαίνει ισχυρό νερό. Ο όρος αυτός αποτελεί την κοινή ονομασία του νιτρικού οξέος μέχρι σήμερα. Πολλές φορες, κακώς, ονομάζεται έτσι και το υδροχλωρικό οξύ.

5.3.1 Βιομηχανική Ηαρασκευή

Το νιτρικό οξύ παράγεται κυρίως από αμμωνία (NH₃) με την μέθοδο Ostwald. Η παραγωγή αυτή περιλαμβάνει τρία στάδια:

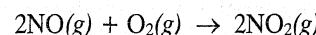
1^ο στάδιο: Καταλυτική οξείδωση της αμμωνίας σε μονοξείδιο του αζώτου (NO).

Η οξείδωση γίνεται με το O₂ του αέρα παρουσία καταλύτη, ο οποίος είναι κράμα λευκοχρυσου-ροδίου (90%-10%), σε θερμοκρασία ~ 800°C και πίεση 1atm:

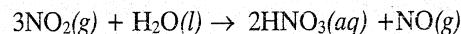


2^ο στάδιο: Οξείδωση του NO σε NO₂.

Η οξείδωση αυτή γίνεται με το οξυγόνο που περισσεψε από την πρώτη αντίδραση, αλλά και από τον αέρα που προστίθεται στο μήγμα της αντίδρασης:



3^ο στάδιο: Απορρόφηση του NO₂ σε νερό και παραγωγή του HNO₃.



Το NO που παράγεται από την αντίδραση ανακυκλώνεται, οξειδώνεται και πάλι σε NO₂ και απορροφάται από το νερό αποδίδοντας HNO₃.

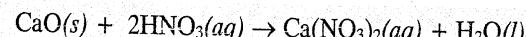
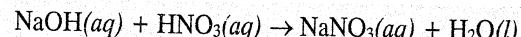
Το παραγόμενο νιτρικό οξύ είναι ~50% ενώ με περαιτέρω συμπύκνωση μπορεί να γίνει και 68%. Με κατεργασία με θειικό οξύ, λαμβάνεται HNO₃ μεγαλύτερης περιεκτικότητας.

5.3.2 Φυσικές και Χημικές ιδιότητες

Είναι υγρό άχρωμο με σημείο βρασμού 86°C. Τα πυκνά του διαλύματα είναι υποκίτρινα, λόγω της μερικής διάσπασης του οξέος σε NO₂.

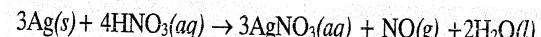
Το HNO₃ είναι ισχυρό οξύ, δρα οξειδωτικά τόσο σε πυκνά, όσο και σε αραιά διαλύματα και δίνει προϊόντα νίτρωσης αντιδρώντας με οργανικές ενώσεις.

Όξινη δράση: Αντιδρά με βάσεις και ανυδρίτες βάσεων:



Οξειδωτική δράση: Το HNO₃ είναι ισχυρό οξειδωτικό τόσο σε αραιά, όσο και σε πυκνά διαλύματά του. Οξειδώνει τα μέταλλα (εκτός από Άυρια και Pt), πολλά αμετάλλα και χημικές ενώσεις (βλέπε § 1.4). Το ίδιο ανάγεται είτε σε NO (αραιά διαλύματα), είτε σε NO₂ (πυκνά διαλύματα). Η παραγωγή NO₂ είναι ορατή, γιατί το αέριο είναι καστανέρυθρο.

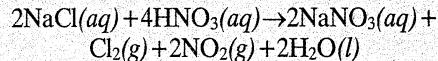
• Οξείδωση μετάλλων:



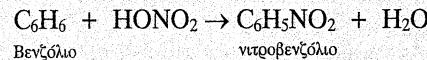
• Οξείδωση αμετάλλων:



- Οξείδωση NaCl:



Νίτρωση οργανικών ενώσεων: Το HNO_3 αντιδρά με οργανικές ενώσεις, όπως οι υδρογονάνθρακες και δίνει προϊόντα αντικατάστασης:

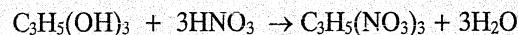


Η παραπάνω αντίδραση γίνεται παρουσία H_2SO_4 το οποίο δρά ως αφυδατικό και δεσμεύει το παραγόμενο H_2O .

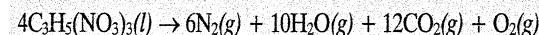
5.3.3 Εφαρμογές

Το HNO_3 χρησιμοποιείται ευρέως στην βιομηχανία και στο εργαστήριο. Έτσι χρησιμοποιείται:

- Στο εργαστήριο κυρίως ως οξειδωτικό μέσο για οργανικές και ανόργανες ενώσεις, για την διάλυση μετάλλων και ενώσεών τους στην ποιοτική και ποσοτική ανάλυση κ.λ.π.
- Σε βιομηχανίες παραγωγής λιπασμάτων (NH_4NO_3 , NaNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), πλαστικών και συνθετικών υλών, παρασκευής χρωμάτων, φαρμακευτικών προϊόντων κ.λ.π.
- Στη βιομηχανία εκρηκτικών υλών για την παραγωγή της δυναμίτιδας. Αρχικά παρασκευάζεται η νιτρογλυκερίνη, με επίδραση HNO_3 σε γλυκερίνη, παρουσία H_2SO_4 σύμφωνα με την αντίδραση:



Η νιτρογλυκερίνη είναι ασταθής ένωση και επικίνδυνη στον χειρισμό της. Είναι ευαίσθητη στους κραδασμούς, με αποτέλεσμα να εκρήγνυται σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



Η απότομη παραγωγή μεγάλου όγκου αερίων (1200 φορές περισσότερο από τον αρχικό όγκο της νιτρογλυκερίνης) είναι η αιτία της εκρηκτικής της συμπεριφοράς.

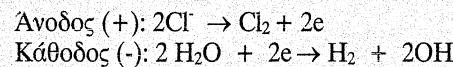
Η ανάμιξη της νιτρογλυκερίνης με πηλό και παρεμφερείς αδρανείς ύλες, δημιουργεί ένα υλικό που δεν είναι ευαίσθητο στους κραδασμούς, τον δυναμίτη.

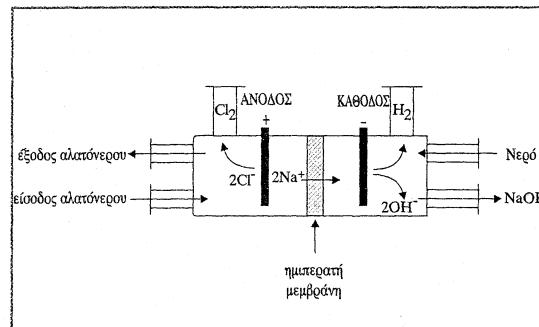
5.4 ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ (NaOH)

5.4.1. Βιομηχανική παρασκευή

Κύρια μέθοδος παρασκευής του NaOH είναι η ήλεκτρολύση πυκνών διαλυμάτων NaCl . Ταυτόχρονα, με την μέθοδο αυτή παράγονται και τα αέρια Cl_2 και H_2 στην άνοδο και κάθοδο αντίστοιχα. Πιο αναλυτικά, η μέθοδος έχει ως εξής:

Σε μία συσκευή ήλεκτρολύσης, η οποία χωρίζεται σε δύο τμήματα με ημιπερατή μεμβράνη, την οποία διαπερνούν μόνο κατιόντα νατρίου Na^+ διαβιβάζονται στο μεν τμήμα της ανόδου πυκνό διάλυμα NaCl στο δε τμήμα της καθόδου νερό. Οι ημιαντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι:

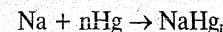




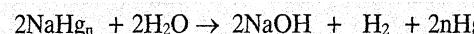
Σχήμα 5.6. Συσκευή ηλεκτρόλυσης διαλύματος NaCl για την παραγωγή NaOH και Cl_2 .

Το τμήμα της ανόδου τροφοδοτείται συνεχώς με διάλυμα NaCl . Όσο προχωρά η ηλεκτρόλυση εμπλουτίζεται το μεν τμήμα της ανόδου σε κατιόντα νατρίου (Na^+), το δε τμήμα της καθόδου σε ανιόντα υδροξείδιου (OH^-). Τα κατιόντα Na^+ διαπερνούν την μεμβράνη προς τον χώρο της καθόδου, όπου η συγκέντρωσή τους είναι μικρότερη και σχηματίζουν με τα OH^- υπάρχοντα OH^- σχετικά πυκνό διάλυμα NaOH . Το πυκνό αυτό διάλυμα συμπυκνώνεται με εξάτμιση, αρχικά υπό κενό και τελικά σε ανοικτά δοχεία.

Αν χρησιμοποιηθεί ηλεκτρολυτική συσκευή με κάθοδο από υδραργυρό (Hg), τελικά παίρνουμε μεγαλύτερης συγκέντρωσης διάλυμα NaOH . Στην περίπτωση αυτή ηλεκτρολύουμε κορεσμένο διάλυμα NaCl και στην μεν άνοδο ελευθερώνεται χλώριο στην δε κάθοδο τα κατιόντα νατρίου (Na^+) ανάγονται σε μεταλλικό νάτριο που αντιδρά με τον υδραργυρό σχηματίζοντας αμάλγαμα:



Αυτό διοχετεύεται σε θάλαμο όπου κατεργάζεται με νερό:



Ο Hg επανέρχεται στον θάλαμο ηλεκτρόλυ-

σης. Μικρές ποσότητες όμως αυτού χάνονται από τα δοχεία ηλεκτρόλυσης και καταλήγουν σε υδάτινες λεκάνες, όπως λίμνες, ποταμοί και θάλασσες.

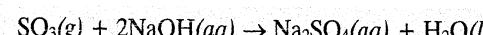
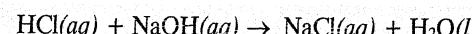
Γνωρίζεις ότι....

Έχει βρεθεί ότι υπάρχουν μικροοργανισμοί που μετατρέπουν τον Hg σε κατιόν μεθυλυδραργύρου, το οποίο μπαίνει στην βιολογική αλυσίδα, λόγω της μεγάλης τάσης του να αντιδρά με το θείο των πρωτεΐνων, σχηματίζοντας σταθερά σύμπλοκα με αμινοξέα, όπως κυστεΐνη, κυστίνη, μεθειονίνη. Η χημική συγγένεια αυτή μεταξύ Hg-S είναι υπεύθυνη για τα περισσότερα δηλητηριώδη αποτελέσματα του Hg στα βιολογικά συστήματα. Τελευταία ανιχνεύτηκαν ποσοστά υδραργύρου σε ψάρια που προορίζονταν για κατανάλωση. Έχοντας υπόψη την τοξικότητα του υδραργύρου κατανοούμε το μέγεθος της μόλυνσης του περιβάλλοντος, αφού οι ζωντανοί οργανισμοί μέσω παρόμοιων αλυσίδων γίνονται συλλέκτες αρκετών επικίνδυνων ουσιών.

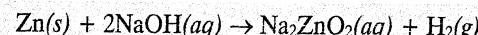
5.4.2 Φυσικές και χημικές ιδιότητες

Το NaOH είναι πολύ υγροσκοπικό στερεό που τήκεται στους 318°C . Τα διαλύματά του προοισβάλλουν τους ζωικούς και φυτικούς ιστούς και γενικά τις πρωτεΐνες, προκαλώντας ισχυρές αλλοιώσεις.

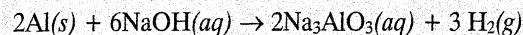
- Είναι ισχυρή βάση και αντιδρά με οξέα και τους ανυδρίτες τους δίνοντας προϊόντα εξουδετέρωσης:



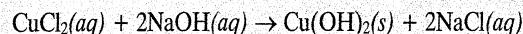
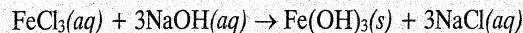
- Αντιδρά με ψευδάργυρο (Zn) και αργιλίο (Al) ελευθερώνοντας H_2 :



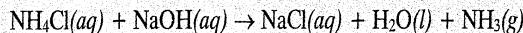
Γνωρίζεις ότι....
το SO_3 είναι ανυδρίτης του H_2SO_4 .
 $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$



- Προσθήκη διαλύματος NaOH σε áλατα μετάλλων έχει ως αποτέλεσμα την καταβύθιση δυσδιάλυτων υδροξειδίων των μετάλλων:



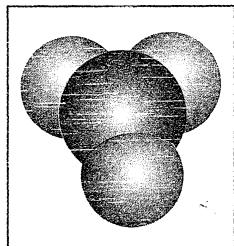
- Διασπά τα αμμωνιακά áλατα ελευθερώνοντας αμμωνία (NH_3):



5.4.3 Εφαρμογές

Οι κυριότερες χρήσεις του NaOH είναι:

- στην βιομηχανία για την παραγωγή τεχνητής μέταξας και υφαντικών ινών, σαπουνιών, χάρτου, ελαστικών, χημικών και φαρμακευτικών προϊόντων.
- στην διύλιση του πετρελαίου.
- στις ελαιουργικές βιομηχανίες.
- στην μετάλλουργία και την επεξεργασία των μετάλλων.
- σε διάφορες οικιακές χρήσεις (καθαρισμός από λιπαρές ουσίες σκευών, αποφράξεις σωληνώσεων κ.λ.π.).
- σαν αντιδραστήριο στην αναλυτική Χημεία.



Σχήμα 5.7. Το μόριο της αμμωνίας.

5.5 ΑΜΜΩΝΙΑ (NH_3)

Ελεύθερη η αμμωνία βρίσκεται στη φύση σε πολύ μικρά ποσά, ενώ είναι πολύ διαδεμένη υπό μορφή ενώσεων, κυρίως αμμωνιακών áλατων, óπως νιτρώδες αμμώνιο (NH_4NO_2), νιτρικό αμμώνιο (NH_4NO_3), ανθρακικό αμμώνιο

[$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$] και óξινο ανθρακικό αμμώνιο (NH_4HCO_3). Αυτά προέρχονται από την αποσύνθεση áξωτουών φυτικών και ζωικών υλών στο έδαφος.

Έτσι, η ουρία (NH_2CONH_2) που περιέχεται στα ούρα υδρολύεται προς ανθρακικό αμμώνιο, το οποίο τελικά διασπάται και δίνει αμμωνία σύμφωνα με τις αντιδράσεις:



Στα παράλια της νότιας Αμερικής υπάρχουν μεγάλες ποσότητες ενός υλικού που ονομάζεται γουναρό, το οποίο είναι πλούσιο σε NH_4HCO_3 . Το υλικό αυτό προέρχεται από την αποσύνθεση των περιττωμάτων των θαλασσίων πτηνών.

Στην ατμόσφαιρα υπάρχουν ίχνη αμμωνίας ενώ στο νερό της βροχής περιέχονται μικρές ποσότητες αμμωνιακών áλατων.

Γνωρίζεις ότι....

Οι πρωτεΐνες είναι οργανικά μακρομόρια που αποτελούν απαραίτητα συστατικά óλων των ζωντανών οργανισμών. Δομικές μονάδες των πρωτεΐνων είναι τα αμινοξέα. Όλες οι πρωτεΐνες αποτελούν συνδυασμούς μόνο είκοσι αμινοξέων. Αυτά οι οργανισμοί είντε τα συνθέτουν μόνοι τους είτε τα παίρνουν éτοιμα μέσω της αλυσίδας διατροφής. Μόνο τα ανώτερα φυτά είναι σε θέση να τα συνθέτουν και τα είκοσι. Η ικανότητα των οργανισμών να συνθέτουν αμινοξέα εξαρτάται από την ικανότητά τους να αξιοποιούν το áξωτο. Ανώτεροι οργανισμοί χρησιμοποιούν μόνο αμμωνία σαν πηγή áξωτου, τα φυτά αξιοποιούν τόσο την αμμωνία óσο και τα νιτρικά áλατα ενώ υπάρχουν μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούν για τις βιοσυνθετικές τους ανάγκες áξωτο από αμμωνία, νιτρικά και νιτρώδη áλατα áλλα και μοριακό áξωτο. Επειδή τα νιτρικά και τα νιτρώδη áλατα απαιτούν για την παραγωγή τους αμμωνία γίνεται εύκολα αντιληπτή η μεγάλη σημασία ανακάλυψης μεθόδου παραγωγής αμμωνίας με óσο το δυνατό μικρότερο κόστος.

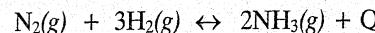
5.5.1 Βιομηχανική παρασκευή

Η αμμωνία παρασκευάζεται σήμερα με την μέθοδο Fritz-Haber. Σύμφωνα με αυτή το N_2 και το H_2 αντιδρούν σε υψηλές πιέσεις (150-200 atm ή και υψηλότερες) και θερμοκρασία 500°C και αποδίδουν NH_3 .

Το N_2 λαμβάνεται με κλασμάτωση από τον υγροποιημένο αέρα. Αρχικά, ο αέρας, αφού απαλλαγεί από την σκόνη, την υγρασία και το CO_2 , υγροποιείται και στην συνέχεια, ανεβάζοντας αργά την θερμοκρασία του, απομακρύνεται πρώτα το N_2 (-195,8°C) και κατόπιν το O_2 (-182,95°C).

Το υδρογόνο λαμβάνεται είτε από το CO και το μεθάνιο (CH_4), όταν αυτά αντιδράσουν σε κατάλληλες συνθήκες με H_2O , είτε ηλεκτρολυτικά.

Η αντίδραση που περιγράφει την μέθοδο είναι η ακόλουθη:



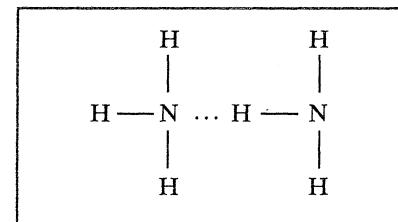
Παρόλο που η αντίδραση είναι εξώθερμη, απαιτείται η υψηλή θερμοκρασία για την επίτευξη ικανοποιητικής ταχύτητας αντίδρασης και καταλύτης που περιέχει κυρίως σίδηρο. Η αμμωνία που παράγεται ψύχεται και διαχωρίζεται από τα αέρια αντιδρώντα, τα οποία επανέρχονται στον αντίδραστό.

5.5.2 Φυσικές και χημικές ιδιότητες

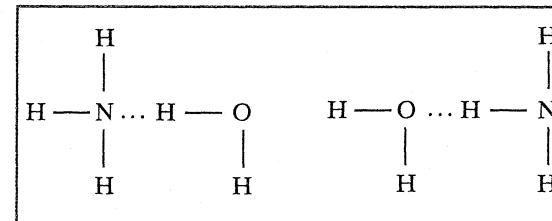
Η NH_3 είναι αέριο με χαρακτηριστικά έντονη και αποτνικτική οσμή, τοξικό σε υψηλές συγκεντρώσεις. Υγροποιείται στους -33,3°C και σε πίεση 1 atm ενώ το σημείο τήξης της στις ίδιες συνθήκες είναι -77,7°C.

Λόγω της μεγάλης διαφοράς ηλεκτροαρνητικότητας του αζώτου (3,04) με το υδρογόνο (2,20), οι τρεις ομοιοπολικοί δεσμοί N-H είναι πολωμένοι. Λόγω της πόλωσης αυτής αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων της αμμωνίας δεσμοί

υδρογόνου, στους οποίους αποδίδονται τα υψηλά σημεία ζέσης και τήξης της NH_3 σε σχέση με τα αναμενόμενα.

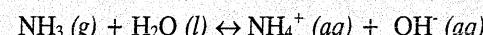


Δεσμοί υδρογόνου παρατηρούνται και στα υδατικά διαλύματα της NH_3 μεταξύ των μορίων της NH_3 και του νερού, οι οποίοι είναι της μορφής:



Διαλύεται εύκολα στο νερό και διατίθεται στο εμπόριο σαν διάλυμα 36% κ.β.

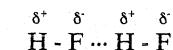
Η συμπεριφορά της σε υδατικά διαλύματα περιγράφεται από την αντίδραση:



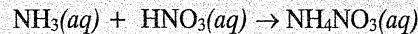
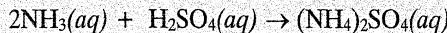
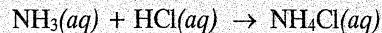
Έτσι, λοιπόν, είναι βάση κατά Arrhenius γιατί αυξάνει την συγκέντρωση OH^- του διαλύματος, κατά Bronsted και Lowry γιατί είναι δέκτης πρωτονίων από το νερό και κατά Lewis γιατί παρέχει ζεύγος ηλεκτρονίων στα πρωτόνια του νερού.

* Ως βάση (ασθενής), δίνει αντιδράσεις εξουδετέρωσης με οξέα σχηματίζοντας αμμωνιακά άλατα:

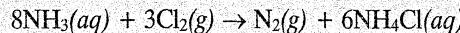
Γνωρίζεις ότι ...
δεσμός υδρογόνου είναι ο δεσμός μεταξύ πολικών μορίων που περιέχουν άτομο H ενωμένο με ομοιοπολικό δεσμό με άτομο στοιχείου με μεγάλη ηλεκτραρνητικότητα, όπως F, O, N. Το άτομο του υδρογόνου, που αποτελεί το θετικό τμήμα του διπόλου, έλκεται ηλεκτροστατικά, από το αρνητικό τμήμα του διπόλου γειτονικού μορίου που αποτελείται από το ηλεκτραρνητικό άτομο. Π.χ. στο HF



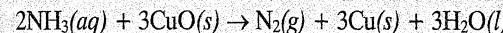
Γνωρίζεις ότι ...
στο εργαστήριο τα πυκνά διαλύματα της NH_3 χρησιμοποιούνται πάντοτε στον απαγωγό.



- Είναι ήπιο αναγωγικό μέσο και οξειδώνεται συνήθως σε άζωτο:



- Σε υψηλές θερμοκρασίες αντιδρά με μερικά οξείδια μετάλλων, όπως το οξείδιο του χαλκού (CuO) με αποτέλεσμα την αναγωγή τους στα αντίστοιχα μέταλλα:



Γνωρίζεις ότι ...

το ξέπλυμα των αζωτούχων λιπασμάτων από τις αγροτικές εκπατέσεις και άλλων αζωτούχων υλικών και η κατάληξη τους σε υπονόμους ή σε υδάτινες λεκάνες έχουν ως αποτέλεσμα την μόλυνση του νερού και την καταστροφή του ζωικού πληθυσμού.

5.5.3 Εφαρμογές

Η NH_3 αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή των αζωτούχων ενώσεων που είναι απαραίτητες για την βιομηχανία, όπως νιτρικό οξύ, ουρία, νιτρικό αμμώνιο, θειακό αμμώνιο, φωσφορικό αμμώνιο. Αρκετά μεγάλες ποσότητες της NH_3 σε διάλυμα χρησιμοποιούνται, επίσης, στην γεωργία και για την απ'ευθείας λίπανση του εδάφους.

Χρησιμοποιείται ακόμη:

- στη βιομηχανία εκρηκτικών, πλαστικών, συνθετικών υφάνσιμων υφών (όπως το νάιλον και το ζαγιγιόν), τροφίμων, απορρυπαντικών.
- στην παρασκευή χάρτου, όπου μπορεί να αντικαταστήσει τα άλατα του Ca κατά την παραγωγή του χαρτοποιού ή να χρησιμοποιηθεί στην διάλυση της καζεΐνης που απαιτείται σε ορισμένα είδη χάρτου.
- σε φαρμακοβιομηχανίες, για την σύνθεση φαρμάκων και βιταμινών.
- στην παραγωγή οξινού ανθρακικού και αν-

θρακικού νατρίου (NaHCO_3 , Na_2CO_3) με την μέθοδο Solvay.

- ως ψυκτικό μέσο, για την παραγωγή πάγου, για εγκαταστάσεις κλιματισμού, για ψυγεία κ.λ.π.
- στην μεταλλουργία, για τη δημιουργία αδρανούς ή αναγωγικής ατμόσφαιρας.
- ως αντιδραστήριο στην Αναλυτική Χημεία.
- στην ιατρική, σε περιπτώσεις τοιμπημάτων εντόμων και σε λιποθυμίες.

5.6 NEPO (H_2O)

5.6.1 Προέλευση

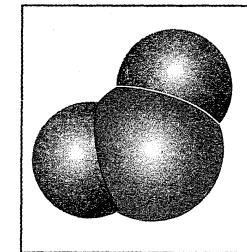
Το νερό καλύπτει το 75% της συνολικής επιφάνειας της γης και αποτελεί ταυτόχρονα και σημαντικό ποσοστό των ζωντανών οργανισμών τόσο του ζωικού όσο και του φυτικού κόσμου. Έτσι, σημαντικό μέρος της διατροφής μας περιέχει νερό σε υψηλά ποσοστά. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι τα φρούτα περιέχουν νερό σε ποσοστό 80-95%, τα κηπευτικά 70-95% και τα κρέατα 55-80% ανάλογα με το είδος.

Στην φύση συναντάται και στις τρεις φυσικές καταστάσεις:

Στερεό (πάγος), υγρό (νερό) και αέριο (υδρατμοί).

Ανάλογα με την προέλευσή του, διακρίνεται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

Ατμοσφαιρικό νερό: Προέρχεται από την βροχή και το χιόνι. Περιέχει μικρά ποσοστά προσμίξεων, κυρίως αερίων που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, όπως οξυγόνο (O_2), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), οξείδια του θείου ή και οργανικές ενώσεις. Αν η περιοχή είναι βιομηχανική, τότε το νερό περιέχει ποσότητες οξειδών του αζώτου και του θείου που το καθιστούν οξινό (όξινη βροχή).



Σχήμα 5.8.
Το μόριο του νερού.

Γνωρίζεις ότι ...

Όξινη βροχή : Είναι η βροχή που περιέχει σε υπολογίσμιμες ποσότητες τα οξέα HNO_3 και H_2SO_4 και το pH της είναι μικρότερο από 5,6. Τα οξέα αυτά δημιουργούνται σε περιοχές όπου υπάρχει εκπομπή οξειδίων του θείου και του αζώτου, αέρια που εκλύονται από τα αυτοκίνητα, από βιομηχανικές μονάδες (χυτήρια, διυλιστήρια κ.λ.π.), σταθμούς παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιούν ως καύσιμη ύλη γαιανθρακες ή πετρόλαιο, από αντίδραση του ατμοσφαιρικού N_2 και O_2 σε υψηλές θερμοκρασίες κ.λ.π.

Η οξινή βροχή αποτελεί παράγοντα μόλυνσης του οικοσυστήματος μια και έχει επιβλαβείς επιδράσεις στην ανάπτυξη φαρμάκων και άλλων υδροβίων οργανισμών, ιδιαίτερα σε περιοχές που περιέχουν ενώσεις μετάλλων όπως ψευδάργυρο, σίδηρο, μαγγάνιο και αργιλίο τα οποία και απελευθερώνει. Τα παραπάνω μεταλλοίδια είναι τοξικά σε μεγάλες ποσότητες. Ακόμη η οξινή βροχή είναι επιζήμια στις αγροτικές καλλιέργειες και τα δάση επειδή δυσχεραίνει την πρόσληψη αζώτου από τα φυτά, ενώ τέλος προκαλεί διάβρωση στις εξωτερικές επιφάνειες κατασκευών από μάρμαρο (αγάλματα, κτήρια κ.λ.π.), συχνά υψηλής πολιτιστικής αξίας.

Επιφανειακό νερό: Είναι το νερό των λιμνών των ποταμών και των θαλασσών. Περιέχει τις προσミξεις του ατμοσφαιρικού νερού, αλλά και πολλά άλατα διαλυμένα, όπως οξινά ανθρακικά (του ασβεστίου, του μαγνησίου του νατρίου του καλίου κ.λ.π.), θειακά, χλωριούχα κ.λ.π. σε ποσότητες που ποικίλουν. Το νερό των θαλασσών περιέχει χλωριούχο νάτριο και σε μικρότερες ποσότητες άλατα του μαγνησίου και του καλίου. Η συνολική περιεκτικότητά του σε άλατα είναι περίπου 3,5%. Το νερό των ποταμών και των λιμνών περιέχει ιλύν (λάσπη) και παθογόνους μικροοργανισμούς με αποτέλεσμα να είναι ακατάλληλο ως πόσιμο νερό.

Γνωρίζεις ότι ...

η πυκνότητα της υγρής μορφής είναι μεγαλύτερη της στερεής, με αποτέλεσμα, οι πάγοι πάντα να ε-

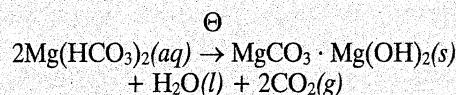
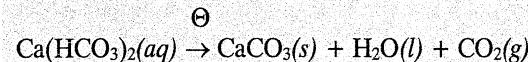
πιπλέουν και να διατηρείται έτσι η ζωή σε λίμνες, ποτάμια και θάλασσες σε όλες τις καιρικές συνθήκες. Η διαφορά αυτή στην πυκνότητα οφείλεται στους δεσμούς υδρογόνου που σχηματίζουν τα μόρια του νερού ακόμα και σε στερεή μορφή. Στον πάγο υπάρχουν εναλλάξ δεσμοί ομοιοπολικοί και υδρογόνου. Έτσι, η δομή του πάγου αφήνει πολλά διάκενα με αποτέλεσμα η πυκνότητά του να είναι μικρότερη ($\rho=0,9168 \text{ g/cm}^3$ στους 0°C) σε σχέση με το νερό στην ίδια θερμοκρασία ($0,9998 \text{ g/cm}^3$). Όταν ο πάγος τήκεται, σπάνε αρχετοί δεσμοί υδρογόνου και μόρια νερού μπαίνουν στα διάκενα, με αποτέλεσμα η πυκνότητα να αυξάνεται μέχρι τους 4°C οπότε αποκτά την τιμή $1,0000 \text{ g/cm}^3$. Πάνω από την θερμοκρασία αυτή η πυκνότητα μειώνεται κανονικά αυξανομένης της θερμοκρασίας. Στους δεσμούς υδρογόνου οφείλονται και τα υψηλά σημεία ζέσης και τήξης του νερού (100°C και 0°C αντίστοιχα).

Υπόγειο νερό: Είναι το νερό των πηγών, των θερμών πηγών, των πιδάκων και των φρεάτων. Περιέχει πάντα εν διαλύσει άλατα και η σύστασή του εξαρτάται από την σύσταση του εδάφους και του υπεδάφους που διαπερνά το ατμοσφαιρικό και επιφανειακό νερό, πριν καταλήξει στις υπόγειες δεξαμενές. Διακρίνεται για την υψηλή διαύγεια και την απουσία προσμίξεων οργανικής φύσης, λόγω του φιλτραρίσματος του από το έδαφος και το υπέδαφος.

5.6.2 Σκληρότητα του νερού

Η σκληρότητα είναι ένας όρος με τον οποίο εκφράζεται η περιεκτικότητα του νερού σε ευδιάλυτα άλατα κυρίως του ασβεστίου και του μαγνησίου. Διακρίνεται σε παροδική και μόνιμη.

Η παροδική οφείλεται στα οξινά ανθρακικά άλατα του ασβεστίου (Ca) και του μαγνησίου (Mg) και μειώνεται με τον βρασμό επειδή τα άλατα αυτά διασπώνται και καταβυθίζονται σύμφωνα με τις αντιδράσεις:



Γνωρίζεις ότι ...
 η σχέση γαλλικών και γερμανικών βαθμών βρίσκεται ως εξής:
 1f περιέχει 40/100 g Ca
 1d περιέχει 40/56 g Ca
 Διαιρώντας κατά μέλη
 $1f/1d = 56/100 \Leftrightarrow 1f = 0,56 d$
 Δίνονται:
 AB Ca=40,
 MB CaCO₃=100,
 MB CaO=56

Η παροδική σκληρότητα δημιουργεί προβλήματα στους βραστήρες, στους χημικούς αντιδραστήρες και στους εναλλάκτες θερμότητας, λόγω της εναπόθεσης των ζημάτων αυτών στα τοιχώματα των συσκευών, με αποτέλεσμα την μειωμένη απόδοσή τους.

Η μόνιμη σκληρότητα οφείλεται στα ευδιάλυτα χλωριούχα και θειικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνητίου, που δεν απομακρύνονται με τον βρασμό.

Το άθροισμα της παροδικής και της μόνιμης σκληρότητας αποτελεί την **ολική σκληρότητα** του νερού. Η ολική σκληρότητα μετράται χυρίως σε γαλλικούς και γερμανικούς βαθμούς:

1 γαλλικός βαθμός : 1f = 10mg CaCO₃ ανά 1L H₂O
 1 γερμανικός βαθμός : 1d = 10mg CaO ανά 1L H₂O

Η αντιστοιχία ανάμεσα σε Γαλλικούς και Γερμανικούς βαθμούς δίνεται από τις σχέσεις:

$$1f = 0,56d \\ 1d = 1,79f$$

Ανάλογα με την σκληρότητά του σε Γερμανικούς βαθμούς το νερό διακρίνεται σε:

πολύ μαλακό	0 - 4d
μαλακό	4 - 8d
μέτρια σκληρό	8 - 12d
αρκετά σκληρό	12 - 18d
σκληρό	18 - 30d
πολύ σκληρό	> 30d

5.6.3 Χρήσεις του νερού

Το νερό χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς της ζωής μας. Είναι απαραίτητο στην βιομηχανία, στην γεωργία, αλλά και στην καθημερινή μας ζωή για οικιακή χρήση.

Ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται, το νερό πρέπει να ανταποκρίνεται σε κάποιες προδιαγραφές.

Έτοιμο προορίζεται για οικιακή και βιομηχανική χρήση δεν πρέπει να έχει μεγάλη ολική σκληρότητα, γιατί προκαλεί διάβρωση των συσκευών (βραστήρες, θερμοσίφωνες, πλυντήρια κ.λ.π.).

Το πόσιμο νερό πρέπει να περιέχει ορισμένη ποσότητα αέρος και ανοργάνων αλάτων (0,1 - 0,5 g/L), να μην περιέχει οργανικές ουσίες και παθογόνους μικροοργανισμούς, να είναι διαυγές, άσημο και να έχει ευχάριστη γεύση.

Σήμερα, έχουν θεσπισθεί αυστηρές προδιαγραφές για τις ιδιότητες που πρέπει να έχει το νερό ανάλογα με τη χρήση του. Έτοιμο, υπάρχουν ειδικές προδιαγραφές για το νερό άρδευσης, ιχθυοκαλλιέργειας, κολύμβησης, κ.λ.π.

Το νερό που λαμβάνεται από τη φύση, ανάλογα με την προέλευσή του, πρέπει να υποστεί ορισμένες διεργασίες οι οποίες θα βελτιώσουν την ποιότητά του και θα το καταστήσουν κατάλληλο για τη χρήση, για την οποία προορίζεται.

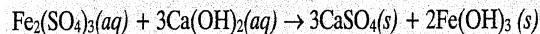
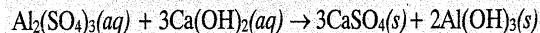
Οι βασικότερες διεργασίες που ακολουθούνται για τον καθαρισμό του νερού που προορίζεται για ίδρευση, είναι οι εξής:

• Καταβύθιση σωματιδίων.

Αυτή γίνεται με την δύναμη της βαρύτητας ή με την χρήση κροκιδωτικών ουσιών, όπως θειικό αργιλίο ή θειικό τρισθενή σίδηρο, (Al₂(SO₄)₃, Fe₂(SO₄)₃), οπότε απομακρύνονται πολύ λεπτά σωματίδια, αλλά και ουσίες πρωτεΐνικής φύσης. Τα ιόντα του αργιλίου Al³⁺ και του σιδήρου Fe³⁺ σχηματίζουν σε αλκαλικό περιβάλλον αδιάλυτα υδροξείδια, τα οποία καταβυθίζομενα συμπαρασύουν τα παραπάνω συστατικά. Συνήθως, χρησιμοποιούνται με ταυτόχρονη προσθήκη υδροξειδίου του ασβεστίου (Ca(OH)₂):

Γνωρίζεις ότι ...

ο δεσμός υδρογόνου-οξυγόνου στο νερό είναι ομοιοπολικός και εμφανίζει πολικότητα εξ αιτίας της μεγαλύτερης τιμής ηλεκτροδρομητικότητας του οξυγόνου σε σχέση με το υδρογόνο (3,44 με 2,20). Οι δύο δεσμοί H-O σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 104° 50', με αποτέλεσμα να αλληλοεξουδετερώνονται και έτσι το μόριο του νερού να εμφανίζει μεγάλη διπολική ροπή. Έτοιμο νερό είναι ένας πολύ καλός διαλύτης για πολλές ουσίες και ιδιαίτερα για πολικές.



• Διήθηση.

Χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των ιζημάτων και των σωματιδίων που απέμειναν στο νερό και γίνεται με διαβίβαση αυτού μέσω στρώματος άμμου ή χαλικιών.

• Απολύμανση.

Γίνεται για την απομάκρυνση οργανικών υλών και την εξόντωση βακτηρίων, μυκήτων και άλλων παθογόνων μικροοργανισμών. Πραγματοποιείται συνήθως με την χρήση αερίου χλωρίου και υποχλωριωδών αλάτων (κυρίως υποχλωριώδους νατρίου, NaOCl), τα οποία είναι πολύ δραστικά έναντι των βακτηρίων και των ιών. Χρησιμοποιείται επίσης δύον (O_3) και ακτινοβολίες UV και γ.

• Απαερίωση.

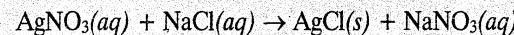
Γίνεται για την απομάκρυνση αερίων, όπως υδρόθειο (H_2S), διοξείδιο του θείου (SO_2) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και διαφόρων πτητικών οργανικών ενώσεων που δίνουν δυσάρεστη οσμή στο νερό. Κατά κανόνα, πραγματοποιείται με διαβίβαση αέρα υπό πίεση μέσα στο νερό ή με αερισμό σε ανοικτές δεξαμενές.

ΠΕΙΡΑΜΑ 5.2

Σκοπός του πειράματος είναι να ανιχνεύσουμε την ύπαρξη ιόντων χλωρίου Cl^- στο πόσιμο νερό.

Μέθοδος:

Σε δύο ποτήρια ζέστης των 100 mL που περιέχουν το μεν πρώτο νερό βρύσης, το δε δεύτερο αποσταγμένο νερό, προσθέτουμε με σταγονόμετρο 10 σταγόνες διαλύματος AgNO_3 (0,5M). Στο πρώτο ποτήρι παρατηρείται σχηματισμός λευκού θολώματος, ενώ στο δεύτερο δεν συμβαίνει καμία μεταβολή. Το θόλωμα είναι ίζημα χλωριούχου αργύρου, που σχηματίζεται σύμφωνα με την αντίδραση:

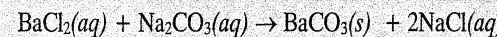


ΠΕΙΡΑΜΑ 5.3

Σκοπός του πειράματος είναι να ανιχνεύσουμε την ύπαρξη ανθρακικών ιόντων, CO_3^{2-} , στο πόσιμο νερό.

Μέθοδος:

Σε δύο ποτήρια ζέστης των 100 mL που περιέχουν το μεν πρώτο νερό βρύσης το δε δεύτερο αποσταγμένο νερό (περίπου 50 mL το καθένα), προσθέτουμε 5mL διαλύματος BaCl_2 (0,5M). Στο πρώτο ποτήρι παρατηρείται σχηματισμός λευκού θολώματος, ενώ στο δεύτερο δεν συμβαίνει καμία μεταβολή. Το θόλωμα είναι ίζημα ανθρακικού βαρίου, που σχηματίζεται σύμφωνα με την αντίδραση:

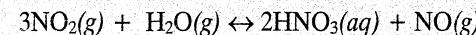
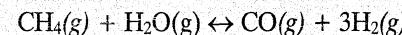


5.6.4 Βιομηχανική χρήση του νερού

Το νερό χρησιμοποιείται στην βιομηχανία με πολλούς διαφορετικούς τρόπους.

Σε μερικές βιομηχανίες αποτελεί βασικό συστατικό των χημικών αντιδράσεων, όπως για παράδειγμα στην παραγωγή υδρογόνου (H_2), θειού οξέος (H_2SO_4), νιτρικού οξέος (HNO_3), υδροξειδίου του νατρίου (NaOH), υδροξειδίου του καλίου (KOH) και άλλων βάσεων, στις βιομηχανίες σόδας και σε διάφορες αντιδράσεις υδρόλυσης.

Για παράδειγμα:



Σε άλλες περιπτώσεις αποτελεί προϊόν των

Γνωρίζεις ότι ...

- Το ιόν του αργύρου Ag^+ είναι οξειδωτικό και είναι δυνατόν όταν έρθει σε επαφή με το δέρμα να αφήσει μαύρες κηλίδες σ' αυτό. Αν συμβεί αυτό πλέοντας το δέρμα με αραιό διάλυμα ιωδιούχου καλίου (KI) και στην συνέχεια με άφθονο νερό.

- Επειδή τα άλατα του αργύρου παθαίνουν φωτοχημική διάσπαση φυλάσσονται πάντα σε σκουρόχρωμες φιάλες.

Γνωρίζεις ότι ...

Βαρύ νερό: Ο χημικός του τύπος είναι D_2O . Η διαφορά του από το νερό είναι ότι περιέχει το ισότοπο του υδρογόνου, το δευτέριο το οποίο έχει περίπου διπλάσια μάζα από το H_2 μια και ο πυρήνας του περιέχει ένα πρωτόνιο και ένα νετρόνιο. Παρασκευάζεται με ηλεκτρολυση του νερού, οπότε ελευθερώνεται στην κάθοδο H_2 και το διάλυμα της ηλεκτρολυσης εμπλουτίζεται σε D_2O . Χρησιμοποιείται σαν επιβραδυντής νετρονίων στους πυρηνικούς αντιδραστήρες και στο εργαστήριο σαν ιχνηθέτης για παρακολούθηση του μηχανισμού χημικών και βιοχημικών φαινομένων.

χημικών αντιδράσεων (π.χ. περιπτώσεις ξηροής απόσταξης ξύλου και άλλων καυσίμων).

Στην μεταλλουργία και στην ελαφρό αβιομηχανία χρησιμοποιείται:

- ως διαλύτης στερεών, υγρών ή και αερίων ουσιών,
 - στις εκπλύσεις αερίων ή στερεών για την απομάκρυνση των προσιμέζεων,
 - στον σχηματισμό πολτών κατά τον εμπλουτισμό με την μέθοδο της επίπλευσης κ.λ.π..
- Σε πολλές βιομηχανίες το νερό χρησιμοποιείται σαν υλικό μεταφοράς θερμότητας για:
- την απομάκρυνση της θερμότητας που απελευθερώνεται από τις εξώθερμες αντιδράσεις,
 - την συμπύκνωση ατμών,
 - την θέρμανση τών αντιδράσεων για την αύξηση της ταχύτητας της αντίδρασης,
 - την παροχή θερμότητας σε ενδόθερμες αντιδράσεις,
 - την θέρμανση των αποστακτήρων,
 - την παραγωγή ενέργειας.

Η ανταλλαγή θερμότητας γίνεται συνήθως μέσω τοιχωμάτων.

Επειδή καθημερινά καταναλώνονται τεράστιες ποσότητες νερού στις βιομηχανίες εγκαταστάσεις, μεγάλο ποσοστό από αυτό, ειδικά το νερό που χρησιμοποιείται σε ανταλλαγές θερμότητας, ψύχεται ή καθαρίζεται μετά την χρήση του και επαναχρησιμοποιείται. Το νερό αυτό λέγεται ανακυκλώσιμο.

Η κινητική ενέργεια του νερού είναι εκμεταλλεύσιμη στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

5.6.5 Αποσκλήρυνση του νερού

Η σκληρότητα του νερού δημιουργεί σημαντικά προβλήματα στην βιομηχανία ιδιαίτερα στις συσκευές παραγωγής και μεταφοράς θερμού νερού. Στις περιπτώσεις αυτές είναι απαραίτητο να γίνει αποσκλήρυνση του νερού, δηλαδή απομάκρυνση από αυτό των αλάτων του ασβεστίου και του μαγνησίου.

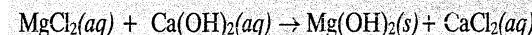
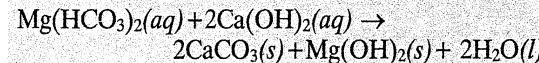
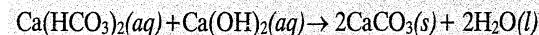
Όπως ήδη αναφέρθηκε, με τον βρασμό δια-

σπώνται τα οξινά ανθρακικά άλατα του Ca και του Mg και καταβυθίζονται ως ιζήματα $CaCO_3$ και $MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2$. Έτοιμα, μειώνεται μόνο η παροδική σκληρότητα του νερού.

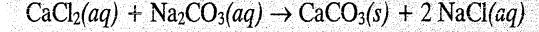
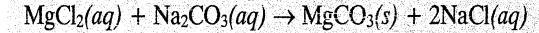
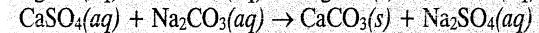
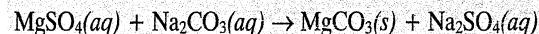
Στην βιομηχανία χρησιμοποιούνται συνδυασμένες μέθοδοι απομάκρυνσης τόσο της παροδικής όσο και της μόνιμης σκληρότητας. Οι διεργασίες αυτές γίνονται με χρήση υδροξειδίου του ασβεστίου ($Ca(OH)_2$), ανθρακικού νατρίου (Na_2CO_3) και φωσφορικού νατρίου (Na_3PO_4), που αν χρησιμοποιηθούν κατάλληλα οδηγούν σε πλήρη αποσκλήρυνση του νερού.

Αναλυτικά οι διεργασίες αυτές έχουν ως εξής:

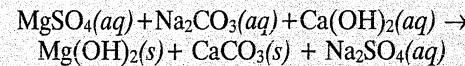
• **Επεξεργασία με $Ca(OH)_2$:** Με τη μέθοδο αυτή απομακρύνεται η παροδική σκληρότητα και μέρος της μόνιμης. Οι αντιδράσεις καταβύθισης που συμβαίνουν είναι οι ακόλουθες:



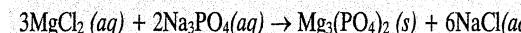
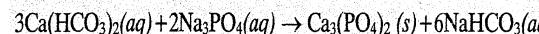
• **Επεξεργασία με Na_2CO_3 :** Χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση της μόνιμης σκληρότητας. Οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι οι παρακάτω:



Αν συνδυασθούν οι δύο πρώτες μέθοδοι, η συνολική αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι:



• Επεξεργασία με Na_3PO_4 : Στην περιπτώση αυτή τα ιζήματα που σχηματίζονται έχουν μικρότερη διαλυτότητα από εκείνα των προηγουμένων μεθόδων, πράγμα που καθιστά την μέθοδο αυτή πιο αποτελεσματική. Οι αντιδράσεις που συμβαίνουν είναι οι ακόλουθες:



Όταν απαιτείται καλλίτερη αποσκλήρυνση του νερού ή απομάκρυνση όλων των κατιόντων και των ανιόντων από αυτό (απιονισμός) χρησιμοποιούνται οι **ιοντοανταλλακτικές ρητίνες**. Αυτές είναι δύο ειδών, οι κατιονικές και οι ανιονικές.

Οι κατιονικές ρητίνες έχουν την ικανότητα να ανταλλάσσουν τα ιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+} με ιόντα Na^+ ή H^+ .

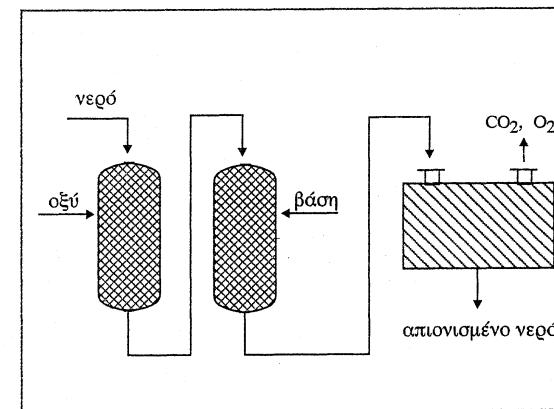
Οι ανιονικές ρητίνες ανταλλάσσουν τα ανιόντα Cl^- , $(\text{SO}_4)^{2-}$ και άλλα με ιόντα OH^- .

Για την αποσκλήρυνση του νερού χρησιμοποιούνται μόνο οι κατιονικές ρητίνες που ανταλλάσσουν τα ιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+} με ιόντα Na^+ . Τα άλατα του νατρίου σε αντίθεση με τα άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου είναι ευδιάλυτα και δεν δημιουργούν προβλήματα κατά την θέρμανση του νερού.

Για τον απιονισμό του νερού χρησιμοποιούνται κατιονικές και ανιονικές ρητίνες. Αρχικά το νερό διαβιβάζεται στην κατιονική ρητίνη που ανταλλάσσει όλα τα κατιόντα του νερού με ιόντα H^+ . Στην συνέχεια διέρχεται μέσα από την ανιονική ρητίνη, όπου απομακρύνονται όλα τα ανιόντα του νερού και ανταλλάσσονται με OH^- . Με τον τρόπο αυτό το νερό υφίσταται πλήρη αφαλάτωση.

Οι ρητίνες αυτές δεν χρησιμοποιούνται επ' αριστο. Μετά την διέλευση ορισμένης ποσότητας νερού η ρητίνη αναγεννάται (απομακρύνονται δηλαδή απ' αυτή τα δεσμευμένα κατιόντα και ανιόντα) και ξαναχρησιμοποιείται. Η αναγέννηση της κατιονικής ρητίνης γίνεται με χρήση

πυκνού υδατικού διαλύματος NaCl ή διαλύματος H_2SO_4 , ενώ της ανιονικής με χρήση πυκνού υδατικού διαλύματος NaOH .



Σχήμα 5.9. Διάγραμμα ροής μονάδας παραγωγής απιονισμένου νερού με ρητίνες.

Οι χημικές βιομηχανίες και οι φαρμακοβιομηχανίες χρησιμοποιούν συνήθως απιονισμένο νερό. Ειδικά στις φαρμακοβιομηχανίες, το νερό δεν πρέπει να περιέχει κανενός είδους παθογόνους μικροοργανισμούς.

5.7 ΟΞΙΝΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΝΑΤΡΙΟ (NaHCO_3) ΚΑΙ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΝΑΤΡΙΟ (Na_2CO_3)

5.7.1 Βιομηχανική παρασκευή των NaHCO_3 και Na_2CO_3

Η μέθοδος που εφαρμόζεται σήμερα για την παρασκευή και των δύο ανθρακικών αλάτων είναι η μέθοδος Solvay. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

1^o στάδιο: Διάσπαση του CaCO_3 σε οξείδιο του

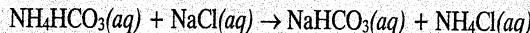
ασβεστίου (CaO) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) σε θερμοκρασία $\sim 1200^\circ\text{C}$:



2^o στάδιο: Διάλυση του CO_2 σε διάλυμα NH_3 και παραγωγή όξινου ανθρακικού αμμωνίου:

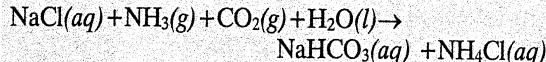


3^o στάδιο: Αντίδραση του NH_4HCO_3 με NaCl :



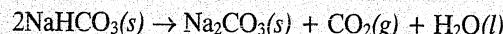
Η ύπαρξη της NH_3 είναι απαραίτητη, γιατί η διαλυτοποίηση του CO_2 σε NaCl είναι περιορισμένη.

Η συνολική αντίδραση που περιγράφει την διαδικασία είναι η ακόλουθη:



Το τελικό διάλυμα συμπυκνώνεται και ψύχεται οπότε το NaHCO_3 λόγω της μικρότερης διαλυτότητας από τα άλλα άλατα καταβυθίζεται και διηθείται.

Πύρωση του NaHCO_3 έχει σαν αποτέλεσμα την διάσπαση του σε Na_2CO_3 :

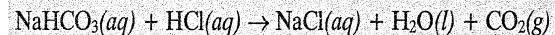


5.7.2 Εφαρμογές

Τόσο NaHCO_3 , όσο και το Na_2CO_3 είναι γνωστά και με τις εμπορικές τους ονομασίες μαγειρική σόδα και σόδα εμπορίου αντίστοιχα.

Το NaHCO_3 χρησιμοποιείται ως συστατικό στην

μαγειρική και την ζαχαροπλαστική (ως διογκωτικό), στα αναβράζοντα δισκία, στις οδοντόκρεμες, στα αναψυκτικά, στην εξουδετέρωση γαστρικών υγρών κ.λ.π.. Η δράση του στις περιπτώσεις αυτές οφείλεται στην ιδιότητά του να διασπάται σε όξινο περιβάλλον, σύμφωνα με την αντίδραση:



Ακόμα χρησιμοποιείται σαν μαλακτικό πλυντηρίων ρούχων, στην πλήρωση πυροσβεστήρων, για καθαρισμό ασημικών και ευαίσθητων ρούχων, για απορρόφηση οσμών κ.λ.π..

Το Na_2CO_3 χρησιμοποιείται ως συστατικό στην παρασκευή γυαλιού και την αποσκλήρυνση του νερού. Σε μικρότερη κλίμακα, χρησιμοποιείται στην μεταλλουργία, στις σαπωνοποιίες, στη φαρμακοβιομηχανία, στις βιομηχανίες χάρτου, ζάχαρης, τροφίμων, χρωμάτων κ.λ.π..

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Το HCl παρασκευάζεται είτε με απέυθειας αντίδραση των συστατικών του ή με επίδραση πυκνού H_2SO_4 σε NaCl. Αντιδρά με μέταλλα ηλεκτροθετικότερα από το H. Οξειδώνεται προς αέριο Cl_2 . Έχει ευρύτατη εφαρμογή στην βιομηχανία και το χημικό εργαστήριο.
- Το H_2SO_4 παρασκευάζεται κυρίως με την μέθοδο επαφής, από την καύση του S. Οι χημικές του ιδιότητες αφορούν στη δράση του ως ισχυρού οξέος, αφυδατικού μέσου, οξειδωτικού (στα πυκνά και θερμά διαλύματά του) και ως μέσου σουλφωσης. Χρησιμοποιείται στην χημική βιομηχανία.
- Το HNO_3 παρασκευάζεται με καταλυτική οξείδωση της NH_3 (μέθοδος Ostwald). Είναι ισχυρό οξύ δραντάς οξειδωτικά, τόσο σε αραιά, όσο και σε πυκνά διαλύματά του. Χρησιμοποιείται στην νίτρωση οργανικών ενώσεων, στην βιομηχανία λιπασμάτων, εκρηκτικών κ.λ.π..
- Το NaOH παρασκευάζεται με ηλεκτρόλυση πυκνών διαλυμάτων NaCl. Είναι ισχυρή βάση και αντιδρά με οξέα, Zn και Al. Χρησιμοποιείται στην βιομηχανία σάπωνος, την χαρτοβιομηχανία, βιομηχανία ελαστικών, στην μεταλλουργία κ.λ.π..
- Η NH_3 παρασκευάζεται από τα συστατικά της υπό υψηλή πίεση και θερμοκρασία παρουσία καταλυτών. Στα υδατικά της διαλύματα συμπεριφέρεται ως ασθενής βάση, ενώ είναι ήπιο αναγυρικό μέσο, που οξειδώνεται συνήθως σε N_2 . Χρησιμοποιείται στην παραγωγή λιπασμάτων, HNO_3 και εκρηκτικών υλών.
- Το H_2O διακρίνεται σε ατμοσφαιρικό, επιφανειακό και υπόγειο. Ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε ευδιάλυτα άλατα του Ca και του Mg διακρίνεται σε μαλακό, μέτρια σκληρό και σε σκληρό. Η σκληρότητά του μπορεί αν είναι παροδική, μόνιμη, ή και των δύο τύπων ταυτόχρονα. Η αποσκλήρυνση του H_2O στη βιομηχανία γίνεται με επεξεργασία του με $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3 , Na_3PO_4 και ιοντοανταλλακτικές ορτίνες.
- Το Na_2CO_3 και το $NaHCO_3$ παρασκευάζονται από NH_3 και $CaCO_3$ με την μέθοδο Solvay. Χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία τροφίμων, στην ζαχαροτλαστική, στην βιομηχανία γυαλιού κ.λ.π..

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

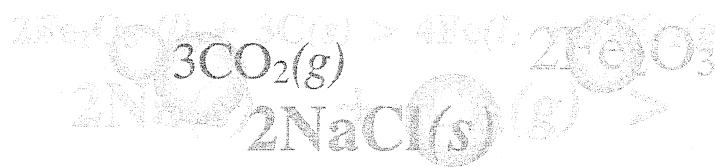
1. Πώς παρασκευάζεται το υδροχλωρικό οξύ; Ποιες είναι οι κυριότερες χημικές του ιδιότητες; Να γραφούν οι χημικές εξισώσεις των αντιστοιχων αντιδράσεων.
2. 10mL υδροχλωρικού οξέος 1M αντιδρούν πλήρως με διάλυμα $KMnO_4$ 0,05M. Να υπολογισθεί ο όγκος του διαλύματος $KMnO_4$ που καταναλώθηκε και ο όγκος του αερίου που εκλύθηκε σε κανονικές συνθήκες.
3. Περιγράψτε την παρασκευή H_2SO_4 με την μέθοδο επαφής. Να δοθούν όλες οι σχετικές αντιδράσεις.
4. Γιατί δε διοχετεύουμε το SO_3 σε νερό αλλά σε υδατικό διάλυμα H_2SO_4 ;
5. Ποιες είναι οι κυριότερες χημικές ιδιότητες του H_2SO_4 ; Να γραφούν όλες οι σχετικές χημικές εξισώσεις των αντιστοιχων αντιδράσεων.
6. Ποιες αντιδράσεις λέμε μερικής και ποιες πλήρους εξουδετέρωσης; Να γραφούν παραδείγματα με αντιδρώντα υδατικά διαλύματα του NaOH και του H_2SO_4 .
7. Πώς επιδρά το αραιό υδατικό διάλυμα του H_2SO_4 και πώς το πυκνό και θερμό του διάλυμα σε μέταλλα;
8. Να γραφούν οι αντιδράσεις επίδρασης του αραιού H_2SO_4 , και του πυκνού θερμού H_2SO_4 , σε Fe, Al, και Cu.
9. Πώς αραιώνουμε πυκνό διάλυμα H_2SO_4 και γιατί;
10. Πού χρησιμοποιείται το H_2SO_4 ;
11. Πώς παράγεται το HNO_3 με την μέθοδο Ostwald; Να γραφούν οι σχετικές αντιδράσεις.
12. Ποιες είναι οι κυριότερες χημικές ιδιότητες του HNO_3 . Να γραφούν αντιπροσωπευτικές αντιδράσεις.
13. Πώς επιδρά το αραιό και πώς το πυκνό διάλυμα του HNO_3 στα μέταλλα Zn, Cu και Fe. Να γραφούν οι αντιδράσεις.

14. Πού χρησιμοποιείται το HNO_3 ;
15. Πώς παρασκευάζεται το NaOH με ηλεκτρόλυση διαλύματος NaCl ;
16. Τι προβλήματα δημιουργούνται κατά την ηλεκτρόλυση διαλύματος NaCl αν χρησιμοποιηθεί κάθοδος Hg ;
17. Πώς επιδρά το NaOH στον Zn , στο Al και στα αμμωνιακά άλατα; Να γραφούν οι σχετικές αντιδράσεις.
18. Πού χρησιμοποιείται το NaOH ;
19. Γιατί έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η μέθοδος παραγωγής της NH_3 ώστε να αποδώσει στον εφευρέτη της βραβείο Nobel;
20. Περιγράψτε την μέθοδο λήψης του N_2 από τον αέρα.
21. Πώς γίνεται η σύνθεση της NH_3 ;
22. Πού οφείλονται τα υψηλά σημεία ζέσης και τήξης της NH_3 ;
23. Να εξηγηθεί ο βασικός χαρακτήρας της NH_3 .
24. Ποιες είναι οι κυριότερες χημικές ιδιότητες της NH_3 ; Να γραφούν αντιπροσωπευτικές αντιδράσεις.
25. Πού χρησιμοποιείται η NH_3 ;
26. Σε ποιες κατηγορίες διακρίνεται το νερό ανάλογα με την πρέλευσή του;
27. Γιατί το νερό είναι καλός διαλύτης και ιδιαίτερα για τις πολικές ενώσεις;
28. Να δοθούν επιγραμματικά οι διεργασίες που χρησιμοποιούνται για να καταστεί το νερό πόσιμο..
29. Πώς γίνεται η κροκίδωση των σωματιδίων που περιέχονται στο νερό;
30. Με ποιους τρόπους γίνεται η απολύμανση του νερού;
31. Πώς χρησιμοποιείται το νερό στην βιομηχανία;

32. Τι γνωρίζεται για το βαρύ νερό;
33. Τι είναι η σκληρότητα του νερού, πού οφείλεται, σε τι διακρίνεται και σε τι μετράται;
34. Πού οφείλεται η παροδική και πού η μόνιμη σκληρότητα;
35. Γιατί η παροδική σκληρότητα δημιουργεί προβλήματα στους βραστήρες;
36. Πώς γίνεται η αποσκλήρυνση του νερού με προσθήκη $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2CO_3 και Na_3PO_4 . Να δοθούν αντιπροσωπευτικές αντιδράσεις.
37. Πώς γίνεται η αποσκλήρυνση του νερού με χρήση ιοντοανταλλακτικών ρητινών; Πώς αναγεννώνται οι παραπάνω ρητίνες;
38. Πώς παρασκευάζονται τα άλατα NaHCO_3 και Na_2CO_3 με την μέθοδο Solvay. Να δοθούν οι σχετικές αντιδράσεις.
39. Πού χρησιμοποιούνται τα άλατα NaHCO_3 και Na_2CO_3 .
40. Πόσα g στερεού υδροξειδίου του νατρίου NaOH , απαιτούνται:
 - A. για να παρασκευασθούν 400mL διαλύματος 0,2M
 - B. για να παρασκευασθεί διάλυμα όγκου 200mL και περιεκτικότητας 10%ο.ο.
 - C. για να αντιδράσουν με 0,54g αργιλίου. Στην περίπτωση αυτή, πόσα L αερίου ελευθερώνονται σε Κ.Σ.
41. Διαθέτουμε πυκνό διάλυμα HNO_3 16M.
 - A. Πόσος όγκος του πυκνού διαλύματος απαιτείται για την παρασκευή διαλύματος όγκου 100mL και περιεκτικότητας 0,1M;
 - B. Πόσος όγκος καστανέρουθρου αερίου, μετρημένος σε Κ.Σ., ελευθερώνεται, όταν όγκος 10mL του πυκνού διαλύματος αντιδράσει με μεταλλικό ψευδάργυρο;
42. Το πυκνό διάλυμα του θειικού οξέος, H_2SO_4 , είναι 18M.
 - A. Πόσα mL του πυκνού διαλύματος απαιτούνται για να παρασκευασθεί διάλυμα όγκου 1L και περιεκτικότητας 0,9M. Τι %ο.ο. περιεκτικότητα έχει το διάλυμα αυτό;
 - B. Πόσα mol αερίου SO_2 ελευθερώνονται, όταν 10mL του πυκνού διαλύματος αντιδράσουν με αργιλίο; Ποια είναι η μάζα του Al που αντέδρασε;

Γ. 10mL του διαλύματος H_2SO_4 0,9M, αντιδρούν με σόδηρο. Να υπολογισθεί ο όγκος του αερίου που ελευθερώνεται σε Κ.Σ.

43. Διαθέτουμε διάλυμα NH_3 0,25M. Τι όγκος του διαλύματος αυτού απαιτείται:
- A. για να αντιδράσει με 10mL διαλύματος HCl 0,1M;
 - B. για να αντιδράσει με 0,06mol αερίου Cl_2 . Πόσος όγκος αερίου ελευθερώνεται μετρημένος σε Κ.Σ.;
 - Γ. για να αντιδράσει με 9,54g CuO ; Να υπολογισθεί η μάζα του μετάλλου που καταβυθίσθηκε.



Γλωσσάρι

Αδρανής ατμόσφαιρα: Τεχνητό περιβάλλον από αέρια που δεν εκδηλώνουν χημική δραστικότητα.

Αέρια φάση: Κατάσταση της ύλης, η οποία δεν έχει καθορισμένο όγκο και σχήμα. Καταλαμβάνει όλο το χώρο που της διατίθεται.

Αλδεΰδες: Οργανικές ενώσεις, οι οποίες περιέχουν την χαρακτηριστική ομάδα -CHO. Π.χ. φορμαλδεΰδη $HCHO$, ακεταλδεΰδη CH_3CHO , βενζαλδεΰδη C_6H_5CHO κ.λ.π.

Αλειφατικοί υδρογονάνθρακες: Οργανικές ενώσεις που δεν περιέχουν αρωματικούς δακτύλιους στο μόριό τους.

Αλκοόλες: Οργανικές ενώσεις, οι οποίες προκύπτουν από την αντικατάσταση ενός υδρογόνου ενός αλειφατικού υδρογονάνθρακα από ένα υδροξύλιο (-OH).

Αλλοτροπικές μορφές: Διαφορετικές μορφές του ίδιου στοιχείου που βρίσκονται στην ίδια φυσική κατάσταση και έχουν διαφορετικές φυσικές και χημικές ιδιότητες.

Αλογόνα: Τα αμέταλλα στοιχεία της ομάδας VIIA.

Αλογονίδια: Άλατα των αλογόνων με μέταλλα.

Αλουμίνια: Καθαρή μορφή Al_2O_3 .

Αμάλγαμα: Κράμα του υδραργύρου με ένα ή περισσότερα μέταλλα.

Αμέταλλο: Στοιχείο που συνήθως δεν είναι καλός αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτρισμού.

Αμινοξέα: Οργανικές ενώσεις που περιέχουν στο μόριό τους καρβοξυλομάδα (-COOH) και αμινομάδα (-NH₂), ή ιμινομάδα (-NH). Π.χ. γλυκίνη H_2NCH_2COOH .

Αμφίδρομη αντίδραση: Είναι η χημική αντίδραση κατά την οποία τα προϊόντα αντιδρούν μεταξύ τους προς ανασχηματισμό των αντιδρώντων. Οι αντιδράσεις, δηλαδή, αυτές πραγματοποιούνται και προς τις δύο κατευθύνσεις.

Αναγωγικά σώματα: Χημικές ουσίες που μπορούν να δώσουν ηλεκτρόνια σε άλλες, τις οποίες και ανάγουν, ενώ οι ίδιες οξειδώνονται.

Ανακρυστάλλωση: Μέθοδος καθαρισμού στερεών χημικών ενώσεων που στρείζεται στην καταστροφή (με θέρμανση ή διάλυση) και αναδημιουργία του κρυσταλλικού τους πλέγματος.

Αναπνοή: Η διαδικασία μεταφοράς O_2 στα κύτταρα, στα έμβια όντα.

Ανοδιωμένο αργίλιο: Αργίλιο, του οποίου η επιφάνεια έχει καλυφθεί ηλεκτρολυτικά από παχύ στρώμα Al_2O_3 για μεγαλύτερη προστασία από τη διάβρωση.

Αντιδράσεις προσθήκης: Τύπος αντιδράσεων της οργανικής χημείας, κατά τις οποίες το μόριο ενός στοιχείου ή μιας ένωσης, προστίθεται σε ένα πολλαπλό δεσμό.

Άνοδος: Το ηλεκτρόδιο, στο οποίο γίνεται οξείδωση.

Ανόπτηση: Θερμική κατεργασία, με την οποία σκληρυμένο μέταλλο επανέρχεται στη φυσιολογική του κατάσταση.

Αντιστροφία: Η δημιουργία ενός περιβάλλοντος, στείρου μικροβίων.

Ανυδρίτες βάσεων: Συνήθως οξείδια μετάλλων, που αντιδρώντας με το νερό δίνουν τα αντίστοιχα υδροξείδια.

Ανυδρίτες οξυγονούχων οξέων: Οξείδια αμετάλλων, τα οποία αντιδρώντας με το νερό, δίνουν τα αντίστοιχα οξέα.

Απαγωγής εστία: Ειδικά διαμορφωμένος χώρος του χημικού εργαστηρίου, ο οποίος χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των τοξικών αερίων από το χώρο του εργαστηρίου.

Αρωματικοί υδρογονάνθρακες: Υδρογονάνθρακες που περιέχουν ένα ή περισσότερους αρωματικούς δακτυλίους.

Ατομική ακτίνα: Το μισό της απόστασης μεταξύ δύο πυρηνών, δύο γειτονικών ατόμων του ίδιου στοιχείου σε ένα μέταλλο.

Άτομο: Η βασική δομική μονάδα της ύλης.

Αυτοφυή στοιχεία: Στοιχεία, τα οποία βρίσκονται ελεύθερα στη φύση (όχι με τη μορφή ενώσεων).

Βακτήρια: Μικροί οργανισμοί που συναντώνται παντού στη φύση.

Βαρύ μέταλλο: Το μέταλλο που έχει πυκνότητα μεγαλύτερη ή ίση με $5g/cm^3$.

Βάσεις: Ουσίες, που όταν διαλυθούν στο νερό, μπορούν να απελευθερώσουν OH^- (Θεωρία Arrhenius). Δέκτης πρωτονίων (Θεωρία Brønsted-Lowry). Δότης ζεύγους ηλεκτρονίων (Θεωρία Lewis).

Βασικά διαλύματα: Διαλύματα, τα οποία έχουν συγκέντρωση ιοντων υδρογόνου μικρότερη από $10^{-7} mol/L$ ή pH μεγαλύτερο από 7.

Βαφή: Θερμική κατεργασία μετάλλων, με σκοπό την αύξηση της σκληρότητας.

Βιταμίνες: Οργανικές χημικές ουσίες, απαραίτητες για την ανάπτυξη του οργανισμού και τη διατήρησή του σε καλή λειτουργία.

Βινυλοχλωρίδιο: Η οργανική ένωση $CH_2=CHCl$, που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη του πολυμερούς πλαστικού πολυβινυλοχλωρίδιου, PVC.

Βιολογικά μόρια: Τα μόρια που απαντώνται σε βιολογικά συστήματα. Π.χ. πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα κ.λ.π.

Βιοχημικές διεργασίες: Οι χημικές αντιδράσεις αποικοδόμησης και οικοδόμησης μορίων, που συμβαίνουν στα κύτταρα των έμβιων όντων.

Γαλβανισμός: Η διεργασία κάλυψης της επιφάνειας του σιδήρου από στρώμα ψευδαργύρου, με σκοπό την προστασία του σιδήρου από τη διάβρωση.

Γραφίτης: Η απλούστερη μορφή άμιορφου άνθρακα που υπάρχει στη φύση.

Διαβρεκτικοί παράγοντες: Χημικές ουσίες, με τις οποίες ρυθμίζεται η διαβρεκτικότητα των σωματιδίων στη μέθοδο της επίπλευσης.

Διάβρωση: Η αποσύνθεση των μετάλλων με τη βοήθεια ηλεκτροχημικής διεργασίας.

Διαλυτότητα: Είναι η συγκέντρωση ενός κορεσμένου διαλύματος μιας ουσίας, σε ορισμένη θερμοκρασία.

Διαμαγνητικό υλικό: Ύλικό που απωθείται από το μαγνήτη.

Διαμάντι: Κρυσταλλική μορφή άνθρακα, που χαρακτηρίζεται από μέγιστη σκληρότητα.

Διπολική ροπή: Η ροπή, που οφείλεται στην άνιση κατανομή φορτίου σε ένα διατομικό μέρος.

Δύστητο: Έχει σχετικά υψηλό σημείο τήξης.

Ελατό: Η ιδιότητα, που επιτρέπει στα μέταλλα να μετατρέπονται σε ελασματα.

Ελαφρύ μέταλλο: Το μέταλλο, που έχει πυκνότητα μικρότερη από 5 g/cm^3 .

Εμπλουτισμός: Η διαδικασία αύξησης της περιεκτικότητας μεταλλεύματος σε ένα μέταλλο.

Ενδόθερμη αντίδραση: Η αντίδραση, η οποία για να πραγματοποιηθεί απαιτεί ενέργεια, υπό μορφή θερμότητας.

Ενέργεια δεσμού: Είναι η μεταβολή της ενέργειας κατά την διάσπαση του χημικού δεσμού ενός διατομικού μορίου στην αέρια φάση και σε σταθερή πίεση.

Ενέργεια ιονισμού: Η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται, για την αφαρεση ενός ηλεκτρονίου από άτομο που βρίσκεται στη θεμελιώδη ενέργειακή του κατάσταση.

Εξουδετέρωση: Η αντίδραση μεταξύ ιόντων υδροξειδίου και ιόντων υδρογόνου προς σχηματισμό μορίων νερού.

Εξώθερμη αντίδραση: Η αντίδραση, η οποία, όταν πραγματοποιείται, απελευθερώνει ποσά ενέργειας, υπό μορφή θερμότητας.

Επαμφοτερίζον στοιχείο: Στοιχείο, που μπορεί να εμφανίζει ιδιότητες μετάλλου ή αμετάλλου ανάλογα με τις συνθήκες.

Επίπλευση: Μέθοδος εμπλουτισμού, με την οποία τα υδρόφοιβα σωματίδια μεταλλεύματος διαχωρίζονται από τα υδρόφιλα σωματίδια.

Εστέρες: Οργανικές ενώσεις, που προκύπτουν από την αντίδραση μιας αλκοόλης και ενός οξείου. Αν το οξύ είναι ανόργανο, τότε ο εστέρας είναι ανόργανος εστέρας, π.χ. νιτρικός μεθυλεστέρας, CH_3ONO_2 , ενώ

αν το οξύ είναι οργανικό τότε είναι οργανικός εστέρας, π.χ. μεθανικός μεθυλεστέρας (HCOOCH_3).

Ευγενή αέρια: Αμέταλλα στοιχεία της τελευταίας ομάδας του περιοδικού συστήματος, που χαρακτηρίζονται από χημική αδράνεια.

Ευκάνητα ηλεκτρόνια: Τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στις εξωτερικές στοιβάδες (στοιβάδες σθένους) των μετάλλων.

Εύτηκτο: Έχει σχετικά χαμηλό σημείο τήξης.

Ηλεκτρική αγωγιμότητα: Η ιδιότητα των υλικών να άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα.

Ηλεκτρόδιο: Μεταλλικός αγωγός, που έρχεται σε επαφή με έναν ηλεκτρολύτη, σε ένα ηλεκτροχημικό στοιχείο.

Ηλεκτρονική δομή: Συμβατική απεικόνιση της κατανομής των ηλεκτρονίων ενός ατόμου.

Ηλεκτρόνια σθένους: Τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στην εξώτατη στοιβάδα των ατόμων και συμμετέχουν στη δημιουργία χημικών δεσμών.

Ημιπερατή μεμβράνη: Διαχωριστική μεμβράνη, που είναι διαπερατή από την μία μόνο κατεύθυνση.

Θεμελιώδης κατάσταση: Η κατάσταση χαμηλότερης ενέργειας ενός συστήματος.

Θερμική αγωγιμότητα: Η ιδιότητα των υλικών να άγουν τη θερμότητα.

Θερμίτης: Μίγμα μεταλλικού Al και Fe_2O_3 , που χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση του χάλυβα.

Θυσιαζόμενη άνοδος: Δραστικό μέταλλο, (Mg, Zn) που χρησιμοποιείται για την προστασία από διάβρωση σιδερένιων αντικειμένων.

Ιόν: Φορτισμένο σωματίδιο, που σχηματίζεται όταν ουδέτερο άτομο (ή ομάδα ατόμων) κερδίσει ή χάσει ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια.

Ιονανταλλακτικές φρτίνες: Μεγαλομορφιακές πολυμερείς οργανικές ενώσεις, αδιάλυτες στο νερό και τους συνήθεις οργανικούς διαλύτες, που περιέχουν δραστικές ομάδες που ιονίζονται εύκολα.

Ιονική ένωση: Η ένωση που δημιουργείται με ιονικό δεσμό.

Ιοντικός δεσμός: Ο δεσμός που δημιουργείται με απόδοση ηλεκτρονίων από το πιο ηλεκτροθετικό άτομο και πρόσληψη αυτών από το πιο ηλεκτρονητικό, με αποτέλεσμα την δημιουργία ιόντων, που έλκονται με δυνάμεις ηλεκτροστατικής φύσης (Coulomb).

Ισότοπα: Είναι τα άτομα εκείνα που περιέχουν τον ίδιο αριθμό πρωτονίων στον πυρήνα, δηλαδή έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό, αλλά διαφορετικό αριθμό νετρονίων, δηλαδή διαφορετικό μαζικό αριθμό. Π.χ., ^{12}C , ^{13}C .

Ισχύς δεσμού: Μέτρο της δύναμης, με την οποία συγκρατούνται τα άτομα ή τα ιόντα σε ένα είδος δεσμού.

Ιχνηθέτης: Ουσίες, που μπορούν να αναγνωρισθούν εξ αιτίας μιας φυσικής ιδιότητάς τους.

Ιχνοστοιχεία: Στοιχεία τα οποία σε ελάχιστη ποσότητα είναι απαραίτητα για την καλή λειτουργία των έμβιων οργανισμών.

Κάθοδος: Το ηλεκτρόδιο στο οποίο γίνεται αναγωγή.

Καταλύτης: Είναι ουσία που μεταβάλλει την ταχύτητα μιας αντίδρασης, χωρίς να εμφανίζεται στα προϊόντα της.

Καύση: Ταχεία οξειδωση μιας ένωσης, που συνήθως συνοδεύεται από έκλυση θερμότητας και φωτός.

Κετόνες: Οργανικές ενώσεις, που περιέχουν την χαρακτηριστική ομάδα $>\text{C}=\text{O}$ (καρβονύλιο). Π.χ. ακετόνη (CH_3COCH_3).

Κλασματική απόσταξη: Μέθοδος διαχωρισμού υγρών συστατικών διαλύματος, που στηρίζεται στη διαφορά των σημείων ζέσης τους.

Κράμα: Στερεό διάλυμα, που αποτελείται από δύο ή περισσότερα μέταλλα στα οποία μπορεί να προστίθενται και ένα ή περισσότερα αμέταλλα.

Κουσταλλικό πλέγμα: Ο τρόπος με τον οποίο οι δομικοί λίθοι στερεού διατάσσονται στο χώρο.

Κύτταρο: Η δομική μονάδα των ζωντανών οργανισμών.

Κυκλώνας: Συσκευή διαχωρισμού στερεών με τη βοήθεια ρεύματος αέρα.

Κων: Σχετικά καθαρή μορφή άνθρακα, που παράγεται κατά τη θέρμανση ανθρακίτη απουσία αέρα.

Λευκός χυτοσίδηρος: Χυτοσίδηρος, στον οποίο ο άνθρακας σχηματίζει διαμεταλλική ένωση με το σίδηρο του τύπου Fe_3C (σεμεντίτης).

Μαλακός σίδηρος: Καθαρή μορφή σιδήρου, που περιέχει C σε ποσοστό μικρότερο από 0,1% και ολικές ξένες προσμιξεις λιγότερες από 0,5%.

Μετάλλευμα: Το υλικό που έχει αρκετά μεγάλη περιεκτικότητα σε ουσιά, ώστε να επιτρέπει την οικονομικά συμφέρουσα εξαγωγή μετάλλου.

Μεταλλικός δεσμός: Ο δεσμός, με τον οποίο συγκρατούνται τα άτομα των μετάλλων στη στερεά φάση.

Μεταλλικός χαρακτήρας: Σύνολο φυσικών και χημικών ιδιοτήτων που χαρακτηρίζουν τα μέταλλα.

Μέταλλο: Στοιχείο, που είναι καλός αγωγός του ηλεκτροισμού και της θερμότητας και έχει την τάση να δημιουργεί θετικά ιόντα στις ιοντικές του ενώσεις.

Μεταστοιχείωση: Η μεταβολή του ατομικού αριθμού ενός στοιχείου κατά την διάρκεια μιας πυρηνικής αντίδρασης.

Μπρούντζος: Κράμα χαλκού-καστιτέρου.

Νετρόνια: Σωματίδια μηδενικού φορτίου του πυρήνα, ελάχιστα βαρύτερα από τα πρωτόνια.

Νουκλείκα οξέα: Πολυμερή βιομόρια που μεταφέρουν γενετικές πληροφορίες.

Όλκιμο: Η ιδιότητα που επιτρέπει στα μέταλλα να μετατρέπονται σε σύρμα.

Ομοιοπολικός δεσμός: Ο δεσμός που σχηματίζεται με συνεισφορά ηλεκτρονίων από δύο άτομα.

Οξέα: Ουσίες που περιέχουν υδρογόνα και μπορούν να απελευθερώσουν H^+ (Θεωρία Arrhenius). Δότης πρωτονίων (Θεωρία Brønsted-Lowry). Δέκτης ζεύγους ηλεκτρονίων (Θεωρία Lewis).

Οξειδωτικά οξέα: Οξέα, τα οποία οξειδώνουν τις ουσίες στις οποίες επιδρούν (αραιό HNO_3 , πυκνό HNO_3 , πυκνό και θερμό H_2SO_4).

Οξειδωτικά σώματα: Χημικές ουσίες, που μπορούν να πάρουν ηλεκτρόνια από άλλες, τις οποίες και οξειδώνουν, ενώ οι ίδιες ανάγονται.

Οξινά διαλύματα: Διαλύματα, τα οποία έχουν συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου μεγαλύτερη από 10^{-7} mol/L ή pH μικρότερο από 7.

Ορείχαλκος: Κράμα χαλκού-ψευδαργύρου.

Ορυκτό: Σχετικά καθαρή ένωση μετάλλου που βρίσκεται στα μεταλλεύματα.

Πατίνα: Στρώμα από $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$, που καλύπτει συνήθως αντικείμενα από χαλκό.

Πετροχημικές βιομηχανίες: Βιομηχανίες επεξεργασίας των προϊόντων του πετρελαίου.

- Προσδόφηση:** Συγκράτηση ιόντων ή μορίων από την επιφάνεια υλικού.
- Πρωτεΐνες:** Οργανικά μακρομόρια, που αποτελούν συστατικά όλων των ζωντανών οργανισμών. Δομικές τους μονάδες είναι τα αμινοξέα.
- Πυκνότητα:** Φυσική ιδιότητα, που προκύπτει από τη διαίρεση της μάζας υλικού δια του όγκου του (μάζα ανά μονάδα όγκου).
- Πυρόλυση:** Αντιδράσεις διάσπασης οργανικών μορίων σε υψηλές θερμοκρασίες, απουσία αέρα.
- Πυρήνας:** Το κεντρικό τμήμα του ατόμου που αποτελείται από πρωτόνια και νετρόνια.
- Σημείο ξέσης:** Η θερμοκρασία, στην οποία η υγρή και η αέρια φάση ενός σώματος βρίσκονται σε ισοδροπία. Η θερμοκρασία, στην οποία ένα υγρό μεταβαίνει στην αέρια φάση. Ταυτίζεται με το σημείο υγροποίησης.
- Σημείο πήξης:** Η θερμοκρασία, στην οποία η στερεή και η υγρή φάση ενός σώματος βρίσκονται σε ισοδροπία. Η θερμοκρασία, στην οποία ένα υγρό μεταβαίνει στην στερεή φάση. Ταυτίζεται με το σημείο τήξης.
- Σημείο τήξης:** Η θερμοκρασία, στην οποία η στερεή και η υγρή φάση ενός σώματος βρίσκονται σε ισοδροπία. Η θερμοκρασία, στην οποία ένα στερεό μεταβαίνει στην υγρή φάση. Ταυτίζεται με το σημείο πήξης.
- Σημείο υγροποίησης:** Η θερμοκρασία, στην οποία η υγρή και η αέρια φάση ενός σώματος βρίσκονται σε ισοδροπία. Η θερμοκρασία, στην οποία ένα αέριο μεταβαίνει στην υγρή φάση. Ταυτίζεται με το σημείο ζέσης.
- Σθένος:** Ο αριθμός των ηλεκτρονίων που συμμετέχει στη δημιουργία χημικού δεσμού.
- Σιδηρομαγνητικό υλικό:** Υλικό που έλκεται από το μαγνήτη.
- Σκληρότητα:** Ιδιότητα, ενδεικτική της ευκολίας με την οποία χαράσσεται ένα υλικό.
- Σκωρία:** **α)** Ανεπιθύμητο υλικό που παράγεται κατά την οξείδωση των μετάλλων. **β)** Το πυριτικό ασβέστιο (CaSiO_3) που συμπαράγεται κατά τη μεταλλουργία του σιδήρου.
- Σουλφίδια:** Χημικές ενώσεις των μετάλλων με θείο.
- Στερεή φάση:** Κατάσταση της ύλης η οποία χαρακτηρίζεται από καθορισμένο όγκο και σχήμα.
- Συλλίπασμα:** Ουσία, η οποία χρησιμοποιείται για να διαλυτοποιήσει τις προσμίξεις των μετάλλων κατά την αναγωγή τους.
- Συντελεστής ατομικής συσσώρευσης:** Μέτρο του σχετικού όγκου που καταλαμβάνουν οι δομικοί λίθοι κρυσταλλικού πλέγματος.

- Υγρή φάση:** Κατάσταση της ύλης, η οποία χαρακτηρίζεται από ορισμένο όγκο, αλλά όχι και σχήμα.
- Υγροσκοπική ουσία:** Χημική ένωση, που έχει μεγάλη τάση για ενυδάτωση.
- Φαιός χυτοσίδηρος:** Χυτοσίδηρος, στον οποίο ο άνθρακας σχηματίζει στερεό διάλυμα με το σίδηρο.
- Φρύξη:** Μετατροπή θειούχων ορυκτών με θέρμανση σε οξείδια.
- Φυσικό αέριο:** Το σύνολο των αερίων υδρογονανθράκων που βρίσκονται μέσα σε πετρελαιοφόρα κοιτάσματα.
- Χάλυβας:** Κράματα σιδήρου με άλλα μέταλλα (V, Cr, Ni, Mo) και περιεκτικότητα σε C από 0 έως 1,5 %.
- Χυτοσίδηρος:** Ακάθαρτη μορφή σιδήρου που παράγεται από την υψηλά μινον. Περιέχει 3-5% C και μικρά ποσά Mn, Si και P.

Βιβλιογραφία

1. K. W. Whitten, R. E. Davis, M. L. Peck, *General Chemistry with Quantitative Analysis*, Saunders College Publishing, 5th Ed., 1996.
2. R. H. Petrucci, W. S. Harwood, *General Chemistry*, Prentice-Hall International, Inc., 7th Ed., 1997.
3. J. E. Brady, *General Chemistry*, John Wiley & Sons, 5th Ed., 1990.
4. P. W. Atkins, J. A. Beran, *General Chemistry*, Scientific American Books , 2nd Ed., 1992.
5. D. D. Ebbing, *General Chemistry*, Houghton Mifflin Company, 5th Ed., 1996.
6. H. Dorin, D. Gabel, P. Demmin, *CHEMISTRY - The Study of Matter*, Prentice Hall Inc., 4th Ed., 1992.
7. R. Chang, *Chemistry*, Mc Graw -Hill, 6th Ed., 1998.
8. U. Kask, J. D. Rawn, *General Chemistry*, Wm.C.Brown Publishers, 1993.
9. D. A. Mc Quarrie, P. A. Rock, *General Chemistry*, W. H. Freeman and Company, 3d Ed., 1991.
10. T. F. Chadwick, *Chemistry- Part1: general and inorganic chemistry*, G.Allen & Unwin LTD, 2d Ed., 1977.
11. D. A. Skoog, F. J. Holler, T. A. Nieman, *Principles of Instrumental Analysis*, Saunders College Publishing, 5th Ed., 1998.
12. ASTM Special Technical Publication 557, *METALLOGRAPHY - A Practical Tool for Correlating the Structure and Properties of Materials* , A.S.T.M., 1974.

13. W. S. Fyfe, *Geochemistry*, Oxford University Press, 1974.
14. Γ. Γ. Αντωνόπουλος, *Μεταλλογνωσία*, University Studio Press, 1988.
15. Π. Γ. Πετρόπουλος, *Μεταλλουργία*, Ίδρυμα Ευγενίδου, 1993.
16. K. Keller Editor, *Science and Technology of Photography*, VCH, 1993.
17. Α. Γαληνού, *Ανόργανος Χημεία - Τόμος Γ' - Μέταλλα*, Επιστημονικές Εκδόσεις Γρ. Κ. Παρισιανός, 1975.
18. Κ. Μανωλαίδης, Κ.Μπέζας, *Στοιχεία Ανοργάνου Χημείας*, 7η Έκδοση, 1972.
19. Α. Γ. Παπαγεωργίου, Θ. Σ. Λιάτη, *Ανόργανος Χημεία*, 1975.
20. G. Hill, J. Holman, *Chemistry in Context*, Nelson, 3d Ed.
21. I. Αργύρης, E. Κοτσιφάκη, N. Μάργαρης, Σ. Μάρκου, N. Παπαδόπουλος, A. Παπαφίλης, Θ. Παπαργιάς, K. Σέκερης, *Βιολογία - Γ' Λυκείου*, ΟΕΔΒ, 1992.
22. Y. R. K. Mirajkar, K.A. Natarayan, P. Somasundaran, *Growth and attachment of Thiobacillus ferroxidans during sulfide mineral leaching*, Int. J. Mineral Processing Vol 50 (3) pp. 203 - 210.
23. J. E. Huheey, *Ανόργανη Χημεία*, 3η έκδοση , ΙΩΝ 1993 (Απόδοση στα Ελληνικά N. Χατζηλιάδης, Θ. Καμπανός, Σ. Περλεπές).
24. N. Χατζηλιάδης, *Αρχές Χημείας*, Μακεδονικές Εκδόσεις 1992.
25. W. P. Reedly et al., *Science* (1977), Vol. 197, p. 329.

Παράρτημα

Περιοδικός Ήνωσης

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ΙΑ	ΙΙΑ	ΙΙΙΒ	ΙVΒ	VB	VIB	VIB	VIB	VIB	VIB	ΙΒ	ΙΒ	ΙΙΑ	ΙΙΑ	ΙΙΑ	ΙΙΑ	ΙΙΑ	ΙΙΙΑ	
1	H																	
2	Li	Be																
3	Na	Mg																
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	Kr	
6	Cs	Ba	*La	Hf	Ta	W	Re	Os	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	I	Xe		
7	Fr	Ra	**Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	—	—	—	—	Po	At	Rn		

Μέταλλα

Επαμφυτεύσοντα

Αμέταλλα

	* Λανθανίδες	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
	** Ακτινίδες	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Fm	Md	No	Lr		
		58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	
		90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	

Πίνακας
ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΒΑΡΩΝ ΜΕ ΤΕΣΣΕΡΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΨΗΦΙΑ(Η σύγκριση έγινε με βάση το ισότοπο ^{12}C που έχει A.B. = 12 ακριβώς)

Ατομ. Αριθμ.	Όνομα	Σύμβολο	Ατομ. Βάρος	Ατομ. Αριθμ.	Όνομα	Σύμβολο	Ατομ. Βάρος
1	Υδρογόνο	H	1,008	54	Ξένο	Xe	131,3
2	Ηλίο	He	4,003	55	Κατσιο	Cs	132,9
3	Λίθιο	Li	6,941	56	Βάροι	Ba	137,3
4	Βηρυτλίο	Be	9,012	57	Λανθάνιο	La	138,9
5	Βορίο	B	10,81	58	Δημήτριο	Ce	140,1
6	Ανθρακας	C	12,01	59	Πρασεοδύμιο	Pr	140,9
7	Αζωτο	N	14,01	60	Νεοδύμιο	Nd	144,2
8	Οξυγόνο	O	16,00	61	Προσμήθειο	^{145}Pm	144,9
9	Φθόριο	F	19,00	62	Σαμαρίοι	Sm	150,4
10	Νέοι	Ne	20,18	63	Ευρώπιο	Eu	152,0
11	Νάτριο	Na	22,99	64	Γαδολίνιο	Gd	157,3
12	Μαγνήσιο	Mg	24,31	65	Τέρβιο	Tb	158,9
13	Αργιλο (Αλουμίνιο)	Al	26,98	66	Δυσπρόσιο	Dy	162,5
14	Πυρούτιο	Si	28,09	67	Όλμιο	Hg	164,9
15	Φωσφορίος	P	30,97	68	Έρβιο	Er	167,3
16	Θείο	S	32,07	69	Θούλιο	Tm	168,9
17	Χλώριο	Cl	35,45	70	Υτερέβιο	Yb	173,0
18	Αργό	Ar	39,95	71	Λουπτήτιο	Lu	175,0
19	Κάλιο	K	39,10	72	Αφρινιο	Hf	178,5
20	Ασβέστιο	Ca	40,08	73	Ταντάλιο	Ta	180,9
21	Σκάνδιο	Sc	44,96	74	Βολφράμιο (Τουγκοτένιο)	W	183,9
22	Τιτάνιο	Ti	47,88	75	Ρήνιο	Re	186,2
23	Βανάνδιο	V	50,94	76	Οσμιο	Os	190,2
24	Χρώμιο	Cr	52,00	77	Ιριδιο	Ir	192,2
25	Μαγγάνιο	Mn	54,94	78	Λευκανίχουσος (Πλατίνα)	Pt	195,1
26	Σίδηρος	Fe	55,85	79	Χουσός	Au	197,0
27	Κοβάλτιο	Co	58,93	80	Υδράργυρος	Hg	200,6
28	Νικελίο	Ni	58,69	81	Θόλιο	Tl	204,4
29	Χαλκός	Cu	63,55	82	Μόλυβδος	Pb	207,2
30	Ψευδάργυρος	Zn	63,39	83	Βισμούθιο	Bi	209,0
31	Γάλλιο	Ga	69,72	84	Πολώνιο	^{210}Po	210,0
32	Γερμάνιο	Ge	72,59	85	Άστατο	At	210,0
33	Αρσενικό	As	74,92	86	Ραδόνιο	^{222}Rn	222,0
34	Σελήνινο	Se	78,96	87	Φράγκιο	^{223}Fr	223,0
35	Βρώμιο	Br	79,90	88	Ράδιο	^{226}Ra	226,0
36	Κρυπτό	Kr	83,80	89	Ακτίνιο	^{227}Ac	227,0
37	Ρουβίδιο	Rb	85,47	90	Θόριο	Th	232,0
38	Στρόντιο	Sr	87,62	91	Πρωτακτίνιο	^{231}Pa	231,0
39	Υτρειο	Y	88,91	92	Ουρανίο	U	238,0
40	Ζιρκόνιο	Zr	91,22	93	Ποσειδώνιο (Νεπτούνιο)	^{237}Np	237,0
41	Νιόβιο	Nb	92,21	94	Πλουτώνιο	^{239}Pu	239,1
42	Μολυβδαίνιο	Mo	95,94	95	Αμερίκιο	^{243}Am	243,1
43	Τεχνήτιο	^{99}Tc	98,91	96	Κιούνιο	^{247}Cm	247,1
44	Ρουθήνιο	Ru	101,1	97	Μπερκέλιο	^{247}Bk	247,1
45	Ρόδιο	Rh	102,9	98	Καλιφόρνιο	^{252}Cf	252,1
46	Παλλάδιο	Pd	106,4	99	Αιντστάνιο	^{252}Es	252,1
47	Αργυρός	Ag	107,9	100	Φερμιο	^{257}Fm	257,1
48	Κάμιο	Cd	112,4	101	Μεντελέβιο	^{256}Md	256,1
49	Ίνδιο	In	114,8	102	Νομπέλιο	^{259}No	259,1
50	Κασσίτερος	Sn	118,7	103	Λώρενσιο	^{260}Lr	260,1
51	Αντιμόνιο	Sd	121,8				
52	Τελλούριο	Te	127,6				
53	Ιώδιο	I	126,9				