

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 τράβηξαν 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 κράματά τους

χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην κατασκευή κτηρίων, αυτοκινήτων, πλοίων, τρένων και αεροπλάνων. Χρησιμοποιούνται επίσης ως αγωγοί του ρεύματος 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 ίχνη, 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.

	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
1	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
2	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
3	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
4	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
5	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
6	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
7	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
8	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
9	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
10	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
11	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
12	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
13	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
14	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
15	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
16	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
17	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
18	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
19	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
20	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
21	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
22	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
23	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
24	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
25	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
26	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
27	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
28	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
29	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
30	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
31	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
32	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
33	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
34	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
35	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
36	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
37	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
38	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
39	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
40	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
41	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
42	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
43	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
44	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
45	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
46	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
47	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
48	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
49	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
50	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
51	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
52	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
53	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
54	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
55	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
56	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
57	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
58	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
59	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
60	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
61	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
62	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
63	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
64	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
65	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
66	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
67	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
68	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
69	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
70	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
71	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
72	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
73	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
74	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
75	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
76	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
77	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
78	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
79	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
80	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
81	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
82	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
83	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
84	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
85	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
86	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
87	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
88	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
89	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
90	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
91	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
92	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
93	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
94	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
95	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
96	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
97	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
98	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
99	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
100	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
101	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
102	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
103	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
104	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
105	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
106	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
107	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
108	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
109	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
110	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
111	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
112	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
113	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
114	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
115	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
116	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
117	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
118	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
119	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
120	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
121	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
122	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
123	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
124	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
125	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
126	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
127	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
128	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
129	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
130	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
131	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
132	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
133	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
134	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
135	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
136	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
137	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
138	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
139	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
140	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
141	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
142	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
143	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
144	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
145	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
146	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
147	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
148	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
149	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
150	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
151	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
152	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
153	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
154	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
155	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
156	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
157	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
158	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
159	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
160	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
161	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
162	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
163	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
164	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
165	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
166	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
167	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
168	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
169	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
170	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
171	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
172	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
173	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
174	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
175	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
176	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
177	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
178	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
179	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
180	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
181	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
182	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
183	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
184	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
185	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
186	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
187	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
188	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
189	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
190	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
191	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
192	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
193	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
194	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
195	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
196	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
197	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
198	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
199	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
200	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
201	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
202	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
203	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
204	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
205	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
206	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
207	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
208	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
209	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
210	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
211	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
212	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
213	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
214	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
215	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
216	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
217	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
218	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
219	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
220	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
221	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
222	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
223	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
224	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
225	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
226	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
227	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
228	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
229	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
230	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
231	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
232	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
233	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
234	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
235	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
236	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
237	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
238	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
239	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
240	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
241	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
242	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
243	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
244	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
245	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
246	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
247	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
248	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
249	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
250	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
251	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
252	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
253	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
254	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
255	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
256	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
257	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
258	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
259	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
260	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
261	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
262	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
263	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
264	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
265	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
266	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
267	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
268	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
269	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
270	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
271	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
272	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
273	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
274	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
275	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
276	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
277	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
278	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
279	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
280	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
281	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
282	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
283	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
284	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
285	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
286	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
287	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
288	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
289	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
290	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
291	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
292	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
293	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
294	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
295	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
296	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
297	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
298	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
299	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
300	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
301	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
302	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
303	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
304	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
305	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
306	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
307	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
308	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
309	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
310	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
311	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
312	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
313	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
314	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
315	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
316	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
317	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
318	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
319	Periodic Table of Elements																Periodic Table of Elements	
320																		

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 συγκρατήσει επιπλέον ηλεκτρόνια (μικρή τιμή **ηλεκτραρνητικότητας**), με αποτέλεσμα τα μέταλλα 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 στερεά 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 παραγράφους, εξηγούνται όλες οι φυσικές 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

Μέταλλα	Αμέταλλα
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 μεγαλύτερες ατομικές ακτίνες.	Έχουν μικρότερες ατομικές ακτίνες.
Σχηματίζουν θετικά φορτισμένα ιόντα (κατιόντα) χάνοντας ηλεκτρόνια.	Σχηματίζουν αρνητικά φορτισμένα ιόντα (ανιόντα) προσλαμβάνοντας ηλεκτρόνια.
Είναι λιγότερο ηλεκτραρνητικά.	Είναι περισσότερο ηλεκτραρνητικά.
Σχηματίζουν ιοντικές ενώσεις με αμέταλλα.	Σχηματίζουν ιοντικές ενώσεις με μέταλλα και μοριακές (ομοιοπολικές) με αμέταλλα.
Στη στερεά φάση τα άτομα συνδέονται με μεταλλικό δεσμό.	Στη στερεά, υγρή ή αέρια φάση τα άτομα συνδέονται με ομοιοπολικό δεσμό.

2.1.3 Μεταλλικός δεσμός

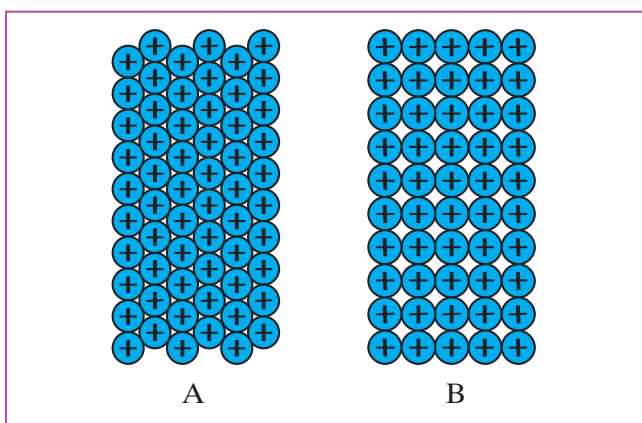
Όπως αναφέραμε στα προηγούμενα, τα άτομα των μετάλλων σχηματίζουν στο χώρο κρυσταλλικό πλέγμα. Τα άτομα συγκρατούνται σε αυτό με ένα ιδιαίτερο είδος δεσμού που ονομά-

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.

Γνωρίζεις ότι....

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



Σχήμα 2.2. Πυκνές δομές ιόντων στα μέταλλα.

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.

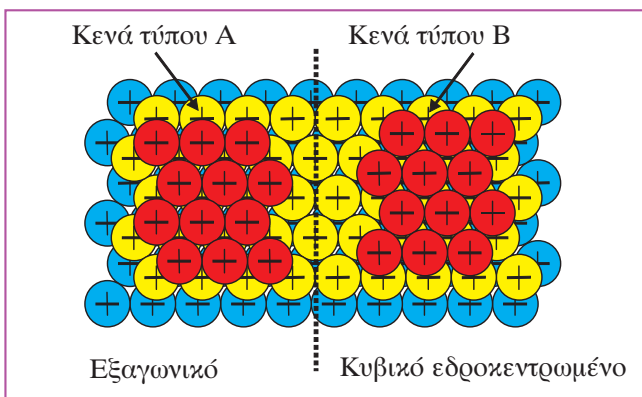
Τα μέταλλα της πρώτης ομάδας του περιοδικού πίνακα, όπως είναι το λίθιο (Li), το νάτριο (Na), και το κάλιο (K), διαθέτουν ένα μόνο ευκίνητο ηλεκτρόνιο και σχηματίζουν σχετικά μεγάλα θετικά ιόντα. Έτσι ο μεταλλικός δεσμός που δημιουργείται είναι ασθενής. Για το λόγο αυτό τα μέταλλα αυτά είναι μαλακά και 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. Όταν τα σφαιρίδια αυτά τοποθετηθούν όσο το δυνατόν περισσότερα το ένα κοντά στο άλλο, δημιουργούνται οι δύο διατάξεις που φαίνονται στο σχήμα 2.2 Α και Β.

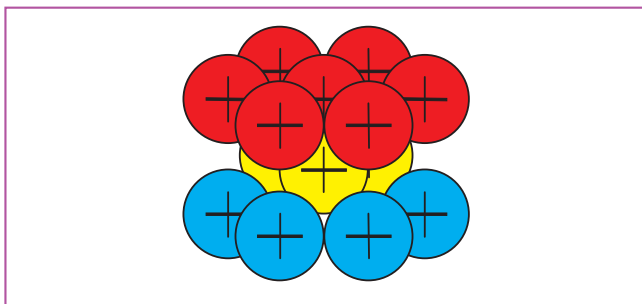
Αρχίζοντας από τη διάταξη Α, η οποία είναι η περισσότερη πυκνή και τοποθετώντας σφαιρίδια στα κενά που υπάρχουν από την πρώτη στοιβάδα δημιουργείται μια δεύτερη στοιβάδα (Σχήμα 2.3). Μια τρίτη στοιβάδα σφαιριδίων μπορεί να σχηματισθεί τώρα με δύο τρόπους:



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

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

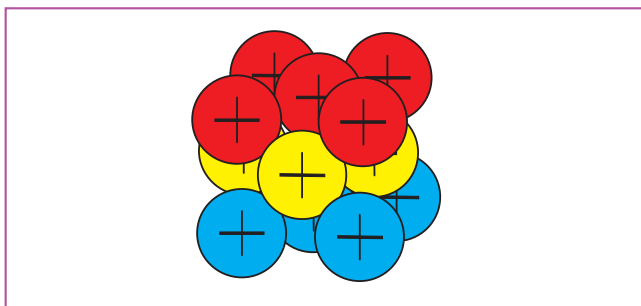
Με τον τρόπο αυτό η τρίτη στοιβάδα σφαιριδίων που δημιουργείται είναι πανομοιότυπη με την πρώτη. Το κρυσταλλικό πλέγμα που δημιουργείται ονομάζεται **εξαγωνικό** (σχήμα 2.4). Αυτού του είδους κρυστάλλους δημιουργούν τα μέταλλα βηρύλλιο (Be), μαγνήσιο (Mg), ψευδάργυρος (Zn), κάδμιο (Cd), κ.λ.π.



Σχήμα 2.4. Εξαγωνικό πλέγμα.

- ii. Τοποθετώντας σφαιρίδια στα κενά τύπου B 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.

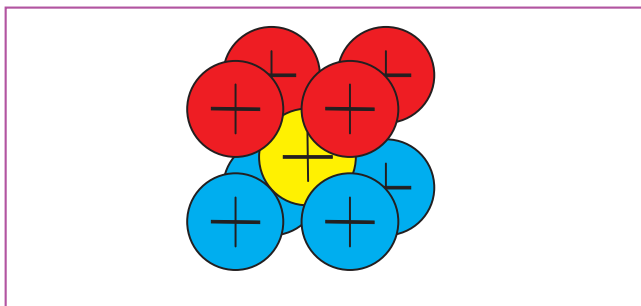


Σχήμα 2.5. Εδροκεντρωμένο κυβικό πλέγμα.

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

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 σχηματίζουν κρυστάλλους που ανήκουν στα δύο αυτά κρυσταλλικά πλέγματα.

Αρχίζοντας από τη διάταξη Β των σφαιριδίων του σχήματος 2.2 και τοποθετώντας σφαιρίδια, 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 κρυστάλλους 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), βολφράμιο (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 υδράργυρο (Hg), είναι στερεά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.	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 στερεά 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 ότι....

Η σκληρότητα των υλικών μετρείται 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 υδράργυρο, (Hg), που είναι υγρό.

Το σημείο τήξεως, η πυκνότητα και η σκληρότητα διαφέρει από μέταλλο σε μέταλλο. Ο υδράργυρος τήκεται στους -39°C και είναι το πιο **εύτηκτο** μέταλλο, ενώ το βολφράμιο είναι το πιο **δύστηκτο** μέταλλο με σημείο τήξεως 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 τήξεως 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 ηλεκτρόνιά τους, μετατρέπονται σε ουδέτερα άτομα και εγκαταλείπουν την υγρή φάση πηγαίνοντας στη αέρια. Στην αέρια φάση λοιπόν, 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 Τήξεως (°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 χαρακτηριστική λάμψη, τη **μεταλλική λάμψη**.

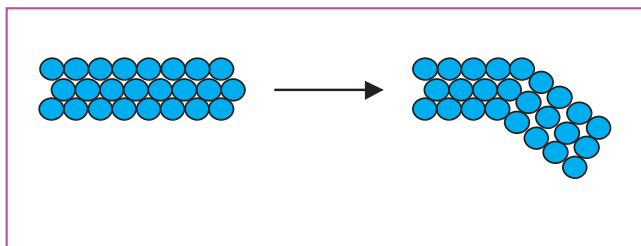
Τα περισσότερα μέταλλα εμφανίζονται σαν αργυρόλευκα. Εξαίρεση αποτελούν ο χαλκός (Cu), ο οποίος είναι ερυθρός και ο χρυσός (Au), ο οποίος είναι κίτρινος.

- **Είναι ελατά και όλκιμα.**

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

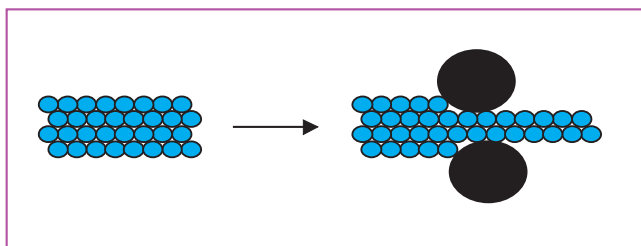
Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που περιβάλλουν τον μεταλλικό κρύσταλλο εξασφαλίζουν συνοχή και κινητικότητα στα ιόντα.

Έτσι τα 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 έλξη 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 φορτισμένοι πυρήνες που αποτελούν το κρυ-

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 όλες τις κατευθύνσεις εντός του μετάλλου. Έτσι μεταφέρουν 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 μέταλλα 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 μέταλλα της πρώτης και της δεύτερης ομάδας του περιοδικού πίνακα έχουν ένα μόνο α.ο. που είναι +1 και +2 αντίστοιχα. Τα μέταλλα 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**.

Θυμάμαι ότι...

Αναγωγικά λέγονται τα σώματα που έχουν την τάση να αποβάλλουν ηλεκτρόνια. Τα σώματα αυτά αποβάλλοντας ηλεκτρόνια **οξειδώνονται**.

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

Τα κυριότερα αμέταλλα με τα οποία αντιδρούν είναι:

Θυμάμαι ότι...

στις χημικές αντιδράσεις συμβολίζονται με:

(s): τα στερεά (*solid*)

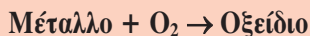
(l): τα υγρά (*liquid*)

(g): τα αέρια (*gas*)

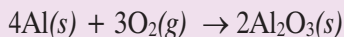
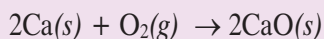
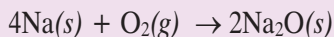
(aq): οι ουσίες που βρίσκονται σε υδατικό διάλυμα (*aqueous solution*)

- **Το οξυγόνο, O₂.**

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



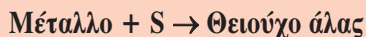
π.χ.



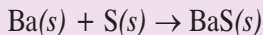
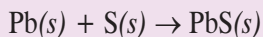
Μερικά μέταλλα, όπως τα Au, Pt, Ag, δεν αντιδρούν με το οξυγόνο και γι'αυτό ονομάζονται **ευγενή**.

- **Το θείο, S.**

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



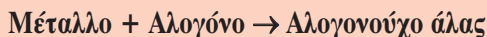
π.χ.



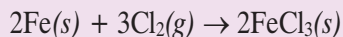
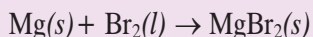
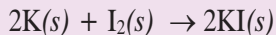
- **Τα αλογόνα.**

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.

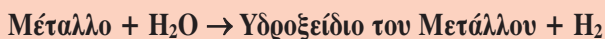


2. Όλα τα μέταλλα που βρίσκονται πριν από το H_2 στην σειρά ηλεκτροθετικότητας αντιδρούν με το H_2O και με τα **μη οξειδωτικά οξέα** και εκλύουν υδρογόνο.

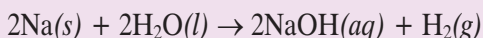
Οι κυριότερες αντιδράσεις που δίνουν είναι οι ακόλουθες:

• Με το H_2O

Τα πολύ δραστικά μέταλλα αντιδρούν ζωντανά με το νερό και παράγουν H_2 και υδροξείδιο του μετάλλου. Σε μερικές περιπτώσεις, όπως με το Na, η αντίδραση είναι τόσο έντονα εξώθερμη που το παραγόμενο H_2 αναφλέγεται. Το γενικό σχήμα της αντίδρασης είναι:



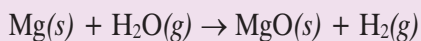
π.χ.



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



π.χ.



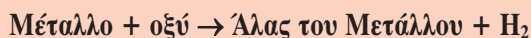
Γνωρίζεις ότι....

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

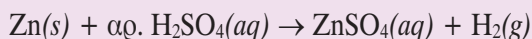
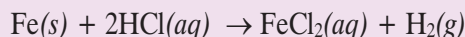


• **Με τα οξέα**

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

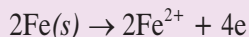
Διάβρωση είναι ο επιστημονικός όρος που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροχημική καταστροφή των μετάλλων. Τα αποτελέσματα της διάβρωσης των μετάλλων μπορούμε εύκολα να τα παρατηρήσουμε στην καθημερινή μας ζωή. Η σκουριά του σιδήρου, το μαύρισμα των ασημικών και η πράσινη πατίνα του χαλκού και του μπρούντζου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

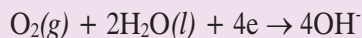
Το κόστος από την διάβρωση των μετάλλων σε μια ανεπτυγμένη χώρα εκτιμάται σε αρκετά δισεκατομμύρια δολάρια κατά έτος. Έτσι το πρόβλημα της διάβρωσης των μετάλλων εκτός από το καθαρά επιστημονικό ενδιαφέρον έχει ταυτόχρονα και τεράστιο οικονομικό ενδιαφέρον.

Διάβρωση του σιδήρου

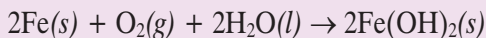
Η περισσότερη συνηθισμένη μορφή διάβρωσης στη φύση είναι η διάβρωση του σιδήρου. Τα άτομα του σιδήρου με την παρουσία του οξυγόνου και της υγρασίας οξειδώνονται χάνοντας ηλεκτρόνια και μετατρέπονται σε ιόντα δισθενούς σιδήρου σύμφωνα με την αντίδραση:



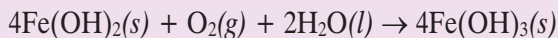
Τα ηλεκτρόνια που παράγονται από την αντίδραση ανάγουν το οξυγόνο σύμφωνα με την αντίδραση:



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



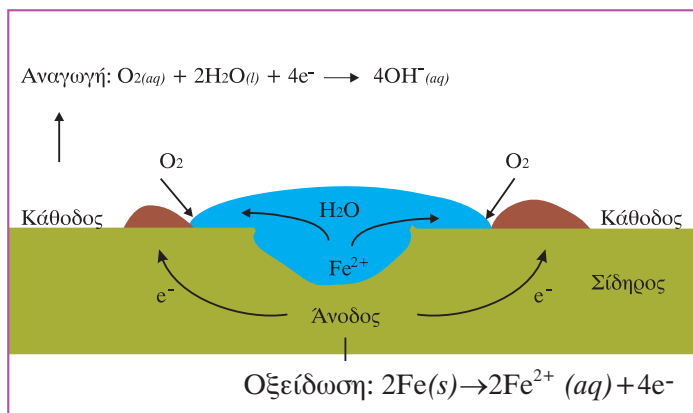
Η ένωση $\text{Fe}(\text{OH})_2$ που σχηματίζεται αντιδρά και πάλι με το οξυγόνο σύμφωνα με την αντίδραση:



Εν συνεχεία η ένωση $\text{Fe}(\text{OH})_3$ που είναι αδιάλυτη στο νερό διασπάται προς το κεραμέρευθο οξείδιο του σιδήρου $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ και κάθετα 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 περαιτέρω διάβρωση.

Γνωρίζεις ότι....

Η διάβρωση του σιδήρου, αλλά και όλων 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 όξινα διαλύματα, όπως το SO_2 και το CO_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 αλάτι 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 απαντήσει στις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Τι έχει συμβεί στο καρφί σε κάθε ένα δοκιμαστικό σωλήνα;
2. Γιατί στο δεύτερο σωλήνα το καρφί σκούριασε περισσότερο;
3. Γράψε τις χημικές αντιδράσεις οξείδωσης 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.

Διάβρωση του αργιλίου

Το αργίλιο (Al), είναι μέταλλο πιο δραστικό αλλά και πιο ελαφρύ από το σίδηρο.

Μόλις εκτεθεί στον αέρα αντιδρά ταχύτατα με το οξυγόνο, κατά παρόμοιο τρόπο με το σίδηρο, σχηματίζοντας στην επιφάνειά του οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3). Το οξείδιο αυτό, σε αντίθεση με εκείνο του σιδήρου, είναι σκληρό και δεν είναι πορώδες. Έτσι, μόλις σχηματισθεί ένα λεπτό στρώμα Al_2O_3 στην επιφάνεια του μετάλλου η παραπέρα 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 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ή οξέων, προκαλεί τέτοια φαινόμενα και είναι πολύ επικίνδυνη για τη διάβρωση των κατασκευών από αργίλιο. Αυτός άλλωστε είναι ο λόγος που το αργίλιο διαβρώνεται εύκολα από το θαλασσινό νερό.

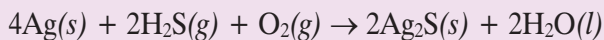
Παρόμοια συμπεριφορά ως προς τη διάβρωση με το αργίλιο έχουν και τα μέταλλα χρώμιο (Cr), νικέλιο (Ni), ψευδάργυρος (Zn) και κασσίτερος (Sn). Σχηματίζουν και αυτά στην επιφάνειά τους προστατευτικό οξείδιο με αποτέλεσμα να μη διαβρώνονται. Τα μέταλλα αυτά χρησιμο-

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

Διάβρωση άλλων 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 $[\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3]$ 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 ορείχαλκος.

Ο άργυρος 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 το υδρόθειο (H_2S). Τότε καλύπτεται από λεπτότατο στρώμα μαύρου θειούχου αργύρου (Ag_2S), σύμφωνα με την αντίδραση:



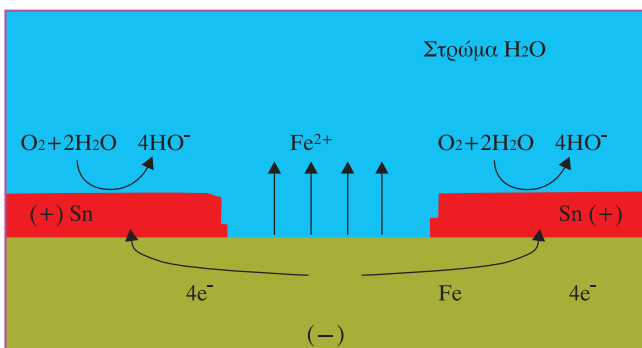
Το μαύρισμα των ασημικών στα σημεία που τα αγγίζουμε με το χέρι και των ασημένιων σκευών που χρησιμοποιούνται στο τραπέζι οφείλεται στην αντίδραση του αργύρου με τις πρωτεΐνες που περιέχουν θείο (S).

2.1.8 Προστασία των μετάλλων από την διάβρωση

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 επίδραση 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 **μύνιο** που είναι αιώρημα οξειδίου του μολύβδου, Pb_3O_4 , σε ρητίνη.

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 (σχήμα 2.10).

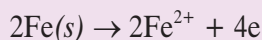


Σχήμα 2.10. Διάβρωση του σιδήρου από ρωγμή σε επικασσιτέρωση.

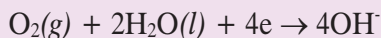
Γνωρίζεις ότι....

δεν πρέπει να αγοράζεις ποτέ κονσέρβες που η εξωτερική τους επιφάνεια έχει στραβώσει από κτυπήματα; Οι σιδερένιες κονσέρβες έχουν εσωτερική επιμετάλλωση από κασσίτερο. Όταν η κονσέρβα είναι κτυπημένη υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να έχει γίνει ρωγμή στην επιφάνεια της επιμετάλλωσης οπότε η διάβρωση του σιδερένιου δοχείου να έχει προχωρήσει αρκετά με συνέπεια την αλλοίωση του περιεχομένου της κονσέρβας.

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



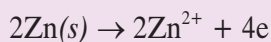
και στον θετικό πόλο (κάθοδο) η αναγωγή του οξυγόνου.



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

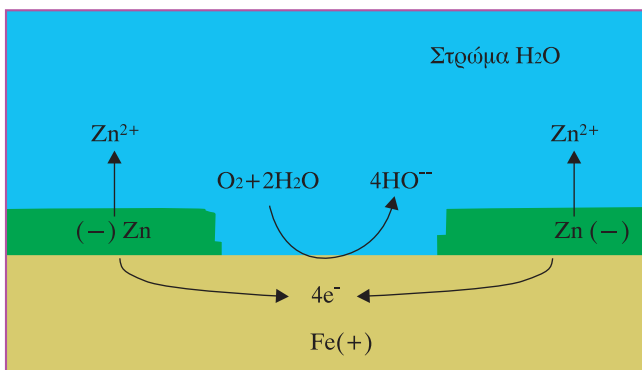
Στην περίπτωση αυτή ο ψευδάργυρος είναι μέταλλο δραστικότερο από τον σίδηρο. Έτσι προστατεύει τον σίδηρο ακόμη και αν υπάρξει ρωγμή του προστατευτικού στρώματος.

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. Έτσι ο σίδηρος προστατεύεται.

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



Σχήμα 2.11. Διάβρωση σε γαλβανισμένο σίδηρο.

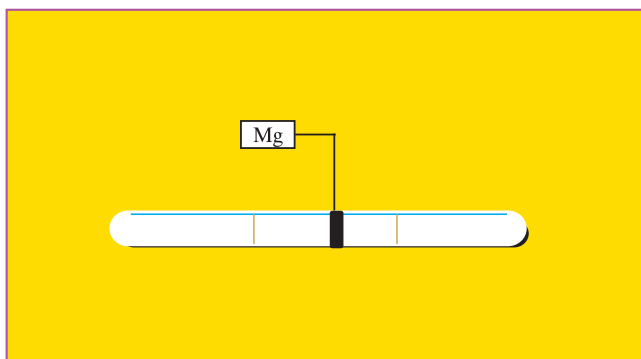
4. Δημιουργία επιφανειακού προστατευτικού στρώματος οξειδίου ή άλλων ενώσεων του μετάλλου. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στην προστασία των κατασκευών από αργίλιο. Το φυσικό στρώμα οξειδίου που δημιουργείται στην επιφάνεια του μετάλλου ενισχύεται σε πάχος με ηλεκτρολυτική ανοδίωση. Το παραγόμενο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

Ανάλογη μέθοδος χρησιμοποιείται και σε εσωτερικές επιφάνειες από σίδηρο που όμως δεν μπορούν 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 φιλμ 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 μέταλλο 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 σιδερένιο καρφί και στον άλλο ένα σιδερένιο καρφί στο οποίο έχεις συνδέσει ένα έλασμα ή σύρμα από ψευδάργυρο.

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

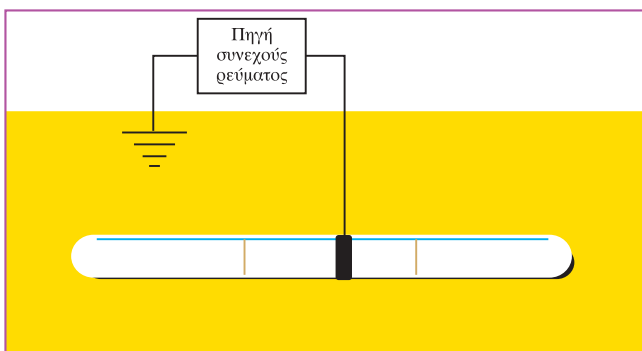
Μετά από μία μέρα παρατήρησε τι έχει συμβεί και προσπάθησε να απαντήσεις στις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Περιέγραψε τι έχει συμβεί στο καρφί σε κάθε ένα δοκιμαστικό σωλήνα;
2. Γιατί στο δεύτερο σωλήνα το καρφί δεν σκουριασε;
3. Γράψε τις χημικές αντιδράσεις οξείδωσης 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 ανοξείδωτος 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 δραστικότητα τους επιδρούν στο είδος των ενώσεων με τις οποίες τα βρίσκουμε στη φύση.

Τα δραστικά μέταλλα, δηλαδή όσα είναι πριν από το H_2 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**.

Παράδειγμα 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 υλικό 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 όμως του αργιλίου από τα πετρώματα αυτά είναι οικονομικά ασύμφορη και για το λόγο αυτό τα αργιλοπυριτικά άλατα δεν θεωρούνται μεταλλεύματα του Al.

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

Τα μεταλλεύματα 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 υλικά.

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

Γνωρίζεις ότι....

τα πιο διαδεδομένα στη φύση ορυκτά είναι τα πυριτικά; Η εξαγωγή όμως των μετάλλων από αυτά είναι πολύ δύσκολη. Χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή μετάλλων μόνο όταν δεν υπάρχουν άλλες οικονομικότερες λύσεις.

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 οι κυριότερες κατηγορίες 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 παραγωγή 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 αύξηση της περιεκτικότητας σε μέταλλο.

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

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

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

Πίνακας 2.4: Τα κυριότερα είδη μεταλλευμάτων

Ανιόντα	Μεταλλεύματα	Χημικός τύπος ορυκτού
Οξειδία	Αιματίτης Μαγνητίτης Βωξίτης Σιδηρονικέλιο Πυρολουσίτης Κασσιτερίτης Πισουρανίτης	Fe_2O_3 Fe_3O_4 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{NiO}$ MnO_2 SnO_2 U_2O_8
Σουλφίδια	Χαλκοπυρίτης Χαλκοσίτης Σφαλερίτης Γαληνίτης Σιδηροπυρίτης Κιννάβαρι	CuFeS_2 Cu_2S ZnS PbS FeS_2 HgS
Αλογονίδια	Φθορίτης Κρυσόλιθος Καρναλίτης Συλβίτης	CaF_2 Na_3AlF_6 $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2$ KCl
Ανθρακικά	Ασβεστόλιθος Μαγνησίτης Δολομίτης	CaCO_3 MgCO_3 $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$
Θειικά	Γύψος Βαρίτης	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ BaSO_4
Πυριτικά	Καολίνης Βήρυλλος Ορθόκλαστο	$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_8)(\text{OH})_4$ $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ KAlSi_3O_8
Φωσφορικά	Φωσφορίτης	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

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



Σχήμα 2.14. Διαχωρισμός στερεών με κυκλώνα.

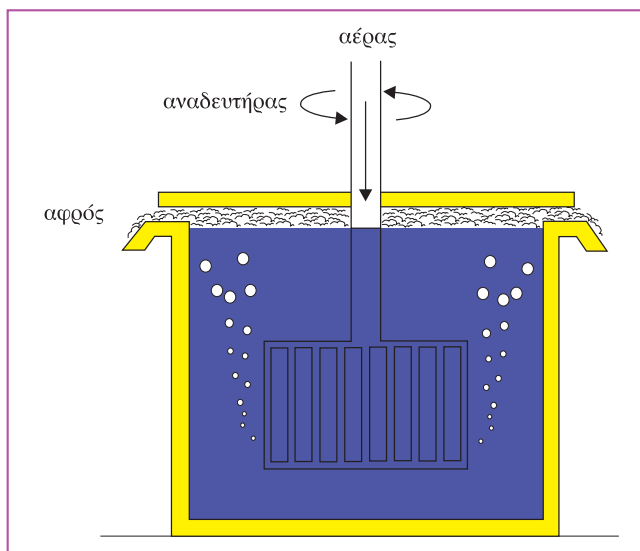
Τα βαρύτερα σωματίδια που έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε μέταλλο παρασύρονται από την φυγόκεντρο προς τα τοιχώματα και συλλέγονται στο κάτω μέρος του δοχείου.

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

Επίπλευση. Η μέθοδος στηρίζεται στη διαφορά διαβροχής των κόκκων του μεταλλεύματος από τις γαιώδεις προσμίξεις. Το μέταλλευμα αναμιγνύεται με νερό και χημικές ουσίες που λέγονται **διαβρεκτικοί 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 μεταλλευμάτων 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 προσμίξεις 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 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.

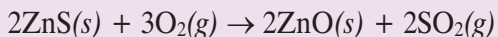
β. - Τις χημικές κατεργασίες κατά τις οποίες τα ορυκτά υφίστανται χημικές μεταβολές με σκοπό τον εμπλουτισμό τους σε μέταλλο ή/και τη μετατροπή τους σε ενώσεις που ανάγονται ευκολότερα.

Οι χημικές κατεργασίες ποικίλουν ανάλογα με το είδος των ορυκτών.

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

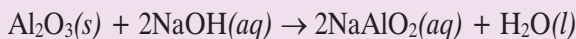


Τα θειούχα ορυκτά μετατρέπονται σε οξείδια με **φρύξη**, δηλαδή θέρμανση παρουσία οξυγόνου. Κατά τη φρύξη το θείο μετατρέπεται σε SO_2 , σύμφωνα με την αντίδραση:

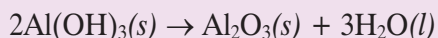


Το διοξείδιο του θείου (SO_2) που παράγεται από τη φρύξη των πυριτών μολύνει το περιβάλλον γιατί μετατρέπεται σε όξινη βροχή.

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



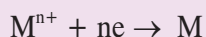
Το NaAlO_2 είναι ευδιάλυτο και αποχωρίζεται εύκολα από τις προσμίξεις. Εν συνεχεία το διάλυμα εξουδετερώνεται με οξύ και το $\text{Al}(\text{OH})_3$ που καταβυθίζεται μετατρέπεται με θέρμανση και πάλι σε καθαρό Al_2O_3 , σύμφωνα με την αντίδραση:



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 ιόν του μετάλλου, σύμφωνα με την γενική αντίδραση:

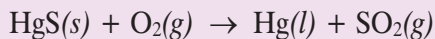


Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την αναγωγή του μεταλλεύματος εξαρτάται από τη χημι-

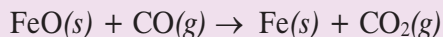
κή δραστικότητα του μετάλλου. Όσο μεγαλύτερη είναι η δραστικότητα τόσο περισσότερη δύσκολη και δαπανηρή είναι η μέθοδος της αναγωγής.

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

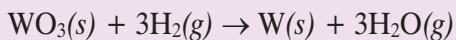
Κάποια μέταλλα με μικρή δραστικότητα, όπως ο υδράργυρος (Hg), δεν χρειάζονται επίσης αναγωγή αφού παράγονται απευθείας από τα θειούχα ορυκτά τους με φρύξη.



Τα οξειδία 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 του μετάλλου.

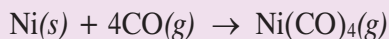
Συχνά, το μέταλλο που λαμβάνεται μετά από το στάδιο της αναγωγής, περιέχει ακαθαρσίες. Ο ψευδάργυρος, για παράδειγμα, περιέχει μόλυβδο, κάδμιο και σίδηρο ως ακαθαρσίες.

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 τήξεως, 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:



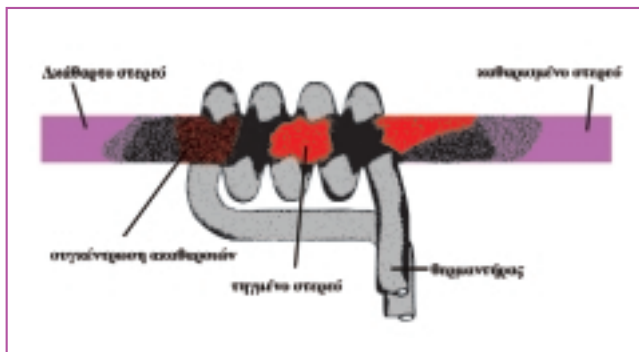
Η ένωση τετρακαρβόνυλονικέλιο $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ έχει σημείο ζέσεως 43°C και είναι πολύ τοξική. Μετά την απόσταξη γίνεται ανάκτηση του νικελίου με διάσπαση της ένωσης στους 200°C.

Ο χαλκός, ο άργυρος και ο χρυσός καθαρίζονται με ηλεκτρόλυση διαλυμάτων των αλάτων τους. Το ακάθαρμο 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 ίζημα στον πυθμένα του δοχείου ηλεκτρόλυσης.

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 ταντόχρονα από τις ακαθαρσίες.

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

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



Σχήμα 2.16. Καθαρισμός μετάλλων 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 προσμίξεων. Για παράδειγμα, κατά τον καθαρισμό του σιδήρου, μικρή ποσότητα άνθρακα που θα παραμείνει στο μέταλλο βελτιώνει σημαντικά την σκληρότητά του.

2.1.11 Βιομεταλλουργία

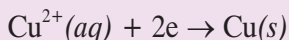
Βιομεταλλουργία ονομάζεται η διαδικασία εξαγωγής μετάλλων από τα ορυκτά τους με τη βοήθεια βακτηρίων. Ανακαλύφθηκε τυχαία, στην Ισπανία το 1752, κατά τη διάρκεια των εργασιών επαναλειτουργίας ενός παλαιού ορυχείου χαλκού.

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 θειικά ιόντα (SO_4^{2-}) ενώ ταυτόχρονα απελευθερώνουν τα ιόντα των αντίστοιχων μετάλλων.

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

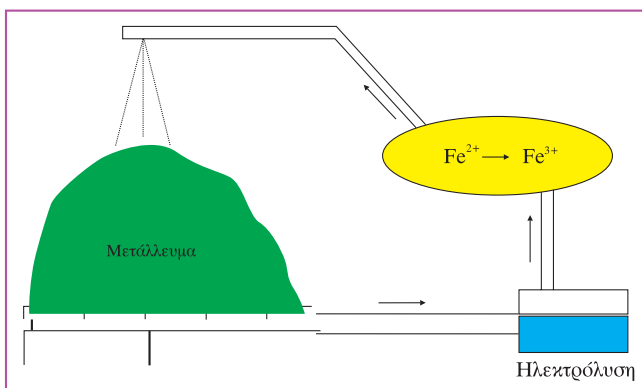
Η εφαρμογή της μεθόδου στην πράξη είναι σχετικά απλή για το χαλκό. Το φτωχό σε χαλκό μεταλλεύμα τοποθετείται σε σωρούς επάνω σε στεγανές επιφάνειες που έχουν συστήματα αποχέτευσης υγρών. Ακολουθώς ψεκάζεται με όξινο διάλυμα που περιέχει τα βακτηρίδια *Thiobacillus ferrooxidans* και ιόντα Fe^{3+} . Τα 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 συνεχεία 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 πολύπλοκες 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 κλασσική μέθοδο ανέβηκε απότομα, γιατί οι βιομηχανίες έπρεπε να εξοπλιστούν με συστήματα για τον έλεγχο των εκπομπών του SO_2 που παράγεται από τη φρύξη 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 αυτή 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 Ανακύκλωση των μετάλλων

Η δομή των σύγχρονων βιομηχανικών κοινωνιών στηρίζεται κατά ένα μεγάλο μέρος στην αλόγιστη 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 φαινομένου του θερμοκηπίου.

Παράλληλα όμως 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 αποσυντίθενται γρήγορα με τους φυσικούς νόμους της φθοράς με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται.

Η ανακύκλωση των χρήσιμων υλικών από τα απορρίμματα είναι μια αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης του προβλήματος, που εφαρμόζεται διεθνώς σε όλο 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 ποσοστό αυτό είναι αρκετά υψηλότερο.

Η ανακύκλωση κάποιων από αυτά είναι σήμερα δυνατή. Το αργίλιο (αλουμίνιο) είναι ένα από τα μέταλλα που η ανακύκλωσή του καθιερώθηκε διεθνώς σχετικά γρήγορα. Οι λόγοι για τους οποίους έγινε αυτό είναι πολλοί. Όπως είδαμε το αργίλιο αντέχει σημαντικά στη φυσική διάβρωση 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 εξα-

γωγή του από το μετάλλευμα.

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

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

Η ανακύκλωση εφαρμόζεται με επιτυχία και στη περίπτωση του μολύβδου από τους συσσωρευτές των αυτοκινήτων. Αντίθετα, η ανακύκλωση 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 περιελίξεις των ηλεκτρικών μηχανών και η παραλαβή του από τα καλώδια όπου βρίσκεται στο εσωτερικό μεγάλης μάζας πλαστικών υλικών κάνουν την ανάκτηση του μετάλλου αντιοικονομική παρά τη μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρει (~85%).

Η ανακύκλωση του σιδήρου παρουσιάζει επίσης σημαντικά προβλήματα αν και ενεργειακά είναι χρήσιμη αφού παρέχει εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 50%. Ο κύριος όγκος του ανακυκλούμενου 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 του μεταχειρισμένου σιδήρου (SCRAP) για να χρησιμοποιηθεί από τη χαλυβουργία 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 αποκασιτέρωση, η οποία απαιτεί σημαντική κατανάλωση ενέργειας, ενώ στα μεταχειρισμένα αυτοκίνητα πρέπει να γίνει σημαντικός διαχωρισμός υλικών. Ατυχώς η ποικιλία των μετάλλων και γενικά των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους, κάνει την ανακύκλωσή τους για την παρασκευή σιδήρου οικονομικά ασύμφορη.

Η ανακύκλωση 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 ανακύκλωση, 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 φορείς που θα ασχοληθούν με την ανακύκλωση του επικίνδυνου αυτού υλικού.

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

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

Η ανακύκλωση στη χώρα μας έχει αρχίσει να κάνει τα πρώτα 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 γ'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 **ppb** 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.

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

Τα δέκα πρώτα από αυτά χαρακτηρίζονται ως απαραίτητα γιατί είναι συστατικά μεταλλοενζύμων 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(μg) είναι απαραίτητα τα στοιχεία ιώδιο, σελήνιο, χρώμιο, μολυβδαίνιο και κοβάλτιο.

Για τα στοιχεία αρσενικό, νικέλιο, πυρίτιο και βόριο δεν υπάρχουν διατροφικές οδηγίες αν και το πιθανότερο είναι ότι χρειάζονται σε ποσότητες μικρογραμμαρίων. Υπάρχουν, τέλος, ασθενείς μόνο ενδείξεις 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 έλλειψη 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 γλυκόζης.

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 μέταλλο, ενώ πολλές φορές προστίθενται και μικρές ποσότητες αμετάλλων (π.χ. C, Si, B). Εξαιρέση αποτελούν τα κράματα του υδραργύρου που ονομάζονται **αμαλγάματα**.

Τα κράματα έχουν σαφή μεταλλικά χαρακτηριστικά και διαφορετικές ιδιότητες από τα μέταλλα 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 αναμειγνύοντας χαλκό και κασσίτερο σε υγρή κατάσταση μπόρεσε να παρασκευάσει ένα "καινούριο" μέταλλο με καλλίτερες μηχανικές ιδιότητες από το χαλκό. Το καινούργιο μέταλλο ονομάστηκε **μπρούντζος 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 19ο 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 μέταλλα χρησιμοποιούνται καθαρά. Τα περισσότερα βρίσκονται με την μορφή κραμάτων τους.

Τα κράματα ανάλογα με τον αριθμό των στοιχείων που τα αποτελούν διακρίνονται σε **διμερή** (δύο στοιχεία), **τριμερή** (τρία στοιχεία) κ.λ.π.. Παρασκευάζονται συνήθως με ανάμιξη των συστατικών τους σε θερμοκρασία τήξεως 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 κονιομεταλλουργίας.

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 μαγνησίου και των πολύτιμων μετάλλων.

2.2.2 Είδη κραμάτων

Κατά την παρασκευή ενός κράματος τα συστατικά του διαλύονται 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 διαλύονται πλήρως μεταξύ τους στη στερεά κατάσταση. Δηλαδή το κράμα είναι ετερογενές μίγμα των κρυστάλλων των συστατικών του. Παράδειγμα το κράμα Pb - Sn (κοινώς καλαϊ)

- 2. Στερεά διαλύματα** όταν τα συστατικά του κράματος διαλύονται πλήρως το ένα στο άλλο και στην στερεά 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. Παράδειγμα 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 Cu_3Al , Fe_3C , Cu_5Zn_8 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 του 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 **ενόργανης ανάλυσης** οι οποίες είναι ταχύτερες, έχουν την δυνατότητα α-

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 επαγωγικό πλάσμα (I.C.P.)**.
- οι τεχνικές με ακτίνες X, όπως η **φασματοσκοπία ακτίνων X** και η **φασματοσκοπία φθορισμού 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 (T.E.M.)**
- **Ηλεκτρονική μικροσκοπία ανακλώμενης δέσμης (S.E.M.)**
- **Μεταλλογραφία ακτίνων X**

Γ. Έλεγχος μηχανικών ιδιοτήτων.

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

- α. Τις **καταστροφικές** δοκιμές, που γίνονται σε τυποποιημένο δοκίμιο 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 **δυσθραυστότητας ή συνεκτικότητας**
- δοκιμή **αντοχής σε ερπυσμό**
- δοκιμή **κυκλικής κόπωσης**
- δοκιμή **ικανότητας απόσβεσης ταλαντώσεων**

Οι κυριότερες από τις μη καταστροφικές δοκιμές είναι:

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

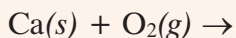
- Τα μέταλλα παρουσιάζουν χαρακτηριστικές φυσικές και χημικές ιδιότητες που αποτελούν τον μεταλλικό χαρακτήρα.
- Τα άτομα των μετάλλων συγκρατούνται με δυνάμεις που οφείλονται στο μεταλλικό δεσμό. Οι δυνάμεις αυτές δημιουργούνται από το νέφος των ελευθέρων ηλεκτρονίων που περιβάλλει την πυκνή δομή των 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 όλκιμα, είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και της θερμότητας, έχουν μεταλλική λάμψη και είναι μονατομικά στην αέρια φάση. Τις ιδιότητες αυτές τις οφείλουν στο μεταλλικό δεσμό.
- Τα μέταλλα είναι αναγωγικά σώματα. Αντιδρούν με το O_2 , το S και τα αλογόνα. Όσα είναι δραστικότερα από το H_2 αντιδρούν με τα μη οξειδωτικά οξέα και με το H_2O .
- Η διάβρωση των μετάλλων οφείλεται σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις. Πολλά μέταλλα σχηματίζουν προστατευτικό στρώμα από τα προϊόντα της διάβρωσης.
- Τα μέταλλα προστατεύονται από τη διάβρωση 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 υλικά αποτελούν τα μεταλλεύματα και τα πετρώματα. Τα ευγενή μέταλλα βρίσκονται αυτοφνή.
- 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 καταλύουν τις αντιδράσεις οξείδωσης από ιόντα Fe^{3+} . Η μέθοδος ονομάζεται βιομεταλλουργία, είναι απλή και δεν μολύνει το περιβάλλον.
- Η ανακύκλωση 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 περισσότερων 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 ιδιοτήτων των αμετάλλων στοιχείων με εκείνες των μετάλλων είναι σωστή;
Α. έχουν μικρότερη ηλεκτραρνητικότητα και μικρότερες ατομικές ακτίνες.
Β. έχουν μεγαλύτερες ενέργειες ιονισμού και μεγαλύτερες ατομικές ακτίνες.
Γ. είναι περισσότερο ηλεκτραρνητικά και έχουν μικρότερες ατομικές ακτίνες.
Δ. έχουν μεγαλύτερες ατομικές ακτίνες και είναι περισσότερο ηλεκτραρνητικά.
Ε. 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
Μικρό ειδικό βάρος
Δυνατότητα μετατροπής σε έλασμα.
4. Συγκρίνετε το σημείο τήξης και τη σκληρότητα των αλκαλίων με τις αντίστοιχες ιδιότητες των περισσότερων μετάλλων. Δικαιολογείστε 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 επικασσιτέρωση; Ποιά από τις δύο μεθόδους προστατεύει καλλίτερα το σίδηρο.
10. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις περιγράφουν σωστά τα φαινόμενα που θα συμβούν όταν υδατικό διάλυμα έρθει σε επαφή με το σημείο όπου έχει καταστραφεί η επικασσιτέρωση 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 αργίλιο διαβρώνεται από το θαλασσινό νερό, αλλά όχι από το γλυκό;
14. Τι διαφέρει το μέταλλευμα από το ορυκτό;
15. Ποιο από τα παρακάτω ορυκτά έχει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε αργίλιο:
 - 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 στάδιά της;
17. Ποια μέθοδο θα χρησιμοποιήσουμε για τον εμπλουτισμό μεταλλεύματος του Cu_2S και ποια για το μέταλλευμα του Fe_3O_4 ;
18. Το H_2 χρησιμοποιείται ως αναγωγικό μέσο για την παραλαβή του χαλκού 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;
Α. $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e$
Β. $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e \rightarrow \text{Cu}(s)$
Γ. $2\text{H}^+(aq) + 2e \rightarrow \text{H}_2(g)$
Δ. $\text{Cu}(s) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + 2e$
Ε. Καμμία 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 αμαλλάματα;
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.