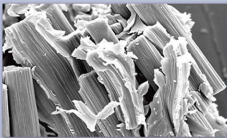


Δρ. Αθανάσιος Δ. Παπαργύρης

Δρ. Σοφία Α. Παπαργύρη

Εισαγωγή στην
Επιστήμη και την
Τεχνολογία
Μηχανολογικών
Υλικών



Κάθε γνήσιο αντίτυπο φέρει την υπογραφή του συγγραφέα

ISBN 978-960-456-126-1

© Copyright: Παπαργύρης Α., Παπαργύρη Σ., Εκδόσεις Ζήτη, Δεκέμβριος 2008

Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις του Ελληνικού νόμου (Ν.2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η άνευ γραπτής άδειας του εκδότη και συγγραφέα κατά οποιοδήποτε τρόπο ή μέσο αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρονική, μηχανική ή άλλη) και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.



Φωτοστοιχειοθεσία
Εκτύπωση

Π. ΖΗΤΗ & Σια ΟΕ

18ο χλμ Θεσ/νίκης-Περαίας
Τ.Θ. 4171 • Περαία Θεσσαλονίκης • Τ.Κ. 570 19
Τηλ.: 23920 72.222 (10 γραμ.) - Fax: 23920 72.229
e-mail: info@ziti.gr

Βιβλιοπωλείο

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ

Αρμενοπούλου 27 • 546 35 Θεσσαλονίκη
Τηλ. 2310 203.720, Fax 2310 211.305
e-mail: sales@ziti.gr

www.ziti.gr

*Στην Πηνελόπη
Στο Δημήτρη*

*Είθε σύντομα να πάρει
η Ελλάδα τη θέση
που της αξίζει στον κόσμο
της Επιστήμης
και της Τεχνολογίας*

Πρόλογος

Τεχνολογία στη σύγχρονη γλώσσα είναι η επιστημονική έκθεση των μέσων και των εργασιών που απαιτούνται για την αύξηση της χρησιμότητας των από τη φύση παρεχομένων πρώτων υλών. Ως όρος, η τεχνολογία και η τεχνική υιοθετήθηκαν από τους Γάλλους ακαδημαϊκούς και έχουν τη ρίζα τους σε αυτό που οι **Αρχαίοι Έλληνες** ονόμαζαν «**Τέχναι**».

Οι αρχαιολόγοι εξετάζοντας την ιστορία του ανθρώπου και λαμβάνοντας υπόψη ότι τα υλικά χαρακτηρίζουν τον ανθρώπινο τεχνικό πολιτισμό, διακρίνουν τις παρακάτω περιόδους. Βέβαια τα χρονολογικά όρια των διαφόρων περιόδων διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή του πλανήτη μας. Οι περίοδοι που αναφέρονται παρακάτω αφορούν την Ευρώπη και τις περιοχές της Αιγύπτου και της Μεσοποταμίας.

1. Προλιθική περίοδος:	1.000.000 - 600.000
2. Αρχαιολιθική περίοδος:	600.000 - 150.000
3. Μεσοπαλαιολιθική περίοδος	150.000 - 50.000
4. Ανώτερη Παλαιολιθική περίοδος:	50.000 - 10.000
5. Μεσολιθική περίοδος:	10.000 - 5.000
6. Νεολιθική περίοδος:	5.000 - 1.000
7. Περίοδος ορείχαλκου:	1.000 - 500 π.Χ.
8. Περίοδος σιδήρου:	500 - Γέννηση Χριστού

Σύμφωνα με άλλους αρχαιολόγους οι τρεις τελευταίοι περίοδοι μέχρι την γέννηση του Χριστού είναι:

1. Εποχή του χαλκού:	5.000 - 3.000 π.Χ.
2. Εποχή του ορείχαλκου:	3.000 - 1.000 π.Χ.
3. Εποχή του σιδήρου:	1.000 - Γέννηση Χριστού

Τα πρώτα μέταλλα με τα οποία ήρθε σε επαφή ο άνθρωπος ήταν τα αυτοφυή μέταλλα, όπως ο χρυσός, ο χαλκός, ο άργυρος και ο σίδηρος με προέλευση κυρίως τους μετεωρίτες που είχαν πέσει στη γη.

Όπως είναι αναμενόμενο, η παραγωγή του σιδήρου συνάντησε σημαντικές δυσκολίες λόγω του υψηλού σημείου τήξης του (1.537 °C) που ήταν μεγαλύτερο από εκείνο του χαλκού (1.083 °C). Αν και η πρώτη παραγωγή χάλυβα τοποθετείται περίπου στο 1.300 μ.Χ., η βιομηχανία του χάλυβα γνώρισε μεγάλη άνθιση την περίοδο 1.850-1900 μ.Χ. χάρη στις μεθόδους των Bessemer και Siemens-

Marten που έκαναν δυνατή την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων χάλυβα (η περίοδος αυτή θα μπορούσε να ονομαστεί και περίοδος του χάλυβα).

Ενώ μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ο κόσμος των υλικών ήταν σχετικά μικρός και περιελάμβανε μερικά κοινά σήμερα υλικά, όπως ο **σίδηρος**, ο **χαλκός** ο **μόλυβδος**, το **ξύλο**, το **γυαλί**, τα **κεραμικά**, το **λάστιχο**, τα τελευταία χρόνια ο αριθμός των νέων υλικών, έχει αυξηθεί εκθετικά.



Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
-----------------------------------	----

Μέρος Ι

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΟΜΗ

Κεφάλαιο 2: ΑΤΟΜΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΔΕΣΜΟΙ

2.1 Εισαγωγή.....	21
2.2 Ατομικά Πρότυπα	22
2.3 Κβαντικοί αριθμοί	24
2.4 Παραδείγματα ατομικών τροχιακών	26
2.5 Περιοδικός πίνακας	31
2.6 Ατομικοί δεσμοί	33
Βιβλιογραφία.....	42
<i>Ασκήσεις – Ερωτήσεις</i>	43

Κεφάλαιο 3: ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

3.1 Κυβικό κρυσταλλικό πλέγμα	45
3.2 Το εξαγωνικό σύστημα.....	51
3.3 Η στοιχειώδης κυψελίδα	53
Βιβλιογραφία.....	55
<i>Ασκήσεις – Ερωτήσεις</i>	56

Κεφάλαιο 4: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Ή ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

4.1 Εισαγωγή.....	59
4.2 Δημιουργία στερεής φάσης	59
4.3 Ο Νόμος των φάσεων	62

4.4	Κατασκευή διαγραμμάτων φάσεων	64
4.4.1	Θερμική ανάλυση	64
4.4.2	Περίθλαση με ακτίνες Χ (X-ray diffraction)	67
4.4.3	Διαστολομετρία (dilatometry)	68
4.4.4	Ελεύθερη ενέργεια	69
4.4.5	Ηλεκτρική αγωγιμότητα	70
4.4.6	Οπτική και ηλεκτρονική μικροσκοπία	70
4.5	Υπολογισμός βάρους φάσεων – Κανόνας μοχλού	70
4.6	Διαγράμματα φάσεων δυαδικών συστημάτων	73
4.6.1	Διαγράμματα στα οποία τα συστατικά είναι αδιάλυτα στην στερεή φάση και πλήρως διαλυτά στην υγρή φάση	73
4.6.2	Διαγράμματα φάσεων συστατικών με απεριόριστη διαλυτότητα στην υγρή και στερεή κατάσταση.....	76
4.6.2.1	Γενικές ιδιότητες των στερεών διαλυμάτων	80
4.6.3	Διαγράμματα φάσεων συστημάτων με πλήρη αμοιβαία διαλυτότητα στην υγρή κατάσταση και περιορισμένη στην στερεή κατάσταση και στα οποία η διαλυτότητα της στερεής κατάστασης μειώνεται με τη θερμοκρασία.....	83
4.6.4	Διαγράμματα φάσεων με περιτηκτικό σημείο.....	85
4.6.5	Διαγράμματα φάσεων με σχηματισμό διαμεταλλικής ένωσης σταθερής ή μεταβλητής σύστασης	88
4.6.6	Διάγραμμα φάσεων συστήματος με συστατικά που παρουσιάζουν αλλοτροπικούς μετασχηματισμούς	89
4.7	Διαγράμματα φάσεων τριαδικών συστημάτων	90
	Βιβλιογραφία	93
	Ασκήσεις – Ερωτήσεις	94

Κεφάλαιο 5: ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ

5.1	Εισαγωγή.....	101
5.2	Είδη θερμικών κατεργασιών χάλυβων	101
5.3	Ανόπτηση του χάλυβα	103
5.4	Εξομάλυνση (Normalising) χάλυβα.....	107
5.5	Σκλήρυνση (βαφή) χάλυβα.....	108
5.6	Η επαναφορά του χάλυβα.....	114
5.7	Υπομηδενική κατεργασία χάλυβα	115
5.8	Ελαττώματα χάλυβων λόγω θερμικής κατεργασίας.....	116
5.9	Επίδραση προσθήκης χημικών στοιχείων στον ανθρακούχο χάλυβα.....	116
5.10	Επιφανειακή βαφή χάλυβα.....	117
5.11	Χημική θερμική κατεργασία χάλυβα.....	119

5.11.1	Ενανθράκωση.....	120
5.11.2	Εναζώτωση	121
5.11.3	Κυάνωση και άνθρακο - εναζώτωση χάλυβα	123
5.12	Ισόθερμοι και Συνεχείς Μετασχηματισμοί Χαλύβων Καμπύλες TTT και CCT	123
	<i>Ασκήσεις</i>	130
5.13	Θερμικές κατεργασίες μη σιδηρούχων μετάλλων.....	137
5.13.1	Εισαγωγή	137
5.13.2	Ψυχρή κατεργασία και ανόπτηση	137
5.13.3	Χρονοσκλήρυνση (Age hardening)	141
5.14	Ικανότητα σκλήρυνσης	144
5.15	Επίδραση της δομής στις μηχανικές ιδιότητες.....	150
5.15.1	Προσθετικές ιδιότητες φάσεων	151
5.15.2	Αλληλοεξαρτόμενες ιδιότητες φάσεων	154
	Βιβλιογραφία.....	159
	<i>Ασκήσεις</i>	161

Μέρος II

ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Κεφάλαιο 6: ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ-ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

6.1	Εισαγωγή.....	165
6.2	Ελεύθερη ενέργεια.....	165
6.3	Κρυστάλλωση καθαρού μετάλλου.....	167
6.4	Ελεγχόμενη ανάπτυξη κρυστάλλων.....	170
6.5	Δομές πλινθωμάτων και χυτών.....	171
6.6	Χημική ετερογένεια – Διαφορισμός	174
6.7	Δομικές ατέλειες στερεοποίησης.....	175
6.8	Επιδράσεις συστολής κατά την στερεοποίηση.....	179
6.9	Μέθοδοι μορφοποίησης των μετάλλων	180
6.10	Πρωτοβάθμιες μέθοδοι μορφοποίησης	182
6.10.1	Χύτευση.....	182
6.10.2	Φαινόμενα παρατηρούμενα κατά τις χυτεύσεις.....	185
6.10.3	Κονιομεταλλουργία.....	187
6.10.4	Σφυρηλάτηση (Forging)	193
6.10.5	Ηλεκτρολυτική μορφοποίηση	193
6.11	Δευτεροβάθμιες μέθοδοι μορφοποίησης.....	194
	Βιβλιογραφία.....	195

Κεφάλαιο 7: ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ, ΠΡΟΤΥΠΑ, ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΥΛΙΚΩΝ, ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ, ΧΡΗΣΗΣ, ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ, ΔΟΚΙΜΑΣΙΩΝ

7.1	Χάλυβες σύμφωνα με τη τυποποίηση SAE-AISI.....	197
7.1.1	Τυποποίηση μικροκραματωμένων χαλύβων.....	197
7.1.2	Τυποποίηση ανοξείδωτων χαλύβων.....	201
7.2	Τυποποίηση χαλύβων κατά DIN.....	201
7.3	Τυποποίηση αντίστασης στη διάβρωση.....	206
7.4	Τυποποίηση κραμάτων αλουμινίου.....	206
7.4.1	Τυποποίηση θερμικών κατεργασιών αλουμινίου.....	208
7.5	Τυποποίηση κραμάτων χαλκού.....	210
7.6	Μηχανικές δοκιμασίες υλικών.....	212
7.6.1	Δοκιμασία εφελκυσμού.....	212
7.6.2	Δοκιμασία κάμψης.....	216
7.6.3	Δοκιμές σκληρότητας.....	218
7.6.4	Δοκιμασία δυσθραυστότητας.....	223
7.6.5	Δοκιμασίες κόπωσης.....	228
7.6.6	Δοκιμασίες σε υψηλές θερμοκρασίες.....	233
7.6.7	Δοκιμασίες ελέγχου μεθόδων κατασκευής.....	236
7.6.8	Μη καταστροφικές δοκιμασίες ποιοτικού ελέγχου υλικών.....	237
7.6.9	Οπτικός έλεγχος.....	238
7.6.10	Έλεγχος με μαγνητιζόμενα σωματίδια.....	238
7.6.11	Έλεγχος με υπερήχους.....	238
7.6.12	Έλεγχος με υγρά διείδυσης.....	239
7.6.13	Έλεγχος με ακτίνες Χ.....	239
7.6.14	Έλεγχος με δινορρεύματα.....	240
7.6.15	Έλεγχος με πνευματική ή υδραυλική πίεση.....	241
	Βιβλιογραφία.....	242
	Ασκήσεις.....	243

Μέρος III

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ, ΧΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Κεφάλαιο 8: ΧΑΛΥΒΕΣ - ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

8.1	Εισαγωγή.....	247
8.2	Η Μεταλλουργία των χαλύβων.....	248

8.3	Αλλοτροπικές μορφές του σιδήρου	249
8.4	Το διάγραμμα φάσεων Fe-C.....	250
8.5	Διάκριση χαλύβων (Ανθρακούχοι - Κραματοποιημένοι)	251
8.6	Βιομηχανικές χρήσεις των χαλύβων	255
8.6.1	Χάλυβες ηλεκτρομαγνητικών εφαρμογών	256
8.6.2	Χάλυβες κατασκευής αξόνων	258
8.7	Χυτοσίδηροι	259
8.7.1	Γενικά	259
8.7.2	Καταστάσεις του άνθρακα στους χυτοσίδηρους	260
8.7.3	Στοιχεία της δομής των χυτοσιδήρων	263
8.7.4	Είδη χυτοσιδήρου	265
	Βιβλιογραφία.....	271

Κεφάλαιο 9: ΜΗ-ΣΙΔΗΡΟΥΧΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

9.1	Εισαγωγή.....	273
9.2	Το Αλουμίνιο και κράματα του.....	273
9.2.1	Ιδιότητες του αλουμινίου	275
9.2.2	Διεργασίες κραμάτων αλουμινίου	277
9.2.3	Ταξινόμηση των κραμάτων αλουμινίου	278
9.2.3.1	Θερμοσκληραινόμενα κράματα αλουμινίου	278
9.2.3.2	Μη-θερμοσκληραινόμενα κράματα αλουμινίου.....	282
9.2.3.3	Σύνθετα κράματα αλουμινίου	283
9.2.4	Οι Μηχανικές ιδιότητες των κραμάτων αλουμινίου	284
9.2.5	Η Συγκόλληση του Αλουμινίου	285
9.2.6	Χρήση Κραμάτων Αλουμινίου.....	285
9.3	Ο χαλκός και τα κράματά του	286
9.3.1	Χρήση και εφαρμογές κραμάτων χαλκού	287
9.4	Το μαγνήσιο και τα κράματά του	289
9.5	Δύστηκτα μέταλλα.....	290
9.6	Κεραμικά υλικά	291
9.7	Σύνθετα υλικά	292
9.8	Υλικά επικαλύψεων.....	293
	Βιβλιογραφία.....	298

Κεφάλαιο 10: ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

10.1	Εφαρμογή των θερμοανλυτικών μεθόδων στην έρευνα και τη βιομηχανία	299
10.1.1	Εισαγωγή	299

10.1.2	Οι κύριες μέθοδοι θερμικής ανάλυσης	299
10.1.2.1	Θερμοβαρομετρία - TG - DTG	300
10.2.2.2	Διαφορική θερμική Ανάλυση (DTA)	302
10.1.2.3	Ανάλυση Εξερχόμενων Αερίων -EGA. - Ανίχνευση Εξερχόμενων Αερίων - EGD	304
10.1.2.4	Θερμομηχανικές μέθοδοι - TMA	304
10.1.3	Εφαρμογές.....	304
10.2	Σύγχρονες μέθοδοι ανάλυσης επιφανειών στερεών	315
10.2.1	Εισαγωγή.....	315
10.2.2	Μέθοδοι Βομβαρδισμού με Ηλεκτρόνια	316
10.2.3	Μέθοδοι Βομβαρδισμού με Φωτόνια.....	319
10.2.4	Μέθοδοι Βομβαρδισμού με ιόντα	320
10.2.5	Σύγκριση των Κυριότερων Χαρακτηριστικών των Μεθόδων Επιφανειακής Ανάλυσης.....	322
10.2.6	Συμπεράσματα.....	324
10.3	Ελαττώματα επιχρωμίσεων. Επισήμανση και αντιμετώπισή τους στην πράξη.....	325
10.3.1	Εισαγωγή.....	325
10.3.2	Πηγές Ελαττωμάτων	326
10.3.3	Εντοπισμός των Ελαττωμάτων.....	329
10.3.4	Αντιμετώπιση των ελαττωμάτων	330
10.3.5	Συμπεράσματα.....	332
10.4	Η μόλυνση του περιβάλλοντος στους χώρους των συγκολλήσεων.....	332
10.4.1	Εισαγωγή.....	332
10.4.2	Καπνός.....	333
10.4.3	Αέρια	334
10.4.4	Προστατευτικές Επικαλύψεις.....	336
10.4.5	Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία	336
10.4.6	Θόρυβος	336
10.5	Χημική σύσταση και δομή των προϊόντων τριβής των χαλύβων	337
10.5.1	Εισαγωγή.....	337
10.5.2	Γενικά.....	337
10.5.3	Επιφανειακή Θερμοκρασία.....	338
10.5.4	Προϊόντα Τριβής.....	338
10.5.5	Συμπεράσματα.....	341
	Πίνακες	343
	<i>Γενική Βιβλιογραφία</i>	371

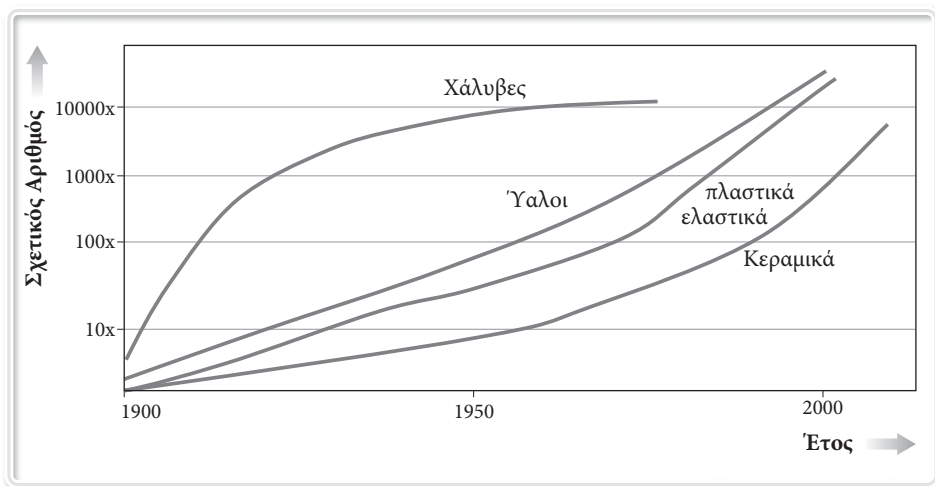
1^ο

Κεφάλαιο

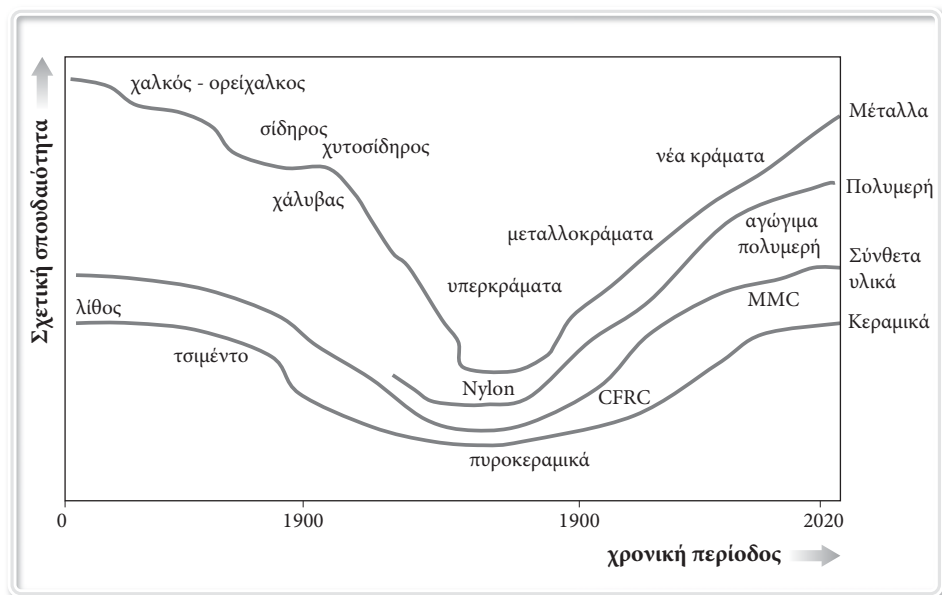
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα χρησιμοποιούνται αρκετές εκατοντάδες φορές περισσότερα υλικά από ότι στις αρχές του αιώνα.

Υπολογίζεται ότι χρησιμοποιούνται περίπου 70.000 διαφορετικές συνθέσεις υλικών. Για παράδειγμα το 1900 χρησιμοποιούνταν λιγότερα από 100 διαφορετικά υλικά στη κατασκευή των αυτοκινήτων. Σήμερα στην κατασκευή των αυτοκινήτων χρησιμοποιούνται περισσότερα από 4000 διαφορετικά υλικά. Η σχετική σπουδαιότητα και χρήση των υλικών με την εξέλιξη του πολιτισμού και της τεχνολογίας φαίνεται στα Σχήματα 1.1 και 1.2.



Σχήμα 1.1: Σχετική μεταβολή του αριθμού των υλικών σε σχέση με τον χρόνο.



MMC = σύνθετα μεταλλοκεραμικά υλικά

CFRC = σύνθετα κεραμικά με ίνες άνθρακα

Σχήμα 1.2: Σχετική σπουδαιότητα υλικών

Τα **μηχανολογικά υλικά** περιλαμβάνουν τις παρακάτω κατηγορίες υλικών:

1. Βιομηχανικά κράματα

Σ' αυτά ανήκουν οι χάλυβες, οι χυτοσίδηροι τα κράματα χαλκού με κασίτερο, ψευδάργυρο, αλουμίνιο κτλ., τα κράματα αλουμινίου, τα κράματα μαγνησίου, τα κράματα μολύβδου, τα δύστηκτα κράματα κλπ.

2. Τα πλαστικά

Σ' αυτά ανήκουν τα θερμοσκληραινόμενα και τα θερμοπλαστικά υλικά που περιέχουν κυρίως άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο και άζωτο.

3. Τα κεραμικά

Σ' αυτά ανήκουν κυρίως ενώσεις οξειδίων, καρβιδίων και νιτριδίων

4. Τα σύνθετα υλικά

Σ' αυτά ανήκουν υλικά αποτελούμενα από μεταλλική ή κεραμική μήτρα και ανόργανες ίνες (π.χ. ίνες άνθρακα, οξειδίων αλουμινίου)

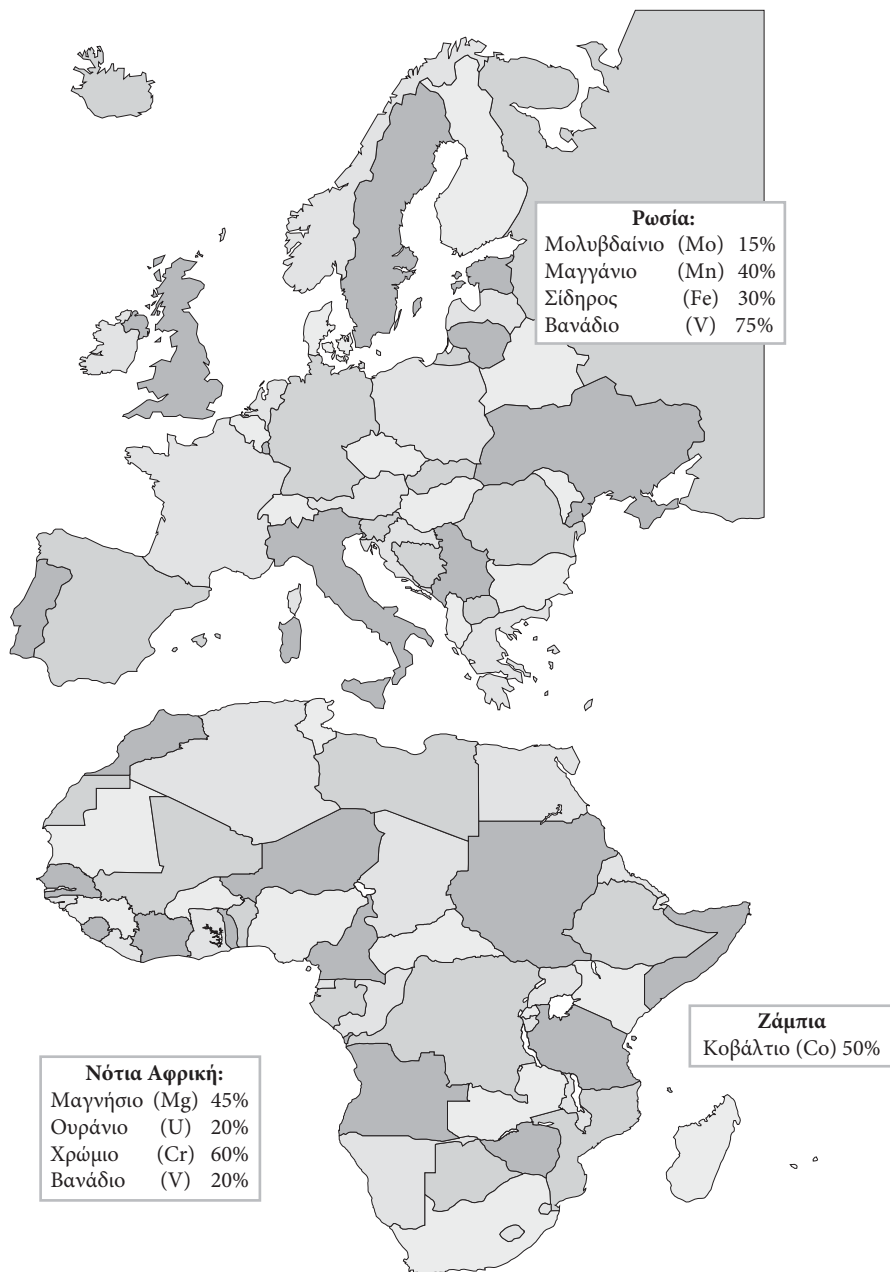
Σε αρκετές περιπτώσεις τα υλικά προστατεύονται με εξωτερική επικάλυψη έτσι ώστε να αποκτήσουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Τα **υλικά επικάλυψεως** περιλαμβάνουν:

1. Τις *οργανικές επικαλύψεις*
Σ' αυτές ανήκουν επικαλύψεις με οργανικές χημικές ουσίες (ενώσεις κυρίως άνθρακα υδρογόνου).
2. Τις *μεταλλικές επικαλύψεις*
Σ' αυτές ανήκουν επικαλύψεις με κάποιο μέταλλο π.χ. χαλκό, χρώμιο, νικέλιο.
3. Τις *επικαλύψεις μετατροπής* (δηλαδή τις επικαλύψεις αλλαγής της χημικής σύστασης τις επιφάνειας των υλικών.
Σ' αυτές ανήκουν οι ανοδιώσεις (π.χ δημιουργία οξειδίου στην επιφάνεια του μετάλλου).
4. Τις *κεραμικές επικαλύψεις*
Σ' αυτές ανήκουν επικαλύψεις με κεραμικά υλικά (π.χ. οξείδια Al_2O_3 , SiC).

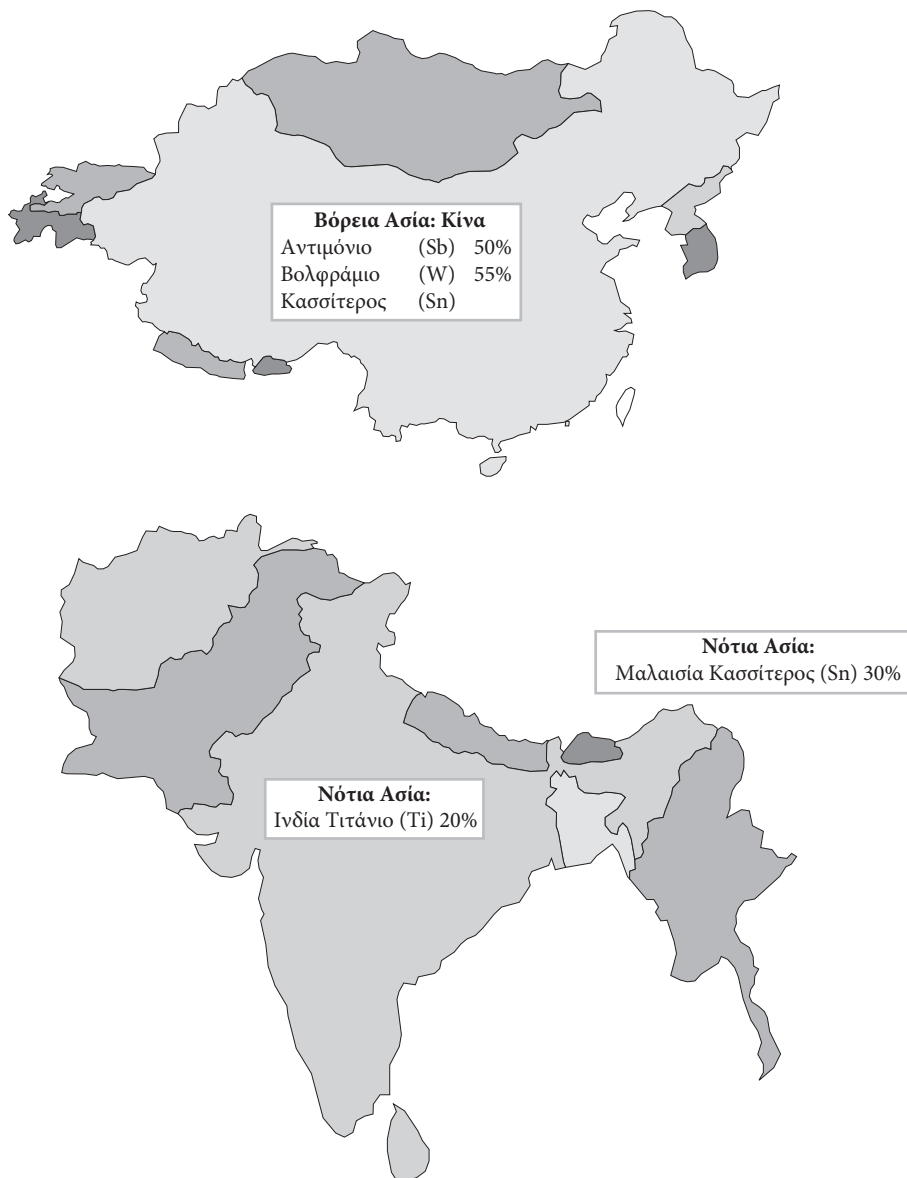
Η κατανομή των κυριότερων μετάλλων στον πλανήτη μας σύμφωνα με τα μέχρι σήμερα γνωστά στοιχεία, δίδεται στον Πίνακα 1.1 (βλέπε και Σχήμα 1.3).

Πίνακας 1.1: Κατανομή των κυριότερων μετάλλων στη γη

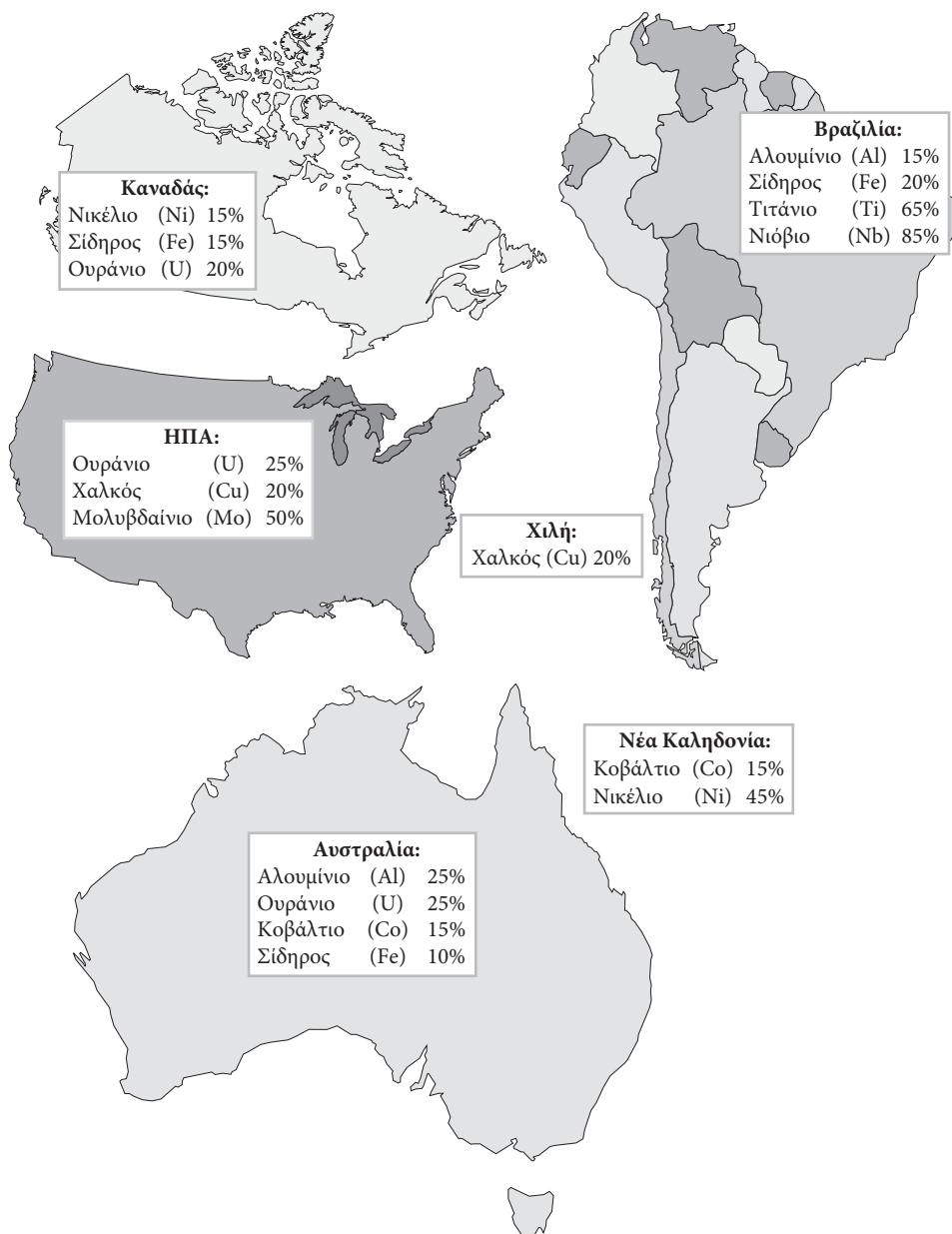
Χημικό στοιχείο	Κυριότερη χώρα παραγωγής - Περιεκτικότητα
Νικέλιο	Νέα Καληδονία (45%), Καναδάς (20%)
Χρώμιο	Ν. Αφρική (60%)
Ουράνιο	Αυστραλία (25%), Ν. Αφρική (20%), Καναδάς (20%), ΗΠΑ (25%)
Κοβάλτιο	Ροδεσία (50%), Ν. Καληδονία (15%), Αυστραλία (15%)
Βανάδιο	Πρώην Σ. Ένωση (75%), Ν. Αφρική (20%)
Τιτάνιο	Βραζιλία (65%), Ινδία (20%)
Μολυβδαίνιο	ΗΠΑ (50%), Σ. Ένωση (15%)
Χαλκός	Χιλή (20%), ΗΠΑ (20%)
Σίδηρος	Καναδάς (15%), Αυστραλία (10%), Βραζιλία (20%), Ρωσία (30%)
Αλουμίνιο	Βραζιλία (15%), Αυστραλία (25%)
Μαγγάνιο	Ν. Αφρική (45%), Ρωσία (40%)
Κασσίτερος	Μαλαισία (30%), Κίνα (25%)
Αντιμόνιο	Κίνα (50%)
Βολφράμιο	Κίνα (55%)



Σχήμα 1.3: Κατανομή των κυριότερων μετάλλων στη γη



Σχήμα 1.3: Κατανομή των κυριότερων μετάλλων στη γη (συνέχεια)



Σχήμα 1.3: Κατανομή των κυριότερων μετάλλων στη γη (συνέχεια)

ΜΕΡΟΣ Ι

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΟΜΗ

Οι σημερινές τεχνολογικές απαιτήσεις των μηχανολογικών υλικών καλύπτονται με την κατάλληλη τροποποίηση των χαρακτηριστικών των υλικών. Ανάλογα λοιπόν με την χρησιμοποίηση ενός υλικού είναι δυνατό, μέσα σε ορισμένα όρια βέβαια, να τροποποιηθούν οι ιδιότητές του, ώστε να επιτυγχάνεται τελικά το βέλτιστο αποτέλεσμα.

Η επέμβαση στη δομή, είναι το κλειδί για την τροποποίηση της δομής ενός υλικού. Για την κατανόηση της μεταλλογραφικής δομής των κραμάτων π.χ. σιδήρου –άνθρακα ή χαλκού– κασιτέρου είναι απαραίτητη η μελέτη των διαγραμμάτων ισορροπίας ή φάσεων. Με βάση τα διαγράμματα αυτά επιτυγχάνεται η παρέμβαση στη δομή με τις λεγόμενες θερμικές κατεργασίες των μετάλλων και κραμάτων. Με τις κατεργασίες αυτές επιτυγχάνονται δομές μεταλλογραφικές που εξυπηρετούν συγκεκριμένες απαιτήσεις τεχνολογικών εφαρμογών ή ενισχύονται περιοχές ενός υλικού (π.χ. επιφανειακή σκλήρυνση), ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια ορισμένη εφαρμογή.

2°

Κεφάλαιο

ΑΤΟΜΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΔΕΣΜΟΙ

2.1 Εισαγωγή

Η μελέτη της οργάνωσης της ύλης επιτρέπει την ευκολότερη κατανόηση των παραγόντων που καθορίζουν τις ιδιότητες των υλικών. Έτσι π.χ. όταν ένα μέταλλο εφελκύεται, οι ελκτικές δυνάμεις, μεταξύ των ατόμων, αντιδρούν στον εφελκυσμό και παρεμποδίζουν την παραμόρφωση και τη θραύση. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα προέρχεται από τη κινητικότητα των ηλεκτρονίων. Η οξείδωση των μετάλλων προκαλείται από την διαφορά ηλεκτροχημικού δυναμικού και επιτυγχάνεται μέσω της διάχυσης του οξυγόνου δια της επιφάνειας αυτών προς σχηματισμό οξειδίων. Αυτά και άλλα φαινόμενα, εξηγούνται με τη μελέτη του ατομικού μοντέλου.

Οι πρώτοι ατομικοί φιλόσοφοι ήταν ο Δημόκριτος (460 π.Χ.) και ο Λεύκιππος (450 π.Χ.) που εισήγαγαν την έννοια του ατόμου ως το απειροελάχιστο σωματίδιο της ύλης από το οποίο αποτελούνται τα υλικά σώματα. Η εξέλιξη των θετικών επιστημών έδειξε πολύ αργότερα την ύπαρξη των υποατομικών σωματιδίων.

Τα άτομα αποτελούνται από ένα θετικό πυρήνα (ο οποίος αποτελείται από πρωτόνια και νετρόνια που συγκρατούνται χάρη στις πυρηνικές δυνάμεις) γύρω από τον οποίο κινούνται αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια. Η μάζα των ηλεκτρονίων έχει υπολογισθεί ως ίση προς το $\frac{1}{1836}$ της μάζας του νετρονίου. Σε φυσικές μονάδες το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι ίσο με $1.6 \cdot 10^{-19}$ Cb.

Ο αριθμός των πρωτονίων ενός στοιχείου συμβολίζεται με Z και ονομάζεται *ατομικός αριθμός*. Τα χημικά στοιχεία είναι 116 και από αυτά, τα 91 υπάρχουν ελεύθερα στη φύση. Αυτά περιλαμβάνουν 90 στοιχεία από το υδρογόνο H ($Z=1$) μέχρι το ουράνιο U ($Z=92$) εκτός του Τεχνητίου και του Προμήθειου, καθώς και το Πλουτόνιο ($Z=94$). [The Physics Teacher, 1987, 27,4, σελ. 282].

Η σχέση μεταξύ νετρονίου (n), πρωτονίου (p) και ηλεκτρονίου (e) είναι



Το βάρος ενός ατόμου (πάντοτε ακέραιο πολλαπλάσιο του ατομικού βάρους του υδρογόνου) δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Βάρος ατόμου} = \frac{\text{Ατομικό βάρος}}{6.023 \cdot 10^{23}} \quad (2.2)$$

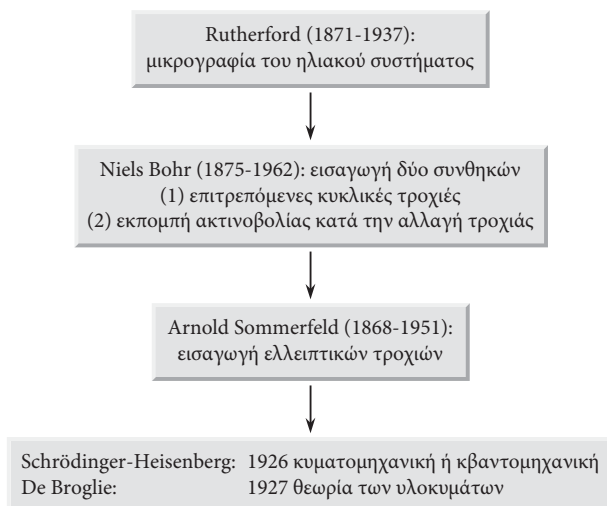
Όταν τα άτομα του ίδιου στοιχείου έχουν διαφορετικό αριθμό νετρονίων, τότε ονομάζονται *ισότοπα*.

Παρατήρηση: Το ατομικό βάρος (AB) των στοιχείων εμφανίζεται με δεκαδικά ψηφία διότι αναφέρεται στο μίγμα των ισοτόπων τους με την αναλογία που εμφανίζονται στον φύση. Π.χ. το AB του μαγνησίου (Mg) είναι 24.3247, αριθμός που προκύπτει από το ισότοπο ^{24}Mg (78.70%), το ισότοπο ^{25}Mg (10.13%) και το ισότοπο ^{26}Mg (11.17%), δηλαδή:

$$0.787 \times 24 + 0.1013 \times 25 + 0.1117 \times 26 = 24.3247$$

2.2 Ατομικά Πρότυπα

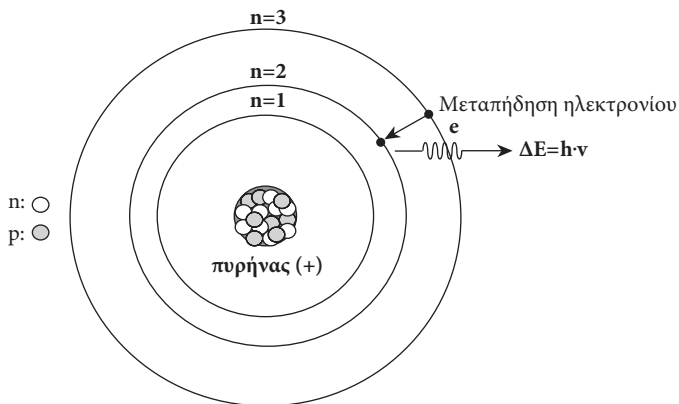
Η διαχρονική εξέλιξη των θεωριών περί της ατομικής δομής δίνεται στο Σχήμα 2.1



Σχήμα 2.1: Διαχρονική εξέλιξη θεωριών περί ατομικής δομής

Στο πρώτο ατομικό πρότυπο του Ernest Rutherford (1871-1937), που θεωρείται ο πατέρας της πυρηνικής φυσικής, το άτομο θεωρείται ότι αποτελεί μικρογραφία του ηλιακού συστήματος. Το πρότυπο αυτό όμως δεν μπορούσε να εξηγήσει το λαμβανόμενο φάσμα εκπομπής των ατόμων που είναι γραμμικό και όχι συνεχές. Έτσι το πρώτο ατομικό πρότυπο βελτιώθηκε από τον Δανό φυσικό Niels Bohr (1875-1962) με την εισαγωγή δύο συνθηκών.

Σύμφωνα με την πρώτη, τα πλανητικά ηλεκτρόνια του Rutherford περιστρέφονται γύρω από τον θετικό πυρήνα μόνο σε επιτρεπόμενες κυκλικές τροχιές και σύμφωνα με τη δεύτερη, τα άτομα ακτινοβολούν μόνο όταν ένα ηλεκτρόνιο μεταπηδά από μια τροχιά υψηλής ενέργειας σε μια τροχιά χαμηλής ενέργειας (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2: Ατομικό πρότυπο Bohr

Στη συνέχεια, η ατομική θεωρία βελτιώθηκε ακόμη περισσότερο από τον Arnold Sommerfeld (1868-1951) ο οποίος για να εξηγήσει την λεπτή υφή του φάσματος του υδρογόνου εισήγαγε τις ελλειπτικές τροχιές, εκτός της κυκλικής, με παραπλήσια ενέργεια και κοινό κέντρο τον πυρήνα του ατόμου.

Το ηλεκτρόνιο όμως δεν είναι μόνο σωματίδιο, όπως επεσήμανε ο De Broglie (1927), στη θεωρία των υλοκυμάτων, αλλά κινούμενο με την ταχύτητα του φωτός έχει και κυματική φύση, δηλαδή παράγει υλοκύματα με μήκος κύματος:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} \quad (2.3)$$

όπου m = μάζα ηλεκτρονίου,

v = ταχύτητα ηλεκτρονίου, και

h = σταθερά Planck ($6.626 \cdot 10^{-34}$ J·s ή $6.626 \cdot 10^{-27}$ erg·s).

Με βάση αυτή την θεωρία αναπτύχθηκε το 1926 από τους *Erwin Schrödinger* και *Werner Karl Heisenberg* η κυματομηχανική ή κβαντομηχανική θεωρία. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή το φορτίο του ηλεκτρονίου δεν περιορίζεται στην περιοχή της μάζας του, αλλά διαχέεται στο γύρω χώρο και σχηματίζει ένα ηλεκτρονικό νέφος με πυκνότητα που είναι ανάλογη του τετραγώνου μιας κυματικής συνάρτησης γνωστής με το όνομα συνάρτηση ψ που δίδεται από την διαφορική εξίσωση Schrodinger. Με την διατύπωση της αρχής της αβεβαιότητας (*uncertainty principle*) από τον *Heisenberg*, σύμφωνα με την οποία δεν είναι δυνατόν να καθοριστούν ταυτόχρονα η θέση και η ταχύτητα ενός ηλεκτρονίου, έγινε κατανοητό ότι μπορεί να υπολογισθεί μόνο η πιθανότητα της παρουσίας του ηλεκτρονίου σε ορισμένο σημείο του χώρου (η πιθανότητα αυτή εκφράζεται από το ψ^2).

Η κυματική συνάρτηση ψ καθορίζεται από την απόσταση x , τον χρόνο t και το μήκος κύματος λ δηλαδή:

$$\psi = f(x, t, \lambda) \quad (2.4)$$

Η σχέση αυτή μεταπίπτει στην κλασσική διαφορική εξίσωση Schrodinger, με χρήση της σχέσης de Broglie και λαμβάνοντας υπ' όψη ότι η συνάρτηση ψ περιγράφει αρμονική κίνηση:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m E_k}{h^2} \psi = 0 \quad (2.5)$$

όπου E_k = κινητική ενέργεια ηλεκτρονίου,

h = σταθερά Planck,

m = μάζα ηλεκτρονίου

Κάθε παραδεκτή λύση της εξίσωσης αυτής αντιπροσωπεύει ένα καθορισμένο είδος ηλεκτρονικού νέφους που ονομάζεται ατομικό τροχιακό (*atomic orbital*) και συμβολίζεται ως ΑΟ.

Παρατήρηση: Τα τροχιακά είναι ενεργειακές καταστάσεις (παραδεκτές λύσεις της εξίσωσης) και υπάρχουν και χωρίς ηλεκτρόνια.

2.3 Κβαντικοί αριθμοί

Με βάση την εξίσωση Schrodinger για να προκύψει πραγματικό ηλεκτρονικό νέφος θα πρέπει να δοθούν πραγματικές (φυσικές) τιμές ενέργειας ηλεκτρονίων. Οι τιμές αυτές καθορίζονται από τους τέσσερες κβαντικούς αριθμούς που δίνουν ουσιαστικά την ταυτότητά των ηλεκτρονίων:

1) Τον κύριο κβαντικό αριθμό n , που καθορίζει το μέγεθος του ηλεκτρονικού νέφους και παίρνει ακέραιες τιμές 1, 2, 3, 4, 5 ... Η φυσική του σημασία είναι ότι καθορίζει την ολική ενέργεια του ηλεκτρονίου.

Τα ηλεκτρόνια που περιβάλλουν τον πυρήνα δεν βρίσκονται όλα στο αυτό ενεργειακό επίπεδο αλλά κατέχουν στοιβάδες με μέγιστο αριθμό ηλεκτρονίων $2n^2$ όπου n είναι ο κύριος κβαντικός αριθμός. Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων (ΜΑΗ) κάθε στοιβάδας θα είναι αντίστοιχα:

για $n = 1$,	Μ.Α.Η = 2
2	8
3	18
4	32
5	50
6	72

Όλες οι στοιβάδες εκτός από την στοιβάδα με $n=1$, αποτελούνται από υπο-στοιβάδες ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από την θέση των στοιβάδων.

Παρατήρηση: Σύμφωνα με την παλαιά ονοματολογία των ηλεκτρονικών στοιβάδων οι στοιβάδες λαμβάνουν τα ονόματα K, L, M, N, O, P ... για τιμές $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots$ αντίστοιχα.

2) Τον αξιμουθιακό (ή δευτερεύοντα) κβαντικό αριθμό l που καθορίζει το σχήμα του ηλεκτρονικού νέφους και την γωνιακή ροπή των ηλεκτρονίων ως προς τον πυρήνα και λαμβάνει τιμές 0, 1, 2, ..., $(n-1)$, δηλαδή συνολικά για κάθε n , λαμβάνει $n-1$ τιμές. Π.χ. στην στοιβάδα $n=3$, υπάρχουν οι τιμές $l=2, l=1, l=0$.

Η φυσική σημασία του αριθμού αυτού είναι ότι η κινητική ενέργεια δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την συνολική (κινητική + δυναμική) ενέργεια του ηλεκτρονίου.

3) Τον μαγνητικό (ή τρίτο) κβαντικό αριθμό m_l , που καθορίζει τη θέση που έχει στο χώρο το επίπεδο των τροχιών των ηλεκτρονίων (ή τον προσανατολισμό του ηλεκτρονικού νέφους) και παίρνει τιμές σε σχέση με τον κβαντικό αριθμό l : $-1, \dots, 0, \dots, +1$, δηλαδή συνολικά $2l+1$ τιμές. Π.χ. για την τιμή του $l=2$, λαμβάνει τις τιμές $m_l = +2, +1, 0, -1, -2$, δηλαδή συνολικά 5 τιμές.

4) Τον κβαντικό αριθμό του spin ή τέταρτο κβαντικό αριθμό m_s που καθορίζει τη φορά της αυτοπεριστροφής του ηλεκτρονίου (δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη) και λαμβάνει μόνο δύο τιμές: $+1/2$ και $-1/2$.

Σύμφωνα με την απαγορευτική αρχή (exclusion principle) του Wolfgang Pauli (1925) είναι αδύνατο στο ίδιο άτομο να υπάρχουν δύο ηλεκτρόνια με ίδιους ό-λους τους κβαντικούς τους αριθμούς.

Ενδεικτικά στον Πίνακα 1, δίδονται οι τιμές των κβαντικών αριθμών των τριών πρώτων ηλεκτρονικών στοιβάδων **K, L, M**.

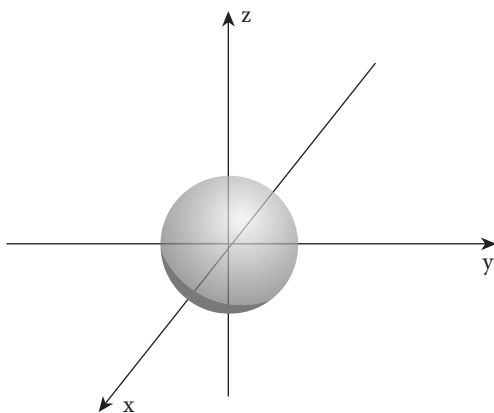
2.4 Παραδείγματα ατομικών τροχιακών

Ο χαρακτηρισμός ενός ατομικού τροχιακού ως $1s$, σημαίνει ότι έχει $n=1$, $l=0$, $m_l=0$ και $m_s=1/2$ ή $-1/2$. Ο χαρακτηρισμός $1s^2$, σημαίνει ότι δύο ηλεκτρόνια με αντίθετο μαγνητικό spin, βρίσκονται στη θέση χαμηλής ενέργειας της πρώτης (K) στοιβάδας. Αντίστοιχα ο ηλεκτρονικός συμβολισμός $2s^2$, δείχνει ότι δύο ηλεκτρόνια (με αντίθετο μαγνητικό spin) βρίσκονται στη θέση χαμηλής ενέργειας της δεύτερης (L) στοιβάδας.

Σύμφωνα με τον προηγούμενο τύπο ($2n^2$) ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων των στοιβάδων K, L, M, N, O είναι αντίστοιχα 2, 8, 18, 32, 50 ηλεκτρόνια.

Ο μέγιστος αριθμός τροχιακών που χαρακτηρίζονται ως s, p, d, f είναι αντίστοιχα: 2, 6, 10, 14. Στον Πίνακα 2.1 δίνεται ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων και οι κβαντικοί αριθμοί των στοιβάδων K, L, M.

Το $1s$ τροχιακό απεικονίζεται ως σφαίρα ακτίνας r (Σχήμα 2.3).



Σχήμα 2.3: Απεικόνιση του $1s$ τροχιακού

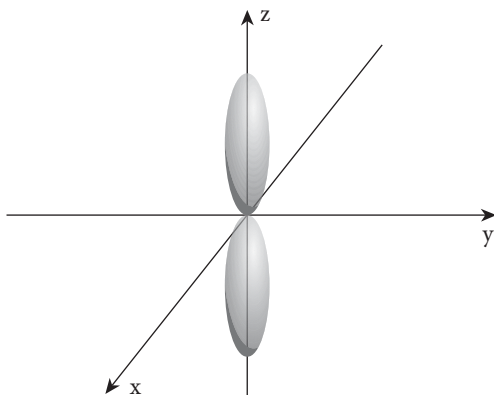
Αντίστοιχη θα είναι και η απεικόνιση των $2s, 3s, 4s$ ατομικών τροχιακών και το μόνο που αλλάζει είναι το μέγεθος της σφαίρας επάνω στην οποία υπάρχει

Πίνακας 2.1: Μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων και οι κβαντικοί αριθμοί των στοιβάδων K, L, M

Στοιβάδα	n	l	m_l	m_s
M συνολικά 18 ηλεκτρόνια	3	2 (10 d ηλεκτρόνια)	2	+1/2
				-1/2
			1	+1/2
				-1/2
			0	+1/2
				-1/2
		1 (6 p ηλεκτρόνια)	1	+1/2
				-1/2
			0	+1/2
				-1/2
			-1	+1/2
				-1/2
		0 (2 s ηλεκτρόνια)	0	+1/2
				-1/2
L συνολικά 8 ηλεκτρόνια	2	1 (6 p ηλεκτρόνια)	1	+1/2
				-1/2
			0	+1/2
				-1/2
		0 (2 s ηλεκτρόνια)	-1	+1/2
				-1/2
			0	+1/2
				-1/2
K συνολικά 2 ηλεκτρόνια	1	0 (2 s ηλεκτρόνια)	0	+1/2
				-1/2

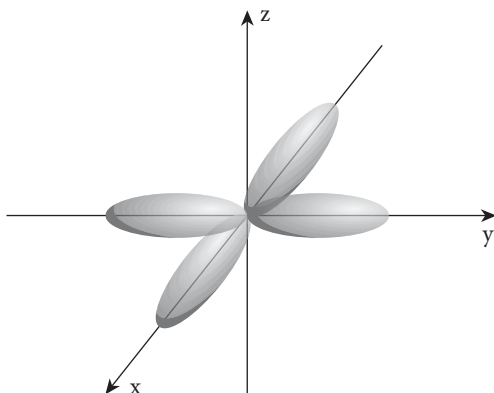
μέγιστη πιθανότητα να βρίσκεται το ηλεκτρόνιο. Η ακτίνα της σφαίρας αυτής θα αυξάνεται καθώς θα αυξάνεται η τιμή του n .

Τροχιακά με $l=1$ χαρακτηρίζονται ως p . Για παράδειγμα τροχιακό με τιμές $n=2$, $l=1$ και $m_l=0$ θα είναι το $2p_z$ τροχιακό που απεικονίζεται στο Σχήμα 2.4.



Σχήμα 2.4: Απεικόνιση $2p_z$ ατομικού τροχιακού

Η απεικόνιση d ή f τροχιακών είναι περισσότερο σύνθετη. Στο Σχήμα 2.5 δίδεται η απεικόνιση των $d_{(x^2-y^2)}$ ηλεκτρονίων.



Σχήμα 2.5: Απλουστευμένη απεικόνιση $d_{(x^2-y^2)}$ τροχιακών

Η ηλεκτρονιακή διαμόρφωση επιλεγμένων χημικών στοιχείων δίδεται στον Πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Ηλεκτρονική διαμόρφωση επιλεγμένων χημικών στοιχείων

Στοιχείο		Ηλεκτρονικές Στοιβάδες/Τροχιακά					
Ατομικός Αριθμός		K 1s	L 2s 2p	M 3s 3p 3d	N 4s 4p 4d 4f	O 5s 5p 5d 5f	P 6s 6p 6d
1	H	1					
2	He	2					
3	Li	2	1 -				
4	Be	2	2 -				
5	B	2	2 1				
6	C	2	2 2				
7	N	2	2 3				
8	O	2	2 4				
9	F	2	2 5				
10	Ne	2	2 6				
11	Na	2	2 6	1 - -			
12	Mg	2	2 6	2 - -			
13	Al	2	2 6	2 1 -			
14	Si	2	2 6	2 2 -			
15	P	2	2 6	2 3 -			
16	S	2	2 6	2 4 -			
17	Cl	2	2 6	2 5 -			
18	Ar	2	2 6	2 6 -			
19	K	2	2 6	2 6 -	1 - - -		
20	Ca	2	2 6	2 6 -	2 - - -		
21	Sc	2	2 6	2 6 1	2 - - -		
22	Ti	2	2 6	2 6 2	2 - - -		
23	V	2	2 6	2 6 3	2 - - -		
24	Cr	2	2 6	2 6 5*	1 - - -		
25	Mn	2	2 6	2 6 5	2 - - -		
26	Fe	2	2 6	2 6 6	2 - - -		
27	Co	2	2 6	2 6 7	2 - - -		

Στοιχείο		Ηλεκτρονικές Στοιβάδες/Τροχιακά					
Ατομικός Αριθμός		K	L	M	N	O	P
		1s	2s 2p	3s 3p 3d	4s 4p 4d 4f	5s 5p 5d 5f	6s 6p 6d
28	Ni	2	2 6	2 6 8	2 - - -		
29	Cu	2	2 6	2 6 10*	1 - - -		
31	Ga	2	2 6	2 6 10	2 1 - -		
32	Ge	2	2 6	2 6 10	2 2 - -		
34	Se	2	2 6	2 6 10	2 4 - -		
39	Y	2	2 6	2 6 10	2 6 1 -	2 - - -	
47	Ag	2	2 6	2 6 10	2 6 10 -	1 - - -	
52	Te	2	2 6	2 6 10	2 6 10 -	2 4 - -	
79	Au	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 -	1 -
82	Pb	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 10 -	2 2

92	K	L	M	N	O	P	Q
	1s	2s 2p	3s, 3p, 3d	4s, 4p, 4d, 4f	5s, 5p, 5d, 5f	6s, 6p, 6d	7s
U =	2	*2, 6	* 2, 6, 10	* 2, 6, 10, 14	* 2, 6, 10, 3	*2, 6, 1	*2

Παράδειγμα:

Το χημικό στοιχείο νέον (Ne) έχει 10 ηλεκτρόνια. Αυτό σημαίνει ότι θα έχει πλήρεις τις K (2e) και L (8e) στοιβάδες. Η ηλεκτρονική διαμόρφωση του στοιχείου Ne θα είναι: $1s^2 2s^2 2p^6$. Τούτο σημαίνει ότι το στοιχείο αυτό έχει 2 τροχιακά μορφής s στην πρώτη στοιβάδα (K) και 8 τροχιακά στην δεύτερη στοιβάδα L. Από τα τροχιακά της δεύτερης στοιβάδας τα 2 είναι s και τα 6 είναι τροχιακά p.

Το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου βρίσκεται κανονικά στο κατώτερο δυνατό ενεργειακό επίπεδο με αποτέλεσμα η πιο πιθανή θέση του να είναι στην επιφάνεια σφαίρας με ακτίνα ίση με την ακτίνα του ατόμου του υδρογόνου.

Τα δύο ηλεκτρόνια του ατόμου του ηλίου (He) καλύπτουν την στοιβάδα K με αποτέλεσμα το στοιχείο αυτό να είναι πολύ σταθερό και να μην ενώνεται με άλλα στοιχεία. Το στοιχείο λίθιο (Li), με 3 περιφερειακά ηλεκτρόνια έχει ηλεκτρονική διαμόρφωση $1s^2 2s$.

2.5 Περιοδικός πίνακας

Τα χημικά στοιχεία με βάση τον ατομικό τους αριθμό, δηλαδή τον αριθμό των πρωτονίων που έχουν στον πυρήνα τους κατατάσσονται στον λεγόμενο Περιοδικό Πίνακα (Π.Π.) των χημικών στοιχείων (Πίνακας 2.3). Ο περιοδικός πίνακας αποτελείται από ομάδες (στήλες) και περιόδους (οριζόντιες γραμμές). Τα στοιχεία κάθε ομάδας έχουν κοινές ιδιότητες. Ο αύξων αριθμός της κατάταξης στο Π.Π. αποτελεί τον ατομικό αριθμό Z που είναι ίσος με τον αριθμό των πρωτονίων (και φυσικά των ηλεκτρονίων) των χημικών στοιχείων.

Η τοποθέτηση των ηλεκτρονίων στις στοιβάδες και υποστοιβάδες των ατόμων γίνεται με βάση την μικρότερη δυνατή συνολική ενέργεια αυτών. Η σχετική ενέργεια των τροχιακών ακολουθεί τη σειρά (κατά αυξανόμενες τιμές):

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < \mathbf{4s < 3d} < 4p < \mathbf{5s < 4d} < 5p < \mathbf{6s \sim 5d} < 4f < 6p < 5f \sim 6d$$

$\xrightarrow{\hspace{10em}}$
 φορά αυξανόμενης ενέργειας

Απεικόνιση της ενεργειακής θέσης των ατομικών τροχιακών δίδεται στο Σχήμα 2.6.

Παρατήρηση: Η παραπάνω ενεργειακή κατάταξη των τροχιακών εξηγεί γιατί π.χ. στο στοιχείο κάλιο τοποθετείται ένα ηλεκτρόνιο στο τροχιακό 4s ενώ υπάρχει κενό στην θέση 3d, γεγονός που δικαιολογείται από την ενέργεια των τροχιακών και εξηγεί και τον κανόνα του Bury για τη στοιβάδα σθένους (σύμφωνα με αυτή ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων της εξωτερικής στοιβάδας των ατόμων δεν μπορεί να υπερβαίνει τον αριθμό 8). Κατά παρόμοιο τρόπο στα μεταβατικά στοιχεία [σκάνδιο (21) μέχρι νικέλιο (28)] τα επιπλέον ηλεκτρόνια αντί να τοποθετηθούν στην 4p προστίθενται στην 3d (ενώ στα προηγούμενα στοιχεία η 3d είναι κενή).

Ασκήσεις - Ερωτήσεις

1. Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι τα χαρακτηριστικά των ηλεκτρονίων καθορίζονται από τους τέσσερες κβαντικούς αριθμούς ($n = 0, 1, 2, \dots, l = n-1, m_l = +1 \dots 0 \dots -1, m_s = \pm 1/2$), δώστε τις τιμές των ηλεκτρονίων της L ηλεκτρονιακής στοιβάδας.
2. Ποιες οι τιμές των κβαντικών αριθμών των 4p ατομικών τροχιακών. Πόσα τέτοια τροχιακά υπάρχουν.
3. Ποια η ηλεκτρονιακή διαμόρφωση στις στοιβάδες και υποστοιβάδες ενός ατόμου με ατομικό αριθμό $Z = 18$. Η τοποθέτηση των ηλεκτρονίων γίνεται κανονικά.

Απάντηση:

Επειδή ο ατομικός αριθμός δηλώνει τον αριθμό των ηλεκτρονίων, το άτομο έχει 18 ηλεκτρόνια. Λαμβανομένου υπ' όψη ότι ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων σε κάθε στοιβάδα είναι $2n^2$, θα υπάρχουν στην $K = 2.1^2 = 2$, $L = 2.2^2 = 8$ και στην $M = 8$ (δηλαδή τα υπόλοιπα ηλεκτρόνια. Υπ' όψη ότι η L θα μπορούσε να δεχθεί μέχρι και $2.3^2 = 18$ ηλεκτρόνια).

Τα 2 ηλεκτρόνια της K είναι s ηλεκτρόνια επειδή $l=0$, άρα συμβολίζονται ως $1s^2$.

Αντίστοιχα, τα 8 ηλεκτρόνια της L θα συμβολίζονται ως $2s^2 2p^6$ και τα 8 ηλεκτρόνια της M ως $3s^2 3p^6$. Η συνολική διαμόρφωση, λοιπόν, θα είναι: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

4. Ποιά η ηλεκτρονιακή διαμόρφωση ενός στοιχείου με ατομικό αριθμό (Z) = 12. Πόσα ηλεκτρόνια έχει η εξωτερική του στοιβάδα;
5. Γράψτε τους κβαντικούς αριθμούς ενός 3p τροχιακού.
6. Ποιες είναι οι κύριες διαφορές μεταξύ ετεροπολικού, ομοιοπολικού και μεταλλικού δεσμού.