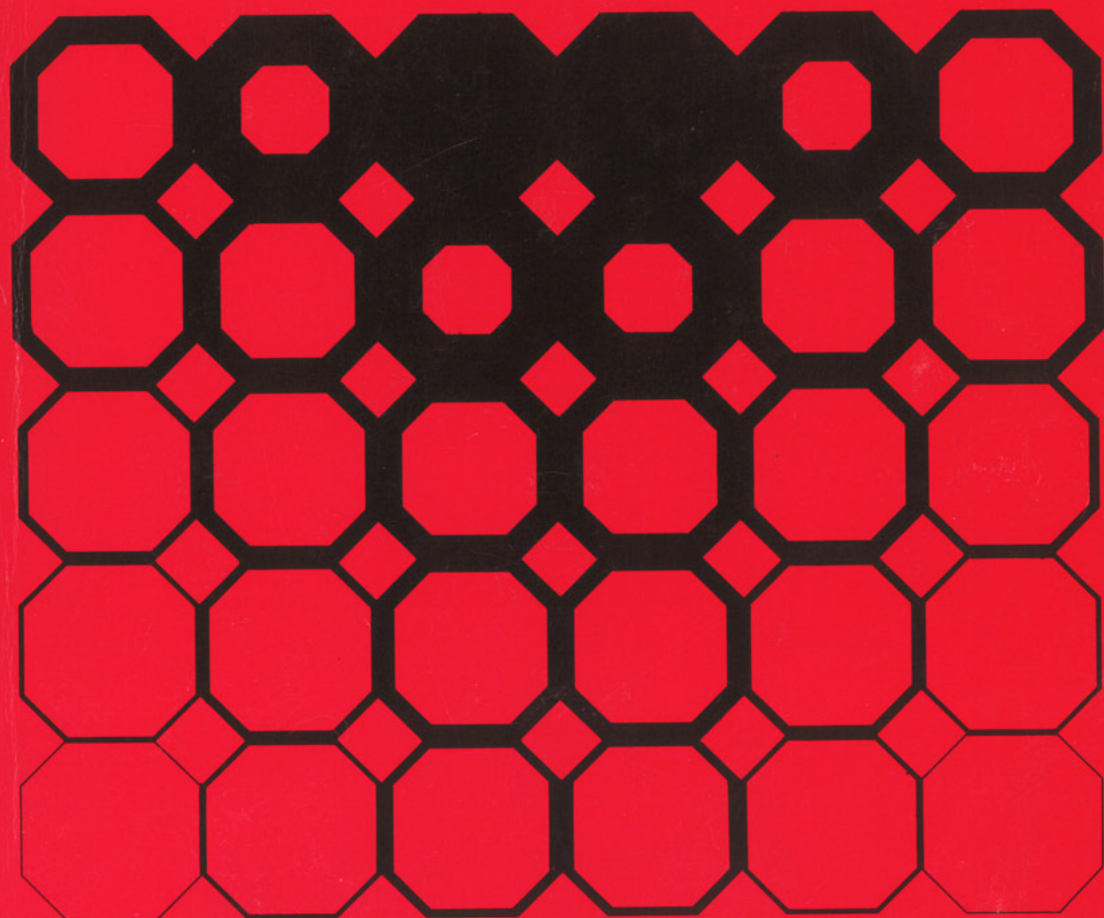


Ιωάννη Α. Τοσσίδα

# Γενική και Ανόργανη Χημεία

Τόμος πρώτος

Β' ΕΚΔΟΣΗ



 ΕΚΔΟΣΕΙΣ  
**ZHTH**  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1996

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η επί σειρά ετών διδασκαλία του μαθήματος της Γενικής και Ανόργανης Χημείας στους πρωτοετείς φοιτητές διαφόρων τμημάτων και η από κοινού με αυτούς αντιμετώπιση των δυσχερειών στην κατανόηση των δυσκόλων εννοιών, με τις οποίες για πρώτη φορά έρχονται σε επαφή, μου έδωσε την πείρα ώστε να προβώ στη συγγραφή του παρόντος συγγράμματος.

Σκοπός μου είναι να δώσω στους φοιτητές ένα βιβλίο απαλλαγμένο από δευτερεύουσας σημασίας έννοιες και θεωρίες, απλό και κατανοητό, ώστε με λίγη σχετικά μελέτη να μπορούν να υπεισέλθουν στον κόσμο της Χημείας, να μπορούν δηλαδή να σκέπτονται και να αντιμετωπίζουν τα διάφορα προβλήματα που σχετίζονται με την επιστήμη τους σαν γνώστες βασικών αρχών της Χημείας. Για την καλλίτερη δε εμπέδωση των γνώσεών τους στο τέλος κάθε κεφαλαίου παρέθεσα σειρά ερωτήσεων.

Επειδή η συγγραφή ενός πανεπιστημιακού συγγράμματος είναι οπωσδήποτε δύσκολη και είναι δυνατόν να παρεισφρήσουν ασάφειες ή λάθη, ζητώ από τώρα την κατανόηση και ευμενή διάθεση των αναγνωστών και ευχαρίστως θα δεχθώ οποιαδήποτε υπόδειξη που θα αποσκοπεί στην καλλιτέρευση της ποιότητας και την ανύψωση της στάθμης του.

Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 1986

I. A. ΤΟΣΣΙΔΗΣ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ 2<sup>ης</sup> ΕΚΔΟΣΗΣ

Η αποδοχή από τους φοιτητές του τμήματος Βιολογίας του παρόντος συγγράμματος, το οποίο επί μία τριετία κάλυψε τις ανάγκες τους, με αναγκάζει να προχωρήσω στην επανέκδοσή του. Φυσικά έγινε προσπάθεια να διορθωθούν ορισμένα λάθη και αβλεψίες, πάντοτε όμως είναι ευπρόσδεκτη κάθε υπόδειξη, από οποιονδήποτε και αν προέρχεται, για την πιο άρτια και συγχρονισμένη δομή και εμφάνιση αυτού του βιβλίου.

Θεσ/νίκη, Ιανουάριος 1990

I. A. ΤΟΣΣΙΔΗΣ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>Σελ.</b>
1.1	Γενικά .....	11
1.2	Στοιχεία και χημικές ενώσεις .....	12
1.3	Εξέλιξη της ιδέας περί στοιχείου .....	13
<b>2</b>	<b>ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ</b>	
2.1	Εισαγωγή .....	15
2.2	Θεμελιώδη συστατικά του ατόμου .....	16
2.3	Πρώτες θεωρίες για τη δομή του ατόμου .....	17
2.4	Πρώτες θεωρίες για τη δομή του ατομικού περιβλήματος .....	19
2.5	Νεώτερες θεωρίες για το ηλεκτρόνιο και τις τροχιές του .....	21
2.6	Οι κβαντικοί αριθμοί .....	23
2.7	Μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων κατά στιβάδα .....	25
2.8	Δομή του ατομικού πυρήνα .....	26
2.9	Ευστάθεια του πυρήνα .....	27
2.10	Στάθμες ενέργειας, σπιν, μέγεθος και πυκνότητα των πυρήνων .....	29
2.11	Ισότοπα, ισοβαρή και ισότονα στοιχεία .....	30
2.12	Φυσική και τεχνητή ραδιενέργεια .....	32
2.13	Κοσμική ακτινοβολία και ραδιενέργεια του ατμοσφαιρικού αέρα .....	34
2.14	Ημιπερίοδος και διάρκεια ζωής των ραδιενεργών στοιχείων .....	35
<b>3</b>	<b>ΑΤΟΜΙΚΑ ΤΡΟΧΙΑΚΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ</b>	
3.1	Ορισμός του ατομικού τροχιακού και του ηλεκτρονικού νέφους .....	40
3.2	Γραφική παράσταση των ατομικών τροχιακών και ηλεκτρονικών νεφών .....	41
3.3	Ενέργεια των ατομικών τροχιακών .....	44
3.4	Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων των στοιχείων .....	46
3.5	Ευσταθείς ηλεκτρονικές διαμορφώσεις .....	48
3.6	Κατηγορίες στοιχείων με βάση την ηλεκτρονική διαμόρφωσή τους .....	52
<b>4</b>	<b>ΤΟ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ</b>	
4.1	Ανασκόπηση των προσπαθειών ταξινομήσεως των στοιχείων .....	55
4.2	Νόμος της περιοδικότητας των στοιχείων και περιοδικός πίνακας των στοιχείων κατά Mendeleeff .....	57

4.3	Μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα του περιοδικού συστήματος .....	59
4.4	Περιοδικός πίνακας και ηλεκτρονική διαμόρφωση των στοιχείων .....	60
4.5	Περιοδικές ιδιότητες των στοιχείων .....	61
<b>5 ΣΘΕΝΟΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ</b>		
5.1	Κλασσικές απόψεις περί σθένους .....	73
5.2	Ρίζες και σθένος αυτών .....	75
5.3	Σύγχρονες απόψεις περί σθένους .....	75
<b>6 Ο ΧΗΜΙΚΟΣ ΔΕΣΜΟΣ - ΚΛΑΣΣΙΚΕΣ ΑΠΟΨΕΙΣ</b>		
6.1	Γενικά για τον χημικό δεσμό .....	78
6.2	Ετεροπολικός ή ιονικός δεσμός .....	78
6.3	Ομοιοπολικός δεσμός .....	80
6.4	Ημιπολικός δεσμός .....	81
6.5	Μήκος και ισχύς δεσμού .....	82
<b>7 Ο ΧΗΜΙΚΟΣ ΔΕΣΜΟΣ - ΜΟΡΙΑΚΑ ΤΡΟΧΙΑΚΑ</b>		
7.1	Ορισμός και σχηματισμός μοριακού τροχιακού .....	84
7.2	Είδη μοριακών τροχιακών .....	86
7.3	Δεσμικά και αντιδεσμικά μοριακά τροχιακά .....	88
7.4	Ενέργεια των μοριακών τροχιακών .....	89
7.5	Πόλωση του δεσμού - Διπολική ροπή και πολικότητα των μορίων .....	92
<b>8 Ο ΧΗΜΙΚΟΣ ΔΕΣΜΟΣ - ΑΛΛΟΙ ΤΥΠΟΙ ΔΕΣΜΩΝ</b>		
8.1	Δεσμός τριών κέντρων ή ενός ηλεκτρονίου .....	96
8.2	Δεσμός ή γέφυρα υδρογόνου .....	97
8.3	Μεταλλικός δεσμός .....	99
8.4	Δυνάμεις van der Waals .....	101
<b>9 ΥΒΡΙΔΙΣΜΟΣ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΤΡΟΧΙΑΚΩΝ</b>		
9.1	Γενικά για τον υβριδισμό και τα υβριδισμένα τροχιακά .....	104
9.2	Είδη υβριδισμού και υβριδισμένων τροχιακών .....	105
<b>10 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ Ή ΜΕΣΟΜΕΡΕΙΑ</b>		
10.1	Ο συντονισμός και τα αποτελέσματά του .....	108
10.2	Συντονισμός ομοιοπολικής-ετεροπολικής δομής .....	109
10.3	Συντονισμός π δεσμού .....	109

## 11 ΣΤΕΡΕΟΧΗΜΕΙΑ ΤΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

11.1	Γενικά για τη στερεοχημεία των ενώσεων .....	112
11.2	Θεωρία VSEPR για την πρόβλεψη του στερεοχημικού τύπου των ενώσεων ..	112
11.3	Κανονικά και παραμορφωμένα σχήματα των μορίων .....	114
11.4	Στερεοχημική εξήγηση φυσιολογικών δράσεων και φαινομένων .....	116

## 12 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

12.1	Φαινόμενα χημικών συστημάτων .....	118
12.2	Αντικείμενο της χημικής θερμοδυναμικής .....	119
12.3	Πρώτο αξίωμα της θερμοδυναμικής .....	120
12.4	Ενθαλπία χημικού συστήματος .....	121
12.5	Δεύτερο αξίωμα της θερμοδυναμικής .....	122
12.6	Ελεύθερη ενέργεια .....	123
12.7	Κανονικές καταστάσεις και κανονικές τιμές θερμοδυναμικών μεγεθών .....	124
12.8	Κανονική ελεύθερη ενέργεια σχηματισμού και αντιδράσεως .....	124
12.9	Θερμοχημεία και νόμοι αυτής .....	125

## 13 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΩΤΟΧΗΜΕΙΑΣ

13.1	Γενικά περί φωτοχημείας και φωτοχημικών αντιδράσεων .....	127
13.2	Χημειοφωταύγεια .....	128
13.3	Νόμοι της φωτοχημείας .....	129
13.4	Φασματοφωτομετρία και χρωματομετρία .....	131

## 14 ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

14.1	Φαινομενική και θερμοδυναμική ισορροπία .....	134
14.2	Αμφίδρομες αντιδράσεις .....	135
14.3	Νόμος της δράσεως των μαζών .....	135
14.4	Επίδραση της μεταβολής της συγκεντρώσεως των συστατικών συστήματος και της θερμοκρασίας στη χημική ισορροπία .....	137
14.5	Αρχή του Le Chatelier .....	138

## 15 ΣΥΜΠΛΟΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

15.1	Γενικά πεί συμπλόκων .....	141
15.2	Κατηγορίες και είδη συμπλόκων .....	142
15.3	Στερεοχημεία των συμπλόκων .....	144
15.4	Ισομέρεια συμπλόκων .....	144
15.5	Χημική ισορροπία στα σύμπλοκα .....	147
15.6	Η φύση του δεσμού στα σύμπλοκα .....	149
15.7	Χρώμα και μαγνητικές ιδιότητες των συμπλόκων .....	153
15.8	Σημασία και εφαρμογές των συμπλόκων .....	156

## 16 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ - ΚΟΛΛΟΕΙΔΗ

16.1	Γενικά περί των συστημάτων διασποράς .....	162
16.2	Τάξεις δυαδικών συστημάτων διασποράς .....	162
16.3	Διαχωρισμός των συστατικών των δυαδικών συστημάτων διασποράς .....	163
16.4	Κατηγορίες κολλοειδών συστημάτων .....	164
16.5	Μέθοδοι παρασκευής κολλοειδών συστημάτων .....	165
16.6	Ιδιότητες των κολλοειδών συστημάτων .....	166
16.7	Θρόμβωση των κολλοειδών .....	169
16.8	Κολλοειδείς ηλεκτρολύτες - Ισορροπία Donnan .....	170
16.9	Σημασία των κολλοειδών συστημάτων .....	171

## 17 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ

17.1	Βασικές έννοιες των διαλυμάτων .....	173
17.2	Είδη και ρόλος των διαλυτών .....	174
17.3	Μηχανισμός της διαλύσεως .....	174
17.4	Τρόποι εκφράσεως της συστάσεως των διαλυμάτων .....	176
17.5	Διαλύματα αερίων σε αέρια και αερίων σε υγρά .....	178
17.6	Διαλύματα υγρών σε υγρά και στερεών σε υγρά .....	179
17.7	Η σημασία της ωσμώσεως στην κυτταρολογία .....	183

## 18 ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΕΣ (ΟΞΕΑ - ΒΑΣΕΙΣ - ΑΛΑΤΑ)

18.1	Γενικά περί των ηλεκτρολυτών .....	187
18.2	Κατηγορίες και ονοματολογία οξέων και βάσεων .....	188
18.3	Ισχύς οξέων και βάσεων .....	189
18.4	Παράγοντες επηρεάζοντες την ισχύ των οξέων .....	193
18.5	Νεότερες απόψεις περί των οξέων και των βάσεων .....	196
18.6	Αυτοδιάσταση του ύδατος -pH .....	198
18.7	Εξουδετέρωση .....	200
18.8	Ογκομετρία, Οξυμετρία - Αλκαλιμετρία .....	202
18.9	Δείκτες - Καμπύλη διαστάσεως μονοπρωτικού οξέος .....	203
18.10	Αμφολύτες (ανόργανοι και οργανικοί) .....	207
18.11	Ρυθμιστικά διαλύματα ή συστήματα .....	208
18.12	Υδρόλυση - υδρόλυση αλάτων .....	212

## 19 ΟΞΕΙΔΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΓΩΓΗ

19.1	Γενικά περί οξειδώσεως και αναγωγής .....	218
19.2	Αριθμός οξειδώσεως ή τυπικό σθένος των στοιχείων .....	220
19.3	Ηλεκτροχημικά στοιχεία (ηλεκτρολυτικά, γαλβανικά) .....	223
19.4	Ημιστοιχεία ή ηλεκτρόδια και δυναμικό ηλεκτροδίου .....	226
19.5	Κανονικό δυναμικό ηλεκτροδίου και γαλβανικού στοιχείου .....	228
19.6	Σημασία του κανονικού δυναμικού ηλεκτροδίου. Ηλεκτροχημική σειρά των χημικών στοιχείων .....	230

## 20 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΗΜΙΚΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ

20.1	Σκοπός της χημικής κινητικής .....	233
20.2	Είδη και ταχύτητα χημικών αντιδράσεων .....	233
20.3	Επίδραση της συγκεντρώσεως στην ταχύτητα αντιδράσεως - Νόμος της ταχύτητας αντιδράσεως - Τάξη αντιδράσεως .....	234
20.4	Επίδραση της θερμοκρασίας στην ταχύτητα αντιδράσεως .....	236
20.5	Επίδραση των καταλυτών στην ταχύτητα αντιδράσεως .....	239
20.6	Βιολογικοί καταλύτες ή ένζυμα .....	241

## 21 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑΣ

21.1	Γενικά περί της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας .....	246
21.2	Φασματοσκοπικές μέθοδοι .....	249
21.3	Φασματοσκοπία υπεριώδους UV-ορατού Vis .....	250
21.4	Φασματοσκοπία υπέρυθρου IR .....	254
21.5	Φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού, NMR .....	258
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....		262
ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ .....		265

---

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Γενικά

Η Χημεία είναι μια από τις φυσικές επιστήμες, η οποία έχει σαν αντικείμενο τη μελέτη των ουσιών που περιβάλλουν τον άνθρωπο. Δηλαδή μελετά την απομόνωση ουσιών από τη φύση, τις ιδιότητες αυτών, τη μετατροπή τους σε άλλες ή την παρασκευή τους από άλλες, καθώς και τα διάφορα φαινόμενα που συνοδεύουν τις διάφορες αυτές χημικές μετατροπές. Είναι ευνόητο ότι το πεδίο έρευνας της Χημείας εκτείνεται και σε άλλες επιστήμες, ώστε να παρατηρείται έτσι μια αλληλεπικάλυψη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η Χημεία να βοηθά τις άλλες επιστήμες, αλλά και να βοηθείται από αυτές.

Η Χημεία από πολύ παλιά χρόνια ήταν στην υπηρεσία του ανθρώπου, ο οποίος ήξερε διάφορες χημικές διεργασίες και παρατηρούσε διάφορα χημικά φαινόμενα, χωρίς φυσικά να μπορεί να τα εξηγήσει. Κάνοντας π.χ. το κρασί ή το ψωμί του ήταν ταυτόχρονα θεατής του φαινομένου της ζυμώσεως ή εξάγοντας σίδηρο, χαλκό ή μόλυβδο από τα ορυκτά τους έθετε τις βάσεις της μεταλλουργίας πραγματοποιώντας διάφορες αναγωγές. Χρειάστηκε όμως να περάσουν πολλές χιλιετίδες ώστε η Χημεία να πάρει υπόσταση επιστήμης. Η ανάπτυξη δε της Χημείας τις τελευταίες δεκαετίες είναι αλματώδης και εντυπωσιακή. Εκατοντάδες είναι σήμερα τα χημικά περιοδικά στον κόσμο και δεκάδες χιλιάδες οι πρωτότυπες επιστημονικές χημικές εργασίες που δημοσιεύονται κάθε χρόνο σ' αυτά. Πολλές από τις εργασίες αυτές αναφέρονται σε κλάδους της Χημείας, που αφορούν άλλες επιστήμες όπως π.χ. τη Φαρμακευτική, τη Γεωπονία, τη Βιολογία, τη Γεωλογία, τη Φυσική, την Ιατρική, την Αστρονομία, τη Διαστημική. Εκτός όμως από το θεωρητικό ενδιαφέρον οι γνώσεις και οι κατακτήσεις της Χημείας έχουν άμεση εφαρμογή σε πολλούς κλάδους της βιομηχανίας όπως π.χ. στη βιομηχανία φαρμάκων, υφασμάτων, χρωμάτων, κραμάτων, τροφίμων, πλαστικών κλπ.



## 1.2 Στοιχεία και χημικές ενώσεις

Οι μέχρι σήμερα χημικές ενώσεις, που έχουν απομονωθεί ή παρασκευασθεί ξεπερνούν το ένα εκατομμύριο και συνεχώς προστίθενται και νέες ενώσεις. Ο μεγάλος αυτός αριθμός των χημικών ενώσεων καθιστά δύσκολη τη μελέτη τους. Έτσι έγινε επιτακτική η ανάγκη ταξινομήσεώς τους σε διάφορες κατηγορίες. Μια πρώτη διάκριση είναι ο διαχωρισμός τους σε **οργανικές** και **ανόργανες**. Οργανικές χαρακτηρίζονται οι ενώσεις του άνθρακα (εκτός από μερικές όπως π.χ. CO, CO<sub>2</sub>, ανθρακικά άλατα), ενώ ανόργανες οι ενώσεις των άλλων στοιχείων. Σήμερα έχει δημιουργηθεί και μια άλλη κατηγορία ενώσεων οι οργανομεταλλικές, οι οποίες χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη δεσμού άνθρακα-μετάλλου. Κάθε μια από τις κατηγορίες αυτές χωρίζεται σε άλλες π.χ. οι οργανικές χωρίζονται σε άκυκλες, ισοκυκλικές, ετεροκυκλικές κλπ., οι ανόργανες σε οξέα, βάσεις, άλατα, οξειδία κλπ.

Η πληθώρα αυτή των χημικών ενώσεων προκύπτει από την ένωση διαφόρων απλών χημικών ουσιών, των χημικών στοιχείων, τα οποία ανέρχονται σε 109, από τα οποία 90 απαντούν στη φύση κυρίως υπό μορφή ενώσεων, 2 το Άστατιο, At, και Φράγκιο, Fr, σχηματίζονται σαν ενδιάμεσα προϊόντα κατά τις ραδιενεργές μετατροπές φυσικών στοιχείων, ενώ τα υπόλοιπα 19 έχουν παρασκευασθεί τεχνητά.

Ήδη όμως θα πρέπει να δώσουμε τους ορισμούς διαφόρων εννοιών που χρησιμοποιούμε όπως π.χ. στοιχείου, ενώσεως, ουσίας, ύλης.

**Ύλη** είναι κάθε τί που έχει μάζα και συνιστά ουσίες· είναι δηλαδή μια «φυσική οντότητα», από την οποία γίνεται κάθε τί που ανήκει στο φυσικό περιβάλλον μας.

**Ουσία** είναι μια συγκεκριμένη μορφή ύλης, με σταθερή σύσταση και ορισμένες ιδιότητες.

**Σώμα** είναι ένα καθορισμένο αντικείμενο, που αποτελείται από μια ή περισσότερες ουσίες. Έτσι μια βελόνα είναι ένα σώμα, ο σίδηρος είναι η ουσία που συνιστά τη βελόνα και είναι μια μορφή της ύλης.

**Χημικά στοιχεία** είναι ουσίες που δεν μπορούν να χωρισθούν σε απλούστερες ούτε να παραχθούν από απλούστερες. Ο ορισμός αυτός δόθηκε από τον Lavoisier (1789) ισχύει δε και σήμερα με εξαίρεση τα πυρηνικά φαινόμενα.

**Χημική ένωση** είναι σύνθετη χημική ουσία, η οποία παράγεται ή διασπάται σε χημικά στοιχεία.

### 1.3 Εξέλιξη της ιδέας περί στοιχείου

Η εγκατάλειψη των μυθικών κοσμογονικών θεωριών και η προσπάθεια αναγωγής των απειραριθμών ουσιών σε λίγα πρωταρχικά ή βασικά συστατικά ανήκει αναμφισβήτητα στους αρχαίους Έλληνες φιλοσόφους.

Έτσι ο ΘΑΛΗΣ ο Μιλήσιος (585 π.Χ.), ένας από τους επτά σοφούς της Ελλάδας και ιδρυτής της Ιωνικής Σχολής, παρατηρώντας ότι το ύδωρ είναι πολύ διαδεδομένο στη φύση και ότι είναι πηγή ζωής, θεώρησε ότι πρωταρχικό στοιχείο της ύλης είναι το **ύδωρ**.

Ο ΑΝΑΞΙΜΕΝΗΣ ο Μιλήσιος (588-524 π.Χ.), θεωρεί σαν πρωταρχικό στοιχείο της ύλης τον **αέρα**, ο οποίος περιβάλλει ακόμη και το ύδωρ και είναι απαραίτητος για τη ζωή. Κατά τον Αναξιμένη όλα τα σώματα – ύδωρ, λίθος κλπ. – προκύπτουν από την πύκνωση του αέρα, ο οποίος βρίσκεται σε αέναη κίνηση.

Ο ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ ο Σάμιος (530 π.Χ.), ιδρυτής της Πυθαγορείου Σχολής, δέχεται ότι ο **αριθμός**, που εδράζεται στο κέντρο του φυσικού κόσμου, είναι η ουσία των όντων και των φαινομένων. Χαρακτηριστική είναι η άποψη των πυθαγορείων ότι «αριθμός τα πάντα και αρμονία». Οι απόψεις αυτές του Πυθαγόρα είναι πραγματικά καταπληκτικές αν συνδυασθούν με τις σύγχρονες απόψεις περί **ατομικού αριθμού**, ο οποίος εδράζεται στο κέντρο του ατόμου (αριθμός πρωτονίων του πυρήνα) και είναι ο πραγματικός ρυθμιστής των ιδιοτήτων των ατόμων.

Ο ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ ο Εφέσιος (502 π.Χ.), που ανήκει στους καλουμένους φυσικούς του 5ου αιώνα, παραδέχεται σαν πρωταρχικό στοιχείο της ύλης το **πυρ**, το οποίο αποτελείται από αδιαίρετα μέρη, τα **ψήγματα**, που βρίσκονται σε αέναη κίνηση. Οι εκφράσεις «εκ πυρός τα πάντα και εις πυρ τα πάντα τελευτά» και «τα πάντα ρει» απηχούν ακριβώς τις απόψεις του. Σήμερα μπορούμε να ταυτίσουμε το πυρ του Ηρακλείτου με την ενέργεια και τα ψήγματα με τα κβάντα ενέργειας.

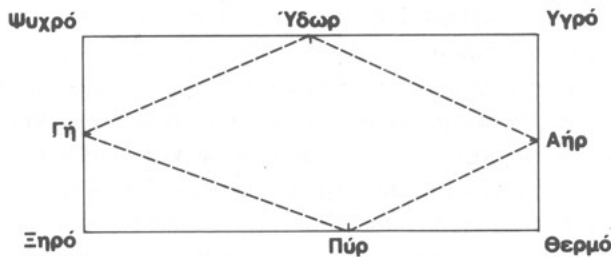
Ο ΕΜΠΕΔΟΚΛΗΣ ο Ακραγαντίνος (495-435 π.Χ.) παραδέχθηκε πρώτος τέσσερα ως βασικά στοιχεία της ύλης, τα «ριζώματα» όπως τα ονόμασε, τη **γη**, το **ύδωρ**, τον **αέρα** και το **πυρ**. Τα τέσσερα αυτά βασικά στοιχεία ενώνονται με διάφορες αναλογίες και παράγουν τις διάφορες ουσίες.

Ο ΠΛΑΤΩΝΑΣ (360 π.Χ.) παραδέχθηκε και αυτός σαν πρωταρχικά στοιχεία της ύλης τα τέσσερα «ριζώματα» του Εμπεδοκλή, τα οποία τα θεωρούσε άφθαρτα και τα οποία μπορούσαν να διαιρεθούν σε απειροελάχιστα τεμαχίδια, μη διαιρετά περαιτέρω.

Ο ΛΕΥΚΙΠΠΟΣ (430 π.Χ.) και κυρίως ο μαθητής του ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ ο Αβδηρίτης (460-370 π.Χ.), οι οποίοι ανήκουν στους καλουμένους

ατομικούς φιλοσόφους, υποστήριξαν ότι η ύλη αποτελείται από απειροελάχιστα σωματίδια, αναρίθμητα, αόρατα, αγέννητα, άφθαρτα, πλήρη, αναλλοίωτα και άτμητα, τους **ατόμους**. Τα άτομα του Δημοκρίτου αποτελούνται από την ίδια ουσία, ενώ τα άτομα διαφόρων ουσιών διαφέρουν μεταξύ τους μόνο κατά το σχήμα και τον όγκο. Η μεγάλη ποικιλία των ουσιών οφείλεται στο διαφορετικό σχήμα, στη διαφορετική σειρά και στη διαφορετική θέση των ατόμων. Οι απόψεις αυτές των ατομικών φιλοσόφων και ιδίως του Δημοκρίτου λίγο απέχουν από τις σημερινές απόψεις περί ατόμου.

Ο **ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ** ο Σταγειρίτης (384-322 π.Χ.), ο μεγάλος φιλόσοφος και δάσκαλος του Μεγάλου Αλεξάνδρου, δεν αποδέχθηκε τις ιδέες των ατομικών φιλοσόφων, αλλά θεώρησε σαν πρωταρχικά συστατικά της ύλης τις τέσσερες ποιότητες (θερμό, ψυχρό, υγρό, ξηρό), οι οποίες μπορούν να ενωθούν κατά ζεύγη και να δώσουν τα τέσσερα στοιχεία, τη **γη**, το **ύδωρ**, τον **αέρα** και το **πυρ**.



**Σχήμα 1.3.1.** Το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο του Αριστοτέλη με τις τέσσερες ποιότητες και τα τέσσερα στοιχεία.

Ο Αριστοτέλης με το τεράστιο κύρος του έγινε αιτία ώστε να παραβλεφθούν και να ξεχαστούν για πολλούς αιώνες οι σωστές ιδέες του Δημοκρίτου και μόνο κάτω από τα πειστικά πειραματικά δεδομένα κατώρθωσαν οι επιστήμονες να καταλήξουν στις σημερινές απόψεις για τα άτομα, οι οποίες αποτελούν δικαίωση των φαινών ιδεών του Δημοκρίτου περί ατόμου.

## ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

### 2.1 Εισαγωγή

Οι σπουδαίες και σωστές απόψεις του Δημοκρίτου για τα άτομα έμειναν για 24 αιώνες περίπου παραμελημένες και μόλις το 1808 ο Άγγλος φυσικός J. Dalton (1766-1844 μ.Χ.) στηριζόμενος σε αφθονία πλέον πειραματικών δεδομένων τις επανέφερε, τροποποιημένες σε ορισμένα σημεία, σαν **ατομική θεωρία**. Η θεωρία αυτή υπήρξε πράγματι ο σκελετός στην οικοδόμηση της χημικής έρευνας του περασμένου αιώνα και μπόρεσε να εξηγήσει ικανοποιητικά τους νόμους των χημικών ενώσεων, όμως από τα πρώτα ακόμα έτη παρουσιάστηκαν προβλήματα, τα οποία δεν μπορούσε να εξηγήσει και γιαυτό χρειάστηκε να γίνουν ορισμένες αναθεωρήσεις. Όλα δε συνέκλιναν στο ότι το άτομο δεν έπρεπε να ήταν απλό και άτμητο και επομένως θα έπρεπε να παρουσιάζει κάποια συγκρότηση, κάποια δομή.

**Υπόθεση Prout.** Ο Άγγλος χημικός και ιατρός W. Prout το 1815 διετύπωσε την σκέψη, ότι πρέπει να υπάρχει σχέση μεταξύ των ατόμων διαφόρων στοιχείων και της δομής τους. Η άποψη αυτή, η οποία είναι γνωστή σαν υπόθεση Prout, δέχεται ότι «όλα τα στοιχεία είναι διαφορετικές συμπυκνώσεις του υδρογόνου». Στην υπόθεση αυτή κατέληξε παρατηρώντας ότι τα ατομικά βάρη των περισσοτέρων στοιχείων είναι αριθμοί κατά μεγάλη προσέγγιση ακέραιοι. Η υπόθεση αυτή στην αρχή είχε πολλούς οπαδούς, αλλά σύντομα εγκαταλείφθηκε, διότι δεν μπόρεσε να εξηγήσει την μεγάλη απόκλιση από την ακεραία μονάδα στα ατομικά βάρη ορισμένων στοιχείων όπως π.χ. του Cl = 35,45. Σήμερα με την ανακάλυψη των ισοτόπων εξηγείται αβίαστα η υπόθεση του Prout, αφού τα στοιχεία στη φύση είναι μίγματα ισοτόπων, τα οποία ισότοπα έχουν ατ. βάρος ακέραιο πολλαπλάσιο του α.β. του υδρογόνου (π.χ. Το χλώριο αποτελείται από χλώριο 35 και χλώριο 37 σε αναλογία 3:1).

Στη συνέχεια τα αποτελέσματα μακρών πειραματικών ερευνών επί των ηλεκτρικών εκκενώσεων σε αραιωμένα αέρια, η ανακάλυψη του ραδίου και των άλλων ραδιενεργών στοιχείων, η ανακάλυψη και εξήγη-

ση της ραδιενέργειας και άλλα πειραματικά δεδομένα έδωσαν υλικό για τη διατύπωση διαφόρων θεωριών σχετικά με τη δομή του ατόμου, με τη συγκρότηση δηλαδή των ατόμων από ορισμένα θεμελιώδη συστατικά, από ορισμένα υποατομικά σωματίδια.

## 2.2 Θεμελιώδη συστατικά του ατόμου

Υποατομικά σωματίδια έχουν μέχρι σήμερα ανακαλυφθεί αρκετά (π.χ. πρωτόνια, ηλεκτρόνια, νετρόνια, μεσόνια, κ.ά.), ενώ οι επιστήμονες για θεωρητικούς λόγους υποστηρίζουν την ύπαρξη και άλλων (π.χ. ουδετέρου μεσονίου, ουδετέρου ποζιτρονίου κ.ά.), τα οποία δεν ανακαλύφθηκαν ακόμη.

**Ηλεκτρόνιο.** Σύμβολο  $e$ , φορτίο  $-1$  ή  $4,8 \times 10^{-10}$  ΗΣΜ φορτίου, ή  $1,6 \times 10^{19}$  Coulombs, μάζα  $1/1840$  της μάζας του ατόμου του υδρογόνου, ή  $0,9 \times 10^{-27}$  g. Είναι το πρώτο υποατομικό σωματίδιο που ανακαλύφθηκε σαν συστατικό κάθε ατόμου. Ανακαλύφθηκε από τον Γερμανό φυσικό J. Plücker το 1859 σαν συστατικό της καθοδικής ακτινοβολίας, το όνομά του δε δόθηκε από τον Άγγλο φυσικό J. Thomson το 1897.

**Πρωτόνιο.** Σύμβολο  $p$ , φορτίο  $+1$ , μάζα  $1$  ή  $1,6725 \cdot 10^{-24}$  g. Ανακαλύφθηκε σαν συστατικό της θετικής ή διαυλικής ακτινοβολίας, μελετήθηκε από τον Νέο Ζηλανδό φυσικό E. Rutherford το 1914 και ονομάστηκε έτσι από την ελληνική λέξη πρώτος, για να τονισθεί η πρωταρχική του σημασία στη δομή των ατόμων.

**Νετρόνιο.** Σύμβολο  $n$ , φορτίο  $0$ , μάζα  $1$  ή  $1,6748 \times 10^{-24}$  g. Ο Rutherford από το 1920 υποστήριξε, για θεωρητικούς λόγους, την ύπαρξη του νετρονίου (σωματιδίου που προέρχεται από τη συγχώνευση πρωτονίου και ηλεκτρονίου), η ανακάλυψή του όμως έγινε το 1932 από τον Άγγλο φυσικό J. Chadwick, μαθητή του Rutherford.

**Ποζιτρόνιο.** Σύμβολο  $e^+$ , δηλ. θετικά φορτισμένο ηλεκτρόνιο. Ανακαλύφθηκε το 1932 από τον Αμερικανό φυσικό C. Anderson κατά τον βομβαρδισμό αερίων με κοσμικές ακτίνες. Η ζωή του είναι  $10^{-9}$  sec.

**Μεσόνια.** Σύμβολο  $m$ , φορτίο  $+1$  ή  $-1$ , μάζα ίση με 100-300 ηλεκτρόνια. Ανακαλύφθηκαν από τους C. Anderson και S. Nedermeyer το 1936. Η ζωή τους είναι  $10^{-8}$  sec.

Από τα υποατομικά σωματίδια που έχουν ανακαλυφθεί και μελετηθεί τα σπουδαιότερα είναι τα ηλεκτρόνια, τα πρωτόνια και τα νετρόνια, τα οποία είναι τα θεμελιώδη συστατικά των ατόμων όλων των στοιχείων.

## 2.3 Πρώτες θεωρίες για τη δομή του ατόμου

Οι σύγχρονες θεωρίες για τη δομή του ατόμου βασίζονται στις κλασσικές πλέον έρευνες του E. Rutherford και των μαθητών του. Πολύ όμως νωρίτερα διατυπώθηκαν άλλες θεωρίες, οι οποίες όμως δεν έτυχαν της δέουσας προσοχής.

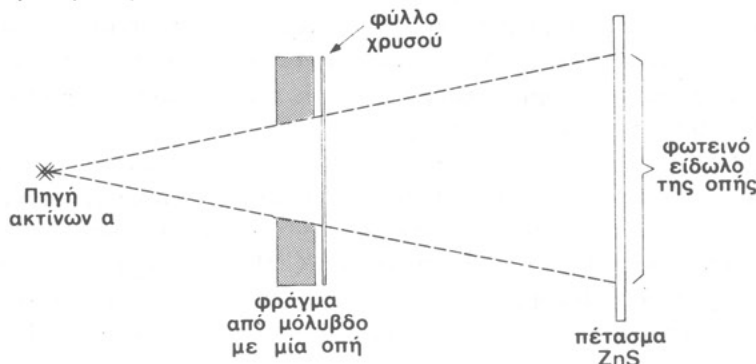
**Στατικό ατομικό πρότυπο του Thomson.** Ο Thomson το 1898 διατύπωσε την πρώτη θεωρία δομής του ατόμου, την οποία συμπλήρωσε το 1904. Κατά τη θεωρία αυτή το άτομο αποτελείται από θετικά και αρνητικά σωματίδια. Το θετικό φορτίο του ατόμου είναι ομοιόμορφα συγκεντρωμένο σε σφαίρα, μέσα στην οποία κινούνται ελεύθερα τα ηλεκτρόνια, σε σταθερή διάταξη. Αν τα ηλεκτρόνια είναι πολλά, διατάσσονται σε ομόκεντρες σφαιρικές επιφάνειες, τις στοιβάδες ή φλοιούς. Η θεωρία αυτή είχε πολλά μειονεκτήματα, αλλά και ορισμένες αλήθειες, χρησίμευσε δε σαν αφετηρία για περαιτέρω έρευνες για τη δομή του ατόμου.

Ο P. Lenard το 1903, στηριζόμενος στην παρατήρησή του ότι οι καθοδικές ακτίνες διαπερνούν λεπτά φύλλα αργιλίου, υποστήριξε ότι μεγάλο μέρος του ατόμου είναι κενός χώρος, ενώ η μάζα είναι συγκεντρωμένη σε ορισμένα κέντρα, καθένα από τα οποία συνίστανται από θετικό και αρνητικό φορτίο.

Ο H. Nagaoka το 1904, στηριζόμενος σε υπολογισμούς για την εξήγηση των φασμάτων των στοιχείων, παρομοίασε το άτομο με τον πλανήτη Κρόνο. Στο άτομο κατά τον Nagaoka τα θετικά φορτισμένα σωματίδια βρίσκονται στο κέντρο, ενώ τα ηλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από το κέντρο.

### Ατομικό πρότυπο ή υπόδειγμα του Rutherford

Ο Rutherford έκανε κατά τα έτη 1909-1911 μια σειρά πειραμάτων βομβαρδισμού με ακτίνες  $\alpha$  λεπτών μεταλλικών φύλλων. Οι ακτίνες  $\alpha$



Σχήμα 2.3.1. Διάταξη πειράματος του Rutherford.

είναι πυρήνες του στοιχείου He με φορτίο +2, μάζα 2 και ταχύτητα  $\sim 18000$  Km/sec. Η διάταξη για τα πειράματα δίνεται στο σχήμα 2.3.1.

Ο Rutherford παρατήρησε, ότι, όταν στην πορεία των ακτίνων α παρεμβαλόταν λεπτό φύλλο χρυσού (φύλλο χρυσού πάχους  $5000 \text{ \AA}$  περιέχει περίπου 2000 άτομα χρυσού στη σειρά), τότε το αρχικά σαφές φωτεινό είδωλο της οπής διευρυνόταν, το πέρασ του δεν ήταν πλέον σαφές και επί πλέον παρατηρούνταν φωτεινά σημεία έξω από το φωτεινό είδωλο της οπής, σε μεγάλες σχετικά αποστάσεις. Η διεύρυνση αυτή του ειδώλου της οπής οφείλεται προφανώς σε σκεδασμό των ακτίνων α λόγω μικρής εκτροπής των σωματιδίων α από την ευθύγραμμη πορεία τους. Αυτό οφείλεται στο ότι τα θετικά φορτισμένα σωματίδια α πλησιάζουν σε ιδιαίτερα πυκνά θετικά ηλεκτρικά πεδία. Για να εξηγήσει τα πειραματικά αυτά δεδομένα, δέχθηκε ότι ο μεγαλύτερος χώρος του ατόμου είναι κενός, ότι στο κέντρο του ατόμου, που ονόμασε **πυρήνα**, είναι συγκεντρωμένη η μεγαλύτερη μάζα του ατόμου και το θετικό φορτίο του και ότι ο θετικός πυρήνας περιβάλλεται από ορισμένο αριθμό ηλεκτρονίων, τα **πλανητικά ή περιφερειακά ηλεκτρόνια**, τα οποία κινούνται σε ορισμένες τροχιές. Ο αριθμός των ηλεκτρονίων είναι ίσος με τον αριθμό των θετικών φορτίων του πυρήνα και η διάταξή τους είναι τέτοια ώστε το άτομο να είναι στο σύνολό του σφαιρικό και ηλεκτρικά ουδέτερο. Οι ανωτέρω απόψεις αποτελούν το δυναμικό ατομικό πρότυπο ή απλώς το **ατομικό πρότυπο του Rutherford**, το οποίο κατά κάποιον τρόπο είναι μικρογραφία του ηλιακού πλανητικού συστήματος, όπου ο πυρήνας αντιστοιχεί στον ήλιο και τα ηλεκτρόνια στους πλανήτες.

Λίγα χρόνια μετά τη διατύπωση των απόψεων αυτών του Rutherford ο Άγγλος φυσικός H. Moseley το 1913 ύστερα από πειράματα και παρατηρήσεις που έκανε στα φάσματα των ακτινοβολιών X, που εκπέμπουν διάφορα στοιχεία όταν χρησιμοποιηθούν σαν αντικάθοδος σε σωλήνες ακτίνων X, διαπίστωσε ότι ο αριθμός των θετικών φορτίων του πυρήνα είναι μια θεμελιώδης ποσότητα που μεταβάλλεται από στοιχείο σε στοιχείο και συμπίπτει με τον αύξοντα αριθμό του στοιχείου αυτού στον περιοδικό πίνακα. Τον αριθμό αυτό των θετικών φορτίων του πυρήνα ο Moseley ονόμασε **ατομικό αριθμό**, είναι δε ίσος με τον αριθμό των πρωτονίων που υπάρχουν στον πυρήνα.

Ο Moseley βρήκε ότι υπάρχει σχέση ανάμεσα στον ατομικό αριθμό του στοιχείου και στη συχνότητα της χαρακτηριστικής γραμμής (ακτινοβολίας) που εκπέμπει το στοιχείο όταν τοποθετηθεί σαν αντικάθοδος στη συσκευή παραγωγής ακτινοβολίας X. Η σχέση αυτή είναι γνωστή σαν **νόμος του Moseley**, σύμφωνα δε με αυτόν «οι τετραγωνικές ρίζες της συχνότητας ν των χαρακτηριστικών ακτινοβο-