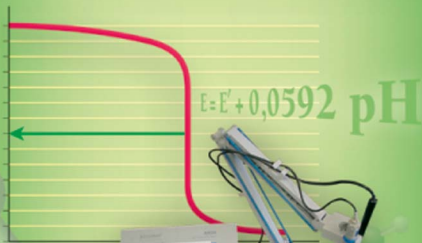


ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΑΚΡΙΒΟΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ



Κάθε γνήσιο αντίτυπο υπογράφεται από τον συγγραφέα

ISBN 960-431-935-3

© Copyright: Περικλής Ακρίβος, Εκδόσεις Ζήτη, Σεπτέμβριος 2004, Θεσσαλονίκη

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 (6 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

Πρόλογος

Η Γενική Χημεία, όπως και κάθε τι με τον όρο “Γενικός” έχει την θέση της εισαγωγής στο αντικείμενο το οποίο πραγματεύεται, και στη συγκεκριμένη περίπτωση στο αντικείμενο της Χημείας. Η εισαγωγή αυτή δεν μπορεί βεβαίως να είναι ενδελεχής και λεπτομερής, ενώ ταυτόχρονα δεν πρέπει να είναι ελλιπής. Πρέπει ακόμη να επιχειρεί την οργάνωση των βασικών και θεμελιωδών γνώσεων του αντικείμενου της Χημείας με τρόπο ώστε ο αναγνώστης να έχει την δυνατότητα να προχωρήσει, εφόσον το επιθυμεί ή εφόσον αυτό επιβάλλεται, στην ανετότερη ανάγνωση εγχειριδίων, διατριβών και συγγραμμάτων, τα οποία έχουν ως αντικείμενο κάτι πιο εξειδικευμένο από τον χώρο της επιστήμης της Χημείας.

Η εισαγωγή αυτή επίσης, δεν μπορεί να “παραβλέπει” από τη μια τις σύγχρονες προόδους στις τεχνικές, τις θεωρίες και τις αντιλήψεις, από την άλλη όμως δεν μπορεί να “εξαφανίζει” την εργασία υποβάθρου την οποία επιτέλεσαν οι προηγούμενες γενιές των χημικών και η οποία στοιχειοθέτησε πλήρως και αποτελεί ακόμη βασικό δομικό στοιχείο των σύγχρονων αντιλήψεων για τα χημικά φαινόμενα και τις χημικές ενώσεις. Με την έννοια αυτή, αντικείμενα της Ανόργανης, Οργανικής και Φυσικής Χημείας πρέπει να περιγραφούν και να αναλυθούν με βάση απλά μοντέλα ενώ πρέπει να δίνονται τα απαραίτητα εκείνα στοιχεία τα οποία θα αποτελέσουν τον συνδετικό κρίκο με τα πιο ενδελεχή και εξειδικευμένα συγγράμματα τα οποία πραγματεύονται συγκεκριμένες περιοχές της Ανόργανης, Οργανικής και Φυσικής Χημείας.

Ο αναγνώστης του συγγράμματος αυτού μπορεί να είναι βεβαίως

- κάποιος πρωτοετής φοιτητής πολλών προπτυχιακών κύκλων σπουδών όπου απαιτούνται κάποιες βασικές και στέρεες γνώσεις Χημείας,
- κάποιος παλαιότερος απόφοιτος τμημάτων όπου η Χημεία αποτελούσε μέρος του προγράμματος σπουδών και ο οποίος μετά από χρόνια επιθυμεί να έλθει και πάλι σε επαφή με το αντικείμενο της Χημείας στην ευρεία του έννοια
- κάποιος επιστήμονας μιας πολύ διαφορετικής περιοχής εξειδίκευσης, ο οποίος έχει ακούσει κάποια γενικά στοιχεία περί της Χημείας (η οποία παρε-

μπιπτόντως αναφέρεται και όχι πάντοτε εύστοχα, σε πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες από τον έρωτα έως την οργάνωση μιας ομάδας αθλητών ομαδικού αθλήματος) και θέλει να αποκτήσει μια πρώτη ή να επανακτήσει μια παλαιότερη επαφή με το αντικείμενο, ή τέλος

- κάποιος ο οποίος ακαδημαϊκώς και μόνον ενδιαφέρεται για το αντικείμενο της Χημείας επειδή έτυχε να ακούσει ή να σχηματίσει την εντύπωση (η οποία, και πάλι παρεμπιπτόντως, είναι αληθής) ότι οι νόμοι της Φυσικής και της Χημείας είναι αυτοί οι οποίοι κυβερνούν, το γνωστό τουλάχιστον Σύμπαν, κατά τρόπο τελεσίδικο και απαραβάτο.

Σε κάθε περίπτωση, δεν απαιτείται ιδιαίτερη γνώση μαθηματικών (τα οποία αποτελούν ωστόσο το βασικό εργαλείο των επιστημών) ενώ στις περιπτώσεις κατά τις οποίες υπάρχουν αναφορές σε μαθηματικές διαδικασίες πέραν της κλασικής Άλγεβρας και κάποιων τριγωνομετρικών μεγεθών, ο αναγνώστης ο οποίος δεν απαιτείται να έχει γνώση ή να επιδείξει στο τέλος της ανάγνωσης κατανόηση (εξεταζόμενος π.χ. στο περιεχόμενο του συγγράμματος), μπορεί να παραβλέψει το συγκεκριμένο σημείο δεχόμενος την ακρίβεια των περιγραφόμενων.

Σε κάθε περίπτωση, το εισαγωγικό κεφάλαιο και το παράρτημα, παρόλο που δεν έχουν “οργανική” σύνδεση με τον κορμό του κειμένου, είναι σημεία τα οποία πρέπει να αναγνωσθούν με σοβαρότητα και να επιχειρηθεί η κατανόησή τους, τουλάχιστον σε γενικές γραμμές, παράλληλα προς την προσπάθεια για κατανόηση του κυρίως κειμένου.

Σε κάθε περίπτωση επίσης, προσδοκία του συγγραφέα είναι η ανάγνωση του κειμένου να επιτελέσει τον στόχο για τον οποίο ο αναγνώστης επέλεξε να αφιερώσει χρόνο στην ανάγνωσή του.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	11
----------------	----

Μέρος Α Τα δομικά στοιχεία του σύμπαντος

Κεφάλαιο 1: Η εξέλιξη των αντιλήψεων για τη δομή της ύλης

1.1 Χημεία και χημική τεχνολογία	19
1.2 Η εξέλιξη των χημικών θεωριών	20
1.3 Ηλεκτρόλυση – Αγωγιμότητα	24
1.4 Ατομική φασματοσκοπία εκπομπής – απορρόφησης.....	26
1.5 Καθοδικές ακτινοβολίες – Ιονισμός αερίων – Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.....	28
1.6 Ακτινοβολίες X – Ραδιενέργεια	31

Κεφάλαιο 2: Το ατομικό πρότυπο

2.1 Τα αρχικά μοντέλα για το άτομο	35
2.2 Η γένεση του κβαντικού ατόμου	39
2.3 Η ολοκλήρωση της δομής του ατόμου	45
2.4 Η σημερινή αντίληψη για το άτομο.....	51
2.5 Ατομικές κυματικές συναρτήσεις για το άτομο του υδρογόνου	54
2.6 Απλές εφαρμογές της ατομικής θεωρίας.....	60

Κεφάλαιο 3: Περιοδικές ιδιότητες των ατόμων

3.1 Η περιοδικότητα των ιδιοτήτων των στοιχείων	63
3.2 Ο Σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας	66
3.3 Ατομική ακτίνα.....	70
3.4 Ενέργεια ιονισμού	73
3.5 Ηλεκτρονιοσυγγένεια	77
3.6 Ηλεκτραρνητικότητα	78

3.7	Η κατανόηση των περιοδικών ιδιοτήτων με βάση την ατομική θεωρία.....	81
3.8	Προσδιορισμός της ηλεκτρονιακής διαμόρφωσης ενός ατόμου	85
3.9	Η ευστάθεια των ηλεκτρονιακών διαμορφώσεων.....	89

Μέρος Β Περιγραφή και μελέτη των χημικών ενώσεων

Κεφάλαιο 4: Θεωρίες περιγραφής του χημικού δεσμού

4.1	Περιγραφή του σχηματισμού απλών μορίων	93
4.2	Η θεώρηση του δεσμού σθένους	95
4.3	Περιγραφή του δεσμού με μοριακά τροχιακά.....	100
4.4	Πειραματική επιβεβαίωση της θεωρίας των μοριακών τροχιακών.....	107
4.5	Συνέπειες και προτάσεις της θεωρίας των μοριακών τροχιακών.....	109

Κεφάλαιο 5: Οι ομοιοπολικοί δεσμοί

5.1	Περιγραφή πολυατομικών μορίων	117
5.2	Ο υβριδισμός	118
5.3	Η θεωρία των απώσεων των ηλεκτρονίων σθένους.....	123
5.4	Μόρια με π- δεσμούς.....	127
5.5	Η αντιμετώπιση των π- μοριακών τροχιακών	131
5.6	Αρωματικά συστήματα.....	133
5.7	Η ενέργεια του δεσμού	137
5.8	Η πολικότητα των μορίων	138

Κεφάλαιο 6: Οι ηλεκτροστατικές και άλλες αλληλεπιδράσεις

6.1	Δομή και αλληλεπιδράσεις μακρομορίων	143
6.2	Ιοντικός δεσμός	144
6.3	Δεσμός υδρογόνου.....	145
6.4	Άλλες ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις.....	149
6.5	Ενδιάμεσες μορφές δεσμών.....	151

Κεφάλαιο 7: Οι ενώσεις των μετάλλων

7.1	Γενικές έννοιες	155
7.2	Κατάταξη των ενώσεων συναρμογής.....	156
7.3	Θεωρίες δεσμού στα σύμπλοκα.....	161
7.4	Οπτικές ιδιότητες των συμπλόκων ενώσεων.....	165

7.5	Μαγνητικές ιδιότητες των συμπλόκων.....	171
7.6	Η ισομέρεια στις ενώσεις συναρμογής.....	173

Κεφάλαιο 8: Στοιχεία μοριακής φασματοσκοπίας

8.1	Η μελέτη των χημικών ενώσεων.....	177
8.2.	Ηλεκτρονιακή Φασματοσκοπία.....	180
8.3	Δονητική Φασματοσκοπία.....	182
8.4	Φασματοσκοπία Μαζών.....	186
8.5	Φασματοσκοπία Πυρηνικού Μαγνητικού Συντονισμού.....	189
8.6	Φασματοσκοπία Ακτίνων Χ.....	191

Μέρος Γ Οι καταστάσεις της ύλης και οι χημικές αντιδράσεις

Κεφάλαιο 9: Περιγραφή της αέριας κατάστασης

9.1	Οι νόμοι των αερίων.....	197
9.2	Κινητική θεωρία των αερίων.....	201
9.3	Οι αντιδράσεις στην αέρια φάση.....	206

Κεφάλαιο 10: Στοιχεία χημικής θερμοδυναμικής

10.1	Γενικά.....	211
10.2	Εσωτερική ενέργεια και ενθαλπία.....	212
10.3	Εντροπία.....	216
10.4	Ελεύθερη Ενέργεια.....	220

Κεφάλαιο 11: Στοιχεία χημικής ισορροπίας

11.1	Γενικά.....	225
11.2	Ταχύτητα αντίδρασης.....	226
11.3	Αμφίδρομες αντιδράσεις.....	229
11.4	Ελεύθερη ενέργεια και σταθερά ισορροπίας.....	231
11.5	Η ετερογενής ισορροπία.....	233

Κεφάλαιο 12: Η υγρή φάση

12.1	Τα διαλύματα.....	239
12.2	Αλληλεπίδραση της διαλυμένης ουσίας με το διαλύτη.....	240
12.3	Η διαλυτότητα των ουσιών.....	245

12.4	Διαλύματα οξέων και βάσεων	248
12.5	Αντιδράσεις μεταξύ οξέων και βάσεων.....	254

Κεφάλαιο 13: Η στερεά κατάσταση

13.1	Το κρυσταλλικό πλέγμα	261
13.2	Ο τύπος του κρυσταλλικού πλέγματος και ο καθορισμός του	266
13.3	Ο μεταλλικός δεσμός.....	269
13.4	Συμπεράσματα.....	271

Κεφάλαιο 14: Στοιχεία οξειδωσης και αναγωγής

14.1	Γενικά	273
14.2	Το φαινόμενο της οξειδωσης και της αναγωγής	275
14.3	Διαγραμματική περιγραφή οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων	285
14.4	Ηλεκτρόλυση.....	289

Μέρος Δ Κατανόηση του σύμπαντος μέσα από τη χημεία

Κεφάλαιο 15: Η γένεση των πλανητών και των οργανισμών

15.1	Οι πρωταρχικές πυρηνικές αντιδράσεις	295
15.2	Η σύγχρονη πυρηνική χημεία.....	299
15.3	Εφαρμογές της ραδιοχημείας	303

Κεφάλαιο 16: Η Χημεία και το Περιβάλλον

16.1	Η ατμόσφαιρα.....	305
16.2	Η υδρόσφαιρα.....	311
16.3	Η λιθόσφαιρα.....	314

Κεφάλαιο 17: Η Χημεία και η Βιομηχανία

17.1	Η χημική βιομηχανία.....	319
17.2	Λιπάσματα	320
17.3	Τσιμέντο	322
17.4	Μέταλλα και κράματα	324
17.5	Θευκό οξύ.....	327
17.6	Πολυμερή	329

Κεφάλαιο 18: Η Χημεία των ζωντανών οργανισμών

18.1 Γενικά	333
18.2 Αμινοξέα και πρωτεΐνες	334
18.3 Ένζυμα και οι δράσεις τους.....	339
18.4 Γενετικό υλικό	343
18.5 Βιταμίνες	346

Κεφάλαιο 19: Η Χημεία και η ποιότητα ζωής

19.1 Απορρυπαντικά	349
19.2 Φάρμακα.....	352
19.3 Αγροχημικά	357
19.4 Νέα υλικά	360
19.5 Διάβρωση	366

Κεφάλαιο 20: Χημικές ιδιότητες των στοιχείων

20.1 Τα στοιχεία του τομέα s	369
20.2 Τα στοιχεία του τομέα p.....	372
20.3 Τα στοιχεία του τομέα d.....	377

Βιβλιογραφία	379
---------------------------	------------

Παράρτηματα

Π-1 Συστήματα μονάδων.....	381
Π-2 Περιεκτικότητες Διαλυμάτων.....	388
Π-3 Η εξίσωση του Σρέντινγκερ	390
Π-4 Απεικόνιση ατομικών τροχιακών	392
Π-5 Απεικόνιση μοριακών τροχιακών.....	394

Ευρετήριο Όρων	399
-----------------------------	------------

Εισαγωγή

Προφανώς, σε ένα βιβλίο Χημείας, το κύριο θέμα που πρέπει να εξετασθεί εισαγωγικά είναι το τι μπορεί να ορισθεί ως Χημεία. Στην ερώτηση αυτή οι απαντήσεις είναι πολλές, ανάλογα με το βαθμό στον οποίο ο καθένας που ερωτάται ασχολείται με τη Χημεία και ειδικότερα με κάποιο από τα αντικείμενα που μελετά η Χημεία. Ως Χημεία λοιπόν μπορεί να ορισθεί, χωρίς φυσικά μεγάλη σαφήνεια αλλά με μεγάλη ακρίβεια όσον αφορά το περιεχόμενο του ορισμού, το σύνολο των ενεργειών και διαδικασιών τις οποίες πραγματοποιούν κατά την ερευνητική τους εργασία οι χημικοί.

Οι χημικοί διαφέρουν από τους λοιπούς επιστήμονες ως προς το αντικείμενο που ερευνούν και όχι ως προς την μέθοδο που χρησιμοποιούν για την έρευνά τους. Η μέθοδος είναι περίπου τυποποιημένη και περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία της επιστημονικής προσέγγισης ενός αντικειμένου, δηλαδή την **παρατήρηση**, την **οργάνωση** και **εκτέλεση** ενός **πειράματος** ή μιας σειράς πειραμάτων, την οργάνωση, **ανάλυση** και **διερεύνηση** των αποτελεσμάτων του πειράματος, την **εκτίμηση** με τη βοήθεια εμπειρικών γενικών φυσικών **αρχών** ή με τη χρήση μαθηματικώς και φυσικώς θεμελιωμένων εξισώσεων των **νόμων** ή των σχέσεων που διέπουν τα **μεγέθη** που σχετίζονται με την αρχική παρατήρηση και με το επακόλουθο πείραμα που αποτελεί μια υποδειγματική και σχολαστική μελέτη του φαινομένου κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες.

Το αντικείμενο των χημικών μπορεί να διακριθεί ανάλογα με την ιδιότητα ή το μέγεθος που παρατηρούν, καταγράφουν ή διερευνούν καθώς και με τη διαδικασία που ακολουθούν προκειμένου να προβούν στην παρατήρηση, την καταγραφή ή τη διερεύνηση αυτή. Έτσι, στη σύγχρονη τουλάχιστον εποχή, γίνεται αναφορά στην **Αναλυτική** ή τη **Συνθετική** Χημεία, την **Οργανική** ή την **Ανόργανη** Χημεία, τη **Βιοχημεία** ή τη **Γεωχημεία**, τη **Θερμοδυναμική** ή την **Κινητική**. Οι χημικοί που εντοπίζουν την έρευνά τους στα αντικείμενα αυτά, δίνουν μεγαλύτερη βαρύτητα στις μεθόδους **ταυτοποίησης** μιας χημικής ένωσης σε μείγματα καθώς και του υπολογισμού της ποσότητάς της που βρίσκεται σε ορισμένη ποσότητα του μείγματος αυτού ή στις μεθόδους και τις διαδικασίες σύνθεσης, **απομόνωσης** και **καθαρισμού** μιας χημικής ουσίας, στη σύνθεση και την

ανάλυση ενώσεων που έχουν ως βάση τους το άτομο του άνθρακα ή περιλαμβάνουν άτομα μετάλλων αντίστοιχα, στις ουσίες και τις αντιδράσεις μεταξύ ενώσεων που βρίσκονται στους ζωντανούς οργανισμούς ή στα ορυκτά και τα πετρώματα, ή τέλος ασχολούνται με τη μέτρηση του **ενεργειακού περιεχομένου** των χημικών αντιδράσεων και της **σταθερότητας** των αντιδρώντων σωμάτων ή των προϊόντων ή το **χρόνο** που απαιτείται είτε για την ολοκλήρωση είτε για την αποκατάσταση της **χημικής ισορροπίας** μιας αντίδρασης.

Ταυτοποίηση είναι μια διαδικασία ή μια σειρά από διαδικασίες, φυσικές ή χημικές, μέσω των οποίων ο χημικός προσπαθεί να δώσει μια ταυτότητα στην ουσία που συνθέτει ή απομονώνει από κάποιο μείγμα. Η ταυτότητα μιας ουσίας είναι πλήρης όταν είναι δυνατόν να παρασταθεί όχι μόνο ο μοριακός της τύπος, δηλαδή το σύνολο των ατόμων που την αποτελούν, αλλά ο πλήρης στερεοχημικός της τύπος, δηλαδή η σχετική θέση όλων των ατόμων του μορίου με τον τυπικό τρόπο παράστασης των χημικών δεσμών που υπάρχουν μεταξύ τους.

Ο ορισμός για το **άτομο** είναι περίπου τόσο παλιός όσο και η θεμελίωση της επιστήμης της Χημείας. Ακόμη και σήμερα, σύμφωνα με τις σύγχρονες αντιλήψεις για τη Φυσική και τη Χημεία, ως άτομο μπορεί να θεωρείται το στοιχειώδες συστατικό της ύλης που υπάρχει ως αυτόνομο και είναι το ελάχιστο ποσό ύλης που μπορεί να εμφανίζει τις ιδιότητες του στοιχείου στο οποίο ανήκει. Ένα **μόριο** αντίστοιχα, αποτελείται από συγκεκριμένο πάντοτε αριθμό ατόμων, του ίδιου ή άλλων στοιχείων και μάλιστα διατεταγμένων πάντοτε με τον ίδιο τρόπο σε σχέση μεταξύ τους. Η διάταξη αυτή καθορίζει και τις ιδιότητες, φυσικές και χημικές του μορίου. Ο λόγος για τον οποίο τα άτομα ενός μορίου αποκτούν και στη συνέχεια διατηρούν τις σχετικές θέσεις τους στο χώρο, οφείλεται στις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις, οι οποίες είναι καθορισμένες και σταθερές για κάθε συγκεκριμένο μόριο και αναφέρονται με το συγκεντρωτικό όρο "**χημικός δεσμός**" άσχετα με το αν είναι ηλεκτροστατικής, διπολικής ή άλλης φύσης. Πάντως, ο τυπικός χημικός δεσμός αναφέρεται στην ύπαρξη ενός ζεύγους ηλεκτρονίων που μπορούν να θεωρηθούν ότι κινούνται υπό την επίδραση του πυρηνικού φορτίου δύο γειτονικών ατόμων, άσχετα αν θεωρητικά μπορεί να προέρχονται από ένα εκ των δύο αυτών ατόμων ή να αποτελούν κοινή συνεισφορά αυτών στο σχηματισμό του δεσμού. Αντίστοιχα, όταν η θεωρία ή η παρατήρηση προβλέπουν ή αποδεικνύουν την ύπαρξη περισσότερων ζευγών ηλεκτρονίων μεταξύ δύο γειτονικών ατόμων, γίνεται αναφορά σε πολλαπλό δεσμό.

Η διάκριση μεταξύ **χημικής ένωσης** και **μείγματος** είναι κάτι που απασχολεί τους χημικούς από πολύ παλιά. Η απλούστερη στη διατύπωσή της διάκριση αναφέρεται στην προϋπόθεση ότι μια χημική ένωση, που αποτελείται από διαφορετικά στοιχεία, μπορεί να μεταβάλλει τη σύστασή της μόνο κατά την πορεία μιας χημικής αντίδρασης και όχι με την επίδραση φυσικών διαδικασιών. Η αντίληψη

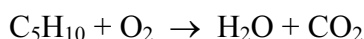
αυτή βέβαια πρέπει να γίνει καταρχήν κατανοητή, αφού συνήθως είναι δύσκολο να αποφανθεί κάποιος βασιζόμενος μόνο σε μακροσκοπικές παρατηρήσεις για το αν μια διαδικασία έχει μεταβάλλει μόνο τη μακροσκοπική μορφή ή έχει επιδράσει και στη στοιχειομετρία μιας ουσίας. Για παράδειγμα, τα πολύ γνωστά και σχετικώς απλά φαινόμενα της “διάλυσης” στο νερό κόκκων αλατιού ή ζάχαρης, δεν μπορεί να ταξινομηθούν στα φυσικά φαινόμενα όπου ανήκουν, παρά μόνον μετά την απομάκρυνση του νερού και την ανάκτηση του αρχικού κρυσταλλικού σώματος το οποίο διατηρεί τις ιδιότητες που είχε και πριν τη διάλυσή του. Κατά την πορεία της διάλυσης ωστόσο, εύκολα μπορεί να υποτεθεί ότι έχει μεταβληθεί η σύσταση του στερεού αφού αυτό πλέον δεν φαίνεται να βρίσκεται στην κρυσταλλική του μορφή.

Συνεπώς, ως **χημική αντίδραση** μπορεί να ορισθεί κάθε διαδικασία κατά την πορεία της οποίας καταστρέφονται κάποιες χημικές ουσίες και σχηματίζονται κάποιες νέες. Τυπικώς, σε μια χημική αντίδραση το σύνολο των αντιδρώντων και των προϊόντων είναι ταυτόσημο, ή σε μικροσκοπικό επίπεδο, το σύνολο των ατόμων παραμένει αναλλοίωτο. Εκείνο που μεταβάλλεται είναι η διάταξη των ατόμων στα μόρια που δημιουργούνται ή ακόμη και μέσα στα υπάρχοντα μόρια αρκεί να έχει προηγηθεί αναδιάταξη των δεσμών. Η διατύπωση αυτή βασίζεται στην εμπειρική γνώση ότι τίποτε δεν εξαφανίζεται και τίποτε δεν εμφανίζεται χωρίς να προϋπάρχει, διατυπώθηκε κατά κυριολεξίαν καταρχήν από τον Λαβουαζιέ, ονομάζεται **αρχή της διατήρησης της μάζας** και συνοδεύει μια σειρά από αντίστοιχες προτάσεις που αναφέρονται στον κορμό των φυσικών επιστημών και ορίζουν την αναγκαιότητα της διατήρησης κάποιου μεγέθους (ενέργειας, κίνησης, δομής κλπ) σε ένα σύστημα που εξετάζεται και που θεωρείται κλειστό, δεν έχει δηλαδή αλληλεπιδράσεις με τον υπόλοιπο κόσμο, ούτε με τον παρατηρητή που εκτελεί το πείραμα και τις συνακόλουθες μετρήσεις.

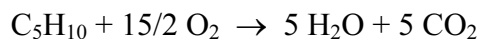
Προφανώς λοιπόν, κάτι σημαντικό στην έρευνα των χημικών είναι η παρακολούθηση και η μελέτη των χημικών αντιδράσεων. Στα πλαίσια της επιστημονικής μελέτης επιβάλλεται η σχολαστική ανάλυση των συνθηκών κάτω από τις οποίες πραγματοποιείται μια χημική αντίδραση, ώστε να γίνει κατανοητός ο **μηχανισμός** που ακολουθείται καθώς και να είναι δυνατός ο έλεγχος της πορείας της και πιθανώς και η φύση και η ποσότητα των προϊόντων που παράγονται. Η συστηματική έρευνα των χημικών αντιδράσεων έχει δείξει ότι σημαντικοί παράγοντες για την πορεία των χημικών αντιδράσεων είναι η **θερμοκρασία**, η εξωτερική **πίεση** στην περίπτωση που στην αντίδραση μετέχουν αέρια σώματα καθώς και η **συγκέντρωση** των αντιδρώντων σωμάτων, δηλαδή η μάζα τους ανά μονάδα όγκου του δοχείου της αντίδρασης. Τέλος, σημαντική θέση στη μελέτη των χημικών αντιδράσεων κατέχουν τα ποσά της **ενέργειας**, συνήθως παρατηρούμενα με τη μορφή της απορροφόμενης ή εκλυόμενης από το σύστημα **θερμότητας**, που συ-

νήθως εκφράζεται ανά μονάδα βάρους των αντιδρώντων σωμάτων ή των παραγομένων προϊόντων.

Για τη μελέτη μιας χημικής αντίδρασης προϋποτίθεται ότι τα αντιδρώντα σώματα βρίσκονται σε καθαρή μορφή. Για να είναι δυνατή η πλήρης αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της αντίδρασης θα πρέπει να απομονωθούν και να ταυτοποιηθούν τα προϊόντα της αντίδρασης. Με τον όρο αυτό εννοείται η απομάκρυνση καθενός από τα προϊόντα στο σύνολό του από το χώρο της αντίδρασης, ο καθαρισμός του από πιθανές προσμίξεις και η ποσοτική συλλογή του στη φυσική του κατάσταση. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά είναι δυνατόν να γραφεί η **χημική εξίσωση**, δηλαδή μια εξίσωση όπου παριστάνονται όλα τα μόρια των αντιδρώντων και των προϊόντων σωμάτων με βάση τους νόμους της Χημείας και κυρίως το νόμο της διατήρησης των μαζών. Για να γίνει αυτό δυνατόν, επιβάλλεται η χρήση συντελεστών με τους οποίους πολλαπλασιάζεται η συμμετοχή στην αντίδραση κάθε συγκεκριμένης ουσίας, αντιδρώντος ή προϊόντος. Το τελικό αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής απεικονίζει τη **στοιχειομετρία** της αντίδρασης καθώς φανερώνει τον αριθμό από μόρια κάθε ουσίας που συμμετέχει στην αντίδραση όπως, φυσικά, και τον συνολικό αριθμό από κάθε είδους ατόμων που υπάρχουν στις ουσίες. Ένα λεπτό σημείο που πρέπει να διερευνηθεί λεπτομερώς πριν την τελική εξαγωγή συμπερασμάτων είναι η εξασφάλιση ότι κανένα προϊόν δεν διαρρέει στο περιβάλλον αλλά παραμένει στο χώρο της αντίδρασης και είναι εφικτή η μέτρηση της ποσότητάς του. Τυπικό παράδειγμα σφάλματος, στην περίπτωση αυτή είναι η καύση μιας οργανικής ένωσης σε ανοικτό δοχείο. Έστω λοιπόν η καύση μιας ένωσης με τύπο C_5H_{10} . Εύκολα μπορεί να αποδειχθεί ο σχηματισμός σταγόνων H_2O στα τοιχώματα του δοχείου, ενώ υπάρχει τρόπος ταυτοποίησης ενός αερίου προϊόντος ως CO_2 . Με γνωστό το γεγονός ότι στην καύση, από τα συστατικά του ατμοσφαιρικού αέρα μετέχει μόνο το οξυγόνο, η αντίδραση μπορεί να γραφεί ως:



Η αντίδραση αυτή είναι **ποιοτική** επειδή αποδίδει μόνο την ταυτότητα των αντιδρώντων σωμάτων και των προϊόντων της αντίδρασης. Με την εφαρμογή του νόμου της διατήρησης της μάζας, και τη χρήση των απαιτούμενων συντελεστών, μετατρέπεται στην ισοσταθμισμένη όσον αφορά τη μάζα εξίσωση, η οποία είναι **ποσοτική** αφού αποδίδει τη στοιχειομετρία της αντίδρασης. Η αντίδραση αυτή είναι



Η σύμβαση που χρησιμοποιείται στις χημικές εξισώσεις είναι ότι αριστερά, ή στο πρώτο μέλος όπως λέγεται, σημειώνονται τα αντιδρώντα σώματα ενώ στο

δεξιά ή στο δεύτερο μέλος σημειώνονται τα προϊόντα της αντίδρασης.

Με τη χρήση των μοντέρνων αντιλήψεων για τη Χημεία και με την ακρίβεια με την οποία έχουν υπολογισθεί τα **ατομικά βάρη** των στοιχείων, είναι πολύ εύκολη και απλή η μετατροπή της χημικής αντίδρασης από την βάση των ατόμων και μορίων στην βάση των γραμμοατόμων και **γραμμομορίων**. Συγκεκριμένα, επειδή έχει αποδειχθεί η αλήθεια της υπόθεσης του Αβογκάντρο και κατά συνέπεια ότι ίσοι όγκοι αερίων περιέχουν ίσο αριθμό ατόμων των συγκρινόμενων αερίων, είναι σχετικώς απλό να ορισθεί ως γραμμοάτομο ενός στοιχείου ένα σύνολο ατόμων του ίσων σε αριθμό με τον αριθμό του Αβογκάντρο και ως γραμμομόριο μιας ένωσης ένα σύνολο μορίων της ίσο με τον αριθμό αυτό. Επιπλέον, επειδή η μέτρηση του βάρους ενός ατόμου ή ενός μορίου είναι κάτι εντελώς θεωρητικό εξαιτίας της εξαιρετικά μικρής τιμής τους (της τάξης του 10^{-20} έως 10^{-27} kg), είναι πολύ πιο απλή η μέτρηση της μάζας ενός γραμμοατόμου ή γραμμομορίου αντίστοιχα. Μετά από τα ανωτέρω, φαίνεται ότι δεν απαιτείται καμία μετατροπή της χημικής εξίσωσης για να ανταποκρίνεται στα moles (όρος γενικός που ανταποκρίνεται σε σύνολο ατόμων, μορίων ή ιόντων ίσων σε πλήθος με τον αριθμό του Αβογκάντρο) των ουσιών που συμμετέχουν. Οι συντελεστές των ουσιών στην εξίσωση μπορεί να θεωρηθούν ότι αντιπροσωπεύουν τα αντίστοιχα σε αριθμό moles του κάθε χημικού είδους που περιγράφεται στην εξίσωση. Έτσι, η προηγούμενη αντίδραση μπορεί να σημαίνει ότι:

1 μόριο της οργανικής ένωσης αντιδρά με 15/2 μόρια οξυγόνου
και παράγει 5 μόρια νερού
και 5 μόρια διοξειδίου του άνθρακα

ή, ισοδύναμα

1 mole της οργανικής ένωσης αντιδρά με 15/2 moles οξυγόνου
και παράγει 5 moles νερού
και 5 moles διοξειδίου του άνθρακα

Εκείνο που απομένει να προστεθεί στην χημική εξίσωση είναι μια επισήμανση για το ποσόν της θερμότητας που συνοδεύει την αντίδραση. Το ποσόν αυτό εξαρτάται φυσικά από τις ποσότητες των αντιδρώντων ή αντίστοιχα των παραγομένων προϊόντων και είναι ανάλογο προς αυτά. Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθεί ως ποσόν θερμότητας που **εκλύεται** ή **απορροφάται** κατά την πορεία της αντίδρασης και μάλιστα να καθορίζεται σε ποιο ποσό αντιδρώντος ή προϊόντος ανταποκρίνεται. Συνηθίζεται η ενέργεια αυτή να καταγράφεται στο δεύτερο μέλος της αντίδρασης, το γεγονός της έκλυσης ή της απορρόφησής της φανερώνεται με το αρνητικό ή θετικό σύμβολο που προηγείται του ποσού της και αναφέρεται στο σχηματισμό ενός γραμμομορίου προϊόντος. Οι αντιδράσεις διακρίνονται, όσον

αφορά το ενεργειακό τους περιεχόμενο, σε **εξώθερμες** και **ενδόθερμες**. Οι όροι αυτοί είναι επικεντρωμένοι στον παρατηρητή, εφόσον αυτός παρατηρεί ότι το σύστημα που αντιδρά εκλύει προς τον εξωτερικό χώρο ενέργεια απορροφά ενέργεια από αυτόν, με τη μορφή της θερμότητας. Ωστόσο, ο συμβολισμός επικεντρώνεται στο σύστημα, εφόσον η χημική αντίδραση χρησιμοποιείται για να περιγράψει αυτό και την συμπεριφορά του. Έτσι, μια εξώθερμη αντίδραση, αποδίδει θερμότητα στο περιβάλλον, περιγράφεται όμως από μια μείωση του θερμικού περιεχομένου του συστήματος και για το λόγο αυτό η ενεργειακή της μεταβολή συμβολίζεται με αρνητικό πρόσημο.

Οι αντιδράσεις οι οποίες πραγματοποιούνται στην προσπάθεια απομόνωσης των στοιχείων σε καθαρή κατάσταση αποτελούν προφανώς κύριο στοιχείο της Χημείας και συγκεκριμένα, εφόσον πρόκειται για τα μέταλλα, τα οποία αποτελούν την συντριπτική πλειοψηφία των στοιχείων, χαρακτηρίζονται συνολικώς με τον όρο **μεταλλουργία**. Μεγάλο τμήμα του πειραματικού ενδιαφέροντος ενός χημικού αποτελεί η μελέτη των συνθηκών κάτω από τις οποίες τα διάφορα στοιχεία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας τις ενώσεις, καθώς και η στοιχειομετρία, η δομή και η επιπλέον δραστηριότητα των ενώσεων αυτών. Στην πορεία των διαδικασιών αυτών ο χημικός χρησιμοποιεί κάθε δυνατή διαδικασία ταυτοποίησης, όπου περιλαμβάνονται, εκτός των “χημικών” και “φυσικές” με κυρίαρχη την **φασματοσκοπική** μελέτη, δηλαδή την αλληλεπίδραση τμήματος των ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών με το μελετώμενο χημικό είδος. Από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα, το γενικότερο ερευνητικό αντικείμενο της Χημείας διακρίνεται στην Ανόργανη και την Οργανική Χημεία μεταξύ των οποίων η κύρια διάκριση αφορά στο μέγεθος των ενεργειών οι οποίες απαιτούνται για τον σχηματισμό ή την κατάργηση των χημικών δεσμών στα μόρια τα οποία εξετάζονται. Αρχικώς ως Οργανική Χημεία θεωρείτο κάθε τι το οποίο σχετιζόταν με τις ουσίες και τις αντιδράσεις που πραγματοποιούνταν στους ζωντανούς οργανισμούς ενώ η Ανόργανη εκτεινόταν στα μέταλλα, τα οξείδια και τα απλά τους άλατα. Σήμερα η συνθετική Οργανική Χημεία και η Χημεία των ενώσεων συναρμογής πραγματοποιούν αντιδράσεις κάτω από μεγάλη ποικιλία συνθηκών ώστε να παρασκευάσουν νέες πολύπλοκες ενώσεις ή συγκροτήματα μορίων (μακρομόρια) με στόχο είτε την δημιουργία νέων υλικών με χαρακτηριστικές ή προβλέψιμες ιδιότητες είτε την προσομοίωση διαδικασιών οι οποίες πραγματοποιούνται σε βιολογικά συστήματα. Τις αντιδράσεις οι οποίες πραγματοποιούνται στους οργανισμούς μελετά και εξετάζει η Βιοχημεία και επιχειρεί να τροποποιήσει ή να επηρεάσει η Φαρμακευτική επιστήμη.

Σε όλα τα ανωτέρω επιμέρους αντικείμενα καθώς και στα ερωτήματα τα οποία προκύπτουν κατά την εξέτασή τους επιχειρείται στην συνέχεια να δοθούν οι θεωρητικές και πρακτικές βάσεις εξέτασης και ανάλυσης.

1^ο Κεφάλαιο

Η εξέλιξη των αντιλήψεων για τη δομή της ύλης

1.1 Χημεία και Χημική Τεχνολογία

Η **επιστήμη** γενικά ορίζεται ως το σύνολο των διαδικασιών συγκέντρωσης και οργάνωσης των γνώσεων, εξακρίβωσης και ελέγχου των γεγονότων και των φαινομένων και της τελικής διατύπωσης σχέσεων, νόμων και λογικών συνεπειών που χαρακτηρίζουν τα φαινόμενα και τα γεγονότα που πραγματεύεται. Αντίστοιχα, στη σύγχρονη εποχή η **τεχνολογία** θεωρείται ότι εφαρμόζει οργανωμένη και εκτενή χρήση των πορισμάτων της επιστήμης σε διαδικασίες πρακτικές που σχετίζονται με την καθημερινή ζωή. Φυσικά, τόσο η επιστήμη όσο και η τεχνολογία πέρασαν από πολλά στάδια στη διαδικασία συγκρότησής τους και κατά καιρούς είχαν διαφορετικές σημασίες καθώς και διαφορετικές μεταξύ τους συσχετίσεις και αλληλεπιδράσεις. Στη σύγχρονη εποχή είναι χαρακτηριστικό το παράδειγμα της βιοτεχνολογίας όσον αφορά τη σύνθεση και την ενδεχόμενη σύγχυση των ρόλων της επιστήμης της βιοχημείας και της τεχνολογικής εφαρμογής των πορισμάτων της σε πρακτικά προβλήματα σχετικά με την βελτίωση των όρων της ζωής ή της οικονομίας.

Η Χημεία ως επιστήμη, προέκυψε από τον κορμό των φυσικών επιστημών, γύρω στα μέσα του 17ου αιώνα, οπότε είχαν δοθεί οι πρώτες διατυπώσεις για τη διάκριση μεταξύ φυσικών και χημικών φαινομένων. Η νέα επιστήμη που δημιουργήθηκε είχε, αρχικώς τουλάχιστον, ως στόχο τη μελέτη των διεργασιών εκείνων κατά τις οποίες μεταβαλλόταν η φύση των σωμάτων.

Φυσικά, χημικές διεργασίες συμβαίνουν από τις πρώτες στιγμές της δημιουργίας του σύμπαντος και θα συνεχίσουν να πραγματοποιούνται μέχρι το τέλος της ύπαρξής του. Ακόμη, ο άνθρωπος χρησιμοποίησε από τα πολύ παλιά χρόνια, ε-

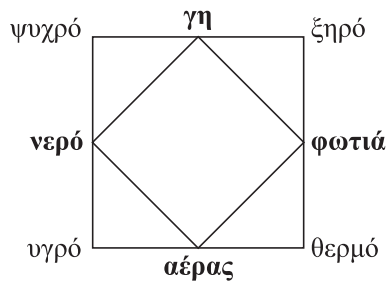
μπειρικά, κάποιες χημικές διεργασίες προς όφελός του, είτε αυτό ήταν η κατασκευή κάποιου χρήσιμου σκεύους είτε η καταστροφή κάποιου ανεπιθύμητου σώματος ή όντος. Παραδείγματα αποτελούν οι διαδικασίες μεταλλουργίας που άρχισαν να εφαρμόζονται ήδη από την 4η χιλιετία π.Χ. καθώς και οι παρασκευές φαρμάκων από την κατεργασία κυρίως φυτικών πρώτων υλών. Ωστόσο η επιστήμη της Χημείας ήταν εκείνη που, με τη θεμελίωσή της, επεχείρησε να δώσει ένα συστηματικό βασικό υπόβαθρο στις εμπειρικές διαδικασίες έτσι ώστε να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιούνται. Με την προσπάθεια κατανόησης μέσα από μια σχέση αιτίου – αιτιατού προσπάθησε να επεκτείνει την αρχική γνώση και να τη χρησιμοποιήσει στην οργάνωση και εκτέλεση νέων διαδικασιών με στόχο την επιτυχή αξιοποίηση και άλλων υλών ή τη σύνθεση και άλλων ουσιών με κατά το δυνατόν προβλεπόμενες ιδιότητες.

Εάν με τον όρο τεχνολογία περιγράφεται η εφαρμογή διαδικασιών εμπειρικών και χωρίς την κατανόηση του βασικού θεωρητικού υποβάθρου και των κανόνων που τις διέπουν η χημική τεχνολογία φαίνεται ότι προηγήθηκε καταρχήν από τη θεμελίωση της σύγχρονης Χημείας. Στη συνέχεια, και για ένα χρονικό διάστημα η Χημεία και η Τεχνολογία συμβαδίζουν ακολουθώντας η μια τα επιτεύγματά της άλλης και συμπληρώνοντάς τα ή δίνοντας έναυσμα για παραπέρα μελέτες και εφαρμογές. Πράγματι, οι τεχνολογικές πρόοδοι βοήθησαν στην κατασκευή οργάνων και μέσων με τα οποία έγινε δυνατή η συγκέντρωση μεγάλου αριθμού δεδομένων από μετρήσεις σε χημικά συστήματα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να διατυπωθούν ακριβείς και λεπτομερείς θεωρίες για τη βασική δομή των χημικών ουσιών. Παράλληλα, η σύνθεση και η μελέτη των ιδιοτήτων των νέων χημικών ουσιών που παρασκευάστηκαν, έδωσε και δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης νέων τεχνολογιών, δηλαδή συστημάτων που ανιχνεύουν, καταγράφουν και μετρούν με άμεσο, απλό και οικονομικό τρόπο τις ιδιότητες και τη συμπεριφορά σωμάτων και υλικών.

1.2 Η εξέλιξη των χημικών θεωριών

Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης της ανθρώπινης σκέψης ο περιβάλλον κόσμος αντιμετώπιστηκε ως ένα σύνολο και οι διάφορες διεργασίες που συνέβαιναν σ' αυτόν ως φυσικά φαινόμενα, χωρίς να γίνεται η σύγχρονη διάκριση σε φυσικά και χημικά φαινόμενα και πάντως χωρίς καμία προσπάθεια αιτιολόγησης. Οι πρώτες βάσεις της θεμελίωσης των φυσικών επιστημών τέθηκαν στην Ιωνία τον 6ο π.Χ. αιώνα από τους ονομαζόμενους φυσικούς φιλοσόφους. Η προσπάθειά τους ήταν ν' αποδοθεί με κάποιο γενικό τρόπο η μία και μοναδική "αρχή" του

κόσμου και να εξηγηθούν λογικά οι διαδικασίες που παρατηρούνται σ' αυτόν. Το αναλυτικό και αφαιρετικό πνεύμα των φιλοσόφων αυτών τους οδήγησε να παραβλέψουν τη μεγάλη πολυπλοκότητα των υλικών σωμάτων και ν' ασχοληθούν με τις βασικές ιδιότητες της ύλης. Έτσι, το **νερό**, ο **αέρας**, η **γη** και η **φωτιά**, αποτέλεσαν διαδοχικά το πρότυπο από το οποίο προέκυψαν όλα τα σώματα, με διάφορο βαθμό συμπύκνωσης, στο καθένα από αυτά, του πρωταρχικού συστατικού. Οι ποικίλες ιδιότητες των πρωταρχικών συστατικών αντιμετωπίστηκαν επίσης ομαδοποιημένες σε ζεύγη αντιθέτων και έγιναν προσπάθειες για την απόδοση των ιδιοτήτων των σωμάτων με τη συνύπαρξη ή όχι ορισμένων από τις βασικές ιδιότητες σ' αυτά.



Σχήμα 1.1. Τα Αριστοτελικά στοιχεία και οι ιδιότητες που τους αποδίδονται.

Μια πιο ξεκάθαρη γνώμη για την αρχή του υλικού κόσμου διατύπωσαν κατά σειρά οι Λεύκιππος, Δημόκριτος και Επίκουρος, οι οποίοι έκαναν αναφορά στην ύπαρξη στοιχειωδών δομικών μονάδων, που αποτελούν βασικό συστατικό όλων ανεξαιρέτα των υλικών σωμάτων. Οι μονάδες αυτές έφεραν τις βασικές ιδιότητές τους αναλλοίωτες, οι συνδυασμοί τους όμως ήταν άπειροι και, προφανώς, οι μακροσκοπικές ιδιότητες των φυσικών σωμάτων που σχηματιζότανε ήταν επίσης άπειρες. Το σχήμα και το βάρος ήταν οι κύριες ιδιότητες που χαρακτήριζαν τις στοιχειώδεις αυτές μονάδες, οι οποίες δεν ήταν δυνατό να διασπασθούν παραπέρα σε άλλα μικρότερα και στοιχειωδέστερα υλικά σώματα και για το λόγο αυτό ονομάστηκαν **άτομα**. Όπως και πολλές άλλες αντιλήψεις των αρχαίων Ελλήνων, αυτή η θεωρία δεν έτυχε μεγάλης διάδοσης και μόνο περιστασιακά αναφέρθηκε, τουλάχιστον μέχρι την Αναγέννηση. Στην περίοδο εκείνη, με την έκρηξη για μελέτη των αρχαίων κειμένων “ανακαλύφθηκε” και πάλι και άρχισε να γίνεται μέρος της επιστημονικής σκέψης.

Η αρχική εξήγηση για τα φυσικά φαινόμενα είχε διατυπωθεί αρχικά από τον Ηράκλειτο και στη συνέχεια από τον Αριστοτέλη και είχε σχέση με τη θέση που κατείχε καθένα από τα βασικά στοιχεία του κόσμου. Κατά την άποψη αυτή, το

γεωκεντρικό σύμπαν αποτελείται από τη σφαίρα της “γης” που περιβάλλεται κατά σειρά από τις σφαίρες του “νερού”, του “αέρα” και της “φωτιάς”. Σύμφωνα με την παραπάνω αντίληψη, τα φυσικά φαινόμενα εξηγούνται με την τοπικώς λανθασμένη διάταξη των στοιχείων στις αντίστοιχες σφαίρες και τη συνεπακόλουθη βίαιη και κατακόρυφη μετακίνησή τους για να επανέλθουν στη σωστή τους θέση.

Εξήγηση για τα χημικά φαινόμενα είχε επίσης προταθεί, με βάση τις πανάρχαιες αντιλήψεις για την αγάπη και το μίσος (“φιλότης” και “νείκος” κατά τον Εμπεδοκλή) ο οποίος φαίνεται να είναι από τους πρώτους που τα θεωρούσαν απαραίτητες υπάρξεις για την αλληλεπίδραση των τεσσάρων βασικών “ριζωμάτων”. Η ανθρωποκεντρικότητα των θεωριών συνεχίζεται σχεδόν μέχρι σήμερα καθώς γίνεται αναφορά στη “συγγένεια” μεταξύ χημικών ουσιών, υπονοώντας ότι η δραστηριότητα των διαφόρων ουσιών εξαρτάται από το βαθμό συγγενείας που έχουν μεταξύ τους έτσι ώστε οι λιγότερο συγγενείς να μην αντιδρούν αυθόρμητα σε αντίθεση με τις πιο συγγενείς. Κατά συνέπεια είναι ευνόητο ότι στους μέσους χρόνους για παράδειγμα, τα οξέα θεωρούταν πως είχαν μεγαλύτερη “αγάπη” για τα μέταλλα απ’ ότι το νερό, επειδή τα οξέα γενικά μπορούσαν να διαλύουν τα μέταλλα. Αυτή η εξήγηση βέβαια στηριζόταν στη μακροσκοπική παρατήρηση του φαινομένου της “διάλυσης” των μετάλλων στα οξέα και της συνεπακόλουθης αλλοίωσης της φύσης τους.

Ο όρος Χημεία άρχισε να χρησιμοποιείται περίπου ταυτόχρονα με την πρακτική εφαρμογή ορισμένων διαδικασιών μέτρησης, αρχικά της μάζας και/ή του όγκου των προϊόντων των χημικών αντιδράσεων. Αυτό ήδη ήταν ένας τρόπος διάκρισης από την “Αλχημεία” που συνεπαγόταν και συνεπάγεται ακόμη και μέχρι σήμερα μια μυστικιστική φόρτιση. Η θεμελίωση σε μαθηματική βάση, της Αστρονομίας καταρχήν και στη συνέχεια της κλασικής Μηχανικής, έδωσαν την κατευθυντήρια γραμμή που θ’ ακολουθούσε και η Χημεία στην πορεία της καταξίωσής της ως διακριτού μέλους της οικογένειας των Επιστημών. Έτσι, η συστηματική και επιμελής μέτρηση άρχισε να συνοδεύει το ποιοτικό πείραμα και οι παρατηρήσεις μετατράπηκαν από ποιοτικές σε ποσοτικές. Με τον τρόπο αυτό ξεκίνησε η διαμόρφωση και πρόταση ολοκληρωμένων θεωριών, στη συνέχεια η κατάρρησή τους κάτω από το βάρος των αντίθετων αποτελεσμάτων και ακολούθως η πρόταση νέων θεωριών που εξηγούσαν, πέρα από τα προηγούμενα και όλα τα νεότερα πειραματικά δεδομένα.

Φυσικά, η αλληλεπίδραση μεταξύ της Χημείας και της Φυσικής ήταν πάντοτε άμεση και αμφίδρομη, διαγράφοντας μεγάλους ιστορικούς κύκλους όπου οι δύο επιμέρους επιστήμες, άλλοτε πλησίαζαν τόσο πολύ ώστε να συγχέονται και άλλοτε απομακρύνονταν σημαντικά μεταξύ τους. Οι αρχές της βιομηχανικής επα-

νάστασης για παράδειγμα, σχετίζονται με τις πρώτες συγκροτημένες κι εκτεταμένες προσπάθειες για απόκτηση μεγάλης ισχύος και δεν είναι καθόλου τυχαία η ανάπτυξη την εποχή εκείνη της θερμοδυναμικής, των θεωριών για τις πιέσεις των αερίων και για τις αντιδράσεις καύσης. Το πιο πρόσφατο παράδειγμα αλληλεπίδρασης των δύο επιστημών εντοπίζεται στη δεκαετία του 1920. Εκείνη την περίοδο, οι σημαντικές αλλαγές στην αντιμετώπιση των φυσικών νόμων από την Κβαντική Φυσική είχαν άμεση επίδραση στην κατανόηση της δομής του ατόμου και έδωσαν το πλήρες σχεδόν θεωρητικό υπόβαθρο στη Χημεία για την ολοκλήρωση των θεωριών που αναφέρονται στο χημικό δεσμό. Έτσι έγινε πλέον δυνατή η πρόβλεψη της διαδικασίας σύνθεσης νέων ουσιών με προκαθορισμένες ιδιότητες, που βρίσκουν ευρεία εφαρμογή είτε σε καθημερινές διαδικασίες είτε σε εξειδικευμένες επιστημονικές πειραματικές ενέργειες και διατάξεις. Η Τεχνολογία δηλαδή των υλικών αποτελεί ουσιαστικά εφαρμογή των βασικών νόμων της Φυσικής και της Χημείας για το άτομο και το χημικό δεσμό και εξελίσσεται συνεχώς με την εφαρμογή μεθόδων μελέτης και καταγραφής που βασίζονται σε σύγχρονα, εξειδικευμένα και ακριβή όργανα. Τα όργανα αυτά αποτελούνται από μέρη κατασκευασμένα από σύγχρονα υλικά, παρόλο που οι φυσικοχημικές διαδικασίες μέτρησης και καταγραφής είναι γνωστές για περισσότερο από έναν αιώνα.

Επειδή η κατανόηση της δομής του ατόμου είναι βασικό στοιχείο για τη γνώση των δυνατοτήτων του για αλληλεπίδραση με άλλα άτομα και τη δημιουργία συνεπώς ορισμένου είδους μορίων με ορισμένη γεωμετρία και ορισμένη δραστηριότητα, θεωρείται σκόπιμο να παρουσιασθούν περιληπτικά τα στοιχεία εκείνα από τις εξελίξεις στο χώρο των επιστημών, στα οποία βασίστηκε η ανάπτυξη των σύγχρονων αντιλήψεων γύρω από τον τρόπο κατασκευής του ατόμου.

Οπωσδήποτε, στη θεμελίωση των αντιλήψεων για τη διακριτότητα της ύλης και για την ύπαρξη δομικών μονάδων, συνέβαλαν και οι εμπειρικές παρατηρήσεις σχετικά με τη στοιχειομετρία των ενώσεων, που διατυπώθηκαν με μορφή επιμέρους νόμων κατά το 17ο και 18ο αιώνα. Οι νόμοι των **ακεραίων πολλαπλασίων**, των **πολλαπλών αναλογιών** καθώς και των **ισοδυνάμων βαρών**, που διατυπώθηκαν με σκοπό να περιγράψουν τη σύσταση των χημικών ενώσεων και που διδάσκονται στα βιβλία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, είχαν μερική μόνο εφαρμογή σε κατηγορίες ενώσεων. Ωστόσο, μπορεί να θεωρηθούν ως στηρίγματα στην προσπάθεια διερεύνησης της δομής της ύλης, ώστε να εξηγηθούν συνολικά με βάση τη γνώση της. Όμως κύριο ρόλο στην πορεία διερεύνησης των δομικών στοιχείων της ύλης έπαιξαν οι επιμέρους μελέτες και παρατηρήσεις που παρουσιάζονται ομαδοποιημένες στη συνέχεια.

1.3 Ηλεκτρόλυση – Αγωγιμότητα

Ο ηλεκτρισμός ήταν πάντοτε ένα αγαπημένο αντικείμενο για τους πειραματιστές των φυσικών επιστημών. Η παραγωγή στατικού ηλεκτρισμού σε κατάλληλες συσκευές είχε χρησιμοποιηθεί ακόμη και σε επώδυνα “παιχνίδια” σε βασιλικές αυλές της Αναγέννησης. Η πρακτική χρήση αυτού του είδους ηλεκτρισμού δεν ήταν δυνατή επειδή η αποφόρτιση των συσσωρευτών ήταν βίαιη και διαρκούσε για ελάχιστο χρονικό διάστημα. Ο ορισμός του φαινομένου οφείλεται στον Θαλή που είχε παρατηρήσει τις “ιδιότυπες” ιδιότητες κομματιών απολιθωμένης ρητίνης (ήλεκτρον) μετά από την τριβή τους με μάλλινο ύφασμα. Ο πρώτος που μπόρεσε να σχηματίσει μια υποτυπώδη διάταξη παραγωγής μη στατικού ηλεκτρισμού ήταν ο Βόλτα (Alessandro Volta, 1745-1827). Η πρώτη αυτή μπαταρία ήταν μια συστοιχία από μεταλλικές πλάκες που συνδεόταν μεταξύ τους με τεμάχια υφάσματος διαποτισμένου με διάλυμα άλατος και χρησιμοποιήθηκε αμέσως σε πάρα πολλές εφαρμογές. Σε σύντομο χρονικό διάστημα πολλοί ερευνητές παρατήρησαν φαινόμενα ηλεκτρόλυσης, της διάσπασης δηλαδή χημικών ουσιών στα συνιστόντα μέρη τους με την επίδραση του ρεύματος της πηγής σε υδατικά διαλύματα των ουσιών αυτών. Ο Φαραντέι (Michael Faraday, 1791-1867) ήταν εκείνος που ασχολήθηκε για περισσότερο από είκοσι χρόνια με τις εφαρμογές του ηλεκτρισμού στη Χημεία και διατύπωσε τους νόμους που διέπουν το φαινόμενο της ηλεκτρόλυσης. Σ’ αυτόν οφείλονται οι ελληνικότατοι όροι για τα **ηλεκτρόδια**, τους **ηλεκτρολύτες** και τα πρωτογενή προϊόντα της ηλεκτρόλυσης. Όταν το φαινόμενο εξετάστηκε με μεγάλη λεπτομέρεια, διαπιστώθηκε η συσχέτιση της μάζας των προϊόντων με το χρόνο λειτουργίας της συσκευής και στη συνέχεια, με το ποσό του ηλεκτρικού ρεύματος που περνούσε από τη συσκευή.

Ο πρώτος νόμος του Φαραντέι δηλώνει απλώς την αναλογία μεταξύ μάζας προϊόντος και ρεύματος που διαβιβάζεται στην ηλεκτρολυτική κυψέλη

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{Q_1}{Q_2} \quad (1.1)$$

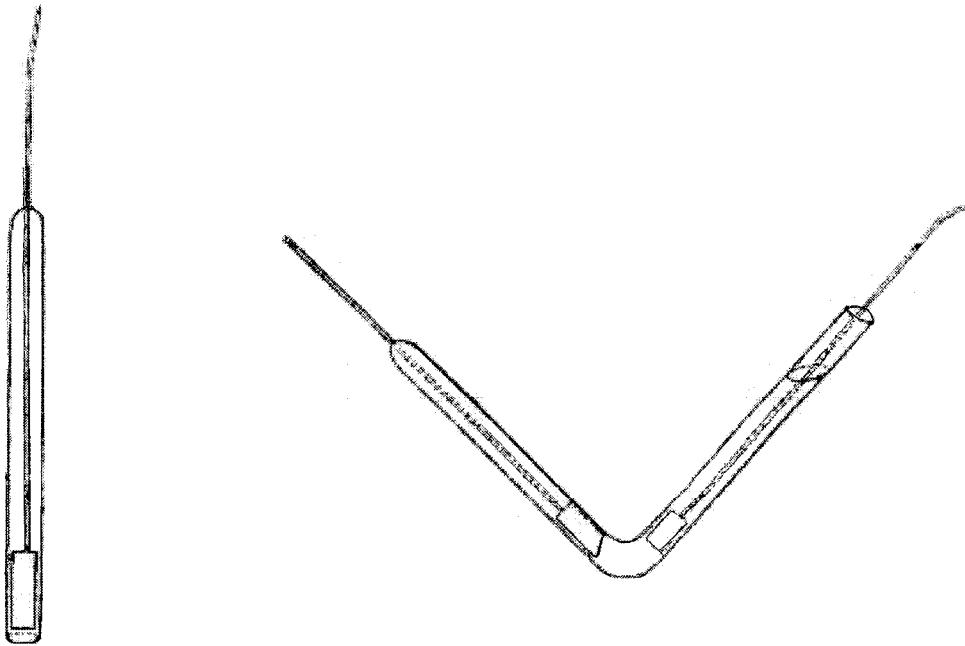
Ο δεύτερος νόμος καθορίζει την ακριβή ποσότητα της μάζας του προϊόντος που απομονώνεται από ορισμένη ποσότητα ρεύματος.

$$\frac{HXI}{m_2} = \frac{F}{Q_2} \quad (1.2)$$

όπου HXI το ηλεκτροχημικό ισοδύναμο του αποτιθέμενου σώματος και F μια

σταθερά, γνωστή σήμερα ως σταθερά Φαραντέι, η οποία απλώς παριστάνει την ποσότητα του φορτίου που φέρει 1 mol ηλεκτρονίων.

Στην περίπτωση ηλεκτρόλυσης διαλύματος άλατος ενός μετάλλου σχετικά αδρανούς, η απόθεση του μετάλλου στην κάθοδο της κυψέλης μπορούσε να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια και με βάση τα γνωστά ατομικά βάρη των μετάλλων καθώς και το σθένος που εμφανίζανε στις ενώσεις τους, ήταν σχετικά εύκολο να προσδιορισθεί το ηλεκτροχημικό ισοδύναμο ενός μετάλλου και στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί στην παραπάνω σχέση.

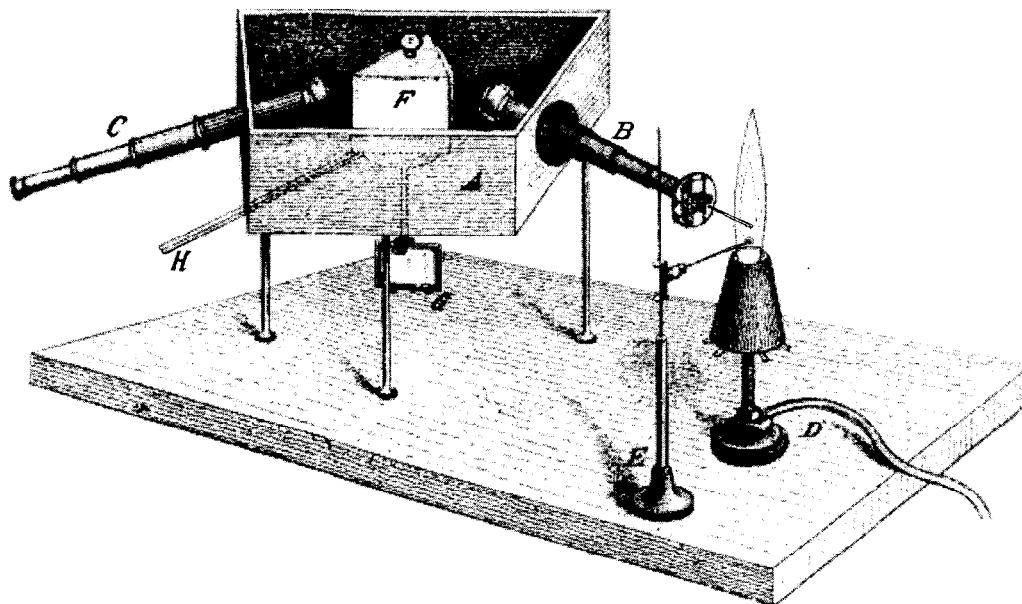


Σχήμα 1.2. Παράσταση της πρώτης συσκευής ηλεκτρόλυσης του Φαραντέι

Με τη συστηματική μελέτη πολλών στοιχείων έγινε φανερό ότι έπρεπε να θεωρηθεί, σε απόλυτη αναλογία με τα προηγούμενα, και η ύπαρξη ενός στοιχειώδους σωματιδίου του ηλεκτρισμού, το οποίο ονομάστηκε από τον Στόνεί (George Johnston Stoney, 1826-1911), στα 1874, ηλεκτρίνο, για να διαμορφωθεί μερικά χρόνια αργότερα στο γνωστό μας **ηλεκτρόνιο** (electron). Από τα αποτελέσματα της ηλεκτρόλυσης πάντως δεν ήταν δυνατόν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για τον αριθμό των στοιχειωδών αυτών φορτίων που ήταν δυνατόν να περιλαμβάνει ένα άτομο, ενώ μπορούσε να υποθεθεί ότι η εμφάνιση των φορτίων αυτών προϋπέθετε και την ύπαρξη ή την δημιουργία των αντιθέτως φορτισμένων σωματιδίων μέσα στο ίδιο το άτομο.

1.4 Ατομική φασματοσκοπία εκπομπής – απορρόφησης

Η αλληλεπίδραση της ύλης με την ακτινοβολία ήταν κάτι πάρα πολύ γνωστό από αρκετά παλιά. Η πυροχημική ανίχνευση ορισμένων μεταλλικών ιόντων ήταν στην ουσία η μελέτη του φάσματος εκπομπής των ιόντων αυτών όταν βρισκόταν στο περιβάλλον μιας ισχυρής πηγής θέρμανσης, όπως η φλόγα ενός λύχνου. Όταν έγινε δυνατή η κατασκευή λύχνων με αυστηρά εντοπισμένη περιοχή καύσης καθώς η δημιουργία φλόγας και με μειωμένα τα χαρακτηριστικά του φθορισμού, η ανάλυση με βάση τη **φασματοσκοπία** εκπομπής απέκτησε πλέον ποσοτικό χαρακτήρα. Πρωτοπόροι στον τομέα αυτό ήταν οι Κίρκοφ (Gustav Robert Kirchoff, 1824-1887) και Μπούνσεν (Robert Wilhelm Bunsen, 1811-1899). Ο τελευταίος, μάλιστα, θεωρείται ως ο κατασκευαστής του ομώνυμου λύχνου, όπου ρεύμα καυσίμου αερίου καίγεται με ρεύμα ατμοσφαιρικού αέρα που διαβιβάζεται ταυτόχρονα στον λύχνο. Το χαρακτηριστικό των φασμάτων εκπομπής ήταν πως εμφανιζόταν ως γραμμικά και όχι συνεχή, παρουσίαζαν δηλαδή ορισμένες μόνο γραμμές στο σύνολο των ακτινοβολιών του φάσματος που αποτελεί το λεγόμενο ορατό φως. Παρατηρήσεις αστρικών σωμάτων με τη χρήση φασματοφωτομέ-



Σχήμα 1.3. Παράσταση του πρώτου φασματοσκοπίου, όπως περιγράφεται από τον Κίρκοφ και τον Μπούνσεν. Το πρίσμα *F* ήταν γυάλινο δοχείο γεμάτο με διθειάνθρακα. Η παρατήρηση γινόταν με περιστροφή του φακού *C*.

τρων, έδειξαν ότι το φως τους δεν ήταν μία συνεχής ταινία όπως ίσως θ' αναμενόταν, αλλά εμφανιζόταν ορισμένες σκοτεινές περιοχές. Προφανώς από το φάσμα απουσίαζαν ορισμένες φωτεινές ακτινοβολίες, για λόγους που αρχικά δεν ήταν προφανείς.

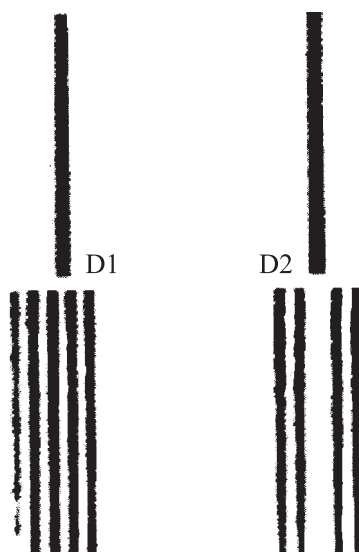
Σύντομα όμως έγινε κατανοητό ότι οι ταινίες αυτές οφειλόταν στην απορρόφηση των συγκεκριμένων ακτινοβολιών από ορισμένα στοιχεία που παρεμβάλλονται στην πορεία της ακτινοβολίας από την πηγή της προς το σημείο παρατήρησής της. Με τον τρόπο αυτό πραγματοποιήθηκε έμμεσα η παρατήρηση του φάσματος απορρόφησης της γήινης ατμόσφαιρας. Κατόπιν έγινε από τον Άγκστρεμ (Anders Jonas Ångström, 1814-1874) η ουσιαστική παρατήρηση πως οι φωτεινές ταινίες στο φάσμα εκπομπής ενός στοιχείου εμφάνιζαν πλήρη αντιστοιχία με τις σκοτεινές ταινίες του φάσματος απορρόφησης του, εφόσον αυτό ακτινοβολεί με “λευκό φως” δηλαδή με ακτινοβολία που περιλαμβάνει το πλήρες και συνεχές φάσμα του ορατού φωτός. Ακόμη, η λεπτομερής μελέτη του ηλιακού φάσματος έδωσε τη δυνατότητα για τον εντοπισμό ενός νέου στοιχείου, το οποίο μέχρι τη στιγμή εκείνη δεν είχε απομονωθεί στη γη. Το στοιχείο αυτό ονομάστηκε ήλιο (helium) επειδή η μόνη πηγή προέλευσής του θεωρήθηκε η ατμόσφαιρα του ηλίου.

Στα 1885 ο Μπάλμερ (Johann Jakob Balmer, 1825-1898) έδειξε ότι ήταν δυνατόν να ταξινομηθούν σε μία σειρά οι φασματικές γραμμές του υδρογόνου, που είχαν παρατηρηθεί και μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια από τον Άγκστρεμ και άλλους ερευνητές. Ο Μπάλμερ βρήκε μία κοινή εξίσωση για το σύνολο των γραμμών αυτών, που περιγραφόταν από την ακολουθία $9/5$, $4/3$, $25/21$ και $9/8$ μιας σταθεράς K της οποίας την τιμή προσδιόρισε αρχικά σε $3645,6 \cdot 10^{-7}$ m. Στη συνέχεια έδειξε ότι οι τιμές αυτές μπορούσαν να συνοψισθούν με μια σχέση του τύπου

$$\lambda = \frac{Km^2}{(m^2 - n^2)} \quad (1.3)$$

όπου m , n ακέραιοι αριθμοί, και συγκεκριμένα $n=2$.

Στα τέλη του 19ου αιώνα ο Τσίμαν (Peter Zeeman, 1865-1943) μελετούσε τις ιδιότητες τόσο της ύλης όσο και των ακτινοβολιών κάτω από την επίδραση ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου. Στην πορεία των μελετών του αυτών παρατήρησε ότι το φάσμα εκπομπής ορισμένων στοιχείων έδειχνε συστηματικά μια ασυνήθιστη συμπεριφορά καθώς όλες οι φασματικές γραμμές έδειχναν ότι σχάζονται σε περισσότερες από μία συνιστώσες. Από τη διερεύνηση του φαινομένου αυτού διαπίστωσε ότι η διάσπαση των φασματικών γραμμών δεν οφειλόταν σε κάποια



Σχήμα 1.4. Αποτελέσματα της πρώτης εργασίας του Τσίμαν. Παριστάνονται οι δύο κύριες φασματικές γραμμές του νατρίου και στη συνέχεια η διάσπασή τους όταν η παρατήρηση έγινε παρουσία του πεδίου.

επίδραση του πεδίου στη μορφή, την έκταση και την ενεργειακή κατάσταση της φλόγας, και ονομάστηκε φαινόμενο Τσίμαν.

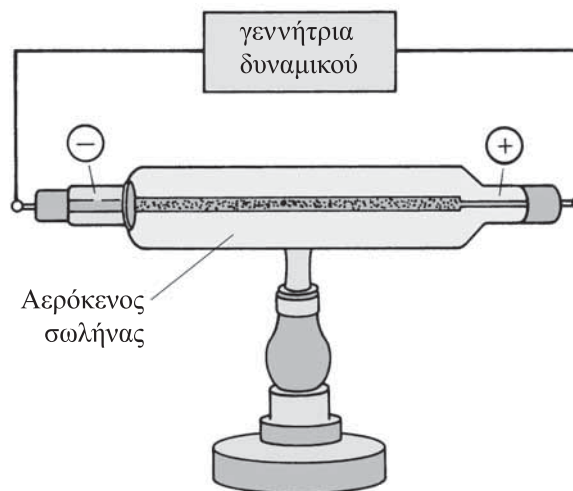
Οι παρατηρήσεις αυτές υποδείκνυαν ότι η αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με τα άτομα ήταν μια απλή διαδικασία εφόσον όμως τα άτομα μπορούσαν να περιγραφούν μόνο με ορισμένες ενεργειακές καταστάσεις. Αυτή η ασυνέχεια στις τιμές των ενεργειών του ατόμου ήταν κάτι ασυνήθιστο στην κλασική Φυσική ενώ πολύ ενδιαφέρον ήταν το φαινόμενο της διαφοροποίησης των ενεργειών με την επίδραση ηλεκτρικού ή μαγνητικού πεδίου.

1.5 Καθοδικές ακτινοβολίες – Ιονισμός αερίων – Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

Τα αέρια ήταν πάντοτε σημαντικός πόλος έλξης του ερευνητικού ενδιαφέροντος των χημικών. Είναι γνωστό ότι οι πρώτοι απλοί αλλά και βασικοί νόμοι της Χημείας αναφέρονται στα αέρια και συγκεκριμένα στη συμπεριφορά ορισμένης μάζας τους κάτω από διάφορες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Η δυνατότητα κατασκευής σωλήνων με σχετικό κενό, συνετέλεσε στη μελέτη των αερίων κάτω από συνθήκες ελαττωμένης πίεσης. Όταν το κενό έγινε υψηλότερο και

συνδυάστηκε με την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου στα άκρα των σωλήνων, προέκυψαν εντυπωσιακά αποτελέσματα, που έμελλε να αποτελέσουν την αφετηρία πολλών εξελίξεων στον τομέα τόσο της Φυσικής όσο και της Χημείας. Οι περισσότερο ή λιγότερο έντονες ακτινοβολίες που παρατηρήθηκαν κάτω από τις συνθήκες αυτές καθώς και οι ιδιότητές τους ήταν ένα σημαντικό βήμα τόσο για την κατανόηση της συμπεριφοράς της ύλης όσο και για τη διερεύνηση της δυνατότητας δημιουργίας ακτινοβολίας με την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου στην ύλη.

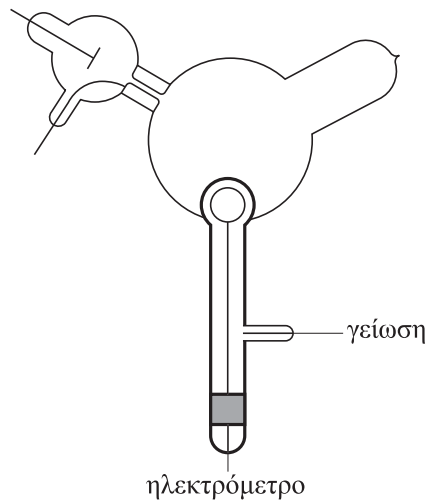
Ο τρόπος παραγωγής των καθοδικών ακτινοβολιών και οι ιδιότητές τους να προκαλούν φυσικά και χημικά φαινόμενα, έδωσαν μεγάλη ώθηση στην ανάπτυξη τόσο των θεωριών όσο και στην κατασκευή ευαίσθητων συσκευών που βοήθησαν στον προσδιορισμό του ελαχίστου ορίου, στο χώρο και το χρόνο, μέχρι το οποίο διατηρούσαν τις ιδιότητές τους αυτές. Οι πρώτοι αερόκενοι σωλήνες κατασκευάστηκαν το 1855 από το Γκάισλερ (Henry Geissler, 1814-1879) ενώ λίγο αργότερα ο Κρούκς (William Crookes, 1832-1919) ήταν ο πρώτος που ανέφερε πειραματικά δεδομένα που είχαν σχέση με την **καθοδική ακτινοβολία**. Στα 1858 διαπιστώθηκε πειραματικά ότι οι καθοδικές ακτίνες έφεραν αρνητικό φορτίο ενώ το 1869 αποδείχθηκε ότι ακολουθούν ευθεία πορεία απομακρυνόμενες από την κάθοδο.



Σχήμα 1.5. Διάταξη παραγωγής καθοδικών ακτινοβολιών.

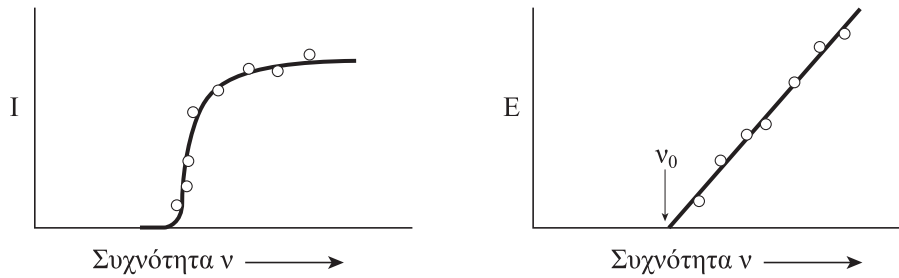
Ο όρος “καθοδικές ακτινοβολίες” προτάθηκε περίπου δέκα χρόνια αργότερα αφού πρώτα αποδείχθηκε πέρα από κάθε αμφιβολία ότι η πηγή τους ήταν πραγματι η κάθοδος. Στα 1895 ο Περέν (Jean Baptiste Perrin, 1870-1942) επαναπροσδιόρισε το γεγονός ότι οι καθοδικές ακτινοβολίες ήταν φορείς αρνητικού φορτίου χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτροσκόπιο. Η διάταξη που χρησιμοποίησε επιβεβαίω-

σε ακόμη ότι επρόκειτο για σωματίδια φορτισμένα αρνητικά και όχι για κύματα που διαδιδόταν μέσω του αιθέρα. Δύο χρόνια αργότερα, ο Τόμσον (Joseph John Tompson, 1856-1940) με τη βοήθεια μιας πιο περίπλοκης πειραματικής διάταξης απέδειξε οριστικά ότι πηγή των καθοδικών ακτινοβολιών ήταν η κάθοδος ενός αερόκενου σωλήνα, έδειξε ακόμη ότι εκτρέπονται της πορείας τους με την επίδραση ηλεκτρικού ή μαγνητικού πεδίου και προσδιόρισε, με βάση τις τιμές για το φορτίο τους και την καμπυλότητα της τροχιάς τους κατά την εκτροπή τους με ηλεκτρικό πεδίο, το λόγο της μάζας προς το φορτίο των σωματιδίων. Ανάλογα με το είδος του σωλήνα και το αέριο που βρισκόταν σ' αυτόν, ο λόγος m/e κυμαινόταν μεταξύ 3 και $6 \cdot 10^{-8}$.



Σχήμα 1.6. Διάγραμμα της πειραματικής διάταξης που χρησιμοποίησε ο Τόμσον για τις μετρήσεις του πάνω στο φορτίο των καθοδικών ακτινοβολιών.

Μια από τις ιδιότητες της ακτινοβολίας είναι η αλληλεπίδρασή της με την ύλη και μια από τις πιο αξιοσημείωτες αλληλεπιδράσεις ήταν αυτή που συνέβαινε την επιφάνεια αλκαλιμετάλλων ή ημιαγωγών. Η πρόσπτωση υπεριώδους ακτινοβολίας στις επιφάνειες αυτές είχε ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση ηλεκτρονίων (φωτοηλεκτρονίων). Το ιδιόμορφο χαρακτηριστικό του φαινομένου αυτού ήταν η μεταβολή της έντασης του παραγόμενου ρεύματος καθώς και η κινητική ενέργεια των εκπεμπόμενων φωτοηλεκτρονίων. Και τα δύο αυτά μεγέθη δεν είχαν μια απλή γραμμική εξάρτηση από την ενέργεια των ακτινοβολιών που χρησιμοποιούνταν για την παραγωγή τους, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.7. Η ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια για να παρατηρηθεί ηλεκτρικό ρεύμα, αποδείχθηκε ότι ήταν καθο-



Σχήμα 1.7. Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Στο α) δίνεται η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας και στο β) η μετρούμενη κινητική ενέργεια του εκπεμπόμενου ηλεκτρονίου σε συνάρτηση με τη συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Με ν_0 σημειώνεται η χαρακτηριστική συχνότητα της δέσμης ακτινοβολήσης, κάτω από την οποία δεν παρατηρείται κανένα φαινόμενο.

ρισμένη και σταθερή για κάθε μεταλλική επιφάνεια και ονομάστηκε έργο εξόδου και ήταν χαρακτηριστική για κάθε υλικό.

1.6 Ακτινοβολίες X – Ραδιενέργεια

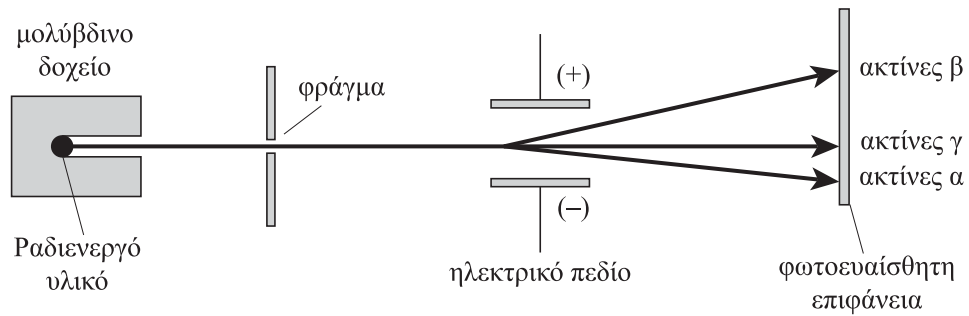
Η ανακάλυψη των ακτίνων που φέρουν το όνομά του, από τον Ρέντγκεν (William Konrad Röntgen, 1845-1923) ήταν άλλη μια από τις σημαντικές ανακαλύψεις στα τέλη του 19ου αιώνα. Ο σωβινισμός ήταν εκείνος που απέτρεψε τους βρετανούς και γάλλους επιστήμονες ν' αποδεχθούν τον όρο ακτίνες Ρέντγκεν και για το λόγο αυτό, μέχρι και σήμερα γίνεται συνήθως αναφορά στις ακτίνες X. Η ακτινοβολία αυτή πάντως εξετάστηκαν με μεγάλη προσοχή τόσο ως προς την παραγωγή τους όσο και ως προς τις κάθε είδους επίδρασή τους στην ύλη.

Η διαμάχη για τη φύση του φωτός ήταν ήδη αρκετά παλιά και σκληρή, εφόσον οι δύο κύριες απόψεις, που υποστήριζαν την **σωματιδιακή** και την **κυματική** φύση των φορέων του φωτός, είχαν ως επιχειρήματα ορισμένα ξεκάθαρα πειραματικά δεδομένα, ενώ ταυτόχρονα προσπάθησαν να λύσουν, στα πλαίσια των δικών τους αντιλήψεων, τα προβλήματα που παρουσίαζε η αντίθετη άποψη ως δικά της επιχειρήματα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η περίθλαση των φωτεινών ακτίνων από κρυστάλλους ορισμένων σωμάτων και το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, που συνηγορούσαν αντίστοιχα για την κυματική και σωματιδιακή φύση του φωτός.

Η περίθλαση των ακτίνων X κατά την πρόσπτωσή τους σε κρυστάλλους ορισμένων ουσιών, έδειξε φαινόμενα ανάλογα με την ανάκλαση γεγονός που τελικά

εδραίωσε την άποψη ότι και οι ακτίνες X ήταν μέρος του λεγόμενου ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, ανήκαν δηλαδή στην ίδια κατηγορία ακτινοβολιών με τις ορατές, τις υπέρυθρες και τις υπεριώδεις ακτινοβολίες. Μελέτη των αποτελεσμάτων της περίθλασης ακτίνων X από κρυστάλλους έδειξε ορισμένες κανονικότητες, η ανάλυση των οποίων, με βάση τις σχέσεις της κλασικής οπτικής έδωσε τη δυνατότητα να υπολογισθεί το μέγεθος του “εμποδίου” το οποίο είχε προκαλέσει την περίθλαση, που δεν ήταν άλλο από την απόσταση μεταξύ γειτονικών ατόμων στον κρύσταλλο. Έτσι, έμμεσα, έγινε δυνατή η καταγραφή της ακριβούς δομής κρυσταλλικών ενώσεων, κάτι που σήμερα είναι πάρα πολύ χρήσιμο και θεωρείται απλό, και αναφέρεται ως λύση της δομής ή κρυσταλλογραφική μελέτη της δομής μιας ένωσης.

Το όνομα του Μπεκερέλ (Antoine Henry Becquerel, 1852-1908) συνδέεται άμεσα με τη ραδιενέργεια, την οποία ανακάλυψε τυχαία, καθώς προσπαθούσε να μετρήσει το φαινόμενο του φθορισμού ορισμένων ορυκτών και την επίδραση του πάνω σε φωτογραφική πλάκα. Κατά τη διάρκεια μιας συννεφιασμένης περιόδου που δεν επέτρεψε τη διεξαγωγή του πειράματος με κάποιο ορυκτό του ουρανίου, παρατήρησε αλλοίωση της φωτογραφική πλάκας φαινόμενο που απέδωσε σε κάποια μυστηριώδη ιδιότητα του ατόμου του ουρανίου. Σύντομα αποδείχθηκε ότι και άλλες χημικές ενώσεις του ουρανίου και ορισμένων άλλων στοιχείων εμφάνιζαν ανάλογες ιδιότητες και μάλιστα η διαπίστωση της ύπαρξης ορισμένων νέων στοιχείων έγινε με βάση την εξαιρετικά έντονη εκπομπή ραδιενεργών ακτινοβολιών από τα άτομά τους. Σ’ αυτό βοήθησε πολύ η εμπεριστατωμένη και εξοντωτική ενασχόληση του ζεύγους Κιουρί (Maria Sklodowska-Curie, 1867-1934; Pierre Curie, 1859-1906). Με τα πειράματά τους διαπιστώθηκε ότι το άτομο μπορούσε να είναι πηγή παραγωγής ακτινοβολιών με ενέργειες τρομακτικές σε σχέση με τις γνωστές ενέργειες που συνοδεύουν τα τυπικά χημικά φαινόμενα. Έγινε φανερό ότι έπρεπε να διερευνηθεί ποια άτομα και γιατί είχαν τη δυνατότητα εκπομπής αυτών των ισχυρών ακτινοβολιών. Φυσικό επακόλουθο ήταν να υπάρξει άμεσο ενδιαφέρον για την εφαρμογή των ακτινοβολιών αυτών κατά τον τρόπο που παλαιότερα είχε χρησιμοποιηθεί ο ηλεκτρισμός, ο μαγνητισμός και ταυτόχρονα περίπου οι ακτίνες X. Σύντομα αποδείχθηκε από το Ράδερφορντ (Ernest Rutherford, 1871-1937) ότι τα άτομα μπορούσαν να εκπέμπουν περισσότερα από ένα είδη ακτινοβολιών που ονομάστηκαν αντίστοιχα α, β και γ. Από τη μελέτη των ιδιοτήτων τους, και ειδικότερα η δυνατότητά τους να διαδίδονται ή όχι μέσα από αέρια ή στερεά σώματα. Η ταυτοποίηση των ακτινοβολιών αυτών με σωματίδια, ηλεκτρόνια και ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες εξαιρετικά μικρού μήκους κύματος αντίστοιχα, στηρίχθηκε σε μετρήσεις της απόκλισης μιας δέσμης τους με την επίδραση ηλεκτρικού ή μαγνητικού πεδίου καθώς και η δυνατότητά τους να καθιστούν περισσότερο ή λιγότερο αγωγίμο το μέσο διάδοσής τους.



Σχήμα 1.8. Σχηματική παράσταση εκπομπής ακτινοβολιών από άτομο κατά τη ραδιενεργό διάσπασή του.

Το σύνολο των αποτελεσμάτων αυτών έκανε φανερό ότι το άτομο δεν ήταν ένα συμπαγές σταθερό και αδρανές σώμα αλλά η πηγή μεγάλων δυνάμεων και πιθανός παραγωγός ενέργειας σε μεγάλες ποσότητες, και μάλιστα κατά τρόπο ασυνεχή ή διακριτό.